



Jarmo Nikland

ENERGIATÕHUSATE HOONETE PROJEKTEERIMISE PROJEKTIJUHTIMINE

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2014

Jarmo Nikland

ENERGIATÕHUSATE HOONETE PROJEKTEERIMISE PROJEKTIJUHTIMINE

LÕPUTÖÖ

Ehitusteaduskond

Hoonete ehitus

Tallinn 2014

Ehitusteaduskond

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Diplomand: Jarmo Nikland

Üliõpilase kood 001913

Õpperühm KEI81

Eriala: Hoonete ehitus (kood 1827)

Lõputöö teema: Energiatõhusate hoonete projekteerimise projektijuhtimine

Lähteandmed töö koostamiseks:

Seoses Euroopa Liidu energiatõhususe direktiiviga on Eesti võtnud endale kohustuse vähendada energiatarbimise hulka. Vastavalt Energiatõhususe miinimumnõuete määrusele peavad alates aastast 2019 olema kõik uued ehitatavad avalikud hooned liginullenergiahooned ja alates aastast 2021 peavad liginullenergiahooned olema kõik uued ehitatavad hooned. Kuidas selleks valmistutakse. Milline on hetke olukord. Kas see mõjutab projekteerimist ja projektijuhtimist.

Töö koosseis, lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

Analüüsida tänast olukorda energiatõhususe valdkonnas, kuidas on see seotud projekteerimisega.

- Kuidas energiatõhusust jälgida?
- Millistes strateegilistes dokumentides kajastub hoonete energiatõhususe teema?
- Kas ehitustehnoloogia on valmis?
- Kas ehitustehnoloogia on kasutusele võetud?
- Kuidas antud teemat käsitletakse ülikoolides?
- Milline on olukord spetsialistide kvalifikatsiooniga?
- Kas on olemas juba valmishitunud näiteid?
- Kas riik pakub eeskuju?
- Millised on tuleviku perspektiivid?
- Kas energiatõhusus mõjutab projektide hinda?

Seletuskirja ning graafilise materjali sisu ja maht:

Seletuskirjas käsitleda energiatõhususega ja selle tagamisega seotu teemasid. Tuua välja energiatõhususe seos projektijuhtimisega. Seletuskiri: 40–60 lk (koos lisadega kuni 80 lk); graafiline osa: vastavalt vajadusele.

Seletuskiri ja graafiline osa peab olema piisav, et selgitada probleemi/küsimuse olemust.

Seletuskiri peab olema trükitud kas masinkirjas või arvutil.

Joonised vormistada kas käsitsi või arvutil.

Lõputöö konsultandid:

Valdkond	Konsultandi nimi	Allkiri	Kuupäev

Lõputöö juhendaja	Anti Hamburg (nimi)	(allkiri)	27.11.2013 (kuupäev)
-------------------	------------------------	-----------	-------------------------

Diplomand:	Jarmo Nikland (nimi)	(allkiri)	27.11.2013 (kuupäev)
------------	-------------------------	-----------	-------------------------

Kinnitan ülesande:	Martti Kiisa Ehitusteaduskonna dekaan	(allkiri)	27.11.2013 (kuupäev)
--------------------	--	-----------	-------------------------

Lõputöö ülesanne antud: 27 november 2013 a.

Lõputöö esitamise tähtaeg: 12 mai 2014 a.

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	7
1. ÜLEVAADE TÄNASEST OLUKORRAST	9
1.1. Direktiivid ja arengukavad	9
1.2. Kehtestatud õigusaktid, energiatõhususe miinimum nõuded	11
1.3. Võrdlus soome energiamäärusega	12
2. LIGINULLENERGIAHOONE	14
2.1. Liginullenergiahoone koostamise põhimõtted.....	14
2.2. Ehitustehnoloogia on valmis.....	18
2.3. Kas ehitustehnoloogia on kasutusele võetud	19
2.3.1. Energiamärgised ehitusregistris.....	19
2.3.2. Projekteerimine.....	21
2.3.3. Ehitamine	22
2.4. Energiatõhususe käsitlemine õppeasutustes	23
2.4.1. Kutseharidus	23
2.4.2. Kõrgharidus	23
2.5. Kutsetunnistuste süsteem.....	24
2.5.1. Üldist	24
2.5.2. Kutse saajad.....	25
2.5.3. Energiatõhusus kutsestandardis	25
2.5.4. Kutse väljastamine.....	26
2.6. Riigi poolt tellitud objektid.....	26
3. PROJEKTEERIMISE PROJEKTIJUHTIMINE ENERGIATÕHUSATE HOONETE PUHUL .	28
3.1. Üldist.....	28
3.2. Kuluoptimaalse hoone projekteerimine	29
3.3. Liginullenergiahoone projekteerimine.....	31
3.4. Mudelprojekteerimine.....	34

4.	RESSURSID.....	36
4.1.	Näidisobjekt.....	36
4.2.	Ajakulu	37
4.3.	Projekti maksumus.....	40
4.4.	Järeldused	42
	KOKKUVÕTE.....	44
	SUMMARY	46
	KASUTATUD MATERJALID	48
	Lisa 1 Projekteerimise ajagraafik	

SISSEJUHATUS

Antud töö koostamise ajendiks on seos projekteerimistööde projektijuhtimise ja energiatõhususe vahel. Kuna lähiaastatel on Eesti üle minemas, vastavalt Euroopa Liidu energiatõhususe direktiivile, tõhusate energia lahendustega hoonete ehitamisele siis tuleb vaadelda teemat ka projekteerimise poole pealt. Kui oluliselt muutub projekteerimise protsessi juhtimine energiatõhusate hoonete puhul?

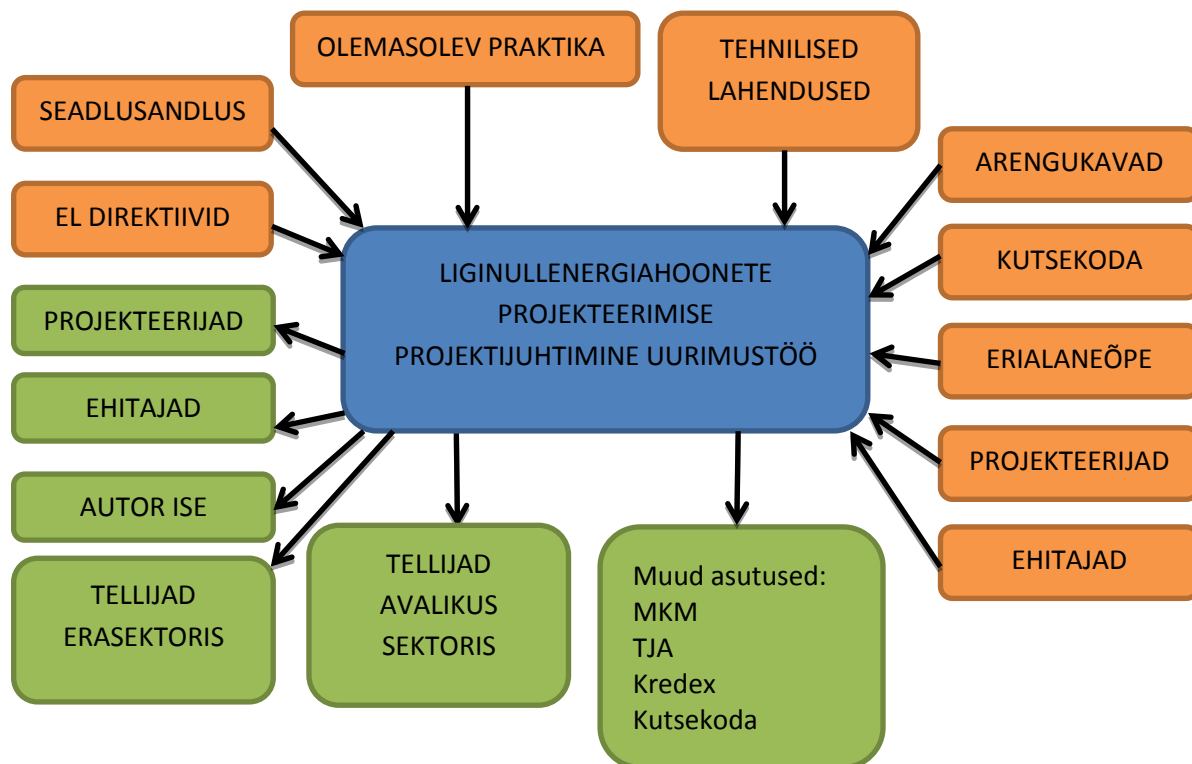
Viimastel aastatel on Eesti projekteerimisemaastik olnud pigem madalseisus. Projekteerimistööde maht on langenud võrreldes 2000 aastate algusperioodiga drastiliselt. Arenduste mahud on langenud, Euroopa Liidu struktuurifondide rahad, mis olid suunatud ehitusse lõppesid aastal 2013 ja uued taotlusvoorud avanevad alles aastal 2015. Projektide vähene arv teravdab konkurentsi projekteerijate vahel ja sunnib alandama teenuse hinda. Need projekteerijad kellele alanenud hinnad ei ole vastuvõetavad suunduvad teistesse sektoritesse. Kvaliteetset teenust pakkuva projekteerimisettevõtja peab ennast koolitama ja hoidma kursis arengutega projekteerimise ja ehitusvallas. Aastatel 2019-2021 planeeritavate muutustega on selgelt võetud suund projekteerimise ja ehitamise energiasäästlikule arendamisele. Tänaseks on energiatõhususe miinimumnõuded kehtinud juba 6 aastat. Selle ajaga on teadvustatud energiatõhususe olulisusest. Kuid, kas on ka selle ajaga kvalitatiivselt midagi juurde õpitud? Liiga tihti hakatakse energia säästu teemaga tegelema projekti faasis, kus heade lahenduste kasutusele võtt on juba möödunud.

Järgnevas töös analüüsin, mida on ettevõetud selleks, et aastal 2019 oleksid Eesti projekteerijad, tellijad, avalik- ja erasektor valmis projekteerima liginullenergiahooneid. Oma töös keskendun põhiliselt sellele milline olukord valitseb projekteerimise ja ehitamise valdkonnas energiatõhususe valguses. Milline olukord valitseb spetsialistide ettevalmistamise ja koolitamise valdkonnas. Kas meie projekteerimise teave ja lähenemised projekteerimistööde korraldamisele muutuvad? Milliseid samme on astunud ehitusettevõtjad?

Uurimustööd saavad kasutada ehitus- ja projekteerimisettevõtted, et kaardistada, millised on nende tööjõu teadmiste vajadused, samuti ka tellijad, kes valivad tööde teostajaid. Töö annab ülevaate ka riigiasutustele - kas ette võetud ja töös olevad arengukavad, reformid ja töörühmad katavad vajaliku

teemade valdkonna, et olla valmis ilma suuremate segadusteta minna üle liginullenergiahoonete ehitamise peale.

Töös käsitletud sisendvaldkonnad ning alad kellel antud töö võiks huvi pakkuda on esitatud joonisel 1.



Joonis 1. Töö sisendid ja väljundid

1. ÜLEVAADE TÄNASEST OLUKORRAST

1.1. Direktiivid ja arengukavad

Vabariigi Valitsus on heaks kiitnud Konkurentsivõime kava „Eesti 2020“, milles üks peatükke käsitleb ka energiamajandust. Põhirõhk antud peatükis on pühendatud energiaressurssidele ja energiasüsteemide ümberkujundamisele. Olulise osana tuuakse välja ka energiasäästu temaatika.

Riigi konkurentsivõimet üha enam mõjutavaks teguriks on majanduse energiamahukus ning erinevate sektorite võime saavutada energiasäästu läbi uute tehnoloogiate ja lahenduste kasutuselevõtu. Parema konkurentsivõime, kui Euroopa Liidus võetud kohustuste valguses on valitsuse eesmärgiks energia lõpptarbimise hoidmine 2010. aasta tasemel. [1, p. 25]

Energiasäästu on Eestis edendatud pea kõikides valdkondades, kuid rõhuasetused ja meetmete iseloom on olnud väga erinevad. Energiasäästu toetused on olnud väga tugevalt suunatud kodumajapidamistele läbi erinevate hoonete energiatõhusust suurendavate meetmete. Investeeringud on nii kohaliku omavalitsuse kui riigi avalike hoonete energiasäästu. [1, p. 25]

Lähiaastatel tuleb tähelepanu pöörata elektri, mootorikütuste ja muude kütuste kokkuhoiule kodumajapidamistes. Jätkata tuleb korterelamute energiasäästu investeeringuid ning laiendada riigipoolseid meetmeid ka eramajade energiasäästu edendamiseks. Tööstuses on täna hinnanguliselt 30%-line soojuse ja 10%-line elektri kokkuhoiu potentsiaal, mille saavutamine eeldab nii tehnoloogia uuendamist kui teadlikkuse kasvu. /.../ Eraldi tuleb käsitleda ka avaliku sektori energiatarvet, kuivõrd avaliku sektori käitumine peab andma eeskju ülejäänud sektoritele. [1, p. 25]

Eeltoodu valguses kujunevad olulisemateks meetmeteks hoonete energiatõhususe nõuete senisest rangemaks muutmine, investeeringud korterelamute, eramute ja tööstuse energiasäästu ning erinevad transpordi energiakasutust piiravad tegevused. [1, p. 25]

Arengukava Konkurentsivõime kava „Eesti 2020“ ei anna konkreetseid suuniseid kuidas vähendada lõppenergia tarbimise hulka, see ei olegi arengukavade kui strateegiliste dokumentide eesmärk. Majandus ja Kommunikatsiooni ministeerium on Euroopa Liidu direktiiviga 2010/31 kooskõlaskoostanud vastava seadusandliku baasi, ning mis on ka rakendunud, nagu energiatõhususe

miinimumnõuded, hoonete energiatõhususe arvutamise metoodika, energiamärgise väljastamise kord jne.

Käesoleval ajal on koostamisel „Eesti Energiamajanduse Arengukava 2030“ Majandus ja Kommunikatsiooni ministerium on koostanud eraldi „Hoonestuse (elamumajanduse) valdkonna arengukava 2030 + lähteolukorra analüüs“. Elamumajanduse probleeme käsitlevas osas on ühe teemana käsitletud ka probleeme elamufondi energiatõhususes ja spetsialistide ebapiisavat ettevalmistust. Arengukava teeb ettepanekuid kuidas võiks riik sekkuda ja edendada hoonete energiatõhusust järgneva 20 aasta jooksul. Analüüsitud on kolme võimalikku stsenaariumit. Esimene stsenaarium: kõik jääb nii nagu on, riik ei sekku, energia kokkuhoid -0,9%. Teine stsenaarium: riik sekkub minimaalselt, energia kokkuhoid 8,4%. Kolmas stsenaarium riik sekkub teadmistepõhiselt energia kokkuhoid 17,6%. [2, p. 95]

Tabelis 1 on toodud riigi investeeringud ja toetused vastavalt eelpool nimetatud stsenaariumitele.

Tabel 1

Riigieelarveliste vahendite panustamine vastavalt erinevatele stsenaariumitele (mil €/a) [2, p. 93]

Meetmed ja tegevused, M€/a	S1 Mittesekkv	S2 Min. sekkv	S3 Teadmistep.
1. Olemasoleva hoonefondi rekonstrueerimine			
1.1 Korterelamute rekonstrueerimine	3,47	20,54	47,93
1.2 Väikeelamute rekonstrueerimine	0,00	16,57	46,40
1.3 Mitte-elamute rekonstrueerimine	0,00	0,00	0,00
1.4 Koolimajade ja lasteaedade rekonstrueerimine	0,00	0,00	6,00
1.5 Mahajäetud korterelamute lammutamise toetamine	0,00	0,00	2,00
2. Energiatõhus uusehitus			
2.1 Liginullenergiahoone nõuete kiirem rakendamine	0,00	0,00	0,00
2.2 Liginullenergiahoone ehitamise toetamine	0,00	0,00	5,00
2.3 Liginullenergiahoone tüüpprojektide koostamine	0,00	0,30	0,30
2.4 Energiaühistute loomise propageerimine ja toetamine	0,00	0,00	0,50
2.5 Energiatõhusate hoonete ehitamise oskusteave	0,00	0,50	0,50
2.6 Ehitusjärelvalve toimivuse tugevdamine	0,00	0,40	0,60
3. Maakasutuse- ja planeerimise tõhustamine			
3.1 Efektiivsete taristulahenduste eelistamine PlanS-s	0,00	0,00	0,00
3.2 Taristu rajamise tasu kehtestamine	0,00	0,00	0,00
3.3 Planeeringute CO2 mõju hindamine	0,00	0,00	0,00
4. Avaliku sektori eeskuju			
4.1 Keskvalitsuse hoonete rekonstrueerimine 3% aastas	0,00	0,00	2,64
4.2 Rohemärgised ja rohelised riigihanked	0,00	0,00	0,00
4.3 Avaliku sektori liginullenergiahoone pilootprojektid	0,00	1,50	4,00
4.4 Energiasäästliku üürielamufondi suurendamine	0,00	0,00	4,80

Meetmed ja tegevused, M€/a	S1 Mittesekkuv	S2 Min. sekkuv	S3 Teadmistep.
4.5 Korterelamupiirkondade terviklik ruumiline korrastamine	0,00	0,00	4,00
4.6 Miljöõalade ja mälestiste ehituspärandi säilitamine	0,00	0,00	0,20
5. Õigusliku keskkonna parandamine ja meetmete seire	0,00	0,50	1,00
6. Teadlikkuse ja valdkondliku pädevuse tõstmine	0,10	0,20	0,30
KOKKU kulu riigieelarvele: M€/aastas	3,57	40,10	126,17

1.2. Kehtestatud õigusaktid, energiatõhususe miinimum nõuded

Tänaseks päevaks on Vabariigi Valitsus kehtestanud „Energiatõhususe miinimumnõuded“, milles määratakse hoonete otstarbe järgi nende maksimaalsed energiakulutused. Et erinevad projektid oleks võrreldavad väljendatakse hoonete summaarset energiakasutus energiatõhususearvuna (ETA). Energiatõhususearv on arvutuslik summaarne tarnitud energiate kaalutud erikasutus hoone standardkasutusel, millest arvatakse maha summaarne eksporditud energiate kaalutud erikasutus. Energiatõhususarv kajastab hoone kompleksset energiakasutust nii sisekliima tagamiseks, tarbevee soojendamiseks kui ka olme- ja muude elektriseadmete kasutamiseks ning see arvutatakse hoone köetava pinna ruutmeetri kohta hoone standardkasutusel. [3]

Täna kehtivate liginullenergiahoonete energiatõhususarvude piirväärtused. Tabelisse 2 on lisatud võrdluseks ka hetkel kehtivad miinimum energiatõhususarvud.

Tabel 2

Liginullenergiahoone energiatõhususearvu võrdlus energiatõhususe miinimumnõuetega
(kWh/(m²a))

Hoone tüüp	Energiatõhususearv	
	Liginullenergiahoone	Miinimumnõuded
väikeelamutes	50	160
korterelamutes	100	150
büroohoonetes, raamatukogudes ja teadushoonetes	100	160
ärihoonetes	130	210
avalikes hoonetes	120	200
kaubandushoonetes ja terminalides	130	230
haridushoonetes	90	160
koolieelsetes lasteasutustes	100	190
tervishoiuhoonetes	270	380

Energiatõhususe miinimumnõue ehk ETA piirväärtus vastab kuluoptimaalse energiatõhususega hoonele. See tähendab hoonet, mille energiatõhususarvu piirväärtus tagab minimaalsed elutsükli kogukulud, mis moodustavad ehitusmaksumusest ning iga-aastastest energia-, hooldusaja

remondikuludest (arvestuslikult elamutele 30 aastat ja mitteelamutele 20 aastat elutsükli nüüdisväärtuse investeerimisarvutusena). [4, p. 9]

Liginullenergiahoone on parima võimaliku ehituspraktika kohaselt energiatõhusus- ja taastuvenergiatehnoloogiate lahendusi kasutades tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone, mille energiatõhususarv on suurem kui 0 kWh/(m²a), kuid mitte suurem kui määruuses sätestatud. [4, p. 10]

Vastavalt ülalmainitud määruse § 19:

(2) Riigi- või kohaliku omavalitsuse asutuse kasutuses või omandis oleva sisekliima tagamisega hoone energiatõhususarv ei tohi ületada liginullenergiahoonele kehtestatud piirväärtusi, kui hoone ehitusluba väljastatakse ja hoone püstitatakse pärast 31. detsembrit 2018. a. [3]

(3) Kui sisekliima tagamisega hoone ehitusluba väljastatakse ja hoone püstitatakse pärast 31. detsembrit 2020. a, siis ei tohi hoone energiatõhususarv ületada liginullenergiahoonele kehtestatud piirväärtusi. [3]

Kuna eelnimetatud arvud on kehtestatud 5 aastaks siis võib juhtuda, et enne 2019 aastat kehtestab Vabariigi Valitus uued energiatõhususe arvu piirväärtused. Eeldatavalt on need uued kehtestatavad piirväärtused tänastest väiksemad. Kuid kui majanduslik olukord muutub, suurenevad drastiliselt ehituskulud, siis ei ole välistatud ka miinimumväärtuste suurendamine.

1.3. Võrdlus soome energiamäärusega

Võrreldes põhjanaabritega oleme kehtestatud määruste osas soomlastest sammu võrra ees. Täna on Soomes alustatud tööühma kokkupanekut, mis peaks hakkama välja töötama liginullenergiahoonetele esitatavaid nõudmisi. Kuna tööühm on oma tööd alustanud siis ei ole võimalik veel hetkel tuua võrdlust palju liginullenergiahoonete energiatõhususe arvud üksteisest erinevad. Kuna aga miinimumnõuete osas on soomlaste nõuded leebemad siis võib seda eeldada ka liginullenergiahoonete puhul. Põhjuseks, miks põhjanaabritel on energiatõhususe arvud suuremad võib lugeda meist erinevaid kliimaatilisi tingimusi. Järgnevalt on toodud ära tabel 3, milles on kajastatud Eesti ja Soome energiatõhususe miinimumnõudeid. Energiatõhususe arvusid ei saa võrrelda üks ühele, kuna elektrienergia kaalumistegur Eestis on 2 ja Soomes 1,7. See tähendab, et Soomes hoonetele esitatavad energiatõhususe miinimum nõuded on leebemad. [5]

Tabel 3

Eesti ja Soome energiatõhususe miinimumnõuete võrdlus (kWh/(m²a))

Hoone tüüp	Energiatõhususe miinimum nõuded		
	Eesti	Soome	Soome*
väikeelamutes	160	204**	215
korterelamutes	150	130	137
büroohoonetes, raamatukogudes ja teadushoonetes	160	170	179
ärihoonetes	210	240	253
haridushoonetes	160	170	179
koolieelsetes lasteasutustes	190	170	179
tervishoiuhoonetes	380	450	474

*energiatõhususe arv siis kui elektrienergia kaalumistegur on 2

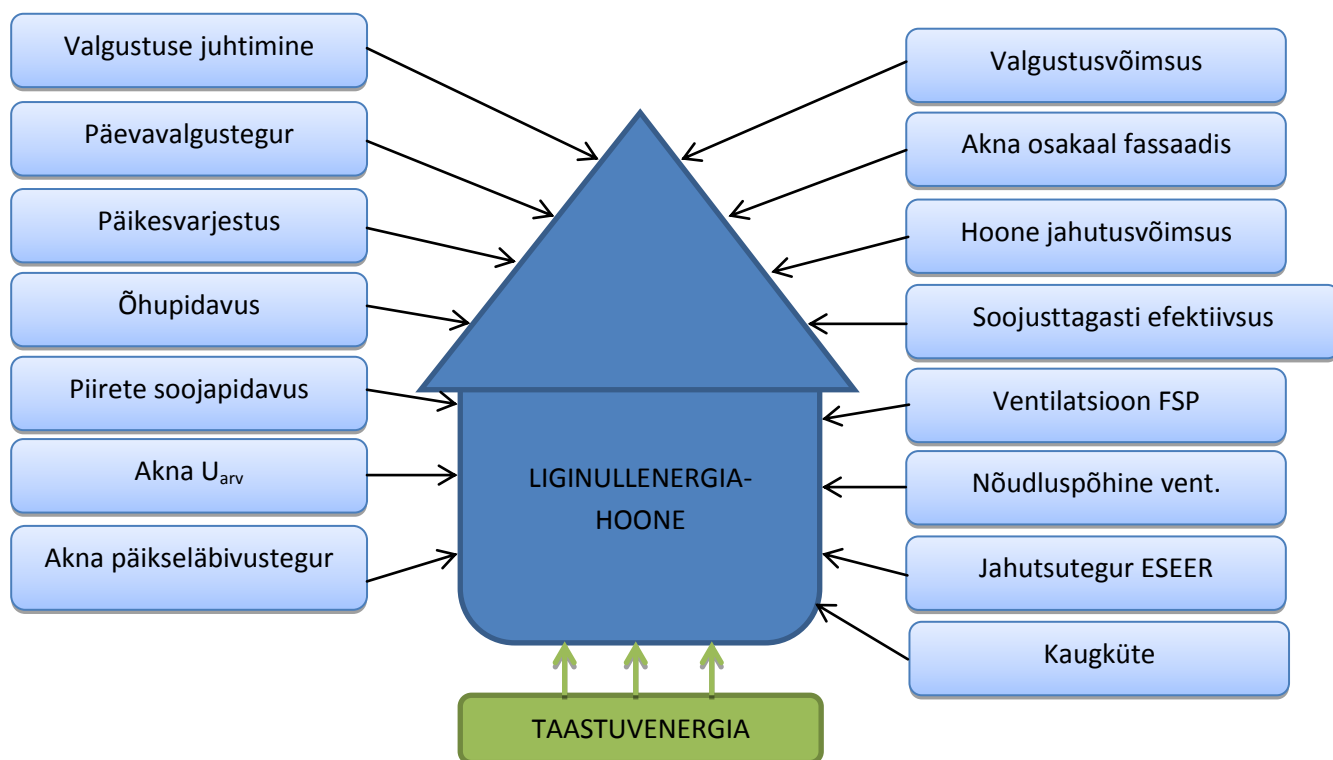
**eramud kuni 120m²

Võrdlustabelist on näha et mõne võrra erineb korterelamutele esitatavad nõuded. Lõppenergia tarbijatest moodustavad just suurema osa kodumajapidamised. Vähendades nende energiatarvet oluliselt on energia kokkuhoid tuntav.

2. LIGINULLENERGIAHOONE

2.1. Liginullenergiahoone koostamise põhimõtted

Liginullenergiahoonete energiatõhususe arvutamise metoodika ja piirarvud on koostatud selliselt, et nende saavutamine ilma lokaalset taastuvenergiat kasutamata on äärmiselt keeruline või ei ole kuluefektiivne. Arvutusmudel annab piisavalt ruumi, et parameetreid teatud piirides valida. Lõpptulemust mõjutavate parameetritega on võimalik mängida, langetades konkreetse objekti puhul põhjendatud otsuseid ühe või teise komponendi karmistamiseks või leevendamiseks. Liginullenergiahoonet mõjutavad olulised tegurid on toodud ära joonisel 2.



Joonis 2. Hoone energiatõhusust mõjutavad tegurid

Projekteerimise algfaasis on soovitatav jälgida põhiparameetrite kontrollarve. Kontrollarvude väärtused on toodud tabelis 4. Antud näites on toodud võrdluseks ka tavahoone (miinimumnõudeid jälgiva hoone) kontroll parameetrid.

Tabel 4

Energiaatõhususe põhiparameetrite kontrollarvud [4, p. 25]

Põhiparameeter	Mõõtühik	Tavahoone	Liginullenergiahoone
Hoone soojapidavus H/A_{neto}	$W/(K \text{ m}^2)$		
$A_{\text{neto}} = 500 \text{ m}^2$		0,8	0,4
$A_{\text{neto}} = 1000 \text{ m}^2$		0,6	0,3
$A_{\text{neto}} = 2000 \text{ m}^2$		0,5	0,25
$A_{\text{neto}} \geq 4000 \text{ m}^2$		0,5	0,2
Välispiirete soojapidavus H/Avp	$W/(K \text{ m}^2)$	0,5	0,25
Akna summaarne soojusläbivus U	$W/(m^2 \text{ K})$	1,4	$\leq 0,7$
Akna päikeseläbivustegur g	-	0,3–0,5	optimeeritud
Välisseina soojusläbivus U	$W/(m^2 \text{ K})$	0,25	0,14–0,18
Õhupidavus q_{50}	$m^3/(h \text{ m}^2)$	≤ 3	$\leq 0,6$
Päikesevarjestus	-		väline
Keskmine päevavalgustegur	%	2	2
Akende osakaal fassaadist	%	40–90	25–30
Tüüpruumide jahutusvõimsus	W/m^2	50–100	≤ 40
Soojustagastuse temperatuuri suhtarv	%	≥ 70	≥ 80
Ventilatsiooni erivõimsus SFP	$kW/(m^3 \text{ s})$	2–2,5	1–1,5
Nõudluspõhine ventilatsioon	-		nõupidamised ja vastavad
Jahutustegur ESEER	-	2–3	≥ 5
Paigaldatud valgustusvõimsus	W/m^2	≤ 12	≤ 5
Valgustuse juhtimine	-	aegjuhtimine	juhitavad valgustid ja multiandurid
Küttesüsteemi primaarenergia kasutegur	-		$\geq 0,90$
Lokaalse taastuvenergia osakaal	%		liginull ≥ 10

Tabelis on ära toodud energiaatõhust mõjutavad peamised tegurid. Järgnevalt on lühidalt selgitatud teguri rolli energiaatõhususearvu kujunemise.

Nagu eelpool juba mainitud vajab liginullenergiahoone lokaalselt toodetud taastuvenergiat. Seega peab arvestama sellega et hoone on varustatud, kas tuuliku, päikesepaneelide või päikeseptareidega. Lokaalseks energiaallikaks võiks pidada ka hoonega samal krundil või samas mahus asuvat katlamaja, kus kasutatakse taastuvkütuseid – puitu, põhku, võsa. Kui kasutada päikeseptareisid või tuulikuid siis mõjutab see otseselt hoone väljanägemist. Hoone katusel või lähistel peab olema piisavalt ruumi, et paigaldada tuulik või päikesepaneel. Tuulikute kasutamine linnades on keeruline kuna nõuab ruumi, juhul kui paigaldad tuulik katusele nõuab see nii piisavat kõrgust kui ka lisa konstruktsiooni. Tuuliku paigaldamisel hoonetele tuleb erilist tähelepanu pöörata vibratsiooni mõju vähendamisele, vibratsioon võib mõjutada nii hoone konstruktsioone, kui ka

mõjuda hoones viibivate inimeste tervist pika aja jooksul. Valikusse jäävad pigem päikesepatareid ja päikesepaneelid. Paneelide paigaldamiseks on otstarbekas ära kasutada katuse pinda, kui tegu on suure hoonega või kui vajadus taastuvenergia järgi on suur tuleb kasutusele võtta fassaadid või krundi vaba pind.

„Küttesüsteemi primaarenergia kasuteguri all mõistetakse soojuse jaotamise ja väljastamise kasuteguri ning soojusallika kasuteguri korrutist, mis jagatakse energiakandja kaalumisteguriga.“ [4, p. 21]

Valgustus mängib olulist rolli ka energiabilansis. Oluline on et arhitekt oleks mõelnud läbi oma lahendused lähtudes ka ruumide valgustatuse nõuetest. Selleks, et valgustus oleks efektiivne ei tohiks ruumid olla kõrged ja sügavad. Valgustuse projekterija peab läbi arvutama ruumid nõuete kaupa, üle valgustamine põhjustab liigset energiakulu ja ei mõju ka hästi töökeskkonnale. Tellijale tuleb selgeks teha nõudluspõhise valgustuse eelise. Nõudluspõhine valgustus kätkeb endas tervet meetmete kompleksi, millega ruumide valgustust juhitakse. Süsteem tunneb ise ära kuhu kui palju valgust on vaja anda.

Jahutuse poolepealt on ideaalne olukord selline, kus ei peaks jahutust üldse kasutama. Paraku on tihti nii et arhitektuursed ja plaanilised lahendused nõuavad mingil tasemel jahutust, kui mitte ruumides siis vähemalt sissepuhutava õhu jahutamist. Jahutussüsteem on efektiivne kui kasutatakse jahutamiseks kõrgema temperatuuriga energiakandjat, jahutusvett kasutatakse jahutuspalkides ja splittides. Tabelis mainitud ESSER on jahutustegur, mida suurem seda parem, tegur näitab kui mitu kW jahutusvõimsust toodetakse ühest kW elektrist.

Ruumide jahutusvõimsus tuleb ka hoida kontrolli all, see on tugevalt seotud arhitektuursete lahendustega ja materjalidega, mida ehituses kasutatakse. Mida väiksem on jahutusvõimsus, mida kulutatakse 1 m² pinna jahutamiseks seda parem.

Nõudluspõhine ventilatsioon aitab vähendada energiakulusid nii nimetatud õhu liigutamisele. Ventilatsiooniseadmed teenindavad harva üksikuid ruume, reeglina üks süsteem teenindab teatud ala. Ventilatsioonisüsteem on varustatud teatud hulga andurite ja täitjatega, mis reageerivad hetke olukorrale. Näiteks kui nõupidamisteruum on kasutusel ja CO₂ tase kõrgeks rakenduvad vastavad seadmed ja ruumi õhuvahetus suureneb, mis suurendab ka ventilatsiooniseadme tootlikust ja seega energia kulu. Põhimõte: kui ruumide kasutust ei toimu on õhuvahetus viidud miinimumini.

Ventilatsiooni erivõimsus SFP. Erivõimsus näitab kui palju kulutatakse elektrienergiat õhuliigutamiseks kanalis. Mida väiksem on õhukanalite takistus seda vähem kulub elektrienergiat õhu liikumiseks ja seda väiksem on SFP. Kanalite takistust saab vähendada takistuse kõrvaldamisega, ehk kanalid peavad olema 1,5-2 järku suuremad kui tava ventilatsioonil, oluline

rõhulang peaks toimuma õhujaoturi juures. Sellised süsteemid, kus kanalis valitsev dünaamiline rõhk on ühtlane puudub vajadus ka süsteemi tasakaalustada, seadistada tuleb vaid õhujaoturid.

Soojustagastuse temperatuuri suhtarv kajastab seda kui palju suudetakse hoonest väljuv energia taas hoonesse tagasi suunata. Hoonest väljuva energia all ei ole mõeldud soojakadusid läbi konstruktsioonide vaid soojakadusid läbi tehnosüsteemide, ruumidest väljatõmmatav õhk, kanalisatsioon. Suurim kadu toimub läbi ventilatsiooni. Ventilatsioonisüsteemide efektiivemateks soojavahetiteks on pöörlevad soojusvahetid, plaat- ja soojusvahekandajaga soojavahetid on madalama kasuteguriga.

Akende osakaal fassaadis mõjutab hoone energiatarvet. Klaasfassaadiga hoonete soojakaod ja kulud jahutusvõimsusele on suuremad, kui hoonetel, millede akende osakaal fassaadis on väiksem. Uuringud näitavad ka, et on võimalik saavutada normaalne päevane valgus, vastuvõetav piirete soojapidavus ja madal energiatõhususe arv. Aknapinna määramisel on suur roll projekti arhitektil, kes peab läbi töötama ruumide loomuliku valgustuse mudelid. Mudel ei pea olema keeruline seda on võimalik teostada tüüp ruumide kaupa.

Akendega on seotud ka päevavalgustegur. Tegur iseloomustab loomuliku hajusvalguse (mitte otsene päikeses valgus) levikut ruumis. Tegemist on ruumisisesest ja välise horisontaalse hajusvalguse suhtega. Piisavaks loomuliku valgustusega loetakse pindasid kus päevavalgustegur on üle 2.

Päikesevarjestus eesmärk on varjata ruume otsese päikese eest. Varjamine ei ole vajalik aastaringselt ja koguaeg. Ruumidel oma insalatsiooninõuded, ruumid peavad saama teatud osa aja päevas ka otsest päikese valgust. Sõltuvalt aastaajast on otsese päikese valgus hulk ruumis erinev. Kevad-suve-sügis perioodil ei ole pidev otsene päikesevalgus kasulik, kuna see kütab ruume ja peame kulutama energiat ruumide jahutamiseks. Seega päikesevarjude kasutamine fassaadil on eelkõige vajalik lõuna ja lääne külgedel. Päikesevarjude täpsete kujude määramiseks on vajalik koostada mudel. Energiatõhusas hoones tuleks kasutada väliseid päikesevarje. Sisemised varjestused: kardina, lamellid ei ole piisavalt efektiivsed, kui päikese kiirgus pääseb klaasist läbi ja hakkab soojendama kardina pinda siis tõuseb ka ruumi temperatuur.

Õhulekkearv iseloomustab hoonepiirete õhuleket, kui palju õhust lekib läbi hoone ebatiheduste. Reeglina kui liigub õhk läbi piirete ebatiheduste lahkub ka koos õhuga soojus. Selleks et õhulekkearv viia miinimumini tuleb erilist tähelepanu pöörata sõlmede isoleerimisele ja tihendamisele. Erinevad liited ja üleminekud peavad olema piisavalt tihendatud õigete ülekateetega ja korrektselt teibitud.

“Aknaklaasi päikeseläbivustegur g (-) näitab, kui suur osa päikesekiirgusest, mis langeb aknaklaasile, siseneb ruumi nii otse läbi klaasi kui ka klaasi neeldudes, selle temperatuuri tõstes ning konvektiivse ja kiirgusliku soojusülekandena klaasi sisepinnalt ruumi sisenedes.“ [4, p. 35]

Suurimad kaod hoonetes toimuvad läbi välispiirete, see on ka asjaolu, miks tuleb välispiirete soojajuhtivusele pöörata tähelepanu. Oluline on viima soojapidavus optimaalselt efektiivseks. Seda nii seinte kui ka avatäidete puhul. Kuigi seinte soojapidavust on võimalik suurendada soojustuse lisamisega ja külmasildade vähendamisega on mingil hetkel saavutatav ka piir, kus soojustuse lisamine ei ole enam mõistlik, kuna nõuab erilahendusi. Enamjaolt ehituses kasutatavad erilahendused on kallid. Soojapidavus akendel arvutatakse klaasi ja aknaraami peale kokku. Kuigi klaase on võimalik toota juba päris väikese soojajuhtivusega on see raamide puhul ikkagi veel keeruline, suurema osa akende soojajuhtivusest moodustab endiselt raam. Tehnoloogia täieneb pidevalt ja turule tulevad efektiivsed lahendused muutuvad odavamaks. Võib eeldada, et peagi on võimalik saada mõistliku hinnaga liginullenergiahoonele sobiva U-arvuga akent.

2.2. Ehitustehnoloogia on valmis

Kui pidada kinni tabelis 4 esitatud piirväärtustest võib eeldada, et liginullenergiahoone energiatõhususearvu saavutamine on võimalik. Eelpool mainitud piirväärtused puudutab muidugi üksnes projekteerimise poolt. Projekte koostades peab projekteerija siiski arvestama ka turul valitsevat olukorda. Tooted ja ehituslikud lahendused ja töövõtted, mida projektis kasutatakse peavad antud piirkonnas kättesaadavad olema, vastasel juhul ei ole võimalik projekti plaani päraselt realiseerida. Materjalide ja spetsialistide toimetamine välisriikidest tõstab ehitushinda.

Tehnoloogiat on teadlikult arendatud energiatõhusate hoonete ehitamist silmas pidades. Madalate U-arvudega aknad, kõrge efektiivsusega soojatagastid, ökonoomsed elektrimootorid, LED valgustid, hoone automaatika on juba turul olemas. Aktiivselt on propageeritud ka erinevaid õhutiheda ehitamise vahendeid, materjale, tarvikuid, tööriistu ja ehitusvõtteid. Küsimus on selles kas see on ka Eestis kätte saadav.

Juhul kui tarnitakse materjalid ja seadmed väljastpoolt Eestit jääb õhku ka küsimus, kas on olemas kohalik varustaja, kes suudaks kiiresti tarnida varuosi, muid tarvikuid ning olla toeks hoolduse ja tehnilise nõustamisega. Tarnijad kinnitavad, et igakülgne tehniline tugi on olemas. Parkau aga selgub kriitilisel hetkel, et puudub võimalus vajalikku ja pädevat infot kiiresti saada. Enam jaolt on uute ja innovatiivsete tehnoloogiate kasutusele võtu initsiatiiv hoone tellija poole peal, kes on ise eelnevalt mingeid tooteid ja lahendusi uurinud, ning saanud innustust kasutada seda ka oma objektil. Ehitaja kui suhteliselt konservatiivse ja traditsioonilise eriala esindajana suhtub uutesse seadmetesse, materjalidesse skeptiliselt.

Kuna liginullenergiahoone üheks eelduseks on ka lokaalselt energia tootmine, siis on vajalik just sellele teemale pöörata nii tellija kui ka ehitaja tähelepanu. Esiteks tuleb ära otsustada, millised on võimalikud energia tootmisviisid. Tõenäoliselt langeb ära hüdroenergia, seda eriti linna piirkondades. Linnaruumi sobilike horisontaalsete tuulikute võimsused võrreldes labatuulikutega on veel madalad. Alternatiivideks on päike ja taastuvenergiat töötavad katlamajad. Mõlema energiaallika puhul on valik väga lai. Päikesepaneelide valikul tuleb arvesse võtta, paneelide amortisatsiooni ja efektiivsuse vähenemist, lisaks määrdumist, kaldenurka ja muid omadusi, mis tagaksid pideva ja stabiilse energia varustatuse. Päikesepatareide arendamisega tegeletakse pidevalt, uute efektiivsete elementide tootmine on muutunud odavamaks, samas mitte nii odavaks, et see oleks tellijale enesest mõistetav kulu ehituse juures. Puit, puiduhakke või puidugaasi katelde kasutamisega on lihtsam, need on turul olnud suhteliselt pikalt ning tõestanud oma toimivust. Katelde tööpõhimõte on lihtsam ning nõuab vaid korralist hooldust. Energia tootmine ei sõltu nii tugevalt ilmastikust, juhuslikust praagist ja tootmisseadme amortisatsioonist. Samas nõuavad katlad pidevat hooldust ja regulaarset kütte tarnimist, mis omal moel on ka kohustus ja kulu.

2.3. Kas ehitustehnoloogia on kasutusele võetud

Kui on loodud tingimused selleks et oleks võimalik liginullenergiahooneid projekteerida tekib kohe küsimus praktilise poole pealt. Kas antuid tehnoloogiaid ka kasutatakse, seda nii projekteerimises kui ka ehituses. Üldiselt ei peeta statistikat selle üle palju on meil projekteeritud, ehitatud liginullenergiahooneid. Hoone ehitusloa saamisel on küll kohustus esitada koos taotlusega ka hoone energiamärgis ning vajalikud lisad, energiamärgise kohta on märke olemas ehitusregistris. Teoreetiliselt kõik hooned, millede energiatõhususe klass on A kuuluvad liginullenergiahoonete alla. Kui hoone on kantud registrisse klassiga A enne 2013 aastat siis on tegu juba vananenud andmetega arvatud märgisega. Juhul kui soojust toodeti soojuspumpadega, mis omakorda sai toite elektrivõrgust siis on suurenenud kaalumistegur (elekter varasemalt 1,5, nüüd 2,0), mille suurenemise tõttu on ka energiatõhususearv suurenenud ja antud hoone ei pruugi enam täita A klassi nõudeid. Kui ametlikes registrites sisalduv info näitab olukorda projekteerimises, millistel tingimustel on väljastatud ehitusluba, siis alati ei lange ehituse lõpptulemus planeerituga kokku. See tõttu ei saa väita et hooned, millel on ehitusregistris energiatõhususe klass A on seda ka peale ehitise valmimist.

2.3.1. Energiamärgised ehitusregistris

Ehitusregistri andmetel seisuga 31.12.2013 on energiamärgis väljastatud 10081 hoonele, millest 519 hoonel on energiamärgise klass A. Nendest hoonetest moodustavad 94% elamufunktsiooniga seotud

hooned – üksikelamud, kortermajad, ridamajad. Peale uute energiatõhususe miinimumnõuete kehtestamist 09.01.2013 on A klassi energiamärgiseid väljastatud 71, millest 73% moodustavad elamufunktsiooniga seotud hoonetele antud energiamärgised. A klassi märgis on väljastatud ka ühele koolihoonele ja asutushoonele. [6]

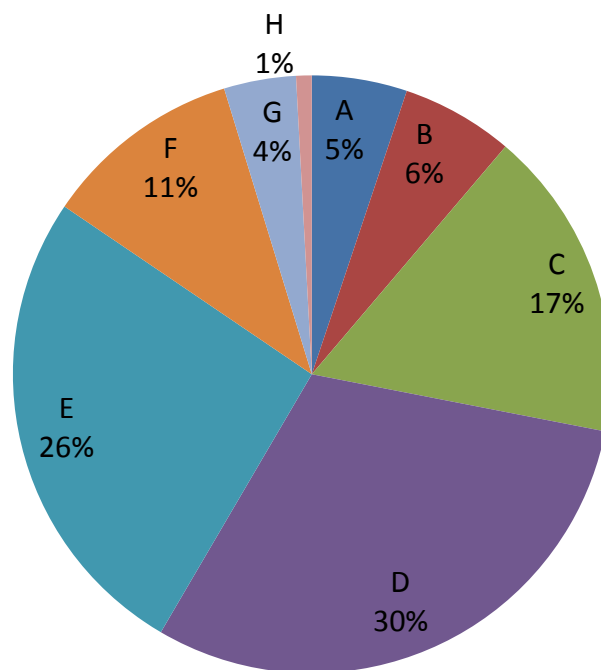
Arvestades olukorda, et uute piirväärtuste kehtestamisest on möödunud napp aasta, on väga positiivne, et klassile A vastavaid hooneid on juba projekteeritud 71. See asjaolu näitab, et projekteerijate seas on juba täna pädevus ja oskus projekteerida liginullenergiahooneid, nende osakaal on kõigest 5% kuid suuna näitajana on see oluline ära märkida. Teiseks oluliseks märgiks, mida nendest arvudest välja võib lugeda, on tellijate huvi. Tellijal on huvi liginullenergia hoonete vastu, nad on nõus panustama oma vahenditega, et objektile lähemal kasutusse uued teadmised, uued tehnoloogiad, materjalid ja seadmed. Hetkel puudub veel tagasiside kui suur osa nendest 71 hoonest on läbinud hanke faasi ning lähevad ehitusse või on juba valmis ehitatud.

Eesti Ehitusregistris osalevate hoonete arv ja neile antud energiaklassid, tabel 5 ja joonisel 3 esitatud diagrammil.

Tabel 5

Hoonete jaotus energiaklasside järgi

Hoone energiaklass	Hoonete arv
A	519
B	612
C	1698
D	3061
E	2627
F	1086
G	393
H	85
Kokku	10081



Joonis 3. Hoonetele väljastatud energiamärgised

2.3.2. Projekteerimine

Kui esitada küsimus, kas energiatõhusate hoonete projekteerimise põhimõtted on projekteerimises kasutusele võetud ja neid jälgitakse, selgub et teadmiste kasutus tase on väga kõikuv. Läbiviidud intervjuude käigus tuli ilmsiks, et energiatõhususe miinimum nõuete kehtestamine aastal 2008 on suunanud projekteerijaid suuremat tähelepanu pöörama energia säästule. Kuna hetkel kehtivad ikkagi energiatõhususe miinimum nõuded, jälgivad arhitektid, et tagatud oleksid miinimumnõuded. Juhul kui tellijate materiaalsed võimalused lubavad enamat ja tellija teadlikult soovib investeerida energiasäästmisesse siis pööratakse energiasäästule rohkem tähelepanu. Tellija huvi tõstab ka projekteerijate teadlikust, projekteerija on sunnitud ennast koolitama ja täiendama. Energiatõhusate hoonete projekteerimise algfaasis on just eriti oluline panna rõhku energiasäästu teemadele, nendega tegelemine projekti järgmistes faasides on kallis, kuna peab asuma juba tehtud töö ümber projekteerima. Viimaste aastate kiratsev olukord ehituses on mõjutanud ka projekteerijaid. Projektide hinnad on tihedas konkurentsi olukorras tulnud tunduvalt alla võrreldes buumiaja hindadega. Null või miinus marginaaliga projektide koostamine tähendab seda, et vahendeid investeringuteks napib. Kvaliteetse projekti taga on projekteerija, kes on kursis viimase aja suundade ja tehnoloogiatega, oskab ja saab kasutada erialaseid arvutiprogramme ning kellel on võimalus tutvuda näidisobjektidega.

Vahendite puudus tingib olukorra, kus projekteerija puudulik pädevus võib kahjustada tervet projekti, ja seda mitte ainult kvalitatiivselt vaid ajalisest ja rahalisest ressursi vaadeldes. Projekteerimine on koostöö erinevate projekti osade vahel. Arhitekti/peaprojekteerija otsused mõjutavad kõiki osapooli.

Vahendite olemas olul osalevad projekteerijad koolitustel ja täiendkoolitustel. Hangetel, kus osalemise tingimuseks on energiatõhusate hoonete projekteerimise tundmine on projekteerijatele suureks motivaatoriks ennast täiend koolitada. [7]

2.3.3. Ehitamine

Läbiviidud intervjuud ehitusettevõtjatega andsid parema ülevaate ehitajate suhtumisest energiatõhususe teemasse. On teadvustatud, et energiatõhusus on oluline, tunda on tellijate ja turu survet eksploatatsiooni kulude vähendamiseks. Tihti kui soov vähendada küttekulusid ümber kalkuleerida ehitusmaksumuseks loobub osa tellijaist kõrgeima energiaklassi saavutamise soovist. Eratellijatel on probleem selgitada pankadele energiasäästliku hoone ehitamise motiive, pangad ei ole nõus väitega, et kokkuhoitud kommunaalkuludega saab maksta kõrgemat liisingumakset. Üheks muret tekitavamaks asjaoluks võiks lugeda asjaolu, et ehitajad ei ole rahul projektide kvaliteediga. Projektid on kas lõpuni läbilahendamata või sisaldavad vigaseid lahendusi. Üheks puuduseks võib lugeda ka seda, et seadus ei kohusta kontrollima kohalikku omavalitsust tööprojekti olemas olu, paljud hooned lähevad ehitusse eelprojekti põhjal. Sellises olukorras peab ehitaja ise objektil projekteerima ning kulutama aega ja ressursi lahenduste koostamisele. Uute tehnoloogiate ja materjalide kasutusele võtt sõltub pigem tellija initsiatiivist, kui on võimalik kasutada juba läbiproovitud toimivaid lahendusi siis kasutatakse neid. Juhul kui on kasutuses uued materjalid siis soovitakse näha, kuidas nad toimivad eksploatatsioonis. Taastuvenergiaallikate kasutamine ehituses ei ole probleem, reeglina paigaldab selle tootja ning sellega on tegelenud tellija otse. Muus osas eelistavad ehitajad kasutada projektis spetsifitseeritud tehnosüsteeme. Tööde kvaliteeti kontrollitakse visuaalselt ning need tööd, mis on seotud õhutihedusega kontrollitakse visuaalselt ja ülerõhu testidega. Suur on soov saada koolitusi, mis käsitleksid energiatõhusasse hoonesse sobivate ehitussõlmede teostamist. [8]

Ettevõtete valmisolek suunata lähiaastatel ehitustöölisi koolitusele energiatõhususe alal on oluliselt väiksem (53% vastanud ettevõtetest), kui soov saada koolitusele insener-tehnilist personali (83% vastanuist). Ehitusvaldkonna ettevõtetest 95% on väike- ja mikroettevõtted, kelle suutlikkus töötajaid koolitusele suunata on vähene, eeskätt tööliste jaoks ei leita vahendeid koolituskulude katmiseks ega töötasu säilitamiseks õppeajal. [9, p. 6]

Ehitusettevõtetes pole ligi 50% ehitustöolistest saanud erialast ettevalmistust. Kuna erialase väljaõppega tööleasujaid on oluliselt vähem kui tööturult väljujaid, siis suureneb erialase ettevalmistuseta töötajate määr sektoris tõenäoliselt, põhjustades suurima osa oskustevajakust valdkonnas. Meistritasandi spetsialiste üldjuhul erialase väljaõppeta töötajate hulgast ei tule. Kui käsitleda koolituse sihtrühmana ka erialase ettevalmistuseta töötajaid, siis ei piisa siin vaid kitsalt energiatõhususe temaatikat käsitlevast täienduskoolitusest: vajalik on tööalaste kompetentside arendamine tervikuna. [9, p. 6]

2.4. Energiatõhususe käsitlemine õppeasutustes

2.4.1. Kutseharidus

Eesti erinevates piirkondades paikneb 42 kutseõppeasutust, neist 19 õpetatakse ka ehituserialasid. „Suurima õpilaste arvuga õppevaldkond kutsehariduses on tehnika, tootmine ja ehitus, kuhu kuulub ka ehituserialasid koondav ehituse ja tsiviilrajatiste õppekavarühm. 2011/12. õppeaastal õppis seal 10 976 õpilast ehk 40% kõigist kutseõppureist.“ [9, p. 19]

„Energiasäästu ja hoonete energiatõhususe temaatika riiklikus õppekavas otseselt ei kajastu. Kuna õppetöö toimub koolis riikliku õppekava alusel koostatud kooliõppekava järgi, siis puudub ülevaade, kui palju ja milliseid energiasäästu ja hoonete energiatõhususega seonduvaid teemasid õppetöös käsitletakse.“ [9, p. 21]

SA Kredex juhtimisel, koostöös Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi, Eesti Ehitusettevõtjate Liidu, SA INNOVE ja Tallinna Tehnikaülikooliga on koostatud „Eesti ehitusvaldkonna tööjõu koolitamise tegevuskava“, annab tegevuskava ehitusvaldkonna tööjõukvalifikatsiooni tõstmiseks. Soovitused käsitlevad ka õppekavade muutmis vajadust, õppekavad peavad valmima koostöös Kutsekoja ja Haridus ja Teadusministeeriumiga.

Esimesed õppekavad, mis sisaldavad energiatõhususega seotuid teemasid võetakse kasutusele juba sell aastal. [10]

2.4.2. Kõrgharidus

Eestis antakse ehitusalast kõrgharidust kolmes õppeasutuses: Tallinna Tehnikaülikoolis, Eesti Maaülikoolis, Tallinna Tehnikakõrgkoolis.

Tallinna Tehnikaülikoolis ja Eesti Maaülikoolis toimub tsiviilehituse erialal integreeritud õpe, lõpetajale väljastatakse magistrikraad. Tallinna Tehnikakõrgkoolis aga rakenduskõrghariduse diplomi.

Kõigis kolmes õppeasutuses on tsiviilehituse erialal õppekavas käsitletud ehitusfüüsikat, kui ka energiatõhususega seotud õppeaineid.

Tallinna Tehnikaülikoolis: Ehitusfüüsika I (6 EAP), Ehitusfüüsika II (3 EAP) valikainena.

Eesti Maaülikool: Ehitusfüüsika I (4 EAP), Ehitusfüüsika II (2 EAP).

Tallinna Tehnikakõrgkool: Ehitusfüüsika (4 EAP), Hoonete tehnosüsteemid I ja energiatõhusus (6 EAP).

Tallinna Tehnikaülikoolis integreeritud õppekaval on võimalik peale bakalaureuse astme läbimist valida just energiatõhususega seotud kitsam eriala – Hoonete energiatõhusus. Antud õppekava raames käsitletakse põhjalikult erinevaid energiatõhususe saavutamise meetmeid ja nende kombinatsioone. Esimesed Hoonete energiatõhususe eriala lõpetajaid said oma lõputunnistused aastal 2013.

Ülikoolide juures viiakse läbi ja koostatakse erinevaid uurimustöid, mis on seotud energiatõhususega. Uurimustööde põhiliseks tellijaks on Majandus ja Kommunikatsiooniministeerium, kas otse või läbi oma hallatavate asutuste, nagu SA KredEx, Riigi Kinnisvara AS. See, et teadusasutustelt tellitakse energiatõhususega seotud uurimus töid näitab riigi huvi energia temaatika vastu ja teiselt poolt näitab ülikoolide võimekust antud teemaga tegeleda.

2.5. Kutsetunnistuste süsteem

2.5.1. Üldist

Eestis kehtib kutsestandardite süsteem, kus vastava hariduse või kogemusega spetsialist, kes vastab kutsestandardi nõuetele omandab vastava ala kutse. Eelkõige vaatleme just ehitusinseneride kutsestandardit ja spetsialistide olemas olu. Põhjuseks on asjaolu, et vastutav ehitusinsener, kes on projektijuht või juhtivinsener peab omama ülevaadet energiatõhususe saavutamise eesmärkidest ja vahenditest kuidas seda saavutatakse.

Kutsestandardeid ja kutseid väljastab Kutsekoda SA. Kutsekoda ühendab avaliku ja erasektori ametnikke ja asjatundjaid, kes arendavad ja koostavad kutsesüsteemi. Koostöös koostatakse ka ettepanekud õppeasutustele, millest lähtuvalt võiks koostada õppekavasid ja täiendkoolitusprogramme.

Aastatel 1998-2008 valitses Eestis V astmeline kutsestandardite süsteem, 2008 aastast on ülemindud 8 astmelisele süsteemile, mis on võrreldav Euroopa elukestva õppe kvalifikatsiooniraamistikuga. Enamus vanu kutsestandardeid lõpetavad oma kehtivuse 2014 aastal.

[11]

2.5.2. Kutse saajad

Vaatleme ehitusinseneride kutseid, kes on seotud hoonete ehitamisega. Kutsed jagunevad kolme astmesse, tase 6, 7 ja 8. Omakorda jagunevad veel 6 ja 7 tase ka esmase kutse tasandiks. Esmakutse omistatakse kõrg- ja ülikooli lõpetajatele, kelle haridustase vastab bakalaureuse või diplomiõppele. Kutset saavad taotleda kõik, kes täidavad kutsestandardite nõuded, kutse väljastajaks on Eesti Inseneride Liit. Esmakutsed väljastavad õppeasutused.

Hetkel on Kutseregistri andmetel spetsialistide arv järgmine:

Uue kutsestandardi järgi väljastatud kutsed.

Ehitusinsener, tase 6	5
Ehitusinsener tase 6, esmane kutse	61
Diplomeeritud ehitusinsener, tase 7	3
Diplomeeritud ehitusinsener, tase 7 esmane kutse	24
Volitatud ehitusinsener, tase 8	8

Vana süsteemi järgi väljastatud kutsed.

Ehitusinsener IV	217
Diplomeeritud ehitusinsener V	399
Volitatud ehitusinsener V	87

2.5.3. Energiatõhusus kutsestandardis

Kutsestandardid kirjeldavad, millised oskused, omadused ja milliseid teemasid peab valdama kutse saaja. Varasemalt ei olnud standardis käsitletud energiatõhususe temaatikat. Uutes standardites on aga see sisse toodud, sõnastused on üldsõnalised ja ei lähe süvitsi teema lahkamisega. Taseme 6, 7 ja 8 Ehitusinseneri kutses on käsitletud järgmiselt:

Punkt B.2.1 Teadmised ja oskused: „Erialased teadmised, mis on esmajoones seotud ehitusmaterjalide, ehitusmehaanika ja tugevusõpetuse, ehitusfüüsika, energiatõhususe, hoonete ja rajatiste projekteerimise ja ehitustehnoloogiaga.“ [12, p. 4]

Punkt B.2.3 Inseneritööks vajalikud hoiakud – Keskkonnahoidliku: „Rakendab oma tegevuses energiatõhususe põhimõtteid.“ [12, p. 5]

Töösad ja –ülesanded – ehitusjuhtimine – ehitushanke plaanimine: „Hoone energiabilansi kavandamine vastavalt püstitatud eesmärgile.“ [12, p. 13]

Teadmiste ja oskuste miinimumnõuded – Ehitise kavandamine: „Tunneb piirde ja selles asuvate avatäidete energiasäästumeetmeid.“ [12, p. 22]

Teadmiste ja oskuste miinimumnõuded – Küte ja ventilatsioon: „Tunneb energia efektiivse kasutamise põhimõtteid ja energiasäästumeetmeid.“ [12, p. 22]

Lisaks energiatõhususe tundmise põhimõtetele on kutsestandardis mainitud, et kutse saaja peab tundma ka ehitusfüüsikaga seonduvaid meetoodikaid ja arvutamise põhimõtteid. Ehitusfüüsika tundmise nõue oli ka sees vanades kutsestandardites, kuid energiatõhususe temaatikat seal ei käsitletud.

2.5.4. Kutse väljastamine

Hetkel on kutse, kus on kajastatud ka nõue tunda energiatõhususe põhimõtteid 101 insenerile. 703 insenerile on väljastatud kutse, milles energiatõhususe tundmine ei ole nõutav. Kuna vana standardi järgi ei olnud standardi nimes välja toodud, millise valdkonnaga on tegemist, seda oli spetsifitseeritud kutsetunnistusel, siis kõik 703 inseneri ei ole seotud projektijuhtimise ja ehitusjuhtimisega vaid on seotud muude insenerharudega.

Hetkel on tegemist situatsiooniga, kus vana süsteemi järgi kutsed kehtivad aastani 2019, vana süsteemi järgi kutseid enam ei väljastata. Tekib küsimus, kuidas toimub väljastatud kutsete üleminek uuele süsteemile. Uue süsteemi järgi on kutse kehtivus 5 aastat, mis järel tuleb tõendada täiendkoolituse läbimist. Osad vana süsteemi järgi väljastatud kutsed on tähtajatud, see tähendab seda, et insenerid, kes soovivad saada uue süsteemi järgi kutset peavad oma pädevust tõendama dokumentidega või eksamitega oma vastavust uuele kutsesüsteemile. Dokumentide pädevust või eksami koostab, viib läbi ja hindab antud ala kutsekomisjon.

Seega vajavad insenerid, kes soovivad saada kutsetunnistusi uute kutsestandardite järgi, energiatõhususe alaseid koolitusi, seminare ja praktilisi kogemusi.

Kutset väljastav kutsekomisjon vajab pädevaid komisjoni liikmeid, kes oskavad hinnata kutse taotleja kvalifikatsiooni ka energiatõhususe vallas.

2.6. Riigi poolt tellitud objektid

Riigi toimimiseks vajalikud objektid ja avalikud hooned tellib ja ehitamise hanked korraldab Riigi Kinnisvara AS (RKAS). Läbi vaadates RKAS poolt välja kuulutatud ja läbi viidud hankeid, avalike hoonete tellimiseks on näha, et on pööratud tähelepanu hoonete energiatõhususele.

Määratud on energiaklass, mida soovitakse saavutada, enamasti on see madalaenergiatarbimisega hoone (klass B), samuti on hangetes nõutud, et projekteerija koostaks ka majandusliku arvutuse hoone maksumusele, kui energiaklass oleks ühe klassi võrra madala, kui tellija algne eesmärk. Hanke tingimustega on määratu, et projekteerimise protsessis peab osalema ka energiatõhususe ekspert, samas ei ole ära kirjeldatud, kes on ekspert või millistele tingimustele peab ta vastama. Siin kohal oleks asjakohane hanke kvalifitseerimise tingimustes seda nõuda, kas vastava kutsetunnistuse omamisega, või tõendama seda koolituse läbimise tunnistusega.

Uuemate hangete puhul, milledes käsitletud ka mudelprojekteerimise nõudeid on hanketingimustega sätestatud ka energiamudeli koostamine. Projekteerimise käigus koostatakse lisaks arhitektuursele-, konstruktiivsele- ja eriosademudelile ka energiasimulatsioon, seda käsitletakse järgnevates osades.

3. PROJEKTEERIMISE PROJEKTIJUHTIMINE

ENERGIATÕHUSATE HOONETE PUHUL

3.1. Üldist

Õnnestunud projekti koostamise aluseks on pädev meeskond, kaasaegsed projekteerimisvahendid, normatiivne ja õiguslik baas, kommunikatsioon ja järjepidev kvaliteedikontroll.

Pädeva meeskonna saame kindlustada spetsialistide koolitamise ja kutsekvalifikatsiooni pideva täiendamisega. Meeskonnas peavad energiatõhususega kursis olema nii arhitekt, konstruktor, eriosade insenerid kui ka projektijuht. Meeskonna liikmeks tuleks lugeda ka tellijat, kelle soove projekteerimise näol ellu viiakse. Juhul kui tellija ei ole ise pädev ehituse ja energiatõhususe teemadel on see roll tellija esindajana omanikujärelevalvel.

Kaasaegsed projekteerimisvahendid on erinevat liiki mudeldamise ja arvutamise tarkvarad. Turul pakutavate tarkvarade palett on lai. Hinna ja võimekuse järgi on võimalik valida projekti elluviimiseks just vajalik tarkvaralahendus. On oluline, et projekti meeskonnas kasutataks ühesuguseid ja ühilduvaid projekteerimise andmeid aga ka ühesugust lähteülesannet.

Projekteerimismeeskond peab olema kursis kehtivate õigusaktide ja standarditega. Kui standard on vabatahtlik, ning nende kasutamine või mitte kasutamine tuleb eelnevalt tellijaga kooskõlastada, siis õigusaktid on projekteerijale kohustuslikud. Eestis kasutatakse hoonete projekteerimisel kolme ehitusprojekti staadiumit: eelprojekt, põhiprojekt ja tööprojekt. Projekti koosseisu mahu ja määra kirjeldab standard EVS 811: 2013 „Hoone ehitusprojekt“.

Selliste projektide puhul, kus on ühendatud mitme erineva spetsialisti, suuremate objektide puhul kümnete spetsialistide, töö on väga oluline õigeaegne infovahetus. Infovahetuse põhimõtted lepatakse kokku projekteerimise alguses. Normaalse töökorralduse juures peetakse regulaarselt projekteerimise koosolekuid, ning muudatuste elluviimisest projektis annatakse teada operatiivselt. On olemas juba ka esimesi edukaid näited ühises mudelis projekteerimisest, kus muudatused kuvatakse erinevate mudeli kasutajatele reaalselt. Kui projekteerijaid, kes mudeli kallal töötavad on palju ja nad ei asu füüsiliselt ühes paigas siis saab kasutada virtuaalseid „pilveservereid“ mudelite tsentraalsete säilikut hoiustamiseks, sellisel juhul on vajalik interneti püsiühendus.

Projekti kvaliteedi kontroll sõltub ettevõtte töökorraldusest. Kas on juurutatud kvaliteedijuhtimise süsteem, mis on akrediteeritud, või on olemas ettevõtte sisene vastav dokument. Kvaliteedijuhtimise süsteemi olemas olu ja selle kasutamine tagab projekti kõrge kvaliteedi. Vastavate parendamise meetmetega viiakse pidevalt kvaliteedisüsteemi sisse muudatusi süsteemi täiendamiseks, see tagab kvaliteetse jätkusuutliku projekteerimisteenuse pakkumise.

3.2. Kuluoptimaalse hoone projekteerimine

Energiatõhususe miinimumnõuete määruues on defineeritud kuluoptimaalne hoone järgmiselt: „kuluoptimaalse energiatõhususega hoone – hoone, mille energiatõhususarvu piirväärtus tagab minimaalsed elutsükli kogukulud, mis moodustuvad ehitusmaksumusest ning iga-aastastest energia-, hooldus- ja käituskuludest (arvestuslikult elamutele 30 aasta ja mitteelamutele 20 aasta elutsükli nüüdisväärtuse investeerimisarvutusena).“ [3]

Eesti ja Soome spetsialistide koostöös viidi läbi uuring „Cost optimal and nZEB energy performance levels for buildings“ (Kuluoptimaalse ja liginullenergiahoonete energiatõhususe tase hoonetele). Uuringu käigus selgitati välja, millised on mõistlikud energiatõhususe arvud liginullenergia- ja kuluoptimaalsele hoonele. Uuringus arvestati nii hoone ehitusmaksumust kui ka hilisemaid eksploatatsiooni kulusid. Uuringut kokkuvõttes võib öelda et kuluoptimaalsed energiatõhususe arvud vastavad Energiatõhususe miinimumnõuete määruuse nõuetele. Uurimistöö järeldused on toodud tabelis 6 (kuna uuring on koostatud aastal 2011 siis on kehtivad energiatõhususe miinimum nõuete väärtused muudetud täna kehtivate väärtuste vastu). Ja tärniga tähistatud kuluoptimaalsed energiatõhususe arvud on arvutatud elektrienergia kaalumisteguriga 2 (uuringu ajal kehtis kaalumistegur 1,5).

Tabel 6

Energiatõhususe arvude võrdlus (kWh/(m²a)) [13, p. 33]

Hoone tüüp	Energiatõhususearv			
	Liginullenergiahoone	Kuluoptimaalne	Kuluoptimaalne*	Miinimum nõue
väikeelamutes	50	130	143	160
korterelamutes	90	140	154	150
büroohoonetes	100	130	143	160
päevakeskused	100	190	209	200
haridushoonetes	80	110	121	160
koolieelsetes lasteasutustes	120	200	220	190

*elektrienergia kaalumistegur 2

Tabelist toodud arvude võrdluses on näha, et kehtestatud energiatõhususe miinimumnõuded on üldiselt väiksemad kui kuluoptimaalsed. Määruses tood arvude saavutamine nõuab juba täna lisa investeeringuid. Uuritud näidis objekte analüüsides jõuti järeldusele et kuluoptimaalse hoone ja liginullenergia hoone ehitushind ühe ruutmeetri kohta suureneb ehitusmaksumust eramajadel 20%, büroo ja kortermajadel 10%. [13, p. 34]

Tänase projekteerimispraktika juures ei tehta vahet kuluoptimaalse hoone ja tavalise hoone projekteerimise vahel. Projekteerimist alustatakse eskiisist, tellija lähteülesande alusel. See, et on kehtestatud energiatõhususe miinimumnõuded on teada ning energiatõhususe arvu juurde tullakse tagasi eelprojekti staadiumis, siis kui alustatakse ehitusloa taotlemisega. Kui tellija ei ole eraldi defineerinud, millist energia klassi soovitakse saavutada lähtub projekteerija määruses kehtestatud miinimumnõuetest. Eelnimetatud määrus kehtestab ka välispiirete soojuslähivuse arvud, millest kehvemad piirdetarindite projekteerimine ei ole lubatud. Siiski määruses kehtestatud piirdetarindite soojuslähivuse arvud ei taga veel hoone energiatõhususe arvu vastamist määrusele. Ehitusloa taotluse juurde tuleb esitada ka hoone energiamärgis, märgise arvutuse teeb reeglina kütte-ventilatsiooni projekteerija, andmete põhjal, mille ta saab arhitektilt, konstruktorilt kogutakse info piirdetarindite kohta, ning eriosade projekteerijad: vesi-kanal ja elekter esitavad oma andmed energia tarbimise kohta. Kui arvutus tulemus rahuldab määruses nõutut klassi siis sellega energiatõhususe arvutused piirduvad. Peale seda kui ehitusloataotlus koos eelprojekti ja märgisega on esitatud ei tulla enam tagasi energiatõhususe arvutamise juurde järgmistes projekti staadiumites. Järgmistes projektistaadiumites võib aga toimuda olulisi muutusi, iga järgnev projekteerimise staadium, põhiprojekt, tööprojekt, on mahukam ja täiendab eelnevat staadiumit täpsemate ja konkreetsemate lahenduste ja andmetega. Muudatused projektis võivad põhjustada energiatõhususe arvu muutumist, energiatõhususe arv võib paraneda aga on olemas ka võimalus, et ei saavutata eelprojekti soovitud lahendusi ning energiatõhususe arv hoopis muutub kehvemaks. Sellises olukorras on kindlasti vajalik ka energiatõhususe arvutus läbi viia põhiprojekti staadiumis, saadud tulemustest lähtuvalt tuleb, kas projekteerimist jätkata toimivate lahendustega või viia projekti sisse korrekture. Kordusarvutuste koostamine põhiprojekti staadiumis ei mõjuta aja ja vahendite märkimisväärt kulutamist, muudatuste tegemine tööprojekti staadiumis on märksa kulukam, ning nõuab lisatööd kõigil projekti osapooltelt. Kuna ehituseelarve koostatakse põhiprojekti põhjal siis tuleb teha uus eelarve ka muutunud projektile. Tihti muudatuste tegemine energiatõhususe tõstmiseks ei too kaasa mitte ehituse odavnemist vaid pigem ehituse kallinemist. Tellija peab leppima, kas kõrgema hinnaga või tuleb projekti muuta nii et tellija eeldatud hind jääks lubatud piiridesse. Sellisel juhul minnakse muutma arhitektuurset lahendus ning tihti tähendab see ehitatavate pindade vähendamist. Hoone mahu muutus tingib aga ka ehitusloa muutmist projektile

vastavaks. Eelnevat kokkuvõttes: energiatõhususe arvu jälgimine igas ehitusprojekti staadiumis on väga oluline, vältimaks projekteerimisressursi ebamõistlikku kasutamist ja hilisemaid suuremaid ehituskulusid.

3.3. Liginullenergiahoone projekteerimine

Tänaseks päevaks on olulisemaks muutub energiatõhususe teadlikus hoonete projekteerimises. Eelkõige tagab eduka projekteerimise ja hea lõpplahenduse pädeva projektijuhi olemas olu, projektijuhiks võiks olla arhitekt või ehitusinsener, kellel on teadmised energiatõhususe saavutamise vahenditest ja võimalustest. Suuremahuliste projektide koostamisel on mõistlik kaasata projektimeeskonda energiaaudiitor või energiatõhususe spetsialist, kes vastutab hoone energiatõhususe arvutuse/mudeli koostamise ja jälgimise eest. Energiatõhususe spetsialisti olemasolu ei tähenda seda, et projektijuhil ei pea olema teadmisi energiatõhususe saavutamise meetmetest.

Hoone projekti koostamist alustatakse eskiisist ning jätkub ehitusprojektide järgmiste staadiumitega. Igas staadiumis on oluline läbi viia energiatõhususe arvutus või simulatsioon, et oleks tagatud tellija eesmärkide - ruumi lahendus ja rahaliste võimaluste tasakaal. Projekteerija seisukohalt on oluline, et tellijad oleksid enne projekti koostamist esitanud eeldatavad vahendite suurusjärgud, mida on plaanitud ehitamisele kulutada. Teades tellija võimalusi on projekteerijal võimalik juba algselt projekteerida lahendusi, mida hiljem ei pea eelarve kärpe vajaduse tõttu ümber projekteerima.

Juhul kui on alustatud liginullenergiahoone projekteerimist siis on tellija seadnud projekteerijale vastava lähteülesande või tuleneb see mingitest muudest nõuetest (2019 peavad olema ehitatavad avalikud hooned liginullenergiahooned). Tellija lähteülesande olemas olu on eesmärgi saavutamiseks hädavajalik. Juhul kui tellijal endal puudub ehitusalune pädevus peaks lähteülesande koostama projektijuht ning kooskõlastama selle tellijaga.

See, milliste lahendustega on võimalik saavutada liginullenergiahoone, on kirjeldatud punktis 2.1. „Liginullenergia hoone koostamise põhimõtted“. Punktis on kirjeldatud tehniliste lahenduste kombinatsioone ja kontrollarve, mis on projekteerimise algstaadiumis projekteerijale abiks ning teekaardiks.

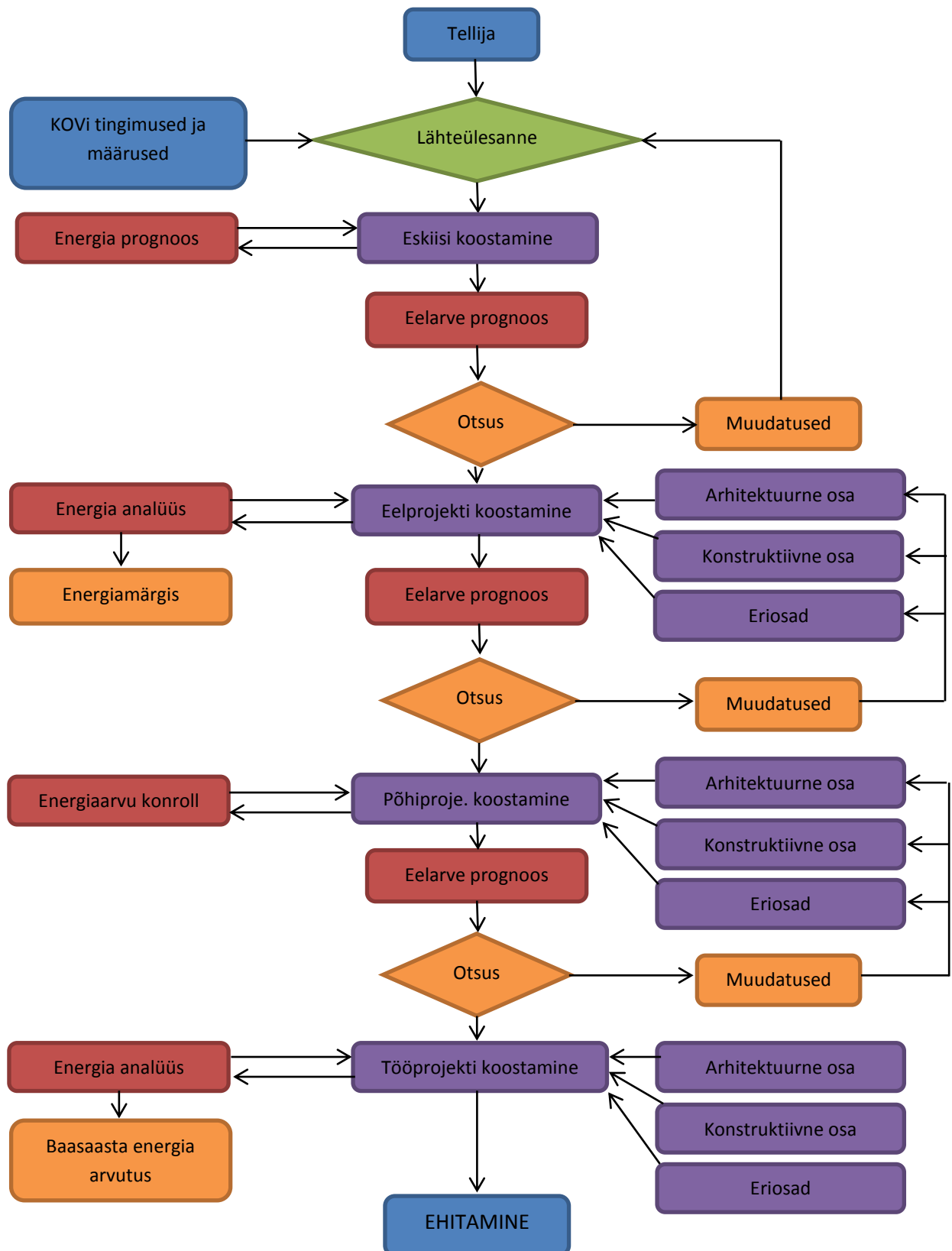
Soovitav projekteerimise protsess võiks välja näha järgmine:

- lähteandmete kogumine tellijalt, lähteülesanne;
- lähteandmete hankimine kohalikust omavalitsusest;
- eskiisi koostamine;

- eskiisistaadiumis energiatõhususe lähteseisukohtade koostamine, tuleks kontrollida, ilmakaari, akende osakaalu fassaadis, taastuenergia lahendusi;
- eskiisile koostatakse eelnev hinnaproгноos;
- kui prognoos ja energiatõhususe analüüs näitavad, et on võimalik saavutada tellija eesmärgid siis minnakse järgmisesse projekteerimise staadiumisse, kui tulemused aga ei rahulda tellija eesmäärke tuleb teha, kas projektis või tellija lähteülesandes muudatusi;
- eelprojekti koostamine;
 - lahenduste täpsem projekteerimine;
 - konstruktsioonitüübid;
 - konkreetsed kütte ja energia tootmise lahendused;
 - energiabilansi arvutus;
 - vajadusel korrektuurid eelprojektis;
 - energiamärgise koostamine;
 - esialgse ehituseelarve koostamine;
 - ehitusloa taotluse koostamine ja esitamine;
- põhiprojekti koostamine;
 - lahenduste täpsem projekteerimine;
 - konstruktiivsed ja arhitektuurised tüüpsõlmed, külmasildade vältimine, õhupidavuse tagavate lahenduste valimine;
 - kütte ja energia tootmise lahendused;
 - energiabilansi arvutus ja analüüs;
 - täienduste ja korrektuuride koostamine;
 - eelarve koostamine.
- tööprojekti koostamine;
 - projektides toodete valik ja spetsifitseerimine;
 - sõlmede ja õhupidavus lahenduste projekteerimine vastavalt välja valitud toodetele;
 - eriosade seadmete spetsifitseerimine ja lõplik toodete valik;
 - energia kontroll arvutus vastavalt valitud toodetele;
 - eelarves püsimine.

Tavahoonete projekteerimine, ei tohiks oma menetlemise poolest erineda liginullenergia hoonete projekteerimisest, pidev energiatõhususe ja eelarve kontroll tagavad kvaliteetse ehitusprojekti, mida ei ole vaja ehituse ajal muuta või kärpida. Kokkuhoid, spetsialistide aja pealt, mis kulub pidevale energiatõhususe kontrollimisele ei ole õigustatud, kuna ehitusprojekti lõppstaadiumis või ehituse

ajal, käigu pealt tehtud muudatuste tegemine on kallid ja ei õigusta ennast. Odavam on muudatused ja erinevad stsenaariumid läbimängida paberi peal kui hiljem ehitusplatsil.



Joonis 4, projekti kulgemise skeem

3.4. Mudelprojekteerimine

Punktis 3.3. kirjeldatud liginullenergiahoone projekteerimist on võimalik läbi viia nn klassikalisel (kahe mõõtmelised plaanid ja arvutustabelid) viisil ehk projekti osapooled koostavad oma projekti osad eraldi ning igas etapis energiatõhususe ekspert kogub andmed uuesti kokku ning sisestab need arvutusprogrammi või oma simulatsiooni mudelisse. Teise võimalusena on võimalik kasutada projekteerimise infomudelit (lühendatult BIM mudelit), kus kõik projektis osalejad koostavad oma projektid infomudelitena.

Eesti keelde on tõlgitud ja mugandatud COBIM 2012 Mudelprojekteerimise üldjuhend. Juhend käsitleb infomudeli koostamise põhimõtteid ja infomodelis kasutatavat infot. Lisaks annab juhendmaterjal juhised lähteülesande ja mudeli koordineerimise kohta. Juhend koosneb 13 osast, kümnes osa käsitleb energiaanalüüsi mudeldamist.

Mudelprojekteerimise üldjuhendi 10. osa „Energia-analüüsid” käsitleb energiatõhususe ja sisekliima seisukohalt olulisi tegevusi projekteerimisel ja ehitamisel ning hoone kasutuselevõtul ja haldamisel. Eesmärk on kontrollida infomodelite abil hoone energiatõhusust ja vastavust seatud nõuetele võimalikult hästi juba projekteerimis- ja ehitustööde ajal. Oluline on ka ehitise energiatõhususe võimalikult varajane tõendamine garantiiajal. [14, p. 5]

See juhend määrab kindlaks, kuidas kasutada infomudeleid energiaanalüüside teostamiseks hoone projekteerimisel, ehitamisel ja haldamisel. Analüüsid on energiatõhusa projekteerimise oluline osa ning infomodelite kasutamine võimaldab analüüsida andmeid süsteemipärasemalt, läbipaistvamalt ja sageli ka efektiivsemalt kui tavapärased meetodid. Infomodelite peamine eelis on siiski õigete algandmete tagamine arvutuste tegemiseks. [14, p. 5]

Juhendit jälgides on energia analüüsi võimalik koostada nii sisekliimale kui ka energiavajadusele. Energiavajadus on otseselt seotud nõudega tagada sisekliimat ja sisekliimat saab tagada tehnosüsteemidega. Seega teevad väga suurt omavahelist koostööd energiaspetsialist ja eriosade projekteerija. Arhitektuursest mudelist on kindlasti vaja saada info fassaadide, akende ja päikese varjestuse kohta. Konstruktiivse osa mudelist info piirdetarindite ehitusfüüsikaliste omaduste kohta. Piirdetarindite info peab kajastuma ka arhitektuurses infomodelis.

Energia analüüsi mudeli koostamine on jagatud mitmeks etapiks, nii nagu tavaline projekteerimise puhulgi. Etapid eraldi on:

Hanke ettevalmistamine – analüüsitakse tellija lähteülesannet ning sellest tulenevalt tehakse energiakasutust ja sisekliimat puudutavaid ettepanekuid.

Eskiis – Viiakse läbi esialgsed energia analüüsid, hinnatakse hoone geometriat, orientatsiooni, päikesekaitset ja tehnosüsteemide valikuid.

Eelprojekt – Hinnatase sisekliima mõju energiavajadustele. Eelduseks on see et tehnosüsteemide projekteerija on koostanud ruumidele kütte ja ventilatsiooni arvutused.

Ehitusloa taotlemine – energia analüüsiga teostatakse energiatõhususearv, energiamärgis, suvise ruumitemperatuuri kontroll.

Põhiprojekt – analüüse teostatakse siis kui võrreldes eelmise staadiumiga on toimunud märkimisväärsed muutusi.

Ehitamise etapp – selles staadiumis arvutatakse hoone projekteeritud energiavajadus vastavalt ehituses toimunud muudatustele ja täpsustustele, koostatakse baasaasta energiavajadus.

Kasutuselevõtt ja garantiaeg – kasutuse ajaks on olemas juba hoone kasutamise täpsemad andmed, simulatsiooni koostamisel ajakohastatakse baasaasta energiavajadus.

Energiaanalüüsi koostav spetsialist peab olema saanud piisava koolituse ning tundma erialaseid modelleerimise programme. Simulatsioonide tegemiseks on olemas erinevaid programme, mis võivad oma vahel erineda analüüsi võimaluste poolest. Projekteerimise alguses lepatakse kokku info edastamise meetodid. Kui teave edastatakse IFC formaadis siis peab projekteerimise alguses kokku leppima, milline info kajastub mudelis ning kuidas seda salvestatakse, et see oleks hiljem kasutatav ka energia mudeli koostamisel. Juhul kui energiaspetsialist orienteerub piisavalt hästi nii arhitektuurses kui ka tehnovõrkude programmides ja saab ise vajaliku info originaal mudelist kätte, siis võib ta seda ka ise teha. Mudelprojekteerimise puhul lepatakse kokku mudelprojekteerimise koordinaator, selleks võib olla nii projektijuht, arhitekt kui ka eraldi selleks projekti kõrvale kaasatud spetsialist.

Tänane reaalne kogemus mudelite ühtlustamisest erineb eelpool kirjeldatud ideaal olukorrast. Vähesed arhitektid suudavad oma mudeli nii koostada, et energiatõhususe analüüsiga tegelev spetsialist saaks seda otse kasutada. Tihti jäävad ruumielemendid üheks objektiks liitmata ning see põhjustab koheselt energia lekke.

Edumeelsed ettevõtted kellel on motivatsioon ja võimalus soetada tark- ja riistvara on hakanud järkjärgult üle minema mudelprojekteerimisele. Kindlasti on vajalik projekteerijate ja tellijate koolitamine mudelprojekteerimise vallas. Projekteerijate motivaatoriteks võiksid olla tellijad, kes nõuavad projektide teostamist kasutades ehituse infomudelit, heaks eeskujuks on siin kohal Riigi Kinnisvara AS, kes on juba läbi viimas projekteerimishankeid, kus on vajalik ehituse infomudeli koostamine. Tellijad peavad arvestama asjaoluga, et kuna mudeldamine pidevalt areneb siis vähese kogemusega projekteerijatel võib projekti koostamine võtta rohkem aega. Tuleb leida tasakaal projekteerijate, kes soovivad projekti koostamisest omandada mudeldamise kogemust, ja tellijate vahel, kes soovivad kvaliteetset projekti ja BIM mudelit. Mudeldamise kogemust ja vilumust on võimalik omandada läbi praktiliste tegevuste.

4. RESSURSID

4.1. Näidisobjekt

Töö koostamise käigus on püstitatud eesmärk analüüsida aja ja vahendite kulu liginullenergiahoonete projekteerimisele. Analüüsi käigus on soov välja selgitada, kui suur vahe on tavalisel projekteerimise ja objekti projekteerimisel, kus on suuremat rõhku pandud energia kasutuse jälgimisele. Analüüsi eelduseks on: pidev energiaanalüüsi koostamine nõuab lisa aega, seega ka rahalisi kulutusi ning projekteerimisse tuleb kaasata vastavaid spetsialiste.

Analüüs koostamise aluseks on valitud korterelamu, millele on koostatud eel- ja põhiprojekt ning millele kulunud ajaline rahaline ressurss on teada. Korteralamu tehnilised andmed ja lühikirjeldus:

Ehitisealune pind	350m ²
Ehitusalune pind	424,1m ²
Krundi täisehituse protsent	10,9%
Korruselisuus	3
Hoone suletud netopind	865,8m ²
Hoone kasulik pind	774,1m ²
Hoone suletud brutopind	1050m ²
Hoone kubatuur	3221,4m ³
Hoonete eluiga	50aastat
Tulepüsivusklass	TP-2
Korterite arv	16
Hoone energiatõhususe klass	B (115 kWh/a(m ² a))

Korteralamu on põhiplaanilt ruudu kujuline. Hoonesse sissepääs on põhjaküljest. Keskel on pikki hoonet trepikoda, kus avatud ühemarsiline trepp viib teisele ja kolmandale korrusele. Esimene korrus ei ole tõstetud põrandaga, nii pääsevad esimese korruse korterite elanikud otse õue terrassile ja murule. Kõikidel korteritel on vähemalt üks avar rõdu. Rõdud moodustavad fassaadi nii ida kui lääneküljel.

Hoonesse on projekteeritud üks soojustagastiga ventilatsioonisüsteem. Ventilatsioonisüsteem on projekteeritakse konstantse vooluhulgaga. Teine sundväljatõmbe süsteem ehitatakse välja köögikubudele. Soojustagastiga ventilatsiooniseade paikneb tehnilises ruumis.

Hoone soojusvarustusallikaks on lokaalne maasoojuspupadega katlamaja. Katlamaja asub hoone soojussõlmes. Soojussõlm asub korterelamu esimesel korrusel Ida pool.

Korterelamu soojusvarustuse allikaks on projekteeritud maasoojus, mis muundatakse soojuspumba ja elektrienergia abil hoone soojusenergiaks. [15]

Kommentaariks võiks lisada veel, et hoone projekteerimise alguses ei olnud tellijal püstitatud eesmärki saavutada konkreetset energiaklassi. Energiatõhususe klass B saavutati kasutades tavapäraseid konstruktiivseid ja eriosade lahendusi, aknad on kaasaegsed, raami ja klaasi kombineeritud U arvuga 1,0. Juhul kui oleks soovitud saavutada energiaklassi A siis oleks pidanud kasutama lokaalset elektrienergia tootmise lahendusi. Projekteerimise käigus koostati energia analüüs vaid eelprojekti staadiumis siis kui koostati hoonele energiamärgis.



Joonis 5, korterelamu 3D visualiseering [15]

4.2. Ajakulu

Käsitlev projekt on valmis projekteeritud põhiprojekti mahus. On olemas antud töö teostamiseks kulunud tundide statistika. Eraldi on toodud välja ajakulu projektijuhtimisele, arhitektuursele osale, konstruktiivsele osale ja eriosadele. Eriosade ajakulu ei ole eraldi tehnosüsteemide kaupa peetud,

seega sisaldab eriosade ajakulu nii kütte, ventilatsiooni, vee, kanali kui ka elektri ja nõrkvoolu ajakulu kokku ühe numbrina.

Tabelis 7 on toodud ära ajakulu projekti osade kaupa (Projekt 1).

Tabel 7

Ajakulu (h)	
Ala	Aeg
Projekti juht	96
Arhitekt	400
Konstruktor	320
Eriosa insener	332
Eelarvestaja	40
Kokku	1188

Tabelis 8 on toodud ära ajakulu projekti staadiumite kaupa (Projekt 1).

Tabel 8

Ajakulu (h)	
Projekti staadium	Aeg
Eskiis	84
Eelprojekt	240
Põhiprojekt	864
Kokku	1180

Selleks, et oleksid võrreldavad erinevad projekteerimise meetodid on aluseks võetud reaalselt kulunud ajakulu, need lisati projekteerimise graafikusse ning sinna arvestati juurde energiatõhususe spetsialisti ja eelarvestaja ajakulu. Joongraafiku koostamisel on arvestatud tööde teostamise üheaegsust ning seda, et erinevad spetsialistid saavad töötada samal ajal. Infovahetuse reeglid on kõigile osapooltele selged ja infovahetus toimib ilma viperusteta. Võimalikud viivitused võivad tingida terve projekti lõpptähtaega, kuid ei mõjuta töö teostamiseks vajalikku töötundide hulka. Graafikut koostades on vähendatud arhitekti ajakulu ning eriosade ajakulu, mis on seotud energiatõhususega. Eeldasin, et arhitektuurse osa projekteerija saab konkreetseid juhised energiatõhususe spetsialistilt ning, et eriosade insener ei pea tegelema energiamärgise koostamisega. Konstruktiivse osa töömahtu vähendada ei saa sest kandvad konstruktsioonid on samad ja konstruktsiooni tüüpidega tuleb tegeleda samasuguses mahus. Töödemahu hulka energiatõhususe spetsialistile ja eelarvestajale arvestasin toetudes isiklikule kogemusele konsultatsiooni teenuste hankimisel. Energiatõhususe spetsialist ja eelarvestaja osalevad

projekteerimise igas etapis, vastavalt punktis 3.3. toodud joonisel 4 esitatud skeemile, seda kuni põhiprojekti staadiumini kaasa arvatud.

Võimalik projekteerimise graafik on toodud ära lisas 1.

Selguse huvides nimetame juba teostatud projekti, kus ei viidud läbi energiatõhususe pidevat kontrolli „Projekt 1“ ja projekt, kus toimub pidev energiatõhususe kontroll „Projekt 2“.

Tabelis 9 on toodud ära ajakulu projekti osade kaupa (Projekt 2).

Tabel 9

Ajakulu (h)

Ala	Aeg
Projekti juht	96
Arhitekt	380
Konstruktor	320
Eriosa insener	320
Energiatõhususe insener	104
Eelarvestaja	84
Kokku	1304

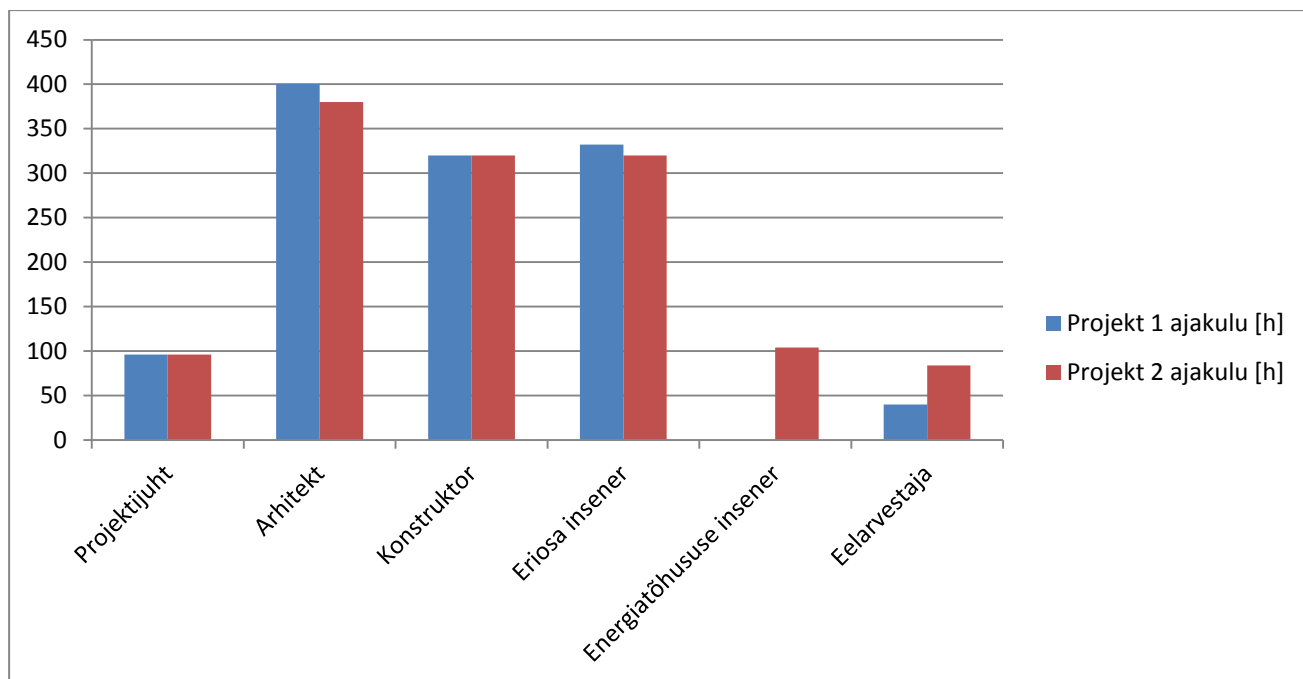
Tabelis 10 on toodud ära ajakulu projekti staadiumite kaupa (Projekt 2).

Tabel 10

Ajakulu (h)

Projekti staadium	Aeg
Eskiis	139
Eelprojekt	296
Põhiprojekt	869
Kokku	1304

Tabelis 9 ja 10 on ära toodud töötundide hulk, mis kuluks hoone ehitusprojekti projekteerimiseks põhiprojekti mahus. Võib väita et tulemuseks saadud 1304 h on täiesti reaalne ning vastavuses Eesti Projekteerimisbüroode Liidu aastaraamatus ära toodud Soome Projekteerimise- ja Konsultatsiooni Büroode Liidu projekteerimise töömahtude graafikutega. Antud projekti on võrreldud graafikus lihtsate korrushoonetega, mis ei nõua oma paiknemise tõttu erilist lähenemist. Kuna tegu on kortermajaga siis tehnosüsteemid on lihtsad ning korduvad korterite põhiselt, teine ja kolmas korrus on sarnased. [16, pp. 49-58]



Joonis 6, kahe projekti ajakulu võrdlus projekti osade lõikes

4.3. Projekti maksumus

Projekteerimise maksumuse aluseks on võetud Eesti Projekteerimisbüroode Liidu (EPBL) liikmete keskmised tunnihinded vastavalt töötajate kvalifikatsioonile, tabel 12.

Tabel 12 [16, p. 65]

Projekteerijate töötunni hinnad (€/h)

Spetsialist	Konsultatsioon	Projekteerimine
Ekspert	60	45
Vastutav konsultatn	40	35
Konsultant	35	30
Projekteerija	-	25

Hinnad on esitatud ilma käibemaksuta.

Projekti maksumuse hindamiseks on eeldatud, et projektiga tegelevad erineva taseme spetsialistid. Projekti juhivad vastutavad spetsialistid, kes juhendavad konsultante ja tehnikuid. Aegajalt võib projekti juurde kaasata eksperte, kes nõustavad vastutavaid spetsialiste keerukate küsimuste lahendamisel.

Kui teame mõlemale projektile kulunud aega on võimalik sellest tuletada projekti maksumust. Kuna erinevaid tööloikeid teostavad erineva taseme spetsialistid, kelle tunni hinnad on erinevad ja kellel on projektis erinev osakaal, siis tuleb projekti hind leida osade kaupa. Selleks, et mõlema projekti

hinnad oleksid võrreldavad siis on võetud eelduseks, et spetsialistide osakaal protsentides on mõlema projekti puhul võrdne. Spetsialistide jaotus on toodud tabelis 13.

Tabel 13.

Spetsialistide hõivatus jaotus (%)

Projektiosa	Projekti juht		Arhitekt		Konstruktor		Eriosad		Eelarvestaja		Energ.spet.	
Stadium	VS	S	VS	S	VS	S	VS	S	VS	S	VS	S
Eskiis	100	0	100	0	0	0	0	0	100	0	100	0
Eelprojekt	100	0	70	30	100	0	100	0	100	0	100	0
Põhiprojekt	100	0	50	50	40	60	40	60	70	30	100	0

VS – vastutav spetsialist

S – spetsialist

Projektide maksumuse arvutamiseks on võetud ajakulu jaotus vastavalt projekterimis graafikutele.

Tabel 14.

Projekt 1 maksumused osade kaupa (€)

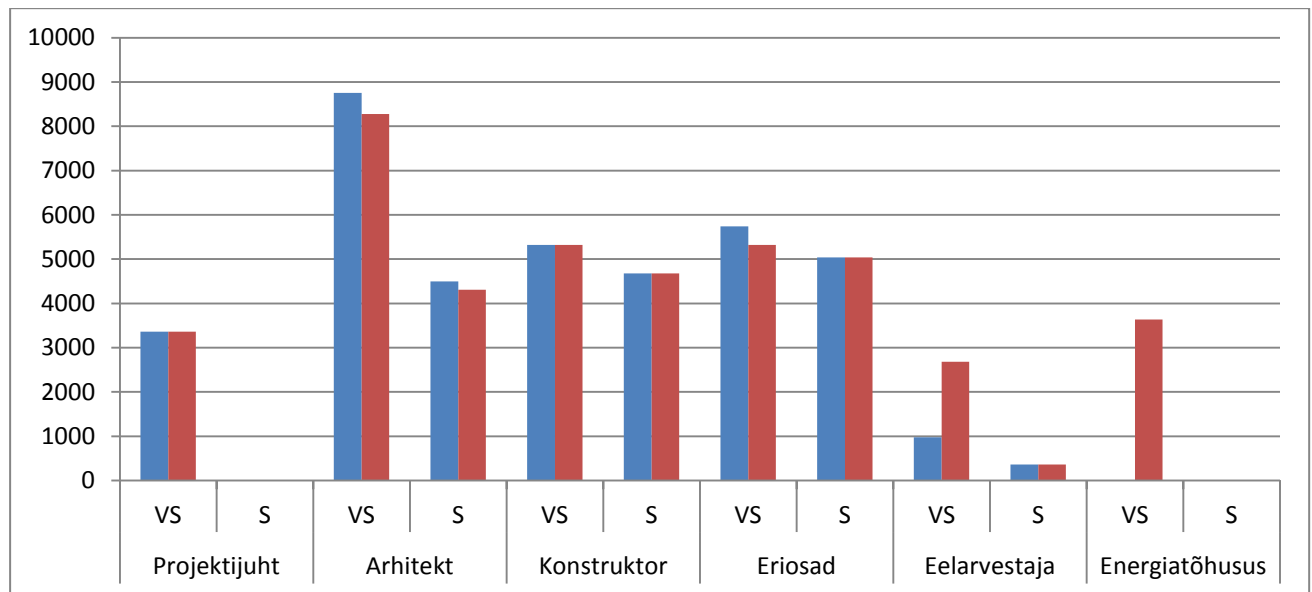
Projektiosa	Projekti juht		Arhitekt		Konstruktor		Eriosad		Eelarvestaja		Energ.spet.	
Stadium	VS	S	VS	S	VS	S	VS	S	VS	S	VS	S
Eskiis	840	0	2100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eelprojekt	1680	0	2450	900	1400	0	1820	0	0	0	0	0
Põhiprojekt	840	0	4200	3600	3920	4680	3920	5040	980	360	0	0
Kokku	3360	0	8750	4500	5320	4680	5740	5040	980	360	0	0

Tabel 15.

Projekt 2 maksumused osade kaupa (€)

Projektiosa	Projekti juht		Arhitekt		Konstruktor		Eriosad		Eelarvestaja		Energ.spet.	
Stadium	VS	S	VS	S	VS	S	VS	S	VS	S	VS	S
Eskiis	840	0	1960	0	0	0	0	0	720	0	560	0
Eelprojekt	1680	0	2254	828	1400	0	1400	0	980	0	1680	0
Põhiprojekt	840	0	4060	3480	3920	4680	3920	5040	980	360	1400	0
Kokku	3360	0	8274	4308	5320	4680	5320	5040	2680	360	3640	0

Joonisel 7 esitatud diagrammi peal on spetsialistide lõikes hindade erinevus.



Joonis 7. Hindade erinevus Projekt 1 ja Projekt 2 vahel spetsialistide lõikes

Projekt 1 maksumus vastavalt EBPL keskmistele projekteerimise hindadele on **38 730 €**.

Projekt 2 maksumus vastavalt EBPL keskmistele projekteerimise hindadele on **42 982 €**.

Juhul kui arvestada Projekt 2 puhul maha vahendite kulu, mis läheb ehitushinna prognoosimisele eskiisi ja eelprojekti staadiumis siis kujuneb Projekt 2 maksumuseks **41 282 €**.

Juhul, kui kaasata projekti juurde energiatõhususe spetsialist, kelle ülesandeks on energiatõhususe jälgimine ning projekti osapoolte nõustamine ja energia siumulatsioonide koostamine, siis kallineb projekti projekteerimise maksumus 6,59%.

Võttes arvesse EPBL aasta raamatus ära toodud Ehitus Ettevõtjate Liidu statistikat ehituse brutopinna ruutmeetri maksumust - 895 €/m² kujuneb hoone ehitusmaksumuseks 939 750 €. Projekt 2 (koos eelarvestamisega) maksumus moodustab sellest 4,57% ja Projekt 1 maksumus moodustab 4,12%. Normaalseks projekteerimise maksumuse osakaaluks ehitus hinnast, korruselamutel pinnaga kuni 2000 m² on EPBLi andmetel 6%. Arvestades asjaolu, et Projekt 2 on põhiprojekti staadiumis ja edaspidi kulub aega tööprojektile ning autorijärelvalvele teostamiseks, siis on projekti teostamise ajakulu ja maksumus adekvaatsed. [16, p. 64]

4.4. Järeldused

Kahe projekti, Projekt 1 ja Projekt 2, võrdlusest võib tuua järgmised järeldused.

Nii nagu oli eeldatud kujunes Projekt 2 maksumus suuremaks kui Projekt 1, seda enam jaolt selle pärast, et on lisandunud ühe spetsialisti töötunnid. Spetsialisti lisandumine ja töö korraldamine

selliselt, et igas projekti staadiumis tegeletakse ka energiatõhususe meetmete kontrolli ja rakendamisega tagab selle, et projekteerimise lõpetades võib kindel olla, et lähteülesandes püstitatud eesmärk: projekteerida liginullenergiahoone või madalaenergiahoone, on tagatud. Tellija motivaatoriks tellida kallim projekt on kindlus, et projekteerimise lõppedes vastab projekt lähteülesandele. Kui energiatõhususe kontroll jätta vaid eelprojekti staadiumisse, ei pruugi põhiprojektis energiatõhususe arv olla tagatud, mis tingib oma korda põhiprojekti ringi projekteerimist, sellisel juhul ei tähenda see enam ühe spetsialisti lisa tööd vaid võib tähendada lisatööd tervele meeskonnale, antud projektis tähendaks muudatuste tegemine 9 spetsialisti töötunde.

Kui vaadelda projekteerimist ja ehitamist ühise investeeringuna siis moodustab projekti kallinemine 6,59% kogu ehitusmaksumusest 0,27%. Hinnanguliselt ei mõjuta energiatõhususe spetsialisti kaasamine oluliselt ehitushinda. Suuremate ja mahukamate projektide puhul väheneb see suurus veelgi, kui arvestada, et korteri müüdava 1 m² hind on 1700 € siis maksab energiatõhususe spetsialisti kaasamine investeeringuna 1,5 m² hinna.

Kuni aastani 2019 ei pruugi tellijad aktsepteerida 6,59% projekti kallinemist, peale seda kui Eestis rakenduvad nõuded liginullenergiahoonetele on hinnatõus vältimatu. Seda, kas ühel või teisel moel. Projekti maksumus suureneb, kas selle tõttu, et palgatakse energiatõhususe spetsialist või see tõttu, et tuleb projekti lõppstaadiumis projekt ringi teha. Projekteerija võib arvestada hinnapakkumisse ka puhvri ümberprojekteerimise peale, kuid selle maht ei pruugi olla õigustatud, võib puhvrit tugevalt üle- või alahinnata. Juhul kui oleks algusest peale kaasatud energiatõhususe spetsialist ning igas projekti etapis teostaks energiatõhususe kontrolli ei oleks ümberprojekteerimise puhver vajalik.

Tänased reaalsed projektide maksumused erinevad näites toodud projekteerimishindadest selle tõttu, et EPBL-i toodud hinnad on üldised ja kajastavad pigem soov olukorda. Igale objektile tehakse individuaalne pakkumine. Tegelikult moodustab projekti maksumus harva 6% kogu ehitusmaksumusest, pigem on see väiksem. Põhjuseks on see et projekteerimise turg on killustunud ning tihedas konkurentsist tehakse tööd hinnaga, mis ei võimalda piisaval hulgal investeerida tööjõusse, koolitusse, riist- ja tarkvarasse ning arendustegevusse. Selline olukord ei saa kesta lõputult, ühel hetkel kui arendamist ei toimu on projekteerijad rongist maas ning ei suuda enam konkureerida pädevuse poolest oma välismaa kolleegidega. Sellise olukorra tekkides peame paratamatult hakkama oma projektidesse kaasama pädevaid spetsialiste mujalt ning projekteerimise hinnas ei tähenda see odavnemist vaid pigem kallinemist. Seega on oluline, et projekte koostades lähtutaks reaalsest ajakulust, mis kulub kvaliteetse projekti koostamiseks ning et see aeg oleks ka väärikalt tasustatud.

KOKKUVÕTE

Seoses Euroopa Liidu energiatõhususe direktiiviga on Eesti võtnud endale kohustuse vähendada energiatarbimise hulka. Vastavalt Energiatõhususe miinimumnõuete määrusele peavad alates aastast 2019 olema kõik uued ehitatavad avalikud hooned liginullenergiahooned ja alates aastast 2021 peavad liginullenergiahooned olema kõik uued ehitatavad hooned.

Eesti arengut puudutavates strateegilistes dokumentides on arvestatud sellega, et Eesti peab liikuma säästlikumate hoonete ehitamise poole. Selle eesmärgi toetamiseks ja baasdokumentide koostamiseks on riik tellinud teadusasutustelt erinevaid vastava sisulisi uuringuid ja juhendeid. Kutse- ja ülikoolide õppekavades on ettenähtud õppeained spetsialistide koolitamiseks. Ehitusinseneridele kutsetunnistusi väljastav Kutsekoda on omad kutsestandarditesse viinud sisse energiatõhususe põhimõtted. Täna on olemas Ehitusregistri andmetel ka projekteeritud ja ehitatud liginullenergiahoonete näiteid. Osaliselt räägib see asjaolu sellest, et on olemas nii projekteerijaid kui ehitajaid, kes suudavad antud nõuetele vastavaid hooneid ehitada. Samas tunnistavad ehitajad, et teavet energiatõhususe kohta võiks olla rohkem. Täna turul tegutsevate projekteerijate koolitus antud valdkonnas on hädavajalik, et olla antud teemal samal tasemel nagu nende nooremad kolleegid, kes on vastava koolituse saanud ülikoolis. Teadlikust energiatõhususe vallas tuleb tõsta nii tellijate kui ka avalikkuse seas.

Projekti juhtimise poole pealt nõuab liginullenergiahoonete projekteerimine suuremat tähelepanu pööramist energiatõhususele erinevates projekteerimise etappides. Enam ei ole võimalik piirduda lihtsalt energiamärgise esitamisega, energiatõhususega tuleb tegeleda nii eel-, põhi-, tööprojektis kui ka ehituse ajal. Töös toodud näite põhjal on selge, et projekteerimise hind on selle tõttu kõrgem 6,6% , kuid samas väheneb risk, et projekteerimise lõppfaasis tuleb teha kardinaalseid muudatusi projektis, mis avaldavad mõju nii projekteerimise eelarvele kui ka tellijate soovidele. Asjaolu, et pideva energiatõhususe jälgimisega projekti koostamise jooksul, väldib hilisemaid ümberprojekteerimise kulutusi võib olla tellijate üheks motivaatoriks. Alates aastast 2019 tuleb tellijatel teha suuremaid investeeringuid projekteerimisse ja ehitamisse, et jälgida kehtestatud energiatõhususe klasse. Täna saaks selleks motivaatoriks olla riik, kes kataks osaliselt karmima

energiatõhususega seotud kulutused nii nagu on seda näinud ette ENMAK 2030+ minimaalselt sekkuv või teadmistepõhine stsenaarium (tabel 1).

Koostatud töö on heaks tee suunajaks projekteerimisala ettevõtjatele ja ehitajatele, kes planeerivad oma tegevust ette pikemaajaliselt ja soovivad olla valmis liginullenergiahoonete projekteerimiseks ja ehitamiseks, ja oskaksid tellijale selgitada, milliseid eeliseid annab energiatõhususega arvestamine lähteülesande koostamisel ja projekteerimisel. Avalikele asutustele võivad töös toodud järeldused olla kasulikud seoses just koolituste vajadustega ja asjaoluga, et hoonete projektid, kus pidevalt tegeletakse energiaklassi järgimisega on mõnevõrra kallimad.

Antud tööd kokkuvõttes võib öelda, et töö koostamise eelduseks olnud arvamus, et Eestis ei valmistata aastal 2019 kehtima hakkavateks liginullenergiahoonete nõuete täitmiseks, ei pea paika. Töö koostamise käigus läbitöötatud materjalid ja uuritud näited annavad alust arvata, et kui tegutsetakse vastavalt riiklike strateegilistes dokumentides tehtud ettepanekutele, koolitatakse spetsialiste ja tõstetakse avalikkuse teadlikkust energiasäästu teemadel, on võimalik ilma suurema segaduseta alustada 2019 aastal liginullenergiahoonete projekteerimise ja ehitamisega.

SUMMARY

Project management of planning of energy efficient buildings

Under the EU energy efficiency directive, Estonia has committed itself to reducing energy consumption. According to the Regulation on minimum energy performance requirements that come into force in 2019, all new public buildings must be nearly zero-energy buildings. From 2021, all new buildings must be nearly zero-energy buildings. The obligation to ensure energy efficiency requires continuous monitoring of the energy performance of buildings in the course of the designing process. This means that more effort must be made in the design process, which increases the time and cost of building design.

This paper looks at how different players in the Estonian construction market have prepared for the forthcoming changes, the technological options and how the project management of nearly zero-energy buildings is being organized.

When designing a nearly zero-energy building, greater attention must be paid to the building's energy performance at different stages of the design process. Energy performance labelling is no longer sufficient. Energy performance has to be addressed in the preliminary building design, main design, working documentations and during construction. The example provided in this paper shows that the cost of design increases by 6.6%, while the risk of the need for drastic changes in the final stage, which would affect both the budget and the contracting entity's wishes, decreases. The fact that continuous monitoring of energy performance in the course of design helps to avoid the costs of redesigning the building at a later stage may be an incentive for the contracting entity to commission a more expensive design. From 2019 onwards, contracting entities will have to invest more in design and construction in order to observe the applicable performance classes. Today, the motivator could be the state by covering the costs of observing stricter energy performance requirements.

The materials and examples studied in the course of preparing this paper give reason to believe that if the recommendations made in national strategy papers are implemented, specialists are trained and public awareness of energy saving is raised, it will be possible to start designing and constructing nearly zero-energy buildings in 2019 without cause for chaos.

This paper constitutes good guidance material for design bureaus and construction companies who are planning their future activities and wish to be prepared for designing and constructing nearly zero-energy buildings. It is also useful to clients in explaining the benefits of considering the aspect of energy performance when preparing a brief and designing a building.

KASUTATUD MATERJALID

- [1] V. Vabariigi, Konkurentsivõime kava "2020", Tallinn: MKM, 2013.
- [2] P. Arjakas, "Eesti Energiamaajanduse (ENMAK) 2030+," MKM, Tallinn, 2013.
- [3] Energiatõhususe miinimumnõuded, 2012.
- [4] E. Kiisler, Madala- ja liginullenergiahooned, Büroohoonete põhilahendused eskiis- ja eelprojektis, Tallinn: AS Printall, 2013.
- [5] Rakennusten energiatehokkuus (2013) Määräykset ja ohjeet 2012 D3, 2011.
- [6] V. Konks, "Vastus teabenõudele," Majandus ja Kommunikatsiooni ministeerium, Tallinn, 2014.
- [7] T. Ratnik ja Katrin Männik, Interviewee, Intervjuu projekteerijatega. [Interview]. 2 aprill 2014.
- [8] D. Heinmaa ja H. Mahlakas, Interviewee, Intervjuu ehitusettevõtjatega. [Interview]. 30 aprill 2014.
- [9] Kredex SA, "Eesti ehitusvaldkonna tööjõu koolitamise tegevuskava," Kredex SA, Tallinn, 2013.
- [10] E. Tammaru, Interviewee, Intervjuu kutsehariduse teemal. [Interview]. 7 aprill 2014.
- [11] "Kutsekoda SA," 10 aprill 2014. [Online]. Available: <http://kutsekoda.ee/et/index>.
- [12] Kutsekoda SA, Kutsestandard, Tallinn: Kutsekoda SA, 2013.
- [13] A. Saari. T. Kalamees. J. Kurnitski, "Cost optimal and nZEB energy performance levels for buildings," EQUA, Tallinn, 2011.
- [14] E. Kiisler, COBIM Mudelprojekteerimise üldjuhend - Energia-analüüsid, Tallinn: MKM, 2012.
- [15] K. Männik, Korterelamu projekteerimine Töö nr 13003. [Projekt]. Projekt Kuubis OÜ, 2013.
- [16] EPBL, Eesti Projekteerimisbüroode Liit aastaraamat, Tallinn: EPBL, 2013.