



## **Meetod Total Concept**

# **Rakendamise ja kvaliteeditagamise käsiraamat**

Versioon 1.6: jaanuar 2017

Käsiraamat on välja töötatud projekti „Meetod Total Concept energiatõhususe parendamiseks mitte-eluhoonetes“ osana, mida toetab programm Intelligent Energy Europe.

Leping nr: IEE/13/613/SI2.675832

Projekti veebileht: [www.totalconcept.info](http://www.totalconcept.info)

Käsiraamatu on välja töötanud: CIT Energy Management AB

Kontaktid: Åsa Wahlström, [asa.wahlstrom@cit.chalmers.se](mailto:asa.wahlstrom@cit.chalmers.se);

Mari-Liis Maripuu, [mari-liis.maripuu@cit.chalmers.se](mailto:mari-liis.maripuu@cit.chalmers.se);

[www.energy-management.se](http://www.energy-management.se)

Käsiraamatu on kohandanud kohalikuks kasutuseks: Eesti Kütte- ja Ventilatsiooniinseneride Ühendus

e-post: [ekvy@ekvy.ee](mailto:ekvy@ekvy.ee)

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

Versioon 1.6 – jaanuar, 2016



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

**Vastutust välistav klausel**

*Selle trükise sisu eest vastutavad autorid ainuisikuliselt. See ei peegelda tingimata Euroopa Liidu seisukohti. Samuti ei vastuta EACI ja Euroopa Komisjon neis materjalides sisalduva informatsiooni kasutamiseviiside eest*

---

## Eessõna

Käsiraamat on välja töötatud projekti „Meetod Total Concept energiatõhususe parendamiseks mitte-eluhoonetes“ jaoks, mida toetab Euroopa Liidu programm Intelligent Energy Europe. Projekti eesmärk on tutvustada viies Põhja-Euroopa riigis meetodit Total Concept ja see seal kasutusele võtta, mille tulemusel saaksid huvirühmad ja olulisemad osapooled, kes on seotud energiarenoveerimise protsessiga, seda kohe rakendada. Projekti partnerid on CIT Energy Management AB ja Swedish Construction Clients Rootsist, SINTEF Norrast, Bionova Oy Soomest, Danish Building Research Institute/Aalborg University, Danish Association of Construction clients ning Rambøll Taanist ja Eesti Riigi Kinnisvara AS ning Eesti Kütte- ja Ventilatsiooniinseneride Ühendus Eestist

Käsiraamatu loomise eesmärk on tõsta teadlikkust meetodi Total Concept idee ja rakendamise kohta projekti partnerite, kinnisvaraomanike ja kinnisvarahaldurite, konsultantide ja teiste oluliste osapoolte seas, kes hakkavad tegelema nimetatud meetodile tuginevate projektide elluviimisega. Käsiraamatus kirjeldatakse peamisi põhimõtteid, millele meetod tugineb, ja see sisaldab kogemusi, mis on saadud meetodil Total Concept põhinevate ning juba lõpule viidud projektide käigus Rootsist.

Osa sisust tugineb materjalile, mille on loonud BELOK grupp meetodi Total Concept arendustegevuse käigus. BELOK grupi kogemused on kokku kogutud ja neid on edasi arendatud, et luua juhised kinnisvaraomanikele, konsultantidele ja teistele huvirühmadele, kes on seotud ehitiste energiatõhususe parandamise protsessiga osalejariikides.

# Sisukord

<b>Eessõna.....</b>	<b>3</b>
<b>1 Sissejuhatus.....</b>	<b>7</b>
Taust.....	7
Meetodi Total Concept väljatöötamine.....	7
BELOK grupist.....	9
Meetodil Total Concept põhinevad näidisprojektid .....	9
Meetodi Total Concept olulised huvirühmad ja osapooled.....	11
Juhised käsiraamatu lugejale .....	12
<b>2 Meetodi Total Concept põhitõed .....</b>	<b>13</b>
Meetodi Total Concept ülevaade.....	13
Meetodi Total Concept peamised eelised .....	14
Meetodi Total Concept tööprotsess .....	15
<b>3 Meetodi Total Concept majanduslikud põhimõtted.....</b>	<b>18</b>
Sissejuhatus.....	18
Tasuvusarvutuse lähteandmed.....	18
Tulu sisenormi meetod .....	26
Meetmete paketi kokkupanek tulu sisenormi meetodiga.....	28
Reinvesteeringimine .....	37
Aastase kulude kokkuhoiu hindamine .....	41
<b>4 Etapp 1: meetmete paketi koostamine.....</b>	<b>45</b>
Sissejuhatus.....	45
Etapp 1 – olulised osapooled ja huvirühmad.....	45
Etapp 1 – teostamiseks vajalikud ettevalmistused .....	48
Projekti algus.....	49
Lähteandmete kogumine ja analüüs.....	50
Energiatarbe baastaseme määramine .....	53
Energiaauditi läbiviimine.....	57
Energiasäästu meetmete hindamine .....	61
Investeeringiskulude hindamine.....	64
Energiaarvutuste läbiviimine .....	66
Tasuvusarvutused ja meetmete paketi koostamine.....	73

Soojusallika vahetamine meetmete paketi	80
Tulemuste tundlikkuse analüüs	87
Tulemuste esitamine	91
<b>5 Etapp 2: meetmete paketi elluviimine</b>	<b>93</b>
Sissejuhatus	93
Etapp 2 – olulised osapooled ja huvirühmad	94
Hanke läbiviimine väliste võtmeisikute kaasamiseks	97
Projekteerimine ja kvaliteedi tagamine	97
Ehitusprotsess ja süsteemide töö toimimise kontroll	98
Etapp 3 – järelmonitooringu planeerimine	99
<b>6 Etapp 3: järelmonitooring</b>	<b>100</b>
Sissejuhatus	100
Etapp 3 – olulised osapooled ja huvirühmad	101
Energiatarbe mõõtmine	102
Tasuvuse järelkontroll	103
<b>Lisa 1. Kolm näidet projektidest, kus on kasutanud meetodit Total Concept</b>	<b>105</b>
<b>Lisa 2. Majandusarvestuse abitabelid</b>	<b>110</b>
<b>Lisa 3. Erinevate meetmete soovituslike majanduslike eluigade näited</b>	<b>113</b>
<b>Lisa 4. Hoone haldurile, tehnilisele personalile ja üürnike esindajale esitatavate küsimuste kontrollnimekiri</b>	<b>114</b>
<b>Lisa 5. Hoone energiatõhususe tõstmise meetmete kontrollnimekiri</b>	<b>115</b>



# 1 Sissejuhatus

## Taust

Ehitussektori energiatõhususe tõstmine ja energia koguvajaduse vähendamine on viimaste aastakümnete jooksul olnud oluline küsimus enamikus Euroopa riikides. EL-i tasemel seatud keskkondlikud eesmärgid püüavad aastaks 2020 vähendada primaarenergia kasutust 20% võrra. See hõlmab ka ehitussektori energiatarbe vähendamist. Lisaks peavad Euroopa ehitiste energiatõhususe ambitsioonika visiooni kohaselt 2020. aasta lõpuks olema kõik uued hooned liginullenergiahooned. Seega on oluline, et uued hooned projekteeritaks nii, et nende energiavajadus oleks võimalikult madal. Samas tähendab see lihtsalt madalamat energiatarbe kasvamise kiirust, mitte madalamat energia koguvajadust. Et vähendada ehitussektori energiavajadust ja saavutada EL-i 20-20-20 eesmärgid, on oluline vähendada drastiliselt enamiku olemasolevate hoonete energiavajadust. See tähendab, et tuleb tõsta hoone omanike tahet viia läbi suuremamahulisi energiatõhususe tõstmise projekte.

Kinnisvaraomanikele on hoonete energiatõhususe tõstmise projektide elluviimise üks olulisi ajendeid sageli hoone funktsionaalsuse säilitamise vajadus, samuti soovitakse hoida ehitist üürilistele ja hoone kasutajatele atraktiivsena. Näiteks ärihoonete sektoris on sageli suhteliselt selge ärisuhe ühelt poolt hoone omanike ning teiselt poolt üüriliste ja kasutajate vahel. Turutingimustes, kus üürilistel on võimalik leida teine hea asukoht, on ettemõtleva kinnisvaraettevõtte jaoks oluline tagada, et hoonet hallataks hästi, selle eest hoolitsetaks korralikult ja seda uuendataks pidevalt, nii et olemasolevad üürilised ei koliks mujale ja kui võimalik, siis uued üürilised sooviksid sisse kolida.

Seejuures on üha olulisemaks saanud energiavajaduse vähendamine, säilitades või parandades samas hoone kvaliteeti. Energiakulu muutus tulevikus on vältimatu ja energiavajaduse vähendamine muutub üha olulisemaks kaalutluseks, et hoida jooksvad kulud konkurentsivõimelisel tasemel. Lisaks on äärmiselt tõenäoline, et avalikkuse nõuded energiatõhususele muutuvad karmimaks ka olemasolevate hoonete suhtes. See tähendab, et kinnisvaraomanikud, kes lähitulevikus ei võta midagi ette energiatõhususe parandamiseks, peavad hiljem võtma kulukaid meetmeid, mida oleks võinud varem palju tasuvamalt rakendada.

## Meetodi Total Concept väljatöötamine

Varem ellu viidud energiatõhususe tõstmise projektid olemasolevates mitte-eluhoonetes Rootsis on näidanud, et hoones on suhteliselt kerge leida meetmeid, millest igaüks võib hoone energiavajadust vähendada. Kuigi mõned neist saab viia ellu väheste kuludega, eeldavad energiakulu märkimisväärselt vähendavad meetmed sageli ka märkimisväärselt investeeringut. Enamike mitte-eluhoonete puhul pole eriti realistlik oodata riiklikku rahalist toetust renoveerimiseks ning meetmete läbiviimise eest peab enamasti maksma hoone omanik. Praktikast tähendab see aga seda, et meetmete läbiviimiseks peavad olema täidetud järgmised eeldused:

- meetmete läbiviimiseks vajalik investeering peab olema majanduslikult tasuv. Teisisõnu peavad hoone omaniku finantsnõuded pikaajalistele investeeringutele olema rahuldatud;
- hinnang vajaliku investeeringu ja tulevase iga-aastase kokkuhoiu kohta, mille põhjal langetatakse investeerimisotsus, peab olema usaldusväärne.

Energiatõhususe meetmete elluviimisel olemasolevates hoonetes on sama oluline, et need teostatakse selliselt, et

- hoone kvaliteet ja selle sisekliima säilib või paraneb;
- eraldatud ressursse kasutades saavutatakse suurim võimalik sääst

Senini pole kinnisvaraomanikke parima, hoone energiatõhusust parandava ja jooksvatelt kuludelt säästa aitava investeerimisotsuse leidmisel eriti toetatud. Otsused tuginevad sageli üksikute meetmete tasuvusele, kusjuures tasuvust hinnatakse tihti lihtsate majanduslike meetoditega, mis ei võta arvesse kogu investeringu / tehniliste süsteemide majanduslikku eluiga ega arvesta ka energiahindade muutumisega. Sellise lähenemisega kaalutakse ja teostatakse tavaliselt ainult üksikuid kõige tasuvamaid meetmeid, mis viib suhteliselt tagasihoidliku energiatõhususe tõusuni olemasolevates hoonetes.

Et seda ilmselget riski vähendada, on BELOK grupp töötanud Rootsis välja uue töömeetodi, mille nimi on *Total Concept* ning mida on edukalt rakendatud juba mitmetes mitte-eluhoonete renoveerimise projektides. Rootsis teostatud projektide tulemused näitavad, et hoone omaniku seatud tasuvuse tingimusi silmas pidades on olemasolevates hoonetes võimalik saavutada kuni 50–70% energiasääst

Meetod Total Concept keskendub maksimaalse energiasäästu saavutamisele hoones tellija tasuvuse tingimustes. Meetodi põhimõte seisneb terviklikus lähenemises hoone energiatõhususe parandamisele, kus on oluline erinevate hoone renoveerimisprotsessis osalevate osapoolte vaheline koostöö ja kindlaksmääratud rollid ning ülesanded. Meetod tugineb lihtsalt mõistetavale tasuvuse hindamise majandusmudelile ja hõlmab lühidalt järgmisi samme:

- hoones teostatakse põhjalik energiaaudit, et teha kindlaks kõikvõimalikud energiasäästu meetmed, mille põhjal luuakse majanduslikult tasuv meetmete pakett;
- meetmete pakett viiakse tervikuna läbi;
- energiakasutuse järelmonitooring, kus hoonet jälgitakse pärast meetmete rakendamist ning tulemust võrreldakse meetmete paketi rakendamiseelse energiatarbega.

Meetmete paketti kaasatavate meetmete arvu puhul on määrava tähtsusega see, et kogu paketi sisemine tasuvusmäär (tulu sisenorm) ületaks tellija poolt ette antud arvutusliku intressi. Tasuvuse hindamisel võetakse arvesse ka energiahindade muutusi ja meetmete majanduslikku eluiga.

Sellisel viisil, kus teostatakse terve meetmete pakett ja mitte ainult üksikult tasuvad meetmed, on võimalik saavutada palju suuremat energiasäästu ja seda kinnisvaraomaniku tasuvuse tingimustes. Majanduslikult tulusamad meetmed aitavad toetada vähemtulusaid meetmeid, kuid tervikuna saavutatakse siiski majanduslikult tasuv energiatõhususe tõstmine hoones.

**Meetod Total Concept** on töömeetod olemasolevate mitte-eluhoonete energiatõhususe parandamiseks, mille eesmärk on saavutada maksimaalne energiasääst hoones tellijale majanduslikult tasuval viisil. See meetod põhineb süstemaatilisel lähenemisel hoone energiatõhususe tõstmise protsessile, kus hoones viiakse läbi põhjalik analüüs ja koostatakse meetmete pakett, mis vastab tervikuna tellija poolt ette antud tasuvuse tingimustele. Tulemuste kasumlikkuse saavutamiseks tuleb ellu viia kogu meetmete pakett.



## BELOK grupist

Töömeetod Total Concept on välja töötatud BELOK grupi poolt Rootsis. BELOK on koostöövõrgustik Rootsi Energiaagentuuri ja Rootsi suurimate mitte-eluhooneid omavate (nii riiklike kui ka erasektori) kinnisvaraomanike vahel. Liikmed esindavad kokku umbes 25% mitte-eluhoonete kogupinnast Rootsis.

BELOK grupis, mille algataja ja toetaja on Rootsi Energiaagentuur, tegutsevad koos 21 suuremat kinnisvaraettevõtet Rootsis, eesmärgiga panustada mitte-eluhoonete sektori energiatõhususe parandamisse. Selleks on ühiselt välja töötatud energiatõhususe ja sisekliima nõuded, mida grupi liikmed rakendavad enda hallatavates hoonetes. Lisaks arendatakse ja katsetatakse hoonetes uusi ning paljutöötavaid tehnosüsteemide lahendusi ja meetodeid nii uusehituste kui ka renoveerimistöde elluviimisel. Eesmärk on töötada välja uusi tehnoloogiad ja uusi töömeetodeid, mida saaks riigis ka laiemalt kasutusse võtta. Kõik BELOK grupi töötulemused on avaldatud ja kättesaadavad veebilehel [www.belok.se](http://www.belok.se).

### BELOK grupi liikmed (2017. aasta jaanuaris):

Akademiska Hus, Castellum, Skandia Fastigheter, Faberge, Fortifikationsverket, Jernhusen, Locum, Lokalförvaltningen Göteborg, Malmö Stad Serviceförvaltningen, Midroc, Skolfastigheter i Stockholm, Specialfastigheter, Statens Fastighetsverk, Swedavia, Vasakronan, Västfastigheter, Hufvudstaden, AMF Fastigheter, Fastighetskontoret Stockholms Stad, Atrium Ljungberg, Uppsala kommun.

## Meetodil Total Concept põhinevad näidisprojektid

### Näidisprojektide tulemused

Esmakordselt alustati meetodil Total Concept põhinevate renoveerimisprojektidega 2007. aastal. Eesmärk oli meetodit katsetada ja arendada. Esimesed projektid viidi läbi viies kontorihoones Rootsis, mille omanikud kuulusid BELOK gruppi. Esimeste projektide läbiviimiseks kulus 3 kuni 5 aastat, sisaldades muu hulgas terve aasta pikkust energiakasutuse järelmonitooringut peale renoveerimist. Praeguseks on see laienenud ka muud tüüpi mitte-eluhoonetele, sealhulgas koolimajadele, haiglatele ja muuseumitele.

Esimene meetodile Total Concept vastav projekt viidi lõpule 2010. aasta märtsis. Tegu oli Getholmeni kontorihoone renoveerimisega, mille omanikuks on Brostaden ja mis asub Stockholmis. Energiatarve vähenes renoveerimise tulemusel 200 kWh/m<sup>2</sup>-lt aastas 86 kWh/m<sup>2</sup>-ni aastas ja energiakulu 7 600 m<sup>2</sup> hoone puhul vähenes 58 000 euro võrra aastas. Pärast renoveerimist läbi viidud aastapikkune järelmonitooring kinnitas, et meetmete paketi tegelik tasuvus oli 13% (tulu sisenorm).

Tänaseks on meetodit rakendatud Rootsis mitmekümne mitte-eluhoone renoveerimisel. Rootsi nädishoonete tulemused näitavad, et meetodiga Total Concept on hoones võimalik saavutada energiakasutuse 50–70% vähendamine.

Lisaks on kinnisvaraettevõtete tehniliste osakondade andmetel meetodi oluline lisaväärtus, et meetodi rakendamine suurendab koostööd erinevate hoonesiseste huvirühmade vahel ning meetodi abil on võimalik ettevõtte majandusosakonda ja tippjuhte veenda tegema hoonete energiatõhususe tõstmiseks suuremaid investeeringuid.

Kolme näidisprojekti tulemused on ära toodud lisas 1.

## Investeering meetodi Total Concept kohaste renoveerimisprojektide läbiviimiseks

Siiani on Rootsi kogemus näidanud, et meetodi Total Concept kohase renoveerimisprojekti jaoks vajalik investeering jääb olenevalt hoonest keskmiselt 70 eurot ruutmeetri kohta (vt tabel 1.1). See sisaldab hoone põhjalikku analüüsi, investeerimiskulude ja säästetud energia arvutamist ning meetmete paketi kokkupanekut, meetmete projekteerimist ja läbiviimist ning hoone järelmonitooringut.

**Tabel 1.1** BELOK gruppi kuuluvate kinnisvaraomanike teostatud meetodi Total Concept kohaste projektide investeerimiskulud

Kuluartikkel	Maksumus €/m <sup>2</sup>
Etapp 1: meetmete paketi koostamine	3–4
Etapp 2: meetmete paketi elluviimine	9–270
Etapp 3: järelmonitooring	1–2
<b>Kokku (välja arvatud käibemaks)</b>	<b>~ 13–276 €/m<sup>2</sup> (keskmise 70 €/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Aastane sääst</b>	<b>2–35 €/m<sup>2</sup> × aasta</b>

Tabel 1.2 annab ülevaate üldistest energiasäästumeetmetest, mida on rakendatud erinevates meetodil Total Concept põhinevates projektides Rootsis.

**Tabel 1.2** Üldised energiasäästu meetmed, mida on rakendatud Rootsi võrdlusprojektides

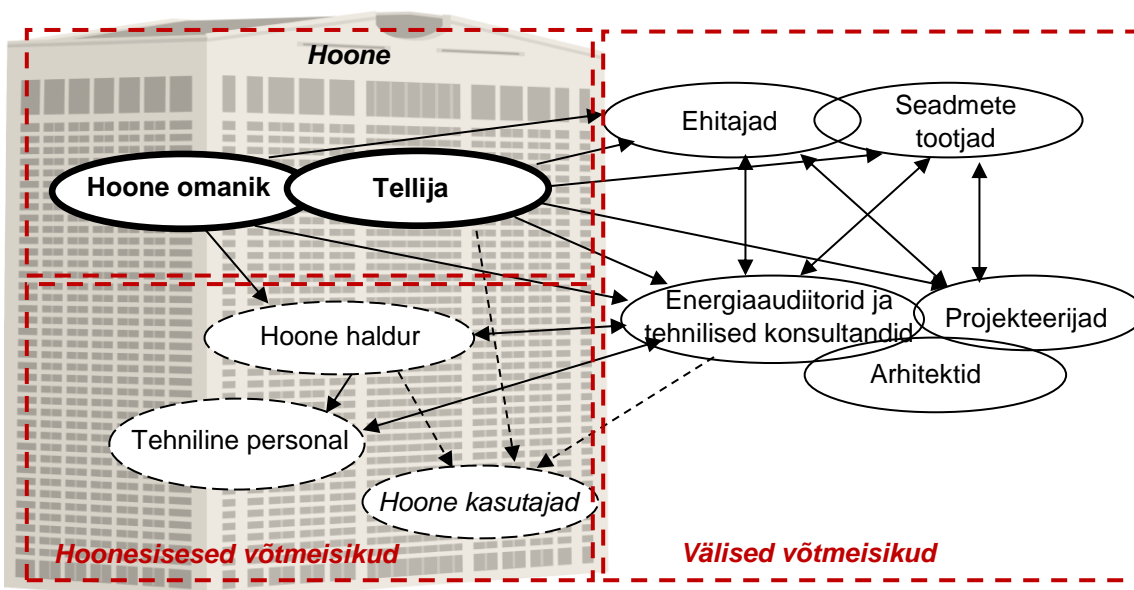
Energiasäästumeetme tüüp
Uus ventilatsiooniseade (või -seadmed), millel on energiatõhus soojustagastus ja ventilaatorid
Õhuvooluhulkade optimeerimine ventilatsioonisüsteemis (-süsteemides)
Käitusaegade ja temperatuuride optimeerimine ventilatsioonisüsteemis (-süsteemides)
Soojustagastuse lisamine ventilatsioonisüsteemi (-süsteemidesse)
Olemasolevate rihmajamiga ventilaatorite asendamine uute energiasäästlike ventilaatoritega, millel on sagedusmuundurid
Nõudlusepõhiselt reguleeritava ventilatsiooni paigaldamine konkreetsetesse tsoonidesse/tubadesse/süsteemidesse
Jahutussüsteemi töö optimeerimine
Vabajahutuse lisamine jahutussüsteemi
Jahutusseadmete kondensaatorisoojuse taaskasutus
Radiaatorite termostaatide vahetamine ja vesiküttesüsteemi tasakaalustamine
Uute energiatõhusate pumpade paigaldamine
Olemasolevate akende vahetamine energiatõhusate akende vastu
Katuse lisasoojustamine
Valgustuse kohaloleku järgi juhtimine konkreetsetes ruumides / konkreetsetel aladel
Olemasoleva valgustussüsteemi vahetamine energiatõhusama vastu

Mitte-eluhoonetes saab erinevate tehniliste süsteemidega sageli palju energiat kokku hoida. Suhteliselt lihtne on leida mitmeid energiasäästu meetmeid, millel on kõrge säästupotentsiaal ja mis ei vaja suuri investeeringuid. See on ka üks põhjus, miks meetodiga Total Concept on võimalik mitte-eluhoonetes saavutada häid tulemusi. Tuvastatud tasuvad meetmed aitavad toetada vähemkasulikke meetmeid, kui meetmeid teostatakse tervikuna tasuva meetmete pakettina. Elumajades on tehnilisi süsteeme sageli vähem ja tulusate meetmete arv võib olla piiratud. Lisaks võivad suure energiasäästu potentsiaaliga meetmed olla väga kallid, näiteks hoone välispiirdeid puudutavad meetmed. Seega ei pruugi meetodi Total Concept rakendamine elumajades viia tingimata suure energiasäästuni, mis jääks tellija tasuvuse raamesse. Siiski võib meetodika olla teatud juhtudel edukas isegi elumajade puhul.

## Meetodi Total Concept olulised huvirühmad ja osapooled

Meetodi Total Concept alusel teostatavate projektide edukas elluviimine hõlmab erinevaid huvirühmi ja osapooli, kes otseselt või kaudselt mõjutavad energiatõhususe tõstmise projekti tulemust. Erinevaid osapooli ja nendevahelist seost on kujutatud joonisel 1.1 oleval skeemil. Nooled näitavad ühenduslülisid erinevate oluliste huvirühmade ja osapoolte vahel.

**Meetodi Total Concept peamine huvipool** on tellija, kes algatab ja tellib meetodil Total Concept põhineva projekti. Mõiste „tellija“ võib tähendada nii hoone omanikku kui ka muud investorit või otsustajat, kellel on huvi investeerida hoone energiatõhususe tõstmise meetmetesse. Selleks võib olla näiteks üüriku eestvõtja, mis tasub ise oma energiakulud jne.



**Joonis 1.1.** Meetodi Total Concept kohase projekti seotud olulised huvirühmad ja võtmeid

**Meetodi Total Concept hoonesisesed võtmeid** on hoone kasutajad ja hoone omaniku jaoks töötavad hoonega seotud isikud, kellel on oluline roll energiatõhususe tõstmise projektis, sest neil on olulist teavet hoone, selle kasutuse ja seal toimuva kohta. See rühm hõlmab hoone haldureid, kes vastutavad kõnealuste hoonete eest ja kellel võib olla oluline roll investeerimisotsuste tegemisel. Samuti kuulub nende hulka hoone tehniline personal (hooldusmeeskond), kes vastutab hoone kõigi tehnosüsteemide töö eest ning võib otseselt mõjutada hoone energiakasutust ja seda pikaajalises

plaanis. Hoonega seotud huvirühmadeks peetakse ka hoone kasutajaid, nt üürilisi. Lõppkasutajatena avaldavad nad suurt mõju hoone energiakasutusele ning seega on tellijale oluline, et hoone kasutajad oleksid toimuvaga hästi kursis ja nende vajadustega arvestataks. Lisaks võib mõnel juhul teatud energiasäästu meetmete teostamine olla üürniku vastutada, näiteks töö ajal kasutatava valgustussüsteemi ja masinate/seadmetega seotud meetmed.

**Meetodi Total Concept välised võtmeisikud** on ettevõtted, kes viivad meetodi Total Concept erinevaid etappe praktikas ellu ja pakuvad tellijale reoveerimisprojekti oma teenuseid ja tooteid. Siia rühma kuuluvad energiaaudiitorid, tehnilised konsultandid, ehitusjärelvalve teostajad, arhitektid ja projekteerijad ning ehitusettevõtjad, aga ka tehnosüsteemide seadmete tootjad.

## Juhised käsiraamatu lugejale

Käsiraamat on jagatud järgmisteks peatükkideks.

1. peatükk – „Sissejuhatus“ – selgitab meetodi Total Concept väljatöötamise tausta Rootsis ja räägib esimeste näidisprojektide läbiviimise üksikasjadest Samuti kirjeldatakse meetodi rakendamise peamisi huvigruppe ja võtmeisikuid.
2. peatükk – „Meetodi Total Concept põhitõed“ – tutvustab meetodi üldiseid põhimõtteid ja selgitab selle peamisi eeliseid. Kirjeldatakse lühidalt ka tööprotsessi ja erinevaid ülesandeid.
3. peatükk – „Meetodi Total Concept majanduslikud põhimõtted“ – kirjeldab majanduslikku mudelit, millele põhinevad meetodi Total Concept tasuvusarvutused. Lisaks selgitatakse sisendandmete valikut ja selle mõju tulemustele.
4. peatükk – „Etapp 1: meetmete paketi koostamine“ – annab juhised meetodi esimese etapi läbiviimiseks. Räägitakse tellija ja energiaaudiitori rollidest ja nende ülesannetest meetmete paketi koostamisel.
5. peatükk – „Etapp 2: meetmete paketi elluviimine“ – arutab olulisi küsimusi, millega arvestada meetodi teise etapi teostamisel. Lisaks põhinõuetele, mis peavad olema sätestatud hankedokumentides, kirjeldatakse tellija, projekteerijate, ehitusettevõtjate, hoolduspersonali ja hoone halduri rolli ja ülesandeid. Lisaks kirjeldatakse ka ettevalmistusi, mida tuleb teha enne kolmanda etapi algust.
6. peatükk – „Etapp 3: järelmonitooring“ – puudutab olulisi küsimusi, millega arvestada meetodi Total Concept viimase, kolmanda etapi teostamisel. Muu hulgas kirjeldatakse vastutuse jagamist, energiatarbe mõõtmist ja tasuvuse tulemuste hindamist

## 2 Meetodi Total Concept põhitõed

Selles peatükis selgitatakse meetodi Total Concept põhitõdesid ja peamisi eeliseid. Antakse kokkuvõttev ülevaade meetodi tööprotsessist ja selle erinevatest etappidest

### Meetodi Total Concept ülevaade

Total Concept on meetod olemasolevate mitte-eluhoonete energiatõhususe tõstmiseks, mis kasutab süstemaatilist lähenemist kogu ehitusprotsessi vältel. Meetodi eesmärk on saavutada maksimaalne energiasääst majanduslikult tasuval viisil.

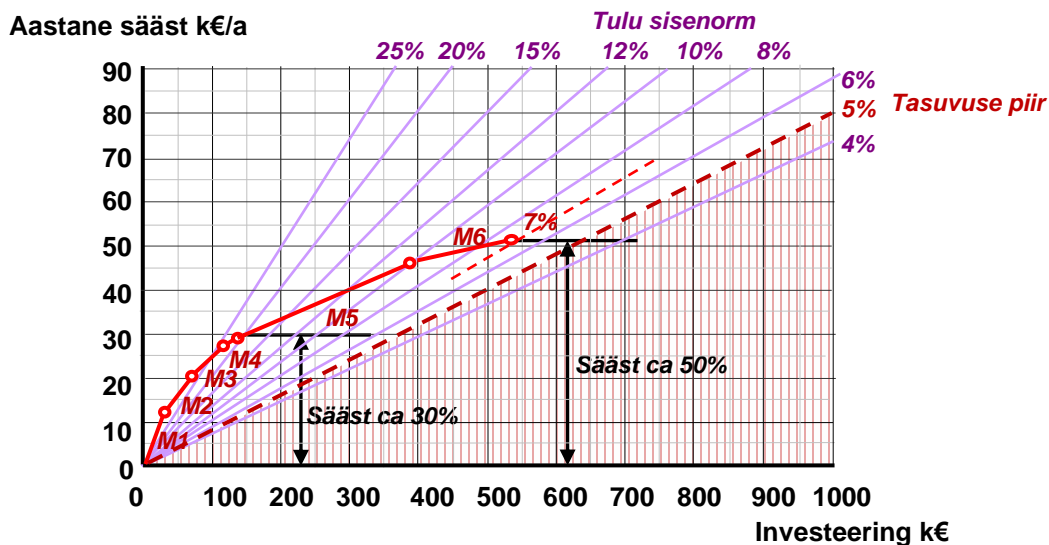
Meetodi esimeses etapis viiakse läbi hoone põhjalik audit eesmärgiga kaardistada olemasolev olukord ja kõikvõimalikud energiatõhususe tõstmise meetmed, millel võib olla mõistlik energiasäästu potentsiaal. Seejärel hinnatakse iga meetme energiasäästu ja maksumust ning luuakse meetmete „pakett“, mis vastab tervikuna hoone omaniku tasuvusnõuetele.

Tasuvust määratakse terve meetmete paketi tegeliku tulususe alusel, väljendatud tulu sisenormina (IRR). Joonis 2.1 illustreerib meetmete paketti tulu sisenormi graafikul. Sellises diagrammis, kus y-teljel on aastast säästetud maksumus ja x-teljel on nõutav investeering, on võimalik vastava investeeringu eluea kohta lisada jooni, mis tähistavad erinevaid tulu sisenormi väärtusi (%). Iga energiasäästu meede toob kaasa teatud aastase kulude kokkuhoiu (€/a) ja vajab teostamiseks teatud investeeringut (k€) ning seda saab diagrammil tähistada joonega, millel on teatud pikkus ja kalle. Kaldenurk näitab investeeringu tulu sisenormi (%), st tõelist intressi, mida investeering annab.

Meetmete paketi koostamiseks järjestatakse erinevad energiasäästu meetmed tasuvuse alusel ja kogu meetmete paketile arvutatakse ühine tulu sisenorm (%), mis võtab arvesse ka võimalikke muutusi energiahindades ja iga meetme eluiga. Kui palju meetmeid paketti kaasatakse, määratakse omaniku poolt esitatud tasuvuse nõude alusel põhimõttel, et kogu meetmete pakett tervikuna peab ületama nõutud minimaalse tulu sisenormi. Sellisel viisil lähenedes on võimalik saavutada palju suuremat energiasäästu kui vaid üksikult tasuvate meetmete läbiviimisel. Meetmeid koos läbi viies aitavad tasuvamad meetmed toetada meetmeid, mis eraldi polnuks tasuvad, kuid tervikuna teostamisel saaksid läbi viidud. See ongi meetodi Total Concept tuum.

Joonisel 2.1 kujutatud näites on tellija tasuvuse tingimuseks, et investeeringu tulu sisenorm peab olema vähemalt 5%. Kogu meetmete pakett ( $M1-M6$ ) vastab sellele tingimusele, andes tulu sisenormi 7% ja viib iga-aastase energiakasutuse vähenemiseni ligikaudu poole võrra. Kui rakendataks ainult üksikult tasuvaid energiatõhususe meetmeid ( $M1-M4$ ), siis oleks sääst olnud ainult 30%. Lisaks tooks ainult kõige tasuvamate meetmete läbiviimine kaasa olukorra, kus vähemtasuvamad meetmed, mis on energia seisukohast olulised, jäävad tõenäoselt kõrvale ka hiljem, kuna puudub viis neid majanduslikult tasuvalt läbi viia. Hiljem pole enam selliseid tulusaid meetmeid, mis aitaksid vähemtasuvaid meetmeid toetada.

Meetmete paketi koostamist selgitatakse üksikasjalikumalt järgmises peatükis.



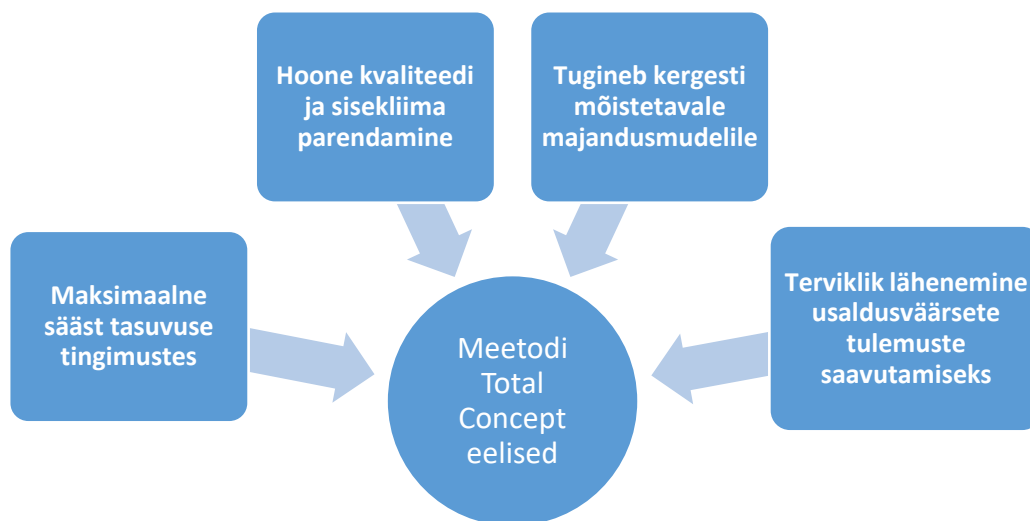
**Joonis 2.1.** Kuue meetmega (M1–M6) energiatõhususe tõstmise pakett tulu sisenormi graafikul

Diagramm näitab tulu sisenormi (IRR), st tõelist reaalset intressi, mida investeering endaga kaasa toob. Tellija tasuvuse tingimuse kohaselt peab investeeringu tootlikkus nimetatud näites olema vähemalt 5%. Kogu meetmete pakett annab selles näites tulu sisenormi 7%, olles vastavuses tellija nõudega.

Tuleb rõhutada, et sellise märkimisväärse säästu saavutamine eeldab ka, et meetmete pakett teostatakse tervikuna ja mitte osadena.

## Meetodi Total Concept peamised eelised

Meetodi Total Concept peamised eelised on kokkuvõtvalt kujutatud joonisel 2.2 ja neid kirjeldatakse alljärgnevalt.



**Joonis 2.2.** Meetodi Total Concept peamised eelised

***Suurema energiasäästu saavutamine majanduslikult tasuval viisil***

Meetodi Total Concept abil on võimalik ära kasutada olulist osa olemasolevate mitte-eluhoonete energiasäästu potentsiaalset ja seda majanduslikult tasuval viisil. Meetod põhineb hoone kui terviku põhjalikul analüüsil, mille käigus tehakse kindlaks kõikvõimalikud meetmed, mis võivad kaasa tuua mõistliku säästu. Meetmed viiakse ellu ühtse tulusa paketina. Kõige tulusamad meetmed teevad investeeringutes tasa need meetmed, mis üksikult poleks tasuvad, kuid mis on olulised energiasäästu vaatenurgast

***Hoone kvaliteet ja sisekliima paranevad***

Meetodi rakendamine keskendub hoone kvaliteedi ja sisekliima säilitamisele või selle parendamisele. Meetodit Total Concept on lihtne kaasata hoone üldisesse renoveerimisprotsessi. Sel juhul analüüsitakse lisainvesteeringuid, mida on vaja hoone parema energiatõhususe saavutamiseks. Meetodi Total Concept kombineerimine hoone üldise renoveerimiskavaga võimaldab optimeerida ka energiametmete investeeringukulusi.

***Tugineb kergesti mõistetavale majandusmudelile***

Renoveerimist hoone energiatõhususe tõstmiseks võib pidada pikaajaliseks investeeringuks, sest erinevatel meetmetel on sageli pikk majanduslik eluiga. Seega tuleks kasutada majandusmudeleid, mis peegeldavad selliste investeeringute potentsiaali. Samas peaksid need olema otsustajatele kergesti arusaadavad. Meetodi Total Concept puhul kasutatakse tasuvuse analüüsiks tulu sisenormi meetodit. Meetod näitab tulu sisenormi (IRR), mida väljendatakse intressimäärana, mille investeering loob. Meetmete paketti luues võetakse arvesse võimalikke muutusi energiahindades ja paketti kuuluvate meetmete erinevat eluiga.

***Tulemuste usaldusväärsus tagatakse tervikliku lähenemisega***

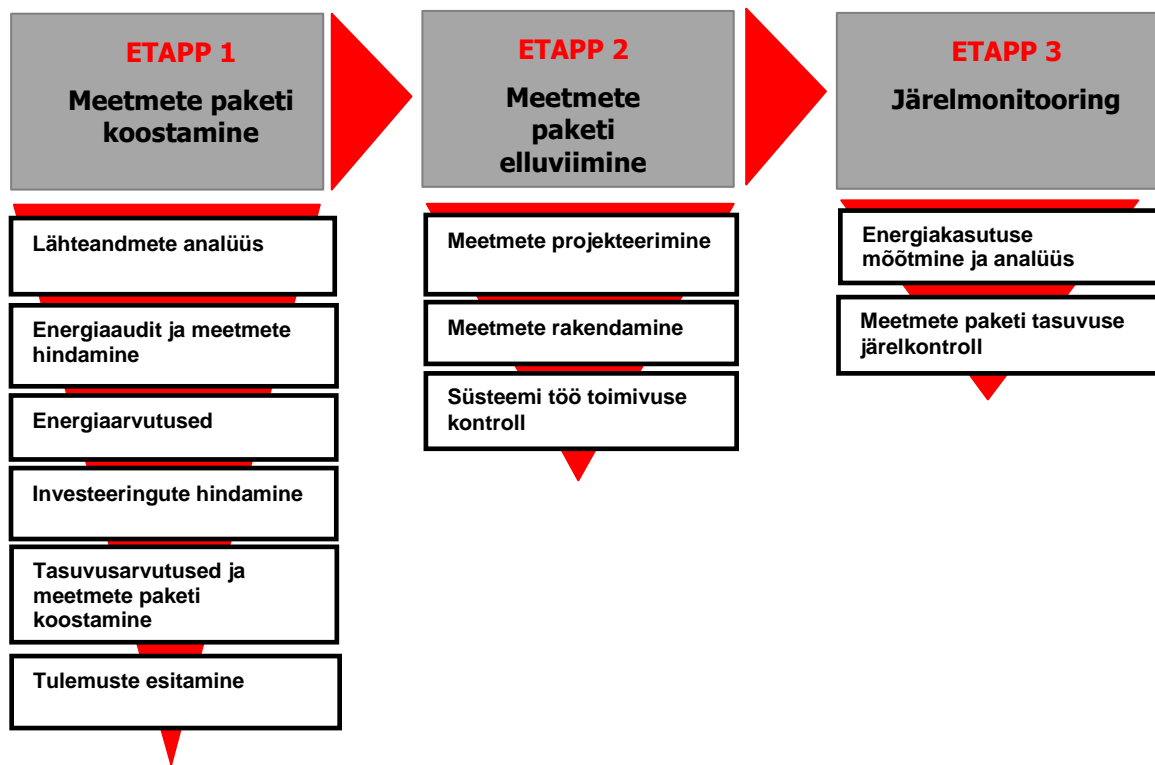
Meetod Total Concept pakub terviklikku lähenemist hoone energiatõhususe tõstmises. Tööprotsess on hästi struktureeritud ja erinevate huvigruppide ja võtmeisikute ülesanded, rollid ja vastutusalad on selgelt määratletud. Nii on võimalik jälgida tervet energiatõhususe tõstmise renoveerimise protsessi ja tagada kvaliteet.

**Meetodi Total Concept tööprotsess**

Tagamaks, et eesmärgiks seatud energiasääst ka saavutatakse, rakendatakse kogu renoveerimisprotsessi vältel süstemaatilist lähenemist. Meetodi Total Concept tööprotsess on jagatud kolmeks peamiseks osaks:

- Etapp 1 – meetmete paketi koostamine;
- Etapp 2 – meetmete paketi elluviimine;
- Etapp 3 – järelmonitooring.

Meetodi Total Concept tööstruktuuri illustreeritakse joonisega 2.3. Iga etapp hõlmab tervet rida paikapandud tööülesandeid ning eeldab erinevatelt võtmeisikutelt ja huvigruppidele teatud osalust. Seda kirjeldatakse detailsemalt käsiraamatu järgmistes peatükkides.



*Joonis 2.3 Meetodi Total Concept tööstruktuur*

### Etapp 1 – meetmete paketi koostamine

Meetodi Total Concept esimeses etapis viiakse hoone kohta läbi põhjalik tehniline analüüs. Tulemusena koostatakse meetmete pakett, mis hõlmab energiatõhususe tõstmise meetmeid, mis pakuvad tervikuna suurimat energiasäästu ja mis samas vastab tellija tasuvuse kriteeriumitele.

Meetodi esimese etapi võib jagada järgmisteks olulisemateks ülesanneteks:

- põhilise informatsiooni ja tehniliste andmete kogumine hoone kohta;
- energiaaudit ja energiasäästu meetmete hindamine;
- energiaarvutused;
- hinnangud investeerimiskulude kohta;
- tasuvusarvutused ja meetmete paketi koostamine;
- tulemuste esitamine.

Esimese etapi tulemustele tuginedes langetab tellija otsuse, kas investeerida meetmete paketti või mitte. Otsuse langetamise eeldus on, et andmed on hõlpsasti tõlgendatavad nii finantsilisest kui ka tehnilisest vaatenurgast. Teine tingimus on, et tellija võib kindel olla, et väljaarvutatud aastane sääst saavutatakse ja meetmete paketi tegelik maksumus vastab arvutustes näidatud investeerimiskuludele. Hoolikas analüüs töö esimeses etapis on projekti edukaks läbiviimiseks hädavajalik. Lisaks on heade tulemuste eelduseks energiaaudiitori, tellija, hoone halduri ja tehnilise personali vaheline koostöö.



---

## Etapp 2 – meetmete paketi elluviimine

Meetodi Total Concept teises etapis teostatakse meetmete pakett ühtse tervikuna. Etapp 2 tugineb hoolikale hankele, projekteerimisele ja ehitustöödele. Põhimõtteliselt on need etapid samad, mis igas tavalises renoveerimisprojekti. Meetodi teise etapi võib jagada järgmisteks olulisemateks ülesanneteks:

- meetmete planeerimine ja projekteerimine;
- ehitustöö ja paigaldus;
- süsteemide töö toimivuse kontroll.

Teise etapi töö on lõpule viidud, kui süsteemide töö toimivuse kontroll on lõpetatud ja heaks kiidetud, nii et mistahes vead saab parandatud enne meetmete paketi tulemuste hindamist

Samuti tuleb juba teises etapis hakata plaanima kolmandas etapis teostatavat hoone järelmonitooringut. Koostada tuleb täpsem mõõtmiste plaan ning tagada, et vajalikud mõõtjad ja andmete kogumise süsteem saab projekteeritud ja paigaldatud juba teises etapis. Samuti on vaja teostatud meetmete tegeliku maksumuse jälgimist

## Etapp 3 – järelmonitooring

Meetodi Total Concept kolmanda etapi eesmärk on jälgida hoone energiatarvet pärast meetmete paketi elluviimist ja kontrollida tegelikku tasuvust

Meetodi kolmanda etapi võib jagada järgmisteks olulisemateks ülesanneteks:

- energiakasutuse mõõtmine ja analüüs;
- meetmete paketi tasuvuse järelkontroll.

Hoone järelmonitooring viiakse läbi vähemalt ühe renoveerimisele järgneva täisaasta jooksul. Hoone energiakasutust ja sisekliima parameetreid jälgitakse iga kuu ning andmeid võrreldakse esimese etapi arvutuslike tulemustega.

Tasuvuse kontrollis võetakse aluseks tegelik mõõdetud energiakulude kokkuhoid ja tegelik meetmete investeering ning arvutatakse tõeline intress meetmete paketi tervikuna, mida seejärel võrreldakse esimese etapi tulemustega.

### 3 Meetodi Total Concept majanduslikud põhimõtted

Peatükk selgitab tasuvuse hindamise põhimõtteid ja mõisteid, millele meetod Total Concept tugineb. Selgitatakse sisendandmete valikut ja nende mõju tulemustele ning tulu sisenormi meetodit ja meetmete paketi koostamist tulu sisenormi graafikul.

#### Sissejuhatus

Ehitusprojektis võivad majandusliku tasuvuse hindamisel olla erinevad eesmärgid:

- tellija toetamine otsuse langetamisel investeringu tegemise või mittetegemise kohta;
- erinevate tehniliste lahenduste tähtsuse järjekorda seadmine;
- tehniliste süsteemide või süsteemi osade valimine ja dimensioneerimine.

Esimene eesmärk on oluline juhul, kui investor peab langetama investeerimisotsuse. Näiteks olukorras, kus peab otsustama, kas ja millises ulatuses tuleks renoveerimine energiatõhususe parandamiseks läbi viia. Siinkohal on lähtepunktiks tellija määratletud tasuvus, mida investering peab andma.

Investeringu tasuvuse hindamise alusena võib kasutada erinevaid meetodeid. Enamik neist meetoditest annavad sama tulemuse, eeldusel, et kasutatakse samu majanduslikke sisendandmeid.

Teine eesmärk kehtib siis, kui investeerimisotsus on juba langetatud, kuid on võimalik valida erinevate võimalike süsteemide ja seadmete vahel. Sellisel juhul on eesmärgiks erinevate lahenduste tasuvuse omavaheline võrdlus, mitte investeringu enda tasuvuse välja selgitamine.

Kolmas eesmärk kehtib projekteerimisetalpile, kui dimensioneeritakse konkreetseid hoone ja selle süsteemide osi. Tegemist on projekteerimisprotsessi osaga.

Meetodi Total Concept puhul on oluline esimene eesmärk, st pannakse alus investeerimisotsusele. Alljärgnevalt keskendutakse meetodis Total Concept kasutatavale tasuvuse hindamise meetodile.

#### Tasuvusarvutuse lähteandmed

Teatud põhilistel tasuvusarvestuse lähteandmetel on suur mõju tulemusele, nt arvutuslik intress, suhteline energiahinna muutus, investeringu eluiga jne. Oluline on mõista nende olemust ja valikut.

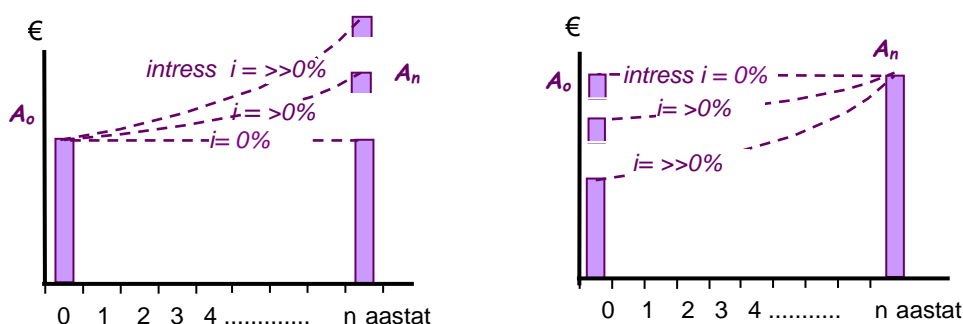
#### Intressimäär, säästude ja kapitalikulu praegune väärtus

Et otsustada, kas investering on tasuv või mitte, tuleb teada kõiki investeerimisettepanekuga seotud kulusid ja sääste. Selleks aga, et tasuvuse küsimusele õigesti vastata, peab olema võimalik vaadelda ka raha väärtust ajalisel skaalal. Kapital (raha), mis on käes antud momendil, on tavaliselt suurema faktilise väärtusega kui see, mis laekub tulevikus. Praeguse ja tulevikus laekuva raha väärtuse vahelise suhte määrab *intressimäär*.

Intressimäär, mida kasutatakse arvutustes, väljendab seda, kuidas ettevõtte hindab tuleviku varasid võrreldes praeguste varadega. Rahasumma omanik võib otsustada, kas hoiab raha alles, investeerib selle või laenab nii, et saab selle järgnevate aastatega kasuga tagasi. Kasu suuruse määrab ta intressiga, mis

peab olema selline, et investeerimine või väljalaenamine oleks huvitavam kui kapitali enda käes alles hoidmine ja mingiks muuks otstarbeks kasutamine. Kui hüpoteetiliselt pole oluline, kas kapital on käes käesoleval ajahetkel või kunagi tulevikus, võib intress olla 0%. Mida tähtsam on kapitali oma käes hoidmine, seda suurem peab olema tulevane kasu, ja sellega ka intress, et siiski investeerida või seda välja laenata.

Joonis 3.1 illustreerib seda, kuidas intressimäär mõjutab raha praegust väärtust. Kui näiteks täna investeerida kindel summa  $A_0$  (€), kusjuures hoiustatud summa iga-aastane tootlus on  $i$  (%), siis  $n$  aasta pärast on summa kasvanud summani  $A_n$  (€). Selle summa  $A_n$  (€) suurus sõltub intressimäärist  $i$ . Mida kõrgem intressimäär, seda suurem on  $A_n$  (€) summa. Kui aga alternatiivselt  $n$  aasta pärast saadakse summa  $A_n$  (€), siis selle väärtus tänases rahas oleks  $A_0$  (€). See väärtus on madalam, kui intressimäär on kõrge. Täna  $A_0$  (€) väärtust summast  $A_n$  (€), mis makstakse välja  $n$  aasta pärast, nimetatakse summa  $A_n$  diskonteeritud väärtuseks.



**Joonis 3.1.** Illustratsioon sellest, kuidas intressimäär mõjutab raha nüüdisväärtust

Tulevikus saadava üksiku summa  $A_n$  (€), mis saadakse  $n$  aasta pärast, tänapäeva väärtuse  $A_0$  (€) võib välja arvutada järgmiselt:

$$A_0 = A_n \times i(i, n)$$

Tegurit  $i(i, n)$  nimetatakse diskontoteguriks ja see on intressimäära  $i$  ja investeeringu eluea  $n$  funktsioon, mille võib välja arvutada või leida tabelist, vt lisa 2.

**Näide:**

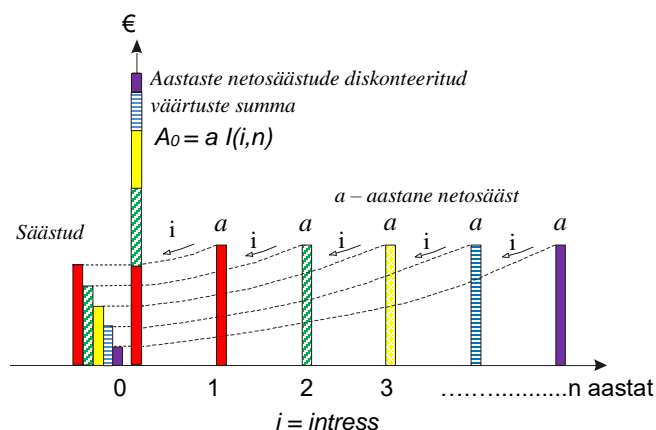
Kui laenata summa  $A_0 = 1000$  € intressimääraga 10%, siis tähendab see, et laenu ühekordne tagasimakse 10 aasta pärast peab olema:  $A_n = A_0 \times 1/i(10, 10) = 1000 \times (1/0,3855) \approx 2600$  €. Kui 10 aasta pärast saadakse tagasi  $A_n = 1000$  € suurune summa, siis 10 aasta pärast ja 10% intressimääraga on see praegu väärt:  $A_0 = A_n \times i(10, 10) = 1000 \times 0,3855 \approx 390$  €. Nimetatud näites on diskontotegur  $i(10, 10) = 0,3855$ .

Iga energiatõhususe tõstmise meede viib kindla aastase kulude kokkuhoiuni teatud investeeringu eluea jooksul. Et hinnata, mis on tulevikus saavutatava iga-aastase kokkuhoiu praegune väärtus, diskonteeritakse iga säästu väärtus tänasesse päeva ja liidetakse kokku. Diskonteeritud väärtuste summa on terve tagasimakse summa väärtus käesoleval momendil. Seda kujutatakse joonisel 3.2.

Aastaste puhassäästude  $a$  (€/a), mis säästetakse igal aastal  $n$  aastat, diskonteeritud väärtuste summa  $A_0$  (€) võib välja arvutada järgmiselt:

$$A_0 = a \times I(i, n)$$

Tegurit  $I(i, n)$  nimetatakse diskonteeritud tulu teguriks ja see on intressimäära  $i$  ja investeeringu eluea  $n$  funktsioon, mille võib välja arvutada või leida tabelist, vt lisa 2.



#### Näide:

praegused aknad asendatakse kolmekordse klaasiga akendega. Arvutuslik aastane netosääst on 10 000 eurot aastas. Arvutusliku intressi 4% ja 20-aastase tasuvusarvutuse perioodi juures on diskonteeritud tulu tegur  $I(4, 20) = 13,6$ .

Aastaste netosäästude diskonteeritud väärtuste summa:

$$A_0 = 10\,000 \times 13,6 = 136\,000 \text{ €}$$

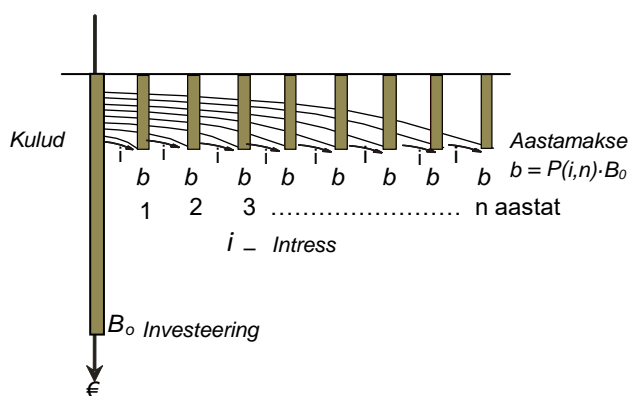
**Joonis 3.2.** Näide aastaste netosäästude tänapäeva väärtuse arvutamisest. Kõik aastased säästud diskonteeritakse tänasesse päeva ja liidetakse kokku.

Eeldades, et energiasäästu meetme (meetmete) investeering tehakse pangalaenu abil intressimääraga  $i(\%)$ , on tavaline, et laen makstakse pangale tagasi osamaksetena. Tihti on investeering jaotatud aastate lõikes võrdseteks osadeks ehk aastamakseteks ühtlaselt üle terve tagasimaksmise perioodi. Aastast tagasimakset nimetatakse *annuiteediks*. Aastase kapitalikulu hindamist kujutatakse joonisel 3.3.

Kui investeeritakse summa  $B_0$  (€), mis tuleb tagasi maksta järgmise  $n$  aasta jooksul, siis võib aastamakse või annuiteedi (aastase kapitalikulu)  $b$  (€/a) arvutada alljärgnevalt:

$$b = B_0 \times P(i, n)$$

Tegurit  $P(i, n)$  nimetatakse aastamaksete teguriks ja see on intressimäära  $i$  ja investeeringu eluea  $n$  funktsioon, mille võib välja arvutada või leida tabelist, vt lisa 2.

**Näide:**

10 000 euro suurune investeering tuleb 10 aasta jooksul tagasi maksta intressimääraga 6%. Milline on investeeringu aastamakse (aastane kapitalikulu)?

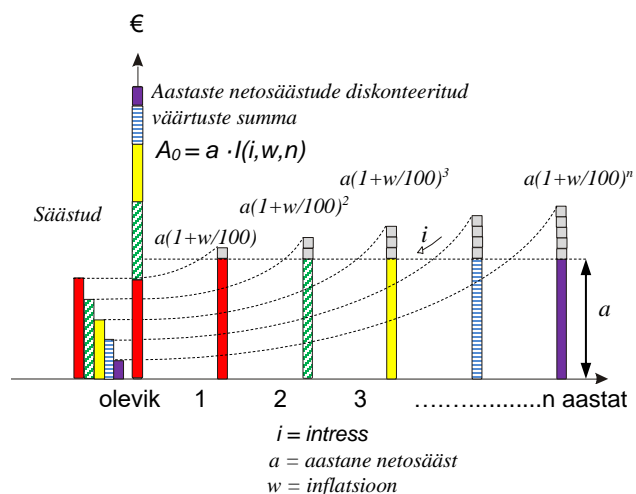
Aastamaksete tegur on  $P(6, 10) = 0,13597$

Investeeringu aastamakse on:  
 $b = 10\,000 \times 0,13597 \approx 1\,360 \text{ €/a}$

**Joonis 3.3.** Näide investeeringu aastamaksete (aastase kapitalikulu) arvutamisest Investeering  $B_0$  (€) arvestatakse ümber aastamakseteks (€/a), mis jaotatakse ühtlaselt investeeringu eluea peale.

### Nominaalne intressimäär ja reaalne intressimäär

Investeeringuid tehakse tavaliselt eeldusega, et need makstakse tagasi tulevatest tuludest või säästudest. Samas on tuleviku sissetulek või sääst tegelikus rahasummas suurem tuleviku suhteliste hinnamuutuste, st inflatsiooni tõttu. Seda kujutatakse joonisel 3.4.



**Joonis 3.4.** Näide tuleviku suhteliste hinnamuutuste, inflatsiooni kohta. Aastaste netosäästude diskonteeritud väärtuste summa  $A_0$  kasvab olenevalt tuleviku hinnamuutustest.

Normaalselt toimivas majanduses kasvab kaupade ja teenuste hind pidevalt ning seetõttu kahaneb ka raha väärtus pidevalt. Euroopas on inflatsioonimäär keskmiselt 2 kuni 3% aastas.

Samas jäävad kapitalikulu (€/a), amortisatsioon ja intress oma nimiväärtuselt samaks. Seda võetakse arvesse *nominaalses intressis*, mis on intressimäär, mis kehtib investeeringu tegemise ajal (olevikus) ja mis on seega kõrgem, kui see oleks juhul, kui inflatsioon puuduks. Nominaalne intressimäär on näiteks fikseeritud pangalaenu intress.

Kui nominaalset intressimäära kasutatakse lähtepunktina, siis tuleb investeeringu tasuvuse määramisel arvesse võtta ka inflatsiooni. Inflatsiooni võib arvesse võtta alljärgnevalt:

$$A_o = \left( \frac{1 - \left( \frac{1 + i/100}{1 + w/100} \right)^{-n}}{\frac{1 + i/100}{1 + w/100} - 1} \right) \cdot a = I(i, w, n) \cdot a$$

kus  $I(i, w, n)$  on diskonteeritud tulu tegur, mis võtab arvesse raha väärtuse muutust, st inflatsiooni.

Vastupidiselt tavalisele diskonteeritud tulu tegurile  $I(i, n)$  pole rahaväärtuse muutust arvesse võttev tegur  $I(i, w, n)$  tabelitest leitav ja laialdaselt kättesaadav. Siinjuures on siiski praktikas võimalik lähtuda ligilähedaselt tabelite andmetest. Võib teha järgmise lähenduse:

$$I(i, w, n) \approx I(i - w, n)$$

Lähendus ei anna täpselt sama tulemust kui algvõrrand. Lähenduse põhjustatud viga sõltub nominaalsest intressimäärast  $i$ , inflatsioonimäärast  $w$  ja investeeringu elueast  $n$ . See viga on väiksem kui 3%, kui nominaalne intressimäär jääb vahemikku 5 kuni 15%, inflatsioon alla 4% ja investeeringu eluiga on kuni 30 aastat [3]. Investeeringute finantspiirid muutuvad natuke madalamaks, kui kasutatakse lähendust, kuid see erinevus on väike võrreldes ebakindlusega, mis on alati seotud investeeringute hindamisega. Kui hinnatakse energiasäästu meetmeid olemasolevas hoones, on üksiku meetme maksumus ja arvutuslik aastane sääst alati natuke ebakindel. Seega on finantsküsimumustega tegeledes mõistlik aktsepteerida matemaatilisi lähendusi, kui need aitavad probleemi tunduvalt lihtsamaks muuta.

Intressimäära, mis ei sisalda inflatsiooni, nimetatakse *reaalseks intressiks*  $r$  (%) ja see on ligikaudu võrdeline nominaalse intressimääraga  $i$ , millest on lahutatud keskmine aastane inflatsioon  $w$ (%):

$$r \approx i - w\%$$

### Suhteline energiahinna muutus tulevikus

Eelnev arutluskäik on ainult siis tõene, kui kõik hinnad järgivad ligikaudselt inflatsioonimäära. Kui investeeringust saadava tulu mistahes osa ei järgi üldist inflatsioonimäära, siis tuleb seda arvesse võtta. On mõistlik eeldada, et energiahinnad muutuvad tulevikus teisiti kui keskmine inflatsioonimäär ja sellega tuleb energiasäästu meetmete kulutõhususe määramisel arvestada.

Siinkohal võib kasutada sama argumenti, nagu inflatsiooni puhul. Kui eeldatakse, et aastane suhteline energiahinna muutus on  $q\%$  üle või alla keskmise hinnatõusu, siis võib reaalselt intressimäära  $r$  korrigeerida energiahinna muutusega  $q\%$ :

$$r_{\text{kor}} \approx r \pm q\%$$

Reaalne intressimäär, mis võtab arvesse suhtelist energiahinna muutust, nimetatakse siin *korrigeeritud reaalseks intressimääraks*  $r_{\text{kor}}$ .

**Palun pidage meeles** – arvutusliku intressimäära korrigeerimine energiahinna muutusega kehtib olukorras, kus enamus meetmetega kaasnevast aastasest netosäästust koosneb energiakulude säästust, ja muude aastaste kulude kokkuhoid, näiteks hoolduskulud, moodustab aastasest kogusäästust vaid marginaalse osa. Kui aga meetmete kogusäästus moodustavad olulise osa muud käituskulud, mis pole seotud energiakuludega, siis nõuab suhtelise energiahinnamuutuse arvessevõtmine üksikasjalikumaid kalkulatsioone. Seda on võimalik hõlpsalt teha meetodi Total Concept majandustarkvaraga *TotalTool*.

Hoone omanik peab otsustama, kas tasuvusarvutustes võetakse arvesse ka eeldatav suhteline energiahinna muutus, mis ületab või jääb alla tuleviku inflatsiooni ja millise suurusega  $q\%$  peaks arvutusi tegema. Energiahinna muutuse hindamine on erinevates EL-i riikides erinev. Rootsis puuduvad üldised riiklikud juhised, mis sätestaks, millise suhtelise energiahinna muutusega peaks arvestama. Mõnede Rootsi kinnisvaraomnike hinnangul on hinnamuutus umbes  $+2\%$ .

### Arvutuslik intressimäär

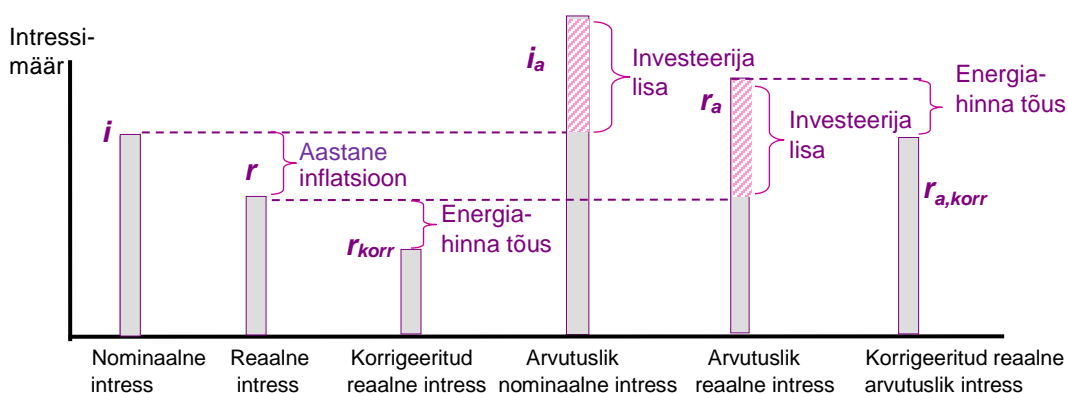
Üks viis ettevõtte finantsnõuete väljendamiseks on määrata täpsem intressimäär tase ehk *arvutuslik intressimäär*, mida tuleb kasutada investeeringute hindamisel. Arvutusliku intressi määrab tellija ja see on kõige olulisem vahend ettevõttele investeeringute tasuvuse tagamiseks, kus võetakse arvesse ettevõtte finantsolukorda ning investeerimisdistsipliini. Lihtsamalt väljendudes tugineb otsus osaliselt investeeritud kapitali tegelikule intressimäärale (faktilisele kapitalikulule), näiteks pangalaenu puhul, ja osaliselt ettevõtte üldisele rahalisele olukorrale ja pikaajalistele plaanidele. Arvutuslik intressimäär on seega intressimäär, mida tuleb maksta investeeritud kapitalilt koos investeerija lisaga, mille määrab ettevõtte soliidus, likviidsus, laenuvõime, muud investeerimisvõimalused, kinnisvara omamise strateegia jne.

Arvutuslik intressimäär võib olla *arvutuslik nominaalne intressimäär*  $i_a(\%)$ , sisaldades eeldatavat inflatsiooni või *arvutuslik reaalne intressimäär*  $r_a(\%)$ , mis ei sisalda inflatsiooni mõju. Kui kasutatakse arvutuslikku nominaalset intressi, siis peab inflatsioon olema kaasatud investeeringute tasuvusarvutustesse. Kui eeldatakse, et energiahinnad muutuvad tulevikus teisiti kui keskmine inflatsioonimäär, siis kasutatakse *korrigeeritud reaalset arvutuslikku intressimäära*, mis on ligikaudu võrdeline alljärgneva:

$$r_{a, \text{korr}} \approx r_a \pm q\%$$

kusjuures  $q\%$  on suhteline energiahinna muutus üle või alla keskmise hinnatõusu.

Joonis 3.5 võtab kokku erinevad intressimäärade kontseptsioonid ja nende omavahelise seotuse.



**Joonis 3.5.** Erinevad intressimäärade kontseptsioonid. Tasuvusarvutustes kasutatakse kas arvutuslikku reaalset intressimäära  $r_a$  või korrigeeritud reaalset arvutuslikku intressimäära  $r_{a, \text{korr}}$ .

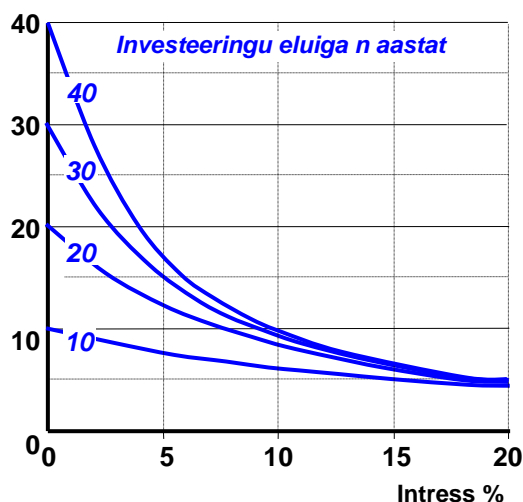
**Näide**

Alljärgnev näide toob välja erinevate intressimäära kontseptsioonide vahelise seose. Tellija määrab kindlaks, millised väärtused kehtivad konkreetse olukorra kohta.

<b>Intressimäär</b>	<b>Väärtus</b>
Nominaalne intressimäär $i$ , siinsel juhul on see panga intressimäär	$i = 4\%$
Arvutuslik nominaalne intressimäär $i_a$ koos investeerija lisaga 3%	$i_a = 4\% + 3\% = 7\%$
Reaalne intressimäär $r$ , eeldades 2-protsendilist aastast inflatsiooni	$r = 4\% - 2\% = 2\%$
Arvutuslik reaalne intressimäär $r_a$ koos investeerija lisaga 3%	$r_a = 2\% + 3\% = 5\%$
Korrigeeritud reaalne arvutuslik intressimäär $r_{a,korr}$ koos suhtelise energiahinna muutusega üle inflatsiooni 2%	$r_{a,korr} = 5\% - 2\% = 3\%$

**Arvutusliku intressimäära määramine**

Arvutuslikul intressimääral ja investeeringu elueal on suur mõju investeeringu tasuvusele. Joonis 3.6 näitab diskonteeritud tulu teguri  $I(i,n)$ , intressimäära ja investeeringu eluea vahelist seost. On näha, et madal intressimäär tähendab seda, et tuleviku kokkuhoiul on suur väärtus võrreldes sama summa säästmisega olevikus. Samuti võib näha, et investeeringu eluea mõju väheneb intressimäära suurenemisega. Madal intressimäär on kasulik pika elueaga investeeringute korral. Kõrget intressimäära kasutatakse tavaliselt suure tootlikkusega investeeringute puhul, isegi kui investeeringu eluiga on lühike.

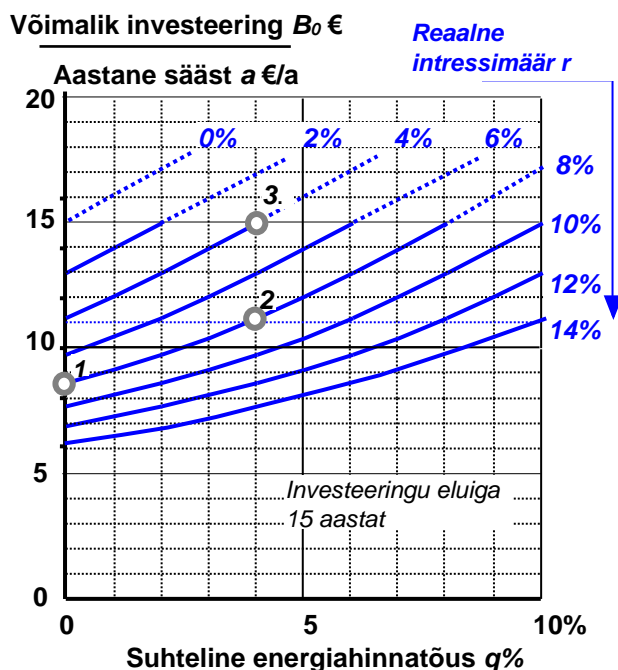
**Diskonteeritud tulu tegur  $I(i,n)$** **Peamised märkused**

- Madal intressimäär tähendab, et tuleviku säästus on kõrge väärtusega võrreldes sama summa säästmisega olevikus.
- Investeeringu eluea mõju väheneb intressimäära suurenemisega.
- Madal intressimäär on kasulik pika elueaga investeeringute puhul.
- Kõrget intressimäära kasutatakse tavaliselt suure tootlikkusega investeeringute puhul (isegi kui investeeringu eluiga on lühike).

**Joonis 3.6** Diskonteeritud tulu teguri  $I(i,n)$  varieerumine, võttes aluseks intressimäära  $i$  ja investeeringu eluea  $n$ 

Eeldus, et sissetuleku või säästu väärtus, mida investeeringu tagasimaksmiseks kasutatakse, kasvab inflatsioonist kiiremini, tähendab praktikas enamasti seda, et arvutuslikku intressimäära vähendatakse. Sellel on suur mõju investeeringu tasuvusele. Joonis 3.7 kujutab näiteks, kuidas arvutusliku intressimäära valik ja eeldused tuleviku oletatava suhtelise energiahinna muutuse kohta üle inflatsiooni mõjutavad investeeringu tasuvuse hindamist.



**Näide**

Teatud meede säästab aastas 20 000 eurot praeguste energiahindadega.

1. Kui arvestuslik intressimäär on 8%, siis oleks tasuv investeerida kuni  $8,5 \times 20\,000 = 170\,000$  €.
2. Sama arvestusliku intressimääraga 8%, kuid oletades, et energiahinnad tõusevad keskmisest inflatsioonist aastas 4% kiiremini, oleks tasuv investeerida  $11 \times 20\,000 = 220\,000$  €.
3. Kui arvestuslik intressimäär on 4% ja oletades, et energiahinnad tõusevad keskmisest inflatsioonist aastas 4% kiiremini, oleks tasuv investeerida  $15 \times 20\,000 = 300\,000$  €.

**Joonis 3.7.** Arvutusliku reaalse intressimäära ja tuleviku oletatava energiahinna tõusu mõju tasuvusarvutusele

Diagramm joonisel 3.7 kehtib energiasäästu meetmele, mille eluiga on 15 aastat. Pikema perioodiga meetme puhul võib kõver olla järsem, st oletusel, mis tehakse tulevikus toimuva energiahinna muutuse kohta, on suurem mõju.

### Ajamõisted tasuvusarvestuses

Tasuvusarvestuste tegemisel kasutatakse sageli erinevaid ajamõisteid, millel võivad ehitus- ja kinnisvarasektoris energiatõhususe tõstmise meetmete hindamisel olla täiesti erinevad tähendused. Meetodit Total Concept rakendades tuleb seega esmalt välja selgitada, kuidas on erinevad perioodid määratletud.

#### Tehniline eluiga

Mõiste „tehniline eluiga“ tähendab aega, mille kestel võib energiatõhususe tõstmise meetet pidada tehniliselt kasulikuks, st aega, mille jooksul investeering toimib rahuldavalt ja täidab ettenähtud tehnilised nõuded. Tegemist on enamasti seadme või süsteemi tehnilise elueaga.

#### Majanduslik eluiga

Mõiste „majanduslik eluiga“ tähendab aega, mille jooksul energiatõhususe tõstmise meetet võib pidada majanduslikult tasuvaks.

Euroopa Komisjon soovib liikmesriikidel erinevate energiatõhususe tõstmise meetmete majandusliku eluea määratlemisel pööelda CEN 15459 [1] standardi kasutamise poole. Standard loetleb mitmete komponentide ja toodete majanduslikud eluead, kuid ei tee seda näiteks hoone välispiirdele rakendatavate meetmete puhul. Nende meetmete soovitusliku majandusliku eluea, mida standard ei hõlma, võib leida viites [2].

Lisas 3 on ära toodud erinevate meetmete soovituslikud majanduslikud eluead.

### **Investeeringu eluiga (tasuvusarvutuse periood)**

Investeeringu eluiga (tasuvusarvutuse periood) on aeg, mille jooksul peab tehtud investeering saama koos intressiga tagasi makstud. Tegemist on perioodiga, mille jooksul tasuvusarvestus kehtib. Investeeringu eluea määrab tellija.

Näiteks võib investeeringu eluiga tehnilistele süsteemidele olla 30 aastat, isegi kui sama tehnilise süsteemi majanduslik eluiga on ainult 15 aastat. Selle põhjus võib peituda asjaolus, et tehniline süsteem moodustab osa suuremast ja keerukamast süsteemist ja arvestusperiood terve süsteemi jaoks on 30 aastat.

Meetodis Total Concept võetakse enamasti investeeringu elueana aluseks meetmete majanduslik eluiga, kuid tellija võib tasuvusarvutuse aluseks valida ka mõne muu ajalise perioodi.

### **Amortisatsiooniperiood**

Tegemist on raamatupidamismõistega, mis ütleb, millise aja jooksul investeering maha kantakse.

## **Tulu sisenormi meetod**

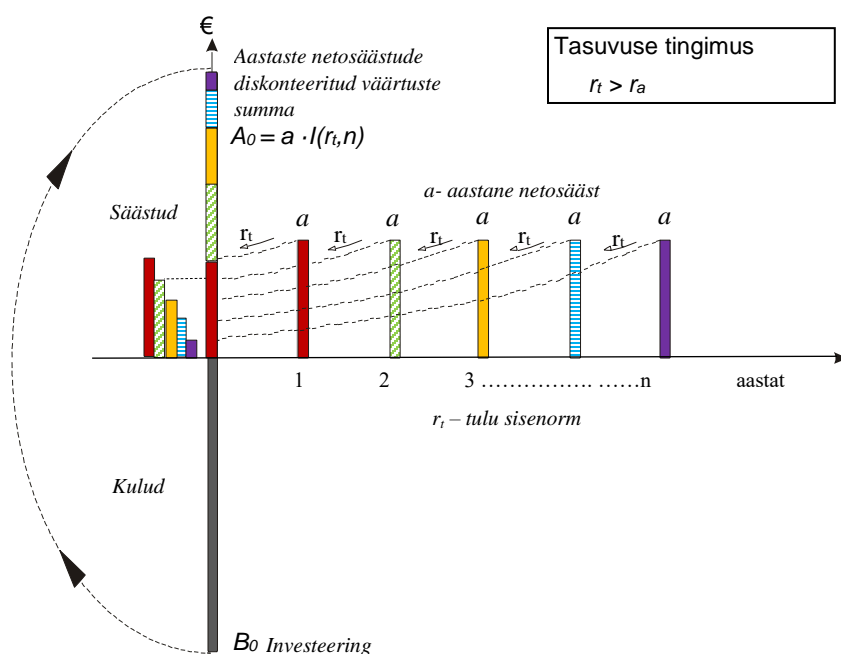
Meetodis Total Concept põhineb tasuvuse hindamine tulu sisenormi meetodil. Üks võimalus, kuidas hinnata suuri investeeringuid nõudvaid energiatõhususe tõstmise meetmeid, on vaadelda, millist tegelikku tulu (st tegelikku tootlikkust) investeering endaga kaasa toob. Seda tegelikku tulu saab väljendada intressimäärana, mida nimetatakse tulu sisenormiks (*internal rate of return*, IRR). Tulu sisenormi meetodi korral on tulu sisenorm see intressimäär, tavaliselt tõene reaalne intress  $r_t$  (%), mille puhul investeeringust saadav diskonteeritud tulu võrdub investeeringu maksumusega. Seega on tulu sisenorm intressimäär, mille puhul diskonteeritud faktiline tulu katab investeeringu täpselt.

Kui näiteks teatud energiatõhususe tõstmise meetmeks on vajalik investeering  $B_0$  (€), mis annab tulevikus käituskulude iga-aastast kokkuhoidu  $a$  (€/a), siis võib investeeringu tulu sisenormi  $r_t$  tuletada alljärgnevast seosest:

$$a \cdot I(r_t, n) = B_0 \quad \Longrightarrow \quad a = \frac{1}{I(r_t, n)} \cdot B_0 = P(r_t, n) \cdot B_0 \quad \Longrightarrow \quad \frac{a}{B_0} = P(r_t, n)$$

kus  $I(r_t, n)$  on diskonteeritud tulu tegur ja  $P(r_t, n)$  on aastamaksete tegur.

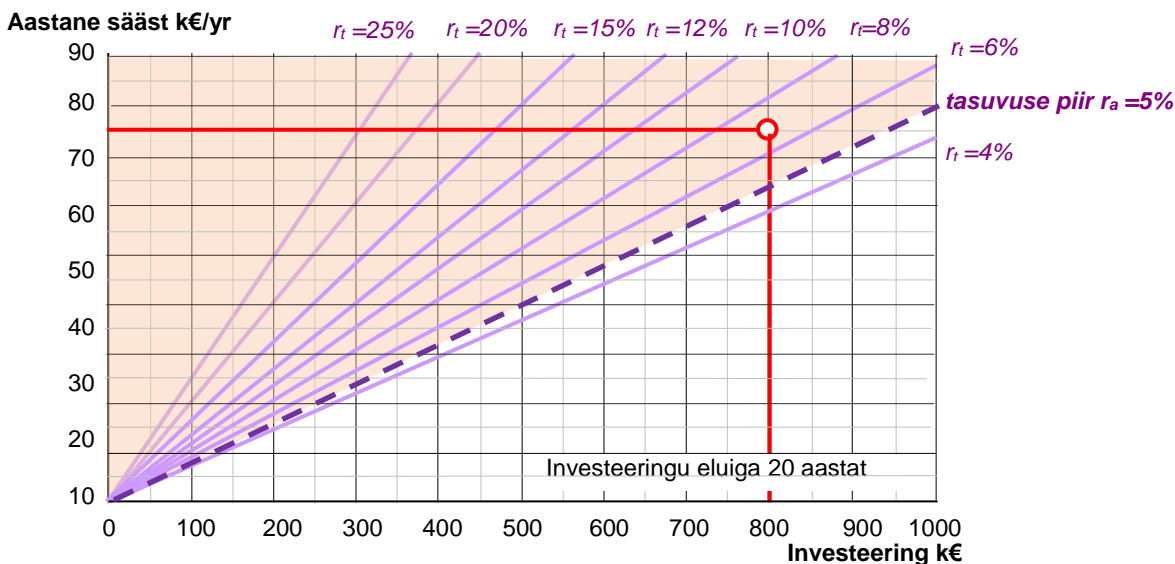
Tasuvuse kriteeriumiks on see, et tulu sisenorm peab olema suurem kui tellija poolt ette antud arvutuslik reaalne intressimäär. Tulu sisenormi meetodit illustreeritakse joonisel 3.8.



**Joonis 3.8.** Tulu sisenormi meetodi illustratsioon. Tulu sisenorm on see intressimäär  $r_t$  (%), mille puhul aastaste netosäästude diskonteeritud väärtuste summa  $A_0$  võrdub investeeringu maksumusega  $B_0$ .

Tulu sisenormi võib kujutada ka graafiku abiga, nagu on kujutatud joonisel 3.9. Sellisel graafikul, mille x-telg vastab vajalikule investeeringule  $B_0$  ja y-telg vastab iga-aastasele netosäästule  $a$ , võib teatud investeeringu eluea  $n$  korral erinevaid tulu sisenormi väärtusi (%) esindada eri kaldenugra sirgetega. Kaldenurga tangens vastab aastamaksete tegurile  $P(r_t, n)$ . Diagrammi nimetatakse *tulu sisenormi graafikuks* või *tõelise intressi graafikuks*. Graafikut saab hästi kasutada ka investeeringu tasuvuse visualiseerimiseks investeerijale.

Kui investeeringu maksumus ja sellele vastav aastane netosääst on kantud tulu sisenormi graafikule, on võimalik määrata investeeringu tulu sisenorm. Tasuvuse kriteerium on, et tulu sisenorm  $r_t$  (%) peab olema suurem kui nõutud arvutuslik reaalne intressimäär  $r_a$  (%). Seda tasuvuspiiri võib kujutada tulu sisenormi graafikul tulu sisenormi sirgena, mis vastab tellija arvutusliku reaalse intressimäära väärtusele. Kõiki investeeringuid, mille tulu sisenorm jääb sellest sirgjoonest vasakule, peetakse tasuvateks ja investeeringuid, mis jäävad sellest sirgest paremale, peetakse mittetasuvateks (vt joonisel 3.9 olevat näidet).



**Joonis 3.9.** Tulu sisenormi graafik. Selles näites on tellija arvutuslik reaalne intressimäär  $r_a = 5\%$ , mis on märgitud joonisel katkendjoonega. Kõiki investeeringuid, mille tulu sisenorm jääb sellest sirgest vasakule, st investeeringuid tegeliku tasuvusega üle  $5\%$ , peetakse tulusaks.

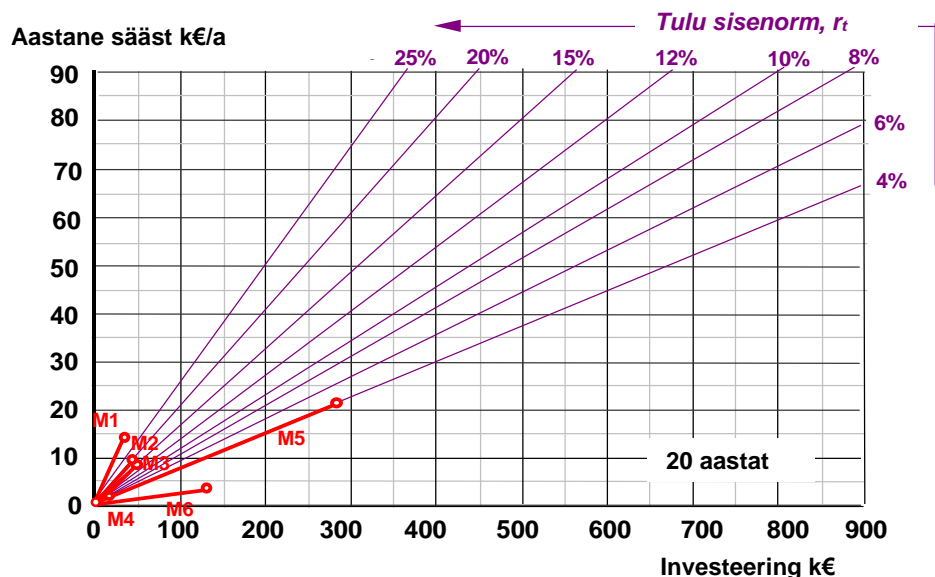
#### Näide

800 000 euro suurune investeering toob kaasa aastase säästu 75 000 €/a 20 aasta jooksul. Investeeringu tulu sisenorm on seega  $7\%$ , mis on kõrgem kui tellija arvutuslik reaalne intressimäär  $r_a = 5\%$ . Investeering on seega tasuv.

## Meetmete paketi kokkupanek tulu sisenormi meetodiga

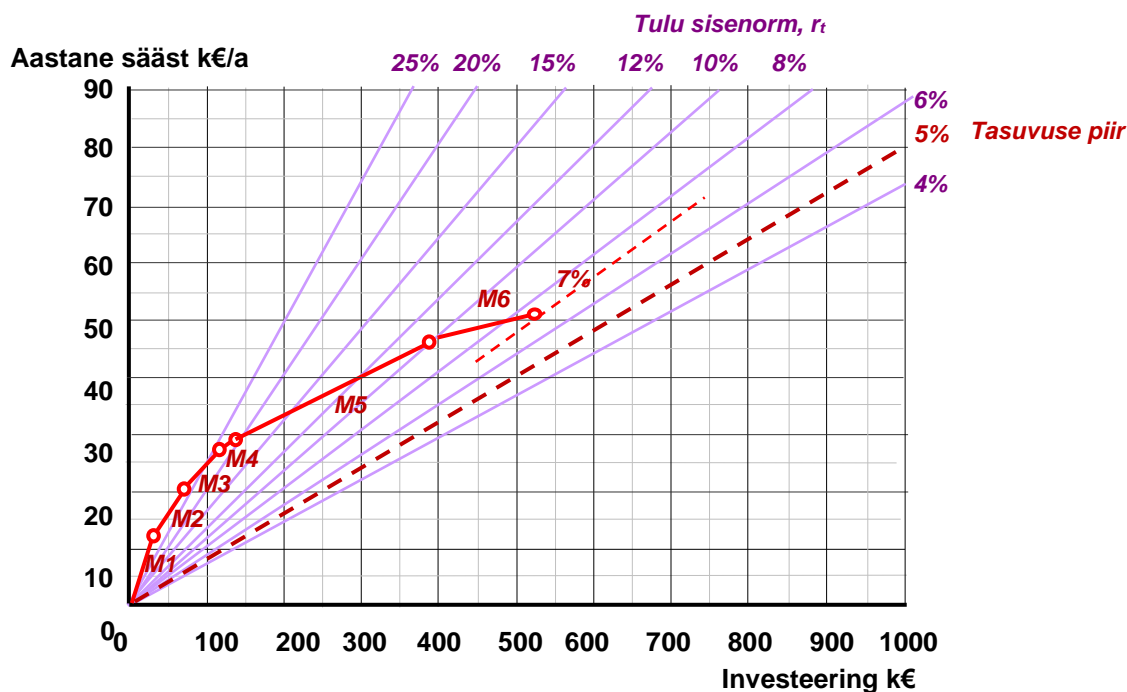
### Meetmete pakett tulu sisenormi graafikul

Kui on kindlaks tehtud erinevad energiatõhususe tõstmise meetmed ja välja arvatud nende investeeringukulu ning iga-aastane kulude kokkuhoid, võib need meetmed kanda punktidenähtena tulu sisenormi graafikule. Igast punktist saab graafiku algpunkti tõmmata sirge, mille kalle tähistab meetmele vastavat tõelist intressi (vt joonist 3.10). Joonis 3.10 kujutab näidet, milles kuus energiasäästu meetet  $M1-M6$  on kantud tulu sisenormi graafikule. Meetmete majanduslik eluiga on 20 aastat.



**Joonis 3.10.** Energiasäästu meetmete tasuvus tulu sisenormi graafikul. Näites on toodud kuus energiasäästu meedet M1–M6, mis on kantud punktadena graafikule, näidates vajalikku investeeringut ja arvutuslikku aastast säästu. Igast punktist lähtepunkti ühendatud sirge tähistab meetme tegeliku tootlikkust, tulu sisenormi  $r_t$  (%). Graafik kehtib 20-aastase investeeringu eluea kohta.

Kui järjestada meetmed graafikult nende tasuvuse järgi joonte kaldenurga alusel, saab koostada energiasäästu meetmete paketi (vt joonist 3.11). Meetmete paketti kaasatud meetmete arvu puhul on kriteeriumiks see, et paketi kui terviku tulu sisenorm peab olema suurem kui tellija etteantud arvutuslik reaalne intress.



**Joonis 3.11.** Meetmete paketi koostamine tulu sisenormi graafikul. Tellijapoolne arvutuslik reaalne intress on 5%, mis määrab ära tasuvuse piiri. Graafik kehtib 20-aastase investeeringu eluea kohta.

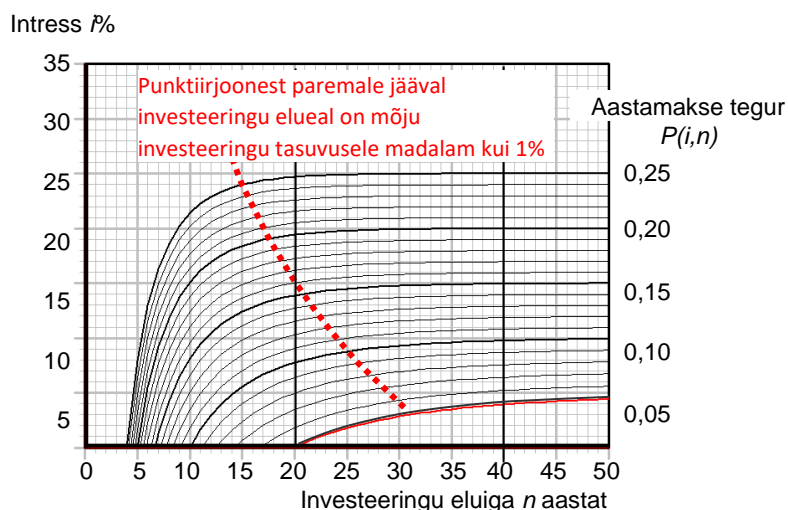
Meetmete paketi koostamisel tuleb arvestada ka meetmete omavahelise koosmõjuga. Kui näiteks mõni konkreetne meede paketi viiakse ellu esimesena, siis võib mõne muu meetme säästupotentsiaal väheneda võrreldes sellega. Meetmete paketi koostamisel eeldatakse, et tasuvamad meetmed viiakse esmajärjekorras läbi. See tähendab, et iga meede tulu sisenormi graafikul võtab arvesse seda, et sellest tasuvam meede on juba läbi viidud ning meetmele vastav sääst on sellest tulenevalt välja arvatud. Meetmete paketi koostamine eeldab seega astmelist energiaarvutust.

### Investeeringu eluea mõju

Iga tulu sisenormi graafik kehtib konkreetse investeeringu eluea kohta. See võib olla võrdne meetme majandusliku elueaga, kuid tellija võib valida ka mõne teise perioodi.

Energiatõhususe tõstmise meetmed mitte-eluhoonetes on tihti erinevate majanduslike eluigadega. Tehniliste seadmete puhul on majanduslik eluiga sageli 15 kuni 20 aastat, samas kui hoone välispiirde komponentide majanduslik eluiga võib olla kuni 40 aastat.

Joonis 3.12 kujutab investeeringu eluea mõju tasuvusele. Investeeringu tulu sisenorm tõuseb investeeringu elueaga, kuid kui eluiga ulatub üle 20 aasta, ei mõjuta see enam oluliselt tulu sisenormi väärtust. Investeeringu eluea mõju piir on joonisel esitatud graafikul tähistatud punase punktiirjoonega. Punasest piirjoonest paremale poole jäävate eluigade korral jääb investeeringu eluea mõju tulu sisenormile madalamaks kui 1%. Samas on lühema investeeringu eluea korral elueal investeeringu tasuvusele oluline mõju ja arvutustes tuleb meetmete majandusliku eluea erinevusi arvesse võtta.



**Joonis 3.12.** Investeeringu eluea mõju investeeringu tasuvusele. Punktiirjoonest paremal on eluea mõju tühine.

Ebapraktiline oleks kasutada mitut erinevat tulu sisenormi graafikut, mis vastaksid erinevatele investeeringute eluigadele. Seetõttu kasutatakse meetodis Total Concept kombineeritud tulu sisenormi graafikut, milles tulu sisenormi kujutavate joonte kallakuid korrigeeritakse meetmete paketi koostamisel iga meetme investeeringu elueale vastavaks ning arvutatakse välja meetmete paketi ühine tulu sisenorm.

Meetmete ühine tulu sisenorm on see intressimäär  $r_t$  (%), mille puhul meetmete aastaste netosäästude diskonteeritud väärtuste summa  $\sum A_0$  katab meetmete kogu investeeringu maksumuse  $\sum B_0$ .

Näiteks kahe samaaegse meetme korral, mille investeeringud on  $B_{01}$  (€) ja  $B_{02}$  (€), aastane sääst  $a_1$  €/a ja  $a_2$  €/a ning investeeringute eluead vastavalt  $n_1$  ja  $n_2$  aastat, on ühine tulu sisenorm  $r_t$  avaldatav järgmise valemiga:

$$B_{01} + B_{02} = I(r_t, n_1) \times a_1 + I(r_t, n_2) \times a_2,$$

kus  $I(r_t, n_1)$  ja  $I(r_t, n_2)$  on diskonteeritud tulu tegurid, mis vastavad meetmetele säästuga  $a_1$  ja  $a_2$ .

Selle käsitsi arvutamine on aeganõudev protsess. Seetõttu on selle arvutuse teostamiseks töötatud meetodis Total Concept välja spetsiaalne arvutusprogramm *TotalTool*.

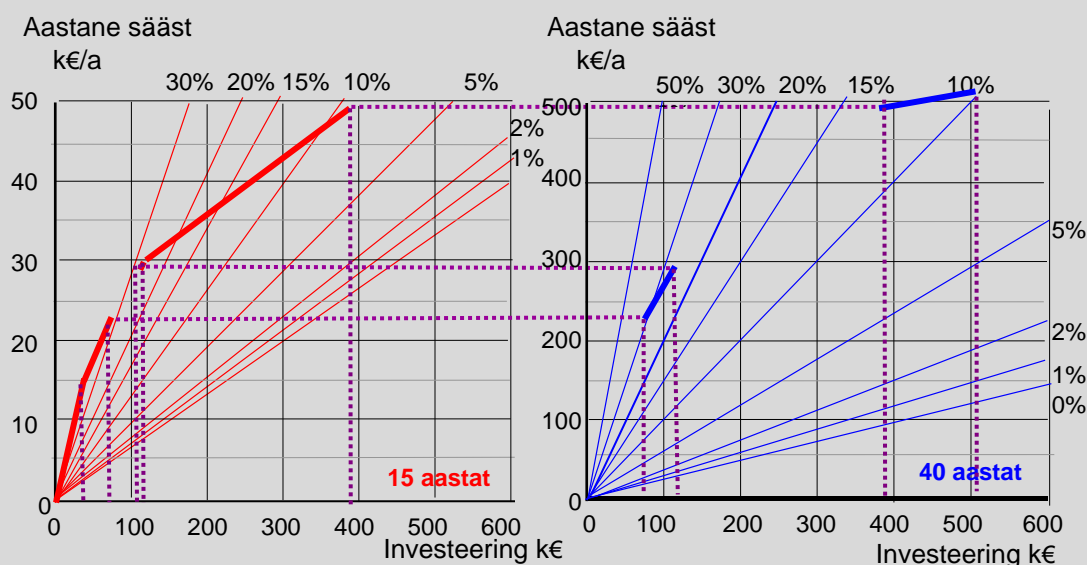
#### Näide

Kontorihoones, mille köetav põranda pindala on 7600 m<sup>2</sup>, renoveeritakse hoonet energiatõhususe tõstmiseks, lähtudes meetodist Total Concept. Alljärgnevas tabelis 3.1 on toodud meetodi Total Concept esimeses etapis paika pandud soovituslikud meetmed, nende arvutuslik investeering, arvutuslik aastane energiasääst ja investeeringu eluiga. Meetmete investeeringu eluiga vastab meetmete majanduslikule elueale, mis ulatub 15 aastast 40 aastani.

**Tabel 3.1.** Soovituslikud energiasäästu meetmed kontorihoonele

Nr	Meede	Investeeringu eluiga [a]	Investeering [k€]	Aastane sääst [k€/a]	Tulu sisenorm [%]
1	Uus ühisvalgustus	15	35	14	39,7
2	Kütte baaskoormuse vähendamine	15	35	7	18,4
3	Katuse lisasoojustus	40	40	6	17,5
4	Õise jahutuse kasutuselevõtt suvel	15	7,5	1	10,2
5	Uus ventilatsioonisüsteem	15	270	21	1,3
6	Uued aknad	40	120	3	0,1
	<b>Kokku</b>		<b>507,5</b>	<b>52</b>	

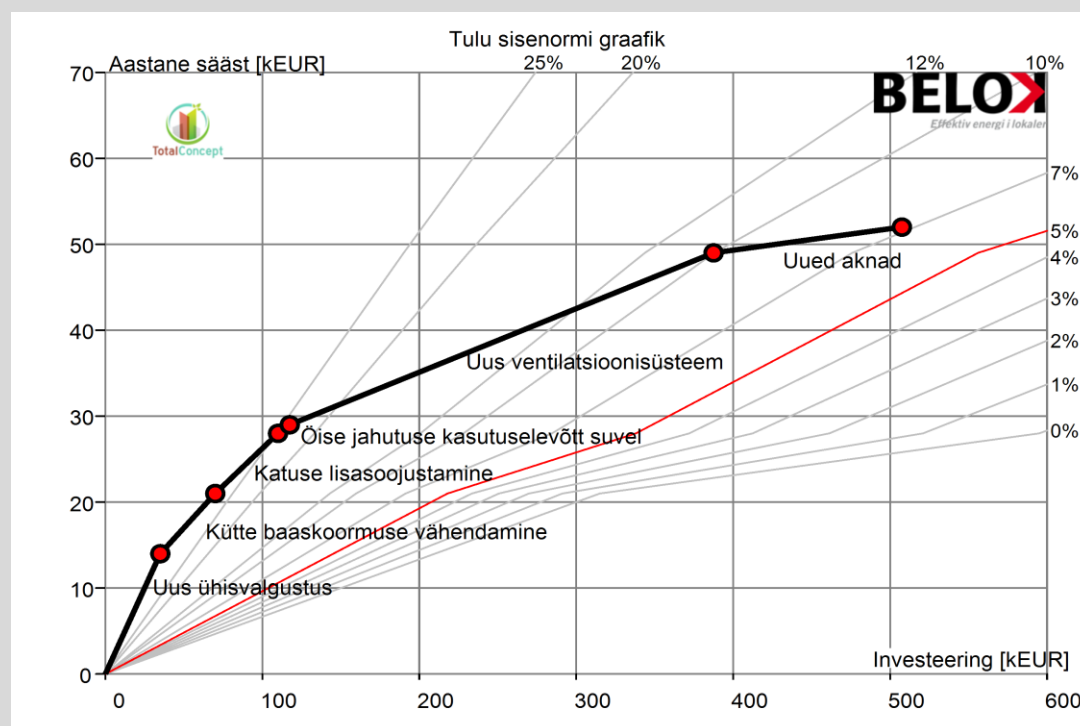
Alljärgneval joonisel 3.13 on näidatud tabelis toodud meetmed tulu sisenormi graafikutele, mis vastavad investeeringu elueale 15 ja 40 aastat.



**Joonis 3.13.** Erineva investeeringu elueaga energiasäästu meetmed erinevatel tulu sisenormi graafikutele

Meetodi Total Concept arvutustööriista *TotalTool* abil kombineeritakse erinevad tulu sisenormi graafikud, mis vastavad erinevatele investeeringu eluigadele, kokku üheks graafikuks ning arvutatakse välja meetmete paketi ühine tulu sisenorm. Alljärgnev joonis kujutab tasuvusarvutuse tulemusi tulu sisenormi graafikul, lähtudes tabelis 3.1 toodud andmetest. Tellija tasuvusnõude kohaselt peab investeering andma tootlikkust, mis on võrdne arvutusliku reaalse intressimääraga 5%.

Tasuvusarvutuse tulemus näitab, et kogu meetmete paketi tulu sisenorm on ligi 7,2% ja jääb seega tellija tasuvuspiiresse. See tähendab, et paketti kaasatakse kõik meetmed.



**Joonis 3.14.** Meetmete pakett kombineeritud tulu sisenormi graafikul. Tellija tasuvuse piir on reaalne arvutuslik intress  $r_a = 5\%$ , mis on graafikul toodud punase joonega. Kogu meetmete paketi ühine tulu sisenorm on ca  $7,2\%$  ja on seega tervikuna tasuv.

### Suhteline energiahinna muutus tulu sisenormi graafikul

Tulu sisenormi graafik, mida kujutatakse eespool joonisel 3.14, kehtib aastase säästu puhul, mis järgib keskmist inflatsiooni, st tegemist on reaalsete tõeliste intressidega. Säästu väärtuse kasvu tulevikus energiahinna muutuse tõttu, mis ületab inflatsiooni, võib arvesse võtta kahel viisil:

1. korregerides arvutuslikku reaalselt intressimäära suhtelise energiahinna muutuse võrra:  
 $r_t > r_{a, \text{korrr}} = r_a \pm q\%$ , st kasutades korregeeritud reaalselt arvutuslikku intressi tasuvuse kriteeriumina või
2. korregerides graafikut nii, et tulu sisenormi  $r_t$  skaala muutub vastavalt suhtelisele energiahinna muutusele üle inflatsiooni, jättes samas tasuvuse kriteeriumiks arvutusliku reaalse intressimäära.

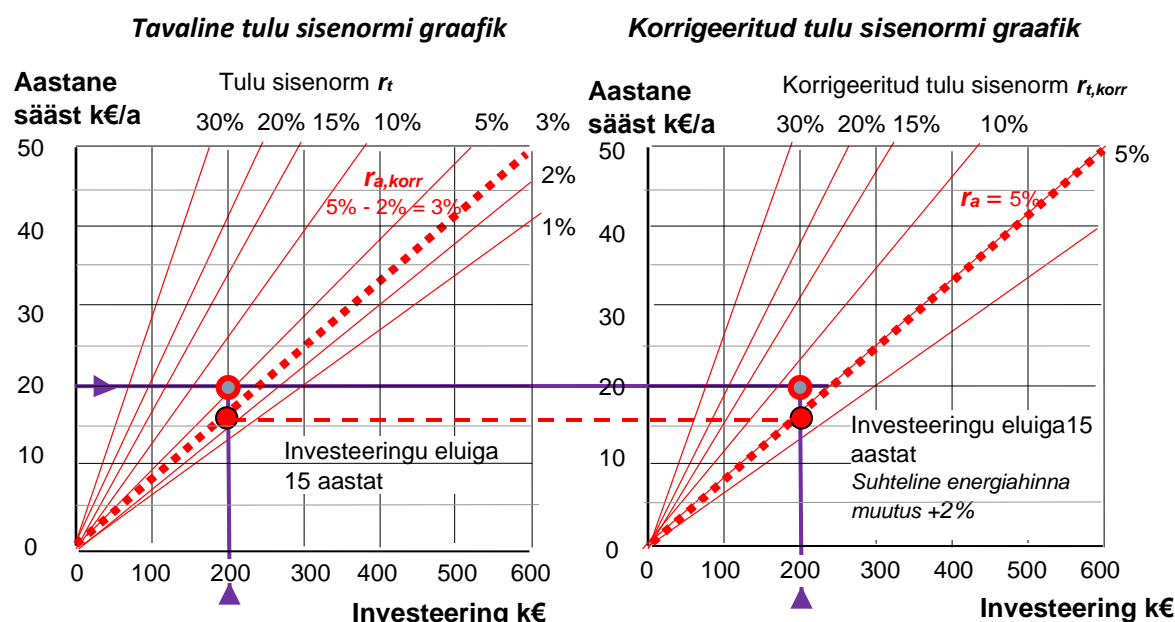
**Pange tähele**, et eelnevalt kirjeldatud kaks meetodit on võrdselt rakendatavad, kui energiasäästu meede toob peamiselt kaasa vaid aastase säästu energiakuludes ja mitte muudes kuludes, näiteks



hoolduskuludes. Kui meede viib muutusteni ka muudes iga-aastastes käituskuludes kui energiakuludes, siis tuleks täpsema tulemuse saamiseks kasutada pakutud variantidest teist varianti. *TotalTool* programmis on võimalik arvesse võtta hinnamuutusi üle inflatsiooni vaid energiasäästu puudutavas osas, jättes hoolduskulude säästu energiahinnamuutusest puutumata.

Suhtelise energiahinna muutuse arvesse võtmist tulu sisenormi graafikul illustreeritakse joonisel 3.15. Vasakpoolne graafik vastab tulu sisenormi graafikule, kus tulu sisenormi sirged vastavad reaalse intressimäära sirgetele. Tasuvuse kriteeriumina kasutatakse korrigeeritud reaalselt arvutuslikku intressimäära  $r_{a, \text{korr}}$ . Joonisel toodud näites on arvutuslikku reaalselt intressimäära  $r_a = 5\%$  korrigeeritud suhtelise energiahinna muutusega  $2\%$ :  $r_{a, \text{korr}} = 5\% - 2\% = 3\%$ , mis on graafikule märgitud katkendjoonega.

Joonisel 3.15 olev parempoolne graafik vastab korrigeeritud tulu sisenormi graafikule, kus suhtelise energiahinna muutusega on graafikus juba arvestatud. Selle graafiku puhul võib korrigeeritud tulu sisenormi, st intressimäära, mis arvestab energiahinna muutust üle või alla inflatsiooni, võtta otse graafikult. Tasuvuse kriteeriumina kasutatakse *arvutuslikku reaalselt intressimäära*  $r_a$ . Käesolevas näites on see  $r_a = 5\%$ , mis on graafikule märgitud katkendjoonega.



**Joonis 3.15.** Suhtelise energiahinna muutuse arvestamine tulu sisenormi graafikul. Vasakpoolne joonis vastab tulu sisenormi graafikule, mis kujutab reaalseid intressimäärasid. Parempoolne joonis kujutab korrigeeritud tulu sisenormi diagrammi, kus intressimäärasid on korrigeeritud suhtelise energiahinna muutusega üle või alla inflatsiooni.

### Võrdlus rahavooga

Tulu sisenormi graafik, kuhu on üksteise järel kantud kõigi energiasäästu meetmete maksumus ja sääst, on otsustamisel kasulik abivahend. Nagu mainitud, on tasuvuse kriteerium see, et meetmete kogupaketi tulu sisenorm ei tohi olla määratud tasemest madalam. Samas on oluline meeles pidada, et see on vaid otsuse langetamise vahend, mis ei peegelda täielikult kõnealuse investeringu tasuvust Viimase hindamiseks tuuakse alljärgnev näide, mis kujutab energiasäästumeetme iga-aastasest säästust

tulenevaid rahavoogusid etteantud investeeringu eluea jooksul, võttes arvesse inflatsioonimäärasid ja suhtelist energiahinna muutust üle inflatsiooni.

#### Näide

Tänu energiasäästu meetmele säästetakse igal aastal  $a = 170$  k€/a ja selle meetme majanduslik eluiga on  $n = 15$  aastat. Meede eeldab investeeringut  $B_0 = 2\,000\,000$  €, mida rahastatakse pangalaenuga, mille nominaalne intressimäär on  $i = 4\%$ , 15 aasta pikkuse investeeringu eluea jooksul. Hinnanguline inflatsioon aastast on  $w = 2\%$  ja energiahinna tõus üle inflatsiooni on  $q = 2\%$ . Arvutuslik nominaalne intressimäär on  $i_a = 7\%$ , mis sisaldab investeerija lisa  $3\%$ . Mis oleks sellise investeeringu tulu sisenorm ja milline oleks tegelik rahavoog?

Nagu eelnevalt mainitud, suureneb tegelikes rahasummades tulevikus saadav iga-aastane kulude kokkuhoid  $a$  (€/a) inflatsiooni  $w\%$  tõttu. Kui energiahind tõuseb  $q\%$  inflatsioonist rohkem, on kasv isegi suurem. Tabel 3.2 kujutab seda, kuidas iga-aastane sääst suureneb absoluutväärtuses, lähtudes hinnamuutustest  $w = 2\%$  ja  $q = 2\%$ .

**Tabel 3.2.** Meetmega kaasneva kulude kokkuhoiu iga-aastane suurenemine

Aasta	w 2% q 2%	Iga-aastane kulude kokkuhoid $a$ (k€/a)	Aasta	w 2% q 2%	Iga-aastane kulude kokkuhoid $a$ (k€/a)
0	1,000	170	8	1,369	233
1	1,040	177	9	1,423	242
2	1,082	184	10	1,480	252
3	1,125	191	11	1,539	262
4	1,170	199	12	1,601	272
5	1,217	207	13	1,665	283
6	1,265	215	14	1,732	294
7	1,316	224	15	1,801	306

Teisalt jääb investeeringu aastamakse (aastane kapitalikulu) (€/a) samaks vastavalt oma nominaalväärtusele investeeringu eluea jooksul. Kui energiasäästu meetme jaoks vajalikku investeeringut rahastatakse pangalaenuga, mille intressimäär on  $i = 4\%$  ja investeeringu eluiga on  $n = 15$  aastat, siis on investeeringu aastamakse (aastane kapitalikulu)  $b$ :

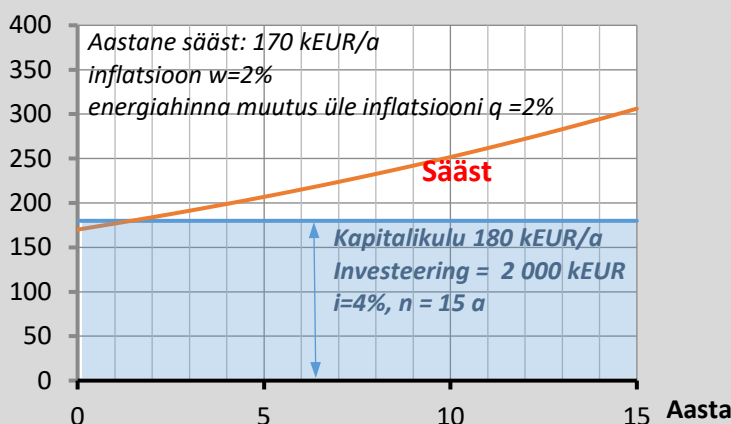
$$b = P(i, n) \times B_0 = P(4, 15) \times B_0 = 0,0899 \times 2000 = 180\,000 \text{ €/a}$$

Kui esialgne investeeringukulu  $B_0 = 2\,000\,000$  € ja aastane kulude sääst on  $170\,000$  €/a, siis investeeringu tulu sisenorm on  $r_t = 3,2\%$ . See vastab reaalsele tulu sisenormile ja ei võta arvesse suhtelisi hinnamuutusi. Et võtta arvesse suhtelist energiahinna muutust, võib tasuvuse tingimusena kasutada korrigeeritud reaalselt arvutuslikku intressimäära  $r_{a,korr} = r_a - q\%$ . Kuna arvutuslik nominaalne intressimäär on  $i_a = 7\%$ , siis arvutuslik reaalne intress on  $r_a = i_a - w\% = 7\% - 2\% = 5\%$ . Korrigeeritud reaalne arvutuslik intressimäär on seega  $r_{a,korr} = 5\% - 2\% = 3\%$ . Etteantud tasuvuse tingimuse alusel võib kõnealust energiasäästu meetet pidada tasuvaks.

Teise alternatiivina võib iga-aastast suhtelist energiahinna muutust, mis ületab inflatsiooni  $2\%$ , otse arvesse võtta *TotalTool* programmis. Tulemuseks on investeeringu korrigeeritud tulu sisenorm  $r_{t,korr} = 5,3\%$ . Sellisel juhul kasutatakse tasuvuse tingimusena arvutuslikku reaalselt intressimäära  $r_a = 5\%$  ja sama tulemus saavutatakse energiasäästu meetme tasuvuse mõistes.

Tegelikult investeeringult saadava tulu hindamiseks investeeringu eluea jooksul illustreeritakse investeeringu rahavoogu joonisel 3.16 oleval graafikul. Selles näites on aastane kulude kokkuhoid mõnevõrra madalam kui kapitalikulu esimese aasta jooksul ja netorahavoog on negatiivne. Kui aga arvestatakse netorahavoogude summat terve arvestusperioodi jooksul, siis toob investeering kogutulu umbes 840 000 €. Selle sissetuleku diskonteeritud väärtus arvutusliku nominaalse intressimääraga 7% oleks umbes 400 000 €.

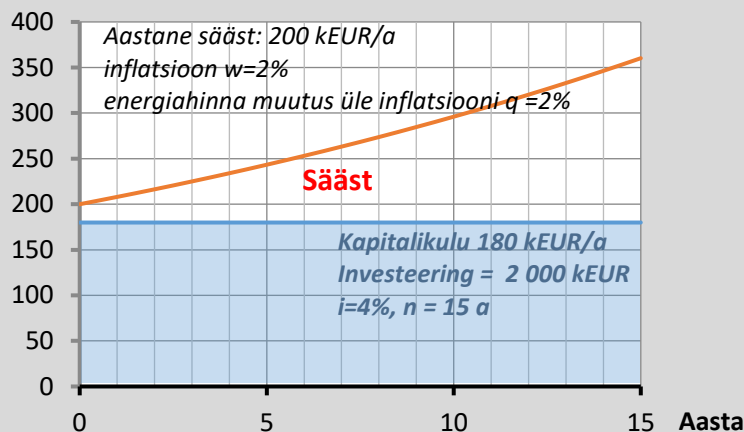
#### Aastane sääst/ kapitalikulu kEUR/a



**Joonis 3.16.** Näide rahavoost, mille energiasäästu meede loob, kui kulude iga-aastane kokkuhoid on 170 k€/a ja investeeringu aastamakse on 180 k€/a. Hinnanguline inflatsioon on 2% ja energiahinna tõus ületab inflatsiooni 2% võrra.

Kui energiasäästu meetme iga-aastane kulude kokkuhoid oleks 200 000 €/a, siis samadel investeerimis-tingimustel oleks reaalne tulu sisenorm  $r_t \approx 5,5\%$ , täites tasuvusnõude  $r_{a,korr} = 3\%$ . Rahavoog on algusest peale positiivne (joonis 3.17) ja investeering toob kogutulu umbes 1 460 000 € terve arvestusperioodi jooksul. Tulu diskonteeritud väärtus oleks umbes 770 000 €.

#### Aastane sääst/ kapitalikulu kEUR/a



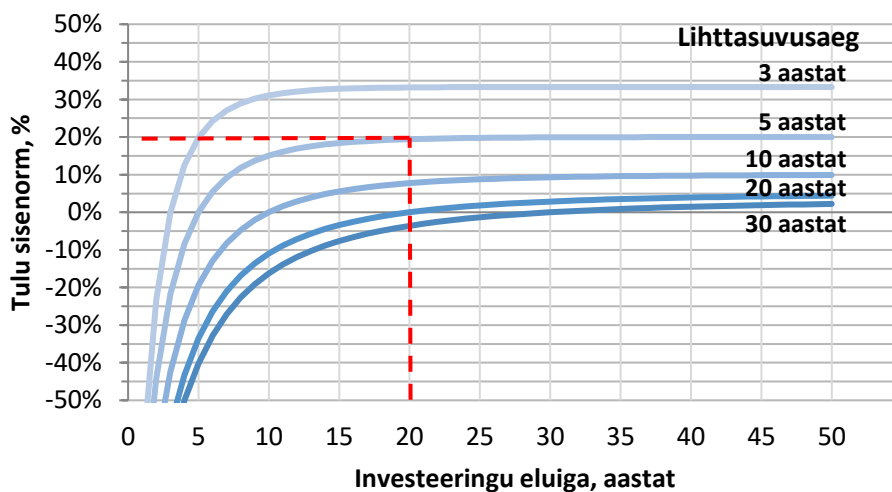
**Joonis 3.17.** Näide rahavoost, mille energiasäästu meede loob, kui kulude iga-aastane kokkuhoid on 200 k€/a ja investeeringu aastamakse on 180 k€/a. Hinnanguline inflatsioon on 2% ja energiahinna tõus ületab inflatsiooni 2% võrra.

### Tulu sisenormi meetod ja lihttasuvusaja meetod

Lihttasuvusaja meetodit, mis on sageli kasutatav majandusliku hindamise meetod, rakendatakse kahjuks tihti ka energiatõhususe tõstmise meetmete tasuvuse hindamiseks ehitussektoris. Selle tulemusel võidakse aga tasuvuse hindamisel teha valesid järeldusi. Seega on oluline selgitada lähemalt lihttasuvusaja meetodit ja selle võrdlust näiteks tulu sisenormi meetodiga.

Lihttasuvusaja arvutamiseks jagatakse investeering iga-aastase tulu või säästuga ja investeering loetakse tasuvaks, kui see loob sissetuleku või säästu, mis toob investeeringu tagasi lubatud tasuvusaja jooksul. Tulemus näitab sisuliselt seda, kui kaua läheb aega investeeritud summa tagasi saamiseks sellest saadavate tulude või kulude kokkuhoiuga. Meetodit on lihtne kasutada, kuid tulemusena saadakse umbkaudsed tasuvuse hinnangud, mis ei võta arvesse intressimäärasid, energiahinna muutuseid, meetme majanduslikku eluiga ega võimalikku vajadust uue investeeringu järele. Samuti määratakse tasuvuskriteeriumiks olev maksimaalne lubatud tasuvusaeg sageli läbimõtlemata. Tavaliselt peetakse tasuvusaega, mis on vähem kui 5–10 aastat, tasuvaks investeeringuks. Kuid kas selline tasuvusaeg peegeldab ka meetme tegelikku tasuvust (tootlikkust), kui meetme majanduslik eluiga on vähem kui 5 aastat või kui see on rohkem kui 30 aastat?

Lihttasuvusaja meetod soodustab investeeringuid, mis on tasuvad lühikese aja jooksul. Kui hinnatavad investeeringud on pika majandusliku elueaga ja neilt oodatakse pikka töökindlust, siis ei hinda see meetod neid kahjuks optimaalselt. Joonis 3.18 kujutab investeeringu eluea, tulu sisenormi ja lihttasuvusaja vahelist seost. Näiteks tehnilise süsteemi energiasäästu meede, mille majanduslik eluiga on 20 aastat, peaks olema tootlikkusega 20%, et täita lihttasuvusaja nõuet, mis on 5 aastat. See on palju suurem tulu sisenorm kui mistahes muult investeeringult ehitussektoris tavaliselt oodatakse.



**Joonis 3.18.** Investeeringu eluea, sisemise tasuvusmäära ja tasuvusaja vaheline korrelatsioon

Üldiselt ei soovitata lihttasuvusaja meetodit ehitus- ja kinnisvarasektoris kasutada, kuna meetodi mõtlematu kasutus soodustab vaid lühiajalisi investeeringuid, nende kvaliteeti arvesse võtmata. Meetod sobib näiteks kasutamiseks tootmisettevõttes uute seadmete soetamisel, kus investeeringutelt oodatakse kiiret tasuvust ja tagasimaksmist. Kõnealusel juhul võib tasuvusajale esitatud tingimus olla kaks kuni neli aastat.

## Reinvesteeringimine

Meetodit Total Concept rakendades leitakse ühine tulu sisenorm erinevate samaaegsete meetmete kohta, mis teostatakse meetmete paketina. See tähendab, et kui meetmete pakett sisaldab erineva elueaga meetmeid, siis eeldatakse, et lühema elueaga meetme arvutuslik aastane sääst lõppeb selle eluea lõppemisega. Seega kahaneb iga-aastane kulude kokkuhoid järk-järgult, kui lühema elueaga süsteeme või komponente ei asendata. Samas on praktikas tavapärane, et tehnilised süsteemid, mis on hoonest kui tervikust lühema elueaga, asendatakse siis, kui need enam korralikult ei toimi. Näiteks mitmete tehniliste süsteemide majanduslikuks elueaks peetakse 15 aastat, samas aga kasutatakse hoone konstruktsiooni komponente 40 aastat või kauem. Seega tuleb vastavad tehnilised komponendid asendada kõigepealt 15 aasta järel ja siis uuesti 30 aasta möödudes, st uut investeeringut oleks vaja 15 ja 30 aasta pärast. Siis võib vajalikele investeeringutele koostada uued tasuvuse hinnangud.

Samas on võimalik arvesse võtta tulevikus vajalikke reinvesteeringuid ja nende mõju praegusele majanduslikule tasuvusele. Selleks tuleb tuleviku reinvesteeringud diskonteerida tänapäeva ja liita nende nüüdisväärtused algsele investeeringule. Lisaks tuleb kaasata tulevikus reinvesteeringutega kaasnev aastane sääst tasuvusarvestusse.

Näiteks, kui kaks reinvesteeringut  $B_{r1}$  ja  $B_{r2}$  tehakse vastavalt  $n_{r1}$  ja  $n_{r2}$  aasta pärast, siis terve investeeringutsessi, st kogu investeeringute diskonteeritud väärtus  $\Sigma B_0$  on järgmine:

$$\Sigma B_0 = B_0 + B_{r1} \cdot i(r_a, n_{r1}) + B_{r2} \cdot i(r_a, n_{r2})$$

Diskontotehuri  $i(r_a, n)$ , milles  $r_a$  on arvutuslik reaalne intressimäär, võib leida tabelist lisas 2.

Kui arvestatakse tuleviku investeeringute nüüdisväärtust, siis tuleb kasutada arvutuslikku reaalsel intressimäära  $r_a$ . Tuleviku suhtelisi energiahinna muutusi üle inflatsiooni ei tohiks arvesse võtta, sest need ei mõjuta tulevikus tehtavate investeeringute nüüdisväärtust. Tuleviku energiahinna muutused mõjutavad ainult aastaste netosäästude nüüdisväärtust.

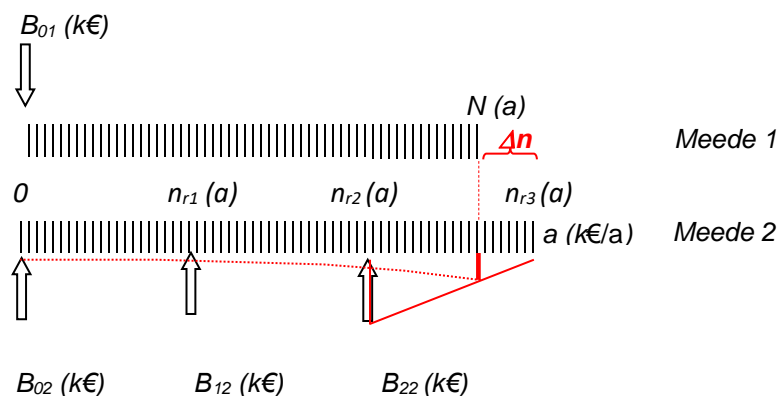
Reinvesteeringu puhul pikeneb terve tasuvusarvutuse periood. Ilmselt võib meetmete paketi puhul, kus meetmetel on erinev investeeringu eluiga, arvestada lühema elueaga meetmed ümber pikema elueaga meetmete perioodile. Sellisel juhul on tervel meetmete paketil sama investeeringu eluiga.

Lisaks tuleks ehk arvesse võtta ka meetmete viimaste reinvesteeringute jääkväärtust, lähtudes *Euroopa Komisjoni soovitusel juhises C115, 19.4.2012*<sup>1</sup>. Seda tuleks teha näiteks juhul, kui meetme reinvesteering kestab kauem kui pikema elueaga meede meetmete paketis. Eeldatakse, et reinvesteeringu väärtus kahaneb ajapikku lineaarselt ja reinvesteeringute diskonteeritud väärtus kahaneb jääkväärtuse diskonteeritud väärtuse võrra. Seda kujutatakse alljärgneval joonisel. Joonis kujutab olukorda, kus üks meede meetmete paketis on investeeringu elueaga  $N$  aastat ja teisel meetmel on palju lühem investeeringu eluiga. Teist meedet tuleb kaks korda välja vahetada vastavalt  $n_1$  ja  $n_2$  aasta pärast.

<sup>1</sup> European Commission. "Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012, supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings", 2012/C 115/01"; Official Journal of the European Union, C 115/1 - C 115/28, 19.4. 2012

Investeeringute diskonteeritud väärtus on arvutatav alljärgnevalt:

$$\Sigma B_0 = B_{01} + B_{02} + B_{12} \cdot i(r_a, n_1) + B_{22} \cdot i(r_a, n_2) - B_{22} \cdot \Delta n / (n_3 - n_2) \cdot i(r_a, N)$$



#### Näide 1

Meetmete pakett hõlmab kahte alljärgnevat meetet alginvesteeringutega  $B_{01}$  ja  $B_{02}$  ning erinevate investeeringu eluigadega:

meede 1:  $B_{01} = 100\,000$  eurot, investeeringu eluiga on 40 aastat;

meede 2:  $B_{02} = 50\,000$  eurot, investeeringu eluiga on 15 aastat.

Meetmete paketi kogu aastane netosääst on  $a = 14\,000$  €/a.

Tellija arvutuslik reaalne intressimäär on  $r_a = 8\%$ .

Aastane suhteline hinnamuutus üle inflatsiooni on  $q = 2\%$ .

Tasuvuse nõue on kõnealuses näites  $r_t > r_{a, \text{korr}} = 8 - 2 = 6\%$ .

Hinnates meetmed ümber pikema elueaga meetme perioodile, mis on 40 aastat, tuleb meede 2 asendada vastavalt 15 aasta ja 30 aasta pärast. Kui võib eeldada, et reinvesteeringute väärtus reaalses suurustes on sama kui esialgne investeering, siis kehtib  $B_{12} = B_{22} = B_{02}$ . Samas saab tasuvusarvutuses teisest reinvesteeringust arvesse võtta ainult 10 aastat. Reinvesteeringul on 5 aastat peale arvutusperioodi lõppu olemas jääkväärtus. Meetmete paketi koguinvesteeringu diskonteeritud väärtuse võib välja arvutada järgmiselt:

$n_1 = 15$  aastat,  $n_2 = 30$  aastat,  $n_3 = 45$  aastat,  $\Delta n = 5$  aastat,  $N = 40$  aastat.

$i(8, 15) = 0,3152$   $i(8, 30) = 0,0994$   $i(8, 40) = 0,0460$

$\Sigma B_0 = 100 + 50 + 50 \times 0,315 + 50 \times 0,0994 - 50 \times 5 / (45 - 30) \times 0,0460 = 170\,000$  eurot

Sedasi saadakse meetmete paketi tulu sisenormiks  $r_t$ :

$I(r_t, 40) = 170/14 = 12,9 \rightarrow$  mis vastab tulu sisenormile  $r_t = 7,8\% > r_{a, \text{korr}} = 6\%$

Tegevuspaketti võib pidada tasuvaks ja see tuleks ellu viia.

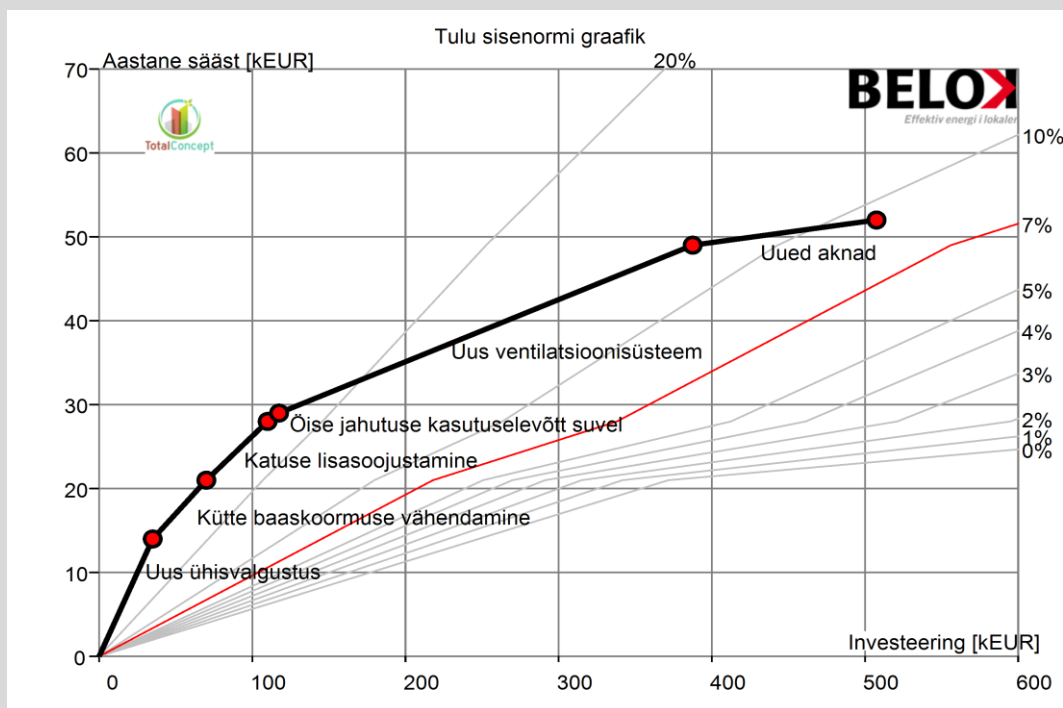
## Näide 2

Meetmete pakett hõlmab meetmeid, mille majanduslik eluiga on 15 ja 40 aastat (vt tabelit 3.3). Tellija arvutuslik reaalne intress on  $r_a = 7\%$ . Samal ajal eeldatakse, et suhteline iga-aastane energiahinna tõus on 2% üle üldise inflatsioonitaseme.

**Tabel 3.3.** Energiasäästu meetmete pakett ilma reinvesteeringuteta

Nr	Meede	Investeeringu eluiga [aastat]	Investeering [k€]	Aastane sääst [k€/a]
1	Uus ühisvalgustus	15	35	14
2	Kütte baaskoormuse vähendamine	15	35	7
3	Katuse lisasoojustus	40	40	6
4	Õise jahutuse kasutuselevõtt suvel	15	8	1
5	Uus ventilatsioonisüsteem	15	270	21
6	Uued aknad	40	120	3
	<b>Kokku</b>		<b>508</b>	<b>52</b>

*TotalTool* arvutusprogrammiga koostatud meetmete paketti on kujutatud alljärgneval joonisel. *TotalTool*i abil arvutatakse meetmete kombineeritud ühine tulu sisenorm ilma reinvesteeringuteta. Tulemus näitab tasuvust täna, kui meetmete pakettis on erineva elueaga meetmed. See tähendab, et lühema elueaga meetmed langevad ära pärast nende eluea lõppu ja iga-aastane kogusääst kahaneb, kui neid süsteeme või komponente ei asendata, kõnealuses näites 15 aasta pärast.



**Joonis 3.19.** Meetmete pakett kombineeritud tulu sisenormi graafikul. Reinvesteeringuid ei arvestata

Vastavalt tellija tasuvuse nõudele peab paketi tulu sisenorm olema kõrgem kui  $r_a = 7\%$ . Samal ajal eeldatakse, et suhteline iga-aastane energiahinna tõus on 2% üle inflatsiooni. Seda on nimetatud näites võetud arvesse *TotalTool*i sisendina ehk siis tulemuseks on korrigeeritud tulu sisenormi graafik. Kõnealuse meetmete paketi tulu sisenorm on ligikaudu  $r_t = 9\%$  ja seega on see majanduslikult tasuv.

Kui nimetatud näites võtta arvesse ka reinvesteeringuid, tuleks lühema elueaga meetmed asendada vastavalt 15 ja 30 aasta pärast Reinvesteeringute diskonteeritud väärtus lisatakse algsele investeeringule. Kui oletada, et reinvesteeringu väärtus reaalses suuruses on sama kui esialgne investeering, siis kehtib  $B_{11} = B_{12} = B_{01}$ . Kogu investeeringute diskonteeritud väärtus lühema elueaga meetmete puhul leitakse järgmiselt:

$$\Sigma B_{01} = B_{01} + B_{01} \times [i(r_a, n_1) + i(r_a, n_2) - \Delta n / (n_3 - n_2) \times i(r_a, N)]$$

$$\Sigma B_{01} = B_{01} \times [1 + i(r_a, n_1) + i(r_a, n_2) - \Delta n / (n_3 - n_2) \times i(r_a, N)]$$

$n_1 = 15$  aastat;  $n_2 = 30$  aastat;  $n_3 = 45$  aastat;  $N = 40$  aastat;  $\Delta n = 5$  aastat

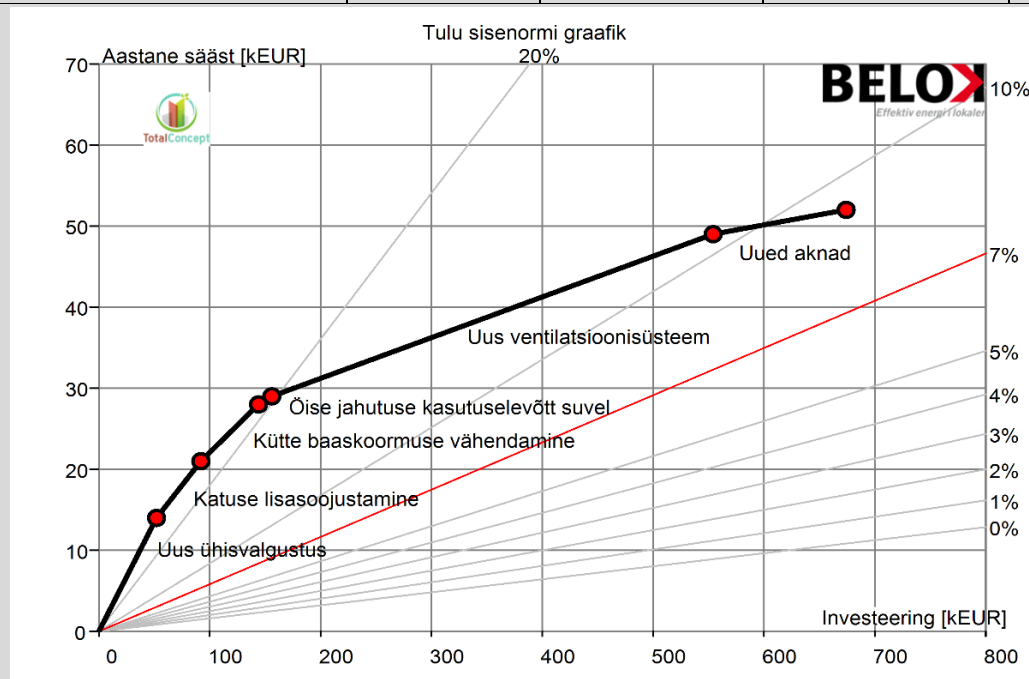
$$i(7, 15) = 0,365 \quad i(7, 30) = 0,132 \quad \Delta n / (n_3 - n_2) = 5 / 15 = 0,33 \quad i(7, 40) = 0,071$$

$$[1 + i(r_a, n_1) + i(r_a, n_2) - \Delta n / (n_3 - n_2) \times i(r_a, N)] = 1 + 0,365 + 0,132 - 0,33 \times 0,071 = 1,474$$

Kui korrutada 15-aastase investeeringu elueaga meetmete investeering teguriga 1,474, arvutatakse meetmed ümber 40-aastase perioodi peale. Tulemus on toodud alljärgnevas tabelis ja meetmete paketi tasuvust on kujutatud alljärgneval joonisel. Tulemus näitab, et meetmete paketi tulu sisenorm on ligikaudu 9%, st põhimõtteliselt sama, mis meetmete paketil, kus reinvesteeringuid ei arvestata.

**Tabel 3.4.** Energiasäästu meetmete pakett koos reinvesteeringutega

Nr	Meede	Uus investeeringu eluiga [aastat]	Esialgne investeering [k€]	Kogu investeering koos reinvesteeringutega [k€]	Aastane Sääst [k€/a]
1	Uus ühisvalgustus	40	35 (15 aastat)	52	14
2	Kütte baaskoormuse vähend.	40	35 (15 aastat)	52	7
3	Katuse lisasoojustus	40	400	40	6
4	Õise jahutuse kasutuselevõtt	40	8 (15 aastat)	12	1
5	Uus ventilatsioonisüsteem	40	270 (15 aastat)	398	21
6	Uued aknad	40	120	120	3
	<b>Summa</b>		<b>508</b>	<b>674</b>	<b>52</b>



**Joonis 3.20.** Meetmete pakett tulu sisenormi graafikul reinvesteeringuid arvesse võttes



## Aastase kulude kokkuhoiu hindamine

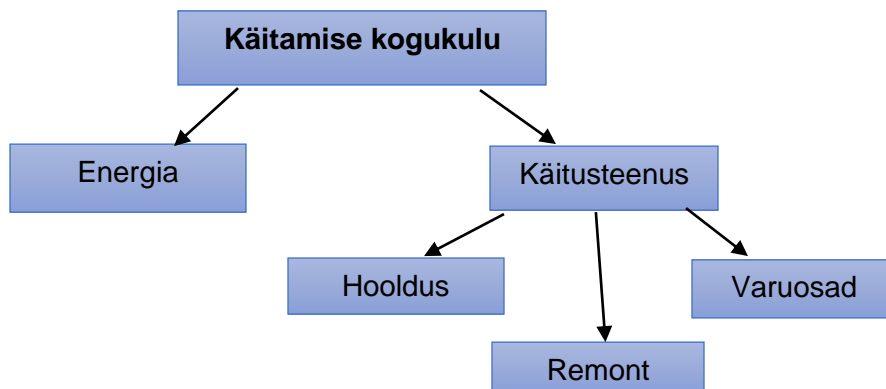
Energiatõhususe tõstmise meetmetega kaasneva aastase kulude kokkuhoiu hindamine on iga meetodi Total Concept kohase projekti lahutamatu osa. Säästetud energiatarvet hinnatakse hoone kogu käituskulude aastase kokkuhoiuna. Lisaks võib ette tulla, et energiahinnad võivad sisaldada mitut hinnakomponenti ja muutuda aasta lõikes olenevalt aastaajast või muudest teguritest. Siinkohal on mõned lihtsustused õigustatud tasuvusarvutuse läbiviimisel, mida selgitatakse lähemalt alljärgnevalt.

### Aastase netosäästu arvutamine

Aastane sääst  $a$  (€ a), mida kasutatakse tasuvusarvutustes sisendandmena, vastab arvutuslikule muutusele hoone käitamise aastastes kogukuludes enne ja pärast meetme teostamist. Siinkohal tuleks silmas pidada, et hinnata tuleb aastast netosäästu. Näiteks teatud meetmega võib kaasneda ka mõningaste käituskulude suurenemine, mida tuleks vajaduse korral arvesse võtta.

Hoone ja/või selle süsteemide käitamise iga-aastase kogukulu võib jagada järgmiselt (vt joonist 3.21):

- kulud energiale tehniliste süsteemide töösohiuks (soojusenergia, elektrienergia);
- kulud tehniliste süsteemide / hoone komponentide käitamise teenusteks. See võib hõlmata näiteks planeeritud hooldustööde, asenduste ja remonditööde kulusid, varuosi (nt filtrite ja lambipirnide vahetus, komponentide puhastamine, reguleerosade kontrollimine, andurite kalibreerimine jne).



**Joonis 3.21.** Hoone aastaste käituskulude osadeks jagamine

#### Näide

Väljapakutud energiatõhususe tõstmise meede vähendab aastast soojusenergia kasutust 780 MWh-lt 580 MWh-ni aastas. Soojusenergia hind on 70 €/MWh. Samas suureneb süsteemide iga-aastane hoolduskulu umbes 500 €/a. Seega on meetme aastane netosääst järgmine:

$$a = (780 - 580) \times 70 - 500 = 13\,500 \text{ €/a.}$$

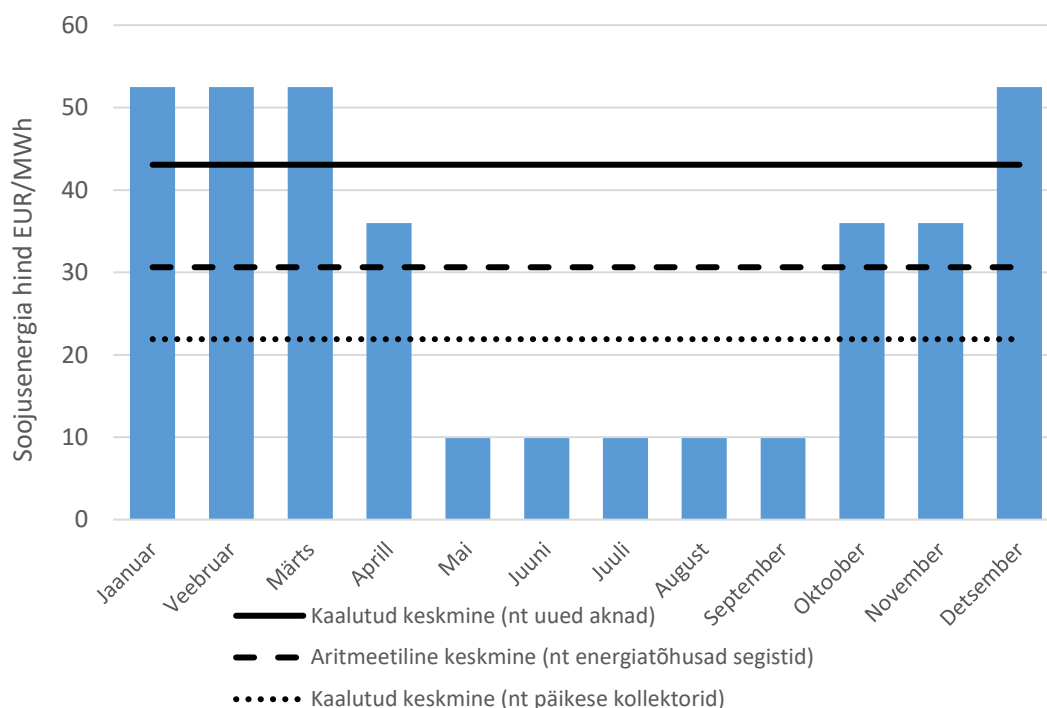
Seda kasutatakse aastase säästu sisendandmena tasuvusarvutuses  $a$  (€/a).

## Komplekssed hinnamudelid

Mitmed energiaettevõtted võtavad Põhjamaades tasu mitte ainult ostetud energiakoguse eest, vaid ka tarbitud võimsuse eest ning mõnel juhul isegi energia jaotustõhususe eest. Näiteks piirkondlikud kaugkütteettevõtted võtavad Rootsis sageli arvesse ka vooluhulkasid jaotustrassis või tagasivoolu temperatuuri. Lisaks võivad mitmel energiaettevõtetel olla erinevad energiahinnad olenevalt aastaajast ja ka päevast. Olemas on suur hulk erinevaid hinnamudeleid, mida muudetakse ja ajakohastatakse pidevalt. On suhteliselt võimatu ennustada kümne või kahekümne aasta pärast valitsevat olukorda. Seega võivad lihtsustatud oletused olla sageli õigustatud.

Kui kasutatav energiasimulatsiooni tarkvara ei suuda arvesse võtta aastaajast tingitud muutusi energiahinnas, siis soovitakse kasutada vastavat aastast keskmist hinda. Sellisel juhul on sageli mõistlik kasutada kaalutud keskmist hinda, mis põhineb viimaste aastate energiatatistikal.

Samas on oluline meeles pidada, et kuna teatud meetmed võivad energiasäästu anda erinevatel aastaaegadel, siis võib teatud meetmete aastase kulude kokkuhoiu hindamiseks vaja minna erinevat aastast keskmist hinda. Seda kujutatakse alljärgneval joonisel 3.22 toodud näites. Joonisel olevad tulbad kujutavad ühe Rootsi piirkondliku kaugkütteettevõtte tavapärase energiahinda (2015. aasta andmete põhjal). Enamus küttesüsteemi puudutavaid energiatõhususe meetmeid säästavad energiat peamiselt talvel. Päikesekollektorite või energiat säästvate veesegistite paigaldamisel on aga säästuprofiil ajas mõnevõrra erinev ja säästetud kWh rahaline väärtus võib seega erineda, kui energiahind kuude lõikes on muutuv.



**Joonis 3.22.** Näide energia komplekse hinnamudeli arvessevõtmisest aastaste kulude kokkuhoiu arvutamiseks

**Näide**

Aastane kaugkütte energiatarve kontorihoones on 1000 MWh/a. Piirkondlik kaugküttehind erineb aastate lõikes järgmiselt (vt joonist 3.22):

- jaanuar, veebruar, märts, detsember: 52,5 €/MWh;
- aprill, oktoober ja november: 36 €/MWh;
- mai, juuni, juuli, august ja september: 9,9 €/MWh.

Kütteenergia kasutamine aasta lõikes igal kuul ja sellega seotud energia maksumus kuus on ära toodud järgnevas tabelis:

	jaan.	veeb.	märts	aprill	mai	juuni	juuli	august	sept.	okt.	nov.	dets.	Kokku
Kütteenergia tarve (%)	16%	16%	14%	10%	5%	1%	0,4%	1%	4%	7%	11%	14%	100%
Kütteenergia tarve (MWh)	162	162	136	99	49	14	4	7	38	71	114	145	1000
Kütte hind (€)	8497	8497	7120	3580	483	134	36	72	376	2571	4101	7595	43 063

Hoone välispiirdeid ja kütte, ventilatsiooni ja õhkjahutuse süsteeme puudutavate energiatõhususe tõstmise meetmete puhul kasutatava energiahinna võib välja arvutada alljärgnevalt (kaalutud keskmine hind):

$$\text{aastane kütte maksumus (€)} / \text{aastane energiatarve (MWh)} = 43\,063 \text{ €} / 1000 \text{ MWh} = 43,1 \text{ €/MWh}$$

Sooja tarbevee süsteemi energiasäästu meetmete puhul kasutatava energiahinna võib välja arvutada alljärgnevalt (aritmeetiline keskmine hind):

$$\Sigma \text{ küttehind kuus (€/MWh)} / 12 \text{ kuud} = (52,5 \text{ €/MWh} \times 4 + 36 \text{ €/MWh} \times 3 + 9,9 \text{ €/MWh} \times 5) / 12 = 21,9 \text{ €/MWh}$$

Päikesekollektori süsteemi paigaldamisega aastast säästetud energiakulu võib välja arvutada, lähtudes hinnangulisest igakuisest tootlikkusest normaalaastal. Kasutada võib kaalutud keskmist hinda, mis arvutatakse aastase tootlikkuse alusel.

**Võimsuse kokkuhoid**

Teatud meetmete puhul võib arvesse võtta ka võimsuse tariife, kaasates need energia maksumusse.

Lihtne meetod on leida ekvivalentne energiahind, millesse on integreeritud võimsuse tariif, võttes aluseks järgmise valemi:

$$E_{p_{eq}} = \frac{P_n \cdot P_p + E_d \cdot E_p}{E_d},$$

kus

$E_p$  – energiahind (€/kWh)

$P_p$  – võimsuse tariif (€/kW)

$E_d$  – energiatarve (MWh/aastas)

$P_d$  – võimsusvajadus (kW)

Seda ekvivalentset energiahinda kasutatakse seejärel meetmega saavutatud kulude kokkuhoiu hindamiseks. Samas ei tohiks seda lihtsustust kasutada meetmete analüüsimisel, mis ei mõjuta võimsusvajadust ja energiavajadust proportsionaalselt.

Programmis *TotalTool* on võimalik eraldi arvesse võtta energia kokkuhoidu ja võimsuse kokkuhoidu.

*Näide:*

Energiahind ( $E_p$ ): 0,05 €/kWh

Elektrivõimsuse tariif ( $P_p$ ): 60 €/kW

Energiatarve ( $E_d$ ): 1 000 MWh/aastas

Võimsusvajadus ( $P_d$ ): 400 kW

Ekvivalentne energiahind on järgmine:  $Ep_{eq} = \frac{P_d \cdot P_p + E_d \cdot E_p}{E_d} = \frac{400 \cdot 60 + 1000 \cdot 1000 \cdot 0,05}{1000 \cdot 1000} = 0,074 \text{ €/kWh}$

### Kombineeritud kütteallikad

Mõnikord varustatakse hoonet või mitut hoonet rohkem kui ühest kütteallikast.. See võib muuta kulude kokkuhoiu arvestamise mõnevõrra keerulisemaks, sest erinevad kütteallikad on seotud erinevate energiahindadega. Äärmuslik näide oleks hoone, mis on ühendatud kaugkütte, katusel olevate päikesekollektorite, baaskoormust osaliselt katva maakütte ja elektriküttega, mis aitab siis, kui muud kütteallikad ei suuda nõudlust katta.

Kui kasutatav energiasimulatsioonide tarkvara ei arvesta sellise keerulise olukorraga, siis võib vaja minna mõningast lisapingutust, et leida seosed meetmete ja erinevate kütteallikate vahel.

### Viited

[1] Rootsi standard SS-EN 15459:2007 „Energy performance of buildings – Economic evaluation procedure for energy systems in buildings“.

[2] Euroopa komisjon. „Recommendations on measurement and verification methods in the framework of Directive 2006/32/EC on energy end-use efficiency and energy services.“.

[3] P-E Nilsson. 2003 „Achieving the required indoor climate“.

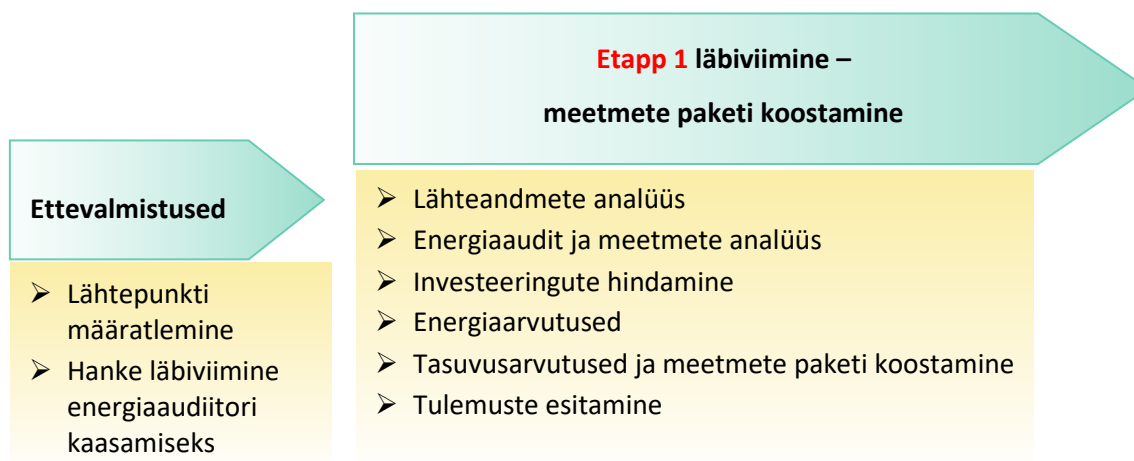
## 4 Etapp 1: meetmete paketi koostamine

See peatükk keskendub üksikasjalikumalt meetodi Total Concept esimese etapi rakendamisele. Räägitakse tellija ja energiaaudiitori rollidest ja erinevatest tööülesannetest esimese etapi läbiviimisel.

### Sissejuhatus

Meetodi Total Concept esimeses etapis viiakse läbi kinnisvara põhjalik tehniline hindamine, et teha kindlaks võimalikud energiatõhususe tõstmise meetmed ja töötatakse välja majanduslikult tasuv meetmete pakett. See analüüs on palju põhjalikum võrreldes tavapärase energiaauditiga, näiteks hoone energiamärgise saamiseks. Samas võib hoone energiamärgist kasutada olemasolu korral lähtepunktina.

Esimese etapi olulisemaid tegevusi kujutatakse joonisel 4.1. Töö algab tellija tehtavate ettevalmistustega ja seejärel minnakse edasi konsultandi (energiaaudiitori) teostatavate oluliste tegevuste juurde.

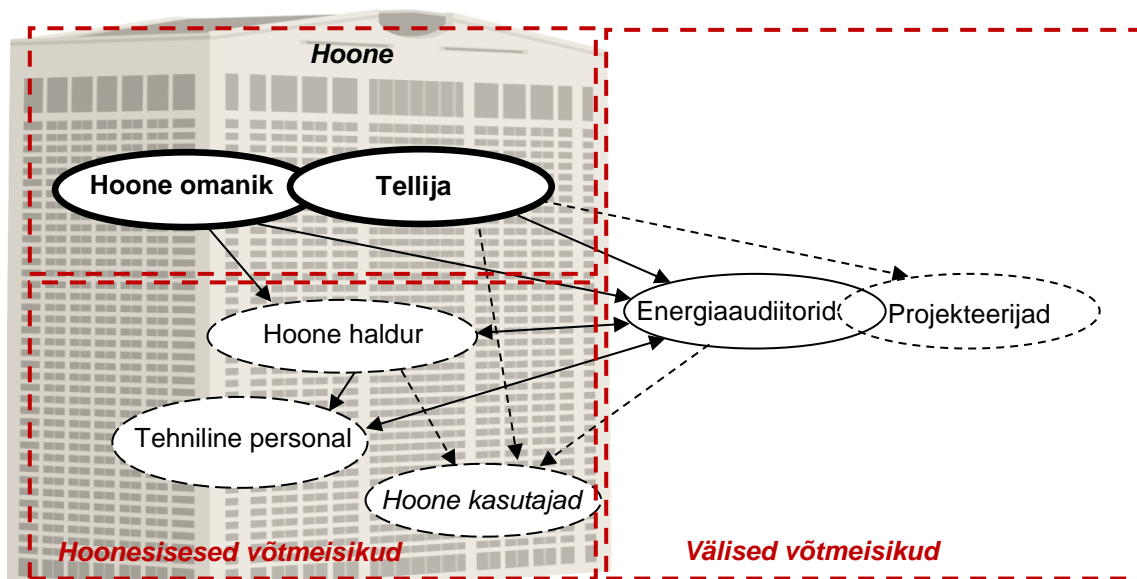


**Joonis 4.1.** Meetodi Total Concept esimese etapiga seotud olulisemad tegevused

Esimese etapi tulemustele tuginedes otsustab tellija, kas investeerida meetmete paketti või mitte. Hoolikas analüüs projekti esimeses etapis ja hea koostöö erinevate osapoolte vahel on projekti edukaks läbiviimiseks hädavajalik. Olulisemaid küsimusi, mis esimese etapi tööülesannete elluviimisel ette tulevad, käsitletakse üksikasjalikumalt järgnevates peatükkides.

### Etapp 1 – olulised osapooled ja huvirühmad

Esimese etapi läbiviimisega seotud olulised huvirühmad ja võtmeisikud on kujutatud joonisel 4.2. Erinevate osapoolte rolle ja ülesandeid kirjeldatakse allpool.



**Joonis 4.2.** Etapp 1 läbiviimisega seotud olulised huvirühmad ja võtmeisikud

### Tellija roll ja ülesanded

Tellija on vastutav esimese etapi kohase praktilise töö tellimise eest välistelt osapooltelt. Samuti paneb tellija paika energiatõhususe tõstmise projekti eeltingimused, st määratleb lähtepunkti. Tellija ülesanne on ka tagada, et ettevõttesisesed ressursid oleksid projekti läbiviimiseks kättesaadavad, nt hoonega seotud personali osalus, kelleks võivad olla hoone haldur, tehniline personal jne. Lisaks peab tellija tagama, et kogu asjassepuutuv taustainformatsioon, mida Etapp 1 läbiviimiseks vaja läheb, tehakse energiaaudiitorile kättesaadavaks.

Oluline on, et tellija selgitab täpselt kõigile projekti osalistele ettevõtmise ulatust. Enamasti määrab tellija projektijuhi, kes vastutab projekti eest, ja annab talle piisavalt volitusi ja ressursse.

Tellija projektijuhi roll Etapp 1 läbiviimisel hõlmab

- energiaaudiitori kaasamist, st hankedokumentide koostamist, pakkumiste hindamist, projekti juhtimist ja koordineerimist;
- energiaaudiitorile kogu vajaliku informatsiooni edastamist hoone kohta;
- vajaduse korral energiaaudiitori abistamist, edastades talle näiteks energiatõhususe parendamise meetmete ettepaneku koostamiseks vajalikku informatsiooni;
- ettevõttesisese personali koordineerimist, näiteks hoone halduri ja hooldustöötajate kaasamine;
- Etapp 1 aruande esitamist asjasse puutuvatele osapooltele, enne kui otsustatakse meetmete paketi teostamine.

### Energiaaudiitori roll ja ülesanded

Tuginedes lepingulisele kokkuleppele tellijaga viib energiaaudiitor ellu esimeses etapis sätestatud praktilise töö ja koostab meetodi Total Concept järgi meetmete paketi.

Energiaaudiitori roll esimese etapi läbiviimisel hõlmab alljärgnevat:

- töö planeerimine ja läbiviimine lähtudes tellijapoolsest lähteülesandest;
- põhilise informatsiooni ja tehniliste andmete kogumine hoone kohta;
- põhjaliku energiaauditi läbiviimine hoones, energiakasutuse baastaseme määramine ja kõikvõimalike energiatõhususe tõstmise meetmete kaardistamine;
- hoone energiakalkulatsioonide tegemine valideeritud arvutustarkvara abil;
- säästumeetmete investeerimiskulude hindamine;
- tasuvusarvutuste läbiviimine ja meetmete paketi koostamine;
- lõpparuande koostamine ja esitamine tellijale. *Aruande aluse näidis on olemas.*

### Hoone halduri roll ja ülesanded

Hoone haldur vastutab enamasti kõnealuse hoone eest ja pääseb ligi informatsioonile, mida audiitor vajab esimese etapi analüüsi läbiviimiseks või teab, kust seda informatsiooni hankida. Hoone haldur on sageli seotud ka investeerimisotsustega. Soovitav on, et audiitor arutaks muudatusettepanekuid hoone halduriga, et vältida meetmed, mis pole erinevatel põhjustel rakendatavad või mida pole praktiliselt võimalik ellu viia.

Hoone halduri roll esimese etapi läbiviimisel hõlmab

- energiaaudiitori abistamist hoone kohta käiva vajaliku informatsiooni kogumisel;
- energiaaudiitori abistamist hoone olemasoleva olukorra hindamisel, näiteks suhtlemisel hoone kasutajate või üürnikega.

### Hoone tehnilise personali (hooldustöötajate) roll ja ülesanded

Hoone tehnilisel personalil, kes vastutab kõikide hoone süsteemide käitamise eest, on tavaliselt hea ülevaade hoone ja selle süsteemide hetkeseisukorrast. Neil on sageli informatsiooni mistahes puudujääkide kohta, millest need sõltuvad ja tihti ka ettepanekuid, mida on võimalik nende kõrvaldamiseks teha. Nende koostöö energiaauditoriga on väga väärtuslik, sest tavaliselt oskavad just nemad konsultandile ülevaatusel ajal kõige paremini hoonet näidata ning neil on juurdepääs ka tehnilistele ruumidele.

Hoone tehnilise personali roll esimese etapi läbiviimisel hõlmab

- energiaaudiitori abistamist hoone kohta käiva vajaliku informatsiooni kogumisel;
- energiaaudiitori abistamist hoone auditeerimisel, näiteks ligipääsu tagamine hoone tehnilistele süsteemidele ja vajaduse korral ka suhtlemisel hoone kasutajate või üürnikega.

### Projekteerija roll ja ülesanded

Mõnel juhul võib olla ka oluline kaasata juba esimese etapi läbiviimisel projekteerijaid, kes koostavad väljapakutud meetmetele detailse projekti järgmises, teises etapis. Selle eesmärk võib olla konkreetsete meetmete jaoks vajalike projekteerimistööde ulatuse hindamine ja vahel ka detailsemate investeerimiskulude hindamine. See on loomulikult võimalik ainult juhul, kui tellijal on võimalik kaasata projekteerijaid projekti varajases staadiumis.

## Üürnike / hoone kasutajate roll ja ülesanded

Etapp 1 eeldab ka mõningast tuge üürnikelt / hoone kasutajatelt, sellal kui energiaaudiitor kogub põhilist informatsiooni hoone ja selle kasutuse kohta. Nimelt teavad nad kõige paremini, milleks erinevaid ruume parajasti kasutatakse, milline on hõivatuse tase ja ajad ning milliseid muudatusi hoone kasutuses tulevikus planeeritakse. Samuti on oluline, et hoone haldur hoiaks üürilised projekti ja selle eesmärkidega hästi kursis ning suhtuks nende vajadustesse osavõttlikult. Lisaks võivad mõned meetmed nõuda üürnike osalust, nt muudatused valgustussüsteemides ja kasutatavates seadmetes, mistõttu tuleb nendega alternatiivsed võimalused läbi arutada.

## Etapp 1 – teostamiseks vajalikud ettevalmistused

### Lähtepunkti määratlemine

Enne mistahes praktiliste tööde algust on tungivalt soovitatav, et tellija selgitaks välja teostatava energiatõhususe renoveerimise projekti eesmärgid ja eeltingimused. Muu hulgas tuleks läbi mõelda järgmised küsimused:

- Millised on üldised eeldused energiatõhususe tõstmise projekti läbiviimiseks kõnealuses hoones? Kas on olemas piisavalt informatsiooni hoone energiakasutuse kohta olemasoleva olukorra kaardistamiseks, nt soojusenergia, elektrienergia, üürnike elektrienergia tarve, jahutusenergia?
- Millised on hoone omaniku / tellija eesmärgid ja ootused? Kas renoveerimise eesmärk on parandada ainult energiatõhusust või kombineeritakse seda üldise hoone renoveerimisega, näiteks hoone funktsionaalsuse või sisekliima parandamiseks?
- Milline on hoone omaniku / tellija ettevõtte majanduslik strateegia ja hetkeolukord ja kuidas plaanitakse rahastada võimalikke energiatõhususe tõstmise meetmeid?
- Kuidas tagatakse informatsiooni ja teadmiste jagamine projekti erinevate osapoolte ja huvigruppide vahel, kelleks võivad olla näiteks üürnikud, tehniline personal, hoone haldur, audiitorid, projekteerijad ja ehitusettevõtjad?
- Kuidas ja kes viib läbi hilisema järelmonitooringu hoones ja kuidas tagatakse tulevikus hooldus- ja käitustööd püsiva energiasäästu kindlustamiseks? Millised on praegused ressursid, on need piisavad ja kuidas on neid võimalik kasutada?

### Hanke läbiviimine energiaaudiitori kaasamiseks

Informatsioon, mida on vaja tellijalt, et koostada hankedokumendid, võib erineda olenevalt sellest, kas tegu on avaliku või erasektori hankekonkursiga.

Tellija peab tööle esitavad nõuded selgelt määratlema ja formuleerima, et ei tekiks erinevusi tellija ootuste ja töövõtja tehtu vahel. Oluline on tuua selgelt välja energiaaudiitori tööülesanded ning see, kuidas tulemusi hinnatakse ja kontrollitakse. Seega peaksid hankedokumendid sisaldama teavet, mis annab selge pildi töö ulatusest. Dokumendis peaks märkima, et töö hõlmab hoone põhjalikku tehnilist analüüsi olemasoleva olukorra kaardistamiseks ning kõikvõimalike energiasäästmismeetmete väljaselgitamist, iga meetme maksumuse määramist ja energiasäästu arvutuslikku hindamist ning tasuva meetmete paketi kokkupanekut, lähtudes meetodi Total Concept majanduslikust mudelist. Teisisõnu on tegemist palju põhjalikuma ja ulatuslikuma tööga, kui näiteks on vaja energiamärgise jaoks.



Oluline on, et energiaaudiitoril oleks piisavalt teadmisi Total Concepti töömeetodi ja selle rakendamise kohta. Olemasolevates mitte-eluhoonetes on peamine energiakasutuse kokkuhoiu potentsiaal tehnilistes süsteemides. Audiitor peab seega olema pädev mitte-eluhoonete kütte-, ventilatsiooni- ja jahutussüsteemide ning ka hoone elektri- ja automaatikasüsteemide auditeerimise küsimustes. Hankedokumentid peaksid selgitama, millist informatsiooni audiitori pädevuse ja võimete tõestamiseks nõutakse.

Tellijal peab koos hankedokumentidega kaasa andma ka kõnealuse hoone (hoonete) üldise kirjelduse selleks, et energiaaudiitor saaks hinnata aega ja ressursse, mida on töö teostamiseks vaja.

Hankedokumentid peaksid kokkuvõtvalt sisaldama

- töö spetsifikatsiooni;
- energiaaudiitorile ja töötulemustele esitatavaid nõudmisi, näiteks seoses tähtja ja dokumentidega, mis tuleb esitada;
- asjassepuutuva hoone üldinfo kirjeldus.

Etapp 1 läbiviimiseks lähteülesande ja pakkumuse koostamise kontrollnimekirja leiab Total Concepti abimaterjalidest. Samuti on abimaterjalides olemas hoone kohta põhilise informatsiooni kogumise mall (Exceli tabel). Audiitori ülesanne on hankida vajaduse korral tellijalt lisainformatsiooni hoone kohta, et hinnata tööde jaoks vajalikku aega ja ressursse ning tellija projektijuht peab tagama selle informatsiooni edastamise.

Hankedokumentides võib lisaks ära märkida ka selle, mille alusel hankeid hinnatakse. Hindamismeetod peaks hõlmama töövõtja kompetentsuse, kogemuse ja hinna hindamist/kaalumist. See annab tellijale võimaluse hinnata kompetentsuse ja kogemuse ning hinna suhet.

Võib juhtuda, et hoone, milles energiatõhususe meetmeid rakendada hakatakse, on tehniliselt keerukas ja hoone ning selle süsteemide praegusest olukorrast ülevaate saamiseks ja energiatõhususe tõstmise meetmete analüüsimiseks on tõenäoselt vaja rohkem aega ning ressursse. Selleks, et vajalikke ressursse hinnapakkumise tegemiseks õigesti hinnata, võib audiitoril vaja minna täiendavat eeltööd töö mahu väljaselgitamiseks. See on soovituslik etapp enne projekti algust ning võib aidata vältida tulevikus tekkida võivaid probleeme, kui lepingus ettenähtud ajast ei piisa projekti nõuete- ja kvaliteedikohaseks teostamiseks. Olulisemad projekti eeltingimused tuleb kindlasti audiitoriga enne projekti algust läbi arutada.

## Projekti algus

Etapp 1 tööprotsessi erinevad ülesanded võivad sageli palju aega nõuda. Selleks, et tööd efektiivsemalt läbi viia, on oluline, et töö oleks hästi struktureeritud ja juba algusest peale hoolikalt planeeritud. Soovituslik on pärast projekti algust koostada projekti elluviimise täpsem ajakava ja plaan.

Samuti on oluline projekti avakoosolek, kus arutatakse tellija ja teiste projekti võtmeisikutega projekti üksikasju ja praktilise töö läbiviimist Tõhusa informatsioonivahetuse tagamiseks ja audiitori töö lihtsustamiseks peaksid avakoosolekule olema kaasatud projekti kõik olulised osapooled. Lisaks audiitorile ja hoone omanikule / tellijale peaks osalema ka hoone haldur, hoone tehnilise hoolduse juht ja võimaluse korral isegi üürnike esindaja(-d).

Esimesel kohtumisel tuleks läbi arutada alljärgnev:

- projekti ulatus, ajakava ja tegevuste plaan;
- oluliste projektiga seotud võtmeisikute ja nende kontaktandmete täpsustamine;
- tellijalt nõutav informatsioon Etapp 1 teostamiseks;
- töö aruandlus.

Kui arutatakse aja- ja töödekava, siis peavad osapooled selgelt aru saama, kuidas töid teostatakse ja millist osalustaset igalt osapoolelt eeldatakse. Tulevaste kohtumiste ja hoones kohapealsete inspekteerimiste üksikasjad tuleks samuti kokku leppida, sh kuidas teavitatakse ürnikke projektist ja kas hoone inspekteerimisel, vajalike mõõtmiste tegemisel jne esineb hoone kasutajatele mingeid häiringuid.

Esimene kohtumine annab ka audiitorile võimaluse arutada, millist teavet on vaja tellijalt Etapp 1 tööde läbiviimiseks. Samuti võib tellijaga läbi arutada üldised nõuded seoses hoone, selle sisekliima ja energiatõhususe tõstmise töödega ning nende plaanid hooldusmeetmete läbiviimiseks. Mida rohkem küsimusi saab varakult läbi räägitud, seda ratsionaalsemalt ja tõhusamalt saab energiaaudiitor hiljem oma tööülesannet täita.

Energiaaudiitor peaks tellijalt välja uurima kõik olulised kontaktisikud, kes on tellija poolt projektiga seotud (hoonesisesed võtmeisikud) ja täpsustama, millist tüüpi informatsiooni ja tuge on võimalik erinevatelt osapooltelt saada ning milliseid suhtluskanaleid hakatakse kasutama.

Viimaks tuleks otsustada, kuidas hakkab toimuma töö aruandlus, nii lõplik aruanne kui ka vahekokkuvõtete tegemine.

## Lähteandmete kogumine ja analüüs

Energiakonsultandi esimene oluline ülesanne esimese etapi läbiviimisel on koguda põhilist informatsiooni hoone kohta ja muid vajalikke sisendandmeid meetmete paketi väljatöötamiseks. Kontrollnimekirja Etapp 1 lähteandmete kogumiseks leiab Total Concepti abimaterjalidest.

Tellijapoolse projektijuhi ülesanne on jagada teavet kontaktisikute kohta, kes võivad konsultanti vajaliku informatsiooni ja dokumentatsiooni hankimisel toetada. Total Concepti abimaterjalides oleva lähteandmete kogumise kontrollnimekirja võib saada näiteks vastavatele määratud võtmeisikutele, et nad täidaksid selle ära ja lisaksid asjaomased dokumendid. Samuti võib selle ära täita avakoosolekul koos erinevate osapooltega ja kasutada seda arutelu alusena.

Praktikas pole kahjuks alati kõik kontrollnimekirjas kirjeldatud andmed kergesti kättesaadavad. Sellele vaatamata tuleks püüelda selle poole, et saada selge ja ülevaatlik pilt alljärgnevast:

- üldinformatsioon hoonest ja selle ehitusest;
- hoone kasutamine;
- sisekliima nõuded;
- tehnilised süsteemid;
- energiakasutus.

## Hoone üldinformatsioon

Hoone üldinformatsioon sisaldab põhilist teave hoone kohta, näiteks kinnisvara nimi, aadress, ehitusaasta (esialgne ja mistahes ümberehituste või laienduste aasta), hoone pindala ja mida see sisaldab, nt brutopindala, kasutatav pind, köetav pind jne. Kui projekti käigus inspekteeritakse mitut hoonet, siis tuleks need andmed iga hoone kohta eraldi selgeks teha.

Lisaks on oluline uurida hoone arhitektuurseid ja konstruktsiooniosade jooniseid, kui need on kättesaadavad. Hoonest hea üldmulje saamiseks piisab tavaliselt korruste plaanidest, maja vaadetest ja sektsioonijoonistest. Ehituskonstruktsiooni joonised, millel on kujutatud seinte konstruktsiooni, vundamenti ja katust, või ehitusdetailide tehnilised kirjeldused võivad olla suure lisaväärtusega. Kogu dokumentatsioon peaks olema teostusdokumentatsioon. Lisainformatsioon ehituskonstruktsioonilistest muutustest või renoveerimistöödest viimase 10 aasta jooksul on samuti oluline hoone seisukorrast hea ülevaate saamiseks.

## Informatsioon hoone kasutamise kohta

Enamasti võivad hoone haldur ja hooldusmeeskond pakkuda piisavalt informatsiooni selle kohta, kuidas hoonet kasutatakse. Samas võib vahel osutuda vajalikuks üürnikega kontakteerumine, et täpsustada hoone kasutuse ja ruumide hõivatuse aegu ja hoones viibivate isikute arvu. Hoone hõivatuse määr ja erinevate ruumide kasutus annab ülevaate praegustest nõuetest ventilatsioonile ja kas praegused paigaldatud süsteemid vastavad neile.

## Nõuded sisekliimale

Hoone energiatõhususe tõstmise meetmete läbiviimisel on oluline, et meetmed ei kahjustaks hoone kasutust, sisekliimat ega tehnilist kvaliteeti. Need on põhinõuded, mida tuleb alati arvesse võtta, kui hoones plaanitakse ja viiakse läbi energiasäästu meetmeid. Iga meetme mõju hoone sisekliimale või hoone kasutusele tuleks hinnata eraldi.

Seega on oluline esmalt välja selgitada, millised sisekliima nõuded hoonetele (hoonetele) kehtivad ja auditeerimisel hinnata, kas need sisekliima nõuded on täidetud või mitte. Siinkohal võivad projektile olla olulised ka hoones varem tehtud sisekliima uuringud ja hindamised.

Kui auditeerimisel selgub, et mistahes põhjusel pole sisekliima nõuded täidetud, on oluline kindlaks teha, millised on probleemid ja millised oleksid vajalikud meetmed sisekliima tingimuste parandamiseks. Seejärel saaks alles hinnata kuidas saab neid energiasäästu meetmetega kombineerida. Oluline on, et energiaaudiitor ja tellija seda küsimust arutaksid ja lepiksid kokku, millist energiatarbe baastaset saab pidada energiatõhususe tõstmise projekti lähtepunktiks.

## Tehnilised süsteemid

Hoone olemasoleva seiskorra hindamiseks on vaja saada ülevaade hoone tehnilistest süsteemidest, sh kütte-, ventilatsiooni- ja jahutussüsteemidest ning valgustus- ja automaatikasüsteemist. Vajalikud lähteandmed on tehniliste süsteemide printsiipskeemid, samuti võib vaja minna ka olemasolevaid teostusjooniseid. Teostusjoonised on vajalikud näiteks hoone energiasimulatsioonide teostamisel ning ka meetmete analüüsimisel. Näiteks valgustuse kohta käivad joonised on suureks abiks valgustusvõimsuste hindamisel. Samuti võib jooniseid vaja minna selleks, et selgitada välja väljapakutud muudatuste võimalikkus ja ka hinnanguline maksumus. Väga oluline võib olla ka erinevate elektrit tarbivate

seadmete ja masinate kohta käiv teave (sh hoone kasutajate kasutatavad seadmed). On hea, kui on olemas nimekiri erinevatest seadmetest või kui selle saab koostada auditeerimise ajal.

Ka olemasolevate süsteemide seadistusprotokollid annavad olulist teavet süsteemide töö kohta (nt vooluhulgad, rõhulangused jne). Lisaks aitavad olemasolevad tehnosüsteemide käitus- ja hooldusjuhised välja selgitada, kuidas on plaanitud süsteemide juhtimine ja reguleerimine. Ligipääs hoone automaatikasüsteemile aitab audiitoril kontrollida, kuidas erinevate tehniliste süsteemide juhtimine ja reguleerimine hetkel toimub, muu hulgas ka selle, millised on ventilatsiooni, kütte, jahutuse, valgustuse ja muude tehniliste süsteemide seadeväärtused ja tööajad. Hoone automaatikasüsteemi abil on vahel võimalik jälgida neid andmeid ka pikemaajaliselt.

Lisainformatsioon muutustest või renoveerimistöödest hoone tehnosüsteemides viimase 10 aasta jooksul on samuti oluline teave, et saada hea ülevaade olemasolevast olukorrast. Tihti on hooldusmeeskond see, kes võib jagada informatsiooni tehniliste süsteemide muudatuste kohta ja selgitada, mis põhjusel neid tehti. Nemad teavad enamasti ka seda, mis on praeguste süsteemide töös ettetulevad puudused või probleemid ja millised võiksid olla võimalikud lahendused nende kõrvaldamiseks.

### Energia- ja veetarbe andmed

Energiaauditis on vaja koguda alljärgnevat informatsiooni hoone energia- ja veetarbe kohta:

- soojusenergiatarve ruumide kütteks ja soojaks tarbeveeks ( $\text{MWh/a}$  või  $\text{kWh}/(\text{m}^2 \times \text{a})$ ). Kui soojusenergiatarvet eraldi ei mõõdetata, tuleks see kindlaks teha ostenud kütuse/energiaallika koguse ja kütteseadme, millega soojust toodetakse (nt biokütus, gaas, õli, elekter), kasuteguri abil;
- elektritarve ( $\text{MWh/a}$  või  $\text{kWh}/(\text{m}^2 \times \text{a})$ ). Hoone elektritarbe võib jagada hoone üldelektritarbeks ja hoone kasutajate (nt üürnike) elektritarbeks. Hoone koguelektritarbest ülevaate saamiseks oleks vaja andmeid mõlema elektri lõpptarbijaga kohta;
- elektri- ja soojusvõimsustarve ( $\text{kW}$ ), sealhulgas hoone kogutarve ja erinevate seadmete võimsustarve ( $\text{kW}$ ), kui see on olemas (nt jahutusmasinad);
- külma vee kasutus ( $\text{m}^3/\text{a}$  või  $\text{l}/(\text{s} \times \text{m}^2 \times \text{a})$ );
- sooja vee kasutus, kui seda mõõdetakse eraldi ( $\text{m}^3/\text{a}$  või  $\text{l}/(\text{s} \times \text{m}^2 \times \text{a})$ ).

Energiatarbe andmed peaksid põhinema mõõdetud suurustel, lähtudes hoone energiastatistikast ja ära peaks olema toodud ka see, kas suurused on ümber arvutatud normaalaastale (nt küttes) või on tegemist mõõdetud reaalaasta suurustega. Statistika peaks olema kättesaadav vähemalt eelmise aasta ja eelistatavalt kolme kuni viie eelneva aasta kohta.

Kui hoonekompleksi kuulub mitu hoonet, siis tuleks eraldi välja uurida iga hoone aastane energiatarve. Eelistatult tuleks mõõta energiatarvet küttele, jahutusele ja elektrile igas hoones eraldi. Mida üksikasjalikum on statistika, seda parem. Kui tuleb ette, et hoones on paigaldatud eraldi mõõttjad ka erinevatele energia lõpptarbijagruppidele, siis tuleks ka nende näidud kokku koguda. Oluline on saada siinkohal täpne ülevaade, milliseid lõpptarbijad mõõteseadete hõlmab, näiteks üürnike elekter, hoone üldelekter, jahutusmasinad, valgustussüsteem jne.

Informatsioon hoones eelnevalt läbiviidud energiaanalüüside kohta, näiteks energiamärgise jaoks, võib samuti anda kõnealuse energiaauditi jaoks olulist teavet.

## Energiatarbe baastaseme määramine

Määratletud energiatõhususe tõstmise meetmete energiakokkuhoiu hindamiseks on vaja määrata energiatarbe baastase või võrdlustase, millega võrrelda tuleviku kokkuhoidu. Tavaliselt põhineb baastase hoones mõõdetud energiatarbel enne renoveerimisprojekti läbiviimist.

Samas võib ette tulla mitmeid olukordi, kus energiasäästu baastaseme määramine nõuab palju hoolikamat läbimõttlemist, kui lihtsalt energiastatistikast mõõdetud väärtuste võtmine. Sellised olukorrad on näiteks järgmised:

- **hoonele seatavad minimaalsed nõuded ei ole enne renoveerimist täidetud**, näiteks ei ole täidetud sisekliimat puudutavad nõuded. Kui hoone sisekliima ei vasta minimaalsetele nõuetele, siis tuleb kõigepealt moderniseerida hoone tehnosüsteeme selliselt, et need nõuded saaksid täidetud. See võib aga võrreldes renoveerimiseelse olukorraga põhjustada muutusi hoone energiatarbes;
- **hoone omadusi ja funktsiooni plaanitakse renoveerimise käigus oluliselt muuta**, näiteks kohandused uutele üürnikele, ruumide kasutuse muutus, korruseplaanide ümbertegemine, uute aatriumi/sisepääsualade ehitamine jne. See võib muuta hoone tehnilisi omadusi ja selle tehniliste süsteemide tööd, mis viivad sageli muutusteni ka hoone energiatarbes, sõltumata plaanitud energiasäästu meetmetest;
- **minimaalsed ehitusseadustikus sätestatud nõuded**, näiteks kui viiakse läbi suurt renoveerimisprojekti, võivad nõuded riiklikus ehitusseadustikus või muud nõuded eeldada teatud minimaalset kvaliteeditaset pärast renoveerimist. Ette on antud minimaalsed tingimused hoone renoveerimiseks, mida peab energiatõhususe meetmete läbiviimisel arvesse võtma.

Kirjeldataud olukordades tuleb määrata uus baastase, kasutades selleks hoone energiasimulatsioone. Alles pärast uue baastaseme arvutamist plaanitud/vajalike muutuste alusel võib analüüsida väljapakutud energiatõhususe tõstmise meetmete mõju hoone energiatarbesse.

Oluline on, et tellijal ja energiaaudiitoril oleks ühine arusaam energiasäästu baastasemest. Soovitav on leppida projekti alguses tellijaga kokku, kuidas baastase määratakse ja milliseid sisendandmeid selleks kasutatakse.

## Energiatarbe baastaseme määramise viisid

Allpool kirjeldatakse kolme erinevat viisi energiatarbe baastaseme määramiseks, et hinnata energiasäästu meetmete mõju.

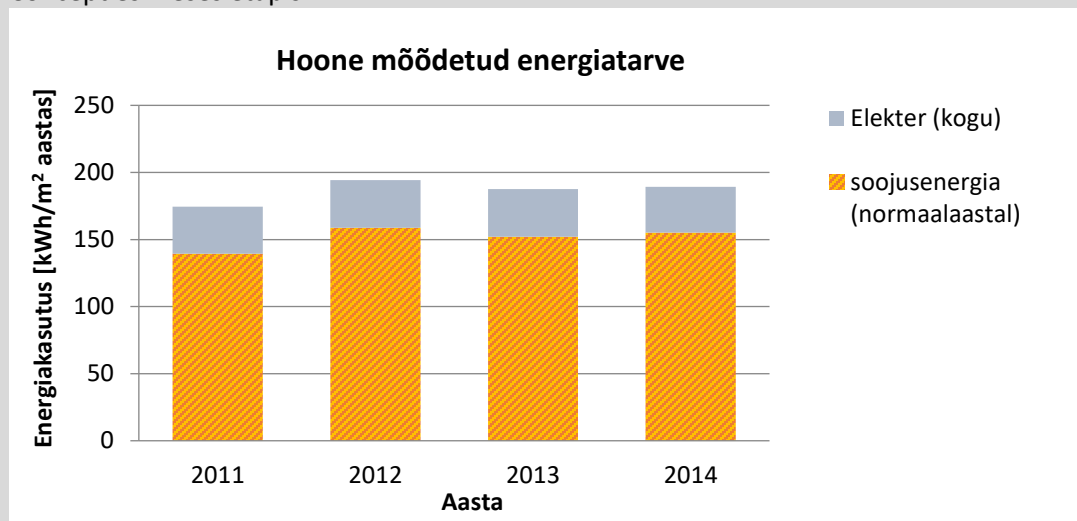
### 1) Fikseeritud baastase, mis põhineb olemasoleval energiastatistikal

Olemasoleval energiastatistikal põhinevat mõõdetud energiakasutust hoones kasutatakse baastasemena, kui hoonele ja selle funktsioonile määratud minimaalsed nõuded on täidetud ning kui hoone omadusi, funktsiooni ja kasutust pärast renoveerimist oluliselt ei muudeta. Tellija ülesanne on tagada, et need andmed oleksid energiaaudiitori jaoks olemas. Kui mingil põhjusel pole piisavalt

andmeid energiastatistika põhjal nulljoone määramiseks, peaks tellija eraldama lisaressursse, mida on vaja nende andmete hankimiseks. Soovitav on määrata baastase viimaste aastate mõõdetud keskmise energiatarbe järgi, mis on korrigeeritud normaalaasta peale (küttes).

#### Näide

1960date aastate lõpus ehitatud koolimajal, mille köetav pindala on kokku 5386 m<sup>2</sup>, viidi läbi energiaaudit energiatarbuse tõstmiseks. Sisekliima nõuded on hoonetes täidetud ja muid muutusi hoonete kasutuses või selle funktsioonis pole planeeritud. Kaugkütte ja elektri energiatarvet mõõdetakse igakuiselt ja energiastatistika andmete alusel oli hoone energia kogutarve aastatel 2011–2014 keskmiselt 186 kWh/m<sup>2</sup> aastas (soojusenergia on korrigeeritud vastavalt normaalaastale). Seda kasutatakse energiakasutuse baastasemena energiakalkulatsioonide läbiviimisel meetodi Total Concept esimeses etapis.



**Joonis 4.3.** Hoone mõõdetud energiakasutus energiastatistika kohaselt

## 2) Fikseeritud arvutuslik baastase

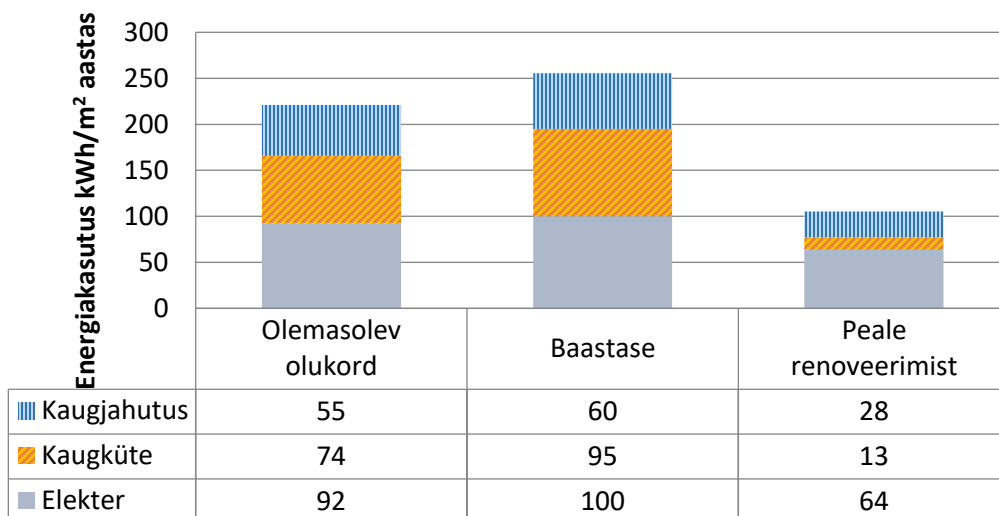
Meetodit kasutatakse siis, kui hoonele määratud minimaalsed nõuded, näiteks sisekliima nõuded, ei ole täidetud või kui hoone omadused, funktsioon ja kasutus muutuvad oluliselt pärast renoveerimist. Sellisel juhul tugineb energiatarbe baastase väljaarvutatud energiatarbel koos tulevaste uute (nõutud) tingimustega, nt uus ruumide hõivatuse tase, uued ventilatsiooni õhuvooluhulgad, muudetud ruumitemperatuurid jne ja sellel, kas tegu on olemasolevate või moderniseeritud tehnosüsteemidega. Hoone sisekliima parendamisel on energiatarbe baastase arvutuslik olukord peale minimaalselt vajalike muudatuste läbiviimist sisekliima parendamiseks.

Baastaseme võib hõlpsasti määrata järgmiselt:

- kalibreerides esmalt hoone energiasimulatsiooni mudeli renoveerimiseelsete tingimuste alusel ja lähtudes hoone mõõdetud energiakasutusest;
- teiseks kohandades hoone mudelit plaanitud või minimaalselt vajalike muudatuste järgi hoones ja selle süsteemides, mis jäävad väljapoole energiatarbuse tõstmist.

Seejärel võib analüüsida võimalike energiatarbuse tõstmise meetmete mõju. Seda on illustreeritud joonisel 4.4. Diagrammi esimene tulp tähistab energiatarvet enne renoveerimist. Energiatarve tugineb mõõdetud väärtustele ja soojusenergia on korrigeeritud normaalaasta alusel. Teine tulp tähistab uut

arvutuslikku baastaset, kus nimetatud näites on energiatarve ümber arvutatud parema sisekliima jaoks vajalike suurendatud õhuvooluhulkadega olemasoleva ventilatsioonisüsteemiga. Energiatarvet pärast energiatõhususe meetmete läbiviimist (kolmas tulp) hinnatakse uue arvutusliku baastaseme järgi. Energiatõhususe tõstmise projekti kaasatakse vaid need lisainvesteeringuskulud, mida on vaja parema energiatõhususe saavutamiseks lähtuvalt baastasemest.



**Joonis 4.4.** Näide arvutuslikust baastasemest, mis põhineb energiasimulatsioonil. Kõnealuses hoones oli sisekliima parandamiseks vaja tõsta õhuvooluhulkasid, et täita minimaalseid sisekliima nõudeid. See määras kindlaks uue baastaseme meetmete paketi säästu hindamiseks.

#### Näide

1960ndate aastate lõpus ehitatud koolimajas, mille koolitav pindala on 9472 m<sup>2</sup>, viidi läbi energiaaudit, mille tulemusel leiti, et ventilatsiooni õhuvooluhulgad klassiruumides on liiga madalad, et täita hoone sisekliima nõudeid. Selleks, et parandada kõikide klassiruumide sisekliimat, peab õhuvooluhulkasid suurendama vähemalt 25% võrra. See aga eeldab olemasoleva soojustagastuseta ventilatsioonisüsteemi ümberehitamist. *Meede 0* tähendab minimaalseid vajalikke muutusi süsteemis, mis on vajalikud sisekliima nõuete täitmiseks. Seega valiti lihtsaim ja odavaim võimalik variant sisekliima parandamiseks, ilma energiatõhususega arvestamata. *Meede 0* tähendab seda, et praegune sissepuhke- ja väljatõmbeseade asendatakse lihtsalt suurema seadmega. Samuti tuleb paigaldada uued õhukanalid uute lõppelementidega. Ventilatsioonisüsteemi ümberehitus tähendab, et kooli energiatarve tõuseb peamiselt suuremate õhuvooluhulkade tõttu (soojustagastus puudub). Arvutuslik energiatarve peale sisekliima parandamist on alljärgnev:

	Enne moderniseerimist	Pärast moderniseerimist (meede 0)
Kaugküte	126	138 kWh / (m <sup>2</sup> a)
Elekter	46	47 kWh / (m <sup>2</sup> a)

Meetodi Total Concept kohases energiatõhususe tõstmise projektis võetakse energiatarbe baastasemeks arvutuslik baastase peale sisekliima parandamist (*Meede 0*). See tähendab, et energiatõhususe tõstmise meetmeid hinnatakse sellest arvutuslikust tasemest lähtudes. Näiteks energiatõhususe tõstmise meetmena on välja pakutud soojustagasti lisamine ventilatsioonisüsteemi ja muutuva õhuhulgaga süsteemi paigaldus klassiruumidesse püsiva vooluhulgaga süsteemi asemel. Tasuvusarvutustes võetakse arvesse ainult energiatõhususe parandamisega seotud kulusid ja mitte ventilatsioonisüsteemi moderniseerimiseks vajalikku kogusummat.

### 3) Dünaamiline arvutuslik baastase

Konkreetsete energiatõhususe tõstmise meetmete läbiviimisel võib ette tulla, et riiklik ehitusseadus võib seada teatud miinimumnõuded süsteemi / hoone komponendi kvaliteeditasemele pärast rekonstrueerimist. Selline olukord tuleb ette näiteks Põhjamaades, nagu Norras ja Soomes. Ette on antud minimaalsed tingimused hoone osadele ja selle süsteemidele, mida tuleb energiatõhususe tõstmise projektis arvesse võtta. Miinimumnõuet võib sellisel juhul kasutada energiatarbe baastaseme määramiseks ja energiatõhususe tõstmise meetmeid, näiteks renoveerimist passiivhoone standarditele vastavaks, hinnatakse selle taseme alusel. Vajalikke investeeringuid minimaalse kvaliteeditaseme saavutamiseks võetakse sellisel juhul osana baastaseme saavutamisest ja mitte osana energiasäästu meetmetest. See tähendab, et baastase saab meetmete paketi väljatöötamisel olema dünaamiline, mida kohandatakse igale energiatõhususe meetmele vastavaks, võttes arvesse minimaalset nõutavat kvaliteeditaset ja jättes arvutustest välja minimaalse tasemega kaasneva energiasäästu ning ka vajaliku investeeringu.

Dünaamilise arvutusliku baastaseme arvessevõtmiseks koosneb tööprotsess järgmistest etappidest:

- 1) pange paika soovituslikud energiatõhususe meetmed;
- 2) määrake iga meetme läbiviimiseks vajalik investeeringukulu ja jaotage kulu vastavalt sellele, mida on vaja minimaalse kvaliteeditaseme saavutamiseks ja mis oleks lisakulu veel parema energiatõhususe saavutamiseks, näiteks passiivhoone standardi jaoks;
- 3) arvutage iga meetme energiasääst eraldi, teisi meetmeid arvesse võtmata;
- 4) järjestage meetmed tasuvuse järgi, et teha kindlaks kõige tasuvam meede. Selle jaoks saab kasutada arvutusprogrammi *TotalTool*;
- 5) fikseerige kõige tasuvam meede ja arvutage ümber kõik ülejäänud meetmed, eeldades et kõige tasuvam meede on esimesena läbi viidud. See seatakse uueks arvutuslikuks baastasemaks. Korrake kolmandat kuni viiendat etappi seni, kuni kõik meetmed on järjestatud ja fikseeritud. See protsess hõlmab mitut energiasimulatsiooni ja kiireks läbiviimiseks on oluline tõhusa arvutusprogrammi olemasolu. Samas on see oluline, et leida meetmete õige järjestus, kus igale meetmele on välja arvutatud täpne energiakulu vähenemine, võttes arvesse meetmete omavahelist mõju;
- 6) koostage programmi *TotalTool* abil lõplik meetmete pakett, mis täidab tervikuna hoone omaniku seatud tasuvuse nõudeid.

Kuidas astmelist energia- ja tasuvusarvutust meetodist Total Concept lähtuvalt läbi viia, on kirjeldatud detailsemalt alampeatükis „Tasuvusarvutused ja meetmete paketi koostamine“.

#### Näide

Hoone omanikul on plaanis läbi viia hoone renoveerimine hoone kvaliteedi parendamiseks ja funktsiooni tagamiseks. Vaja on renoveerida ventilatsioonisüsteem, vahetada aknad, katus ja teha fassaaditöid, kuna hoone osad on amortiseerunud. Hoone omanikul on huvi tõsta üldrenoveerimisel ka hoone energiatõhusust ning ta soovib teada saada, kas energiatõhususe tõstmine näiteks passiivhoone tasemele, mis eeldab energiatarvet alla 85 kWh/m<sup>2</sup> aastas, ennast ka ära tasub.

Auditeerimisel määratletud energiatõhususe tõstmise meetmed on järjestatud ja ära toodud allolevas tabelis. Neli meedet vastavad riikliku ehitusseaduse miinimumnõuetele (*Norra ehitusseaduse kohaselt*), mis ei ole hoone omaniku jaoks valikulised. Võtame näiteks aknad. Kui aknad tuleb vahetada, siis uute akende U-väärtus peab ehitusseaduse nõuete kohaselt olema väiksem kui



1,5 W/m<sup>2</sup>K. Vanade akende vahetamine uute akende vastu, mille U-väärtus on 1,5 W/m<sup>2</sup>K, vähendab energiatarvet 204-lt kuni 197 kWh/m<sup>2</sup>-ni aastas. See määrab uue arvutusliku baastaseme. Teise variandina võib kasutada aknaid, mille U-väärtus on 0,8 W/m<sup>2</sup>K. See vähendaks energiatarvet 188 kWh/m<sup>2</sup>-ni aastas. Säästumeetmete paketi koostamisel võetakse energiasäästu meetmena arvesse parema U-arvuga (0,8 W/m<sup>2</sup>K) akna paigaldus võrreldes minimaalselt nõutavaga (1,5 W/m<sup>2</sup>K) ning tasuvusarvutuse aluseks on kahe alternatiivi vaheline energiasääst ja investeeringu kulu.

Energiasäästu meede	Baastase kWh/m <sup>2</sup> a	Miinum kWh/m <sup>2</sup> a	Meetme Total Concept kohane projekt kWh/m <sup>2</sup> a	Järjestus
Uued aknad		197	188	1
Katuse vahetus	188	175	165	2
Uus ventilatsioonisüsteem	165	150	138	3
Uus valgustussüsteem	138	puudub	114	4
Fassaadi renoveerimine	114	104	94	5
Soojuspumba paigaldus	94	Puudub	84	6

## Energiaauditi läbiviimine

Energiaaudiitori töö üks põhilisi ülesandeid on hoones energiaauditi läbiviimine ja energiatõhususe meetmete hindamine. Selles peatükis käsitletakse neid küsimusi, mida on oluline arvesse võtta kvaliteedi vaatenurgast, kui viiakse läbi energiaauditit meetodi Total Concept rakendamisel.

Üldiselt võib hoone energiaauditeid läbi viia kolmel tasemel:

- **1. tase:** põhimõtteliselt on tegu nn „kirjutuslaua auditiga“, milles uuritakse ja töötatakse läbi olemasolev hoone kohta käiv dokumentatsioon ja informatsioon. Samuti võidakse läbi viia hoone külastus esmase visuaalse ülevaate tegemiseks;
- **2. tase:** lisaks 1. taseme auditile hõlmab see ka kohapealset põhjalikku hoone ja selle tehnosüsteemide ülevaatus Enamasti tehakse ainult lihtsaid kiireid mõõtmisi, kui neid vajalikuks peetakse;
- **3. tase:** see hõlmab 2. tasandi auditiga võrreldes mõnevõrra põhjalikumat hoone analüüsi, näiteks tehakse täpsemaid mõõtmisi olemasolevate hoone süsteemide hindamiseks ja kogutakse vajalik informatsioon energiasimulatsioonide teostamiseks ja investeerimiskulude arvestusteks.

Meetodi Total Concept Etapp 1 eeldab 3. taseme auditit.

### Kohapealse energiaauditi läbiviimine

Enne kohapealse praktilise ülevaate toiminguid tuleks teatud ulatuses teostada olemasolevatel materjalidel põhinev nn „kirjutuslaua audit“. See annab audiitorile võimaluse saada esimene ettekujutus hoonest ning arusaamine selle toimimisest ja tehnilistest süsteemidest. Tuginedes dokumenteeritud andmetele ja olemasolevale informatsioonile, võib koostada kontrollnimekirja, kus on olulised küsimused, mida tuleb objekti külastuste ajal kontrollida ja üksikasjalikult analüüsida. Samuti saab ette valmistada küsimused, mida esitada olulistele hoonega seotud võtmeisikutele. Eeltöö abil on võimalik anda ka esialgne hinnang soovituslikele energiatõhususe tõstmise meetmetele.

Tõhusa ja eduka kohapealse energiaauditi läbiviimiseks on soovitatav lähtuda alljärgnevast:

- tehke eelnev plaan kohapealse auditeerimise läbiviimiseks. Auditi toimingute üksikasjalik ettevalmistamine ja hoolikas plaanimine aitab kokku hoida aega ja vähendada objekti külastuste arvu;
- auditi läbiviimisel tehke koostööd hoone halduri ja hoone tehnilise personaliga (hooldusmeeskonnaga). Hoone tehnilisel personalil on tavaliselt hea ülevaade hoone ja selle süsteemide praegusest seisukorrast ning nad saavad jagada hoone kohta vajalikku informatsiooni. Tavaliselt saavad nad ka abiks olla kohapealse ülevaatuse ajal, kuna neil on juurdepääs tehnilistele ruumidele. Lisas 4 on ära toodud näited kasulikest küsimustest, mida võib esitada hoone haldurile, hooldusmeeskonnale ja vajaduse korral ka hoone kasutajatele;
- hoone inspekteerimisel lähtuge hoonest kui ühest tervikust. Hoone tehnilistele süsteemidele esitatavad nõuded ja tingimused tulenevad hoone funktsioonist ja kasutusest. Soovitatav on lähtuda auditeerimisel strateegiast „Nõudlus-jaotus-tootmine“, millest on lähemalt juttu järgmises alajaotuses;
- kasutage hoone automaatikasüsteemi. Kui hoonel on keskne automaatikasüsteem (BMS), siis kontrollige kontrollarvutist süsteemide töö juhtimise ja reguleerimise seadeparameetreid ja tööaegasid (kui väljaspool objekti ei ole võimalik saada juurdepääsu automaatikasüsteemile);
- dokumenteerige üksikasjalikult, soovitatavalt lisage juurde kohapeal tehtud fotod;
- planeerige ette, milliseid sisendandmeid on vaja hoone energiasimulatsioonide tegemiseks töö järgmises etapis ja milliseid andmeid on vaja hoonel kohapeal koguda/kontrollida. Teostage vajaduse korral lisamõõtmisi;
- koostage nimekiri kõikvõimalikest energiasäästu meetmetest. Lisage nimekirja mitte ainult ilmselgelt tasuvad meetmed, vaid ka need meetmed, mis esialgu võivad tunduda majanduslikus mõttes kahtlased. Neid võib olla võimalik lisada meetmete paketti, mis on tervikuna tasuv;
- uurige ja kontrollige platsil olles, kas ja kuidas on soovituslikke meetmeid võimalik praktiliselt teostada:
  - *Kas esineb arhitektuurilisi piiranguid?*
  - *Kas uute süsteemide/seadmete jaoks on piisavalt ruumi?*
  - *Kuidas mõjutavad meetmed teisi hoone tehnosüsteeme?*
  - *Kuidas mõjutab meetmete rakendamine hoone kasutust ja funktsiooni?*
  - *Kui ulatuslikku renoveerimis-/ümberehitustööd on vaja meetme läbiviimiseks?*
- hinnake tegureid, mis mõjutavad konkreetse meetme maksumust.

## Auditeerimise strateegia

Energiaaudiitori eesmärk on saada selge ja ülevaatlik pilt hoonest ning selle süsteemidest ja samas tuvastada ning uurida olulisi detaile. Selle võimalus on suurem, kui hoone erinevaid süsteeme analüüsides järgitakse strateegiat „Nõudlus-jaotus-tootmine“<sup>2</sup>. Selle strateegia kohaselt on põhiline

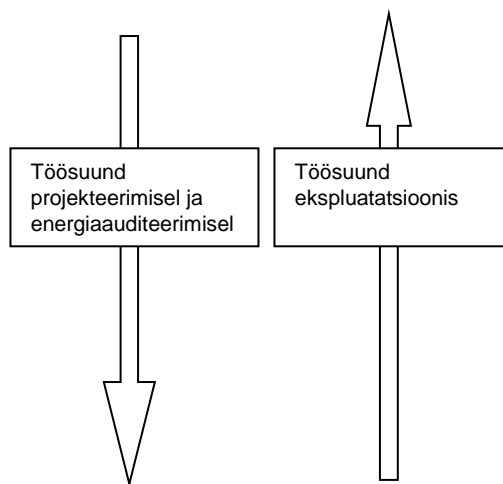
---

<sup>2</sup> **Tootmine** tähendab töötlust/tootmist hoone kesketes seadmetes/energiavarustussüsteemides.

küsimus hoone ja selle süsteemide auditeerimisel järgmine: millised on vajadused / nõuded ja kuidas neid täidetakse?

Analüüs põhineb kolmel olulisel astmel, sisaldades alljärgnevat:

- Nõudlus (mida rahuldada);
  - Milline on vajalik kvaliteet?
  - Milline on vajalik kogus/maht?
  - Mis ajahetkel nõudlus esineb?
- (Läbi) jaotuse;
  - Kas nõudlus – kvaliteedile/kogusele/ajale – erineb hoone erinevates osades?
  - Kas jaotus on tõhus?
- Tootmine (saavutamine);
  - Kas see kohandub nõudmistega?
  - Kas tootmine on tõhus?



*Nõudluse* määravad tavaliselt sisekliima nõuded hoone erinevates osades. Analüüsi tehes uuritakse näiteks, kas ventilatsiooni õhuvooluhulgad, küttevõimsus ja jahutusvõimsus on õiged – mitte liiga madalad, nii et ei vastata nõuetele, ega mitte liiga kõrged hoone energiatarbe seisukohast. Mis puudutab valgustust (valgusallikad, valgustid), siis on oluline, et valgustuse kvaliteet vastaks nõudlusele, samas kui elektritarve oleks võimalikult madal.

*Jaotust analüüsid* uuritakse, kas näiteks õhuvooluhulkasid, kütte- ja jahutusvedelike pealevoolu viiakse ja jaotatakse erinevate ruumide vahel vastavalt nõudlusele. Kas nõudlus (kvaliteet/kogus/ajahetk) erineb hoone eri osades? Võib näiteks juhtuda, et teatud hoone osades on vaja kütet ja samas mujal vajatakse jahutust. Kas jaotust teostatakse tõhusalt? Kontrollida tuleks vooluhulkade ja temperatuuride jaotuse reguleerimist, õhuklappide- ja ventiilide funktsiooni ja seadeid, õhukanalite ja veejaotussüsteemi torude isolatsiooni, pumpade ja ventilaatorite töö efektiivsust jne.

*Tootlust analüüsid* uuritakse hoone kesksete seadmete ja energiavarustussüsteemide tõhusust. See võib hõlmata näiteks seda, kuidas toimub õhu töötlemine ventagregaadis või konkreetse temperatuuriga jahutus- ja soojuskandja tootmine. Analüüsitakse, kas tootmine ja seadmete töö toimub tõhusalt.

**Näide strateegia „Nõudlus-jaotus-tootmine“ kasutamisest ventilatsioonisüsteemi auditeerimisel****Nõudlust analüüsid**

- Kvaliteet: kas õhu sissepuhe ruumis on õige temperatuuri, puhtuse ja niiskuse sisaldusega<sup>3</sup>, et nõuetele vastata?
  - *Soovitavad meetmed:* sissepuhketemperatuuri kohandamine, sissepuhkeõhu kvaliteedi parandamine, niisutuse/niiskuse eemaldamise protsessi tõhustamine.
- Kogus: kas õhuvooluhulgad on piisavad, et vastata nõuetele?
  - *Soovitavad meetmed:* õhuvooluhulkade muutmine ja kohandamine vastavalt vajadusele (nt nõudluspõhiselt reguleeritava ventilatsiooniga).
- Ajahetk: kas õige kvaliteedi ja kogusega õhuvooluhulk antakse ruumi õigel ajahetkel? Milline on nõudluse muutus ajas, näiteks ruumide hõivatuse aeg, suvel/talvel jne.
  - *Soovitavad meetmed:* ventilatsiooni tööaegade kohandamine.

**Jaotust analüüsid**

- Kas nõuded ventilatsiooniõhu kvaliteedi, koguse ja ajahetke osas on erinevad hoone eri osades?
  - *Soovitavad meetmed:* süsteemi osade sektsioneerimine õhu vooluhulkade reguleerimiseks; nõudluspõhiselt reguleeritava ventilatsioonisüsteemi paigaldus; õhu järeltötluse paigaldamine süsteemi osadele nt kütte/jahutuskalorifeeridega ning lisafiltriteta; õhukanalite isoleerimine jne.
- Kas jaotus on energiatõhus? Kui suured on rõhukaod süsteemis? Mis on ventilaatorite kasutegur?
  - *Soovitavad meetmed:* lõppelemente ja reguleerklappide kontroll rõhulangude vähendamiseks; energiatõhusamate ventilaatorite paigaldus; sagedusmuundurite paigaldus ventilaatoritele jne.

**Tootmist analüüsid**

- Kuidas toimub õhu töötlemine keskses ventilatsiooniagregaadis lähtudes vajadustest: temperatuur, puhtus, õhuvooluhulgad, käitusajad?
  - *Soovitav meede:* seadistusparameetrite kohandamine, süsteemiosade puhastamine, filtrite vahetus jne.
- Kas ventilatsiooniagregaadi töö on energiatõhus? Kas on olemas soojustagastus?
  - *Soovitav meede:* soojusvaheti paigaldus või vahetus parema vastu, kui võimalik.

**Kohapealsed mõõtmised**

Auditeerimise ajal võib ette tulla, et osa vajalikust informatsioonist saab koguda ainult kohapealsete mõõtmistega. Võib juhtuda näiteks, et hoone energiatarbe kohta käiv informatsioon on puudulik või vaja oleks üksikasjalikumat teavet mõne suurema energiatarbija kohta, näiteks jahutusmasinad või restorani/toitlustusettevõtte köögid. Sellisel juhul võib olla mõistlik teostada eraldi elektritarbe mõõtmisi lühema perioodi kohta. Lisaks on sageli vaja auditeerimisel teostada kohapealseid sisekliima mõõtmisi, et kinnitada nõuetele vastavust või teha kindlaks võimalikke meetmeid.

<sup>3</sup> Nõutav vaid teatud mitte-eluhoonetes, näiteks muuseumites või haiglates.

Näiteid mõõtmistest, mida hoone ja süsteemide analüüsimisel võib vaja minna:

- ruumi õhutemperatuurid;
- õhu sissepuhketemperatuur ventilatsiooniseadmetes ja lõppelementides;
- pealevoolu- ja tagasivoolu temperatuurid (jahutus- ja kütteseadmed jne);
- vooluhulgad (ventilatsioon, jahutus-/ ja küttesüsteem);
- survelangus ventilatsiooniagregaadi osades;
- ventilatsiooni soojustagasti tõhusus<sup>4</sup>;
- seadmete elektrivõimsus (jahutusmasinad, ventilaatorid jne);
- hoone kogu tarbitav elektrivõimsus;
- jne.

Vajaminevad lisamõõtmised määratakse tavaliselt lähteandmete kogumisel ja analüüsil ning esimese objekti külastuse põhjal. Kuna mõõtmiste läbiviimine võib olla kulukas protsess, siis selleks, et see oleks võimalikult efektiivne ja tulemused kasutuskõlblikud, on oluline töö hoolikas etteplaneerimine. Esitada tuleks järgmisi küsimusi:

- Mida tuleb mõõta? Miks?
- Kuidas mõõtmisi läbi viia?
  - *Kas teha kohapealsed momentaanmõõtmised või andmete registreerimine pikemaajaliselt, nt mitme päeva jooksul?*
  - *Millist instrumenti on mõõtmiseks vaja?*
  - *Milline on andmekogumissüsteem, kuidas mõõtmistulemusi salvestada?*
- Kas olemasolevaid andureid ja automaatikasüsteemi on võimalik kasutada mõõtmisteks?
- Kuidas andmeid hiljem töödeldakse ja tulemusi esitatakse? Kes seda teeb?
- Kui kaua läheb aega mõõtmiste läbiviimiseks ja tulemuste saamiseks?
- Kui palju mõõtmised maksma lähevad? Kas eelarve katab selle kulu?

## Energiasäästu meetmete hindamine

### Süsteemipiirid

Kui plaanitakse hoone energiatõhusust tõsta, siis on äärmiselt oluline otsustada kohe alguses, millised süsteemipiirid kehtivad. Süsteemipiirid panevad paika millise energiakasutusega arvestatakse energiatõhususe tõstmisel. Kui projekti eesmärk on vähendada ostetava energia kogust, siis peaks analüüs hõlmama ka energiavarustusseadmeid, näiteks jahutusseadet, boilereid ja soojuspumpasid. Kui aga eesmärgiks on vähendada hoone enda energiavajadust, st netoenergiavajadust, siis võib need seadmed kõrvale jätta. Piiride valimise viis pole oluline, tähtis on teha kaalutletud valik. Süsteemipiiride valik tuleb alati teha koos tellijaga.

Varasemad energiatõhususe tõstmise projektid meetodi Total Concept kohaselt, mida BELOK grupi kinnisvaraomanikud Rootsis on läbi viinud, on keskendunud enamasti hoone kütte-, jahutus- ja

---

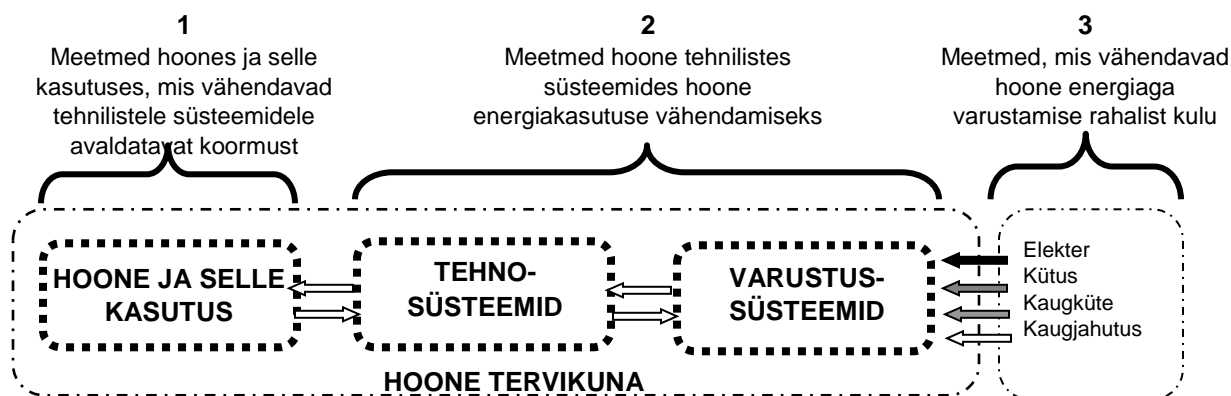
<sup>4</sup> Soojusvaheti temperatuuri suhtarvu tuleb mõõta olukorras, kui see töötab maksimaalse võimsusega, st kui välisõhu temperatuur on nii madal, et on vaja sissepuhke õhku soojendada järelkalorifeeriga. Võimalik on ka läbi viia mõõtmised kõrgemate välisõhu temperatuuridega, tõstes sissepuhkeõhu temperatuuri kuni järelkalorifeer sisse lülitub.

elektrienergia vajaduse vähendamisele, tõhustades sealhulgas hoone piirdetarindeid ja hoone tehnosüsteeme, kuid jättes enamasti välja energiavarustussüsteemid.

Loomulikult on võimalik valida ka süsteemipiiri, mis tähendab, et terve hoone on kaasatud. Selle süsteemipiiri valimine tähendaks sellisel juhul, et keskendutakse „ostetud energiale“ ja kaasatakse ka meetmeid energiavarustussüsteemides, nagu näiteks õlikütte või elektriboilerite vahetamine soojuspumba vastu.

Kokkuvõtvalt võib energiatõhususe tõstmise meetmeid hoones jaotada kolme rühma vastavalt hoone energiatarbele ja selle kulule avaldatavale mõjule (vt joonis 4.5):

1. meetmed hoone osades ja selle kasutuses, mis vähendavad tehnilistele süsteemidele avaldatavat koormust ja sellega hoone energiavajadust;
2. meetmeid, mis puudutavad otseselt hoone tehnilisi süsteeme, ja mis läbi energiaefektiivsuse tõstmise vähendavad nende energiatarvet;
3. meetmed, mis vähendavad hoone energiaga varustamise rahalist kulu.



**Joonis 4.5.** Energiatõhususe tõstmise meetmete jaotus vastavalt hoone energiatarbele ja selle kulule avaldatavale mõjule

## Meetmete hindamine

Mitmetes olemasolevates mitte-eluhoonetes on suhteliselt lihtne kindlaks teha meetmeid, millel on kõrge säästupotentsiaal ja mis ei vaja suuri investeeringuid. Sageli on küsimus olemasolevate tehniliste süsteemide töö optimeerimises. Teistes hoonetes – eriti nendes, kus juba on madal energiatarve – võib olla aga keerulisem leida energiasäästu meetmeid, mis oleksid ka majanduslikult tasuvad, kuid tihti mõned siiski leitakse.

Mitte-eluhoonetes hõlmavad energiasäästu meetmed peamiselt tehnilisi süsteeme, näiteks valgustuse, ventilatsiooni-, kütte- ja jahutussüsteeme. Energia kokkuhoiu saavutamiseks on tihti oluline ka meetmete rakendamine hoone automaatikasüsteemis.

Hoone välispiiretel ja konstruktsioonil on oluline tähtsus hoone energiakasutusse kohe algusest peale, kui hoonet planeeritakse ja ehitatakse. Juba olemasolevas hoones on aga tihti keerulisem leida hoone välispiiretega seotud energiasäästumeetmeid, mis ei oleks liiga kulukad. Meetod Total Concept annab aga võimaluse kaasata energiatõhususe projekti ka ehituskonstruktsioonilisi meetmeid. Tuvastatud

tasuvad meetmed, nt hoone tehnosüsteemides, aitavad toetada vähemkasulikke meetmeid, kui meetmeid teostatakse tervikuna tasuva meetmete paketina.

Hoone auditeerimisel meetodi Total Concept esimeses etapis on eesmärk tuvastada kõikvõimalikud energiatõhususe tõstmise meetmed, millel võib olla mõistlik energiasäästu potentsiaal ning mitte keskenduda ainult nendele, mis on tõenäoselt majanduslikult tasuvad. Oluline on vaadelda hoonet kui tervikut. Meetmete leidmise edukus suureneb, kui suudate „mõelda kastist väljaspool“ ja lähtute analüüsil alljärgnevast:

- Küsides olemasolevaid lahendusi uurides võimalikult sageli „Miks?“;
- Olemasolevaid tehnosüsteeme saab tihti paremini seadistada (lühiajaline lähenemine). Alternatiivselt võib leida ka uue energiatõhusama lahenduse, heites vanad lahendused kõrvale (pikaajaline lähenemine);
- Hoone külastused väljaspool tööaega võivad sageli aidata näha ebavajalikku energiakasutust;
- Plaanilisi hoone hooldusmeetmeid saab tihti kombineerida energiatõhususe tõstmise meetmetega.

Lisas 5 on toodud kontrollnimekiri küsimuste kohta, mida hoone välispiirete ja tehniliste süsteemide auditeerimisel analüüsida ning soovitusi tavalisemate energiatõhususe tõstmise meetmete kohta hoonetes ja selle erinevates tehnilistes süsteemides. Mõnikord võib suur kasu olla ka erialaspetsialistide kaasamisest, kes võivad detailsemat nõu anda erinevate süsteemide kohta, näiteks valgustuslahendused, jahutussüsteemid, automaatikasüsteemid, suurtöökoade seadmed jne.

Oluline on, et esimese etapi tulemuste raportit saaks kasutada teise etapi alusena, kui võetakse ette projekteerimis- ja ehitustööd. Sellepärast tuleb igat säästupaketti kuuluvat meetet kirjeldada piisava täpsusega.

### **Võimsustarbe vähendamine**

Energiatõhususe tõstmine tähendab sageli energiatarbe vähendamist, kuid hoone võimsustarbe vähendamine võib olla sama oluline, kuna tihti tuleb hoone omanikel maksta ka tarbitud võimsuse eest, nt Põhjamaades.

Tippvõimsuse vähendamine nii soojusenergia kui ka elektrienergia puhul võib pakkuda märkimisväärset kulude kokkuhoidu. Seega on oluline arvestada ka võimsusvajaduse vähendamise viisidega. Hea oleks analüüsida, milline on võimsuse baasvajadus hoonetes ning võimsusvajaduse sõltuvus erinevatest kellaaegadest, näiteks ventilatsiooniseadmete, valgustuse, masinate jms sisselülitamisel.

Võimsusvajaduse vähendamine eeldab tihti mõõtmiste läbiviimist olemasolevate masinate/aparaatide võimsusvajaduse kaardistamiseks. Mõõtmised, mis viiakse läbi ühe kuni kahe nädala jooksul, näitavad, kuidas masinaid/aparaate kasutatakse ja kuidas neid juhitakse ja reguleeritakse. Sealt saab juba edasi minna võimalike lahenduste leidmiseni tippvõimsuskoormuste vähendamiseks. Sageli on tippvõimsusvajadust võimalik vähendada tehnosüsteemide töö seadistuste muutmisega hoone automaatikasüsteemis, näiteks vältides samaaegset ventilatsiooniseadmete, valgustuse, masinate jms sisselülitamist.

## Investeeringukulude hindamine

### Üldised põhimõtted

Iga energiatõhususe tõstmise meetme maksumus tuleb esmalt välja arvestada eraldi. Samas tuleb meetmete paketi kokkupanekul arvesse võtta seda, kuidas mõjutab meetmete samaaegne läbiviimine ühtse paketina nende maksumust. Kui näiteks meetmeid rakendatakse koos, võivad mitmed ehitustöödega seotud kulud ja ka projekteerimiskulud olla madalamad.

Iga meetme maksumuse hindamisel tuleks muu hulgas arvesse võtta järgmisi kuluartikleid:

- o olemasoleva seadme / hoone osa demonteerimiskulud;
- o konkreetse toote või süsteemi otsene maksumus;
- o tööjõukulud, paigaldamiskulud;
- o lisaehituskulud, näiteks aukude puurimine, tuletõkete paigaldamine, ripplagede vahetamine ja vundamenditööde tegemine jne;
- o kaablid ja elektriühendused;
- o ühendamine automaatikasüsteemiga;
- o süsteemi tasakaalustamise maksumus;

Soovitav on meetmete investeeringute hindamisel arvesse võtta ka 3. etapi järelmonitooringuks vajalikud lisakulud, nagu näiteks lisamõõtmisseadmete ja andmete kogumise süsteemi paigaldust.

Investeeringukulude hindamiseks on erinevaid võimalusi, kasutades näiteks firmasisest või palgatud eelarvestajat, kättesaadavaid kuluarvestusallikaid (näiteks Rootsisis „Sektionsfakta“), hinnapakkumisi tehnoloogiaettevõtetelt/ehitajatelt jne.

Alati otsustab tellija, millised on tasuvusarvestuse algtingimused, sealhulgas investeeringukulude hindamise algtingimused. Muu hulgas peab tellija otsustama, kas ka projekteerimiskulud või tellija endapoolsed projektijuhtimise kulud tuleb kaasata investeeringukulude arvestusse, ning millistel põhimõtetel meetmete kulud jaotatakse (nt milline osa on süsteemi vahetusel hoolduskuludel ja milline osa energiatõhususe tõstmisel). Etapp 1 tulemuste raport peab selgelt välja tooma, millised kulud on meetme maksumusse kaasatud.

Tellijal peaks olema ka teadlik, et ehitusprojekti varases staadiumis tehtud investeeringukulude arvestused on teatud määral ebatäpsed. Meetodi Total Concept Etapp 1 vastab eelprojekti tasemele ehitusprotsessis, milles pannakse paika plaanitavate meetmete lähtetingimused ja esitatavad nõuded ning viiakse läbi meetmete mõjude hindamine. Alles järgmises, teises etapis, viiakse läbi meetmete üksikasjalik projekteerimine, mille põhjal saab ehitaja teha oma hinnapakkumise. Alles siis, kui seadmed on ostetud ja lepingud on tegelikult sõlmitud, on võimalik teada kulude tegelikku suurust.

### Investeeringukulude baastaseme määramine

Pole just ebatavaline, et kinnisvaraettevõtte/tellijal teostab energiatõhususe tõstmise meetmed koos hoone üldise renoveerimisega, nt hoone kvaliteedi ja funktsiooni parendamiseks. Säästumeetmete hindamisel meetodist Total Concept lähtuvalt tuleks kaasata ainult otseselt energiatõhususe parandamisega seotud investeeringukulud. Seda defineeritakse siinkohal meetme *energiasäästu investeeringukuluna*. Põhimõtteliselt tuleks arvesse võtta ainult lisakulud, mis ületavad baastaseme.



Investeeringukulude baastaseme määramise ja meetmete kulude jaotuse põhimõtted otsustab alati tellija ning see tuleb tellijaga eelnevalt kokku leppida. Tellija peaks ära määrama, kui suur osa kogu investeeringukulust tuleks vajaduse korral arvestada hoolduskuluna ja milline osa energiasäästukuluna.

Üldiselt kehtivad kulude jaotamise puhul järgmised soovitusel:

**1) kui meede viiakse ellu ainult energia säästmiseks**, siis tuleks energiasäästu investeeringukuludesse kaasata kogu meetme läbiviimiseks vajalik investeeringukulu. Sel juhul on investeeringu motiiviks ainult energiatõhususe tõstmine ning seega tuleks kogu kulu kaasata energiasäästu meetmete paketti.

**2) kui meede on osa hoone ja selle süsteemide moderniseerimisest, et vastata minimaalsetele nõuetele**, siis tuleks arvesse võtta ainult lisakulud, mis ületavad baastaseme. Kui näiteks hoone sisekliima ei vasta minimaalsetele nõuetele, siis tuleb kõigepealt moderniseerida hoone tehnilised süsteemid. Energiatarbe uus arvutuslik baastase arvutatakse välja tulevikus kehtivate (kohustuslike) uute tingimuste põhjal. Baastasemele vastava maksumuse hinnang tugineb minimaalsele investeeringule, mida on vaja süsteemide kaasajastamiseks, et täita sisekliima nõudeid ning seda investeeringukulu ei peeta osaks energiatõhususe tõstmise meetmete paketist meetodis Total Concept. Energiatõhususe tõstmise projekti kaasatakse vaid need lisainvesteeringukulud, mida on vaja parema energiatõhususe saavutamiseks lähtuvalt baastasemest.

**3) kui meede on osa hoone ja selle süsteemide moderniseerimisest hoone hooldusega seotud põhjustel ja/või üürnikega seotud kohandustena**, siis tuleks investeeringukulud jagada. Kui meetet teostatakse ka hoone hooldusega seotud põhjustel (nt katkiste akende vahetus), ei saa meetme kogu investeeringukulu arvesse võtta kui energiasäästu investeeringukulu. Maksumuse jagamine hoone hooldusinvesteeringu ja energiasäästu investeeringu vahel tuleb tellijaga kokku leppida, sest tal võivad olla hooldusmeetmete läbiviimiseks täpsemad plaanid ja eraldi eelarve.

**4) kui meetme läbiviimisel tuleb arvestada ehitusseadustiku miinimumnõuetega süsteemi/hoone komponendi kvaliteeditasemele**, siis võetakse vajalikke investeeringuid minimaalse kvaliteeditaseme saavutamiseks sellisel juhul osana baastaseme saavutamisest ja mitte osana energiasäästu meetmetest. Selline olukord tuleb ette näiteks Põhjamaades, nagu Norras ja Soomes. Miinimumnõuet võib sellisel juhul kasutada energiatarbe baastaseme määramiseks ja muid energiatõhususe tõstmise meetmeid, näiteks renoveerimist passiivhoone standarditele vastavaks, hinnatakse vastavalt sellele tasemele, st kasutatakse dünaamilist arvutuslikku baastaset (vt peatükki „Energiatarbe baastaseme määramine“).

#### Näide

- Kui hoone aknaid tahetakse välja vahetada nende kehva seisukorra pärast või ebarahuldava sisekliima tõttu talvisel ajal, siis meetodi Total Concept energiasäästu investeeringukulude arvutustesse tuleks kaasata ainult energiatõhusama akna valikuga kaasnevad lisakulud võrreldes tavapärase aknaga. Ülejäänud kulud tuleks arvestada hoone hoolduskuludesse.
- Kui on vaja asendada olemasolev ventilatsioonisüsteem hoone sisekliima parandamiseks, siis meetodi Total Concept investeeringukulude arvutustesse lähevad arvesse ainult lisakulud, mis tehti märkimisväärselt kõrgema energiatõhususe saavutamiseks.
- Kui soovituslikuks meetmeks on keldriseinte lisasoojustamine ning samal ajal plaanitakse parandada hoonet ümbritsevat drenaažisüsteemi, siis selle kogukulu tuleks jagada vastavalt hoolduskulude ja energiatõhususe tõstmise projekti kulude vahel. Näiteks kaevamistöõde kulud võiksid kuuluda hoolduskulude juurde ja lisasoojustuse materjalikulu ja vajaminev tööjõud kuuluda energiatõhususe tõstmise projekti juurde.

## Energiaarvutuste läbiviimine

Energiaarvutused on meetodi Total Concept ülioluline osa. Selleks, et tellijal oleks võimalik praktiliselt otsustada, kas teostada sageli üpris kulukas energiatõhususe tõstmise projekt, on üks põhilisi eeldusi see, et andmed, millele otsus tugineb, on usaldusväärsed. Peamiselt puudutab see energiasäästu arvutusi.

Energiaarvutused aitavad kindlaks teha, milline on energijaotus erinevate lõpptarbijate vahel hoones ja kus oleks võimalik energiat kokku hoida. Energiaarvutusi on samuti vaja selleks, et arvutada soovituslike energiatõhususe tõstmise meetmete energiasäästu ja hinnata aastast käituskulude kokkuhoidu.

Energiatõhususe tõstmise meetmed võib jagada kahte peamisesse kategooriasse vastavalt sellele, kuidas need mõjutavad teisi süsteeme:

- meetmed, mille energiasääst on seotud ainult meedet puudutava süsteemiga ja ei mõjuta teisi süsteeme. Näiteks soojusvaheti lisamine ventilatsioonisüsteemile või ventilaatorite vahetus, mis mõjutab ainult kütte- ja elektrienergiavajadust ventilatsioonisüsteemis.
- meetmed, mille energiasääst on seotud lisaks konkreetset meedet puudutava süsteemiga ka kaudselt teiste süsteemidega. Näiteks valgustite paigaldamine, mis vähendab otseselt elektrienergia vajadust valgustusele, kuid mõjutab ka hoone jahutus- ja küttesüsteemi seoses valgustuselt tuleneva vabasoojuse vähenemisega.

Nende meetmete energiasäästu, mis kuuluvad ülalpool toodud esimesse kategooriasse, on võrdlemisi lihte arvutada ja tihti pole selleks vaja isegi keerulisi arvutusprogramme. Et analüüsida aga nende meetmete mõju, mis kuuluvad teise kategooriasse, on enamasti vaja teostada üksikasjalikumaid energiasimulatsioone, kasutades selleks spetsiaalset tarkvara.

Samuti on detailsemaid energiasimulatsioone vaja selleks, et hinnata meetmete omavahelist mõju, kuna meetmeid rakendatakse meetodis Total Concept ühtse tasuva paketina. Näiteks on energiasääst, mis saavutatakse ruumiõhu temperatuuri langetamisel kütteperioodil +23 kraadilt +22 kraadini, mõnevõrra väiksem, kui samaaegselt viiakse läbi ka hoone piirdetarindite soojustamine. Kui vähendatakse keskmist õhuvooluhulka ventilatsioonisüsteemis, nt muutuva õhuvooluhulgaga süsteemi paigaldamisel, siis on kokkuhoid väiksem, kui samaaegselt vahetatakse ka ventilaatoreid energiatõhusamate vastu.

## Energiaarvutusprogrammid

Hoone energiavajaduse arvutamine on küllaltki keerukas protsess. Selleks, et arvesse võtta hoone tarindi soojust salvestavad omadused ja nende mõju hoone sisekliimale ning soojus- ja jahutusvajadusele on enamasti vaja kasutada spetsiaalset tarkvara. Kasutatav simulatsioonitarkvara peab suutma arvutada terve hoone energiatasakaalu ja võimaldama hinnata erinevate hoone tehnosüsteemide aastast energiatarvet. Samuti on hädavajalik, et programm on mõeldud mitte-eluhoonete arvutamiseks, nt on võimalik arvutustes hõlmata erinevat tüüpi tehnilisi süsteeme. Hoone energiasimulatsioonideks kasutatav programm peab olema valideeritud ja kasutaja, kes viib läbi kalkulasioone, peab mõistma, kuidas kalkulasioonimudel seostub kõnealuse hoonega.

Üldiselt kasutuses olevad programmid on erineva detailsusega nii sisendandmete valikus kui ka tulemuste esituses. Programmid, mida on kerge kasutada, ei pööra sama palju tähelepanu tehnilistele detailide ja hoone sisekliima analüüsile, kui seda näiteks teevad detailsemad programmid. Energiasäästu

tehniliste lahenduste ja meetmete mõju arvutamiseks eelprojekti tasemel, nagu seda on Etapp 1 meetodis Total Concept, annavad nii vähemdetailised kui ka väga detailised programmid enamasti sama tulemuse. Detailsemas projekteerimise etapis pakuvad detailsemad programmid rohkem võimalusi täpsemateks üksikasjalikeks analüüsideks. Oluline on rõhutada seda, et tavaliselt ei olene simulatsiooni tulemuse usaldusväärsus mitte programmi detailsusest, vaid sisendi valikust ja kasutaja võimest siduda simulatsioon tegelikkusega.

Programmi valikul tuleks kindlasti arvesse võtta seda, et energiatõhususe tõstmise meetmete mõju hindamiseks eelprojekti staadiumis võib vaja minna mitmeid arvutusi või simulatsioone. See võib olla aga suhteliselt töömahukas ja soovitatav on seega valida programm, mis võimaldab seda teha võimalikult mõistliku ajalise ressurssiga.

Ette võib tulla ka olukordi, kus meetme energiasäästu arvutamine ei ole nii lihtne üldkasutatava simulatsioonitarkvaraga ja vaja võib minna eriarvutusprogramme ja/või kogemustele tuginevate võrdlusandmete kasutamist. Muu hulgas puudutab see

- meetmeid, mis mõjutavad hoone energiavarustussüsteeme, nagu katlad, soojuspumbad, jahutusmasinaid;
- meetmeid, mis mõjutavad hoone automaatikasüsteemi (BMS);
- meetmeid, mis mõjutavad suruõhusüsteeme;
- meetmeid, mis vähendavad infiltratsiooni;
- nõudluspõhiselt reguleeritavat ventilatsiooni (Demand Controlled Ventilation, DCV);
- niisutamise ja niiskuse eemaldamise protsesse (nt muuseumid, laborid, haiglad).

## Hoone energiasimulatsioonid

Hoone energiasimulatsioonidega luuakse energiasimulatsiooni tarkvara abil olemasolevale hoonele arvutusmudel. Hoone mudel luuakse vastavalt hoone olemasolevale ülesehitusele, selle praegustele käitusandmetele ja hoone kasutusele. Energiaarvutuste sisendandmed tuginevad hoone lähteandmete kogumisel ja auditeerimise käigus saadud andmetele ja dokumentidele. Näiteks on oluliseks sisendandmete allikaks olemasolevad teostusjoonised.

Simulatsioonimudel peab võimalikult suures ulatuses vastama tegelikule hoonele ja selle käitusele. Arvutusmudel kalibreeritakse hoone tegelikust energiatarbest lähtudes. Seega on energiasimulatsioonide edukaks läbiviimiseks oluline sisendandmete täpsus. Kui kalkulatsioonid ja hoone energiasatistikal põhinev energiatarve erinevad märkimisväärselt, tuleb sisendandmed üle kontrollida ja võimaluse korral andmeid korrigeerida. Kõrvalekalded võivad tekkida näiteks seetõttu, et mõned oletatud sisendandmetest olid valed võrreldes hoone tegeliku kasutuse ja sisekliima tingimustega. Vajaduse korral tuleb teostada lisamõõtmisi andmete korrigeerimiseks.

Arvutuste tulemust loetakse rahuldavaks, kui kõrvalekalle mõõdetud energiakasutusest ei erine rohkem kui  $\pm 10\%$ . Kui kõrvalekalded vähendatakse vastuvõetavale tasemele, võib pidada hoone arvutusmudelit kalibreerituks tegelikest tingimustest lähtudes ja sobilikuks erinevate energiatõhususe tõstmise meetmete mõju uurimiseks hoones.

## Peamised sammud hoone arvutusmodeli koostamisel

Konkreetses hoone kalibreeritud mudeli koostamine hõlmab erinevaid samme, mille juures on soovitatav pöörata tähelepanu alljärgnevale:

### 1) sisendandmete dokumenteerimine

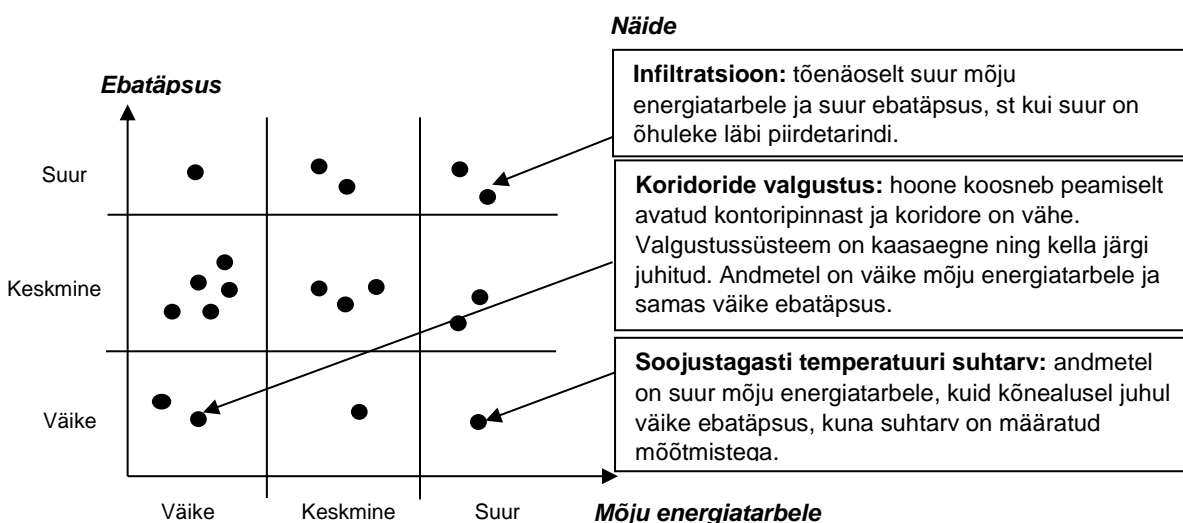
Energiakalkulatsioonide sisendandmed sõltuvad kasutatava energiasimulatsioonitarkvara nõuetest. Soovitatav on kõik arvutustes kasutatavad sisendandmed dokumenteerida, kasutades selleks näiteks Exceli tabelit, et suurendada terve arvutusprotsessi jälgitavust ja vähendada võimalike vigade tekkimise riski. Selle põhjal on hiljem kergem kontrollida, milliseid põhiandmeid kasutatakse, kas sisendandmed on arvutusprogrammi õigesti sisestatud, ja vajaduse korral teha mistahes muudatusi sisendandmetes.

### 2) sisendandmete hindamine

Kui kõik energiakalkulatsioonide läbiviimiseks vajalikud sisendandmed on kokku kogutud ja dokumenteeritud, tuleks teostada sisendandmete määramatuse hindamine. Määramatuse hindamisel hinnatakse erinevate sisendandmete täpsust ja nende mõju energiatarbele. Eesmärk on teha kindlaks sisendandmed, mis on ebakindlad, kuid millel on suur mõju arvutustulemusele, et tulemuste korrigeerimisel saaks pühenduda just nende andmete täpsustamisele. Määramatuse hindamisel hinnatakse iga sisendandme kohta järgmist:

- Kui täpselt on konkreetse sisendandme suurus teada, st mis on võimalik ebatäpsus?
- Kui suur mõju on sellel sisendandmel arvutustulemusele?

Sisendandmete ebatäpsust ja selle mõju hoone energiatarbe arvutustulemusele soovitatakse hinnata kolmeastmelisel skaalal: *väike*, *keskmine* või *suur* ebatäpsus või mõju. Sisendandmete määramatuse hindamist ja mõju energiatarbele kujutatakse joonisel 4.6 toodud näites.



**Joonis 4.6** Sisendandmete ebatäpsuse ja mõju hindamine. Diagrammil olevad punktid kujutavad erinevaid sisendandmeid, nende ebatäpsust ja mõju energiatarbele.

### 3) hoone jagamine tsoonideks

Energiasimulatsioonide teostamise käigus võib ette tulla vajadus jagada hoone erinevateks tsoonideks, et saavutada täpsemaid arvutustulemusi. Näiteks võib jaotamise teha järgmiselt:

- hoone osade erinevad otstarbed ja kasutus (nt kontor, pood, restoran);
- erinevad nõuded sisekliimale (nt erinevad nõuded ruumi õhutemperatuurile);
- erinevad sisekliima juhtimissüsteemid (nt õhukonditsioneeriga alad ja õhukonditsioneerita alad jne);
- süsteemide erinevad käitusajad (nt ventilatsiooniagregaadid).

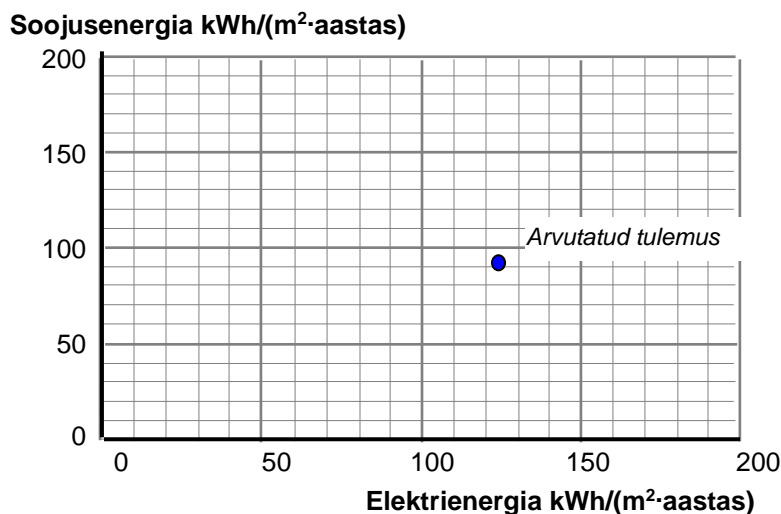
Arvutuste tegemine iga tsooni kohta sõltub sellest, millist simulatsioonitarkvara kasutatakse. Sageli teostatakse arvutused iga tsooni kohta esmalt eraldi ja seejärel kombineeritult, et saada tulemused terve hoone kohta.

### 4) sisendandmete sisestamine simulatsiooniprogrammi

See etapp nõuab suurt täpsust, sest andmete sisestamine arvutusprogrammi iseenesest on üheks ebakindluse allikaks. Programmi valede väärtuste sisestamise ohu vähendamiseks on soovitatav sisendandmed ja nende muudatused pidevalt dokumenteerida, nagu eespool kirjeldatud. Selle põhjal on kerge kontrollida, milliseid põhiandmeid kasutatakse ja kas sisendandmed on õigesti sisestatud ning vajaduse korral teha muudatusi sisendandmetes. Ärge unustage programmi sisestatud andmete topeltkontrolli.

### 5) esmane arvutuskäik

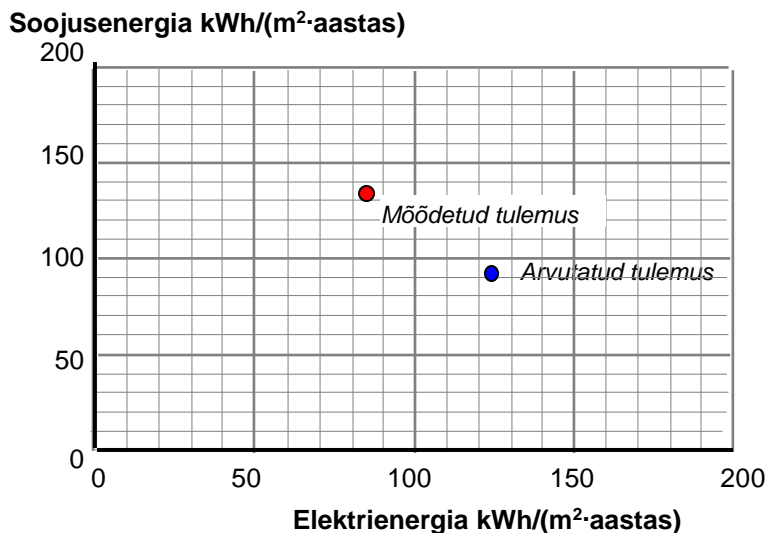
Viige läbi esimene arvutuskäik ja salvestage tulemus eraldi. Tulemuste võrdlemiseks määrake kindlaks, milline on hoone soojusenergiakasutus ja milline elektrienergiakasutus ning kuidas see jaotub. Esimase tulemuse esitust on näitlikustatud soojus/elektrienergia diagrammil, mida saab kasutada võrdlemiseks järgmise arvutusetapiga (vt joonis 4.7).



Joonis 4.7. Energiasimulatsiooni protsessi esimese arvutuskäigu tulemus: hoone soojus- ja elektrienergiatarve

### 6) tulemuste võrdlemine mõõdetud väärtustega

Energiasimulatsiooni protsessi esimese arvutuskäigu tulemusi võrreldakse hoones mõõdetud energiakasutuse väärtustega, mis põhineb hoone energiastatistikal. Kontrollige, kas mõõdetud väärtused on korrigeeritud normaals aastale (küttes). Joonisel 4.8 on illustreeritud arvutatud ja mõõdetud väärtuste võrdlus.

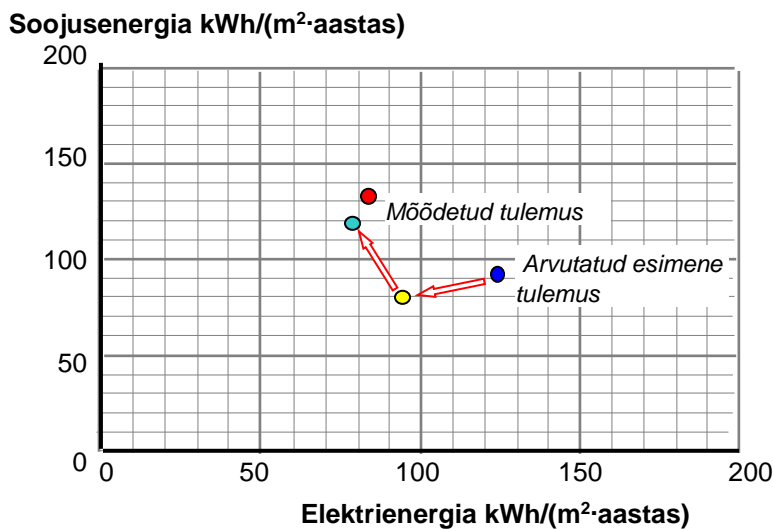


**Joonis 4.8.** Energiasimulatsiooni protsessi esimese arvutuskäigu tulemuste võrdlus mõõdetud tulemusega

### 7) ebakindlate sisendandmete täpsustamine – uus arvutuskäik

Kui esimese arvutuskäigu tulemus erineb märkimisväärselt mõõdetud väärtustest, siis tuleks sisendandmed üle kontrollida ning esmalt täpsustada need lähteandmed, millel on suur ebatäpsus ja suur mõju energiatarbele. Hinnata tuleks ka lisamõõtmiste vajadust, et korrigeerida ebatäpseid sisendandmeid.

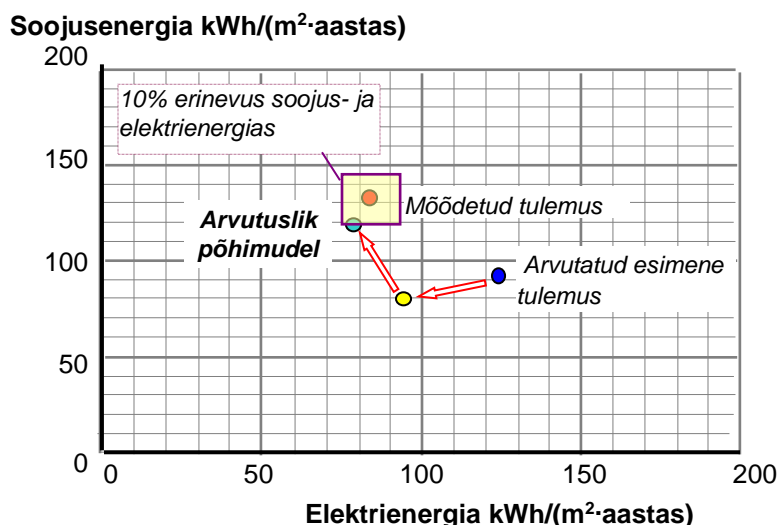
Pärast ebakindlate sisendandmete täpsustamist viiakse läbi uus arvutuskäik, mida korratakse seni, kuni erinevus arvutusliku energiakasutuse ja mõõdetud energiakasutuse vahel jääb etteantud täpsuse piiridesse. Sellise võrdluse näidet illustreeritakse joonisel 4.9.



**Joonis 4.9.** Energiasimulatsioonide tulemuste võrdlus mõõdetud energiakasutusega pärast ebakindlate sisendandmete täpsustamist

### 8) põhimudeli paikapanek

Kui erinevus arvutusliku energiakasutuse ja mõõdetud energiakasutuse vahel pole suurem kui  $\pm 10\%$ , võib põhimudeli paika panna (vt joonis 4.10). Arvutusmudel loetakse seejärel kalibreerituks ja see on kasutusvalmis, et uurida erinevate energiatõhususe tõstmise meetmete mõju kõnealuses hoones.

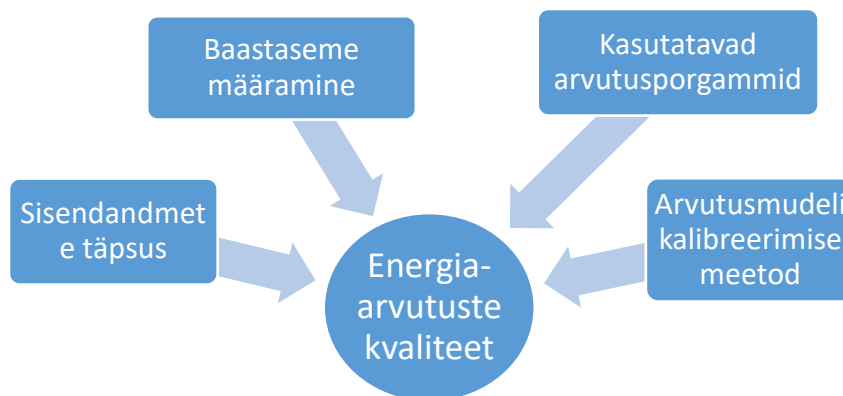


Joonis 4.10. Energiasimulatsiooni tulemuste võrdlus mõõdetud energiatarbega ja põhimudeli paikapanek

Hoone energiasimulatsioonide teostamisel on oluline mitte unustada dokumenteerida lõplikke kasutatud sisendandmeid hoone põhimudeli paikapanekul ja meetmete arvutamisel töö järgmises etapis. Kasutatud sisendandmed ja oletused tuleks välja tuua Etapp 1 aruandes, mis antakse tellijale. Samuti tuleks jälgida, et energiatarbe võrdlus enne ja pärast meetmete rakendamist oleks arusaadav ja mõistlik.

### Energiaarvutuste kvaliteet ja usaldusväärsus

Meetodi Total Concept rakendamisel on esimese etapi kalkulatsioonide usaldusväärsus väga oluline. Hinnangud seoses meetmete energiasäästu ja vajalike investeeringutega mõjutavad otseselt projekti tulemusi. On mitmeid tegureid, mis mõjutavad energiaarvutuste tulemuste kvaliteeti. Olulisemad neist on kujutatud joonisel 4.11.



Joonis 4.11 Tegurid, mis mõjutavad esimeses etapis teostatavate energiaarvutuste tulemuste kvaliteeti

### **Sisendandmete täpsus**

Lähteandmete puudulikkus on väga sage probleem olemasolevate hoonete energiaarvutuste tegemisel. Usaldusväärsete tulemuste jaoks on oluline kasutada arvutustes võimalikult täpseid lähteandmeid, mis hõlmab muu hulgas andmeid hoone kasutuse ja selle süsteemide praeguse olukorra kohta.

Sisendandmete ebatäpsuse ja selle mõju hindamine on seega kvaliteedi tagamiseks kriitilise tähtsusega.

Energiaaudiitori ülesanne on koguda auditeerimisel nii palju täpseid andmeid kui võimalik ja hoonega seotud võtmeisikute ülesanne on tagada, et informatsioon hoone ning selle kasutuse kohta oleks energiaaudiitorile kättesaadav. Kui osa andmetest pole kättesaadav, siis tuleks arvutustes kasutatavate sisendandmete dokumenteerimisel märkida selgelt, milliseid oletusi on tehtud.

Parameetrid, mida on sageli keeruline määrata, on näiteks hoone piirdetarindi külmasillad, infiltratsioon, tehnosüsteemide teatud seadeparameetrid jne. Alljärgnev tabel 4.1 annab mõningased juhised selliste parameetrite hindamiseks.

**Tabel 4.1.** Hindamisjuhised olukorras, kus täpsemad sisendandmed pole kättesaadavad

<b>Parameeter</b>	<b>Hinnang</b>
Külmasillad	Kui külmasillad on keeruline hinnata näiteks konstruktsioonidetailide teostusjooniste puudumise tõttu, kasutage võimalike soojuslekete tuvastamiseks termograafiat. Hinnake väärtusi olemasolevate hoonete andmebaasi põhjal või ametlike juhiste järgi (nt Taanis, Rootsis).
Infiltratsioon	Infiltratsiooni võib hinnata riiklike juhiste põhjal või vajaduse korral õhulekketestiga. Praktikas tuleks see test kavandada töövälisele ajale, et mitte häirida üürnike tegevust.
Seadeparameetrid	Kui ka seadeparameetrid pole kättesaadavad hoone automaatikasüsteemist või kui näiteks hoone tehniline personal muudab neid käituse ajal sageli, siis leppige tellijaga kokku, milliseid seadeparameetreid arvutustes kasutada.

### **Energiakasutuse baastaseme määramine**

Baastaseme määramine on sageli keeruline ülesanne. Sageli on selle põhjuseks, et suuri renoveerimistöid ei viida läbi ainult energia säästmiseks ja renoveerimised võivad hõlmata üldist hoone moderniseerimist, hoone ruumide paigutuse muutmist, sisekliima parandamist jne. Sellisel juhul ei saa olemasoleval energiastatistikal põhinevat mõõdetud energiakasutust kasutada baastasemenäiteks, et hinnata energiasäästu meetmete mõju. Kuidas uus baastase määratakse, tuleb tellijaga kokku leppida.

### **Kasutatavad arvutusprogrammid**

Energiaarvutusteks kasutatav simulatsiooniprogramm sõltub energiaaudiitorist/ettevõttest. Sagedasti kasutatavad tarkvarad hoone energiakasutuse ja energiasäästu meetmete arvutamiseks on näiteks IDA ICE, VIP Energy ja BV<sup>2</sup> ning veel mõned, millest kõigil on erinevad head ja vead.

Oluline on, et arvutusvahendid või simulatsiooniprogrammid oleksid sobilikud mitte-eluhoonete arvutamiseks, nt on võimalik arvutustes hõlmata erinevat tüüpi tehnilisi süsteeme ja analüüsida üksikute meetmete mõju hoone energiakasutusele ja seda mõistliku aja piirides. Keerulisema tarkvara kasutamine olemasoleva hoone simuleerimiseks on sageli väga tömahukas ja nõuab kasutajalt tihti suuremat täpsust ja oskusi. Selleks, et meetodi Total Concept eelprojekti (Etapp 1) teostamine toimiks võimalikult mõistliku ajakulu ja maksumusega, tuleks seega võimaluse korral vältida keerukamaid programme, kui selleks puudub konkreetne vajadus.



### **Arvutusmodeli kalibreerimise meetod**

Energiasimulatsiooni tarkvara abil luuakse olemasolevale hoonele arvutusmodel, mis kalibreeritakse mõõdetud energiakasutusest lähtudes. Mõõdetud energiakasutus põhineb hoone energiastatistikal, milles soojusenergia andmed on enamasti korrigeeritud normaalaastale. Väliskliima andmed, mida simulatsiooni tarkvarades kasutatakse, põhinevad enamasti samuti normaalaasta andmetel. Samas võib aga esineda erinevusi arvutusprogrammides kasutatava normaalaasta kliimaandmete ja hoone energiastatistika korrigeerimiseks kasutatavate normaalaasta andmete vahel.

Hoone arvutusmodeli kalibreerimise täpsem meetod oleks hoone energiakasutuse simuleerimine tegelikest väliskliima andmetest lähtudes ja võrrelda seda hoone mõõdetud energiakasutusega vastaval aastal, kasutades korrigeerimata andmeid. Samas on sellise lahenduse suurim takistus tihti konkreetse piirkonna (reaalaasta) väliskliimaandmete kättesaadavus.

### **Tasuvusarvutused ja meetmete paketi koostamine**

Etap 1 tööprotsessi järgmises etapis analüüsitakse üksikasjalikumalt energiaauditeerimise käigus kindlaks tehtud võimalikke energiatõhususe tõstmise meetmeid. Esmalt arvutatakse iga tuvastatud meetme aastane energiasääst eraldi, kasutades hoone kalibreeritud arvutusmodelit. Seejärel koostatakse tasuv meetmete pakett, kus võetakse arvesse meetmete omavaheline koosmõju seoses hoone energiatarbega.

Vältimaks keerukaid arvutusprotsesse, milles arvutatakse meetmete omavahelise mõju hindamiseks välja meetmete kõikvõimalikud kombinatsioonid, kasutatakse lihtsustatud meetodit. Tõestatud on, et meetod annab võrdset tulemusi tasuvusarvutustes ja meetmete paketi loomisel. Meetod põhineb hinnangul, et suurima tasuvusega meetmed rakendatakse esimesena, määrates iga järgneva meetme puhul kindlaks kaasneva energiasäästu, aastas säästetud maksumuse ja tasuvuse.

Tasuvusarvestuste läbiviimiseks on oluline teada tellijapoolseid tasuvusarvutuste lähteandmeid, nagu arvutuslik reaalne intress, energiahinnad, hinnang suhtelise energiahinna muutuse kohta üle inflatsiooni, investeeringute eluead jne. Vajaliku informatsiooni nimekiri on ära toodud Etapp 1 lähteandmete kogumise kontrollnimekirjas, mille leiab Total Concepti abimaterjalidest.

Meetmete aastase kulude kokkuhoiu hindamisel on oluline meeles pidada, et hinnata tuleb meetmega kaasnevat aastast netosäästu. Näiteks võib teatud meetmega kaasneva ka mõningaste muude käituskulude kokkuhoid / kulude suurenemine. Sealhulgas võivad sooja tarbeveesüsteemi puudutavad meetmed vähendada lisaks soojusenergiale ka veetarvet. Valgustite vahetamisega võib tänu uute valgusallikate pikemale elueale lisaks kokku hoida ka valgusallikate aastast hoolduskulu. Võib olla ka vastupidi, et mõnede meetmete võtmine võib viia käituskulude suurenemiseni, näiteks kui ventilatsioonisüsteemi lisatakse soojustagastus või kui olemasoleva asemele paigaldatakse mõni keerulisem süsteem.

Tasuvusarvutuse esimese sammuna arvutatakse iga meetme tasuvus tulu sisenormi meetodiga, lähtudes meetme aastasest netosäästust (€/a), vajalikust investeeringust (€) ja investeeringu elueast (aastat). Seejärel järjestatakse kõik meetmed nende tasuvuse järgi.

Pärast esimese kõige tasuvama meetme määramist „lukustatakse“ see ja arvutatakse uuesti kõikide teiste meetmete aastane energiasääst ja tasuvus, tuginedes eeldusele, et esimene meede on juba rakendatud. Seejärel leitakse järgmine tasuvaim meede. See „lukustatakse“ ja ülejäänud meetmete

aastane energiasääst arvutatakse uuesti eeldusel, et esimesed kaks meetet on juba rakendatud. Sama protsessi korratakse senikaua, kuni järgi on jäänud viimane meede. Põhimõtteliselt viiakse energiakalkulatsioonid läbi samm-sammult meetmete tasuvusjärjestuse põhjal.

On tavaline, et meetmed mõjutavad üksteise aastast kokkuhoidu, kuid mõnikord ka investeerimiskulusid. Seda saab samamoodi arvesse võtta nagu meetmete energiasäästu omavahelist mõju.

Kui kõik meetmed on eespool kirjeldatud viisil läbi arvutatud, saab tulemused kanda tulu sisenormi graafikule, kasutades selleks meetodi Total Concept arvutusprogrammi *TotalTool*. Programmi abil arvutatakse meetmete paketi ühine tulu sisenormi, võttes arvesse meetmete erinevaid eluigasid. Tulemus esitatakse kombineeritud tulu sisenormi graafikul. Meetmete paketti kaasatavate meetmete arvu puhul on kriteeriumiks see, et paketi kui terviku tulu sisenorm ei oleks väiksem kui tellija arvutuslik reaalne intressimäär.

Alljärgnev näide illustreerib tasuvusarvutuste läbiviimist ja meetmete paketi koostamist meetodist Total Concept lähtuvalt.

#### Näide

Olemasolevas kontorihoones, mille köetav pind on 3700 m<sup>2</sup>, plaanitakse läbi viia renoveerimine energiatõhususe tõstmiseks. Energiaauditi käigus tehti kindlaks kuus erinevat energiatõhususe tõstmise meetet, mis on ära toodud allolevas tabelis. Aastane sääst on arvutatud soojusenergia hinnaga 0,07 €/kWh ja elektrienergia hinnaga 0,09 €/kWh. Tabelis toodud arvutuslik sääst ei võta arvesse meetmete omavahelist mõju. Tellija arvutuslik reaalne intress on 5% ja suhtelist energiahinna muutust üle üldise inflatsioonitaseme arvesse ei võeta. Meetmete investeringu eluiga vastab iga meetme majanduslikule elueale.

Meede	Soojus- energia sääst [MWh/a]	Elektri- energia sääst [MWh/a]	Muude kulude sääst [€/a]	Aastane kogusääst [€/a]	Inves- teering [€]	Inves- teeringu eluiga [a]
Akende vahetus	55	5	0	4300	110 000	30
Uus valgustussüsteem	-15	45	500	3500	46 000	15
Soojustagasti lisamine ventilatsioonile	150	-15	0	9200	60 000	20
Nõudluspõhiselt reguleeritav ventilatsioon	75	15	0	6600	45 000	15
Termostaatide vahetus radiaatoritel	40	0	0	2800	5 000	10
Katuse lisasoojustamine	28	0	0	2000	70 000	40

Esmalt tuleb kindlaks teha kõige tasuvam meede, kasutades selleks tulu sisenormi meetodit. Erinevate meetmete tasuvus on toodud alljärgnevas tabelis. Nagu tabelist näha, on kõige tasuvam meede termostaatide vahetus radiaatoritel. Meetme tulu sisenorm on ligi 55%.

Meede	Soojus-energia sääst [MWh/a]	Elektri-energia sääst [MWh/a]	Muude kulude sääst [€/a]	Aastane kogusääst [€/a]	Inves-teering [€]	Inves-teeringu eluiga [a]	Tulu sisenorm [%]
Akende vahetus	55	5	0	4300	110 000	30	1,1
Uus valgustussüsteem	-15	45	500	3500	46 000	15	1,7
Soojustagasti lisamine ventilatsioonile	150	-15	0	9200	60 000	20	14,2
Nõudluspõhiselt reguleeritav ventilatsioon	75	15	0	6600	45 000	15	12,0
<b>Termostaatide vahetus radiaatoritel</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2800</b>	<b>5 000</b>	<b>10</b>	<b>55,3</b>
Katuse lisasoojustamine	28	0	0	2000	70 000	40	0,6

Kõige tasuvam meede „lukustatakse“ ja ülejäänud meetmete aastane sääst, investeering ning tasuvus arvutatakse uuesti eeldades, et kõige tasuvam meede (termostaatide vahetus) on juba rakendatud. Tulemus on toodud alljärgnevas tabelis.

Meede	Soojus-energia sääst [MWh/a]	Elektri-energia sääst [MWh/a]	Muude kulude sääst [€/a]	Aastane kogusääst [€/a]	Inves-teering [€]	Inves-teeringu eluiga [a]	Tulu sisenorm [%]
Akende vahetus	50	5	0	4000	110 000	30	0,5
Uus valgustussüsteem	-12	45	500	3700	46 000	15	2,5
<b>Soojustagasti lisamine ventilatsioonile</b>	<b>145</b>	<b>-15</b>	<b>0</b>	<b>8800</b>	<b>60 000</b>	<b>20</b>	<b>13,5</b>
Nõudluspõhiselt reguleeritav ventilatsioon	70	15	0	6300	45 000	15	11,0
Katuse lisasoojustamine	22	0	0	1500	70 000	40	-0,6

Järgmisena leitakse järgmine tasuvaim meede, mis on soojustagasti lisamine ventilatsioonile. Meede „lukustatakse“ ja ülejäänud meetmed arvutatakse uuesti eeldades, et kaks tasuvamat meetdet (termostaatide vahetus ja soojustagasti lisamine) on juba rakendatud.

Meede	Soojus-energia sääst [MWh/a]	Elektri-energia sääst [MWh/a]	Muude kulude sääst [€/a]	Aastane kogusääst [€/a]	Inves-teering [€]	Inves-teeringu eluiga [a]	Tulu sisenorm [%]
Akende vahetus	50	5	0	4000	110 000	30	0,5
Uus valgustussüsteem	-12	45	500	3700	46 000	15	2,5
Nõudluspõhiselt reguleeritav ventilatsioon	30	18	0	3700	45 000	15	2,8
Katuse lisasoojustamine	22	0	0	1500	70 000	40	-0,6

Nõudluspõhiselt reguleeritav ventilatsioon (DCV) on järgmine tasuvaim meede, mis läbi viiakse. Ülejäänud meetmete aastane sääst, investeering ja tasuvus arvutatakse eeldades, et kolm tasuvamat meetet on juba rakendatud. Nagu allolevast tabelist näha, ei muutu ülejäänud meetmete tasuvus.

Meede	Soojus-energia sääst [MWh/a]	Elektri-energia sääst [MWh/a]	Muude kulude sääst [€/a]	Aastane kogusääst [€/a]	Inves-teering [€]	Inves-teeringu eluiga [a]	Tulu sisenorm [%]
Akende vahetus	50	5	0	4000	110 000	30	0,5
Uus valgustussüsteem	-12	45	500	3700	46 000	15	2,5
Katuse lisasoojustamine	22	0	0	1500	70 000	40	-0,6

Järgmine samm on neljanda tasuvaima meetme paikapanek, milleks on uus valgustussüsteem. Kaks järelejäänud meetet arvutatakse üle eeldades, et neli tasuvamat meetet on juba rakendatud. Tulemus on toodud allolevas tabelis.

Meede	Soojus-energia sääst [MWh/a]	Elektri-energia sääst [MWh/a]	Muude kulude sääst [€/a]	Aastane kogusääst [€/a]	Inves-teering [€]	Inves-teeringu eluiga [a]	Tulu sisenorm [%]
Akende vahetus	53	5	0	4200	110 000	30	0,8
Katuse lisasoojustamine	22	0	0	1500	70 000	40	-0,6

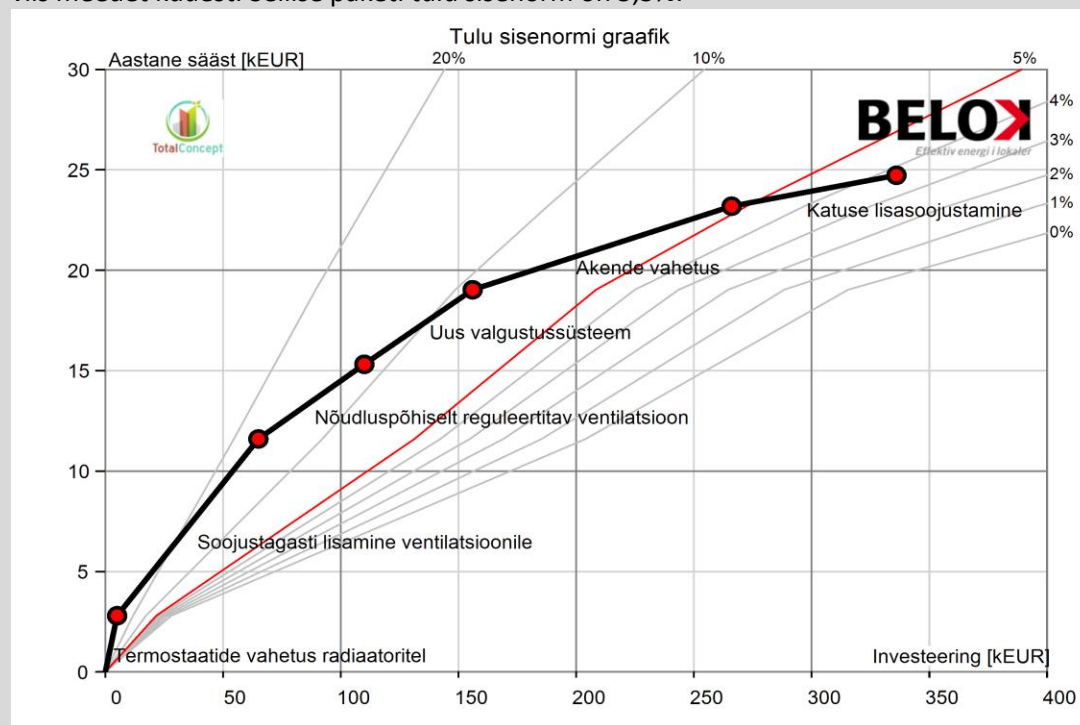
Akende vahetus on tasuvuse järjestuses viies meede. Viimane meede (katuse lisasoojustamine) arvutatakse üle eeldades, et kõik ülejäänud meetmed on juba läbi viidud. Nagu allolevast tabelist näha, ei muutu meetme tasuvus.

Meede	Soojus-energia sääst [MWh/a]	Elektri-energia sääst [MWh/a]	Muude kulude sääst [€/a]	Aastane kogusääst [€/a]	Inves-teering [€]	Inves-teeringu eluiga [a]	Tulu sisenorm [%]
Katuse lisasoojustamine	22	0	0	1500	70 000	40	-0,6

Kui kõik meetmed on läbi arvutatud, saadakse tulemuseks iga meetme aastane sääst, investeering ja tasuvus, mis võtab arvesse meetmete omavahelise koosmõju.

Meede	Soojus-energia sääst [MWh/a]	Elektri-energia sääst [MWh/a]	Muude kulude sääst [€/a]	Aastane kogusääst [€/a]	Inves-teering [€]	Inves-teeringu eluiga [a]	Tulu sisenorm [%]
Termostaatide vahetus radiaatoritel	40	0	0	2800	5 000	10	55,3
Soojustagasti lisamine ventilatsioonile	145	-15	0	8800	60 000	20	13,5
Nõudluspõhiselt reguleeritav ventilatsioon	30	18	0	3700	45 000	15	2,8
Uus valgustussüsteem	-12	45	500	3700	46 000	15	2,5
Akende vahetus	53	5	0	4200	110 000	30	0,8
Katuse lisasoojustamine	22	0	0	1500	70 000	40	-0,6

Järgmise sammuna koostatakse meetmete pakett, mis vastab tervikuna tellija tasuvuse nõuetele. Sisestades eelnevas tabelis toodud meetmete andmed *TotalTool*i arvutusprogrammi, luuakse tulu sisenormi graafik lähtudes sellest, et meetmetel on erinev eluiga, ja arvutatakse meetmete ühine tulu sisenorm (vt joonis 4.12). Meetmete paketti kaasatavate meetmete arvu puhul on kriteeriumiks see, et paketi kui terviku tulu sisenorm peab olema suurem kui tellija arvutuslik reaalne intressimäär, mis on 5%. Tulemus näitab, et tasuvuse tingimustele vastavas meetmete paketti tuleks kaasata ainult viis meedet kuuest. Sellise paketi tulu sisenorm on 5,3%.



**Joonis 4.12.** Meetmete paketi koostamine tulu sisenormi graafikul. Tellija arvutuslik reaalne intress on 5%. Suhtelist energiahinna muutust üle üldise inflatsioonitaseme arvesse ei võeta. Tulemus näitab, et ainult viis meedet kuuest jääks meetmete paketti, mis vastaks tasuvuse tingimustele. Sellise paketi tulu sisenorm on 5,3%, aastane kogusääst 23 200 €/a ning koguinvesteering 266 000 €.

## Maksimaalse kulude kokkuhoiuga meetmete paketi koostamine

Tasuva meetmete paketi koostamisel lähtutakse tellija tasuvuse nõudest ja meetmed, mis jäävad tasuvuse järjestuses tulu sisenormi graafikul tasuvuskõverast paremale, jäävad seetõttu paketist välja. Samas võib paketi koostamisel teatud meede ületada vaid osaliselt tasuvuse piirjoont ning tuleks seetõttu samuti välistada. Selle meetme väljajätmine suurendab küll meetmete paketi tasuvust, kuid vähendab samas kogu paketiga kaasnevat energiasäästu.

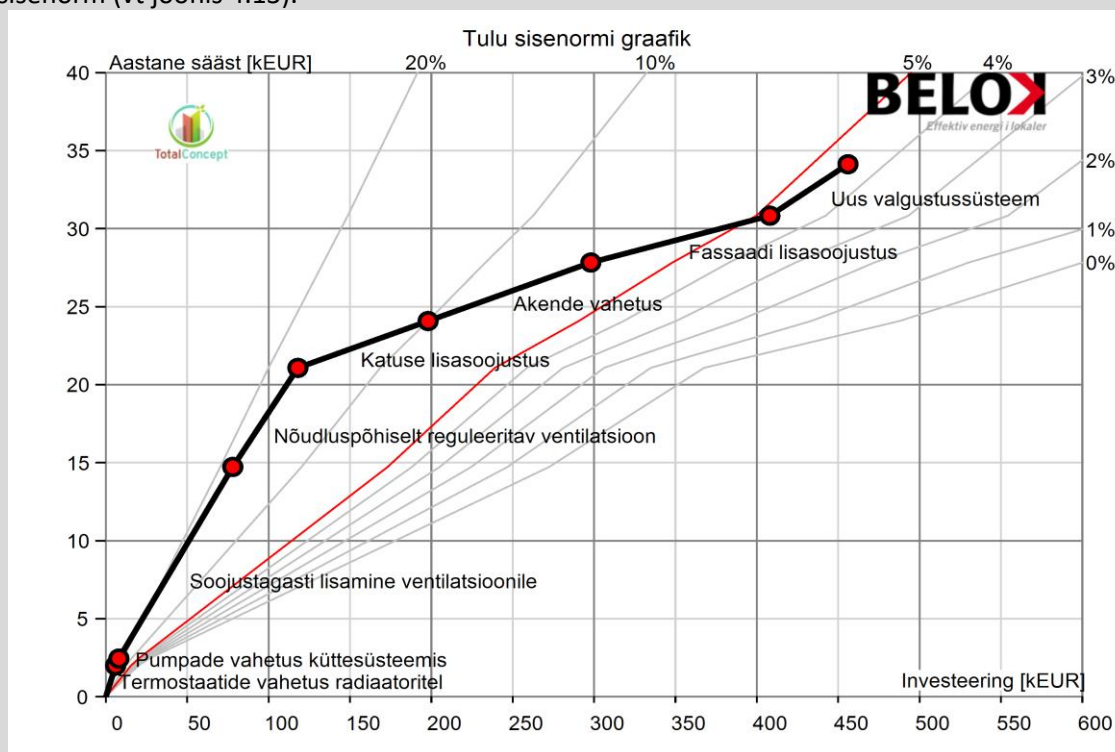
Meetod Total Concept keskendub maksimaalse energiasäästu saavutamisele hoones tellija tasuvuse tingimustes. Selleks, et leida kõige rohkem energiat säästev meetmete pakett, mis jääb tasuvuse piiridesse, tuleks testida erinevaid meetmete järjestusi pakettis. Näiteks võib meetmete pakettis viimaste meetmete seas olla mõni väga suurt investeeringut nõudev meede, mis jääb tasuvuse piirjoonest vaid osaliselt väljapoole. Vaid selle meetme eemaldamisel võib näiteks juhtuda, et meetmete paketti saaks kaasata mõne vähem tasuvama meetme paketi järjestuse lõpust, samas kui terve paketi kogusääst oleks suurem võrreldes sellega, kui kõik üle tasuvuse piirjoone jäävad meetmed automaatselt välja jäetakse. Sedasi toimides on võimalik saavutada suurem energiasääst, täites samas siiski tasuvuse nõudeid.

### Näide

Olemasolevas koolihoones plaanitakse hoone energiatõhususe tõstmiseks läbi viia meetodist Total Concept lähtuv renoveerimine. Hoone kõetav pind on 4000 m<sup>2</sup>. Hoone aastane soojusenergiatarve enne renoveerimist on 195 kWh/m<sup>2</sup>a ja elektrienergiatarve 60 kWh/m<sup>2</sup>a. Hoones on mehaaniline sissepuhke ja väljatõmbe ventilatsioonisüsteem, millel puudub soojustagastus. Lisaks on hoone välispiirded kehvasti soojustatud. Energiaauditi käigus tehti kindlaks terve rida energiatõhususe parandamise meetmeid, mis on ära toodud allolevas tabelis. Aastane sääst on arvutatud soojusenergia hinnaga 0,05 €/kWh ja elektrienergia hinnaga 0,09 €/kWh. Tabelis toodud arvutuslik sääst võtab arvesse meetmete omavahelist mõju, st läbi on viidud astmeline tasuvus- ja energiaarvutus. Tellija arvutuslik reaalne intress on 5%, suhtelist energiahinna muutust üle üldise inflatsioonitaseme arvesse ei võeta. Meetmete investeeringu eluiga vastab iga meetme majanduslikule elueale.

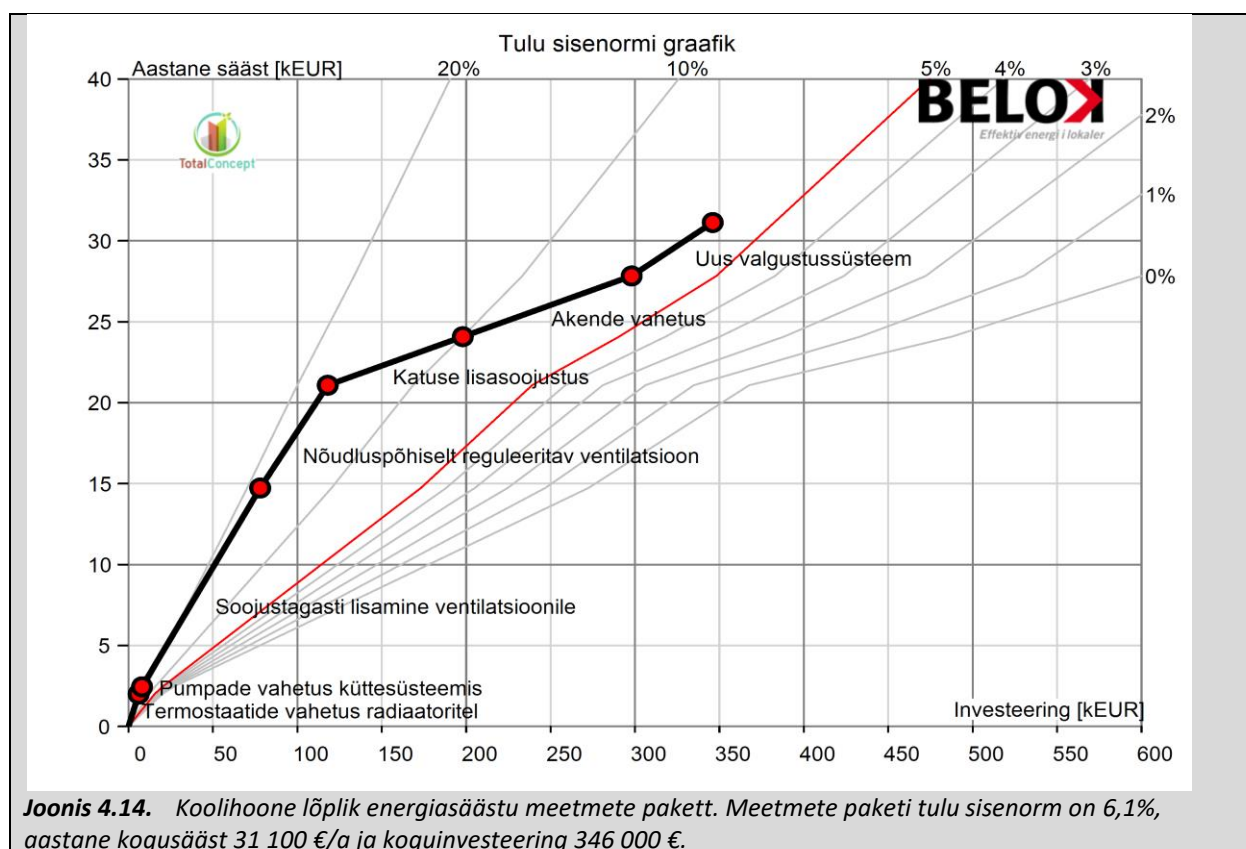
Meede	Soojus- energia sääst [MWh/a]	Elektri- energia sääst [MWh/a]	Muude kulude sääst [€/a]	Aastane kogusääst [€/a]	Inves- teering [€]	Inves- teeringu eluiga [a]
Termostaatide vahetus radiaatoritel	40	0	0	2000	6000	10
Pumpade vahetus küttesüsteemis	0	5	0	450	2000	15
Soojustagasti lisamine ventilatsioonile	260	-8	0	12 280	70 000	20
Nõudluspõhiselt reguleeritav ventilatsioon	20	60	-50	6400	40 000	15
Katuse lisasoojustamine	60	0	0	3000	80 000	40
Akende vahetus	76	0	0	3800	100 000	30
Fassaadi lisasoojustamine	60	0	0	3000	110 000	40
Uus valgustussüsteem	-10	40	200	3300	48 000	15

Järgmine samm on meetmete paketi koostamine, mis tervikuna vastab tellija tasuvuse nõuetele. Sisestades eelnevas tabelis toodud meetmete andmed arvutusprogrammi *TotalTool* luuakse tulu sisenormi graafik lähtudes sellest, et meetmetel on erinev eluiga ja arvutatakse meetmete ühine tulu sisenorm (vt joonis 4.13).



**Joonis 4.13.** Meetmete tasuvus ja paketi koostamine tulu sisenormi graafikul. Tellija arvutuslik reaalne intress on 5%. Suhtelist energiahinna muutust üle üldise inflatsioonitaseme arvesse ei võeta. Tulemus näitab, et ainult kuus meetet kaheksast jäaks meetmete paketti, mis vastaks tasuvuse tingimustele. Sellise paketi tulu sisenorm on 6,8%, aastane kogusääst 27 800 €/a ja koguinvesteering 298 000 €.

Joonisel 4.13 toodud tulu sisenormi graafikult on näha, et ainult kuus meetet kaheksast jäaks meetmete paketti, mis vastaks tasuvuse tingimustele (märgitud punase joonega). Kaks viimast meetet jäävad osaliselt või täielikult üle tasuvuse piirjoone, mis on kõnealuses näites 5%. Et leida kõige energiasäästlikum meetmete pakett, tuleks proovida viimaste meetmete järjestuse muutmist. Ümberarvestamine näitab, et kõige suurema kulude kokkuhoiuga pakett oleks selline, millest eelviimane meede „Fassaadi lisasoojustamine“ on välja jäetud, samas aga meede „Uus valgustussüsteem“ jäetud paketti sisse. Väljapakutud meetmete paketiga saavutatav energiatarbe vähenemine on umbes 112 kWh/m<sup>2</sup>a soojusenergiast ja umbes 24 kWh/m<sup>2</sup>a elektrienergiast. See vastab energiatarbe koguvähendamisele ligi 50%. Sellise paketi tulu sisenorm on 6,1%, aastane kogusääst 31 100 €/a ja koguinvesteering 346 000 €. Tasuvusarvestuste tulemusi on kujutatud joonisel 4.14.



## Soojusallika vahetamine meetmete paketis

Kui üheks väljapakutud meetmeks hoone energiatõhususe tõstmisel on soojusallika väljavahetamine, saab seda meetmete paketi koostamisel arvestada kolmel erineval meetodil:

1. Energiatõhususe tõstmisel lähtutakse esmalt hoone terve energiavajaduse vähendamisest ja selleks vajalikud meetmed viiakse läbi esmajärjekorras. Seejärel saab valida energiatõhusama soojusallika variandi. Seda lähenemist nimetatakse sageli Kyoto püramiidiks, mille esimesena sõnastas SINTEF Byggeforsk Norras.
2. Energiatõhususe tõstmisel on uue soojusallika paigaldus juba otsustatud ja seda võetakse esmase meetmena energiasäästu meetmete paketi koostamisel.
3. Energiatõhususe tõstmisel on uue soojusallika paigaldus üks kulude kokkuhoiu meetmetest ja seda arvestatakse võrdselt teiste meetmetega energiasäästu meetmete paketi koostamisel.

Analüüsi seisukohast on esimene lähenemine lihtsaim ja kolmas kõige töömahukam. Järgnev näide illustreerib kolme lähenemist.

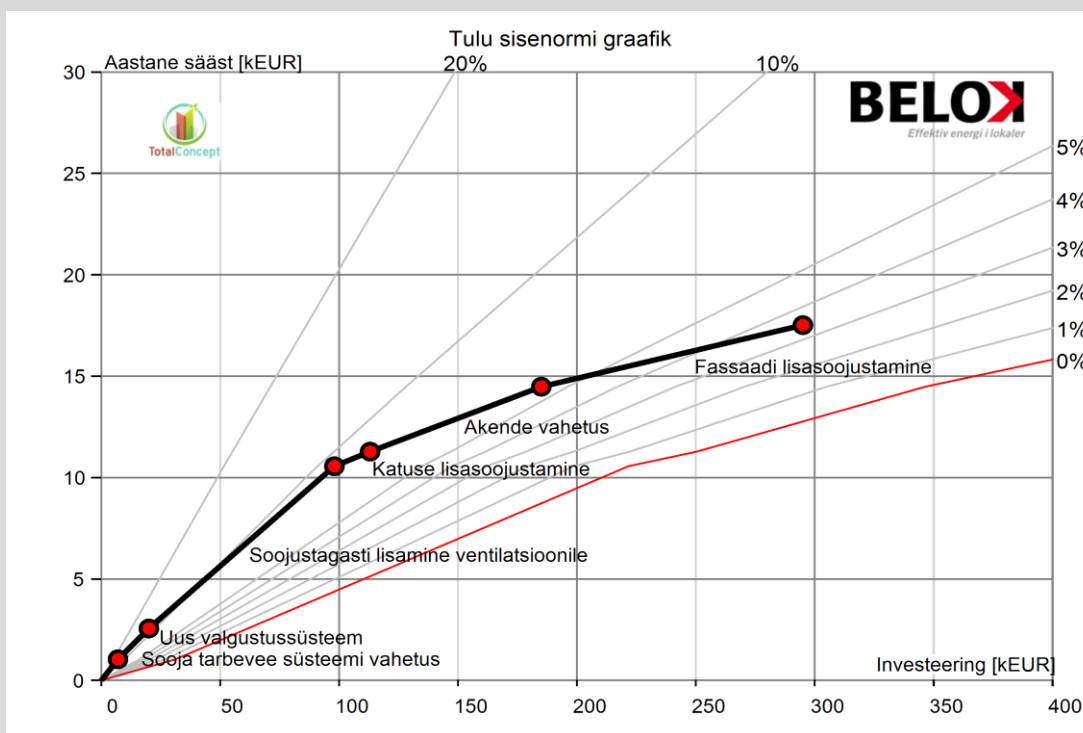


**Näide**

Olemasoleva hoone aastane soojusenergiatarve on 350 MWh/a (kaugküte) ja elektrienergiatarve 20 MWh/a. Soojusenergia hind on 0,08 €/kWh ja elektrienergia hind 0,12 €/kWh. Meetodi Total Concept esimese etapi energiaauditi käigus tehti kindlaks kuus energiatõhususe tõstmise meetet, mis on ära toodud allolevas tabelis. Nimetatud näites ei mõjuta ükski meetmest teisi meetmeid.

Meetmete investeeringu eluiga vastab iga meetme majanduslikule elueale. Joonis 4.15 näitab erinevate meetmete tasuvust tulu sisenormi graafikul.

Meede	Soojus- energia sääst [MWh/a]	Elektri- energia sääst [MWh/a]	Aastane kogusääst [€/a]	Inves- teering [€]	Inves- teeringu eluiga [a]
Uus valgustussüsteem	-2	14	1500	13 000	20
Sooja tarbevee süsteemi vahetus	13	0	1000	7000	30
Katuse lisasoojustamine	9	0	700	15 000	40
Akende vahetus	40	0	3200	72 000	30
Fassaadi lisasoojustamine	38	0	3000	110 000	40
Soojustagasti lisamine ventilatsioonile	106	-4	8000	78 000	20



**Joonis 4.15.** Kuue erineva meetmega paketi tasuvus tulu sisenormi graafikul. Meetmete paketi tulu sisenorm on umbes 3,5%.

Renoveerimisprojekti hinnatakse võimalust, kas vahetada kütte soojusallikas maasoojuspumba vastu. Soojuspumba paigaldamiseks vajalik investeering, pumba soojustegur ja investeeringu eluiga on toodud allolevas tabelis. SCOP on sessoonne soojustegur, mis on seadme keskmine soojustegur küttehooajal.

Meede	Investeering [€/kW]	SCOP [-]	Investeeringu eluiga [a]
Maasoojuspump	850	3,1	25

Hoone soojusvõimsustarve enne meetmeid on 135 kW. Meetmetega kaasnev võimsustarbe vähenemine on toodud allolevas tabelis. Seda võetakse aluseks soojuspumba suuruse määramisel (k.a soojaveeboiler).

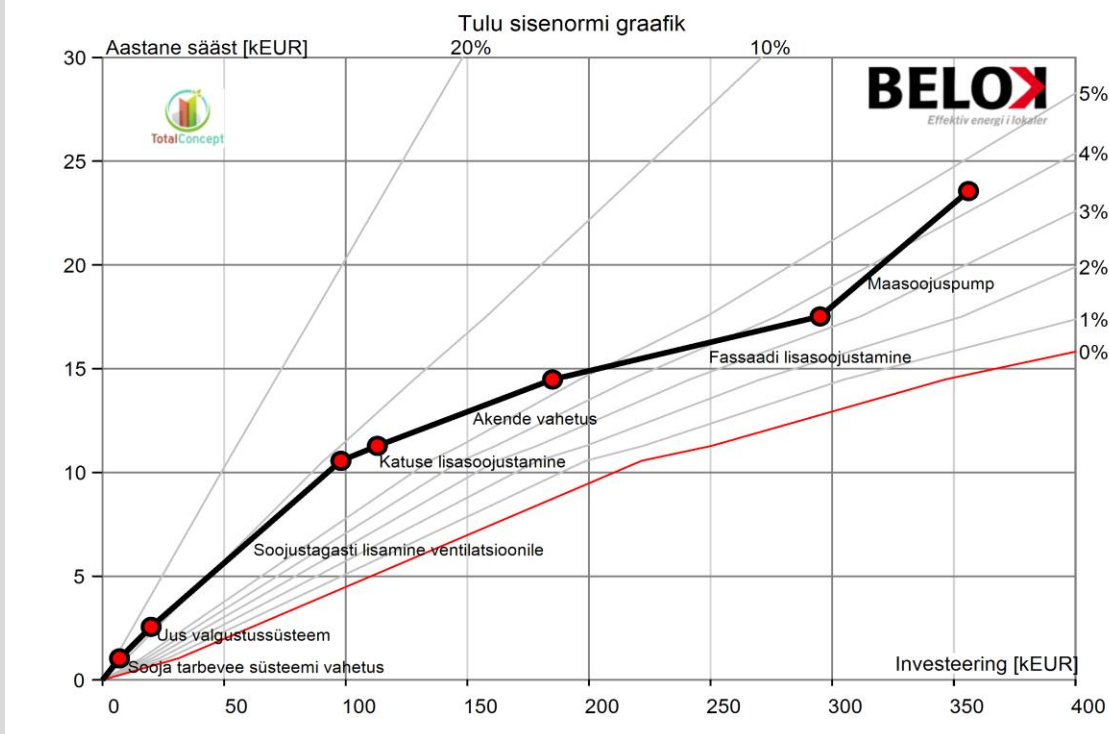
Meede	Võimsustarbe vähenemine [kW]
Uus valgustussüsteem	0
Sooja tarbevee süsteemi vahetus	12
Katuse lisasoojustamine	4
Akende vahetus	11
Fassaadi lisasoojustamine	9
Soojustagasti lisamine ventilatsioonile	27

### 1. lähenemine

Esmalt viiakse läbi hoone energiavajaduse vähendamiseks vajalikud meetmed. Soojuspump lisatakse seega meetmete paketi koostamisel meetmete järjestuse lõppu. Soojuspumba aastase säästu ja investeeringu kulude hindamisel eeldatakse, et kuus energiasäästu meetet on juba ellu viidud.

Meede	Soojus-energia sääst [MWh/a]	Elektri-energia sääst [MWh/a]	Aastane kogusääst [€/a]	Inves-teering [€]	Inves-teeringu eluiga [a]
Maasoojuspump	146	-47	6000	61 000	25

1. lähenemise kohane meetmete pakett tulu sisenormi graafikul on toodud joonisel 4.16.



**Joonis 4.16.** Meetmete pakett tulu sisenormi diagrammil 1. lähenemise korral. Soojuspump on paketi viimane meede, st eeldatakse, et enne soojuspumba paigaldust viiakse esimesena ellu kuus ülejäänud meetmed. Kogu meetmete paketi tasuvus on umbes 4,4%.

## 2. lähenemine

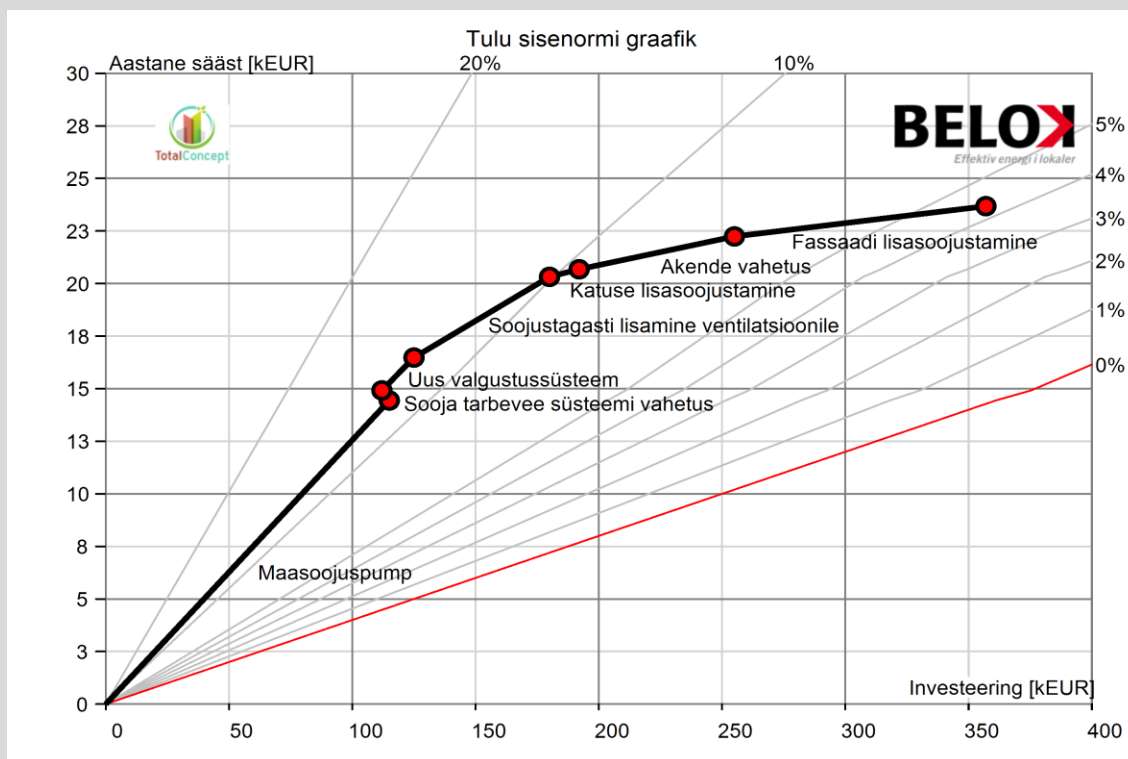
Teise lähenemise puhul on soojuspumba paigaldamine eelnevalt juba otsustatud ja viiakse läbi esimesena. See tähendab, et soojuspumba paigaldus on esimene meede paketi ja selle investeeringu maksumus ning aastane sääst ei võta arvesse teisi meetmeid.

Meede	Soojus-energia sääst [MWh/a]	Elektri-energia sääst [MWh/a]	Aastane kogusääst [€/a]	Inves-teering [€]	Inves-teeringu eluiga [a]
Maasoojuspump	350	-113	14 400	115 000	25

Selle asemel võetakse arvesse soojuspumba suuruse vähenemist ja kaasnevat kulude kokkuhoidu, mille moodustab kuue ülejäänud energiasäästu meetme maksumuse vähenemine. Tähelepanu tuleks pöörata sellele, et nüüd säästavad meetmed ainult elektrit.

Meede	Soojus-energia sääst [MWh/a]	Elektri-energia sääst [MWh/a]	Aastane kogusääst [€/a]	Investeeringu eluiga [a]	Soojuspumba maksumuse vähenemine [€]	Uus investeering [€]
Uus valgustussüsteem	0	13	1 600	20	0	13 000
Sooja tarbevee süsteemi vahetus	0	4	500	30	10 000	-3 000
Katuse lisasoojustamine	0	3	400	40	3000	12 000
Akende vahetus	0	13	1 600	30	9 000	63 000
Fassaadi lisasoojustamine	0	12	1 400	40	8 000	102 000
Soojustagasti lisamine ventilatsioonile	0	32	3 800	20	23 000	55 000

Soojuspumba maksumuse vähenemine lahutatakse lihtsalt meetmete esialgsest investeerimiskulust. Tulemused on ära toodud tulu sisenormi graafikul joonisel 4.17. Sooja tarbevee süsteemi vahetusele on soojuspumba maksumuse mõju natuke suurem, kui sooja tarbevee süsteemi enda asendamise kulu. See ilmneb negatiivse investeerimiskuluna ja käänuna tulu sisenormi graafikul.



**Joonis 4.17.** Meetmete pakett tulu sisenormi diagrammil 2. lähenemise korral. Soojuspump on paketi esimene meede, st eeldatakse, et see viiakse enne teisi meetmeid ellu esimesena. Kogu meetmete paketi tasuvus on umbes 4,3%.

### 3. lähenemine

Soojuspumpa käsitletakse võrdselt mistahes muu energiatõhususe tõstmise meetmega. See tagab meetmete õige tasuvusjärjestuse tulu sisenormi graafikul, kuid eeldab hoolikat analüüsi, milline on soojuspumba ja teiste meetmete omavaheline mõju. Arvutusprotseduur vastab eelmises peatükis kirjeldatule. Esimese sammuna arvutatakse iga meetme tasuvus eraldi ja määratakse ära kõige tasuvam meede. Nagu alljärgnevast tabelist näha, on sooja tarbevee süsteemi vahetus kõige tasuvam.

Meede	Soojus-energia sääst [MWh/a]	Elektri-energia sääst [MWh/a]	Aastane kogusääst [€/a]	Inves-teering [€]	Inves-teeringu eluiga [a]	Tulu sisenorm [%]
Uus valgustussüsteem	-2	14	1500	13 000	20	10
Sooja tarbevee süsteemi vahetus	13	0	1000	7000	30	15
Katuse lisasoojustamine	9	0	700	15 000	40	4
Akende vahetus	40	0	3200	72 000	30	2
Fassaadi lisasoojustamine	38	0	3000	110 000	40	0,5
Soojustagasti lisamine ventilatsioonile	106	-4	8000	78 000	20	8
Maasoojuspump	350	-113	14 400	115 000	25	12

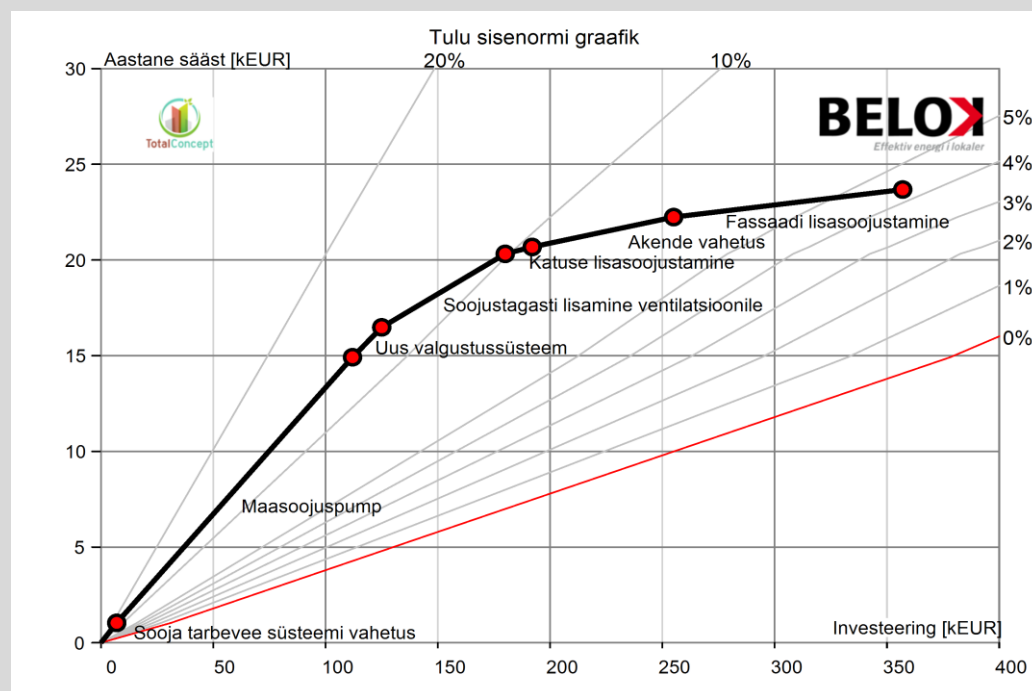
Järgmise sammuna „lukustatakse“ kõige tasuvam meede ja ülejäänud meetmete aastane sääst, investeering ning tasuvus arvutatakse uuesti, eeldades, et kõige tasuvam meede on juba ellu viidud. Tulemus on toodud alljärgnevas tabelis.

Meede	Soojus-energia sääst [MWh/a]	Elektri-energia sääst [MWh/a]	Aastane kogusääst [€/a]	Inves-teering [€]	Inves-teeringu eluiga [a]	Tulu sisenorm [%]
Uus valgustussüsteem	-2	14	1500	13 000	20	10
Katuse lisasoojustamine	9	0	700	15 000	40	4
Akende vahetus	40	0	3200	72 000	30	2
Fassaadi lisasoojustamine	38	0	3000	110 000	40	0
Soojustagasti lisamine	106	-4	8000	78 000	20	8
Maasoojuspump	337	-109	13 900	105 000	25	13

Ülaltoodud tabelist on näha, et järgmine tasuvaim meede on soojuspumba paigaldus. Meede „lukustatakse“ ja ülejäänud meetmed arvutatakse uuesti, eeldades, et kaks tasuvamat meetdet (sooja tarbevee süsteemi vahetus ja soojuspumba paigaldus) on juba rakendatud. Soojuspumba maksumuse vähendamine lahutatakse lihtsalt järgijäänud meetmete esialgsest investeerimiskulust.

Meede	Soojus-energia sääst [MWh/a]	Elektri-energia sääst [MWh/a]	Aastane kogusääst [€/a]	Investeeringu eluiga [a]	Soojuspumba maksumuse vähenemine [€]	Uus investeering [€]	Tulu sisenorm [%]
Uus valgustussüsteem	0	13	1600	20	0	13 000	10
Katuse lisasoojustamine	0	3	400	40	3000	12 000	1
Akende vahetus	0	13	1600	30	9000	63 000	-2
Fassaadi lisasoojustamine	0	12	1400	40	8000	102 000	-3
Soojustagasti lisamine ventilatsioonile	0	32	3800	20	23 000	55 000	3

Sama arvutusprotseduuri jätkatakse, kuni aastane sääst ja tasuvus on läbi arvatud kõikidele meetmetele. Meetmete pakett tulu sisenormi graafikul 3. lähenemise korral on toodud joonisel 4.18.



**Joonis 4.18.** Meetmete pakett tulu sisenormi diagrammil 3. lähenemise korral. Soojuspumba käsitletakse võrdsest mistahes muu energiatõhususe tõstmise meetmega. Kogu meetmete paketi tasuvus on umbes 4,4%.

Olenemata sellest, millist lähenemist kasutatakse, on meetmete paketi tasuvuskõvera lõpp-punkt enamvähem sama. Tuleb aga meeles pidada, et kui lõpp-punkt tasuvusnõuet ei täida, mõjutab valitud lähenemine meetmete paketi sisu ja investeerimisotsust. Seda tuleks lähenemisviisi valikul silmas pidada.

## Tulemuste tundlikkuse analüüs

Enne investeerimisotsuste langetamist meetodi Total Concept Etapp 1 tulemuste põhjal on soovitatav teha tulemuste tundlikkuse analüüs. Tegelikuses tuleks tundlikkuse analüüs läbi viia mistahes kasutatud meetodi korral, mille järgi pannakse alus investeerimisotsustele, eriti juhul, kui on tegu suure investeeringuga. Asjakohased küsimused oleksid näiteks järgmised:

- Mis juhtub, kui energiasäästu on hinnatud liiga suureks?
- Mis juhtub, kui meetmete maksumus läheb kallimaks kui esialgu hinnati?
- Mis juhtub, kui energiahinna tõus üle keskmise inflatsioonitaseme on ainult pool oletatud tõusust?

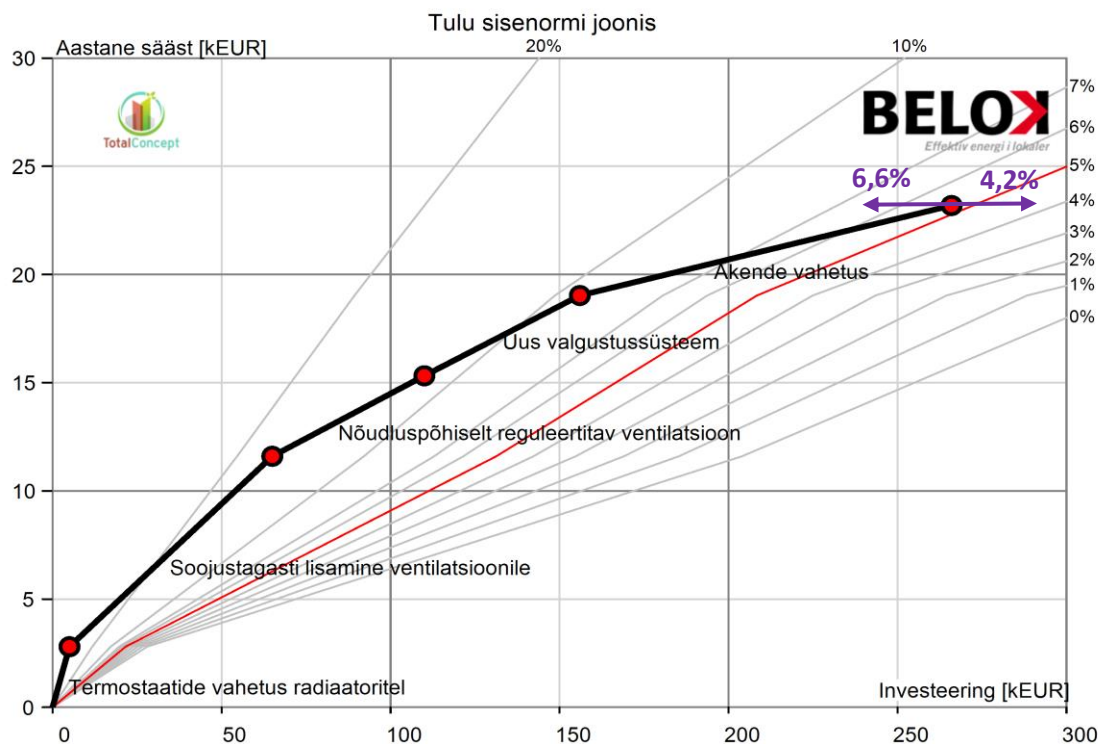
Tundlikkuse analüüsi saab teostada mistahes arvutustes kasutatud lähteandmetega. Siinkohal tuuakse näide investeeringu suuruse ja energiahinna muutuse kohta. Aluseks võetakse alampeatükis „Tasuvusarvutused ja meetmete paketi koostamine“ esimeses näites saadud tulemus, kus meetmete paketi koostamisel jäi meetmete paketti viis meedet kuuest (vt joonis 4.12), andes paketi tulu sisenormiks 5,3%. Tellija arvutuslik reaalne intress oli 5% ja suhtelist energiahinna muutust üle üldise inflatsioonitaseme arvesse ei võetud.

Tundlikkuse analüüsis hinnatakse esmalt mõju tasuvusarvutuse tulemusele, kui meetmete investeeringu maksumus muutub  $\pm 10\%$ . Teise näitena uuritakse suhtelist energiahinna muutust üle inflatsiooni  $\pm 2\%$ .

### Investeeringu maksumuse muutus

Tundlikkuse analüüs investeeringu maksumuse muutumisega  $\pm 10\%$  näitab, et meetmete paketi tulu sisenorm jääb 4,2% ja 6,6% vahele (vt joonis 4.19). Tellija peab otsustama, kas kõige kehvem olukord, mis võib ette tulla investeeringute maksumuse ebakindluse tõttu, on aktsepteeritav või mitte. Kui tellija nõuab oma investeeringult igal võimalikul juhul vähemalt 5% tootlikkust, tähendaks see seda, et meetmete paketti tuleks piirata nii, et ka kõige halvemal juhul jääks tasuvus üle 5%. Kui jätta kõnealuses näites viimane meede (akende vahetus) meetmete paketist välja, jääb paketi tulu sisenorm investeeringu maksumuse muutumisel  $\pm 10\%$  võrra 7,8% ja 11% vahele. Meetmetega kaasnev aastane sääst oleks ligi 19 000 €/a.

Meetmete paketi piiramisel tuleks kindlasti meeles pidada seda, et meetod Total Concept keskendub maksimaalse energiasäästu saavutamisele hoones tellija tasuvuse tingimustes. Iga üksik meede, mis paketist välja jäetakse, panustab tasuvuse suurenemisse, kuid samas ka energiasäästu vähenemisse.



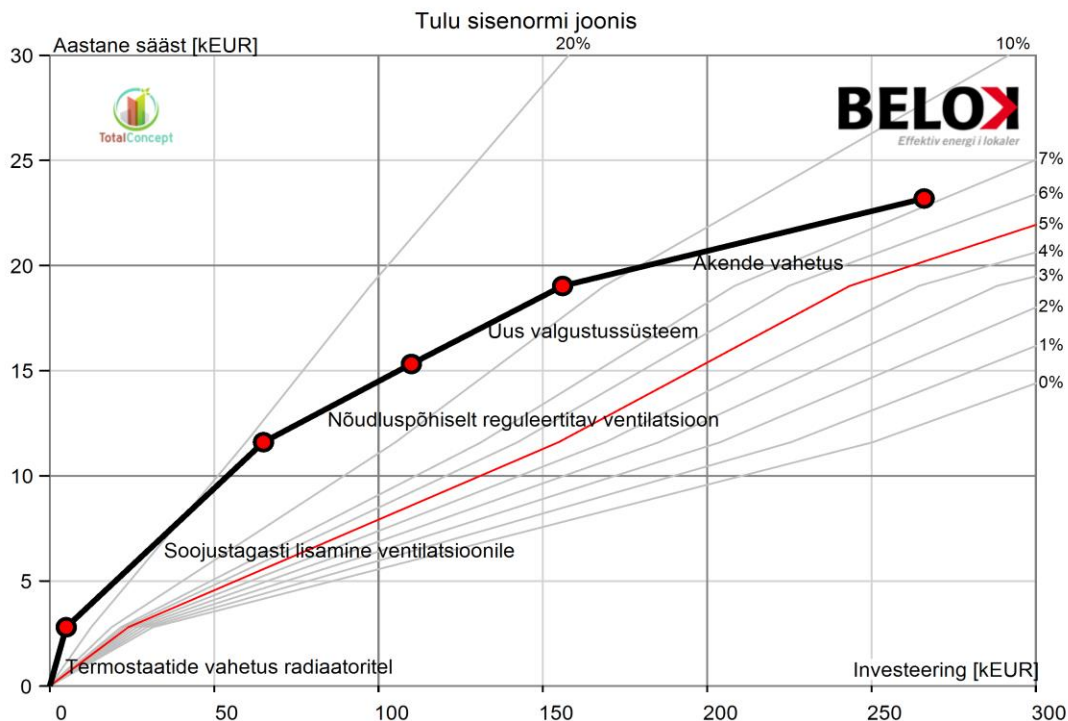
**Joonis 4.19.** Mõju tasuvusarvutuse tulemusele, kui meetmete investeeringu maksumus muutub  $\pm 10\%$ . Meetmete paketi tulu sisenorm jääb sellisel juhul 4,2% ja 6,6% vahele.

### Suhtelise energiahinna muutus

Suhtelise energiahinna muutus üle inflatsiooni on arvutustes tihti väga ebakindel parameeter. Neis arvutustes on eeldatud, et energiahinnad muutuvad koos üldise hinnatasemega, st inflatsiooniga. Et võtta arvesse suhtelise energiahinna muutust, võib lihtsustades korrigeerida arvutuse tulemusena saadud tulu sisenormi. Energiahindade muutust on lihtne arvesse võtta programmis *TotalTool*.

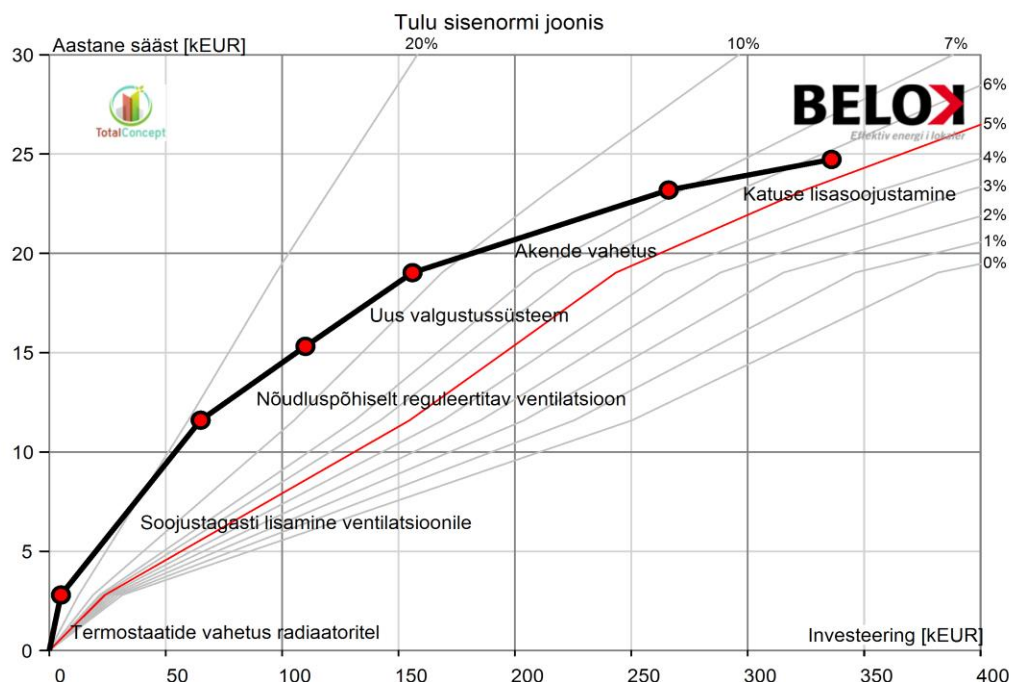
Kui energiahinna suhteline muutus on kõnealuses +2% näites üle inflatsiooni, tähendab see seda, et terve meetmete paketi tulu sisenorm on umbes 7,2% (vt joonist 4.20).





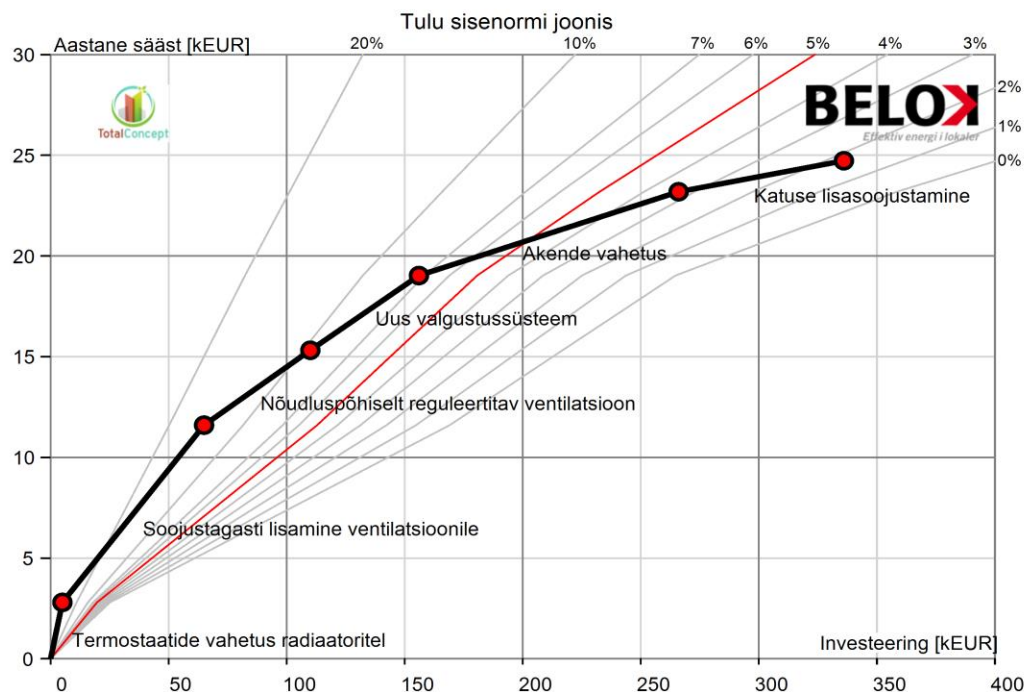
**Joonis 4.20.** Mõju tasuvusarvutuse tulemusele, kui suhteline energiahinna muutus on +2% üle üldise inflatsioonitaseme. Meetmete paketi tulu sisenorm on sellisel juhul 7,2% ning aastane sääst ligi 23 000 €/a.

Kuna energiahinna muutus üle inflatsiooni toob kaasa suurema tasuvuse tervele meetmete pakstile, siis soovitatakse hinnata, kas esialgsest nimekirjast oleks meetmete paketti võimalik kaasata täiendavaid meetmeid ja mida see aastases kogusäästus ja -tasuvuses endaga kaasa tooks. Selles näites oleks energiahinna muutust arvesse võttes meetmete paketti võimalik kaasata ka katuse lisasoojustamise meede, jättes kogu meetmete paketi tasuvuse samal ajal siiski tasuvuse piiresse. Sellise paketi tulu sisenorm oleks 5,7% (vt joonis 4.21).



**Joonis 4.21.** Mõju tasuvusarvutuse tulemusele, kui suhteline energiahinna muutus on +2% üle üldise inflatsioonitaseme. Energiahinna muutus üle inflatsiooni toob kaasa suurema tasuvuse tervele meetmete pakstile ning võimaldab tellija tasuvuse piires, mis on 5%, kaasata meetmete paketti ka „Katuse lisasoojustamise“. Meetmete paketi tulu sisenorm on sellisel juhul 5,7% ja aastane sääst ligi 25 000 €/a.

Suhtelise energiahinna langus 2% võrra tähendaks seda, et terve meetmete paketi tulu sisenorm oleks umbes 4,5% (vt joonist 4.22). Nagu joonisel toodud graafikult näha, jäävad kaks viimast meetet tasuvuse piirile või sellest väljapoole ja tuleks seega meetmete paketist välja jätta – seda juhul, kui tellija nõuab vähemalt 5% tootlikkust oma investeeringult igal võimalikul juhul. Kui jätta kõnealuses näites kaks viimast meetet välja, oleks paketi tulu sisenorm 7,3%.



**Joonis 4.21.** Mõju tasuvusarvutuse tulemusele, kui suhteline energiahinna muutus on  $-2\%$  üle üldise inflatsioonitaseme. Kaks viimast meetet jääks tasuvuse piirist ja seega meetmete pakettist välja. Sellise meetmete paketi tulu sisenorm on sellisel juhul  $7,3\%$  ja aastane sääst ligi  $19\,000\text{ €/a}$ .

## Tulemuste esitamine

Tellija ja energiaaudiitor lepivad omavahel kokku, mida peab Etapp 1 aruanne täpselt sisaldama. Aruandes sisalduv informatsioon peab olema piisav, et võimaldada tellijal otsustada, kas viia meetmed ellu ning minna projektiga edasi järgmisse etappi või mitte. Etapp 1 raport on aluseks ka projekteerimisele. Seetõttu peab tulemuste esitus olema mõistetav nii tehnilisest kui ka finantsilisest vaatenurgast.

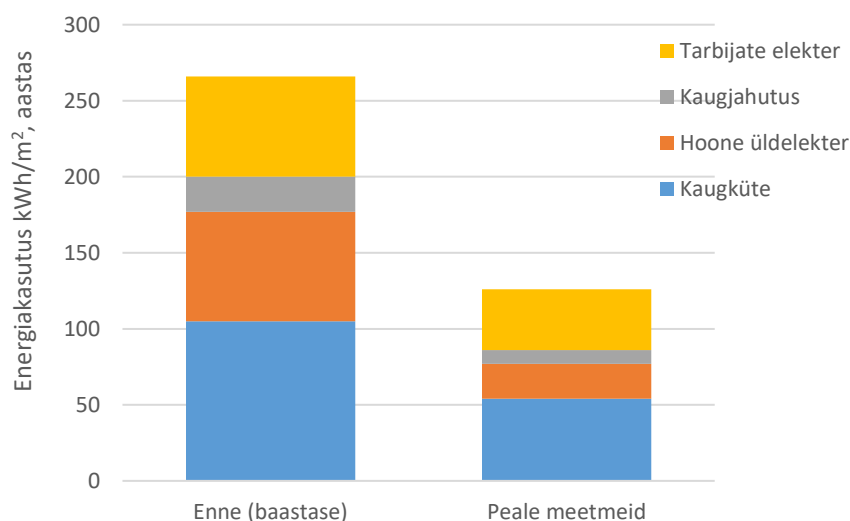
Etapp 1 aruanne peaks sisaldama vähemalt järgmisi üksikasju:

- ülevaadet kasutatud tööprotseduuridest;
- hoone tehnilisi andmeid ja muid oletusi, mida on kasutatud arvutuste sisendandmetena;
- ülevaadet hoone energiakasutusest enne renoveerimist ning kuidas on määratud energiatarbe baastase;
- meetmete üksikasjalikku kirjeldust koos tehniliste andmete, arvutusliku säästu ja investeeringu maksumusega (energiainvesteeringu kulu);
- tasuvusarvutuse lõpptulemusi, muu hulgas kokkuvõtet meetmete paketti kuuluvatest meetmetest, nende koguinvesteeringust ja kogusäästust, meetmete paketi tulu sisenormi graafikul ning arvutuslikust hoone energiakasutusest peale meetmete paketi teostamist.

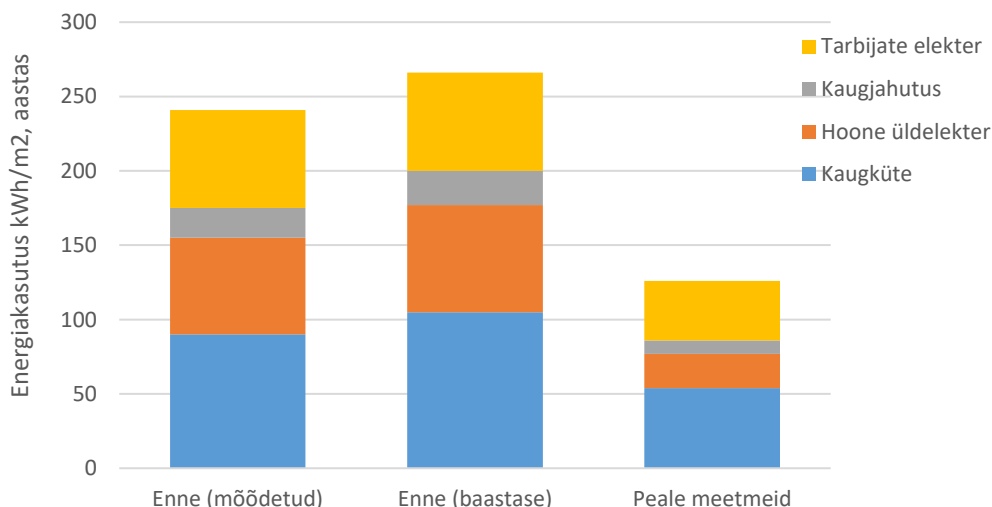
Raporti näidise Etapp 1 tulemuste esitamiseks meetodi Total Concept kohaselt leiab Total Concepti abimaterjalidest.

Tähelepanu tuleks pöörata ka tulemuste täpsusele. Hinnangud erinevate meetmete säästust ja investeerimiskuludest on alati ebakindlad, kuna arvutusi viiakse läbi eelprojekti tasemel. Tulemuste täpsuse astme näitamisel tuleks seega alati arvesse võtta ebakindlust, mis kaasatakse arvutustesse seoses sisendandmete ebakindlusega. Tulemuse tundlikkuse analüüsi abil saab hinnata erinevate ebatäpsete sisendandmete ja hinnangute mõju tulemusele.

Joonisel 4.22 on toodud näide tulemuste esitusest hoone energiakasutuse kohta enne ja pärast meetmete rakendamist. Eraldi on välja toodud energiakasutuse muutus soojusenergiast (kaugküttes), jahutuses, hoone üldelektris ja tarbijate elektrikasutuses (üürnike elekter). Juhul kui hoone energiatarbe baastase erineb mõõdetud energiakasutusest ja on määratud arvutuslikult, tuleks ka see joonisel välja tuua (vt joonis 4.23).



**Joonis 4.22.** Näide energiakasutuse tulemuste esitusest. Graafikul on toodud hoone aastane energiakasutus enne ja pärast meetmete paketi elluviimist. Baastase vastab mõõdetud energia-kasutusele enne renoveerimist.



**Joonis 4.23.** Näide energiakasutuse tulemuste esitusest. Graafikul on toodud hoone aastane energiakasutus enne (mõõdetud), arvutuslik baastase ja arvutuslik energiakasutus pärast meetmete paketi elluviimist.

## 5 Etapp 2: meetmete paketi elluviimine

Peatükk keskendub küsimustele, mida peaksid erinevad osapooled meetodi Total Concept teise etapi läbiviimisel silmas pidama. Muu hulgas kirjeldatakse erinevate osapoolte rolle ja ülesandeid ning põhitingimusi, mis peaksid olema kirjas hankedokumentides.

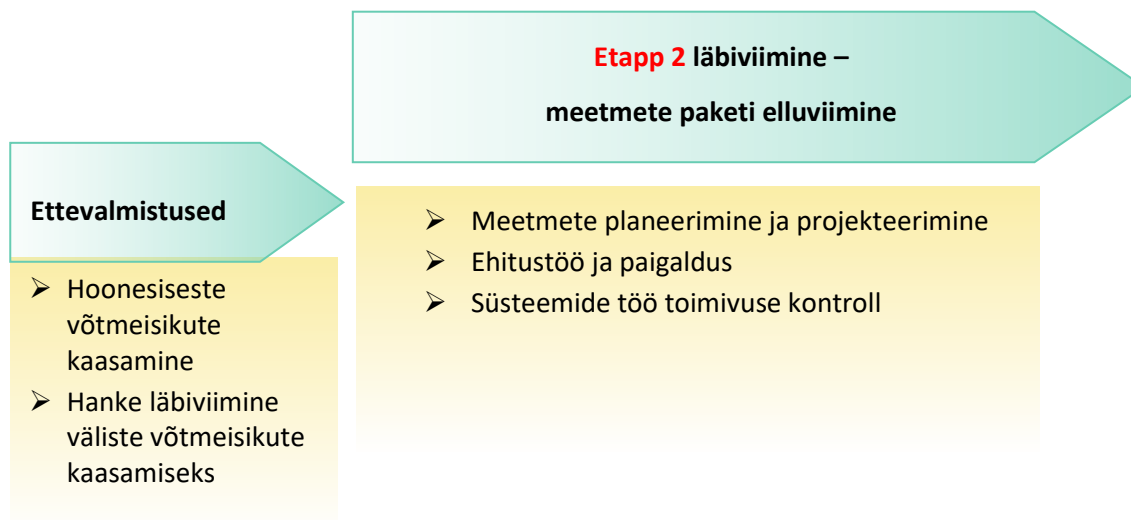
### Sissejuhatus

Meetodi Total Concept esimeses etapis koostati hoone põhjaliku alalüüsi tulemusena energiatõhususe tõstmise meetmete pakett, millega saavutatakse suurim energiasääst tellija poolt määratud tasuvuse tingimustes. Esimese etapi tulemuse põhjal saab tellija otsustada, kas teostada meetmed ja minna projektiga edasi järgmisse, teise etappi või mitte.

Teises etapis viiakse peale otsuse vastu võtmist meetmete pakett tervikuna ellu. See etapp tugineb hoolikale hankele, projekteerimisele ja ehitustöödele. Põhimõtteliselt on need etapid samad, mis igas tavalises hoone rekonstrueerimisprojekti. Samas tuleks iga hinna eest vältida vigu, kuna sellega võidakse kaotada oodatud energiasääst ja seega terve meetodi Total Concept rakendamise mõte. Fookuses on seega tööde kvaliteet.

Eesmärgiks seatud tulemuste saavutamisel on olulisel kohal süsteemide töö toimivuse kontroll, mis viiakse läbi peale ehitustööde lõpuleviimist. Selle eesmärk on tagada, et kõik meetmed on õigesti läbi viidud ja hoone süsteemid toimivad nii nagu ette nähtud.

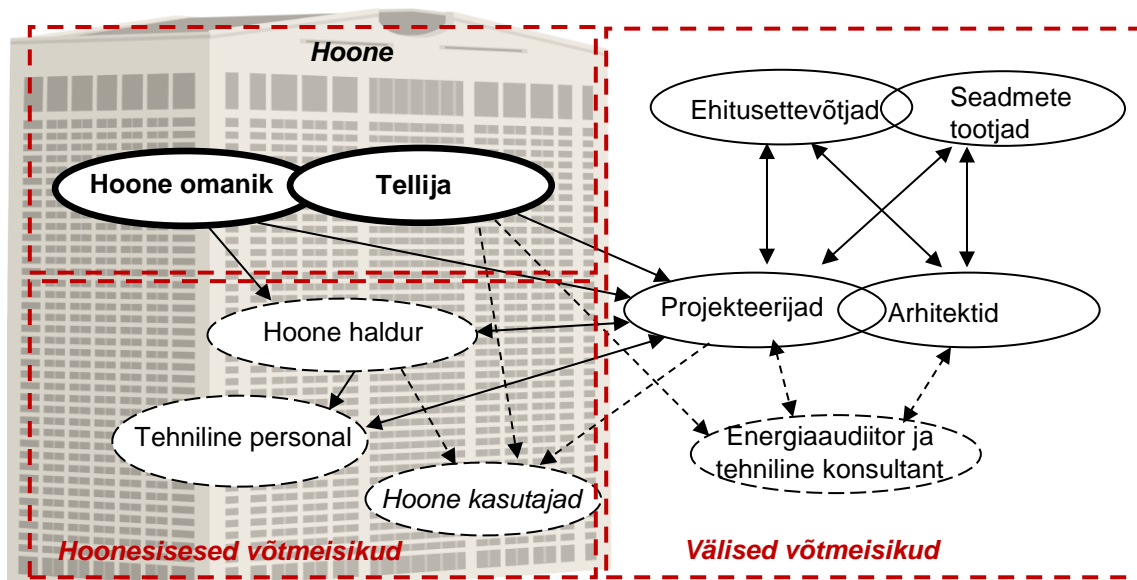
Teise etapi olulisemaid tegevusi kujutatakse joonisel 5.1. Teise etapi elluviimine nõuab mitmeid tellijapoolseid ettevalmistusi, näiteks erinevate hoonesiseste osapoolte kaasamist projekti ja hanke läbiviimist väliste võtmeisikute kaasamiseks.



**Joonis 5.1.** Meetodi Total Concept teise etapiga seotud olulisemad tegevused

## Etapp 2 – olulised osapooled ja huvirühmad

Etapp 2 läbiviimisega seotud olulised huvirühmad ja võtmeisikud on kujutatud joonisel 5.2. Erinevate osapoolte rolle ja ülesandeid kirjeldatakse allpool.



Joonis 5.2. Etapp 2 läbiviimisega seotud olulised huvirühmad ja võtmeisikud

### Tellija roll ja ülesanded

Tellija on vastutav teise etapi kohase praktilise töö tellimise eest välistelt osapooltelt ja erinevate osapoolte vahelise töö koordineerimise eest. Tellija ülesanne on ka tagada, et ettevõttesisesed ressursid oleksid projekti läbiviimiseks kättesaadavad, nt hoonega seotud personali osalus, kelleks võivad olla hoone haldur, tehniline personal jne.

Oluline on, et tellija või tellija esindaja jälgiks projekti aktiivselt. Eelistatavalt peaks selle jaoks kaasama tellijapoolse projektijuhi, kes võib olla ettevõttesisene, näiteks hoone tehniline haldur, hooldusjuht või energia- ja keskkonnajuht. Alternatiivselt võib palgata ka ettevõttevälise projektijuhi, näiteks tehnilise konsultandi. Projektijuhi ülesanne on tagada, et kommunikatsioon erinevate projektis osalevate osapoolte vahel oleks projekti teise etapi edukaks läbiviimiseks piisav.

Tellijapoolse projektijuhi esmased ülesanded Etapp 2 läbiviimisel on järgmised:

- hoonesiseste ressursside/personali kaasamine ja nende töö koordineerimine, näiteks hoone halduri ja tehnilise personali (hooldustöötajate) kaasamine;
- hankedokumentide koostamine ja hanke läbiviimine väliste võtmeisikute kaasamiseks, nagu näiteks projekteerija(-d), ehitusettevõtja(-d), tehnilised konsultandid, ehitusjärelevale jne;
- projekti oluliste osapoolte vaheliste kontaktide koordineerimine;
- süsteemide töö toimivuse kontrolli läbiviimise ja töö lõpliku ülevaatuse planeerimine;
- töö kvaliteeti kontroll, sealhulgas dokumentide ja teostuse kontroll;

- Etapp 3 ettevalmistamine, näiteks töödejaotuse kindlakstegemine ja osapoolte kaasamine üksikasjalike mõõtmiste läbiviimiseks ning tegelike investeerimiskulude dokumenteerimiseks.

Samuti on oluline arvesse võtta meetmete rakendamise mõju üürnikele / hoone kasutajatele. Olenevalt üürilepingu tingimustest võib osade meetmete teostamine olla isegi üürniku ülesanne, näiteks valgustust puudutavad meetmed. Seega on vastutusalasid ja investeringuid puudutavate kokkulepete saavutamisel oluline üürnike / hoone kasutajate ja tellija vaheline dialoog.

### **Projekteerija roll ja ülesanded**

Teatud meetmed pakettis võivad eeldada suhteliselt üksikasjalikku projekti. Projekteerimise tulemusena saadakse dokumendid, mida on vaja ehitustööde hankeks.

Projekteerija, sealhulgas arhitekti, ülesanded Etapp 2 läbiviimisel on järgmised:

- üksikasjaliku projekti koostamine meetmete pakettis olevatele meetmetele, lähtudes Etapp 1 tulemuste dokumentatsioonist ja projekti juhi/tellija juhistest;
- tellijapoolsete kvaliteedinõuete järgimine ja kvaliteedile esitatavate eesmärkide tagamine;
- koostöö erinevate osapoolte ja võtmeisikutega, näiteks üürnikud / hoone kasutajad, hoolduspersonal, ehitusettevõtjad jt, tagamaks projekteerimistöö hea tulemus. Soovitav on konsulteerida ka Etapp 1 läbiviinud energiaaudiitoriga, et kontrollida meetmete üksikasju;
- Etapp 3 järelmonitooringu detailsema plaani väljatöötamine, vajalike mõõtepunktide määramine ja täiendavate mõõtmisseadmete ja andurite lisamine projekti jne.

Suur osa energiatõhususe tõstmise meetmetest on tavaliselt seotud hoone tehnosüsteemidega, seega on oluline, et projekteerija mõistaks, kuidas need kõnealuses hoones toimivad. Samuti on oluline, et projekteerija oleks täielikult teadlik projekti peamisest eesmärgist – hoone energiatarbe vähendamine, säilitades või parendades hoone kvaliteeti ja sisekliimat.

### **Ehitusettevõtja roll ja ülesanded**

Ehitusettevõtja peamine ülesanne on teostada nimetatud energiatõhususe tõstmise meetmed, lähtudes projekteerija dokumentatsioonist. Lisaks peaks ehitusettevõtja tagama, et teostatud meetmed töötaksid algusest peale nii nagu ette nähtud. Tellija peaks nõudma, et ehitusettevõtja ei tohi tööd enne süsteemide töö toimivuse kontrolli hoones ja nende heakskiitmist lõpetatuks lugeda.

Etapp 2 läbiviimisel on ehitusettevõtja ülesanded järgmised:

- ettenähtud energiatõhususe tõstmise meetmete praktiline läbiviimine projekteerija dokumentatsiooni alusel;
- tagada, et teostatud meetmed töötaksid enne tellijapoolset süsteemide töö toimivuse kontrolli ja lõplikku ülevaatust algusest peale nii nagu ette nähtud;
- tellijapoolsete juhiste järgimine seoses ehitustöödega ja erinevate süsteemide käitusse andmisel;
- tellijapoolsete kvaliteedinõuete järgimine ja kvaliteedile esitatavate eesmärkide tagamine;

- energiasäästu meetmete lepingulise maksumuse dokumenteerimine meetmete paketi tulemuste analüüsimiseks kolmandas etapis;
- vajaduse korral hoone süsteemide käitus- ja hooldusplaanide täiendamine nii, et need võtaksid arvesse renoveerimistööde käigus tehtud muudatusi enne tööde üleandmist.

Vahel võivad meetmete läbiviimise protsessi olla kaasatud ka tehniliste seadmete ja süsteemide tootjad (nt automaatikasüsteemid). Ka neile kehtivad töö läbiviimisel samad nõuded mis ehitajatele.

### **Hoone halduri ja tehnilise personali roll ja ülesanded**

Hoone tehniline haldur vastutab kõnealuse hoone eest ja on enamasti seotud nii renoveerimistööde kui ka süsteemide töö toimivuse kontrolli ja lõpliku ülevaatuse koordineerimisega. Hoone tehnilise personali (hooldustöötajate) peamine ülesanne on tagada süsteemide käitamine hoone kasutuse ajal. Nende koostöö projekterija ja ehitajaga on väga oluline, sest nad teavad, kuidas hoone ja selle süsteemid töötavad ja mida tuleks arvesse võtta renoveerimistööde teostamisel.

Hoone tehniline personal vastutab tihti ka nende meetmete teostamise eest, mis hõlmavad tehnosüsteemide seadeparameetrite muutmist hoone automaatikasüsteemis. Lisaks on nende ülesanne energiatõhususe tõstmise meetmete funktsiooni tagamine ja järelkontroll hoone ekspluatatsioonis. Seega on oluline, et hoone süsteemide käituse ja hoolduse juhised vaadataks koos ehitajaga üle ja viidaks sisse vajaliku muudatused.

Hoone tehnilise halduri ja tehnilise personali (hooldusmeeskonna) ülesanded Etapp 2 läbiviimisel on järgmised:

- energiatõhususe tõstmise meetmete läbiviimine, mis hõlmavad tehnosüsteemide seadeparameetrite muutmist hoone automaatikasüsteemis, nagu näiteks süsteemide töö juhtimise ja reguleerimise seadeparameetrid ja tööajad;
- koostöö tegemine projekterijate, ehitusettevõtja ja teiste osapooltega teise etapi praktilise töö teostamise ajal. Vajalike kogemuste jagamine erinevate osapooltega, kuidas süsteemid töötavad ja mida tuleks rekonstrueerimise ajal arvesse võtta;
- tagada, et teostatud meetmed toimiksid pikaajalises plaanis hoone ekspluatatsioonis;
- tagada hoone järelmonitooring meetodi Total Concept kolmanda etapi läbiviimisel. Vajaduse korral viia sisse muudatusi süsteemide käitusplaanides.

### **Tehnilise konsultandi ja energiaaudiitori roll ja ülesanded**

Tellijal võib vajaduse korral teise etapi tööde planeerimiseks ja koordineerimiseks palgata ka ettevõttevälise projektijuhi, näiteks tehnilise konsultandi. Samuti võib tehnilise konsultandi ülesanne olla tellijapoolse süsteemide töö toimivuse kontrolli ja lõpliku ülevaatuse teostamine. Tehnilise konsultandi täpsema rolli ja ülesanded määrab tellija hanke läbiviimisel.

Teise etapi läbiviimisel on soovitatav, et ka energiaaudiitor, kes oli vastutav esimese etapi läbiviimise eest, oleks kättesaadav ja saaks vajaduse korral nõustada projekterijat erinevate meetmete eesmärgi ja tausta puudutavates küsimustes.



## Üürnike / hoone kasutajate roll ja ülesanded

Etapp 2 eeldab ka üürnike / hoone kasutajate kaasamist, sest renoveerimistööd tuleb nende ja nendepoolse hoone(-te) kasutusega kooskõlastada. Lisaks võib mõne meetme teostus olla üürniku vastutada, nt meetmed valgustussüsteemis ja nende poolt kasutatavates seadmetes.

## Hanke läbiviimine väliste võtmeisikute kaasamiseks

Eelmiste projektide kogemus on näidanud, et eeldatud energiasäästu ja tasuvuse saavutamiseks on oluline, et hankedokumentides oleks selgelt paika pandud, millised tingimused kehtivad teostatavale tööle ja töövõtjatele. Hankedokumentides on oluline, et erinevate töövõtjate ülesanded, vastutus ja ootused lõpptulemusele oleksid täpselt määratletud. Tellija peaks samuti täpsustama, kuidas toimub teostatud tööde kontroll ja lõppülevaatus.

Hankedokumentides peaks tellija

- täpsustama üksikasjalikult töövõtja lähteülesande ja vastutusalad, näiteks seoses projektijuhtimise, projekteerimise ja ehitustööde läbiviimisega, süsteemide töö toimivuse kontrollimisel jne;
- täpsustama töövõtjale esitatavad nõudmised ja neile lepinguga pandud ootused, näiteks kogemus, kompetentsus, ressursid, tööde lõpptähtaeg, esitav dokumentatsioon ja aruanded.

Paljudel kinnisvaraettevõtetel on ka omad kindlad juhised ja nõuded projekteerimis- ja ehitustööde läbiviimisele ja kvaliteedi tagamisele ehitusprotsessi käigus. Neid nõudeid tuleb meetmete paketi läbiviimisel kindlasti arvesse võtta.

Oluline on, et läbiviidavad energiasäästu meetmed toimivad nii nagu ette nähtud, kui ehitusettevõtja hoone tellijale üle annab. See tähendab, et tellijapoolne lõplik ülevaatus on vajalik, hõlmates muu hulgas tellijapoolset süsteemide töö toimivuse kontrolli. Hankedokumente koostades tuleks täpselt väljendada, kuidas viiakse läbi lõplik ülevaatus ja süsteemide töö toimivuse kontroll. Samuti on põhjust määratleda hoone süsteemide töö toimivuse ja energiakasutusega seotud erinevate osapoolte majanduslik vastutus. Sellisel juhul kinnitatakse hoone toimivus ja energiakasutus enne töövõtjate töö heakskiitmist.

Teise etapi hankedokumente koostades peaks tellija arvesse võtma ka seda, kuidas toimub meetme tulemuste hindamine kolmandas etapis. Tellija ülesanne on tagada, et Etapp 2 hankedokumendid kirjeldaksid ettevalmistusi, mida erinevad osapooled peavad enne kolmanda etapi algust tegema. Need hõlmavad näiteks mõõtmise ja jälgimise plaani koostamist, mõõtmispunktide planeerimist ja projekteerimist, mõõtmisseadmete ja andmete kogumise süsteemi paigaldust, andmekäitluse planeerimist ning investearu tegelike kulude dokumenteerimist jne. Etapp 3 planeerimise ja läbiviimisega seotud kulud peaksid Etapp 2 pakkumuses olema välja toodud.

## Projekteerimine ja kvaliteedi tagamine

Osad energiatõhususe meetmed võivad olla suhteliselt lihtsad ning neid võib ellu viia ilma detailse projekteerimiseta, näiteks süsteemide seadeparametrite ja tööaegade kohandamine automaatikasüsteemis. Teised meetmed aga eeldavad detailsemat projekti ning ehitustööd. Projekteerimisetapis toimub seega nende meetmete üksikasjalik projekteerimine, kus koostatakse meetmete läbiviimiseks vajalikud tööjoonised ja tehnilised kirjeldused.

Projekteerimise käigus tuleb olla eriti tähelepanelik erinevate muudatuste läbiviimisel olemasolevates süsteemides. Projekteerimisvigade oht võib hoone rekonstrueerimise projektides olla võrreldes uute hoonete ehitamisega suurem, kuna esimesel juhul tuleb ühildada uued lahendused olemasolevate süsteemidega. Seega on oluline, et projekteerijal oleks üldine ülevaade ja arusaam sellest, kuidas erinevad süsteemid üksteist mõjutavad ning et ta oleks teadlik läbiviidavate energiatõhususe meetmete mõjust hoonele ja selle süsteemidele.

#### Näide

Esimeses etapis väljatöötatud meetmed hõlmavad vaid osalist ventilatsioonisüsteemi renoveerimist. Projekteerija peab projekteerimisel olema eriti hoolikas, kui plaanis on uute sissepuhkeseadmete paigaldamine näiteks muutuva õhuhulgaga süsteemi (VAV) paigaldamisel. Muu hulgas võib see tähendada seda, et

- samasse süsteemi ei saa alles jätta ühtki vana seadet, mille süsteemi rõhk on võrreldes uute sissepuhkeseadmetega erinev. Kui vanad sissepuhkeseadmed ei tule toime kõrgema tööõhuga, mida on vaja uute seadmete tööks, siis on häiritud terve süsteemi toimimine. Kui mõni vana sissepuhkeseade vajab aga võrreldes uute seadmete tööks vajalikuga oluliselt suuremat tööõhku, siis on ühelt poolt häiritud terve süsteemi toimimine ning teisalt ohustatud ka planeeritud energiasääst.
- süsteemi ei saa alles jätta ühtki vana seadet, mis on mõeldud töötama palju kõrgema sissepuhketemperatuuriga kui uued sissepuhkeseadmed. Selline oht võib ette tulla näiteks siis, kui VAV seadmed paigaldatakse samasse süsteemi, kus on ka väljatõrjuva ventilatsiooni seadmed. Sellisel töötab terve süsteem kõrgel sissepuhketemperatuuril ja VAV seadmed töötavad täisvõimsusel enamuse aastast, kuna sissepuhkeõhu jahutusvõimsus on väike.

Vahel võib projekteerimisetapis selguda, et teatud esimeses etapis väljapakutud meedet pole võimalik energiasüsteemi ettepanekute kohaselt ellu viia. Näiteks võib ette tulla takistusi mõne uue seadme paigaldamisel, kuna pole piisavalt ruumi või olemasoleva lammutamine eeldab plaanitud suuremat ümberehitust. Samuti võib ette tulla, et tellija loobub teatud meetme elluviimisest. Oluline on, et tellijaga arutatakse läbi, kuidas sellisel juhul toimida. Vaja oleks hinnata muudatuste mõju meetmete paketi tervikule ja vajaduse korral teha korrekture enne ehitustööde algust.

Projekteerimisetapis tuleb kindlasti ära määrata ka detailsem lisamõõtseadmete ja andurite vajadus järelmonitooringu läbiviimiseks meetodi Total Concept viimases, kolmandas etapis. Projekteerija ülesanne on projekteerimise käigus vajalike mõõtmispunktide ja mõõtmisüsteemide planeerimine ja projekti lisamine. Koostada tuleb detailsem plaan kolmanda etapi järelmonitooringu läbiviimiseks.

## Ehitusprotsess ja süsteemide töö toimimise kontroll

Ehitusettevõtja ülesanne on viia energiatõhususe tõstmise meetmed praktikas ellu projekteerija koostatud dokumentide ja tellija juhiste alusel. Meetmete läbiviimise tasuvuse seisukohast on oluline, et kõik hoone ja selle tehniliste süsteemidega seotud osad oleksid samade omaduste ja funktsioonidega, mida eeldati meetmete paketi koostamisel ja projekteerimisel. Seega tuleks kindlasti vältida omavoliliste muudatuste sisseviimist ehitustööde käigus. Ehitusettevõtja peab olema teadlik projekti eesmärkidest.

Rekonstrueerimisprojekti planeeritud tulemuste ja hea kvaliteedi tagamiseks tuleb enne töö lõplikku üleandmist ja heakskiitmist kontrollida hoolikalt kõikide energiatõhususe tõstmise meetmete toimimist ja parandada vajaduse korral mistahes puudujäägid. Ebaõige süsteemide tasakaalustamine, valed seadeparaameetrid ja valed ühendused võivad avaldada märkimisväärset mõju hoone energiatarbele ja

rikkuda sellega terve projekti tasuvuse. Kõik hoonega seotud süsteemide automaatikasüsteemid peavad toimima vastavalt plaanitule.

Hoone osade ja selle süsteemide toimivuse kontroll tuleb läbi viia enne kolmanda etapi algust. Erinevate meetmetega seotud hoone osade, tehnosüsteemide ja selle osade funktsiooni ja koostoimimise esmase kontrolli viib läbi ehitaja. Enne töö lõplikku üleandmist viiakse läbi tellijapoolne süsteemide töö toimivuse kontroll ja tehakse lõplik ülevaatus. Tellijapoolse süsteemide töö toimivuse kontrolli eesmärk on kontrollida üle, kas kõikide süsteemide ja selle osade funktsioonid ja tõhusus vastavad ettenähtule. Osaliselt kattub see kontroll ehitajapoolse süsteemide töö toimivuse kontrolliga kuid samas on see palju detailsem. Näiteks ei kontrollita ainult seda, kas vastaval süsteemi osal on õige funktsioon ja reguleerimine, vaid kontrollitakse terve süsteemi funktsioonide koostöötamist ja koosmõju teiste süsteemidega, näiteks vajaliku sisekliima saavutamiseks.

BELOK grupp on välja töötanud ka detailsemad juhised süsteemide töö toimivuse kontrolli läbiviimise kohta teises etapis<sup>5</sup>. Juhised on hetkel saadaval vaid rootsi keeles.

Etapp 2 lõpetamisel on kindlasti oluline vaadata üle hoone käituse ja hoolduse juhised ja viia sisse vajalikud muudatused, lähtudes rekonstrueerimisel tehtud muudatustest hoones ja selle süsteemides.

### **Etapp 3 – järelmonitooringu planeerimine**

Nagu eelnevalt kirjeldatud, peavad Etapp 3 ettevalmistustööd algama juba teises etapis. Koostada tuleb detailsem plaan järelmonitooringuks, mis kirjeldab täpsemalt kuidas toimub meetmete paketi läbiviimise tulemuste hindamine ja analüüs. Mõõtmiste plaanimiseks ja võimalikult tõhusaks elluviimiseks on vaja läbi mõelda järgmised olulised küsimused:

- Milliseid mõõteandmeid on vaja tulemuste hindamiseks?
- Kuidas tuleks mõõtmised teostada, milliseid mõõteseadmeid on vaja?
- Kuidas toimub andmete kogumine ja salvestamine?
- Kuidas andmeid töödeldakse?

Total Concepti abimaterjalidest leiab aluse 3. etapi hoone energiatarbe mõõtmise ja jälgimise plaani kokkupanekuks. Dokument põhineb BELOK grupi poolt väljatöötatud mõõtmisplaani näidisel.

Selleks, et teostada meetmete paketi tasuvuse järelkontrolli, tuleb teises etapis dokumenteerida läbiviidud energiatõhususe tõstmise meetmete tegelik maksumus. Andmete dokumenteerimine on hädavajalik selleks, et teha kindlaks, kui edukas oli projekti läbiviimine. Meetmete investeeringu kulude dokumenteerimisel on soovitatav eraldi ära märkida meetmete otsene läbiviimise kulu (ehitus, materjal, töö), projekteerimise kulud, järelmonitooringu kulud (mõõteseadmed, andmete kogumine) ja ka muud kulud, mis on otseselt seotud säästumeetmetega. Tihti viiakse energiatõhususe tõstmise meetmed läbi koos suurema rekonstrueerimisega hoones. Sellisel juhul on oluline eristada kulud, mis on energiatõhususe tõstmisega otseselt seotud, ning kulud üldiseks renoveerimiseks ja hoolduseks. See on vajalik selleks, et esimeses etapis hinnatud kulusid saaks tegelike kuludega täpsemalt võrrelda.

---

<sup>5</sup> Göran Andersson, GICON Installationsledning, 2015 „Samordnad funktionskontroll”

## 6 Etapp 3 – järelmonitooring

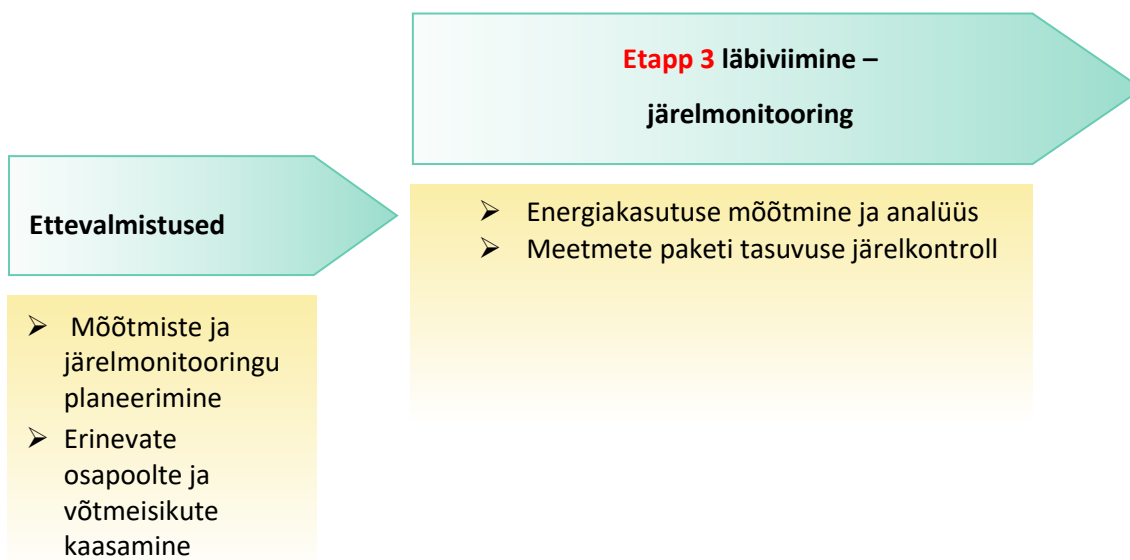
See peatükk kirjeldab olulisi aspekte, millega peab arvestama, kui viiakse ellu meetodi Total Concept viimast, kolmandat etappi. Muu hulgas käsitletakse üksikasjalikumalt erinevate osapoolte rolle ja ülesandeid, energiakasutuse mõõtmist hoones ja tasuvuse tulemuste hindamist.

### Sissejuhatus

Meetodi Total Concept kolmanda etapi eesmärk on jälgida energiatarvet pärast meetmete paketi elluviimist ja kontrollida meetmete paketi tegelikku tasuvust.

Peale teises etapis teostatud ja heaks kiidetud süsteemide töö toimivuse kontrolli alustatakse hoone energiakasutuse mõõtmise ja monitooringuga vähemalt aastase perioodi jooksul. Loomulikult otsustab tellija kolmandas etapis läbiviidavate mõõtmiste ulatuse ja töö üksikasjalikkuse.

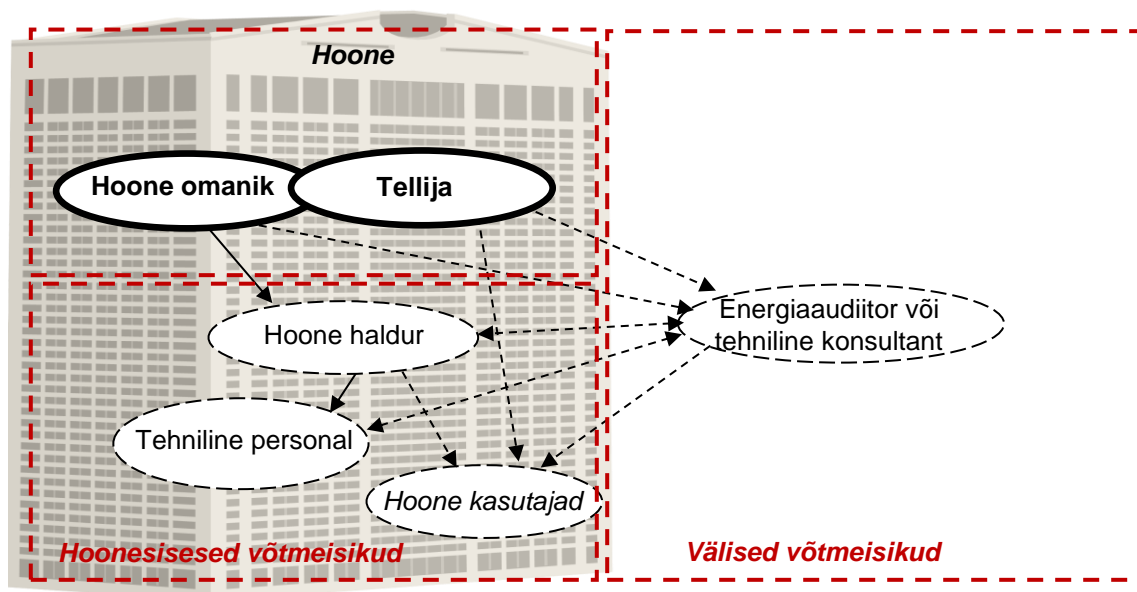
Etapp 3 järelmonitooringu peamised tegevused hõlmavad energiakasutuse mõõtmist ja tasuvuse tulemuste kontrolli. Nende ülesannete täitmiseks on vaja ettevalmistusi, mis viiakse osaliselt läbi juba teises etapis (vt eelmine peatükk). Juba teise etapi läbiviimise hankedokumentide koostamisel tuleb ära määrata, milliseid ettevalmistusi peavad erinevad osapooled enne kolmanda etapi algust tegema, nt järelmonitooringu plaani koostamine ja vajalike mõõteseadmete projekti lisamine ja paigaldus. Kolmanda etapi ettevalmistustööde juurde kuulub ka järelmonitooringu praktilise töö läbiviimiseks erinevate osapoolte ja võtmeisikute kaasamine.



**Joonis 6.1.** Meetodi Total Concept kolmanda etapiga seotud olulisemad tegevused

### Etapp 3 – olulised osapooled ja huvirühmad

Kolmanda etapi läbiviimisega seotud olulised huvirühmad ja võtmeisikud on kujutatud joonisel 6.2. Erinevate osapoolte rolle ja ülesandeid kirjeldatakse allpool.



Joonis 6.2. Etapp 3 läbiviimisega seotud olulised huvirühmad ja võtmeisikud

#### Tellija roll ja ülesanded

Kolmanda etapi praktilise töö võib läbi viia tellija ise, näiteks hoonesiseste võtmeisikute kaasabil või kaasata selleks sobiva tehnilise konsultandi.

Tellijapoolse projektijuhi esmased ülesanded Etapp 3 läbiviimisel on järgmised:

- Etapp 3 tööde ettevalmistamine, näiteks tööde jaotuse kindlakstegemine ja osapoolte kaasamine. Vajaduse korral hankedokumentide koostamine ja hanke läbiviimine välise võtmeisiku, näiteks tehnilise konsultandi või energiaaudiitori kaasamiseks.
- hoonesiseste ressursside / personali kaasamine ja nende töö koordineerimine, näiteks hoone halduri ja tehnilise personali (hooldustöötajate) kaasamine;
- Etapp 3 tulemuste esitamine rekonstrueerimise projekti olulistele osapooltele, nt ettevõtte juhatusele, hoonesisestele võtmeisikutele jne.

#### Hoone halduri ja tehnilise personali roll ja ülesanded

Sageli vastutab hoone tehniline personal (hooldustöötajad) hoone järelmonitooringu ja mõõtmisandmete kogumise eest hoone automaatikasüsteemi (BMS) kaasabil. Hoone tehnilist personali tuleks seega varakult teavitada järelmonitooringuks vajalike mõõtepunktide paigutusest, mõõteseadmete tööst ja andmete kogumise süsteemist ning tehnilise personali tööülesannetest seoses andmete kogumise ja jälgimisega.

Hoone halduri ja tehnilise personali ülesanne on ka jälgida, et hoone käituse ja hoolduse juhised saaksid kindlasti kohandatud hoones ja selle süsteemides rekonstrueerimisel tehtud muudatustega. Hoone

tehniline personal vastutab hoone tehnosüsteemide töö eest ja võib otseselt mõjutada hoone energiatarvet ning selle madalal tasemel hoidmist pikema aja jooksul.

### **Tehnilise konsultandi / energiaaudiitori roll ja ülesanded**

Tellijal võib vajaduse korral kolmanda etapi tööde planeerimiseks, koordineerimiseks ja läbiviimiseks palgata ka ettevõttevälise projektijuhi, näiteks tehnilise konsultandi või energiaaudiitori. Samuti võib tehnilise konsultandi või energiaaudiitori ülesanne olla esimeses etapis läbiviidud hoone energiaarvutuste ajakohastamine, lähtudes hoone tegelikust kasutusest ja süsteemide tegelikest tööparameetritest ning rekonstrueerimisel tehtud muudatustest. See on vajalik selleks, et järelmonitooringul saadud tulemusi saaks võrrelda arvutuslike tulemustega, mis lähtuvad õigetest sisendandmetest.

Tehnilise konsultandi täpsema rolli ja ülesanded määrab tellija hanke läbiviimisel.

### **Üürnike / hoone kasutajate roll ja ülesanded**

Etapp 3 nõuab ka mõningast tuge üürnikelt / hoone kasutajatelt, kui hoone järelmonitooringu ajal kogutakse põhilist informatsiooni hoone kasutuse kohta.

## **Energiatarbe mõõtmine**

Energiatõhususe tõstmise meetmete läbiviimise tulemuse hindamiseks on vaja mõõta hoone soojusenergia, elektrienergia ja vajaduse korral ka jahutusenergia tarvet iga kuu vähemalt aasta aega. Mõõtmistega saab algust teha peale teises etapis teostatud ja heaks kiidetud süsteemide töö toimivuse kontrolli.

Et tagada andmete korrektne kogumine, on eriti mõõtmisperioodi alguses oluline kogutud andmeid hoolikalt analüüsida. Selle abil saab leida kinnitust, kas nii hoone kui ka selle seadmed töötavad plaanipäraselt ning kas mõõtesuuruste registreerimine ja salvestamine toimib nii nagu vaja. Kui mõõdetavad väärtused erinevad oluliselt oodatud väärtustest, tuleb võimalikult kiiresti analüüsida probleemide olemust ja võtta kasutusele abinõusid võimalike vigade korrigeerimiseks ning seejärel vajaduse korral mõõtmisi korrata. Oluline on kindlustada, et süsteemid (k.a mõõtmisüsteemid) toimiksid terve mõõtmisperioodi jooksul nii nagu ette nähtud.

Andmete kogumise ajal tuleb jälgida ka hoone süsteemide käitamise tingimusi ja hoone kasutust. Selle eesmärk on näha, kas on mingeid erinevusi töötingimustes ja hoone kasutuses võrreldes esimeses etapis ja teises etapis tehtud oletustega. Näiteks võivad hoone hõivatuse ajad muutuda ning hoone teatud osad võivad seista kasutamata või tühjal, kuigi alguses seda ei plaanitud. Hoone tegeliku kasutuse jälgimine on oluline põhjuste analüüsimisel, kui oodatud (arvutuslike) ja tegelike tulemuste vahel esineb erinevusi.

Samuti võib kolmandas etapis osutada vajalikuks hoone energiaarvutuste ajakohastamine, et järelmonitooringul saadud tulemusi saaks võrrelda arvutuslike tulemustega, mis lähtuvad õigetest sisendandmetest. Sellisel juhul kohandatakse kolmandas etapis koostatud hoone arvutusmodelit teotusjoonistele, süsteemide tegelikele seadeparameetritele ja hoone tegelikule kasutusele.

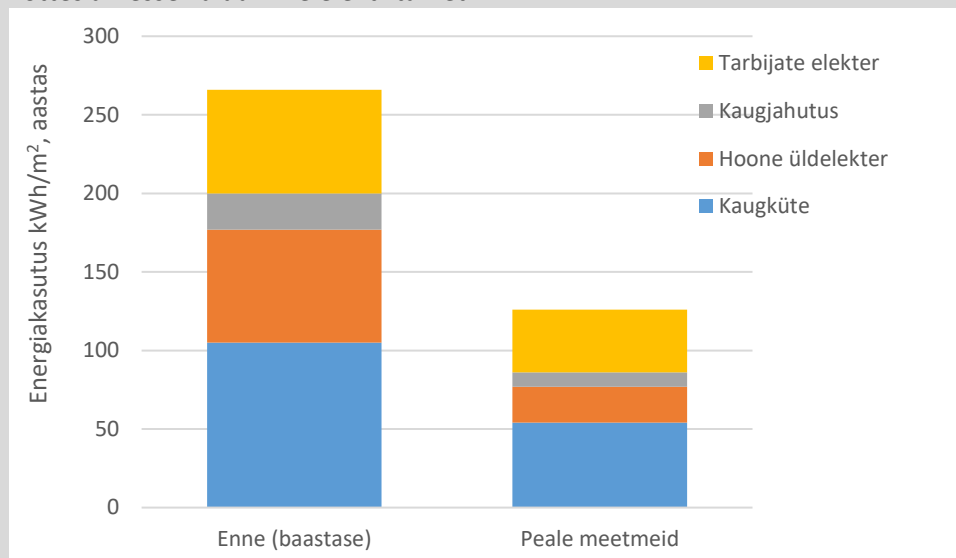
## Tasuvuse järelkontroll

Tasuvuse järelkontrollis võetakse aluseks hoone tegelik mõõdetud energiakasutus ja läbiviidud meetmete tegelik maksumus, st teises etapis dokumenteeritud kulud. Mõõdetud energiakasutuse abil hinnatakse saavutatud energiasäästu ja võrreldakse seda esimese etapis arvatutuga.

Tegeliku tasuvuse määramiseks arvutatakse tulu sisenorm meetmete paketile tervikuna, mida seejärel võrreldakse esimese etapi tulemustega.

### Näide

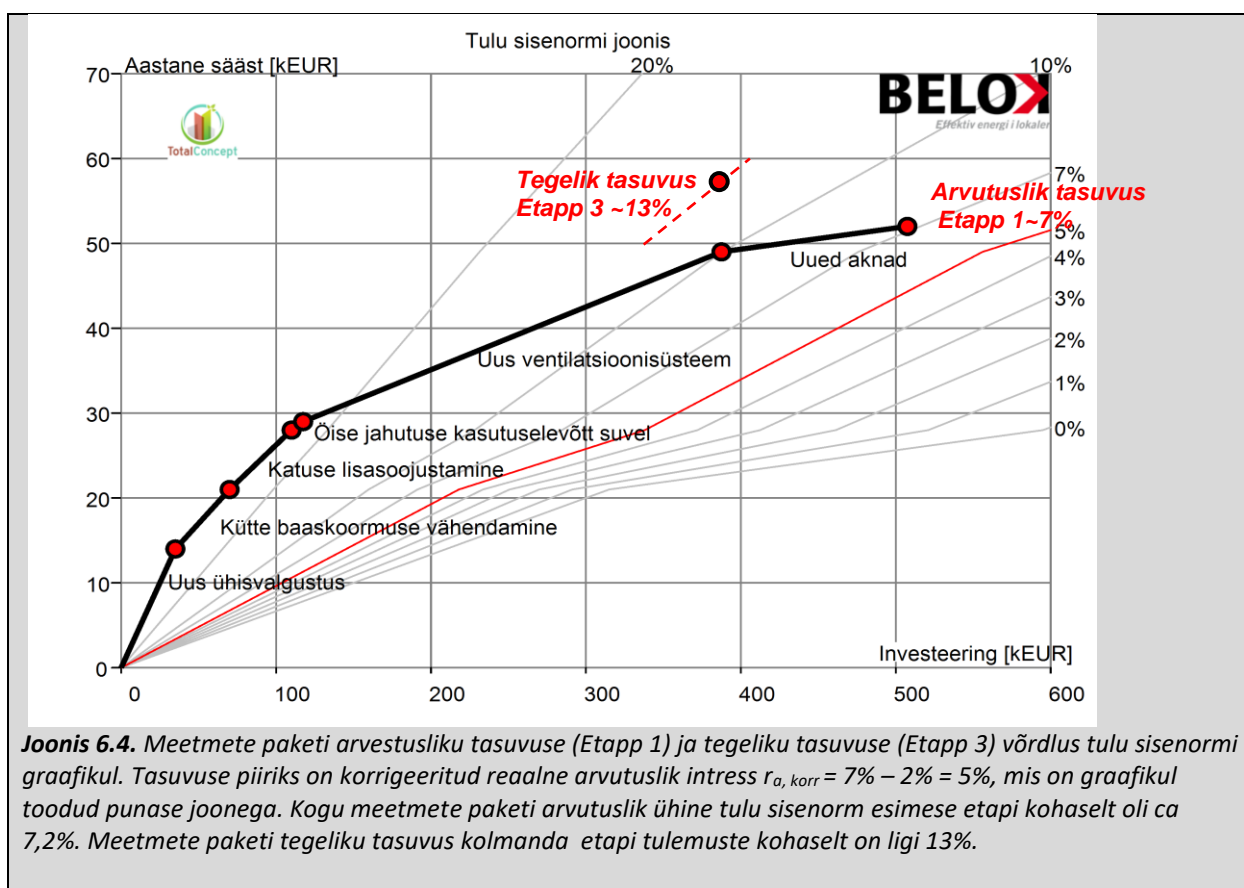
Kontorihoones, mille põranda köetav pindala on 7600 m<sup>2</sup>, viidi läbi hoone renoveerimine energiatõhususe tõstmiseks, lähtudes meetodist Total Concept. Allpool toodud graafikul on esitatud hoone mõõdetud energiakasutus enne renoveerimist ja pärast renoveerimist, st kolmandas etapis saadud tulemus. Energiatõhususe tõstmise meetmete paketi läbiviimise tulemusena vähendati hoone energiavajadust ligikaudu 53%. Energiakasutus vähenes 266 kWh/m<sup>2</sup>-lt aastas 126 kWh/m<sup>2</sup>-ni aastas, võttes arvesse ka üürnike elektritarvet.



**Joonis 6.3.** Mõõdetud energiatarve pärast meetmete paketi läbiviimist (Etapp 3 tulemus)

Alljärgnev tulu sisenormi graafik kujutab meetmete paketi arvutuslikku tasuvust (esimese etapi tulemus) koos tegeliku tasuvusega, mis arvutati kolmandas etapis. Esimeses etapis kokku pandud meetmete paketi arvutuslik tasuvus oli ligi 7%. Tellija tasuvusnõude kohaselt pidi investeering andma tootlikkust vähemalt 7%. Samal ajal eeldati, et suhteline iga-aastane energiahinna tõus on 2% üle üldise inflatsioonitaseme. Kolmanda etapi tasuvuse järelkontroll andis tulemuseks, et meetmete paketi tulu sisenorm on ligi 13%. Hoone aastane energiakulude kokkuhoid on ligi 58 000 €.

Hoone käitustingimused erinesid mõnevõrra sellest, mida hinnati esimeses etapis tehtud arvutustes. Ehituse käigus tuvastati, et hoone infiltratsioonimäär on mõnevõrra suurem kui esialgu hinnatud. Samuti ei saanud katuse lisasoojustamist läbi viia samas mahus nagu planeeriti. Lisaks oli järelmonitooringu läbiviimise ajal osa hoonest välja üürimata. See tõi kaasa mõningased erinevused hoone arvutusliku ja tegeliku aastase energiakasutuse vahel peale renoveerimist. Ehitusprotsessi jooksul jälgiti ka tegelikke investeeringu kulusid ja tulemused näitasid, et need olid kalkulatsioonidest ligi 25% madalamad. Selle põhjuseks võib pidada turu langust, mis toimus rekonstrueerimistööde läbiviimise ajal.



Kui oodatud ja tegelik aastane kulude kokkuhoid ning tasuvuse tulemused erinevad oluliselt, tuleks analüüsida järgmisi küsimusi:

- Kas hoone ja selle tehnilised süsteemid toimivad nii nagu ette nähtud? Kontrollige hoolikalt süsteemide funktsioone ning vajaduse korral kõrvaldage puudujäägid.
- Kas käitustingimused ja hoone kasutus on muutunud pärast esimeses etapis läbiviitud energiaauditeerimist ja arvutuste läbiviimist?
- Kas tegelik meetmete investeeringu kulu erineb märkimisväärselt esimese etapi kalkulatsioonidest? Mis võiks olla selle põhjus?
- Kas on mingi muu põhjus, mis võis mõjutada arvestuslikku energiasäästu, näiteks kas samal ajal viidi läbi muid töid, mis polnud meetodist Total Concept lähtuva projektiga seotud? Sellisel juhul on oluline hoida energiasäästuga seotud meetmete kulud ja hoone üldise moderniseerimistöödega seotud kulud eraldi.



## Lisa 1. Kolm näidet projektidest, kus on kasutanud meetodit Total Concept

### 1) Pennfäktaren, Vasagatan, Stockholm

Pennfäktaren on kontorihoone Stockholmis, mille omanik on Vasakronan AB. Hoone täielik rekonstrueerimine viidi läbi aastatel 2008–2010, mille käigus teostati ka meetodist Total Concept lähtuv hoone energiatõhususe tõstmine.



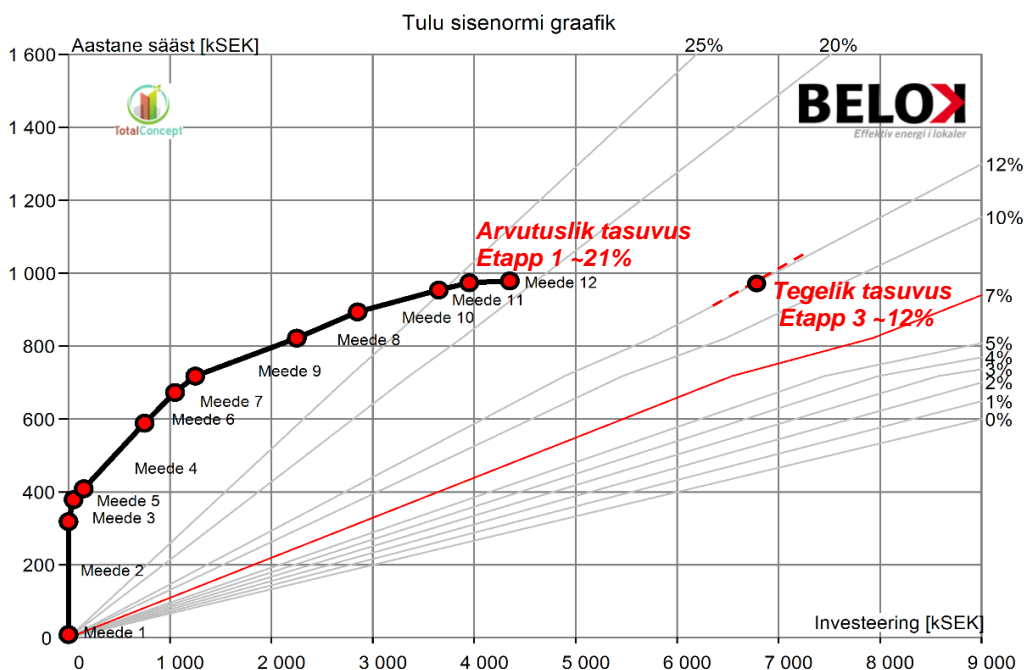
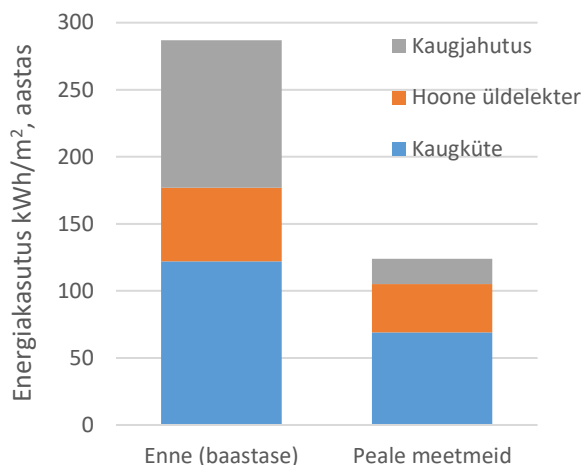
Ehitusaasta	1975
Rekonstrueerimine	2008–2010
Põranda pindala (köetav pind)	12 600 m <sup>2</sup>
Kasutusala	Kontor, poed
Soojustootmine	Kaugküte
Jahutustootmine	Kaugjahutus
Hoone erieneergiakasutus enne rekonstrueerimist (v.a üürnike elekter)	287 kWh/m <sup>2</sup> aastas

### Meetmete pakett

Hoones viidi energiatõhususe tõstmiseks läbi järgmised meetmed:

- Muudatused jahutussüsteemis (meede 1)
- Nõudluspõhiselt reguleeritava ventilatsioonisüsteemi paigaldus (meede 2)
- Energiatõhusate sooja tarbevee seadmete paigaldus (meede 3)
- Sorptsioonjahutus tavalise agregaadi ja kaugjahutuse asemel (meede 4)
- Väiksemate sagedusmuunduriga jahutussüsteemi pumpade paigaldus (meede 5)
- Uus ventilatsiooniagregaat regeneratiivse soojustagastiga (meede 6)
- Kaugkütte soojussõlme vahetus (meede 7)
- Efektivsem valgustuse juhtimine. Uus garaaži valgustus (meede 8)
- Energiatõhusamate akende paigaldus õue poole (meede 9)
- Päikesekollektorite paigaldus kütte ja sooja tarbevee jaoks (meede 10)
- Halogeen kohtvalgustite (35 W) vahetus energiatõhusamate kohtvalgustite vastu (6W) (meede 11)
- Päikesepaneelide paigaldus 50 m<sup>2</sup> (meede 12)

Meetmete paketi arvutuslik sääst esimese etapi kohaselt oli ligi 55% ning paketi tulu sisenorm ligi 21%. Kolmanda etapi järelmonitooringu käigus mõõdetud hoone erienergiakasutus oli ligi 124 kWh/m<sup>2</sup> aastas (v.a. tarbijate elekter). Kogu energiasääst oli seega ligi 57% ning meetmete paketi tegelik tasuvus 12%. Kolmanda etapi tulemus näitas, et hoone tehniliste süsteemide optimeerimiseks ja energia aspektist vastuvõetava funktsiooni tagamiseks läks rohkem kui aasta. Mitmed väljapakutud süsteemilahendused nõudsid rohkem aega ja rahalisi ressursse.



## 2) Getholmen, Skärholmen Stockholm

Getholmen on kontorihoone Skärholmenis, Stockholmis, mille omanik on Fastighets AB Brostaden.



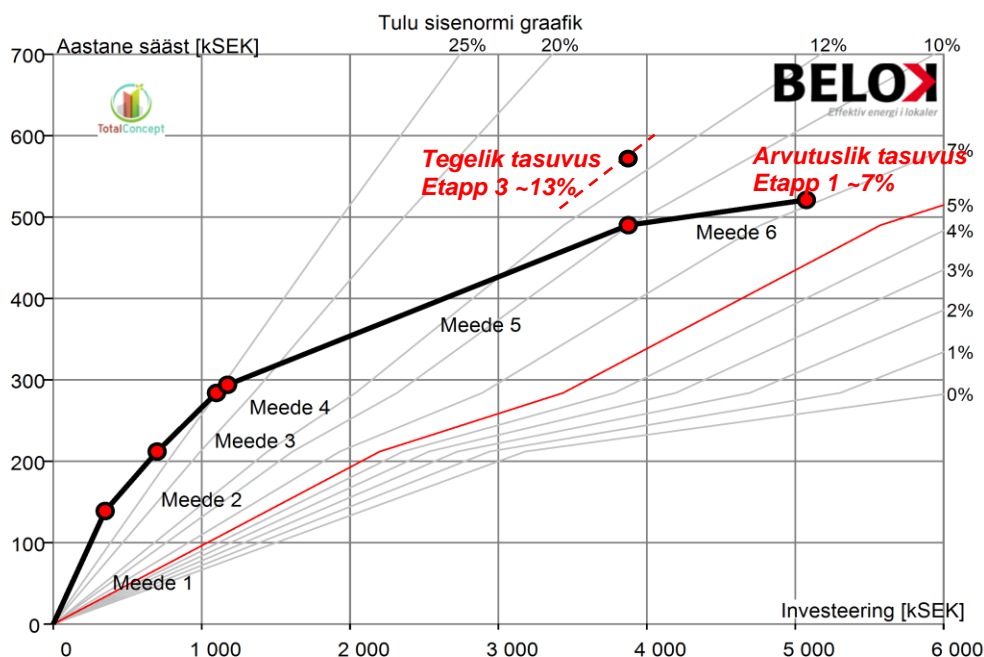
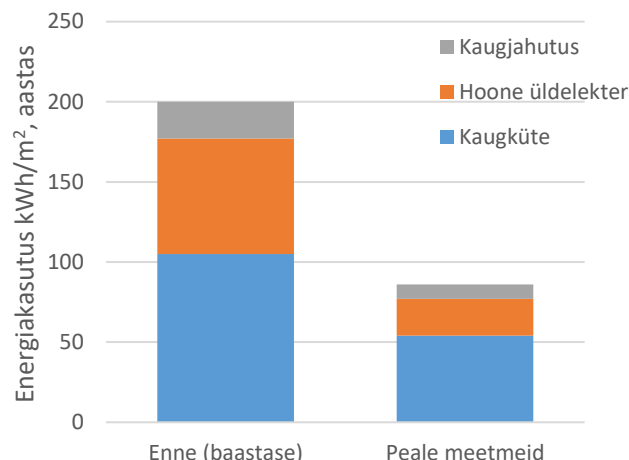
Ehitusaasta	1975
Rekonstrueerimine	2007–2010
Põranda pindala (köetav pind)	7 600 m <sup>2</sup>
Kasutusala	kontor
Soojustootmine	Kaugküte
Jahutustootmine	Kaugjahutus
Hoone erienergiakasutus enne rekonstrueerimist (v.a. üürnike elekter)	200 kWh/m <sup>2</sup> aastas

## Meetmete pakett

Hoones viidi energiatõhususe tõstmiseks läbi järgmised meetmed:

- Uus ühisvalgustus (meede 1)
- Kütte baaskoormuse vähendamine (meede 2)
- Katuse lisasoojustamine (meede 3)
- Öise jahutuse kasutuselevõtt (meede 4)
- Uus ventilatsioonisüsteem (meede 5)
- Uued aknad (meede 6)

Meetmete paketi arvutuslik sääst 1. etapi kohaselt oli ligi 55% (v.a tarbijate elekter) ning paketi tulu sisenorm ligi 7%. Tellija tasuvusnõude kohaselt pidi investeering andma tootlikkust 7%. Samal ajal eeldati, et suhteline iga-aastane energiahinna tõus on 2% üle üldise inflatsioonitaseme. Kolmanda etapi järelmonitooringu käigus mõõdetud hoone erienergiakasutus oli ligi 86 kWh/m<sup>2</sup> aastas (v.a tarbijate elekter). Kogu energiasääst oli seega ligi 57% ning meetmete paketi tegelik tasuvus 13%. Hoone käitustingimused erinesid mõnevõrra sellest, mida hinnati esimeses etapis läbiviidud arvutustes. Lisaks oli järelmonitooringu läbiviimise ajal osa hoonest välja üürimata. See tõi kaasa mõningased erinevused arvutusliku ja tegeliku aastase energiakasutuse vahel. Tegelikud investeeringu kulud olid kalkultatsioonidest ligi 25% madalamad seoses turu langusega, mis toimus rekonstrueerimistööde läbiviimise ajal.



### 3) Hägern mindre 7, Drottninggatan Stockholm

Hägern mindre 7 on kontorihoone Stockholmis, mille omanik on Fabege AB. Aastal 2001 viidi hoones läbi esimene rekonstrueerimine, mille käigus vahetati välja osa soojussõlmest ja renoveeriti osa ventilatsioonisüsteemist. Aastatel 2010–2011 viidi läbi täiendav renoveerimine, lähtudes meetodist Total Concept.



Ehitusaasta	1970
Rekonstrueerimine	2001, 2010–2011
Põranda pindala (köetav pind)	17 200 m <sup>2</sup>
Kasutusala	Kontor, poed
Soojustootmine	Kaugküte
Jahutustootmine	Kaugjahutus
Hoone erieneergiakasutus enne rekonstrueerimist (v.a üürnike elekter)	197 kWh/m <sup>2</sup> aastas

#### Meetmete pakett

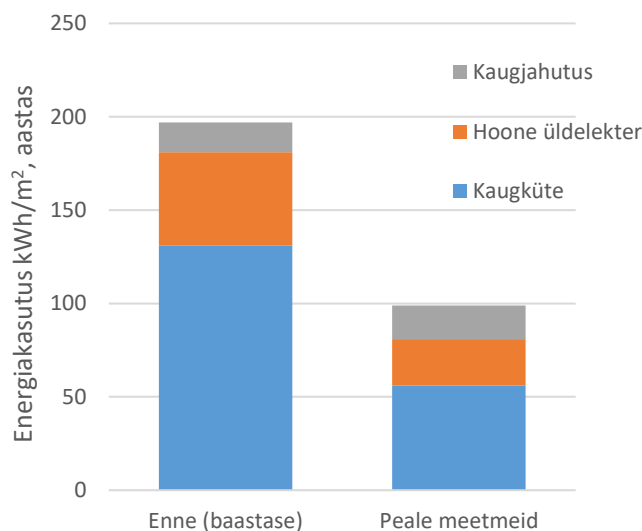
Hoones viidi energiatõhususe tõstmiseks läbi järgmised meetmed:

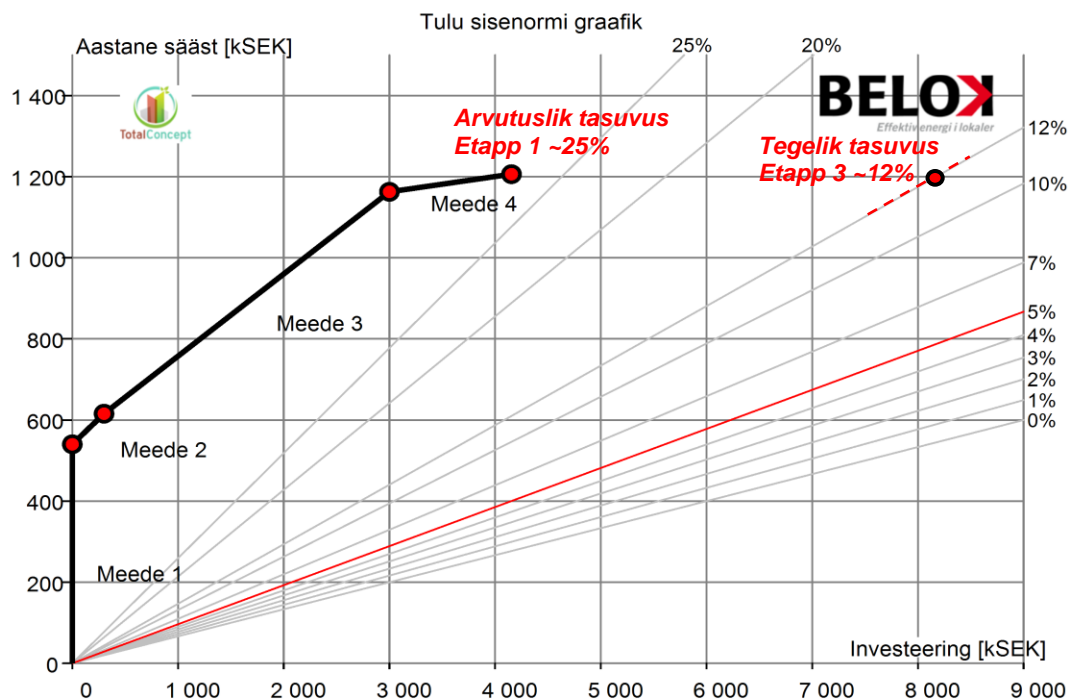
- Ventilatsioonisüsteemide töö optimeerimine (meede 1)
- Vabajahutuse lisamine jahutussüsteemile (meede 2)
- Ventilatsiooniagregaatide vahetus (meede 3)
- Nõudluspõhiselt reguleeritav ventilatsioon poodidele (meede 4)

Meetmete paketi arvutuslik sääst 1. etapi kohaselt oli ligi 53% (v.a tarbijate elekter) ning paketi tulu sisenorm ligi 25%. Tellija tasuvusnõude kohaselt pidi investering andma tootlikkust 7%. Samal ajal eeldati, et suhteline igaaastane energiahinna tõus on 2% üle üldise inflatsioonitaseme.

Kolmanda etapi järelmonitooringu käigus mõõdetud hoone erieneergiakasutus oli ligi 99 kWh/m<sup>2</sup> aastas (v.a tarbijate elekter). Kogu energiasääst oli seega ligi 50% ning meetmete paketi tegelik tasuvus 12%.

Hoone tehniliste süsteemide renoveerimine oli tunduvalt mahukam kui esialgu planeeriti. Selle peamine põhjus oli asjaolu, et rekonstrueerimise ajal ei saanud poode sulgeda, mistõttu muutus ventilatsioonikanalite paigaldus palju keerulisemaks ja kallimaks.





## Lisa 2. Majandusarvestuse abitabelid

**Tabel 1. Diskontotegur  $i(i,n)$**

$$i(i,n) = \frac{1}{(1+i/100)^n},$$

kus

i = intressimäär, %

n= investeringu eluiga, aastates

<b>Aasta</b>	<b>4%</b>	<b>6%</b>	<b>8%</b>	<b>10%</b>	<b>12%</b>	<b>15%</b>	<b>20%</b>	<b>25%</b>
<b>1</b>	0,9615	0,9434	0,9259	0,9091	0,8929	0,8696	0,8333	0,8000
<b>2</b>	0,9246	0,8900	0,8573	0,8264	0,7972	0,7561	0,6944	0,6400
<b>3</b>	0,8890	0,8396	0,7938	0,7513	0,7118	0,6575	0,5787	0,5120
<b>4</b>	0,8548	0,7921	0,7350	0,6830	0,6355	0,5718	0,4823	0,4096
<b>5</b>	0,8219	0,7473	0,6806	0,6209	0,5674	0,4972	0,4019	0,3277
<b>6</b>	0,7903	0,7050	0,6302	0,5645	0,5066	0,4323	0,3349	0,2621
<b>7</b>	0,7599	0,6651	0,5835	0,5132	0,4523	0,3759	0,2791	0,2097
<b>8</b>	0,7307	0,6274	0,5403	0,4665	0,4039	0,3269	0,2326	0,1678
<b>9</b>	0,7026	0,5919	0,5002	0,4241	0,3606	0,2843	0,1938	0,1342
<b>10</b>	0,6756	0,5584	0,4632	0,3855	0,3220	0,2472	0,1615	0,1074
<b>11</b>	0,6496	0,5268	0,4289	0,3505	0,2875	0,2149	0,1346	0,0859
<b>12</b>	0,6246	0,4970	0,3971	0,3186	0,2567	0,1869	0,1122	0,0687
<b>13</b>	0,6006	0,4688	0,3677	0,2897	0,2292	0,1625	0,0935	0,0550
<b>14</b>	0,5775	0,4423	0,3405	0,2633	0,2046	0,1413	0,0779	0,0440
<b>15</b>	0,5553	0,4173	0,3152	0,2394	0,1827	0,1229	0,0649	0,0352
<b>16</b>	0,5339	0,3936	0,2919	0,2176	0,1631	0,1069	0,0541	0,0281
<b>17</b>	0,5134	0,3714	0,2703	0,1978	0,1456	0,0929	0,0451	0,0225
<b>18</b>	0,4936	0,3503	0,2502	0,1799	0,1300	0,0808	0,0376	0,0180
<b>19</b>	0,4746	0,3305	0,2317	0,1635	0,1161	0,0703	0,0313	0,0144
<b>20</b>	0,4564	0,3118	0,2145	0,1486	0,1037	0,0611	0,0261	0,0115
<b>25</b>	0,3751	0,2330	0,1460	0,0923	0,0588	0,0304	0,0105	0,0038
<b>30</b>	0,3083	0,1741	0,0994	0,0573	0,0334	0,0151	0,0042	0,0012
<b>35</b>	0,2534	0,1301	0,0676	0,0356	0,0189	0,0075	0,0017	0,0004
<b>40</b>	0,2083	0,0972	0,0460	0,0221	0,0107	0,0037	0,0007	0,0001
<b>45</b>	0,1712	0,0727	0,0313	0,0137	0,0061	0,0019	0,0003	0,0000
<b>50</b>	0,1407	0,0543	0,0213	0,0085	0,0035	0,0009	0,0001	0,0000

**Tabel 2. Diskonteeritud tulu tegur  $I(i,n)$** 

$$I(i,n) = \frac{1 - (1 + i/100)^{-n}}{i/100},$$

kus

i = intressimäär, %

n = investeringu eluiga, aastates

Aasta	4%	6%	8%	10%	12%	15%	20%	25%
1	0,9615	0,9434	0,9259	0,9091	0,8929	0,8696	0,8333	0,8000
2	1,8861	1,8334	1,7833	1,7355	1,6901	1,6257	1,5278	1,4400
3	2,7751	2,6730	2,5771	2,4869	2,4018	2,2832	2,1065	1,9520
4	3,6299	3,4651	3,3121	3,1699	3,0373	2,8550	2,5887	2,3616
5	4,4518	4,2124	3,9927	3,7908	3,6048	3,3522	2,9906	2,6893
6	5,2421	4,9173	4,6229	4,3553	4,1114	3,7845	3,3255	2,9514
7	6,0021	5,5824	5,2064	4,8684	4,5638	4,1604	3,6046	3,1611
8	6,7327	6,2098	5,7466	5,3349	4,9676	4,4873	3,8372	3,3289
9	7,4353	6,8017	6,2469	5,7590	5,3282	4,7716	4,0310	3,4631
10	8,1109	7,3601	6,7101	6,1446	5,6502	5,0188	4,1925	3,5705
11	8,7605	7,8869	7,1390	6,4951	5,9377	5,2337	4,3271	3,6564
12	9,3851	8,3838	7,5361	6,8137	6,1944	5,4206	4,4392	3,7251
13	9,9856	8,8527	7,9038	7,1034	6,4235	5,5831	4,5327	3,7801
14	10,5631	9,2950	8,2442	7,3667	6,6282	5,7245	4,6106	3,8241
15	11,1184	9,7122	8,5595	7,6061	6,8109	5,8474	4,6755	3,8593
16	11,6523	10,1059	8,8514	7,8237	6,9740	5,9542	4,7296	3,8874
17	12,1657	10,4773	9,1216	8,0216	7,1196	6,0472	4,7746	3,9099
18	12,6593	10,8276	9,3719	8,2014	7,2497	6,1280	4,8122	3,9279
19	13,1339	11,1581	9,6036	8,3649	7,3658	6,1982	4,8435	3,9424
20	13,5903	11,4699	9,8181	8,5136	7,4694	6,2593	4,8696	3,9539
25	15,6221	12,7834	10,6748	9,0770	7,8431	6,4641	4,9476	3,9849
30	17,2920	13,7648	11,2578	9,4269	8,0552	6,5660	4,9789	3,9950
35	18,6646	14,4982	11,6546	9,6442	8,1755	6,6166	4,9915	3,9984
40	19,7928	15,0463	11,9346	9,7791	8,2438	6,6418	4,9966	3,9995
45	20,7200	15,4558	12,1084	9,8628	8,2825	6,6543	4,9986	3,9998
50	21,4822	15,7619	12,2335	9,9148	8,3045	6,6605	4,9995	3,9999

**Tabel 3. Aastamaksete tegur  $P(i,n)$** 

$$P(i,n) = \frac{i/100}{1 - (1 + i/100)^{-n}},$$

kus

i = intressimäär, %

n = investeeringu eluiga, aastates

<b>Aasta</b>	<b>4%</b>	<b>6%</b>	<b>8%</b>	<b>10%</b>	<b>12%</b>	<b>15%</b>	<b>20%</b>	<b>25%</b>
<b>1</b>	1,0400	1,0600	1,0800	1,1000	1,1200	1,1500	1,2000	1,2500
<b>2</b>	0,5302	0,5454	0,5608	0,5762	0,5917	0,6151	0,6545	0,6944
<b>3</b>	0,3603	0,3741	0,3880	0,4021	0,4163	0,4380	0,4747	0,5123
<b>4</b>	0,2755	0,2886	0,3019	0,3155	0,3292	0,3503	0,3863	0,4234
<b>5</b>	0,2246	0,2374	0,2505	0,2638	0,2774	0,2983	0,3344	0,3718
<b>6</b>	0,1908	0,2034	0,2163	0,2296	0,2432	0,2642	0,3007	0,3388
<b>7</b>	0,1666	0,1791	0,1921	0,2054	0,2191	0,2404	0,2774	0,3163
<b>8</b>	0,1485	0,1610	0,1740	0,1874	0,2013	0,2229	0,2606	0,3004
<b>9</b>	0,1345	0,1470	0,1601	0,1736	0,1877	0,2096	0,2481	0,2888
<b>10</b>	0,1233	0,1359	0,1490	0,1627	0,1770	0,1993	0,2385	0,2801
<b>11</b>	0,1141	0,1268	0,1401	0,1540	0,1684	0,1911	0,2311	0,2735
<b>12</b>	0,1066	0,1193	0,1327	0,1468	0,1614	0,1845	0,2253	0,2684
<b>13</b>	0,1001	0,1130	0,1265	0,1408	0,1557	0,1791	0,2206	0,2645
<b>14</b>	0,0947	0,1076	0,1213	0,1357	0,1509	0,1747	0,2169	0,2615
<b>15</b>	0,0899	0,1030	0,1168	0,1315	0,1468	0,1710	0,2139	0,2591
<b>16</b>	0,0858	0,0990	0,1130	0,1278	0,1434	0,1679	0,2114	0,2572
<b>17</b>	0,0822	0,0954	0,1096	0,1247	0,1405	0,1654	0,2094	0,2558
<b>18</b>	0,0790	0,0924	0,1067	0,1219	0,1379	0,1632	0,2078	0,2546
<b>19</b>	0,0761	0,0896	0,1041	0,1195	0,1358	0,1613	0,2065	0,2537
<b>20</b>	0,0736	0,0872	0,1019	0,1175	0,1339	0,1598	0,2054	0,2529
<b>25</b>	0,0640	0,0782	0,0937	0,1102	0,1275	0,1547	0,2021	0,2509
<b>30</b>	0,0578	0,0726	0,0888	0,1061	0,1241	0,1523	0,2008	0,2503
<b>35</b>	0,0536	0,0690	0,0858	0,1037	0,1223	0,1511	0,2003	0,2501
<b>40</b>	0,0505	0,0665	0,0839	0,1023	0,1213	0,1506	0,2001	0,2500
<b>45</b>	0,0483	0,0647	0,0826	0,1014	0,1207	0,1503	0,2001	0,2500
<b>50</b>	0,0466	0,0634	0,0817	0,1009	0,1204	0,1501	0,2000	0,2500



## Lisa 3. Erinevate meetmete soovituslike majanduslike eluigade näited

**Tabel A1.** Energiasäästu meetmete soovituslik majanduslik eluiga erinevate allikate alusel (võrdlusprojektid Rootsis, EL-i standardid ja dokumendid)

Meede	Majanduslik eluiga [aastat]		
	Võrdlusprojektid (Rootsi) <sup>[1]</sup>	CEN 15459 <sup>[2]</sup>	2006/32/EC <sup>[3]</sup>
Fassaadi soojustamine	40	-	25–30
Katuse soojustamine	40	-	25
Vundamendi soojustamine	40	-	25
Soojusvahetiga ventilatsiooniseadme paigaldus	20	15–20	17–20
Energiatõhusad aknad	30	-	30
Nõudluspõhiselt reguleeritav ventilatsioonisüsteem (DCV)	15	15	15
Sooja tarbevee mõõdikute paigaldus eri kasutajatele	15	10 <sup>6</sup>	-
Päikesekollektorid	20	15–25	20
Päikesepaneelid	20	-	23
Hoone välispiirete tihendamine	40	-	5
Väljatõmbeõhu soojuspump	15	15–20	15
Küttesüsteemi parem juhtimine	15	15–25	10
Sooja tarbevee tarvikute asendamine (segistid)	15	-	15
Energiatõhus valgustus	15	-	10–15
Meetmed elektriseadmetes (valgustus, ventilaatorid, pumbad)	15	-	-

### Viited

[1] Majanduslikud eluead, mis põhinevad BELOK grupi liikmete poolt läbiviidud projektidele.

[2] EN 15459:2007 „Energy performance of buildings – Economic evaluation procedure for energy systems in buildings“.

[3] Euroopa komisjon. „Recommendations on measurement and verification methods in the framework of Directive 2006/32/EC on energy end-use efficiency and energy services“.

<sup>6</sup> Kehtib mõõteseadmetele

## **Lisa 4. Hoone haldurile, tehnilisele personalile ja üürnike esindajale esitatavate küsimuste kontrollnimekiri**

### **Hoone haldurile ja tehnilisele personalile esitatavate küsimuste kontrollnimekiri**

- Kirjeldage hoone üldist kasutust ja käitust? Kas hoone kasutajate vajadused on täidetud?
- Kirjeldage erinevaid tehnilisi süsteeme ja nende toimimist hoones, sh kütte, ventilatsiooni ja jahutuse süsteeme? Kas esineb või on esinenud häireid süsteemide töös ning milliseid meetmeid on rakendatud nende kõrvaldamiseks?
- Milliseid ehituslikke muudatusi ja tehniliste süsteemide muudatusi on viimase 10 aasta jooksul ellu viidud?
- Millised nõuded sisekliimale hoones (hoonetes) kehtivad? Kas need nõuded on täidetud? Milliseid probleeme on ette tulnud (kui üldse)?
- Kas on esinenud hoone kasutajate poolseid kaebusi (nt hoone ruumidele, sisekliimale)? Kui jah, siis milliseid kaebusi ja milliseid meetmeid rakendati nende kõrvaldamiseks?
- Kas on juba plaanitud läbi viia hoones mingeid ehituslikke muudatusi või renoveerimistöid? Kui jah, siis milliseid?
- Kas hoone tehnilisel personalil või hoone halduril on omapoolseid ettepanekuid selle kohta, mida energia tõhususe tõstmiseks võiks ette võtta?

### **Üürnike esindajale esitatavate küsimuste kontrollnimekiri**

- Kuidas hoonet või selle osasid kasutatakse?
- Mis on hoones või selle osades viibivate inimeste keskmine arv tööajal? Maksimaalne inimeste arv? Mitu ruumi on tavaliselt korraga kasutuses? Millal neid kasutatakse (tööaeg), kas neid kasutatakse ka pühade ajal jne?
- Mida arvavad üürnikud / hoone kasutajad sisekliimast?
- Kas hoone ruumidega või hoone käitusega on esinenud varasemalt kaebusi?
- Milline on üürnike esindaja arvates hoone seisukord? Kas on mingeid ettepanekuid soovituslike meetmete kohta?
- Mis tüüpi masinaid ja seadmeid kasutavad üürnikud / hoone kasutajad töö ajal (seadme otstarve, omadused, arv, tööajad jne)?
- Kas üürnikud / hoone kasutajad vastutavad ka valgustuse ja selle vahetuse eest?

## Lisa 5. Hoone energiatõhususe tõstmise meetmete kontrollnimekiri

Järgmist kontrollnimekirja saab kasutada hoones energiaauditi läbiviimisel, kui uuritakse, kas ja kuidas on võimalik tõhustada hoone välispiirdeid ja hoone tehnilisi süsteeme. Nimekiri sisaldab nii kontrollküsimusi erinevate hoone osade analüüsimiseks auditeerimisel kui ka soovitusi võimalike meetmete kohta. See nimekiri pole täielik ja näidatud on ainult teatud valik tavalisematest lahendustest mitte-eluhoonetes.

Hoone välispiirete parendamise võimalused on mitte-eluhoonetes üsnagi piiratud. Samas võib teatud juhtudel siiski olla võimalik hoone välispiirete lisasoojustamine ja akende/välisuste vahetus energiatõhusamate vastu. Seda eriti siis, kui hoone välispiirete osad vajavad niikuinii parandust ja hooldust.

**Märkus.** Teostatavast meetmest hoolimata tuleb hoonet käsitleda alati kui tervikut. Pidage alati meeles, et meetmed võivad üksteist mõjutada ja energiasäästu hindamiseks on enamasti vaja läbi viia täpsemaid arvutusi.

### Hoone välispiirded

- Mis tüüpi välisused on hoonele paigaldatud? Kas on uksi, mida ei saa täielikult sulgeda?
  - Paigaldage automaatsed ukse sulgurid.
  - Kaaluge välisuste tihendamist õhulekke vähendamiseks.
  - Kaaluge olemasolevate välisuste asendamist uute vastu, millel on parem U-arv.
  - Kaaluge tihedama kasutusega uste korral tuulekodade ehitust, et vähendada sissetungiva välisõhu hulka.
- Millises seisukorras on katuse soojustus?
  - Kaaluge lisasoojustuse paigaldamist
- Kuidas on soojustatud keldriseinad ja fassaad?
  - Kaaluge lisasoojustuse paigaldamist
- Mis tüüpi aknad on hoone paigaldatud? Milline on nende seisukord?
  - Kaaluge akende tihendamist õhulekke vähendamiseks.
  - Paigaldage olemasolevatele akendele isoleerklaas (lisaklaas). Energiasäästu vaatenurgast võib sääst olla tagasihoidlikum, kuid sedasi saab mõningal määral parandada näiteks sisekliimat.
  - Kaaluge energiatõhusamate akende paigaldamist Akende vahetusel ei ole enamasti mõju ainult energiasäästule vaid ka hoone sisekliimale. *Kui on vajadus parandada meetmega täiendavalt ka sisekliimat, siis tuleks hoida hoone funktsiooni parendamiseks ja energiatõhususe tõstmiseks vajalikud kulud üksteisest lahus (kui võimalik).*

## Hoone küttesüsteemid

### Küttevajadus ruumis:

- Kas küttevajadust on võimalik vähendada?
  - Kohandage küttehooajal toatemperatuuri.
  - Kohandage ventilatsiooni sissepuhkeõhu temperatuuri.
  - Vältige ruumi samaaegset kütmist ja jahutamist.
  - Parendage hoone välispiirdeid: vähendage õhulekkeid (infiltratsiooni), vähendage külmasildasid, tõstke konstruktsiooniosade U-arvu.

### Kütte jaotussüsteem:

- Kas ruumide seadmed/radiaatorid töötavad korralikult? Kas radiaatoritel on termostaadid? Kas termostaadid töötavad?
  - Paigaldage/asendage termostaadid.
  - Parandage ruumiseadmete/radiaatorite funktsioneerimist
- Millal teostati viimati vesiküttesüsteemi tasakaalustamine? Kas on probleeme ebaühtlase temperatuuride jaotumisega hoones? Kas talvel on probleeme liiga soojade või liiga külmade ruumidega?
  - Tasakaalustage küttesüsteem. Märkus: *Vesiküttesüsteemi tasakaalustamine on vajalik isegi siis, kui ellu viiakse muid meetmeid, mis mõjutavad hoone soojusenergiavajadust (nt akende vahetamine)!*
- Kuidas reguleeritakse jaotussõlmes pumpade tööd? Kas pumpade suurus vastab vajadusele?
  - Asendage vanad pumbad, mis on sageli vähetõhusad, uute energiaefektiivsemate pumpade vastu.
  - Paigaldage sagedusmuunduriga pumbad, kui see aitab parandada süsteemi toimimist.
  - Optimeerige pumpade tööd (käitusaegu).
- Millised on erinevate kütte jaotussüsteemide pealevoolu temperatuurid?
  - Kohandage kütte pealevoolutemperatuuri kõverat jaotussõlmes.
- Kas kütetorud on soojustatud? Milline on soojustusmaterjali seisukord?
  - Tõhustage torustiku soojustust.
- Kas hoone ees on kattepinnase alune maaküte? Kuidas seda reguleeritakse? Kas on vaja maakütet? Kas talvel esineb jääga probleeme?
  - Kohandage/tõhustage vajaduse korral hooneesise maakütte reguleerimist.

### Soojustootmine:

- Millises seisus ja olukorras on olemasolev kütteseade? Mis on süsteemi kasutegur? Kui suured on süsteemi soojuskaod?
  - Vahetage tõhusama soojustootmise seadme vastu.
  - Kohandage kütte pealevoolutemperatuuri kõverat soojussõlmes.
  - Võtke kasutusele keskkonnasõbralikum energiaallikas, kui vana katel tuleb niikuinii asendada.

**Sooja tarbevee süsteem:**

- Millises seisus on praegused tarbevee seadmed ja torustik?
  - Paigaldage energiatõhusamad tarbevee armatuurid. Kaasaegsed seadmed on palju paremate tihenditega ja kasutavad palju vähem vett, mis võimaldab säästa nii vett kui ka energiat tarbevee soojendamiseks.
- Kas sooja tarbevee torud on soojustatud? Milline on soojustusmaterjali seisukord?
  - Parandage sooja tarbevee torude isolatsiooni.
- Kontrollige, kas sooja tarbevee ringluspump töötab korralikult.
  - Võtke ringlussüsteemis kasutusele energiatõhusam ringluspump.

**Jahutussüsteemid****Jahutusvajadus ruumis:**

- Kas on võimalik ruumi jahutuskooormust vähendada?
  - Vähendage ruumides tekkivat vabasoojust, asendage näiteks valgustussüsteem ja kontoriseadmed energiatõhusamatega.
  - Suurendage võimaluse korral ruumis nõutavat õhutemperatuuri jahutusperioodi ajal.
  - Paigaldage akendele hoonevälised päikesekaitseid.
  - Paigaldage akendele päikesekaitsekiled.
  - Kasutage öist jahutust ja vabajahutust.
  - Ärge kütke ja jahutage ruumi samaaegselt ning kontrollige, et radiaatorid ja muud kütteallikad oleksid välja lülitatud, kui esineb jahutusvajadus.
  - Kohandage ventilatsiooni sissepuhkeõhu temperatuure.
- Kuidas toimub kohalik jahutus serveri ruumides, arvutiruumides ja teistes ruumides, kus esineb palju seadmetest tulenevat vabasoojust? Millised on nõuded seadetemperatuuridele?
  - Kohandage seadetemperatuuri.

**Jahutuse jaotussüsteem:**

- Kas ruumide jahutusseadmed/jahutustalad töötavad korralikult? Kas seadmete termostaadid töötavad?
  - Paigaldage/asendage ruumitermostaadid.
  - Parandage ruumiseadmete toimimist.
- Millal teostati viimati vesijahutussüsteemi tasakaalustamine?
  - Tasakaalustage jahutussüsteem.
- Kuidas reguleeritakse jaotussõlmes pumpade tööd? Kas pumpade suurus vastab vajadusele?
  - Asendage vanad pumbad, mis on sageli vähetõhusad, uute energiaefektiivsemate pumpade vastu.
  - Paigaldage sagedusmuunduriga pumbad, kui see aitab parandada süsteemi toimimist.
- Kas jahutusvedeliku torud on piisava isolatsiooniga? Milline on isolatsiooni seisukord?
  - Tõhustage torude isolatsiooni.

**Jahutusseadmed:**

- Millises seisus ja olukorras on olemasolev jahutusseade/seadmed?
  - Vahetage tõhusama jahutusseadme vastu.
  - Kohandage seadme töötemperatuure ja tööaegu vastavalt tegelikule nõudlusele.
  - Kontrollige seadme soojusülekanne pindade seisundit ja vajaduse korral puhastage need.
- Kas kondensaatori soojust on võimalik ära kasutada sooja tarbevee eelsoojendamiseks?
- Kas süsteemis on võimalik kasutada vabajahutust? *See võib nõuda ulatuslikke lisapaigaldisi olenevalt olemasolevast jahutussüsteemist.*

**Ventilatsioonisüsteemid****Ventilatsioonivajadus:**

- Millised on õhuvooluhulgad erinevates ruumides? Kas need vastavad vajadusele ruumis ja tänapäevastele nõuetele? Millised on ventilatsioonisüsteemi tööajad?
  - Kohandage süsteemi tööaegu.
  - Kohandage/reguleerige õhuvooluhulkasid vastavalt vajadusele.
  - Kui võimalik, siis alandage ventilatsiooni õhuvooluhulkasid väljaspool ruumide kasutusaegu.
  - Paigaldage nõudluspõhiselt reguleeritav ventilatsioonisüsteem (Demand Controlled Ventilation- DCV)<sup>7</sup>.
- Milline on sissepuhkeõhu temperatuur? Kuidas reguleeritakse sissepuhkeõhu temperatuure? Kas sissepuhkeõhul on ruumi jahutav või soojendav funktsioon? Kas seda on vaja?
  - Kohandage sissepuhkeõhu temperatuure.

---

<sup>7</sup> Püsiva õhuvooluhulgaga süsteemi teisendamine nõudluspõhiselt reguleeritavaks süsteemiks on tihti üsna suurt investeeringut nõudev meede, mis võib siiski olla tasuv. Kui see viiakse õigesti läbi, siis pole peaaegu üldse vaja sissepuhkeõhku järelsoojendada ning ventilaatorite elektrivajadus on poole väiksem. See eeldab aga õigesti projekteeritud ja ehitatud süsteemi, mis tähendab muu hulgas:

1. Olemasolevad lõppelemendid tuleb asendada VAV-seadmetega.
2. Kui õhu vooluhulkasid reguleeritakse ruumi temperatuuri järgi, peavad sissepuhkeseadmed toime tulema madala sissepuhkeõhu temperatuuriga, umbes +15 °C, ilma et ruumis tekiks probleeme tõmbusega. Kõik süsteemi seadmed peavad nendes tingimustes toime tulema. Kui kasvõi üks seade süsteemis vajab kõrgemat sissepuhkeõhu temperatuuri, siis määrab see seade sissepuhkeõhu temperatuuri terves süsteemis. Õhu jahutusvõimsus on siis väiksem ja kõik teised ruumides kasutatud VAV-seadmed avanevad täielikult, et tagada vajalikku jahutusvõimsust. Praktikas tähendab see seda, et süsteem toimib püsiva õhu vooluhulgaga süsteemina ning kõik meetmetha kaasnevad eelised on läinud kaduma.
3. Paigaldatavad VAV-seadmed peavad toime tulema rõhu muutustega süsteemis, mis võivad olla kuni 120 Pa, ilma müra probleeme tekitamata.

**Ventilatsiooni jaotussüsteem:**

- Milline on ventilatsioonivajadus erinevates hoone osades? Kas süsteem kohandub erinevatele vajadustele?
  - Tasakaalustage ventilatsioonisüsteem.
  - Jagage süsteem erinevateks sektiioonideks ning vajaduse korral paigaldage lisaseadmeid, et rahuldada erinevate hoone osade erinevaid vajadusi.
  - Paigaldage järeltötlusseadmed, millel on küte/jahutus/filtreerimine (niisutus).
- Milline on õhukanalisüsteem? Kas õhukanalites esineb suuri rõhulangusi? Kas on võimalik vähendada rõhukadusid kanalisüsteemis?
- Kas õhukanaleid on vaja isoleerida (nt ruumide kütte/ jahutuse korral)?

**Ventilatsiooniagregaadid:**

- Millised on ventilatsioonisüsteemi käitusajad? Kas käitusajad vastavad ruumide kasutusele?
  - Kohandage süsteemi käitusaegu.
- Milline on ventilaatorite hinnanguline erivõimsus (SFP-väärtus)?
  - Vähendage võimaluse korral süsteemi rõhukadusid.
  - Paigaldage ventilaatoritele sagedusmuundurid, et kohandada ajas muutuva vajadusega.
  - Vahetage olemasolevad ventilaatorid energiatõhusamate vastu.
- Kas ventilatsioonisüsteemis on soojustagastus? Kas kasutatakse energiaefektiivset soojustagastust? Milline on soojustagasti temperatuuri suhtarv? Kas soojustagasti reguleerimine töötab korralikult?
  - Tõstke ventilatsioonisüsteemi tõhusust, paigaldage soojustagastus või parendage olemasolevat.
  - Optimeerige süsteemi tööd (juhtimist).
  - Puhastage soojustagastussüsteemi seadmeid. Ummistused suurendavad süsteemi rõhukadusid.
- Kuidas reguleeritakse ventilatsiooniagregaadis kütte- ja jahutuskalorifeere? Kontrollige ringluspumpade tööd ja ventiilide lekkeid.
  - Viige läbi süsteemide tasakaalustamine.
  - Optimeerige kalorifeeride tööd (töötemperatuure).
  - Puhastage seadmeid. Ummistused suurendavad süsteemi rõhukadusid.
  - Kõrvaldage ventiilide ja pumpade lekked.
- Kas ventilatsiooniagregaadis kasutatakse õiged filtrite klasse? Kontrollige filtrite rõhulangu.
  - Asendage vajaduse korral filtrid uuemate vastu.
  - Muutke filtrite vahetamise aegu ja hooldusplaani.

**Valgustussüsteemid:**

- Milline on valgustuse vajadus erinevates ruumides? Kas see vastab vajadusele ruumis ja tänapäevastele nõuetele?
- Millist tüüpi valgustust kasutatakse erinevates ruumides ja millises seisukorras on olemasolevad armatuurid?
- Milline on paigaldatud valgustite võimsus  $W/m^2$  ja valgusviljakus  $lm/W$ ?

- Vahetage olemasolevad valgustid energiaefektiivsemate vastu.
- Kuidas toimib valgustuse juhtimine ja reguleerimine? Kas valgustuse tööajad vastavad ruumide kasutusele? Kuidas juhitakse trepikodade ja koridoride valgustust?
  - Kohandage või muutke valgustussüsteemi juhtimist ja reguleerimist selliselt, et see toimiks vastavalt valgustuse vajadusele ruumides.
  - Jaotage valgustussüsteem sektiioonideks vastavalt erinevatele kasutusprofiilidele ja kohandage nende juhtimine näiteks tööaegade järgi.
  - Paigaldage valgustusele kohaloleku andurite järgi juhtimine.
  - Paigaldage valgustusele päevavalguse andurite järgi reguleerimine. *Märkus: ärge unustage arvutustes arvesse võtta süsteemi ooterežiimi energiakasutust.*
- Kas välisvalgustus on päeval sisse lülitatud?
  - Kohandage või muutke välisvalgustuse juhtimist ja käitusaegu.

### Hoones kasutatavad masinad/seadmed:

- Millised on masinate ja seadmete käitusajad tööajal ja töövälisel ajal?
  - Kohandage võimaluse korral seadmete käitusaegu (nt lülitage välja töövälisel ajal).
- Kas hoones on olemas suruõhusüsteem? Kas suruõhusüsteemis esineb lekkeid?
  - Vähendage kadusid suruõhusüsteemis.

### Hoone automaatikasüsteemid:

- Paigaldage eraldi mõõteseadmed energiakasutuse mõõtmiseks küttele, elektrile ja jahutusele, kui neid veel pole.
- Paigaldage eraldi mõõteseadmed erinevatesse hoonetesse hoonepõhiseks energiakasutuse mõõtmiseks, kui neid veel pole.
- Kontrollige häirete signaalide funktsioone automaatikasüsteemis: mis, kuidas, näidikud, logid? Kas ettetulevate häirete signaale ja raporteerimist saab parendada?
- Kui sageli luuakse raporteid: igal nädalal, kuul, aastal? Kas seda saab tõhusamaks muuta?
- Kuidas erinevaid süsteeme visualiseeritakse: printsiipskeemid ja diagrammid? Kuidas toimub mõõtmistulemuste esitus ja analüüs? Kas seda saab tõhusamaks muuta?

### Seadmete ja süsteemide ooterežiimi mõju:

- Erinevate seadmete ooterežiimi funktsioonid tarbivad iga seadme puhul ainult mõne vati (W), kuid neid on sageli palju ja tihti on need aastaringselt sisse lülitatud.
  - Looge endale ülevaade ja vaadake, mida saab selle vähendamiseks teha.
  - Asendage vanad seadmed, mis vajavad ooterežiimil palju energiat.