

**TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOLI
TALLINNA KOLLEDŽ**

Kinnisvara haldamine

Jörgen Vendik

**ENERGIATÕHUSA ELAMU SISEKLIIMAT TAGAVATE
SEADMETE ELUEAKULUDE VÕRDLEV ANALÜÜS**

Lõputöö

Juhendaja: Roode Liias, *PhD*

Tallinn 2016

SISUKORD

SISUKORD	2
SISSEJUHATUS	3
1. SISEKLIIMA JA ENERGIATÕHUSUSE OLEMUS	5
1.1. Energiatõhus elamu.....	5
1.2. Hoone energiamärgis ja energiaklassid	8
1.3. Sisekliima.....	9
2. KÜTTESÜSTEEMID.....	12
2.1. Puuküte	12
2.2. Gaasiküte	15
2.3. Elektriküte.....	16
3. VENTILATSIOONISÜSTEEMID	20
4. SEADMETE ELUEA KULUDE VÕRDLEV ANALÜÜS JA TULEMUSED	22
4.1. Kütteseadmed.....	22
4.2. Ventilatsiooniseadmed.....	29
4.3. Käsitletud seadmete võrdlev analüüs.....	31
KOKKUVÕTE	34
VIIDATUD KIRJANDUS	35
LISAD	37
Lisa 1. Küsitlus kütteseadmeid pakkuvatele ja hooldavatele ettevõtetele	37
Lisa 2. Küsitlus ventilatsiooniseadmeid pakkuvatele ja hooldavatele ettevõtetele	38
SUMMARY	39

SISSEJUHATUS

Iga aastaga muutub järjest aktuaalsemaks hoonete energiatõhususega ja sisekliimaga seonduv. Et hoonetes oleksid meeldivalt soojad toad ja värske õhk, peavad selles olema vastavad kütte- ja ventilatsioonisüsteemid. Meie geograafilises elupiirkonnas on võimalus valida mitmete küteliikide vahel, ning küttaaineks võib olla gaas, erinevates variantides puit, elekter, maa- ja õhusoojus jne. Kuna küttesüsteeme ja küteliike on palju ning väga erinevate omadustega ja hindadega, siis nii rajamiskulude, hoolduskulude kui ka küttekulude seisukohalt õiget valikut teha on keeruline. Paljudel omanikel jääb kütte- ja ventilatsioonilahenduse valik läbi töötlemata ning lähtutakse soovitude või soodsaima lahenduse kasuks, arvestamata süsteemi eksploatatsioonikulusid, seadmete eluiga ning sõltuvust küttaaine liigist tulenevatest eripäradest nagu näiteks tarne ja hinnatõus jne.

Töö autor valis teema „Energiatõhusa elamu sisekliimat tagavate seadmete elueakulude võrdlev analüüs“ oma huvist teada saada ühepereelamute sisekliimat tagavate seadmete kulude erinevust. Antud lõputöö eesmärk on uurida erinevaid kütte- ja ventilatsiooniseadmeid selleks, et neid omavahel võrrelda rajamiskulude, hoolduskulude ja küttekulude alusel nende eluea jooksul, ning kogutud andmete põhjal välja selgitada, milline kütte- ja ventilatsiooniseade on kõige mõistlikum paigaldada energiatõhusasse ühepereelamusse.

Töö eesmärgi saavutamiseks on püstitatud mitmed ülesanded:

1. Uurida energiatõhusa elamu olemust;
2. Välja selgitada energiamärgisega ja energiaklassidega seonduv;
3. Uurida sisekliima olemust;
4. Koostada ülevaade tänapäeval kasutatavatest kütte- ja ventilatsioonisüsteemidest;
5. Koostada küsitlus ja saata need kütte- ja ventilatsiooniseadmeid pakkuvatele ja hooldavatele ettevõtetele;
6. Küsitluse alusel teha kütte- ja ventilatsiooniseadmete võrdlevad tabelid;
7. Analüüsida koostatud tabeleid;

Lõputöö uuringu meetodikaks on kvantitatiivne empiiriline uurimus, mille kaudu püütakse anda ülevaade kütte- ja ventilatsiooniseadmete kuludele. Seadmete valikul saatis töö autor elektrooniliselt küsimustiku erinevatele kütte- ja ventilatsiooniseadmeid pakkuvatele ettevõtetele. Küsimustiku eesmärgiks oli välja selgitada, milliseid seadmeid nad soovivad kuni 150 m² suurusele hästi soojustatud energiatõhusale B-energiaklassi ühepereelamule.

Küsimustikus uuriti ka veel nende seadmete paigaldamise tingimusi ja hinda, seadme eluiga, hoolduse vajalikkust ja hoolduse maksumust.

Käesolev töö on jaotatud nelja peatükki. Esimeses peatükis kirjeldatakse energiatõhususe ja hea sisekliima olemust ning antakse ülevaade energiamärgisest ja energiaklassidest. Teises ja kolmandas peatükis kirjutab töö autor erinevatest kütte- ja ventilatsioonisüsteemidest. Neljandas peatükis on saadetud küsitluse alusel kogutud informatsiooni põhjal koostatud võrdlevad kütte- ja ventilatsiooniseadmete kulu tabelid ja analüüsid.

1. SISEKLIIMA JA ENERGIATÕHUSUSE OLEMUS

1.1. Energiatõhus elamu

Eesti liitus 2004. aastal Euroopa liiduga, seega on Eesti liikmesriigina kohustatud Euroopa Liidu poolt tulevate direktiivide, määruste ja õigusaktide täitmine. Üks neist direktiividest puudutab hoonete energiatõhusust.

Energiatõhusus on energiakasutuse tõhusus, kasuliku ja kulutatud energia suhe. Tõhus energiakasutus hõlmab tehnoloogiat ja meetmeid, mis vähendavad elektri- ja/või kütusekulu sama otstarbega töö tegemiseks, nt tööstusettevõtete, kontorite, kodude, autode energiaga varustamiseks.(1)

Energiatarbimise vähendamine ja energiakadude likvideerimine on Euroopa Liidu jaoks üha suurema tähtsusega. Euroopa Liidu juhid otsustasid 2007. aastal vähendada 2020. aastaks iga-aastast energiatarbimist Euroopa Liidus 20% võrra. Energiatõhususe meetmeid peetakse üha enam vahendiks, mis mitte ainult ei aita saavutada jätkusuutlikku energiavarustust, vähendada kasvuhooonegaaside heitkoguseid, parandada varustuskindlust ja vähendada impordi arveid, vaid ka edendab Euroopa majanduse konkurentsivõimet. Euroopa Nõukogu rõhutas 20. ja 21. märtsil 2014, et energiatõhusus on efektiivne vahend energiakulude ja energiasõltuvuse vähendamiseks. Euroopa Liit on kehtestanud energiatõhususe miinimumstandardid ja eeskirjad toodete, teenuste ja taristu märgistamise ja ökodisaini kohta. Nende meetmete eesmärk on suurendada tõhusust kogu energiaahela ulatuses, alates energiavarustusest kuni energia tarbijateni.(2)

Seadusandlikult on määratud hoonete eksploatatsiooni energiatõhususe miinimumnõuded. Hoone energiatõhususe miinimumnõuded on väljendatud energiatõhususarvuga. Energiatõhususarv kajastab hoone kompleksset energiakasutust sisekliima tagamiseks, tarbevee soojendamiseks, olme- ja muude elektriseadmete kasutamiseks ning sõltub kütte- ja ventilatsioonisüsteemist.(3)

Energiatõhususe miinimumnõuded kehtestatakse hoonele tervikuna. Hoone koosseisu arvatakse energiatõhususarvu arvutamisel lisaks piiretele ja tehnosüsteemidele hoonesse või kinnistule paigaldatud hoonet teenindava lokaalse energiatootmise süsteemid (näiteks päikesekollektorid ja

-paneelid, tuuleturbiin, soojuste ja elektri koostootmisjaam). Energiavõrguga (näiteks kaugküte) ühendatud tehnosüsteemid kuuluvad hoone koosseisu alates energiavõrgu liitumispunktist. (4) Energiatõhususe miinimumnõuded on ehitatavate ja oluliselt rekonstrueeritavate hoonete summaarse energiakasutuse piirmäärad ning muud käesolevas määruses kehtestatud nõuded, mis lähtuvad hoonete kasutamise otstarbest ning võtavad arvesse nende tehnilisi näitajaid. Hoone vastavust energiatõhususe miinimumnõuetele hinnatakse hoone projekteerimisel ehitusprojekti alusel. Energiatõhususe miinimumnõuded on väljendatud energiatõhususarvuna kWh/(m² a) ja teiste käesolevas määruses käsitletud nõuetele. Energiatõhususarv on arvutuslik summaarne tarnitud energiatega kaalutud erikasutus hoone standardkasutusel, millest arvatakse maha summaarne eksporditud energiatega kaalutud erikasutus. Energiatõhususarv kajastab hoone kompleksset energiakasutust nii sisekliima tagamiseks, tarbevee soojendamiseks kui ka olme- ja muude elektriseadmete kasutamiseks ning see arvutatakse hoone kōetava pinna ruutmeetri kohta hoone standardkasutusel.(4)

Energiatõhususe järgi võib uusi hooned jagada järgnevalt:

- Standardhoone (üle 100 m²) - ≤ 160 kWh/(m² a)
- Madalenergiahoone - ≤ 120 kWh/(m² a)
- Liginullenergiahoone - ≤ 50 kWh/(m² a)
- Netonullenergiahoone – 0
- Plussenergiahoone - < 0

Standardhoone puhul, mille kōetav pind on üle 100m², ei tohi uue ehitatava väikeelamu energiatõhususarv ületada 160 kWh/(m²·a). Ja oluliselt rekonstrueeritava väikeelamu puhul ei tohi energiatõhususarv ületada 210 kWh/(m²·a). Juhul kui ehitatav või oluliselt rekonstrueeritav hoone vastab energiatõhususe miinimumnõuetele, loetakse selline hoone kuluoptimaalse energiatõhususega hooneks.(4, §4)

Madalenergiahoone on parima võimaliku ehituspraktika kohaselt energiatõhusus- ja taastuvenergiatehnoloogiate lahendustega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone, mille puhul ei eeldata lokaalset elektri tootmist taastuvenergiaallikast. Madalenergiahoone puhul ei tohi uue ehitatava väikeelamu energiatõhususarv ületada 120 kWh/(m²·a).(4, §6) Madalenergiahoone kavandamisel on vaja tagada, et hoone soojuskaod oleks väikesed, tehnosüsteemid oleksid

energiatõhusad ja vabasoost kasutatakse otstarbekalt. Need komponendid mõjutavad hoonesse tarnitavat energia kogust. Lisaks sõltub energiatõhusus hoonesse tarnitavate energiakandjate kaalumisteguritest, mis arvestavad keskkonnamõjusid ja tarnitava energiakandja tootmiseks vajalikku primaarenergiat. Seega on madalenergiahoone kavandamisel vaja, et välispiirete soojuserikadu köetava pinna kohta oleks väike, kasutada otstarbekalt vabasoost, hoone tehnosüsteemid oleksid energiatõhusad ja et hoone primaarenergiakasutus oleks väike.(5)

Liginullenergiahoone on parima võimaliku ehituspraktika kohaselt energiatõhususe- ja taastuvenergiatehnoloogiate lahendusega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone, mille energiatõhusus on suurem kui $0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, kuid väikeelamu puhul mitte suurem kui $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. (4, §7) Liginullenergiahoone primaarenergiabilanssi ehk kaalumisteguritega läbikorrutatud tarnitud energia, mis väljendub energiatõhususarvus, käsitletakse aasta arvestuses. Näiteks talvel võib hoone primaarenergiatarve olla suurem kui taastuvatest energiaallikatest toodetud primaarenergiat. Suvel võib olla vastupidi – energiavõrku tarnitakse tagasi tarbitust rohkem primaarenergiat. Liginullenergiahoone primaarenergiabilanss on aasta arvestuses positiivne, st aastane summaarne kaalumisteguritega läbikorrutatud tarnitud energia on toodetust suurem.(5)

Netonullenergiahoone on hoone, mille energiatõhususarv on $0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Netonullenergiahoonesse võidakse hankida tarnitud energiat, kui see kompenseeritakse eksporditud energiaga.(4, §8) Nullenergia majal on puhas energiakulu null ning süsiniku emissioon aastas on samuti null. Need majad võivad olla sõltumatud energiavõrgustikust.(6)

Plussenergiahoone kontseptsioon põhineb sellel, et hoone energiatõhusus on võrdväärne passiivmaja omaga $< 0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, kuid need omavad lisaks sisseehitatud süsteeme, mis kasutavad ära päikese- või tuuleenergiat. Suvel müüb maja üleliigse elektri riiklikku elektrivõrku ning ostab seda talvel tagasi. Sellise maja eelduseks oleks riikliku müügitariifi olemasolu, mida enamuses riikides siiski veel ei ole. Praegused müügitariifid on doteeritud, selleks, et edendada uue tehnoloogia arendamist. Plussenergia maja ehitamiseks tuleks investeerida vähemalt 10% rohkem võrreldes standardmaja ehitamisega. Plussenergia majad on praegu väga haruldased, kuid tulevikus saab nendest tõenäoliselt uus trend ehituses.(6)

1.2. Hoone energiamärgis ja energiaklassid

Energiatõhususe iseloomustamiseks kasutatakse hoone energiatõhususarvu (ET-arv). See on aastas tarbitud energia (küte, vee soojendamine, elekter koos nn. kaalumisteguritega) jagatuna köetava pinnaga, ning seda väljendatakse suurusega kWh/m² aastas. Standard hoone puhul, mille köetav pind on üle 100m², ei tohi uue ehitatava väikeelamu energiatõhususarv ületada 160 kWh/(m²·a). Et graafiliselt oleks võimalik kujutada energiatõhususarvu ja võrrelda seda teiste hoonete omadega on välja töötatud hoonete energiamärgis. Eestis kehtib hoonete energiamärgis 2009 aasta algusest.(7)

Energiamärgis on dokument, mis antakse projekteeritava või olemasoleva sisekliima tagamisega hoone kohta ja mille eesmärk on anda teada, milline on selle hoone projekteeritud energiavajadus või tegelik energiatarbimine, ning vajaduse korral tõendada hoone vastavust energiatõhususe miinimumnõuetele. Energiamärgisele lisatakse soovitud hoone energiatõhususe parandamiseks, välja arvatud juhul, kui selliseks parandamiseks puudub mõistlik võimalus. Projekteeritud energiavajaduse kohta antud energiamärgis kehtib kaks aastat hoone valmimisest arvates. Tegeliku energiatarbimise kohta antud energiamärgis kehtib kümme aastat. Hiljem antud energiamärgis tunnistab varem samale hoonele või hoone osale antud energiamärgise kehtetuks. Kui hoones puudub ühine küttesüsteem, võib selle hoone eraldi kasutatava osa kohta anda eraldi energiamärgise.(8, §66)

Energiavajadus ja -tarbimine kantakse skaalale A-st kuni H-ni, mis aitab võrrelda hoonet sarnaste seas. Sõltuvalt hoone kasutamistarbimise klasside väärtused erinevad.(23)

Joonis 1. Energiamärgis



Allikas: Majandus ja taristuministri määrus „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele“ (RT I, 06.05.2015, 2)

Üleval oleva joonise (Joonis 1) alusel saab arvutada hoone aastase energiavajaduse. Selleks tuleb võtta energiaõhususarv (ETA) ja korrutada hoone kōetavapinnaga. Näiteks töö autor valis oma ühepereelamuks B-energiaklassi elamu, mille energiaõhususarv on 120kWh/m²a ja kōetavapinna suuruseks määras 150 m², seega valitud elamu aastane energiavajadus on 120kWh/m²a*150m²= 18000 kWh/a.

1.3. Sisekliima

Hoonete energiakulu sõltub oluliselt sisekliima teguritest (temperatuur, ventilatsioon ja valgustus) ning sealhulgas hoone tehnosüsteemide projektist ning kasutamisest. Sisekliima mõjutab ka hoone kasutajate tervist, töö tootlikkust ning mugavust. Viimased uuringud on näidanud, et halva sisekliima poolt tekitatud kahju tööandjale, hoone valdajale ja ühiskonnale tervikuna ületab tunduvalt hoone energiakasutuse maksumust. Samuti on ära näidatud, et standardis toodud parameetritele vastav sisekliima parandab töö või õppimise tulemuslikkust ning vähendab haigestumust. End ebamugavalt tundvad hoone kasutajad otsivad võimalusi hoone sisekliima parandamiseks, mis tõenäoliselt suurendavad hoone energiakasutust. Energiamärgisel ilma sisekliima märgiseta ei ole mõtet. Seetõttu on vaja täpsustada sisekliima parameetreid projekteerimiseks, energiaarvutusteks ning hoonete toimivuse arvestamiseks.(9)

Elamu sisekliima on kompleksne mõiste. See ühendab endas õhu füüsilised parameetrid (temperatuur, niiskus, õhuliikumise kiirus), saasteainete sisalduse, müra ja mitmed psühhosotsiaalsed tegurid. Nende hulgas ongi keskne koht õhukvaliteedil kui tervikul. Õhurežiimi kontrolliks peaks ruumis olema korralik termomeeter ja niiskusemõõtja.

Eesti standard EVS 839 „Sisekliima“ on koostatud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi tellimisel samanimelise Eesti ehitusprojekteerimismääruse EPN 12.2 eelnõu põhjal. Erinevused on põhiliselt redaktsioonilist laadi. Standard on kasutuses 2003. aastast. Standard sisaldab hoonete sisekliima parameetritele ja tingimustele esitatavaid nõudeid, mis on määratud elu- ja avalike hoonete projekteerimisel, eksploateerimisel ja ekspertiiside tegemisel kasutamiseks.

Elamu sisekliima tähtsaim tegur on õhutemperatuur, mis annab organismile vajaliku soojusliku tasakaalu. Seega peab ruumi õhutemperatuur olema lähedane füsioloogiliselt optimaalsele ja looma inimesele hubase soojatunde ning tagama tervise ja teovõime.

Üha rohkem inimesi veedab põhilise aja ööpäevast siseruumides. Uurimused on näidanud, et polegi sellist ruumi, kus kõik ruumis viibijad hindaksid soojusolukorda ideaalseks. Ka kõige optimaalsemates tingimustes pole 5-6 % inimestest soojusolukorraga rahul. Nimelt on teada, et vanemad inimesed, kelle ainevahetusprotsess on aeglasem, nõuavad 1-1,5 °C võrra soojemat tuba. Ka naised soovivad mõnevõrra soojemat tuba võrreldes meestega. Suvetingimustes inimesed kohanevad keskel läbi 2-2,5 °C võrra kõrgema temperatuuriga.

Eesti sisekliima ehitusnormides on talvetingimustes ette nähtud eluruumide siseõhu temperatuuriks +22 °C. Sõltuvalt hoone klassist, võib õhutemperatuur talvetingimustes mõningal määral kõikuda. Madalama klassiga hoonetel võib see olla piirides +19 °C kuni +25 °C, kõrgema klassi puhul +21 °C kuni +23 °C. Tervisekaitse seisukohast sätestab õhutemperatuuri eluruumis vabariigi valitsuse määrus «Eluruumidele esitatavad nõuded», mis ütleb, et kaugküttevõrgust või hoone katlamajast köetavas eluruumis ei tohi siseõhu temperatuur inimeste pikemaajalisel ruumis viibimisel olla alla 18 kraadi. Kuigi energia kokkuhoid ja kulutuste vähendamine kütteks on väga tähtsad, kuid inimeste heaolu ei tohi nendele ohvriks tuua. Välistemperatuuril üle +22°C ei tohi eluruumi temperatuur ületada +27 °C.

Õhutemperatuur oleneb elamu välispiirete soojapidavusest (seintest, akendest, udest, põrandast, laest ning küttest ja muudest soojaeraldustest ruumidesse. Samas on tähtis, et piirete temperatuur

oleks võimalikult lähedane õhutemperatuurile. Õhutemperatuuri peaks saama igas toas reguleerida.

Hoone sisetemperatuuri kindlustab ajakohane küttesüsteem ja ventilatsioon. Madal temperatuur ja kõrge niiskustase on tingitud kütteseadmete ebatäiuslikkusest, õhuvahetuse puudumisest või puudulikkusest, konstruktsioonide halvast kvaliteedist, ehituse defektidest ja muust. Vajalikku õhutemperatuuri aitab soojakao vähendamise arvel tagada ka õigesti valitud soojustusmaterjal. Samuti mõjutab (tõstab) ruumi õhutemperatuuri tubadesse paistev päike. Soojal aastaajal nõuab see ruumide jahutamist, külmega hoiab kokku küttekulusid.(10)

2. KÜTTESÜSTEEMID

Kütuseid jaotatakse nende oleku järgi tahketeks, vedelateks ja gaasilisteks kütusteks, päritolu ja tekke alusel aga fossiilkütusteks ja taastuvateks kütusteks. Fossiilkütuste hulka kuuluvad põlevkivi, kõik kivisöeliigid, nafta, maagaas ja teised mittetaastuvad fossiilsest orgaanilisest aineist pärinevad põlevmaavarad. Taastuvate kütuste hulka kuuluvad fotosünteesi teel moodustunud biomassipõhised kütused, mida kasutatakse loodusliku taastuvuse piirides.⁽²²⁾ Küttesüsteemide valikul lähtus autor populaarsematest ja laialt levinumatest valikutest ehk siis, puuküte, gaasiküte ja elektriküte. Autor välistas vedelkütte, kuna 2015 aastal kadus kerge kütteõli erimärgistus ja see tähendas ligi kolmandiku kütteõli kallinemist. Seega vedelküttega elamut kütta on liiga kulukas.

2.1. Puuküte

Küttepuit on puitmaterjal, mida põletatakse soojusenergia saamiseks. Puit on taastuv energiaallikas ning ajaloos üks esimesi energiaallikaid üldse. Puiduenergiat kasutatakse siiani paljudes majapidamistes soojusenergia tootmiseks. Tavaliselt on küttepuid vähetöödeldud ning nad on kas palkide, halgude või klotside kujul.⁽¹¹⁾ Puitkütuste alla kuuluvad peale halupuul veel pelletid ja puitbrikett.

Puuküttesüsteemid on põhimõtteliselt kahte tüüpi, ühel juhul köetakse kivist soojussalvestit ning see siis soojendab õhku ning teisel juhul soojendatakse puid põletades vett ning vesi kannab soojuse laiali kas radiaatorite või põrandakütte torude kaudu.

Halupuudega köetavateks küttekehadeks on ahi, kamin või katel. Ahi on küttekolle, millega on võimalik kütta mitut (kuid piiratud arvu) ruumi korraga ja tänu ahju kivivoodrile soojusenergiat ka salvestada. Ahjud kui põhilised kütteallikad on kaasaegsetes või rekonstrueeritud ehitistes kasutusel varasemaga võrreldes oluliselt vähem, põhjuseks peamiselt mugavus. Ahju kasutatakse tänapäeval pigem lisaküttena ja emotsionaalse lisaväärtusena. Ahju paigutamine hoonesse sõltub suuresti ruumide asendist korstna suhtes. Tihtipeale seabki see asjaolu teatavad piirangud. Moodsates ehitistes puuduvad tihtipeale korstnad, või on ruumide jaotus selline, et

ühte ahju ei ole võimalik kasutada mitme ruumi kütmiseks. Hoone kandekonstruktsioonid peavad olema vastavuses ahju kaaluga. Keskmise suurusega ahi võib kaaluda 1000 – 3000 kg. Renoveeritavates hoonetes ei ole see valdavalt takistuseks, v.a. juhud, kus kandekonstruktsioonid on amortiseerunud. Seega on ahikütte rajamine uues hoones oluline faktor juba hoone projekteerimisjärgus.

Oluliselt madalam on puidukütte igapäevane tarbimismugavus. Küttepuude varumine ja hoiustamine on aeganõudev, lisaks tuleb ahju kütmiseks küttepuid igal kütiskorral transportida küttekehani või küttekehadeni. Küttekehad seejuures asuvad reeglina hoone eluruumides, mis vajavad peale kütmist ka küttekolde vahetus läheduses puhastamist. Ka tuleohutuse seisukohast on ahjud kõrgema ohtlikkusastmega võrreldes kaasaegsete lahendustega.

Ahju peamine erinevus kaminast on soojuse salvestamine. Kaminad valdavalt soojust ei salvesta, kuid kui ahju küttes saab sooja ruumi alles puidu põlemisprotsessi lõpuks, siis kamin annab kütmise ajal sooja peaaegu koheselt, kui põlemisprotsess on alanud. Kaminal puudub reeglina sooja salvestav vooder, kuid samas on ühest kaminast lenduvat soojust seevastu võimalik vastavate õhukanalite kaudu juhtida kõikidesse hoone ruumidesse. Kaminaga on sama lugu nagu ahjuga, vajab korstnat, ning kaminaga on vaja tegeleda. Klaasist ukse taga elavat tuld on mõnus vaadata ja sooja saab kohe, kui kamin on süüdatud, kuid soojus lõppeb kohe, kui tuli on kustunud.

Halupuudega köetavad katlad jagunevad põhiliselt kahte tüüpi, lihtpõlemisega malm- või teraskatlad ja atmos-tüüpi puugaasi katlad. Tavalises katlas juhitakse suitsugaas valdavalt otse korstnasse, millest tulenevalt läheb väga palju soojusenergiat kaotsi. Puugaasikatel on katel, kus toimub puude muundamine puugaasiks. Teaduslikult on puugaas puidu termilisel lagunemisel (kuumutamisel ilma õhu juurdepääsuta) või gaasistamisel saadav põlevgaas kütteväärtusega 125 42 mWh/1000m³ kohta. Lihtsamalt öeldes põletatakse seda tüüpi katlas ära ka suur osa puugaasist. Lihtpõlemisega katlast väljuva suitsugaasi-temperatuur võib ulatuda kuni 400 kraadini, puugaasikatlast aga kuni 200 kraadini. Seega on puugaasikatel kindlasti ökonoomsem.(12)

Puitbrikett on naturaalne ja loodusesõbralik kütus, mis ei sisalda mingeid lisaaineid. Briketti hoiab koos igas puus ja taimes sisalduv looduslik liimaine – ligniin. Pressitud brikett on väga suure tihedusega ja võib kaaluda kuni 1 t/m³ kohta, seega võtab ta ladustamisel vähe ruumi.

Puitbrikett on tehases laotud euroalusele (120 x 80 cm), ühel alusel on 960 kg puitbriketti – see võtab ruumi u 1,5 m³. Sama kütteväärtuse saamiseks vajalik kogus küttepuid vajab ruumi ligi neli korda rohkem.

Puitbrikett on ka väga kõrge kütteväärtusega, ta põleb kõrgel temperatuuril ja peaaegu ilma tuhata. Selletõttu sobib ta põletamiseks enamikes kateldes, pliitides, kaminates ja ahjudes. See omakorda vähendab ka tunduvalt küttesüsteemi hoolduskulusid. Kollet on puitbriketiga küttes vaja tuhandast puhastada märksa harvemini: tonni puitbriketi põletamisel tekib tuhka vaid 6 kg. Tänu kõrgele kütteväärtusele on puitbriketiga kütmine soodsam kui küttepuudega. Kandiline puitbrikett maksab sõltuvalt ostukohast 160–190 eurot (960 kg) ja ümar 150–170 eurot (970 kg).(14)

Puidugraanul ehk puidupellet on vääristatud puitkütus - kuivatatud ja pressitud väikesteks silindrilisteks komprimeeritud energia graanuliteks. Energiasisaldus puidupelletites on ligikaudu 4,8 mWh/tonn, mis on umbes pool energiasisaldusest 1 m³ kerges kütteõlis. Pelletite mahukaal on ca 0,65 t/m³. Pelleti diameeter on 4 - 12 mm ja pikkus 10 - 30 mm. Pelletteid toodetakse kohalikest puidutööstuse jäätmetest laialdaselt üle kogu maakera. Puidugraanulid on taastuv looduslik küttematerjal. Põlemisel eralduv süsihappegaas on tasakaalus puude poolt tarbitava süsihappegaasiga ning graanulite põletamine ei suurenda kasvuhooneefekti, mis suureneb kütmisel fossiilsete kütustega.

Puidupelleteid kasutatakse soojusenergeetikas üha laialdasemalt. Pelletit, mis on eriti sobilik kasutamiseks väiksematel võimsustel (alates 10 kuni ca 1000 kW), kasutatakse rohkesti eramute, koolimajade, kontorite ja eraldiasuvate hoonete kütmiseks. Puidupelletite põletamine on võrreldav kerge kütteõli põletamisega. Iga automatiseeritud põlemine nõuab kütuse stabiilset konsistentsi ja energiasisaldust, et garanteerida kütuse täpne doseerimine. Eestis toodetud puidupelletid vastavad nõudmistele, mis garanteerivad põletamise täisautomaatse protsessina, sageli kasuteguriga üle 90 %. Puidupelletite põletamisel tagatakse kõik vajalikud keskkonnanäitajad. Kuna pelletite katlasse söötmine toimub automatiseeritult ning tuhka peab koldest välja võtma korra nädalas, võib pelletkütet pidada üsna mugavaks küttesüsteemiks. Samas peab arvestama, et pelletite mahuti peab olema katla kõrval ning see võtab palju ruumi, teisalt peab mahutile ka väljastpoolt maja ligi pääsema, et mahutit pelletitega täita.

Puidupelleti põletamiseks on olemas erinevaid tehnoloogiaid:

- pellettipõleti, mida on võimalik monteerida olemasolevale katlale;
- pellettipõleti, mis on monteeritud spetsiaalkohandatud katlale;
- moodulsüsteem ehk katel koos põlemissüsteemiga, kus pelletit põletatakse liikuval restil.

Puidupelletteid tuleb hoida kinnises hoidlas, et vältida nende niiskumist. Pelletid ei külmu ega hallita ka juhul kui pelletihoidla on ehitatud välja. (13)

2.2. Gaasiküte

Väga palju soojusest saame me tänapäeval põletades fossiilkütust. Fossiilkütus on maapõue ladestunud põlev orgaaniline aine, näiteks maagaas, kivisüsi, nafta, põlevkivi. Fossiilkütust loetakse taastumatuks energiaallikaks. Maagaas on looduslikest allikatest reeglina koos nafta tootmisega eralduv süsivesinikgaas. Maagaasil peaaegu puudub väävlisisaldus ja just seetõttu on ta üks eelistatuim fossiilne kütus. Samuti ei eraldu tema täielikul põlemisel CO-d, see ei saasta keskkonda tahma ja raskemetallidega. (22)

Maagaasi kodutarbijad moodustavad kõige suurema osa Eesti Gaasi klientidest. 2013. aasta alguse seisuga on Eesti Gaasil 40,8 tuhat koduklienti, sealhulgas üle 38 tuhande eraisiku ja 2,8 tuhat korteriühistut ning haldusettevõtet. Hinnanguliselt võib öelda, et maagaasi kasutab üle 120 tuhande kodu Eestis. Maagaasil on koduses majapidamises palju kasutusvaldkondi. Kaasaegsed gaasiseadmed on kõrge kasuteguriga, ohutud ja töökindlad ning mugavad kasutada. Maagaas on puhas ja keskkonnasõbralik energiaallikas. Tema gaasiline olek tagab kütuse täieliku põlemise ilma kahjulike põlemisjääkide, tolmu ja tahmata. (15)

Maagaasiga küttesüsteemi valikul peaks eelkõige vaatama läbi gaasitrasside olemasolu. Uuslamurajoonides on valdavalt maagaasivõrk välja ehitatud, kasutuses oleva hoone rekonstrueerimisel ja küttesüsteemi moderniseerimisel saab aga tihti trassi puudumine määravaks. Kui aga gaasitrass on hoonest kaugemal, võib sellega liitumine nõuda liialt suuri investeeringuid, mille tasuvusaeg venib liialt pikaks. (16)

Tänapäevased gaasikatlad jagunevad suures plaanis kaheks:

1. Kondensatsiooni printsiipi kasutavad seadmed võimaldavad ära kasutada soojust, mis tavaliselt eraldub suitsugaasidega. Suitsugaaside temperatuuri alandamisel ning neis

oleva veeauru kondenseerimisel saadakse täiendavat soojust, mis juhitakse küttesüsteemi. Selle tehnoloogia kasutamine maagaasi põletamisel suurendab katla kasutegurit 11%.(17)

2. Gaasikütteaparaadid on sellised gaasikütteseadmed, mille sees on lisaks põletile, gaasiarmatuurile ja soojusvahetile ka küttesüsteemi tööks vajalikud detailid: tsirkulatsioonipump, membraanpaisupaak, kaitseklapp jms. Tavaliselt on need seadmed seinale riputatavad ning nende võimsus jääb reeglina 20-35 kw vahele. Gaasikütteaparaate kasutatakse väikeste kuni 300m² eramajade ning korterite kütmiseks ning sooja tarbevee tootmiseks. (18)

2.3. Elektriküte

Elektrikütte süsteemide alla kuuluvad nii läbivoolukatlad ja elektriradiaatorid, kui ka soojuspumbad.

Ruumikeskse elekterkütte puhul on paigaldatud igasse ruumi vastava võimsusega elektriradiaator, mis tagab konkreetsetes ruumides vastava temperatuuri. Radiaatoriteks on võimalik kasutada nii õliradiaatoreid kui ka konvektor-tüüpi elektriradiaatoreid. Selline küttesüsteem on samuti võimalik automatiseerida, s.t vastavate seadmete ja juhtimiskeskuse abil rakendada tööle vastavalt ruumide kasutamise iseloomule või vajadustele. Kuna elekterküte on võimeline ruumiõhu suhteliselt ruttu soojaks kütma, siis võimaldab see ka ruumitemperatuuri alandada, kui ruumi ei kasutata.

Elektrikatlad on mitut varianti - tavaline sukkelküttekehaga katel jaioonkatel. Tavalises sukkelküttekehaga katlas kasutatakse tavalisi- või keraamilisi küttekehasid. Tavalised küttekehad on reeglina avatud ja otseses kokkupuutes soojuskandjaga (veega), vesi aga tekitab katlakivi, mis ladestub küttekehale ja hakkab seejärel häirima katla tööd. Seega vajavad need katlad sagedast hooldamist ja samas on võrreldes näiteksioonkateldegade energiakulukamad.

Keraamilise küttekeha puhul on tegemist kaetud küttekehaga ja see ei puutu veega otseselt kokku, mistõttu ladestub sinna ka olulisel määral vähem lubja setet. Samas on nende küttekehade hooldamine ka lihtsam, kuna lubja sete tuleb eemaldada reeglina silindrilise katte pealt, mitte aga küttespiraali keerukatest ja kitsastest vahedest. Lisaks on risk küttekeha vigastada väiksem. Hooldust vajavad elektrikatlad valdavalt kord aastas, soovituslikult enne kütteperioodi algust. Samuti vajavad elektrikatlad vähe ruumi.(22)

Elektriradiaatorit kasutatakse nii põhikütteks, täiendava kütteallikana kui ka sellistel juhtudel, kui soovitakse lisada kütteseadmeid aga kapitaalsemat ümberehitust kodus ei ole võimalik teha. Elektriradiaatoritega kütmise eeliseks on suhteliselt madalad ehituskulud, nõrgaks küljeks hilisem suurem küttekulu võrreldes teiste küttesüsteemidega, sest elektrienergia hind on viimaste aastatega pidevalt tõusnud ja tõuseb edasi.

Elektriradiaatoreid on kahte tüüpi – konvektorid ehk lihtsalt elektriradiaatorid ja õliradiaatorid. Mõlemat tüüpi radiaatoreid on nii seinale kinnitatavaid kui ka toast tuppa liigutatavaid. Radiaator tuleks paigutada kindlasti akna alla või selle vahetusse lähedusse. Hinna suhtes on konvektor kindlasti märksa odavam, kui õliradiaator, kuid ei sobi näiteks magamisruumidesse, sest põletab tolmu ja kuivatab õhku ehk sisekliima suhtes halb valik.

Elektriradiaatori eluiga on suhteliselt pikk, samuti ei vaja see erilist hooldust, elektriradiaatorit tuleb vaid tolmust ja mustusest puhastada. Normaalse kasutamise korral võib õliradiaatori elueaks pidada vähemalt 20 aastat.(25)

Maasoojuspump on eestlaste jaoks vast kõige enim tuntud soojuspumba liik. Seda on Eestis paigaldatud alates 1990-ndatest aastatest. Maasoojuspumba tööpõhimõte on suhteliselt lihtne. Suve jooksul salvestub maapinna pealmistesse kihtidesse päikeseenergia. Maasoojuspump kogub selle salvestunud päikeseenergia pinnases asuva maakollektori abil kokku ja muudab selle eluruumi kütteks ja soojaks tarbeveeks. Soojuspump vajab tööks küll veidi energiat, kuid toodab iga kulutatud kilovatti elektrienergia kohta 3-5 kilovatti soojusenergiat. Energiasääst võrreldes fossiilsete kütustega on isegi kuni 80%.

Mida niiskem on pinnas, seda suurem on maasoojusenergia hulk ning seda efektiivsemalt soojuspump töötab. Kui külmik eraldab toidu soojuse ja juhib selle tagaseina kaudu välja, siis soojuspump kogub selle väliskeskkonnast kokku, tõstab selle temperatuuri ja juhib kütte- ja soojaveesüsteemi.

Maasoojuspump sobib igasuguse suurusega eramule, paarismajale kui ka tööstushoonele, kus on piisavalt maapinda, et kokku koguda kütteks vajalik energiahulk. Kui puudub piisav maapind võib mõelda puurkaevude peale või siis õhk-vesi tüüpi soojuspumbale.

Maasoojuspumba valikul on vaja arvestada hoone soojusvajaduse ja soojuskoormustega. Hoone soojusvajaduse määravad piirete soojuskaod konkreetses geograafilises asukohas, soovitud sisekliima parameetrid ja tarbevee vajadused. Hoone soojuskoormus koosneb soojuskadudest läbi piirete ja ventilatsioonisüsteemi, lähtudes konkreetses geograafilises asukohas kehtivatest projektnormatiividest.

Eestis võivad temperatuurierinevused regiooniti olla üpris erinevad, millest tulenevalt tuleb tähelepanu pöörata ka geograafilisele asukohale. Näiteks võib ühesuguste eramute soojuskadude erinevus olla Lõuna ja Ida Eestis 10-15%. Nende asukohtade arvestuslikud minimaalsed temperatuurid on ka madalamad 2-3°C võrreldes rannikuga.

Soojuskoormuse arvutamisel tuleb arvestada ka näiteks klaaspindade, siseõhu ventilatsiooni, basseini, tarbevee tsirkulatsiooni. Soojuskoormuse täpse arvutamise ja küttelehenduse koostamisega peaksid tegelema oma ala spetsialistid. Väga oluline on, et soojuspump oleks valitud õige võimsusega. Võimsusega, mis oleks ligilähedane soojuskoormusega. Üle- ja aladimensioneerimine ei anna lubatud tulemust ja säästu. Õige võimsusega seade tagab ökonoomse kütmise ja tarbeveega varustamise. Spetsialisti arvestuste ja arvutusteta võivad otsused valeks osutada. Näiteks juhul, kui seadme võimsus on väiksem, kui eramu soojustarbivus, siis töötab seade ettenähtust rohkem ning tarbib ka rohkem energiat. See kulutab samuti soojuspumba tööressurssi ja lühendab seadme eluiga. Kui seadme võimsus on valitud õigesti, siis võib soojuspumba, tööks olla isegi kuni 25 aastat.(19)

Õhk-vesi soojuspumba kasutamine leiab üha rohkem kasutamist nii Skandinaavias kui ka Eestis. Mõeldes õhksoojuspumba tööpõhimõttele, tasuks meenutada termodünaamika II seadust, mis määrab ära iseeneslike protsesside suuna ning ütleb, et soojus ei saa minna iseenesest külmemalt kehalt soojemale, vaid vastupidi, soe liigub alati külmemale poole. Küll aga saab soojust pumbata. Sellisel juhul ei toimu sooja tootmist, vaid välisõhku salvestatud energia pumbatakse kompressori abil hoone küttesüsteemi.

Lihtsustatult – välisosas asuv kompressor surub gaasilise külmaine kokku, mille tagajärjel see kuumeneb ja soe külmaine suunatakse soojusvahetisse, kus omakorda loovutatakse soojus põranda- või radiaatorküttes oleva vee soojendamiseks. Siinkohal ei ole tegu energia tootmise või tekitamisega, vaid ühe energialiigi muutmisega teiseks energialiigiks. Kuna välisõhus leidub

energiat kuni absoluutse miinimumini, mis on -272°C , siis saab korrektselt paigaldatud õhksoojuspumpa kasutada ka kõige suurema Eestimaa kliimas oleva pakase korral.

Kõik soojuspumbad vajavad oma tööks ka elektrienergiat. Tavalise elektrikatla või elektriradiaatoriga võrreldes võib soojuspumpade energiatarve olla kuni 78% väiksem. Näiteks kui soojuspump toodab 5 kWh energiat ja tarbib selleks vaid 2 kWh, siis ülejäänud osa 3 kWh on tasuta energia, mis pärineb maast või õhust. Seda nimetatakse kütteeguriks (ingl. k. COP – *coefficient of performance*), mis näitab, kui palju toodab soojuspump energiat oma tööks tarbitava energia suhtes. Kui kütteegur on 3, siis tähendab see, et soojuspump toodab kolm korda rohkem kütteenergiat, kui ise selle tootmiseks vajab. Kasutegur sõltub otseselt välisõhu temperatuurist. Mida soojem on välisõhk, seda suurem on kütteegur.

Õhk-vesi soojuspumbad on kompaktsed, mis vajavad hoonesse paigaldamiseks reeglina vaid ruutmeetrisuurust põrandapinda. Kõik vajalik on koondatud ühte seadmesse: veesoojendi, juhtarvuti, lisaküttekatel jne. Täiuslik juhtautomaatika võtab arvesse kõiki parameetreid (välis- ja siseõhu temperatuur, vee temperatuur jne) ja juhib soojuspumba tööd sujuvalt ning ökonoomselt. Samuti vabastab täielik automatiseeritus omaniku eramu kütmise ja sooja vee murest. Sellist küttesüsteemi on kerge ja lihtne hooldada, mis tähendab omakorda minimaalseid hoolduskulusid.

Õhk-vesi-soojuspumba valikul tuleb arvestada hoone soojusenergia vajaduse ja soojuskoormustega. Hoone soojusenergia vajaduse määravad piirete soojuskaod konkreetses geograafilises asukohas, soovitud sisekliima parameetrid ja tarbevee vajadused. Kui seadme võimsus on valitud õigesti, siis võib soojuspumba tööeaks olla isegi kuni 25 aastat. Sellest tulenevalt on väga oluline soetada seade usaldusväärsest ja pikka praktilist kogemust omavast ametlikust esindusest, kes on suuteline pakkuma soetatud küttesüsteemile ka hooldust ja järelteenindust.(20)

3. VENTILATSIOONISÜSTEEMID

Inimesed viibivad ligikaudu 90% ööpäevast siseruumides, seetõttu on tänapäevastes hoonetes üha tähtsamal kohal ventilatsioonisüsteemide olemasolu. Hea sisekliima tagamine on inimese tervisele ja heaolule väga oluline. Selle tagamise üks komponentidest on õigesti ehitatud ventilatsioonisüsteem, mis varustab hoonet värske õhuga ning eemaldab ruumidest seal tekkinud niiskuse ja saasteained.(26)

Tänapäeva tiheda konstruktsiooniga väikeelamutes on vaja kontrollitud ning soojustagastusega varustatud ventilatsioonisüsteemi, mis suurendab elamise mugavust ning hoiab kokku kütmiseks kuluvat energiat. Piisava ja pideva ventilatsiooni abil saab siseõhust väljutada kahjulikud gaasid ja ebameeldivad lõhnad ning vältida niiskusest tulenevaid hallitus- ja pehkimiskahjustusi. Välisõhust filtreeritakse tõhusalt välja nõi, liiklustolm, õietolm jms.

Ventilatsioonisüsteemi reguleerimise ja õhukulude mõõtmise põhieesmärgiks on tagada normaalne sisekliima. Korrektselt seadistatud ventilatsioonisüsteemil on müratase viidud miinimumini.

Reguleerimata ventilatsioonisüsteemi märgatavamad tunnused võivad olla näiteks:

- halb enesetunne;
 - söögitegemise ja wc lõhnad elutoas või magamistoas;
 - suitsu sisse ajav kamin;
 - liiga suur õhu kiirus olmetsoonis;
 - kõrge müratase;
 - liiga kõrge/madal temperatuur osades ruumides;
- niiskuskahjustused ehituskonstruktsioonides.(27)

Loomulik ventilatsioon on ruumide ventileerimine selleks ehitatud avade ja kanalite abil. Nõukogudeaegsetes majades toimib loomulik ventilatsioon ka läbi ehituskonstruktsioonide ebatiheduste. Loomulikul ventilatsiooni korral on õhu kogused ja liikumine kontrollimatud.

Loomuliku ventilatsiooni puhul põhineb õhuvahetus temperatuurierinevustest tuleneval välis- ja siseõhu erikaalul ning tuule mõjul. Ilmastikutingimuste muutudes muutuvad ka ventileeritavad õhuhulgad. Loomuliku ventilatsiooni korral tuuakse välisõhk ruumidesse sissepuhkeklappide ja piiretes olevate pilude kaudu. Mida külmem ja tuulisem on väljas, seda rohkem õhku voolab läbi

hoone. Lisaks on piirete läbivoolukohad ebahühtlaselt jaotunud, mistõttu eri ruumides võivad olla väga erinevad õhuvoolud. Paigaldades klapid neisse ruumidesse, kus ei ole väljatõmbekanaleid, saab õhu juhtida läbi kogu elamu puhastest ruumidest saastunud ruumide poole.(28)

Loomuliku ventilatsiooni puudused:

- sisenev värske õhk on soojendamata, põhjustades ruumide jahtumise;
- sisenev õhk ei ole enamasti puhas. Filtreerimata õhk sisaldab tolmu ja allergeene;
- suvel, kui tubane- ja välisõhutemperatuur on võrdsed halveneb loomuliku ventilatsiooni tõmme korstnate või ventilatsioonitoru kaudu;
- avatud uste/akende kaudu siseneb ruumidesse ka välismüra;
- talvisel ajal suureneb hoone küttevajadus tunduvalt.(30)

Kui hoone õhutus on organiseeritud suunalt ja koguseliselt, on tegemist sundventilatsiooniga. Mehaaniline ventilatsioon ehk sundventilatsioon on ruumide ventileerimine ventilaatorite abil. Sundventilatsioon toimib enamasti palju efektiivsemalt kui loomulik ventilatsioon.

Sundventilatsioon jaguneb kaheks: väljatõmbesüsteem ja soojustagastusega ventilatsioonisüsteem. Väljatõmbesüsteem - kus õhuvoolu saab vastavalt vajadusele elektrilise ventilaatoriga juhtida nii, et see oleks talvel ja suvel piisav. Õhukanalid vannitoast, WC-st, riietusruumist ja muudest ruumidest liituvad üheks kanaliks, millesse on paigaldatud väljatõmbeventilaator. Ventilaator imeb kasutatud, saastunud ning niiske õhu ettenähtud plafoonidest ja ventilatsioonitorustiku kaudu välja. Alarõhu toimel pääseb välisseintesse monteeritud värskeõhuklappide kaudu asemele uus õhk.

Parim võimalus energiakulude säästmiseks piisava õhuvahetuse juures on kasutada ruumide ventileerimiseks kompaktsed soojustagastusega ventilatsiooniseadmeid. Enamlevinud on kahte tüüpi soojusvahetid: plaat ehk ristuvate õhuvooludega soojusvaheti ja rootor ehk pöörlev soojusvaheti.(29)

Sundventilatsiooni eelised:

- sisenev õhk on eelsoojendatud või jahutatud vajaliku temperatuurini;
- sisenev õhk on filtreeritud nõutava puhtusastmeni, sõltuvalt valitud;
- õhukoguseid saab täpselt määrata ja vajadusel lihtsalt muuta;
- ventilatsioonisüsteem on varustatud mürasummutiga, et elimineerida välismüra;
- soojustagastusega ventilatsiooniagregaat vähendab õhu küttevajadust olenevalt soojusvaheti tüübist kuni 80 %.(30)

4. SEADMETE ELUEA KULUDE VÖRDLEV ANALÜÜS JA TULEMUSED

Kütte ja ventilatsioonisüsteemide seadmete valikul saatis töö autor elektrooniliselt küsimustiku (Lisa 1; Lisa 2) erinevatele kütte- ja ventilatsiooniseadmeid pakkuvatele ettevõtetele. Saadud vastused ja eelnevate peatükkide jooksul kogutud informatsioon on järgnevate tabelite ja analüüside lähteandmeteks. Kütte- ja ventilatsiooniseadmete eluea kulude puhul on arvesse võetud seadmete hinnad, nende rajamise tingimused ja maksumused, hooldused, hoolduste kulud ja küttekulud vastavate aastate jooksul.

4.1. Kütteseadmed

Tabel 1. Kütteseadmete hinnavõrdlus

Kütteseade	Tootja/ mudel	Kütteseadme hind	Kütteseadme paigaldamise hind	Kütteseadme soetusmaksumus	Kütteseadme eluiga
Elektriradiaatorid	Beta 1500 w	80 €/tk	0 €	550 €	20 a
Läbivoolukatel	Starlevel TK-STLj 12 kw	590 €	350 €	940 €	20 a
Puidukatel	Viadrus U22/7	1100 €	1200 €	2300 €	30 a
Puitbrikett katel	Viadrus U22/7	1100 €	1200 €	2300 €	30 a
Gaasikatel	Junkers ZWB 28-3 CE	1500 €	3000 €	4500 €	15 a
Pelletikatel	Black Star 20	3500 €	1400 €	4900 €	20 a
Õhk-vesi soojuspump	Panasonic T-CAP kit- wxc09F9E8	4500 €	1400 €	5900 €	20 a

Maasoojuspump	Vaillant Geotherm vws 81/3	5250 €	5800 €	11050 €	25 a
---------------	----------------------------------	--------	--------	---------	------

Allikas: Lisa 1 ja autori arvutused

Kütteseadme paigaldamise hinnas ei ole arvestatud korstnate ega hoovisiseste gaasitorude hinda, kuna need sõltuvad väga palju hoone paiknemisest krundil ja hoone arhitektuurilistest iseärasustest. Kütteseadme soetusmaksumuse all on mõeldud seadme enda hinda ja spetsialisti töötasu paigaldamisel.

Kütteseadmete hinnavõrdlusest tuleb välja, et konkurentsilt kõige odavam on soetada elektriradiaatorid või siis läbivoolukatel. Elektriradiaatorite paigaldus ei nõua spetsialisti abi ega väga suuri teadmisi, tuleb vaid radiaator seina külge kruvida ja juhe vooluvõrku lükata. Ühe elektriradiaatori hind on umbes 80 € ja nende arv sõltub tubade arvust ning võimsus toa suurusest. Elektriradiaatorid on praktiliselt hooldusvabad, kuid läbivoolukatelt tuleks lasta spetsialistil paar korda aastas üle vaadata. Nende mõlema eluiga on 20 aastat.

Puidu- ja puitbrikettkatel on täpselt samad katlad ja tänapäeva katelde elueaks loetakse isegi kuni 30 aastat. Alginvesteeringult mõnevõrra kallim on pelletikatel, kuna sellel katlal on veel lisaks pelletipõleti, pelleti tigutransporditor ja mahuti, kuid eluiga on 20 aasta.

Gaasikatla rajamise hind sõltub kahest suuremast asjaolust - gaasikatlast ja selle lisatarvikutest ning gaasivõrguga liitumise tasust. Kõige olulisem on gaasitrassi olemasolu tänaval. Kui tänaval on gaasitoru olemas, siis võib arvestada ca 2000 € suuruse liitumistasuga, mis sisaldab endas veel kuni 10 m toruehitust tänaval asuvast torust kuni kinnistu piirini. Gaasikatla rajamiseks on vajalik nii hoone väline kui ka sisene gaasitorustik, gaasilekke alarmsüsteem, suitsukorstna rajamine jms. Võrreldes teiste kütteseadmetega on gaasikatla eluiga kõige väiksem – 15 aastat.

Kõige kõrgem alginvesteering tuleb teha maasoojuspumba süsteemile. Maakütte soetusmaksumus sõltub kontuuri paigaldamise võimalikkusest. Maakütteil on võimalik valida nelja erineva energiaallika vahel – energiapuurkaev, maakollektor ehk pinnasekollektor, põhjaveekollektor ja avatud veekogu kollektor.

Eestis on enim kasutatud maakollektor. See paigaldatakse umbes 1m sügavusele, aga mitte sügavamale kui 1.3 m. Kuid maakollektor nõuab kõige suuremat maa-ala – 1 m² eramu köetavat

pinda vajab vähemalt 3 m horisontaalset maakollektorit. Maakütte seadme eluiga on 25 aastat ja kontuuri eluiga 100 aastat.

Tabel 2. Kütteseadmete hoolduste vajalikkus ja selle maksumus

Kütteseade	Hooldus	Hoolduskulu aastas	Hoolduskulu seadme eluea jooksul
Elektriradiaatorid	Ei vaja hooldust.	0 €	0 €
Pelletkatel	Katel vajab tuha välja võtmist kaks kuni neli korda kuus - saab ise hakkama. Katla ja korstna puhastus spetsialisti poolt korra aastas.	35 €	875 €
Puidukatel	Katel vajab tuha välja võtmist kaks kuni neli korda kuus - saab ise hakkama. Katla ja korstna puhastus spetsialisti poolt korra aastas.	35 €	1050 €
Puitbrikett katel	Katel vajab tuha välja võtmist kaks kuni neli korda kuus - saab ise hakkama. Katla ja korstna puhastus spetsialisti poolt korra aastas.	35 €	1050 €
Gaasikatel	Vajab tehniku hooldust üks kord aastas.	60 €	900 €
Läbivoolukatel	Vajab tehniku hooldust kaks korda aastas.	70 €	1400 €
Õhk-vesi soojuspump	Vajab tehniku hooldust üks kord aastas. Välisagregaati tuleb regulaarselt puhastada lumest, jääst, lehtedest, okastest.	100 €	2000 €
Maasoojuspump	Vajab tehniku hooldust üks kord aastas.	100 €	2500 €

Allikas: Lisa 1 ja autori arvutused

Üleval olevas tabelis on töö autor uurinud ja välja toonud erinevate kütteseadmetele vajalikud hooldused ja nende hinnad ühes aastas ja seadme eluea jooksul. Hoolduse hinnas ei ole

arvestatud seadmete osade, näiteks filtrite või põletite jms välja vahetamisega, vaid ainult tehnikute töötasuga.

Jällegi selgub, et konkurentsitult kõige odavam on soetada ja ka hooldada elektriradiaatoreid. Elektriradiaatorid ei vaja hooldamist ja seega nende hoolduse kulu on 0 €. Kuid läbivoolukatel vajab siiski paar korda aastas spetsialisti ülevaatamist, et tagada seadmele pikem ja tervem eluiga.

Katlaid ja küttesüsteeme, millel on korsten ja ühenduslõõr, peab puhastama vastavalt vajadusele, kuid mitte harvemini, kui nende dokumentatsioonis on ette nähtud. Kui dokumentatsioon puudub või kui dokumentatsioonis ei ole ette nähtud muud sagedust, siis tuleb neid puhastada vähemalt üks kord aastas. Puhastamissagedus peab välistama tahmapõlengu ohu. Nii pelletkatel, puidukatel kui ka puitbrikett katel vajavad tuha välja võtmist kaks kuni neli korda kuus, sellega saab iga kodu omanik ise hakkama, kuid korstna ja ühenduslõõri puhastamiseks peab kohale kutsuma kutsetunnistusega korstnapühkija.

Gaasikatlaid tuleks terve tema eluea jooksul vähemalt ühe korra aastas lasta spetsialistil üle vaadata ning vastavad hooldus ja puhastustööd ära teha. Seadmete pikema eluea tagamiseks on soovitatav neid regulaarselt hooldada.

Nii maasoojuspumbad kui ka õhk-vesi soojuspumbad kasutavad õhu soojendamiseks soojusvahetit. Kuigi seadmete siseosad on kaitstud filtritega, satub aja jooksul tolmuosakesi soojusvaheti pinnale. Soojusvaheti ummistub ja seadme jõudlus langeb, kasvab elektrikulu ning väheneb kasutegur. Selle vältimiseks on soovitatav peale tavalise filtripuhastuse teha seadmele suurem hooldus. Hoolduse käigus pestakse siseosa filtrid, puhastatakse suruõhuga sise- ja välisosa soojusvahetid, kontrollitakse külmaaine lekkeid, mõõdetakse rõhud ja pingutatakse üle elektriühendused. Jahutamiseks kasutatavatel seadmetel kontrollitakse kondensvee äravool ning vajadusel puhastatakse. Hooldus kindlustab seadmele pikema eluea ning aitab avastada tekkivaid rikkeid. Hoolduse maksumus umbes 150 m² suuruses ühepereelamus olevatele seadmetele on sõltuvalt töö mahust 35-75 € ja tehniku väljasõidutasu veel eraldi 25 €. Kütmiseks kasutatavad soojuspumbad on soovitatav hooldada enne kütteperioodi algust. (21)

Igal kütteseadmel on omad kindlad paigaldamise nõudmised ja tingimused. Saadetud küsitluse (Lisa 1) alusel on töö autor need järgnevas tabelis välja kirjutanud.

Tabel 3. Kütteseadmete paigaldamise tingimused

Küttesead	Seadme paigaldamise tingimused
Maasoojuspump	Maakollektori paigaldamiseks on nõutav piisavalt suurt maatükk, kus talvel aktiivselt peal ei trambita ega lükata lund. 1 m ² köetavat pinda vajab vähemalt 3 m maakollektorit ja vähemalt 3,6 m ² vaba maapinda – 150 m ² köetava pinnaga elamu vajab 540 m ² vaba maapinda. Peab olema maakollektori paigaldamise joonis. Läbiviigud ehituskonstruksioonist peavad olema hästi isoleeritud. Vajab minimaalselt 3 m ² suurust tehnoruumi. Radiaatorite või põrandakütte eeldus.
Õhk-vesi soojuspump	Seade vajab minimaalselt 3m ² suurust tehnoruumi. Seadme paigaldab spetsialist, vastasel juhul kaotab seade garantii. Välisagregaat paigaldatakse välisseinale või spetsiaalse raamiga maapinnale. Radiaatorite või põrandakütte eeldus.
Läbivoolukatel	Seadme paigaldab tehnik. Seade võtab vähe ruumi, mahub ka panipaika. Elektrikatla toitevõrk peab olema kolmefaasiline – 400/230V. Radiaatorite või põrandakütte eeldus.
Elektriradiaatorid	Elektriradiaatorite paigaldamisega saab igaüks ise hakkama ja ei vaja tehniku abi, tuleb vaid radiaator seina külge kruvida ja juhe vooluvõrku lükata.
Gaasikatel	Vajalik gaasitrassi olemasolu tänaval ja gaasivõrguga liitumistasu. Tuleb paigaldada gaasitoru elamust kuni liitumispunktini. Vajab projekteerimise lähteandmeid Eesti Gaasist. Majal peab olema nõuetele vastav korsten. Vajalik on nõuetekohane katlaruum. Radiaatorite või põrandakütte eeldus.
Pelletikatel	Katlaruum peab vastama ehitusnormidele ja tuleohutusnõuetele. Katel peab paiknema põrandal ja selle ette peab jääma vähemalt 1m vaba ruumi. Katlaruumis peab olema õhuvõtuava. Minimaalne katlaruumi pind on 6 m ² . Vajab korstnat ja küttesüsteemi. Radiaatorite või põrandakütte eeldus.
Puidukatel	Katlaruum peab vastama ehitusnormidele ja tuleohutusnõuetele. Katel peab paiknema põrandal ja selle ette peab jääma vähemalt 1m vaba ruumi. Katlaruumis peab olema õhuvõtuava. Minimaalne katlaruumi pind on 6 m ² . Vajab korstnat ja küttesüsteemi. Radiaatorite või põrandakütte eeldus. Puude ladustamiseks on vaja eraldi ruumi.
Puitbrikett katel	Katlaruum peab vastama ehitusnormidele ja tuleohutusnõuetele. Katel peab paiknema põrandal ja selle ette peab jääma vähemalt 1m vaba ruumi. Katlaruumis peab olema õhuvõtuava. Minimaalne katlaruumi pind on 6 m ² . Vajab korstnat ja küttesüsteemi. Radiaatorite või põrandakütte eeldus. Brikettide ladustamiseks on vaja eraldi ruumi.

Allikas: Lisa 1

Üleval olevasse tabelisse on autor kirja pannud kütteseadmete paigaldamise tingimused, mille aluseks on võetud küsitlusest saadud informatsioon. Tabelist näeme, et kõige suuremate paigaldus tingimuste ja nõudmistega on pelletikatel, puidukatel ja puitbrikett katel.

Tabel 4. Kütteväärtused

Kütus	Kütteväärtus	Hind
Elekter	1,0 kWh	0,11 €/kWh
Pellet	4,7 kWh/kg	0,174 €/kg
Maagaas	9,3 kWh/m ³	0,511 €/m ³
Küttepuu	1465 kWh/m ³	45 €/m ³
Puitbrigett	4,9 kWh/kg	0,17 €/kg

Allikas: Eesti energia, Eesti gaas, Kytteladu.ee

Eelnevas tabelis on uuritud ja välja kirjutatud erinevate kütuste keskmised kütteväärtused ja uurimise ajal olnud hinnad.

Tabel 5. Kütteseadmete küttehinnad

Kütteseade	Tootja/ mudel	Kasutegur	kWh hind	Küttehind aastas	Kütteseadme eluga
Elektriradiaatorid	Beta 1500 w	1	0,11 €	1980 €	20 a
Läbivoolukatel	Starlevel TK-STLj 12 kw	1	0,11 €	1980 €	20 a
Puidukatel	Viadrus U22/7	0,8	0,038 €	855 €	30 a
Puitbrikett katel	Viadrus U22/7	0,8	0,043 €	967,5 €	30 a
Gaasikatel	Junkers ZWB 28-3 CE	1,1	0,050 €	818,2 €	15 a
Pelletikatel	Black Star 20	0,9	0,041 €	820 €	20 a
Õhk-vesi soojuspump	Panasonic T-CAP kit- wxc09F9E8	4,8	0,0229 €	85,9 €	20 a
Maasoojuspump	Vaillant Geotherm vws 81/3	4,7	0,0234 €	89,6 €	25 a

Allikas: Lisa 1 ja autori arvutused

Et teada saada seadmete aastane küttekulu, tuleb välja arvutada vastava seadme 1 kWh soojusenergia maksumus. Selleks on vaja kütuse hind jagada kütuse kütteväärtusega (Tabel 4.) ja see omakorda vastava seadme kasuteguriga. Näiteks maasoojuspumba 1 kWh soojusenergia maksumus on $0,11/1,0/4,7=0,0234$ €

Üleval olevas tabelis on töö autor välja arvutanud erinevate kütteseadmete küttehinnad . Arvesse on võetud hoone energiavajadus, kütuse kütteväärtus ja kütuse hind (Tabel 4.) ning seadme kasutegur. Hoone energiavajadus on saadud energiatõhusus arvu, mis on energiatõhusal B-energiaklassi majal $120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, ja hoone köetavapinna, mis on 150 m^2 , omavahelisel korrutamisel. Ehk hoone energiavajadus on $120\text{kWh/m}^2\text{a}\cdot 150\text{m}^2= 18000 \text{ kW/a}$. Aastane

küttekulu on saadud hoone energiavajaduse jagamisel seadme kasuteguriga ja korrutatud kütuse 1 kWh hinnaga. Näiteks maasoojuspumba aastane küttehind on $18000/4,7*0,0234=89,6$ €.

Kui elektriradiaatorite ja läbivoolukatla soetusmaksumus ja hoolduskulud olid teiste kütteseadmetega võrreldes konkurentsitult madalamad, siis küttehinna arvutuste tulemused näitavad, et tänu kasvavale elektri hinnale ja seadmete madalale kasutegurile on elektriradiaatoriga või läbivoolukatlaga elamu kütmine kallis (1980 €/a, kui näiteks maaküttel on ainult 89,6 €/a).

4.2. Ventilatsiooniseadmed

Tabel 7. Ventilatsiooniseadmete hinnavõrdlus

Ventilatsiooniseade	Hind	Paigalduse hind	Soetusmaksumus
Loomulik ventilatsioon Fresh klapid	18 €/tk	0 €	Sõltub ruumide arvust.
Väljatõmbesüsteem Fresh klapid ja iFan ventilaator	Fresh-klapp 18€/tk Ventilaator 100 €/tk	50 €	Sõltub ruumide arvust.
Soojusvahetiga ventilatsiooniagregaat Sentinel Kinetic Plus-B	1600 €	1000€	2600 €

Allikas: Lisa 2

Töö autor ei ole soetusmaksumuse hinnas arvestanud projekteerimise ega ventilatsioonitorustiku paigaldamise maksumusega, kuna need sõltuvad otseselt elamu arhitektuurilistest ja konstruktsioonilistest omadustest.

Loomuliku ventilatsiooni korral on autor välisõhu ruumidesse sissetoomiseks arvestanud fresh-klappidega ehk värskeõhuklappidega. Värskeõhuklapid paigaldatakse hoone igasse ruumi, mis asuvad välisseina ääres ja nende arv sõltub hoone ruumide arvust. Klappide paigaldamisega saab ise hakkama, tuleb vastavalt juhistele elamu seinaga puurida auk ja see sinna paigaldada. Mida

tuulisem on ilm, seda rohkem õhku voolab läbi hoone, seega on läbivoolud jaotatud ebaühtlaselt ja tubades olevad õhuvoolud võivad olla väga erinevad. Sellises elamus toimub saastunud õhu väljaviimine korstnate või näiteks köögikubu kaudu. Selline lahendus on kõige odavam ja lihtsam viis tagada hoones värske õhk.

Väljatõmbesüsteem on süsteem, kus kasutatakse mehaanilist väljatõmmet sansõlmedest, pesuruumist ja köögist. Ventilatori võib paigaldada nii katusele, pööningule kui ka igasse ruumi eraldi. Välisõhk kompenseeritakse elu-, töö-, ja magamistubade kaudu, kasutades värskeõhuklappe või akendesse monteeritud tuulutusreste. Ventilatorite ja värskeõhuklappide arv sõltub jällegi hoone tubade arvust.

Ventilatsiooniseadmetest on kõige kõrgema alginvesteeringuga soojusvahetiga ventilatsiooniagregaat. Selle seadme paigaldamine nõuab kindlasti ventilatsiooni projekti ja torustikku, mille kaudu hakkab värke õhk liikuma ruumi ja saastunud õhk sealt välja. Selle lahendusega saavutatakse kõige suurem energiasäästlikkus, kuna sissepuhke õhk soojendatakse väljapuhkeõhu arvelt tänu soojatagastusele. Antud süsteemi on ka väga lihtne automatiseerida. Näiteks, kui päevasel ajal inimesi kodus ei ole, siis hoiab süsteem õhuringluse minimaalsel režiimil, aga jällegi õhtustel ajal, kui inimesed kodus, siis töötab süsteem tugevamal režiimil.

Tabel 8. Ventilatsiooniseadmete hooldused

Ventilatsiooniseade	Hooldus	Hoolduskulu aastas
Loomulik ventilatsioon Fresh klapid	Vajadusel saab ise filtrid puhtaks pesta.	0 €
Väljatõmbesüsteem Fresh klapid ja iFan ventilator	Vajadusel saab ise filtrid puhtaks pesta.	0 €
Soojusvahetiga ventilatsiooniagregaat Sentinel Kinetic Plus-B	Vajab spetsialisti poolset ülevaatamist ja hooldamist korra aastas.	50 €

Allikas: Lisa 2

Eelolevas tabelis on välja toodud ventilatsiooniseadmete jaoks vajalikud hooldused ja nende maksumus.

Värskeõhuklappide ja ventilaatori puhastamine on lihtne, ning sellega saab igäüks ise hakkama ning ei vaja spetsialisti abi ega lisakulutusi. Toas olev kate eemaldatakse ja selle all on filter, mille saab välja võtta ning puhastada. Filtri regulaarne puhastamine ja vajadusel vahetamine on oluline, et tagada puhas õhk ja piisav õhuliikumine.

Soojusvahetiga ventilatsiooniagregaat vajab märksa suuremat hooldust, et tagada seadme töökindlus ning vähendada amortisatsioonikulutusi. Soojustagastusega ventilatsiooniagregaadid kasutavad soojuse kinnipüüdmiseks soojusvahetit. Kuigi seade on kaitstud filtritega, satub aja jooksul tolmuosakesi soojusvaheti pinnale ja seadme sisse. Soojusvaheti ummistub ja seadme jõudlus langeb, kasvab elektrikulu ning väheneb kasutegur. Selle vältimiseks on soovitatav peale tavalise filtripuhastuse ja vahetuse teha seadmele suurem hooldus.

Hoolduse käigus kontrollitakse ning vajadusel vahetatakse filtrid, puhastatakse soojusvahetid, kontrollitakse ventilaatorite (mootorid, laagrid) olukorda, vaadatakse üle rihmad ja pingutatakse üle elektriühendused. Kontrollitakse kondensvee äravool ning vajadusel puhastatakse. Hooldus kindlustab seadmele pikema eluea ning aitab avastada tekkivaid rikkeid. Hooldust peaks tegema korra aastas ja hoolduse maksumus kodukasutuses olevale seadmele on 50 €, millele lisandub filtrite hind.(31)

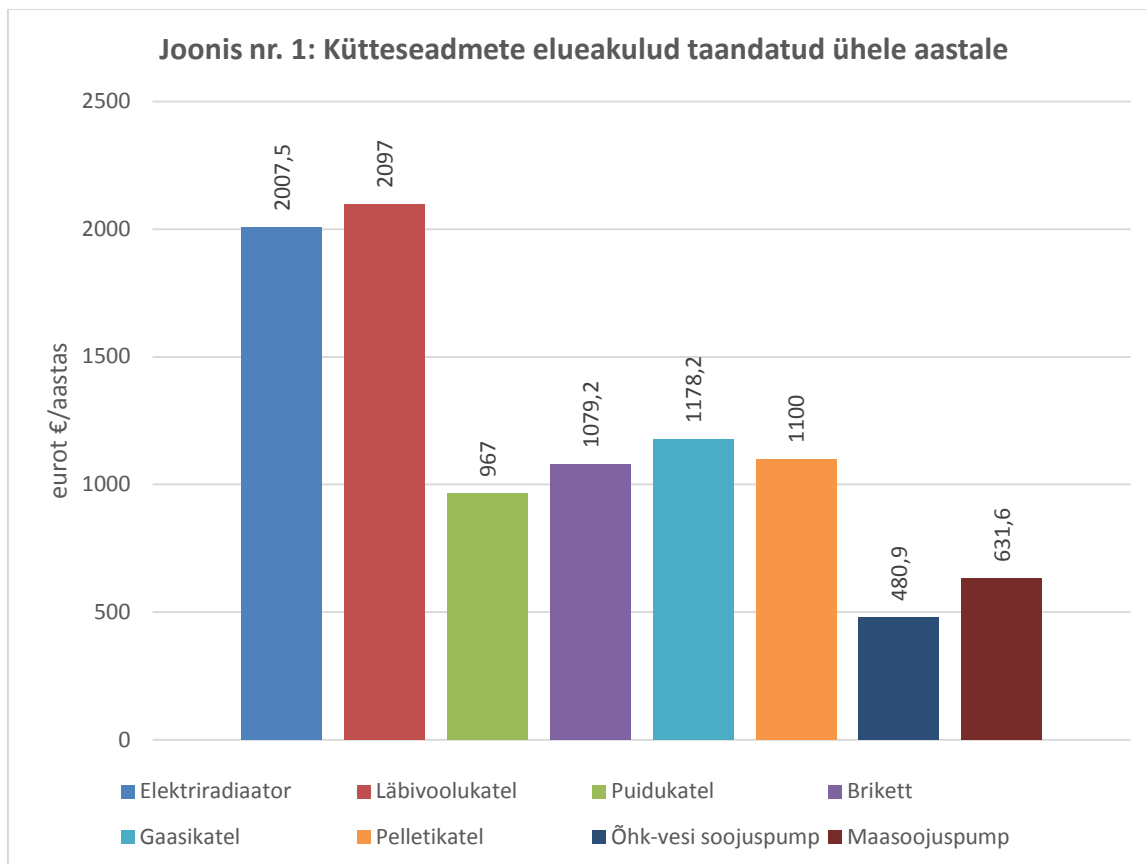
4.3. Käsitletud seadmete võrdlev analüüs

Seadmete valikul saatis töö autor elektrooniliselt küsimustiku erinevatele kütte- ja ventilatsiooniseadmeid pakkuvatele ettevõtetele. Küsimustiku eesmärgiks oli välja selgitada, milliseid seadmeid nad soovivad kuni 150 m² suurusele hästi soojustatud energiatõhusale ühepereelamule. Küsimustikus uuriti ka seadmete paigaldamise tingimusi ja hinda, hoolduse vajalikkust ja hoolduse maksumust ning seadme eluiga.

Ventilatsioonisüsteemide uurimusest selgus, et kui soov on saavutada hea energiatõhusus ja sisekliima, siis kõige ainuõigem valik on soojusvahetiga ventilatsiooniagregaat. Nagu eelnevatest

tabelitest oli näha, siis see seade on alginvesteeringutelt küll kõige kallim, kuid ainuke lahendus, millega võimalik saavutada energiasäästlikkust.

Joonis 2. Kütteseadmete elueakulud taandatud ühele aastale



Allikas: Lisa 1 ja autori arvutused

Eelnevate peatükkide jooksul koostatud tabelid, mis põhinevad küsitluse teel saadud informatsioonil on aluseks järgneva analüüsi tegemisel. Autori poolt koostatud joonisdiagrammil on näha erinevate kütteseadmete elueakulud taandatult ühele aastale. Elueakuludes on kokku liidetud seadme hind, paigaldamise maksumus, hoolduskulud ja küttekulud, ning saadud arv jagatud seadme elueaga, et saada parem ülevaade, kui suurt väljaminekut seaded ühes aastas vajavad. Autor ei ole arvestanud mugavuse näitajatega, nagu näiteks automatiseeritus, ega inimtööle kulunud ajaga, nagu näiteks puude riita ladumine või puude katlasse panemine jne.

Kõige kõrgemaid kulutusi nõuavad elektriradiaatorid ja läbivoolukatlad. Nende hoolduste ja rajamise maksumused on küll väga väikesed, kuid tänu tõusvale elektri hinnale ja seadmete

madalale kasutegurile on aastane küttekulu väga kõrge, läbivoolukatlal lausa € aastas. Seega on nende seadmete eluea kulud võrreldes teiste kütteseadmetega väga kõrged.

Viimaste seast leiame ka gaasikatla, mille ühe aasta kulud kokku on 1178,2 € ja ka seadme eluiga võrreldes teiste seadmetega on kõige madalam – 15 a.

Suhteliselt stabiilselt ühel tasemel on puidukatel, puitbrikett katel ja pelletikatel. Kuid nendest kolmest siiski natukene kallim ja ka väiksema elueaga on pelletikatel.

Jooniselt näeme, et kõige madalamate kuludega on soojuspumbad, mille hoolduskulud ja rajamise maksumused on küll kõrged, kuid selle kompenseerib madal küttekulu. Õhk-vesi soojuspumba eluiga on madalam kui maasoojuspumbal, kuid selle eelis ja soodsam hind maasoojuspumba ees tuleneb kõrgemast kasutegurist ja sellest, et see ei vaja kollektorit, ega lisa maa-ala. Kütteseadmete eluea kulude jooniselt leiame, et kõige madalama aasta maksumusega on õhk-vesi soojuspump.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli uurida erinevaid kütte- ja ventilatsiooniseadmeid selleks, et neid omavahel võrrelda rajamiskulude, hoolduskulude ja küttekulude alusel nende eluea jooksul, ning kogutud andmete põhjal välja selgitada, milline kütte- ja ventilatsiooniseade on kõige mõistlikum paigaldada B-energiaklassiga ühepereelamusse.

Lõputöös selgus, et B-energiaklassi ühepereelamu energiatõhususarv on 120 kWh/m²a, seega on see madalenergiahoone ja 150 m² suuruse köetava pinnaga elamu aastane energiavajadus on 18000 kW/a. Madalenergiahoone kavandamisel on vaja tagada, et hoone soojuskaod oleksid väikesed, tehnosüsteemid oleksid energiatõhusad ja vabasoojust kasutataks otstarbekalt. Autori poolt saadetud küsitluste põhjal koostatud võrdlevatest tabelitest saab hea ülevaate erinevate kütte- ja ventilatsiooniseadmete hindadest, paigaldus tingimustest ja nende lisakuludest.

Küttesüsteemide analüüsis selgus, et mida väiksem on kütteseadmete alginvesteering, seda kõrgemad on küttekulu maksumused. Näiteks elektriradiaatorid, mille rajamismaksumus ja hoolduskulud on kõige väiksemad, tarbib elektrienergiat niivõrd palju, et aastane küttekulu maasoojuspumbaga võrreldes on üle 20 korra suurem.

Võttes kokku käesoleva töö raames uuritud ja analüüsitud kütte- ja ventilatsiooniseadmeid leidis lõputöö autor, et kui soov on saavutada hea energiatõhusus ja meeldiv sisekliima, siis kõige ainuõigem valik on soojustagastusega ventilatsiooniagregaat. See süsteem on küll alginvesteeringutelt kõige kallim, kuid ka ainuke lahendus, millega on võimalik saavutada energiasäästu ja vähendada küttekulusid.

Kütteseadmeid analüüsides leidis lõputöö autor, et kõige mõistlikum valik on õhk-vesi soojuspump. Sammuti suhteliselt kõrge alginvesteeringuga ja nõuab ka kõige kvaliteetsemat ja suuremate kulutustega hooldust, kuid tänu seadme kõrgele kasutegurile on küttekulud niivõrd madalad, et see kompenseerib täielikult lisakulud.

VIIDATUD KIRJANDUS

1. **Vikipeedia Vaba entsüklopeedia.** (2011). *Energiatõhusus*. [WWW] <https://et.wikipedia.org/wiki/Energiat%C3%B5husus> (05.11.2015)
2. **Euroopa parlament.** (2015). *Energiatõhusus*. [WWW] http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/et/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.7.3.html (05.11.2015)
3. **Omamaja OÜ.** *Maja energiatarve*. [WWW] http://www.omamaja.eu/maja_energiatarve.php (05.11.2015)
4. **Eesti Vabariigi Riigi Teataja.** (2015). *Hoone energiatõhususe miinimumnõuded*. [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/105062015015> (06.11.2015)
5. **Sihtasutus KredEx.** (2012). *Madalenergia- ja liginullenergiahoone kavandamine*. [WWW] http://kredex.ee/public/Uuringud/Madalenergia- ja_liginullenergiahoone_kavandamine_Vaikeelamu.pdf (06.11.2015)
6. **Paroc Group OÜ.** (2013). *Hoonete energiatõhusus*. [WWW] http://www.paroc.ee/oskusteave/energiatohusus/hoonete-energiatohusus?sc_lang=et-EE (09.11.2015)
7. **Aeroc Jämerä AS.** (2013). *Passiivmaja*. [WWW] <http://www.aeroc.ee/index.php?page=1055&> (15.11.2015)
8. **Eesti Vabariigi Riigi Teataja.** (2015). *Ehitusseadustik – Energiamärgis*. [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/130122015011> (20.11.2015)
9. **Eesti Standardikeskus.** (2007) *Sisekeskkonna algandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks*. [WWW] <https://www.evs.ee/tooted/evs-en-15251-2007> (20.11.2015)
10. **Property24.** (2014). *Hoone ruumide sisekliima*. [WWW] <http://www.property24.ee/?lang=est&m1=4&m2=58&m3=118> (20.11.2015)
11. **Vikipeedia Vaba entsüklopeedia.** (2012). *Küttepuit*. [WWW] <https://et.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCttepuit> (05.01.2016)
12. **Soojapood OÜ.** *Kaminad, ahjud ja katlad*. [WWW] <http://www.soojapood.ee/et/p/kaminad-ahjud> (05.01.2016)
13. **Ollin Süsteemid OÜ.** *Puidupellet*. [WWW] http://www.os.ee/artiklid/artikkel_2.htm (05.01.2016)
14. **OÜ Eurobrikett.** *Puitbrikett*. [WWW] <http://puitbrikett.ee/> (08.01.2016)

15. **Eesti Gaas AS.** Maagaas kodus. [WWW] <http://www.gaas.ee/maagaas/maagaas-kodus/> (08.01.2016)
16. **Soojapood OÜ.** *Gaasiküte.* [WWW] <http://www.soojapood.ee/et/p/gaasikute> (10.01.2016)
17. **Hals Trading AS.** *Kondensaatkatlad.* [WWW] <http://www.hals.ee/trading/toote-kategooriad/kondensaatkatlad/> (10.01.2016)
18. **Gaspre OÜ.** *Gaasikatlad.* [WWW] http://www.gaspre.ee/?id=gaasikyte&sid=gk_ostjale (10.01.2016)
19. **Bestair Kaubandus OÜ.** *Maasoojuspumbad.* [WWW] <http://www.bestair.ee/kasulikku/soojuspumpadest/maasoojuspumpadest/> (25.01.2016)
20. **Bestair Kaubandus OÜ.** *Õhk-vesi soojuspump.* [WWW] <http://www.bestair.ee/kasulikku/soojuspumpadest/ohk-vesi-tuupi-soojuspumpadest/> (25.01.2016)
21. **Kodukliima Grupp OÜ.** *Soojuspumba hooldus.* [WWW] http://www.kodukliima.ee/Soojuspumba_hooldus/ (26.01.2016)
22. **Torulill OÜ.** (2009). *Küttesüsteemide valik.* [WWW] <http://www.torulill.ee/küttesüsteemid/Küttesüsteemi-valik-15.html> (28.01.2016)
23. **Tehnilise Järevalve Amet.** *Hoonete energiaklassid.* [WWW] <http://www.tja.ee/hoonete-energiaklassid> (28.01.2016)
24. **Inkodu.** (2012). *Maja energiakulu arvutamine.* [WWW] <http://www.inkodu.ee/index.php?est/1999/uudised/Maja-energiakulu-arvutamine> (02.02.2016)
25. **Äripäev.** (2005). *Elektriradiaator kütab paindlikult.* [WWW] <http://www.aripaev.ee/uudised/2005/03/22/elektriradiaator-kutab-paindlikult> (02.02.2016)
26. **Fresh-est OÜ.** *Ventilatsioon.* [WWW] <http://www.fresh.ee/ventilatsioonisüsteemid/> (05.02.2016)
27. **Amecon OÜ.** *Ventilatsioonisüsteemid.* [WWW] <http://www.amecon.ee/ventilatsioonisüsteemied-reguleerimine-ja-mootmine> (05.02.2016)
28. **Ilmar Ilinõh Tehnoloogiliste protsesside automaatjuhtimine.** (2012) *Ventilatsioon.* [WWW] <http://opiobjektid.tptlive.ee/Automaatjuhtimine/ventilatsioonisüsteemid.html> (08.02.2016)
29. **Kliimakaubamaja OÜ.** *Ventilatsioonisüsteemid.* [WWW] <http://www.kliimakaubamaja.ee/hea-teada/18-ventilatsioonisüsteemid.html> (05.02.2016)
30. **Haapsalu Kutsehariduskeskus.** *Loomulik- ja sundventilatsioon.* [WWW] http://www.hkhk.edu.ee/niiskus/loomulik_ ja_sundventilatsioon.html (10.02.2016)
31. **Kodukliima Grupp OÜ.** *Ventilatsiooni hooldus.* [WWW] <http://www.kodukliima.ee/ventilatsioonihoidus/> (20.02.2016)

LISAD

Lisa 1. Küsitlus kütteseadmeid pakkuvatele ja hooldavatele ettevõtetele

Küsitluse eesmärgiks on saada informatsiooni kütteseadmete kohta, et nende andmete põhjal koostada hindade, hoolduste, paigaldus tingimuste jne alusel võrdlevad tabelid, mida kasutan oma lõputöö koostamiseks.

Puudub projekt, seega tagasiside võib olla umbkaudne, kuid seade peab vastama 150 m² suuruse energiatõhusa ühepereelamu nõuetele!

1. Millist kütteseadet (mudel) oleks kõige mõistlikuma kasutada 150 m² suuruses energiatõhusas ühepereelamus?
2. Kütteseadme mudeli andmed?
3. Kütteseadme paigaldamise tingimused?
4. Kütteseadme paigaldamise hind?
5. Millist hooldust ja kui tihti kütteseadet vajab?
6. Kui pikk on seadme eluiga?

Lisa 2. Küsitlus ventilatsiooniseadmeid pakkuvatele ja hooldavatele ettevõtetele

Küsitluse eesmärgiks on saada informatsiooni ventilatsiooniseadmete kohta, et nende andmete põhjal koostada hindade, hoolduste, paigaldus tingimuste jne alusel võrdlevad tabelid, mida kasutan oma lõputöö koostamiseks.

Puudub projekt, seega tagasiside võib olla umbkaudne, kuid seade peab vastama 150 m² suuruse energiatõhusa ühepereelamu nõuetele!

1. Milliseid ventilatsiooniseadmeid (mudelid) soovitate?
 - Loomulikule ventilatsioonile
 - Väljatõmbesüsteemile
 - Soojusvahetiga ventilatsiooniagregaadile
2. Ventilatsiooniseadmete mudelite andmed?
3. Ventilatsiooniseadmete paigaldamise tingimused?
4. Ventilatsiooniseadmete paigaldamise hind?
5. Millist hooldust ja kui tihti ventilatsiooniseade vajab?

SUMMARY

The objective of this thesis was to investigate different heating and ventilation systems in order to compare their installation, maintenance and heating costs in the course of their lifetime, and based on the collected data, to find out which is the most reasonable heating and ventilation system that should be installed to a single-family house with energy class B.

The thesis showed that the energy performance of a single-family house with energy class B is 120 kWh/m²a, which means this is a low-energy building and the annual energy demand of a building with a heated surface of 150 m² is 18,000 kWh/a. Upon the planning of a low-energy building, it is essential to make sure that the heat loss of the building is reduced to a minimum, the technical systems are energy efficient and the latent heat is used wisely. The comparing chart composed based on the results of the questionnaire made by the author gives a good overview of the prices, installation requirements and additional costs of different heating and ventilation systems.

The analysis of heating and ventilation systems showed that the lower the initial investment in the systems is, the higher are the heating costs. For example, electric radiators that have the lowest installation and maintenance costs, consume so much electric power that compared to the geothermal heat pumps, the annual heating cost is more than 20 times higher.

Concluding all the heating and ventilation systems investigated and analysed within the framework of this thesis, the author found that in case of a desire to achieve good energy efficiency and a pleasant indoor climate, the best solution would be the installation of a heat recovery ventilation. In this case, the initial investment is the biggest, but it's the only solution that helps to achieve energy savings and lower heating costs.

However, analysing the heating and ventilation systems, the author of this thesis found that the most reasonable solution is the air-to-water heat pump. Even if it also requires a relatively big initial investment and its maintenance calls for the best quality and highest costs, the high efficiency of this device helps to keep the heating costs that low that it fully compensates all the additional costs.

Deklareerin, et käesolev lõputöö, mis on minu iseseisva töö tulemus, on esitatud Tallinna Tehnikaülikooli diplomi taotlemiseks.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, põhimõttelised seisukohad, kirjanduslikest allikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

Autor:
(nimi, allkiri, kuupäev)

Üliõpilaskood:

Töö vastab kehtivatele nõuetele.

Juhendaja:
(nimi, allkiri, kuupäev)

Kaitsmisele lubatud: “.....“ 2016
.....

TTÜ TK kaitsmiskomisjoni esimees:

.....
(nimi, allkiri)