

Tuuli Tamme

**PASSIIVMAJADE
JÄTKUSUUTLIKKUS JA EESTI
ESIMESED PASSIIVMAJAD**

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2014



Tuuli Tamme

PASSIIVMAJADE JÄTKUSUUTLIKKUS JA EESTI ESIMESED PASSIIVMAJAD

LÕPUTÖÖ

Arhitektuuri ja keskkonnatehnika teaduskond
Tehnoökoloogia eriala

Tallinn 2014

SISUKORD

Mõisted.....	4
Sissejuhatus	6
1. Jätkusuutlikkus ja ökoloogiline jalajälg	8
1.1. Jätkusuutlikkus	8
1.2. Ökoloogiline jalajälg Eestis	9
2. Passiivmajade jätkusuutlikkus.....	12
2.1. Energiatarbimise trendid	12
2.2. Passiivmajad – energiasäästlikud majad	15
2.3. Passiivmajade mitmekülgsus ja elanikesõbralikkus.....	17
2.3.1. Paindlik kontseptsioon ja meeldiv sisekliima	19
2.4. Alternatiivenergia võimalused	20
3. Passiivmajad Eestis	22
3.1. Passiivmajade ajalugu Eestis.....	22
3.2. Eesti esimesed passiivmajad	23
3.2.1. Esimene passiivmaja Eestis, Põlvamaal.....	23
3.2.2. Passiivmaja Tartumaal	24
Kokkuvõte	26
Summary	28
Viidatud allikad	30
Lisa 1. Näide passiivmaja sertifikaadist	33
Lisa 2. Passiivmaja Põlvas	34
Lisa 3. Passiivmaja Tartus.....	35

MÕISTED

Alternatiivenergia – on energialiik, mis mille tootmise all peetakse silmas teisi võimalusi peale fossiilsete kütuste põletamise või tuumaenergia kasutamise. Alternatiivenergia on taastuvenergia ning selle peamised liigid on päikeseenergia, tuuleenergia, bioenergia, laineenergia ja geotermiline energia. Nende energialiikide ühiseks omaduseks on CO₂ emissiooni puudumine, sellepärast nimetatakse neist tulenevat energiat ka roheliseks energiaks. [1, lk. 249-253]

Energiamärgis – dokument, mis kajastab energiatarbimist. Täpsemat seda, kui palju tarbib vastav hoone energiat, mis kulub nii hoone kütmisele, jahutamisele, vee soojendamisele, ventilatsioonile ja valgustusele. See võimaldab võrrelda hooneid teiste samaväärsete hoonete energiatarbimisega. Energiamärgis koostatakse energiaarvutuste tulemuste põhjal. [29]

Energiatõhususe miinimumnõue - olemasolevatele ja ehitatavatele hoonetele määratud summaarsed piirmäärad, mis lähtuvad hoone otstarbest ja arvestavad tehnilisi näitajaid. Energiatõhususe miinimumnõuet väljendatakse energiatõhususarvuga. [12]

Energiatõhus hoone (*low-energy house*) – üldmõiste hoonetele, mille energiatõhusus on suurem, kui energiatõhususe miinimumnõuetega ette nähtud. Väljendab hetkel tüüpilist energiatõhususe taset, mis on ajas muutuv. Kuna riigiti ühtset standardit ei ole, on eeldusandmed ja arvutusmeetodid erinevad, seetõttu ei ole võimalik andmeid üks-ühele võrrelda. [6]

ISO 7730 – rahvusvaheline standard, mida võib kasutada eesmärgina, saavutada sobiv sise- või soojuskeskkond. Standardit mõõdetakse prognoositava rahulolematute protsendi ja prognoositava keskmise hääle alusel. Soovitatav sihttemperatuur on talvel 22 °C ja suvel 24,5 °C. [30]

Kyoto protokoll – kliimamuutuste raamkonventsioon, mis sõlmiti 11. detsembril 1997. aastal Jaapanis, Kyotos. Protokolli eesmärgiks on vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid ajavahemikus 1998-2012. Kyoto sihtarv iseloomustab osalise võetud kohustust vähendada heitkoguseid. Eestis oli sihtarvuks 8%. [16]

Passiivmajade sertifikaat – tõend passiivmajale, mis kinnitab, et hoone vastab passiivmaja kriteeriumitele. Sertifikaati (Lisa 1) „Tõendatud kvaliteediga passiivmaja“ saavad väljastada ainult Passiivmaja Instituut Saksamaal või vastava akrediteeringuga rahvusvahelised organisatsioonid. [6]

Passiivmaja (*passive house*) – Passiivmaja on hoone, mis pakub selle elanikele kõrget mugavust väga väikese energiakuluga. Selliseid hooneid planeeritakse ja ehitatakse väga hoolikalt. Tähelepanu pälvivad detailid nagu tõhus geomeetria ja avade paiknemine, väga heade energiatõhususe näitajatega avatäited ja ventilatsioon, külmasillavaba konstruktsioon ja hooneümbrise õhupidavus. [21]

PASS-NET – projekt, mille eesmärk on tõsta Euroopa riikide teadmisi passiivmaja standarditest, sihiga suurendada passiivmajade arvu ja levikut. PASS-NET projektis osalevad kümme Euroopa riiki, nendeks on Austria, Belgia, Horvaatia, Tšehhi, Saksamaa, Suurbritannia, Rumeenia, Slovakkia, Sloveenia ja Rootsi. [23]

SISSEJUHATUS

Väga pikka aega on aasta-aastalt kasvanud maailmas energia tootmine ning tarbimine. Statistilised analüüsid näitavad energia tarbimise valdkonnas suurt kasvu. Suur energiatootmine ja tarbimine toovad endaga aga kaasa suure keskkonnasaaste hulga.

Passiivmajad on peaaegu kõige energiatõhusamad hooned. Ühtlasi on need kaasajal ka ühed levinuimad energiasäästlikud hooned Euroopas. Ameerikas on levinud samuti energiasäästlikud ning taastuvat energiat kasutavad hooned, mis siiski ei vasta passiivmaja nõuetele. Viimaste aastate jooksul on väga suurel hulgal kasvanud passiivmajade arv, seda eriti Euroopas. Kindlasti kasvab see arv aastatega veelgi märgatavamalt. Eestisse on rajatud hiljuti esimene sertifitseeritud passiivmaja. Uusi passiivmaju, mis saavad samuti sertifikaadi, on peagi lisandumas.

Kuna passiivhooned on energiasäästlikud, aitavad nad säilitada ka ökoloogilist tasakaalu, vähendades saasteainete jõudmist atmosfääri kütuste teel. Hoonetega seotud saasteainete emissioonid tulevad peamiselt kütuste põlemisest, et saada soojust. Tänu passiivhoonetele, on võimalik neid koguseid märgatavalt vähendada. Varem ehitatud eluhooned rajati energiasäästlikkust silmas pidades. Tänapäeval, kui suur energiakasutus ja keskkonna ning atmosfääri saaste on kujunenud suureks probleemiks, on energiasäästlike majade rajamisele ja nende ideoloogia arendamisele ja levitamisele hakatud palju rohkem tähelepanu pöörama.

Lõputöö eesmärgiks on uurida passiivmajade jätkusuutlikkust ning keskendudes energiasäästlikkusele, analüüsida mõningaid väiteid ja müüte sellest, et passiivmajad on keerulised ja väga kulukad rajada. Samuti on eesmärgiks välja selgitada Eesti esimeste passiivhoonete jätkusuutlikkus ning passiivhoonete võimalikkus Eesti tingimustes.

Lõputöö struktuur koosneb kolmest osast. Esimeses osas antakse ülevaate keskkonnaga seotud säästvast arengust ja ökoloogilisest jalajäljest, kui tänapäeva maailma probleemidest. Teises osas kirjeldatakse passiivhoonete, kui energiasäästlike hoonete olemust ja tähtsust. Samuti analüüsitakse Eestisse ehitatud esimeste passiivhoonete jätkusuutlikkust. Kolmandas osas on

selgitatakse passiivhoonete võimalikkust ja tulevikku Eesti tingimustes, pidades silmas jätkusuutliku arengu aspekti.

Lõputöö koostamisel on kasutatud materjalideks peamiselt erialast kirjandust nii eesti kui ka inglise keeles, erialaseid ajakirju, internetiväljaandeid, seaduseid ja intervjuusid.

1. JÄTKUSUUTLIKKUS JA ÖKOLOOGILINE JALAJÄLG

Jätkusuutlikkus ja ökoloogiline jalajälg on üha enam kasutust leidvad mõisted, millega saab iseloomustada keskkonna seisundit ja olukorda. Tänapäeval on mõlemad mõisted väga levinud, kuna järjest olulisemaks on muutumas keskkonnasõbralikkus. See on tähtis, kuna aasta-aastalt on kasvanud meid ümbritsevasse keskkonda paisatavate ainete hulk. Üheks väga suureks probleemiks on süsinikdioksiid (edaspidi CO₂) ja kasvuhoonegaasid, mis põhjustavad kliima soojenemist. [5, lk.10-11, 12]

1.1. Jätkusuutlikkus

Jätkusuutlik areng on lai mõiste, mille all on silmas peetud pea kõiki eluvaldkondi. See peaks tagama elukvaliteedi paranemise, mis on kooskõlas loodusvarade säilimisega ja looduskeskkonna talumisevõimega. Jätkusuutliku arenguga peaks olema tasakaalus nii sotsiaalsfäär, majanduse- ning keskkonnavaldkonnad ja täisväärtuslik ühiskonnaelu jätkumine praegustele, aga ka tulevatele põlvedele. Eestis reguleerib säästvat arengut ja jätkusuutlikkust riiklik strateegia Säästev Eesti 21. [31]

Säästev Eesti 21 on pikaajaline arengustrateegia, mille lähteülesanne on kinnitatud Vabariigi valitsuse poolt. Selle arengustrateegia üldiseks eesmärgiks on tagada jätkusuutlik areng Eestis, pakkudes välja erinevaid lahendusi kooskõlastatud tegevusteks. See arengustrateegia valmis aastal 2001., ning on mõeldud pikemaks ajahorisondiks. Eesmärkide täitmiseks on määratud 30 aastat. Lõplikud tulemused selguvad aastaks 2030. [2, lk. 6-7]

Üheks arengustrateegia eesmärgiks on ökoloogiline tasakaal. Kõige peamisemaks eesmärgiks on looduse isetaastumisevõime lülitamine looduskasutusse. See tähendab, et rõhutakse mitte nii väga keskkonna ja ressursside kasutamisele, vaid sellele, et kasutamine ei ületaks ökoloogilist taastootmist. Üheks eesmärgiks, mis on seatud 2030. aastaks, on see, et kasutusele võetaks skeemid, mis võimaldavad vältida loodusressursside pöördumatuid kahjusid ja raiskamist. Riik peab toetama keskkonnahoidlike tehnoloogiate eelisarengut. [2, lk. 25-27]

Jätkusuutlikku arengu tagamiseks on olemas ka säästva arengu seadus. See seadus sätestab säästva arengu rahvusliku strateegia alused. Lisaks säästva arengu seadusele, on olemas ka Rohelise Eesti energiakava 2020. See energiakava loodi 2005. aastal kümneks aastaks, aastani 2015. Energiakava loodi, et vähendada Eestis elektri tootmist põlevkivist ja asendada see taastuvate energiaallika liikidega. [17]

Rohelise energiakava eesmärkideks on [17]:

- säästva energiamajanduse loomine keskkonda,
- roheline energia ehk taastuva energia kasutuselevõtmine,
- elektrihinna stabiliseerimine,
- vaba elektrituru loomine,
- Eesti energeetiline sõltumatus.

Roheline Energiakava keskendub peamiselt tuuleenergia kasutusele võtmisele, kuna hüdroenergia rakendamise võimalusi on Eestis vähe ning päikeseenergia kasutamine veel kallis. Päikeseenergia kasutamist ja rakendamist ootab läbiajal ees läbimurre, kus päikeseenergiat saab elektriks muuta ka pilvise ilmaga. Sel viisil kasvaks päikesepaneelide kasutegur ning nii leiaksid need ka Eestis rohkem kasutamist. [17]

1.2. Ökoloogiline jalajälg Eestis

Ökoloogiline jalajälg on mõiste, mille abil on võimalik mõõta ja hinnata keskkonnakasutust nii üksikindiviidi, organisatsiooni või regiooni kaupa. Ökoloogilise jalajälje ühikuteks on globaalsed hektarid inimese kohta aastas. Selle arvutamiseks on jaotatud ära maakera viljakas pind. Seda on ühe inimese kohta 2 hektarit. [15]

Maakera viljakas pind on jagatud viieks [14]:

- haritav maa,
- energiamaa,
- täisehitatud maa,
- bioloogilise mitmekesisuse jaoks jäetud maa,
- bioproduktiivne meri.

Haritav maa jaguneb omakorda kasutamise järgi põllumaaks, karjamaaks ja metsamaaks. Energiamaa on maa-ala, mida kasutatakse energiatootmiseks ning jaotussüsteemide jaoks.

Täisehitatud maa hõlmab maad, mida katavad hooned, sõiduteed ja muu taoline. Bioproduktiivne meri on territoorium, mis on vajalik kalapüügi jaoks ning bioloogilise mitmekesisuse jaoks jäetud maa on looma- ja taimeliikide bioloogiliseks arenguks. [14]

Enamikes arenenud riikides ületab ökoloogiline jalajälg lubatud piire, samuti on see läbi aastate kasvanud. Ökoloogilise jalajälje arvutamiseks kasutatakse vaid keskkonda puudutavat jätkusuutlikkust, välja on jäänud majanduslik ja sotsiaalne jätkusuutlikkus. [15]

Eesti ökoloogiline jalajälg oli Maailma Looduse Fondi (WWF) andmete järgi 2008. aastal üheksandal kohal. Suurema osa sellest moodustavad süsiniku osakaal ning metsa osakaal. See näitab, et enamiku ökoloogilisest jalajäljest moodustab energia tootmisega seonduv. Peamiselt on nendeks tegevusteks põlevkivi kaevandamine ja selle töötlemine. Taastuvatest energiaallikatest kasutatakse energia tootmiseks peamiselt puitkütust. Puitkütuse kasutamine on palju keskkonnasõbralikum, kui fossiilsete kütuste kasutamine energia tootmiseks. [15]

Eesti ökoloogilist jalajälge, milleks on 6,4 globaalset hetkarit aastas (gha) inimese kohta, arvutatuna 2008. aastal, saab osadeks jagada järgmiselt [14]:

- süsiniku osakaal – 2,97 gha inimese kohta,
- põllupinna osakaal – 0,84 gha inimese kohta,
- karjamaa osakaal 0,14 gha inimese kohta,
- metsa osakaal 2,37 gha inimese kohta,
- kalapüügi territooriumi osakaal 0,08 gha inimese kohta,
- täisehitatud maa osakaal 0,18 gha inimese kohta.

Kivisüsi on kõige süsinikurikkam fossiilkütus. Selle põledes paisatakse õhku gaas CO₂, mis on kasvuhoonegaas. Kuigi Euroopa Liidu riigid on liitunud Kyoto protokolliga, kasvab süsinikdioksiidi hulk aasta-aastalt. Terves maailmas on inimese poolt tekitatud CO₂ saastest 37% energiatootmise tagajärjel tekkinud, Euroopas on see umbes ligikaudu 39%. Põlevkivi kasutamise tõttu raiskab Eesti palju energiat, kuna põlevkivile baseeruva elektritootmise koguefektiivsus on väga madal. [5, lk.10-11]

Euroopa ülemkogu on heaks kiitnud otsuse, et 2020. aastaks on kasvuhoonegaaside kogused vähenenud 20% võrreldes aastaga 1990. või 30%, kui selle eesmärgiga liituvad ka suured tööstusriigid. Energiamajanduse riiklik arengukava 2020 põhineb säästva arengu seadusele ning on aluseks elektrimajanduse, põlevkivi, biomassi ja bioenergia valdkonna arengukavadele, aga ka

energia säästmise küsimusi käsitlevale energiasäästu sihtprogrammile. Seega on need mitmed arengukavad tihedalt seotud. [31]

2. PASSIIVMAJADE JÄTKUSUUTLIKKUS

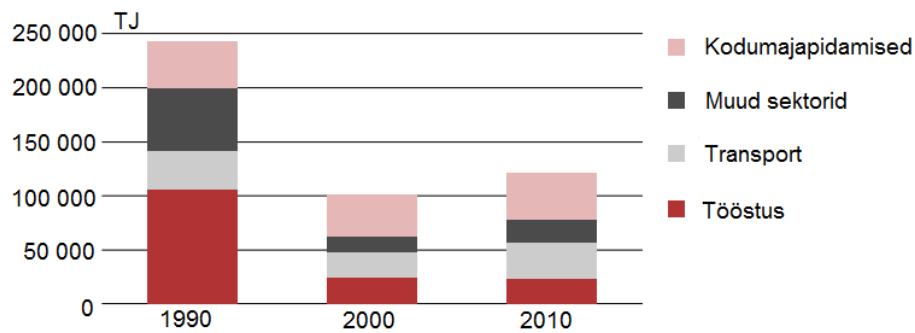
Euroopa Liidu nõuete kohaselt peavad alates 2018. aastast olema kõik hooned, mida kasutab avalik sektor, nullilähedase energiakuluga. See kehtib ühiskondlike hoonete kohta. Põhjuseks on see, et alates 2020. aastast peab olema iga uus hoone ehitatud nullenergiamaajana. Olemasolevad hooned ei pea olema veel siiski nullenergiahooneid. [13]

2.1. Energiatarbimise trendid

Energia tarbimine oli stabiilne ajani, kuni inimkond kasutas seda ainult primaarselt ning vaid selleks, et ellu jääda. Alates perioodist, kui 1850-datel algas tööstusrevolutsioon, kasvas vajadus energia järgi tohututes kogustes. Sellest ajast peale on nõudlus kogu aeg kasvanud. Hetkel kasvab maailmas nõudlus energia järgi keskmiselt kaks protsenti aastas. Kuigi nõudluse kasv on tööstuslikes riikides pidurdunud, kasvab see siiski arengumaades, kus elab 2/3 maailma elanikkonnast. [26]

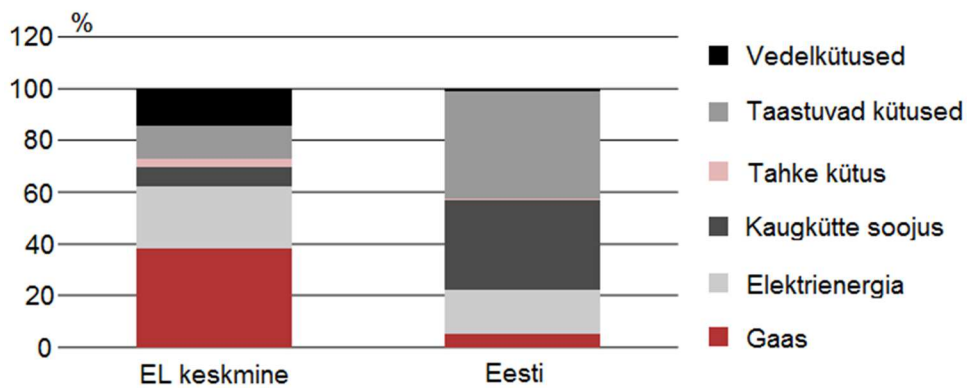
Eesti on samuti küllaltki suure energiatarbimisega riik. Suure osa sellest energiatarbimisest moodustab kodumajapidamistes kasutatav energia. Energiatarbimise kogused kodumajapidamistes on väga suured, kui võrrelda Eestit näiteks Euroopa Liiduga. Peamiselt on selle põhjuseks see, et energiatarbimine kujunes välja ajal, millal ei räägitud energiavarude ammendumisest, ega ka säästlikust tarbimisest. Lisaks sellele, ehitati sellel perioodil ka väga suur hulk hetkel kasutusel olevaid elu- ja ühiskondlikke hooned, mis ei ole ehitatud energiasäästlikkust silmas pidades. Sellised hooned põhjustavadki peamiselt suurt energiakulu, mis läheb hoonete soojendamisele. Põhjuseks see, et hooned ei hoia sooja. [26]

Eesti energiatarbimist läbi aastate on keeruline hinnata, kuna peale 1990. aastat langes energiatarbimine suurel määral (Joonis 1). Seda seetõttu, et peale taasiseseisvumist kadusid Eestist energiamahukad tööstused, mis kulutasid suurel kogusel energiat. Jooniselt 1 on näha ka seda, et peale 1990. aastat on energiatarbimine siiski kasvanud, kuid enam mitte tööstuste tõttu. On näha, et kõige rohkem energiat kulub kodumajapidamistele. Peale taasiseseisvumist on tööstusele kuluv energiahulk püsinud stabiilne ja madal. [26]



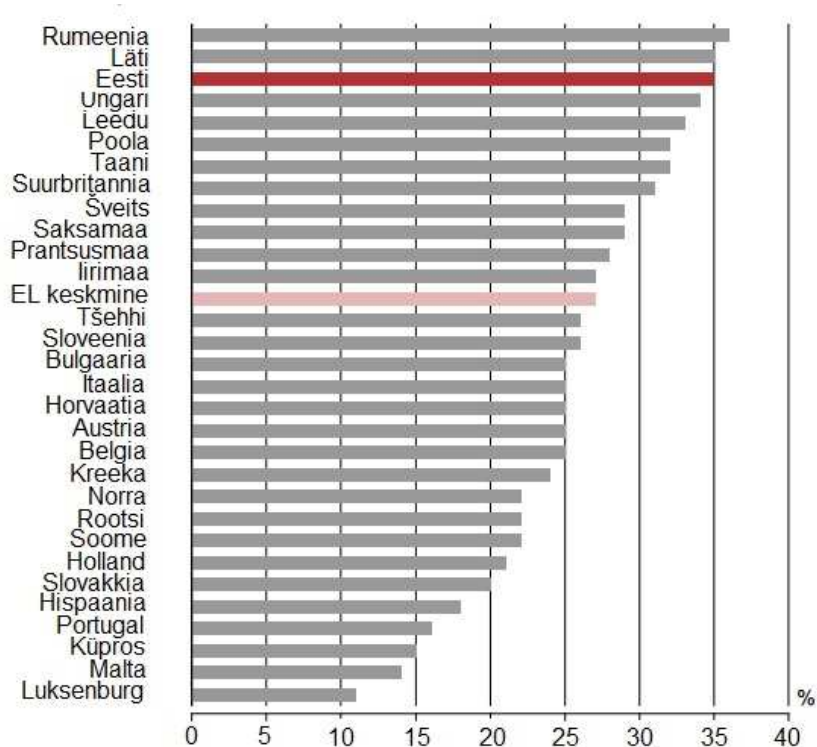
Joonis 1. Energiatarbimine Eestis, 1990-2010 [26]

Kui Euroopa Liidus kasutatakse kodumajapidamistes energiaallikana gaasi, siis Eestis on gaasi osakaal väike. Eestis moodustab suurema osa energiatarbimisest kaugkütte soojus, taastuvad kütused ning elektriküte. Euroopa Liidus on peamiseks energiaallikaks kasutusel gaas, millele järgnevad elektrienergia ja vedelkütused. Eestis kasutatakse kütmiseks gaasi vähem peamiselt sellepärast, et puudub vastav gaasivõrk, mida kasutada eluhoonete kütmiseks. [26]



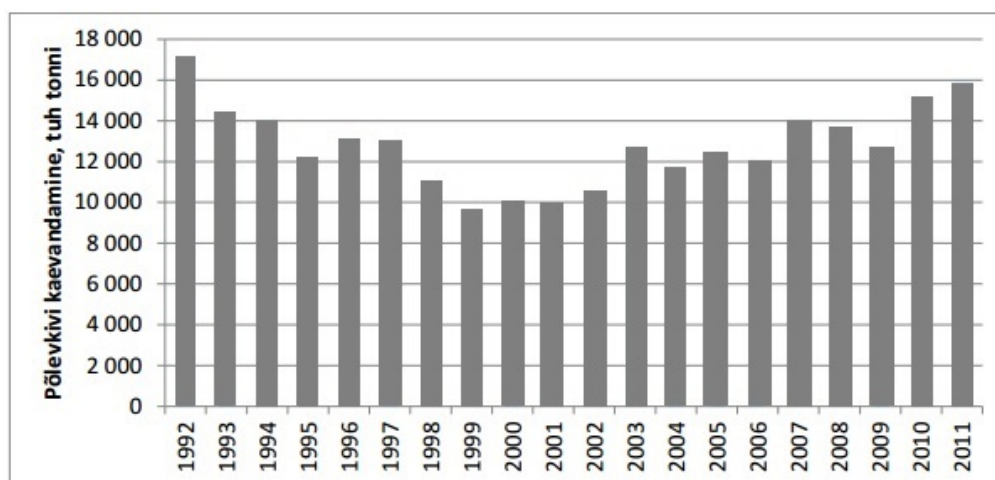
Joonis 2. Kodumajapidamistes energiatarbimine Eestis ja Euroopa Liidus energia ja kütuse liigi järgi, 2010 [26]

Võrreldes Euroopa Liiduga on Eestis energiatarbimine kodumajapidamistes üks suuremaid. 2010. aasta statistika järgi (Joonis 3), oli Eesti lausa 3 kohal terves Euroopa Liidus. See on palju kõrgem tulemus, kui Euroopa Liidu keskmine. Eestist eespool olid vaid Rumeenia ja Läti. Kolmas koht nii väikse riigi kohta nagu Eesti ei ole hea näitaja. [26]



Joonis 3. Kodumajapidamiste energiatarbimise osatähtsus kogu energiatarbimises Euroopa Liidus, 2010 [26]

Energia tootmine kahjustab väga palju keskkonda. Eesti jaoks on äärmiselt negatiivseks aspektiks keskkonna seisukohalt see, et siin toodetakse suurem oma energiast põlevkivist, mis on kõige süsinikurikkam taastumatu loodusvara. Põlevkivi kaevandatakse samuti Eestis. Kuna põlevkivi kaevandamine on aasta-aastalt valdavalt tõusnud (Joonis 4), siis seda enam on kasvanud ka CO₂ kogused. [24]



Joonis 4. Põlevkivi kaevandamine [24]

2.2. Passiivmajad – energiasäästlikud majad

Energiasäästuhoonetest on hetkel kõige enam levinud passiivmajad. Passiivmaja on väga madala energiatarbega hoone. Hoones on kasutatud energiasäästlikke komponente. Kui võrrelda passiivmaju varem ehitatud eluhoonetega Eestis, siis on energiatarbimise erinevused märkimisväärsed. Eestis kulub hetkel enamik kodumajapidamistes kasutatavast energiast just eluruumide haldamisele. Peamiselt kulub energiat majades asuvate eluruumide soojendamisele. [26]

Nõuded passiivmaja standardi täitmiseks [20]:

- hoone kütmiseks ja jahutamiseks kulub aastas $< 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$,
- primaarenergia tarve – jaguneb kütte, sooja vee ja majapidamiseks kuluv elekter vahel $< 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$,
- akende soojajuhtivus $U_w < 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,
- piirete õhupidavus $n_{50} < 0,6$ korda tunnis.

Passiivmaja kontseptsiooni looja Wolfgang Feist on öelnud: „Passiivmaja on hoone, milles soojusmugavus (ISO 7730) tagatakse ainult selle värske õhu taassoojendamisega (või taasjahutamisega), mis on vajalik rahuldava õhukvaliteedi saavutamiseks õhuringlust kasutamata.“ [4, lk.8]

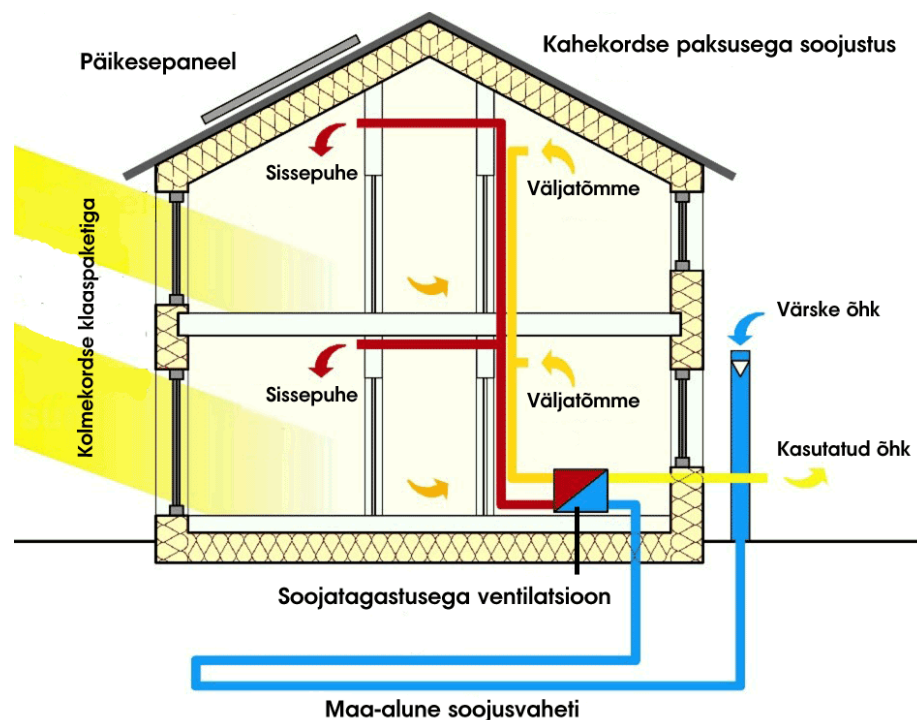
Passiivmajade ehitamine nõuab täpsust ja üksikasjalikkust tehnilistes tingimustes, samuti peab arvestama hoone asukohaga – kliima- ja keskkonnatingimustega. Siiski on olemas kindlad nõuded, mis peavad olema täidetud, et luua passiivmaja. Korralikult läbimõeldud ja nõuetekohane passiivmaja kulutab aga kordades vähem energiat, kui tavaline eluhoone. [4, lk.7-9]

Esiteks peab olema olemas hästi läbimõeldud ehitusprojekt, mis käsitleb kõiki aspekte hoone ehitamisel. Arvesse tuleb võtta hoone asukohta ning paiknemist päikese suunas. Iga detail peab olema paigas. Ka näiteks see, et puud ei tohi jääda hooned varjutama või millise asukoha ning kõrguse pealt paistab päike nii suvel kui talvel. Seejärel peab olema paigas soojustus, et majas püsiks sobiv temperatuur. Selle jaoks on vaja kahekordse paksusega soojustust ja päikeseenergiaga optimeerimiseks sobivad aknad, selleks on kolmekordsed klaaspaketiga aknad. Lisaks on vaja tagada sobiv piirete õhu läbilaskvus ning tõhusa soojatagastusega ventilatsioonisüsteem, samuti kütte- ja jahutusseadmed ning päikesekollektorid vee soojendamiseks. [4, lk.7-9]

Nii ventilatsioonisüsteem, päikesekollektorid kui ka vastavad aknad muudavad küll passiivmaja kallimaks, kuid edasipidi säästavad palju energiat, hoides ruumides soojust ning seda mitte välja

lastes. Passiivmajas peaksid olema võimaluse korral ka näiteks energiasäästlikud kodumasinad ja valgustid. Kuid ka ilma päikesekollektoriteta ning energiasäästlike kodumasinade ja valgustiteta peaks passiivmaja vastama tingimustele. [4, lk.7-9]

Passiivmajade kõige suurem jätkusuutlikkuse aspekt on see, et passiivmajad on väga energiasäästlikud. Passiivmajades ei ole vaja ruumide soojendamiseks kasutada küttesüsteeme. Ruume kütakse tsirkuleeriva sooja õhuga. Sissetulevat õhku eelsoojendatakse madalatemperatuurilise küttekehaga (Joonis 5), vältimaks seda, et õhk võib osutuda liiga kuivaks. Õhku soojendatakse õhuvahetussüsteemi kaudu. Õhk tuleb õuest, seejärel läbib filtreid ning õhk soojendatakse. Seejärel toimub sissepuhe. Kui õhk on ruumis kasutatud, toimub selle väljatõmme ning see liigub soojatagastusega ventilatsiooni, kus soojendab sissetulevat õhku, seejärel lastakse õhk välja tagasi. [7, lk. 432-433]



Joonis 5. Passiivmaja õhuvahetuse skeem [6, lk.8]

Passiivmajad on väga õhutihedad. Õhutihedus tähendab, et ruumides ei ole õhuleket nii sissetulevale, kui ka väljaminevale õhule. Õhutihedus aitab säästa energiat, kuna näiteks külm õhk ei pääse hoone ruumidesse sisse. Seega on passiivhoonete soojusnõudlus 10–15 kWh/(m²a). Võrdluseks vanema eluhoone, mis ei ole passiivmaja, soojusnõudlus võib olla näiteks 400 kWh/(m²a) või isegi veel rohkem. [3, lk. 2-4]

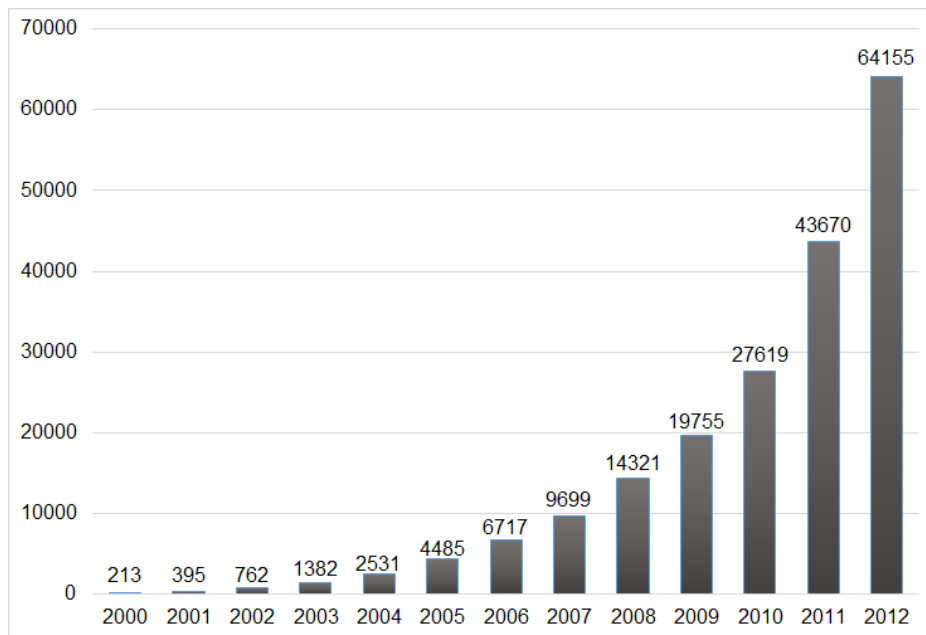
Passiivmajade soojusvajadus on viidud nii madalale, et küttesüsteeme, nagu näiteks katlaid, korstnaid ja soojatorusid, pole vaja ja nendest saab loobuda. Passiivmajadel välisilmselt jääbki esimesena silma see, et neil puuduvad korstnad. Vajalik osa soojusest viiakse majja eelpool nimetatud süsteemi abil ning päikesevalgusega, aga ka inimeste soojaeralduse ja elektroonikaseadmetest eralduva soojuse abil. Passiivmaja standardites ei ole täpselt öeldud, et kuidas vajalikud tulemused ja näitajad saavutada. Tähtis on vaid, et hoone vastaks vajalikele näitajatele. [19]

Näiteks saab tuua võrdluse eluhoonest, kus kasutatakse soojuse tootmiseks kütteõli ja passiivhoonest. 10 kWh/(m²a) tähendab seda, et eluhoonet soojendades kulub 1 m² kohta 1 liiter kütteõli. Kui tegemist on passiivmajaga, mille pindalaks on 100 m², kulub selle soojendamiseks 100 liitrit kütteõli aastas. Kui tegemist on vana eluhoonega, mis on täpselt sama suur, aga mis on halvasti soojustatud ja mille soojusnõudlus on 300 kWh/(m²a), kulub aastas umbes 300 liitrit kütteõli. Arvestades, et 100 liitri kütteõli hind võib olla ligikaudu 70 eurot, tuleb välja, et passiivmaja ja vana elumaja kütmise hinna vahe on ligikaudu 2000 eurot. [3, lk. 2]

Lisaks sellele, et passiivmaja hoiab kütmise pealt kokku märgatavalt suure summa raha, on ka väiksem hulk kütteõli kasutamist energiatootmiseks kasuks, et vähendada CO² hulka. Kui põletatakse vähem kütteõli, satub ka atmosfääri väiksem kogus saasteaineid. [5, lk.10-11]

2.3. Passiivmajade mitmekülsus ja elanikesõbralikkus

Passiivmajade arv Euroopas on kasvanud rohkem viimase viie aasta jooksul. PASS-NET projektis osalevad 10 Euroopa riiki. Nende riikide põhjal on näha (Joonis 6) ehitatud passiivmajade arvu alates 2000. aastast. Hüppeline kasv passiivmajade ehitamise juures on toimunud alates 2009. aastat alates. Suurem osa majadest asuvad Saksamaal, kus asub ka kõige esimene passiivmaja. Sellest riigist sai alguse passiivmajade ideoloogia. [6, lk.13]



Joonis 6. PASS-NET projekti raames uuritud kümne Euroopa riigi passiivmajade arv [6]

Passiivmajade arv on aastate jooksul märgatavalt kasvanud. Peale energiatõhususe on passiivmajad õigesti planeerituna ka kasutajatele väga mugavad. Ruumides on sees ühtlane soojuskiirguskliima, kuna hoone on hästi isoleeritud kõikides välispiiretes. Passiivmajades on temperatuur ja sisekliima ühtlased, temperatuurikihistumist ei toimu, samuti ei teki ka ebameeldivaid tuuletõmbuseid. Tänu heale ventilatsioonisüsteemile ning õhuhulkade reguleerimise võimalusele, on hoones tagatud hea õhukvaliteet. [6, lk. 7]

Keskkonnasäästliku hoone rajamine ja selle kontseptsiooni tutvustamine nende majade elanikele, on aluseks ka keskkonnaharidusele ja levitamisel ühiskonna seas. Parima ja elanikesõbralikuma hoone saab ehitada, kui nii planeerimise ja rajamise juures on kõik osapooled algusest peale. Sõltumata hoonetüübist ja kasutuse funktsioonist, saab maksimaalselt parima tulemuse siis, kui kaasatud on kõik huvirühmad. [4, lk. 21-22]

Kuna passiivmaja kontseptsioon on veel küllaltki uudne, tuleb selle planeerimise ja projekteerimisega olla väga põhjalik. Näiteks võib hinna vahe passiivmaja ja tavamaja vahel olla väga erinev, sõltuvalt ettevõttest, kes teeb vastavad kalkulatsioonid. Võimaluse korral tulevad kasuks nii põhjalik uurimustöö tellija poolt. Seda nii passiivmaja kontseptsiooni suhtes, kui ka kohalikke teenusepakkuja silmas pidades. [4, lk. 32]

2.3.1. Paindlik kontseptsioon ja meeldiv sisekliima

Energiasäästlikke hooneid saab ehitada igas valdkonnas. Need võivad olla erinevad eluhoonetüübid – nii ühepereelamud, ridaelamud, aga ka korruselamud. Samuti sobivad energiasäästlikud hooned ka peaaegu kõikideks mitteeluhoonete tüüpideks. „Passiivmaja kohandamise kontseptsioon“ dokumendi järgi on tehtud katseid, mille tulemusel oli näha, et passiivmaja nõuetele vastavat hoonet on võimalik ehitada erinevatesse kliimatingimustesse tehes vaid üsna väheseid muudatusi. [9]

Vastupidiselt levinud müütidele, on passiivmajad väga elanikesõbralikud. Õigesti projekteeritud passiivmaju on võimalik kasutada erineva kliimaga piirkondades. Passiivmajade eeliseks on see, et neis puuduvad näiteks külma õhkavad pinnad või erinev temperatuur lae all ja põranda juures. Majas on püsivalt elamiseks sobiv temperatuur ning ei ole väga suurt temperatuuri kõikumist. Valdavalt on sobivaks temperatuuriks eluruumides 21 °C, mis võib olla piirkonniti pisut erinev. Tähtis on õige ja läbimõeldud projekt, kuna on arvestatud keskkonnaga, kuhu passiivmaja ehitatakse. [9]

Kuigi passiivmaju on kallim ehitada, kui mitte passiivseid maju, tasuvad nad ennast ära sellega, et kulutavad hiljem palju vähem energiat soojuse tootmiseks. Passiivmajad teevad kallimaks soojustamine, kallimad aknad ja ventilatsioonisüsteemid. Lisaks sellele, kui on lisatud päikesekollektor, on võimalik toota ka elektrienergiat näiteks tarbevee soojendamiseks. Passiivmajad on tavaliselt 10%-30% kallimad, kui nii öelda tavalised elumajad. Seega kulud küttesüsteemidele teevad tavalise eluhoone kallimaks. [9]

Passiivmajade hinnad muutuvad aja jooksul odavamaks. Hetkel on passiivmajade ehitamiseks vajalikud osad alles küllaltki spetsiifilised. Aja jooksul ja tehnoloogia arenedes saavad langeda ka passiivmajade hinnad soodsamaks. Alates passiivmaja kontseptsiooni ja esimeste hoonete valmimiselt, on hinnad langenud. Tehnoloogia areneb kiiresti ja tänu sellele langevad ka hinnad aastate jooksul. [9]

Passiivmajade ventilatsioonisüsteemid on küll kallid, kuid neil on peale õhu ventileerimise veel mitmeid muid ülesandeid. Peale õhuvahetuse ja selle soojendamise saab ventilatsiooniga reguleerida õhuniiskust. Sellega on võimalik nii niisutada, kui ka kuivatada sissepuhkeõhku. Peale selle saab vältida ka saasteainete pääsemist eluruumidesse ning tänu heale ventileerimisele, saab eemaldada ka ruumidest halva lõhna. Tänu sellele on õhukvaliteet ja ruumide temperatuurid väga kõrgel tasemel. [9]

2.4. Alternatiivenergia võimalused

Passiivmajad kulutavad energiat mitmeid kordi vähem, kui vanemad elumajad. Kuigi passiivmajad hoiavad väga hästi soojust, kulub neil siiski mingil määral energiat. Energia tootmiseks on mitmeid võimalusi [28]. Eestis on lisaks õhk- ja maaküttele võimalik energiatootmiseks kasutada levinumate süsteemide hulgast päikesepaneelide ja tuulegeneraatoreid. Neid elemente võib kasutada energia tootmiseks ka hoone puhul, mis ei ole passiivne. Elektrienergia tootmisel tuule- või päikeseenergiast ei tekitata kasvuhoonegaase. [1, lk.49-50]

Alternatiivenergia ehk taastuvenergia kasutamine on viimastel aastakümnetel kiiremini arenema hakanud. Juurde on tulnud erinevaid ning inimestele kättesaadavamaid võimalusi, et seda energialiiki kasutada. Hetkel kõige kiiremini kasvav taastuvenergia liik on päikeseenergia. Teine kiiresti arenev ja kasvav energialiik on tuuleenergia. Juba praegu toodetakse üle maailma küllaltki suurtes kogustes taastuvenergiat, kuid seda oleks võimalik veel rohkem ära kasutada. Ainuüksi tuuleenergiaga oleks võimalik varustada maailm kahekordse kogusega energiast, mis kulub kogu inimkonna peale täna. [5, lk.14-15]

Päikesepaneelide kasutatakse peamiselt kaheks eesmärgiks [18]:

- sooja vee tootmiseks,
- elektrienergia tootmiseks.

Eestis on ka tavaliste elumajade juures hakanud levima päikesepaneelide kasutamine. Tavaliste elumajade puhul on võimalik päikesepaneelidega katta näiteks soojavee tarbimiskogused päikeselisel ajal perioodil. Seda on kuus kuni kaheksa kuud aastas [18]. Passiivmajade puhul saab päikesekollektoritega katta lisaks tarbeveele ka kütteenergia ja elektri kogused. [11]

Eesti kohta on levinud arusaam, et paistab vähe päikest. Tegelikult on päikesevalgust aastat umbes sama palju, kui Kesk-Saksamaal, seega pisut enamgi kui Põhja-Saksamaal. Saksamaa on üks enim päikesepaneelide kasutav riik nii Euroopas kui ka maailmas. Kuna näiteks ka külmade ilmadega, kus temperatuur võib ulatuda -15°C kuni -20°C , kuid taevast on selge ja päike paistab, võib kollektorite abiga soojendada tarbevett 45-50 plusskraadini. [18]

Teine tuntud võimalus on tuulegeneraator. Tuuleenergia tootmise jaoks vajalikud vahendid on kallid, kuid tehnoloogia arenedes langevad need hinnad aasta-aastalt. Tuuleturbiinide plussiks päikeseenergia ees on see, et tuulisemad on pigem talvekuud, kus energiat kulub rohkem. Hetkel ei ole tuuleenergia kasutamine eramajade juures väga levinud, kuid on olemas maju, kes kasutavad

juba seda viisi energiatootmiseks. Ka tuuleturbiinidega toodetud energiat, mis majapidamises ära ei kulu, on võimalik müüa elektrivõrku. Lisaks sellele, ei pea tuulegeneraatoreid kasutama vaid üksikutenä eramajade juures. On võimalik rajada ka tuuleparke kogukondadesse, et toota taastuvat energiat suuremal määral. [1, lk.242-244; 5, lk.24-25]

3. PASSIIVMAJAD EESTIS

Viimastel aastatel on meediast palju läbi käinud uudiseid, et Eestisse rajatakse uusi või muudetakse vanemaid eluhooneid passiivmajadeks. Esialgu hakkasid levima uudised, et kortereid ja maju on hakatud renoveerima passiivmaja standardite järgi. Mõne aasta pärast lisandusid uudised sellest, kuidas on hakatud planeerima ja ka ehitama esimesi passiivmaju. Kõik see on Eestis toimunud peamiselt viimase kümne aasta jooksul [9]. Hiljuti on Eesti ehitusmaastikule lisandunud ka ettevõtteid, kes toodavad passiivmaja standardite järgi ehitusmaterjale või materjale, mida on võimalik kasutada passiivmaja viimistluse juures. [27]

3.1. Passiivmajade ajalugu Eestis

Passiivmajadest Eestis on hakatud rääkima peamiselt viimase aastakümne jooksul. On olnud juttu majadest, mis on muudetud energiasäästlikumaks. Seejärel on neid hakatud nimetama passiivmajadeks, vaatamata sellele, et need majad ei vasta passiivmaja nõuetele. Kuigi maju on muudetud energiasäästlikumaks, mis on nii keskkonnale kui ka rahasäästmise mõttes igati kasulikud ning nendes majades on kasutatud tänapäevaseid passiivmaja elemente, ei ole need ametlikult passiivmajad. [10]

Varasemalt on ehitatud energiasäästlikke maju, mis on küll palju energiasäästlikumad, kui nii öelda tavalised majad, ei ole nad siiski ametlikult passiivmajad. Seda samadel põhjustel – nad ei vasta kõigile passiivmaja nõuetele. Üheks põhjuseks võis olla see, et passiivmajade täpne mõiste ei olnud Eestis veel piisavalt levinud ning seega hakati nimetama ka madalama energiakuluga hooneid passiivmajadeks. [10]

Segadus ametlike passiivmajadega ja energiasäästlike majadega on tingitud asjaolust, et Eesti seadused ei ole energiasäästlike majadega seonduvat reglementeerinud. Täpselt ei ole Eestis kokkulepitud mõistet terminit passiivmajale. [10]

Tänapäevaks on erinevad ettevõtted Eestis „avastanud“ enda jaoks energiatõhususe valdkonna ning hakanud tootma ja ka spetsialiseerunud energiasäästlikkusele. Mitmed ettevõtted pakuvad energiatõhusaid tooteid, mis sobivad energiasäästliku või madalenergiahoone tingimustega.

Näiteks arendavad juba aknatootjad oma tooteid, mis vastaks madalenergiahoonete tingimustele nii PVC kui puitakna näol. [27]

3.2. Eesti esimesed passiivmajad

Viimase paari aasta jooksul on rajatud Eestisse ka sertifitseeritud passiivmajad. Neil on hetkel veel vähe, kuid kindlasti hakkab neid lisanduma nüüd kiiremini. Senised passiivmajad on projekteeritud ja ehitatud ettevõtte poolt nimega Sense. Mõlemad seni valminud ning ka planeeritav passiivmaja kasutavad või hakkavad kasutama päikesekollektoritest saadavat energiat, et vähendada sisse ostetava energiahulka miinimumini. Esimene passiivmaja asub Põlvas, teine maja rajati Tartusse. [25]

Eesti esimesed passiivmajad on erinevad ning tõestavad hästi fakti, et passiivmajad on väga paindlikud. Esimene passiivmaja on ehitatud pigem pisut kallim ja uhkem, kui teine. Teine maja on kompaktne ning lihtsam. Müüt, et passiivmajad on väga uhked, tuleneb peamiselt sellest, et neid projekteerivad uuenduslikud arhitektid, kes loovad selle välimuselt moodsaks ja keerukaks. Tegelikult võib passiivmaja olla väga sarnane ka tavalisele eluhoonele. Mõlemad passiivmajad on väga head aluserajajad passiivmajade arengule ja nende tutvustamisele Eesti ühiskonnas. [25]

3.2.1. Esimene passiivmaja Eestis, Põlvamaal

Kõige esimene passiivmaja (Lisa 2) Eestis ehitati Põlvamaale. Maja sai valmis 2013. aasta veebruaris, seda hakati planeerima 2010. aastal ning maja ehitamise juures on kasutatud võimalikult palju eestimaiseid materjale. Näiteks on majas kasutatud Antslas valmistatud tselluvilla soojustamiseks. Samuti on maja projektijuhtimise ja ehitustööd läbi viinud Eesti ettevõtted. See on esimene passiivmaja Eestis, mis sai vastava rahvusvahelise sertifikaadi. Seega on see ühtlasi ka esimene maja Eestis, mis vastab passiivmaja nõuetele ja on ametlikult kinnitatud. [11]

Hoone on kolmekorruseline ning ehitatud osaliselt nõlva sisse. Majas on pinda kokku 308 m². Maja on projekteeritud nii, et kõik magamistoad jäävad idasuunda ning neisse paistab hommikune päike, lõunapäikese poole jäävad nii elutuba, kui ka aatrium, mis ulatub läbi kahe korruse. Öhtuse päikese suunas jääb vaid kabinett. Põhjaküljes pole rohkem aknaid peale ühe trepikohaakna ja mõne väikese tuulutusakna. [11]

See passiivmaja kulutas 2013 aastal poole aastaga, ehk juulist detsembrini, 4800 kilovatt-tundi elektrienergiat. Andes samal ajal Elektrilevi võrku tagasi 4200 kilovatt-tundi energiat. Juulikuus

tootis maja aga kolm ja pool korda rohkem elektrienergiat, kui ära kulutati. Maja tootis energiat 1400 kilovatt-tundi, ära kulutati vaid 400 kilovatt-tundi, seega toodeti 1000 kilovatt-tundi rohkem. Päikesepaneelid katusel toodavad aastas arvestuslikult 11 000 kilovatt-tundi energiat. [28]

Põlvasse rajatud passiivmajas on kasutatud väga huvitavat elementi soojuse talletamiseks ja hoidmiseks – massiivset tampsavist seina. See sein töötab soojamüürina. Päeval, kui päike lõunapoolsetest suurtest akendest sisse paistab, soojendab see seina. Sein kogub terve päeva jooksul enda sisse soojust ning päikese loojudes soojendab see ruume edasi, soojendades õhku. Lisaks sellele on üks huvitav energiat säästev element köögis. Pliidi kohal asub kuba, mis mitte ei juhi õhku välja, vaid puhastab selle söefiltrite abil ebameeldivast lõhnast ning suunab selle siis ruumidesse tagasi. Õhk on veel söögivalmistamisest soe ning soojendab seega ruume edasi. [11]

Kuldar Leis, passiivmaja omanik, on öelnud, et raske on võrrelda, kui palju see passiivmaja tavalisest majast kallim on, kuna sarnast projekti teist ei ole. Seega ei ole täpselt võimalik välja selgitada, kui palju kallimaks passiivmaja läheks. Kõige enam tõstvat passiivmaja hinda väga kvaliteetsed aknad. Samuti on projekt kallim, kuna on väga põhjalikult läbi mõeldud. Siiski ei tohiks passiivmaja tavalisest majast äärmiselt palju kallim olla. Kuna see passiivmaja on nii hoolega läbi mõeldud, ei ole seda vaja aastate jooksul muuta. Vähem läbimõeldud maja puhul võib aastate jooksul tekkida tahtmine seda muuta. See teeks maja kallimaks, kui läbimõeldud passiivmaja. Lisaks sellele hakkab see aja jooksul energia arvelt samuti raha kokku hoidma. Passiivmaja sai valitud, kuna see on üks põhjalikuim ja läbimõelduim meetod, kus praktikas on jõutud kvaliteedini. [11]

Maja seinal ja katusel on päikesekollektorid, mis toodavad energiat, et soojendada vett ning toodavad elektrienergiat. Päikesepaneelid on kogupindalaga 20 m², asetsevad lõunasuunas maja fassaadil ning need toodavad kütet ja sooja vett talvel, kui päike paistab madalamalt. Katusel on päikesepaneelid, mis asetsevad kolmes reas, kogupindalaga 92 m². Paneelid on 38 kraadise nurga all ning lisaks energiatootmisele, on need ka oluliseks osaks maja välisdisainist. Maja on väga hästi ja põhjalikult läbi mõeldud ning praktiline. Üks passiivmaja aspekt on see, et maja peab olema võimalikult praktiline. [11; 28]

3.2.2. Passiivmaja Tartumaal

Teine passiivmaja (Lisa 3), mida hakati rajama, erineb mitmest küljest Põlvamaale rajatud majast. Kuigi maja projekti juhtimine on samuti viidud läbi ettevõtte Sense poolt, on maja ehitamise puhul peetud silmas teisi aspekte. Peale selle, et hooned erinevad nii arhitektuurselt ning siseviimistluses

kasutatud materjalide poolest, on Tartumaale rajatud passiivmaja rajamise eesmärgiks võetud luua võimalikult kompaktne maja. Veel on eesmärgiks viia maja hind nii alla, kui võimalik, samas tagades parimat kvaliteeti. See on hea viis lükkamaks ümber müüti, et passiivmajad on väga kallid ning väga uhked. [8]

Passiivmajas Tartumaal on 152 m² kasulikku pinda, maja ise on kahekorruseline. See on rohkem kui 100 m² vähem Põlvamaal asuvast passiivmajast. Hoone on projekteeritud tagasihoidlikumalt ning kasutatud on lihtsamat arendust. Hoone juurde kuuluvad veel ka garaaž, väline hoiuruum ning avarad terrassid, mis on suunaga lõunasse ning läände. [22]

Maja eluruumid jäävad lõunasse, samas küljes asuvad ka suured aknad. Hoone on lõunasuunast keeratud umbes 10 kraadi võrra ida suunda. Sellisel viisil saab kasutada ka päikesest tulevat ja vabasoojust talvel, kui päike paistab madalamalt. Ruumid on valgusküllased ning vaade neist avaneb hoovi poole [22]. Hoone siseviimistluses on kasutatud mineraalmaterjale. Need on vajalikud selleks, et päike kütaks ruumid soojaks ning soojuskiirgus jõuaks seintesse. Sellisel juhul annavad seinad ruumidesse soojust, olles küttekehade eest. [8]

KOKKUVÕTE

Käesolevas lõputöös keskenduti jätkusuutlikule arengule passiivmajade valdkonnas. Töös on peamiselt uuritud passiivmajade jätkusuutlikku aspekti energia tarbimise ja säästmise valdkonnas ning majade paindlikkust sobitumaks erinevatesse tingimustesse. Lisaks on uuritud passiivmajade arengut ja tõusvat populaarsuse trendi Eestis. Töö analüüsib esimesi passiivmaju Eestis.

Kuna iga aastaga kasvab maailmas energia tarbimise hulk, on muutunud see üheks tänapäeva ühiskonna suureks probleemiks. Suur taastumatute energiaallikate kasutamine saastab keskkonda, tekitades õhku kasvuhoonegaase, mis viivad kliima soojenemiseni. Seetõttu on püütud leida erinevaid lahendusi, et vähendada vajadust taastumatute energiaallikate järele. Üheks nendest lahendustest on passiivmajad.

Passiivmaja on üks populaarsemaid ja enim peamiselt Euroopas levinud energiasäästlike hoonete liikidest. Sellised hooned loodi 1990-date aastate alguses Saksamaal ning on hakanud sellest ajast peale levima üle Euroopa. Peamine murrang passiivmajade arengus ja levikus on toimunud viimase viie aasta jooksul. Selle aja jooksul on passiivmaju hakatud, lisaks Saksamaale, ehitama rohkem ka mujale Euroopasse.

Viimaste aastate jooksul on jõudnud passiivmajade kontseptsioon ja levik ka Eestisse. Esimesed passiivmajad Eestis tõestavad väga hästi asjaolu, et passiivmaju võib rajada erinevatesse kliimatingimustesse ning maastikele. Peale passiivmajade on Eestis arenema hakanud ettevõtted, kes on pakutavad tooted või teenused sidunud passiivmajadega. Juba on olemas ettevõtteid, kes projekteerivad või juhivad passiivmajade ehitust, aga ka ettevõtteid, kes pakuvad oma tootevalikus passiivmajadele sobivaid hoonete osasid nagu aknad või soojustus, kui ka näiteks viimistlusvahendeid.

Töö tulemusena jõuti seisukohale, et kuigi täna on passiivmaju veel kallim rajada, kui mitte passiivseid maju, on see energiasäästliku hoone tüüp oma populaarsust kogumas ning levimas. Iga aastaga rajatakse aina rohkem passiivmaju nii Euroopasse, kui nüüd ka Eestisse. Tehnoloogiate arenedes ning levides langeb ka passiivmajade hind samale tasemele, mis on mitte passiivsetel majadel.

Passiivmaja kontseptsioon on tõestanud oma paindlikkust erinevates kliimatingimustes, samuti oma kompaktsust ja mugavust sobimaks heaks koduks elanikele. Korralikult ja hoolega planeerides ning läbi mõeldes, on võimalik luua passiivmaja, mis ei ole väga palju kallim, kui mitte passiivne maja, hoides samal ajal kokku väga suurel määral energiat ning säästes selle võrra ka keskkonda ja atmosfääri.

SUMMARY

Passive house sustainability and Estonia's first passive houses.

This thesis is focused on the sustainable development of passive houses. The research mainly concentrates on consumption and saving energy of passive houses, and the flexibility to fit various conditions. In addition, the thesis focuses on researching the rising trend of passive houses. The thesis also analyzes the first passive houses in Estonia.

Every year the worldwide energy consumption increases, therefore it has become one of humanity's major problems. The usage of non-renewable energy sources results in pollution of the environment through greenhouse gases that lead to global warming. That is why various solutions in reducing the usage of fossil fuels have been researched. One of the answers to this problem is passive houses.

Passive house is one of the most popular and most commonly used type of energy saving buildings in Europe. They were created in the early 1990s in Germany and since then have begun to spread across Europe. A major breakthrough in the development and diffusion of passive houses has occurred over the past five years. During this period of time, passive houses have been built throughout Europe.

In recent years, the passive house concept has also spread to Estonia. First passive houses in Estonia have proven that passive houses can be located in a variety of climates and landscapes. In Estonia, there are companies that have started to provide services that are connected to passive houses. There are some companies who design or manage the construction of passive houses, but also companies that offer their own range of products suitable for passive buildings, such as windows and insulation.

As a result, it is considered that although today it is more expensive to build passive houses than non-passive houses, the energy-efficient buildings are still continuing to gain popularity. Every year, more and more passive houses are being built in Europe and now also in Estonia. The price of passive houses will decrease when the technologies develop and passive house concept spreads.

Passive house concept has proven its flexibility as well as its compactness and convenience to work in variable climatic conditions. If a passive house is properly planned, it is possible to keep its price close to that of a non-passive type of building.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] E. Risthein, Sissejuhatus energiatehnikasse, Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2007
- [2] M. Heidmets, M. Lauristin, E. Terk, R. Ruttas, Toim-d, Säästev Eesti 21, Tallinn: Eesti Keskkonnaministeerium, 2005
- [3] M. Grätz, Energiatarve ja passiivmajad, Saku: Keskkonnainvesteeringute Keskus, 2011
- [4] M. T. Jörg Faltin, Passiivmajad aktiivsetele kogukondadele, Tallinn: Keskkonnainvesteeringute Keskus, 2011
- [5] U. Lehtveer, Taastuvenergia käsiraamat, Eesti Looduse Fond ELF, 2007
- [6] T. Muring, J. Hallik, A. Siiner, M. Valge, Passiivmajatehnoloogia. Kvaliteedi tagamine kõrge energiatõhususega hoone ehitamisel. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus
- [7] V. Loftness, D. Haase, Toim-d, Sustainable Built Environments, New York: Springer Science+Business Media, 2013
- [8] I. Jakobson, „Ka lihtne maja võib olla passiivmaja,“ Äripäev kd. nr 162, lk. 14-15, 11.september, 2013
- [9] P. Pikk, „Kaheksa levinud müüti passiivmajade kohta,“ Keskkonnatehnika, kd. nr 6, lk. 20-22, 2010.
- [10] „Energiat säästvad ja tootvad majad,“ Tehnikamaailm Kodu ja ehitus, kd. nr 7, lk. 11-15
- [11] V. Rozental, „Eesti esimene passiivmaja asub Põlvas,“ Äripäev kd. nr 79, lk. 14-15, 24. aprill, 2013
- [12] Energiatõhususe miinimumnõuded, Vabariigi Valitsus, vastu võetud 30.08.2012, nr 68
- [13] „www.aripaev.ee,“ Äripäev, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.aripaev.ee/default.aspx?publicationid=31503ED6-39D4-4163-9D98-74AA1E3959CE&code=28440>. [Kasutatud 03. aprill, 2014]
- [14] „www.bioneer.ee,“ Bioneer, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.bioneer.ee/bioneer/kohalik/aid-2023/Eesti-%C3%B6koloogiline-jalaj%C3%A4lg-ei-tee-meile-au>. [Kasutatud 12 märts, 2014].

- [15] „www.bioneer.ee,“ Bioneer [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.bioneer.ee/eluviis/tarbimine/aid-9107/Mis-on-%C3%B6koloogiline-jalaj%C3%A4lg-> [Kasutatud 24. märts, 2014]
- [16] „www.envir.ee,“ Eesti Keskkonnaministeerium, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.envir.ee/1151756>. [Kasutatud 23. aprill, 2014]
- [17] „www.elfond.ee,“ Eesti Looduse Fond ELF, [Võrgumaterjal]. Available: <http://elfond.ee/et/teemad/teised-teemad/saeastev-areng/taastuvenergia/roheline-energiakava-2020>. [Kasutatud 03. aprill, 2014]
- [18] „www.majaehitaja.ee,“ Majaehitaja, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.majaehitaja.ee/sildid/paikese-paneelid/> [Kasutatud 03. aprill, 2014]
- [19] „www.naturalhouse.ee,“ Natural House, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.naturalhouse.ee/est/passiivmaja>. [Kasutatud 20. aprill, 2014]
- [20] „www.passiivmajad.ee,“ Passiivmaja Infokeskus, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.passiivmajad.ee/index.php?page=100&>. [Kasutatud 23. aprill, 2014]
- [21] „www.passiivmajaliit.ee,“ Eesti Passiivmajaliit, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.passiivmajaliit.ee/et/passiivmaja--moisted>. [Kasutatud 14. märts, 2014].
- [22] „www.passiivmajaliit.ee,“ Eesti Passiivmajaliit, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.passiivmajaliit.ee/et/pihla2>. [Kasutatud 01. märts, 2014]
- [23] „www.pass-net.net,“ PASS-NET, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.passnet.net/index.htm>. [Kasutatud 20. aprill, 2014]
- [24] „www.praxis.ee,“ Poliitikauuringute Keskus Praxis, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.praxis.ee/fileadmin/tarmo/Projektid/Innovatsiooni_poliitika/Lopparuanne_0307_toimetatud_.pdf. [Kasutatud 20 märts, 2014].
- [25] „www.sense.ee,“ Sense, [Võrgumaterjal]. Available: www.sense.ee [Kasutatud 10. märts, 2014]
- [26] „www.stat.ee,“ Eesti Statistikaamet, [Võrgumaterjal] Available: www.stat.ee/dokumendid/68623. [Kasutatud 20. aprill, 2014]
- [27] „www.rmp,“ Raamatupidamis- ja Maksuinfoportaal, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.rmp.ee/uudised/mittetulundus/14838?Print=1&popUp=1>. [Kasutatud 30. märts, 2014]

- [28] „www.tartu.postimees.ee,” Tartu Postimees, [Võrgumaterjal]. Available: <http://tartu.postimees.ee/2693108/passiivmaja-suudab-toota-rohkem-energiat-kui-tarbida>. [Kasutatud 23 aprill, 2014]
- [29] „www.tja.ee,” Tehnilise Järelevalve Amet, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.tja.ee/hoonete-energiaklassid>. [Kasutatud 14. märts, 2014]
- [30] „www.uponor.ee,” Uponor, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.uponor.ee/>. [Kasutatud 01.mail, 2014]
- [31] „www.valitsus.ee,” Vabariigi Valitsus, [Võrgumaterjal]. Available: <http://valitsus.ee/et/riigikantselei/saastev-areng>. [Kasutatud 10 märts, 2014].
- [32] „www.mkm.ee,” Energiamaajanduse riiklik arengukava aastani 2020, 2009. [Võrgumaterjal]. Available: “<http://www.mkm.ee/public/ENMAK.pdf>. [Kasutatud 14. märts, 2014]

Lisa 1. Näide passiivmaja sertifikaadist [21]

Certificate		Passive House Institute Dr. Wolfgang Feist 64283 Darmstadt GERMANY
Passive House suitable component For cool temperate climates, valid until 31 December 2012		
Category:	Thermal bridge free connection	
Manufacturer:	ISOTEQ® Magyarország Kft. 7614 PÉCS, HUNGARY	
Product name:	IsoteQ® Passivhaus-Bausystem	
This certificate was awarded based on the following criteria:		
Heat transfer coefficient of building envelope: $f \cdot U_{\text{opaque}} \leq 0.15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ with f : temperature reduction factor		
Thermal bridge free design: $\Psi_s \leq 0.01 \text{ W/(mK)}$ for key connection details with Ψ_s : linear heat transfer coefficient $U_{w, \text{standard window, installed}} \leq 0.85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ with standard window: width 1.23 m; height 1.48 m		
Interior surface temperatures above 17°C at $t_{\text{int}} = -10^\circ\text{C}$ und $t_{\text{int}} = 20^\circ\text{C}$		
Airtightness of all components and connection details is provided		
Certified connection details as per the certification report are listed below: (further information see Appendix)		
Foundation/	01_ISQ_PC_AW-KD, 02_ISQ_PC_AW-KD, 01_ISQ_AL_AW-PF, 02_ISQ_AL_AW-SF	
exterior wall:	01_ISQ_FD_AW-GD, 02_ISQ_FD_AW-GD, 03_ISQ_FD_IW-PD, 02_ISQ_FL_AW-IW, 03_ISQ_FL_AK-AW	
Roof:	01_ISQ_TT_DA-FI, 02_ISQ_TT_DA-FI, 03_ISQ_TT_DA-TR, 04_ISQ_TT_DA-AT, 05_ISQ_TT_DA-GW	
Windows:	Fall 1, Fall 2, Fall 3	
www.passivehouse.com		 Passive House suitable component Dr. Wolfgang Feist

Lisa 2. Passiivmaja Põlvas [25]



Vaade läänest.



Vaade kagust.

Lisa 3. Passiivmaja Tartus [25]



Vaade lõunast.



Vaade põhjast.