



EESTI-SVEITSIKOOSTOOPROGRAMM
ESTONIAN-SWISS COOPERATION PROGRAMME

Madalenergia- ja liginullenergiahoonete kavandamine

Juhend büroo ja avalike hoonete tellijale

Targo Kalamees

Tallinn 2012

Sisukord

1	Sissejuhatus	3
2	Energiatõhusus ja sisekliima	4
2.1	Energiatõhusus	4
2.2	Sisekliima	5
3	Hoonete energiatõhususe tõendamispõhimõte	8
4	Energiatõhusa hoone projekteerimise, ehitamise ja järelvalve võtmeküsimused	9
4.1	Lähteülesanne ja projekteerija valik	9
4.2	Projekteerimisprotsess	10
4.3	Ehitamine, järelvalve ja kvaliteedikontroll	14
5	Energiatõhususe saavutamise meetmed	16
6	Mõisted	17

1 Sissejuhatus

Kõnesolev juhendmaterjal on koostatud Eesti-Šveitsi koostööprogrammi raames ja toetusel ning SA KredEx tellimusel. Tulenevalt Euroopa Liidu Energiatõhususe direktiivist (2010/31/EU) peavad alates 01.01.2021 (riigi ja omavalitsuse omandis või kasutuses hooned alates 2019. a) olema kõik uued hooned vastama liginullenergiahoone nõuetele. See aeg pole enam kaugel ja liginullenergiahoonete kavandamisele on vaja mõtlema hakata juba täna. Energiahinna pidev tõus teeb energiatohususe olulise parandamise majanduslikult tasuvaks ehitise kasutajale energiakulude vähenemise ja hoone omanikule hoone tulevikuväärtuse tõusu kaudu. Milline on liginullenergiahoone ja mis nõuetele peab see vastama, võib iga liikmesriik määrata iseseisvalt. Eesti-Šveitsi koostööprogrammi raames tehtud uurimistöö eesmärgiks oli määratleda Eesti tarbeks liginullenergiahoone ja kuluoptimaalse (ingl. *cost-optimal*) hoone kriteeriumid ning anda madalenergia- ja liginullenergiahoonete projekteerimise algjärgu otsuste tegemise suunad.

Uurimistöö käigus valmis neli aruannet:

- Cost optimal and nZEB energy performance levels for buildings;
- Madalenergia- ja liginullenergiahoone kavandamine.
Juhend väikeelamu projekteerijale, ehitajale ja tellijale;
- Madalenergia- ja liginullenergiahoone kavandamine.
Juhend korterelamu projekteerijale, ehitajale ja tellijale;
- **Madalenergia- ja liginullenergiahoone kavandamine.**
Juhend büroo- ja avaliku hoone tellijale.

See juhend on koostatud, pidades silmas mitteiluhoonete professionaalset projekteerimist ja projektijuhtimist. Seetõttu on keskendutud rohkem projekteerimisele, ehitamisele, projekti-juhtimisele ja järelevalvele ning pole esitatud valmis projektlahendusi.

Kõnesolev juhend ei ole määrus, vaid abivahend, mille abil tellija, arendaja, projekteerija, ehitaja või järelevalve saaksid rajada energiatohusaid hooned. Üldiseks eelduseks on hea ehitustava, mille kohaselt projekteerimisel ja ehitamisel lähtutakse seadustes ja teistes õigusaktides sätestatust ning tehnilistest normidest, standarditest, projekteerimis- või muudest normidest ja kirjeldustest ning teaduskirjanduses avaldatud seisukohtadest, kutseorganisatsioonide reeglistikust või loodusseadustest.

2 Energiatõhusus ja sisekliima

2.1 Energiatõhusus

Tavapärasest parema energiatõhususe ja sisekliimaga hoonete ehitamiseks peab olema tellijal/tellijakonsultandil selge ettekujutus taotletava energiatõhususe tasemest. Järgnevalt on tutvustatud liginullenergia-, madalenergia- ja kulutõhusaid tasemeid, mis on kõik paremad praegu kehtivatest miinimumnõuetest, vt. Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Energiatõhususarvu piirsuurused eri hoonetüüpide korral (2011. aastal).

Hoone tüüp	Energiatõhususarv ETA kWh/(m ² ·a)			
	Liginullenergiahoone*	Madalenergiahoone*	Uute hoonete energiatõhususe miinimumnõuded	Oluliselt rekonstrueeritavate hoonete energiatõhususe miinimumnõuded
Büroo	100	130	220	290
Kool	90	110	300	390
Lasteaed	100	130	300	390
Avalikud hooned	100	150	150	200

* *liginullenergiahoone ja madalenergiahoone energiatõhususarvu piirsuurused sätestatakse tulevikus asjakohaste õigusaktidega;*

Liginullenergiahoone on väga madala energiatarbega hoone, milles kasutatav energia peab olulisel määral pärinema kohapeal või lähiümbruses toodetud taastuvatest energiaallikatest ja energiatõhususarv peab olema väiksem eelneva tabeli (vt Tabel 2.1) esimeses veerus esitatud väärtusest.

Liginullenergiahoone taseme saavutamine eeldab võimalikult väikeste soojus- ja jahutusenergia vajaduste saavutamist fassaadide, arhitektuuriliste lahendustega ja päikesekaitselahendustega, väga tõhusaid tehnosüsteeme ja lokaalset taastuenergia energiatootmist tavaliselt päikesepatareidega. Madalenergiahoone tase saavutatakse ilma lokaalsete taastuenergia lahendusteta. Kulutõhusat taset saab saavutada hoolika projekteerimisega suures osas tavapraktika praeguste lahendustega.

Hoone energiatõhusust mõõdetakse energiatõhususarvuga ETA W/(m²K), mis on aastane arvutuslik summaarne tarnitud energiatega kaalutud erikasutus hoone standardkasutusel. Energiatõhususarv võtab arvesse primaarenergia kasutuse ja selle keskkonnamõju.

Tuleb rõhutada, et ETA käsitleb hoone energiatarbimist tervikuna. Ei ole oluline mitte üksiku tehnosüsteemi energiatarbimine, vaid kõigi süsteemide summaarne tarbimine. Näiteks kui asendada valgustus vähem elektrit tarbivama vastu, siis väheneb küll elektrienergiatarve, aga samal ajal suureneb kütetarve. ETA ei kajasta neid tarbimisi eraldi, vaid kütte- ja elektritarbed liidetakse kokku ning vaadeldakse summaarset tarbimist.

Energiatõhususarv saadakse hoonesse tarnitud elektri, gaasi või muu kütuse või kaugkütteenergia korrutamisel vastava energiakandja kaalumisteguriga ja summeerimisel. Elektrikulu korrutatakse läbi teguriga 1,5, kaugküte 0,9, gaas ja kütteõli 1,0 ja taastuvkütused 0,75. Seega energiatõhususarv iseloomustab aastase energiakulu arvutust eurodes hoone köetava pinna m² kohta, kusjuures energiahinna asemel kasutatakse vastavat energiakandja kaalumistegurit.

Energiatõhususarv arvutatakse energiatõhususe miinimumnõuete määruse nr. 258 lähteandmete ja reeglite järgi ning see sisaldab praktiliselt kõiki hoonete energiakasutuse komponente:

- sisekliima tagamine:
 - kütmine,
 - jahutamine, vajadusel ka kuivatamine ja niisutamine,
 - ventilatsioon,
 - valgustus,
- tarbevee soojendamine;
- olme- ja muude elektriseadmete kasutamine.

2.2 Sisekliima

Kuna hoonete energiakasutus sõltub oluliselt sisekliima parameetritest (temperatuur, ventilatsioon ja valgustus) ning sisekliima mõjutab ka hoone kasutajate tervist, tööviljakust ning mugavust, siis on oluline, et sisekliima kvaliteedist ei tingita alla hea energiatõhususe saavutamiseks. Uuringud on näidanud, et halva sisekliima hind tööandjale, hoone omanikule ning ühiskonnale on tervikuna tunduvalt suurem kui sama hoone energiakasutuse maksumus. Samuti võib uuringutest järeldada, et kvaliteetse sisekliima korral on võimalik parandada üleüldist töö ja õppimise tulemuslikkust ning vähendada töölt puudumisi haigestumise tõttu. Lisaks võtavad end ebamugavalt tundvad hoone kasutajad tõenäoselt ette muudatusi sisekliima parandamiseks, mis mõjutab hoone energiakasutust. Energiamärgisel ilma sisekliima märgiseta ei ole mõtet. Seda on arvestatud ka energiatõhususe miinimumnõuete määramises nr. 258, mis nõuab head sisekliima kasutamist energiaarvutuse lähteandmetena. Projekteerimisel on soovitatav järgida sisekliima I ja II klassi nõudeid vastavalt EVS-EN-15251.

Hoonete sisekliima standardi (EVS-EN 15251 ja selle rahvuslik lisa) kohaselt liigitatakse sisekliima soojusliku mugavuse taseme järgi erinevatesse sisekliima klassidesse (vt Tabel 2.2). Uute hoonete ja olulisemalt rekonstrueeritavate hoonete puhul lähtutakse sisekliima II klassist. Sellisel viisil tagatakse energiatõhususe saavutamisel ka hea sisekliima. Seega ei lihtsusta kehvem sisekliima kuidagi energiatõhususe miinimumnõuete täitmist.

Tabel 2.2 Sisekliima klasside kirjeldus (EVS-EN-15251). Energiatõhususarvutustes lähtutakse sisekliima II klassist.

Sisekliima klass*	Selgitus
I	Sisekliima kvaliteedile esitatakse suured nõudmised. Soovitatav ruumides, kus viibivad väga tundlikud, nõrga tervisega ja erinõuetega inimesed, nagu puuetega inimesed, haiged, väga väikesed lapsed ning eakad inimesed. Ootus parimale sisekliimale.
II	Sisekliima kvaliteedi tavapärased nõudmised. Tuleks rakendada uutes ja renoveeritavates hoonetes.
III	Sisekliima kvaliteedi mõõdukad nõudmised. Võib rakendada olemasolevate hoonete sisekliima hindamiseks.
IV	Sisekliima kvaliteedi väärtused, mis jäävad väljapoole eelmainitud klasse. See klass võib olla vastuvõetav ainult piiratud ajal aastast.

*Teistes standardites, nagu EN 13770, EN ISO 7730, CR 1752 kasutatakse samuti liigitamist, mis aga võib olla nimetatud teisiti (A, B, C või I, II, III jne.).

Ei ole olemas ühtset standardset sisekliima ja siseõhu kvaliteedi indeksit. Sisekliimat ja siseõhu kvaliteeti väljendatakse erinevate parameetrite abil:

- temperatuur (operatiivne temperatuur, õhutemperatuur, piirdepindade temperatuur jne.);
- õhuniiskus (suhteline niiskus, õhu veeaurusisaldus, niiskuslisa);
- ventilatsioon (õhuvooluhulk, õhu liikumiskiirus, ventilatsiooniõhu temperatuur);
- soojuslik mugavus (PMV, PPD);
- valgustus (päevalgus, kunstlik valgus, valgustihedus, rägus, insolatsioon);
- õhu kvaliteet (keemiline sisaldus, mikrobioloogiline sisaldus, lõhnad);
- müra (helirõhutase, ruumisise müra, väljasttulev müra).

Sisekliimaparameetritele antakse erinevates sisekliimaklassides piirsuurused, mis peavad olema tagatud (teatud piirsuuruste ületamine on aktsepteeritud). Bürooruumide temperatuuri piirsuurused on toodud tabelis (Tabel 2.3) ja joonisel (Joonis 2.1). Tabelis A 5 toodud

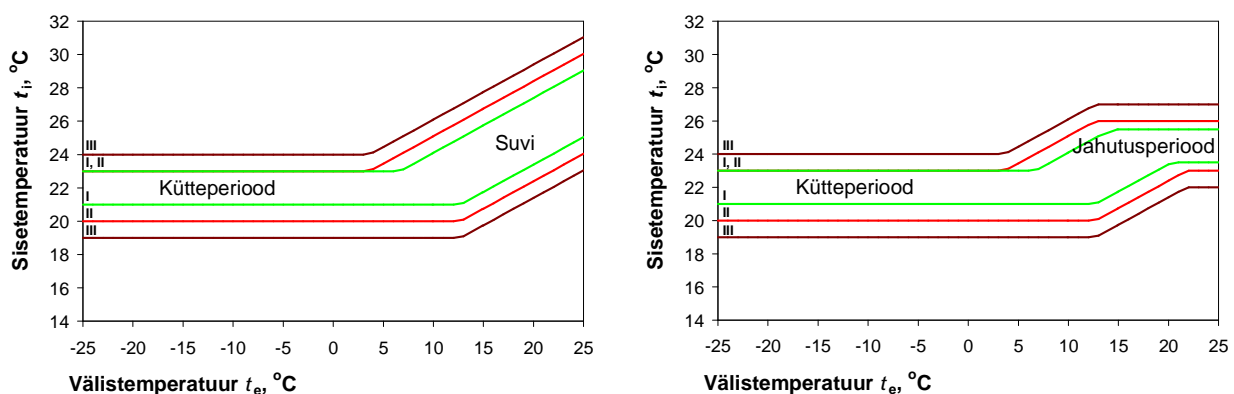
parameetrite saavutamine sõltub tehnoseadmetest, nende võimsusest, seadistusest ja temperatuuri juhtarvudest, mida määrab projekteerija. Ruumiõhu temperatuur võib olla talvel toodud temperatuuride väärtustest madalam juhul, kui välisõhu temperatuur on madalam kütte projekteerimise arvutuslikust välistemperatuurist. Hoone suvise ruumitemperatuuri nõude täidetuse arvutuslikul kontrollimisel projekteerimise ajal kasutatakse kriteeriumiks, et ruumitemperatuur ei ületa piirtemperatuuri (jahutuse temperatuuriseadet) mitteiluhoonetes rohkem kui 100 kraadtunni ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$) võrra ajavahemikul 1. juunist 31. augustini Eesti energiaarvutuste baasaastat kasutades. Jahutusperiood võib osa hoonetes olla pikem eelnimetatud ajavahemikust, kuid seda ei võeta arvesse suvise temperatuurinõude kontrollimisel. Muul ajal võib arvutusliku soojusliku mugavuse hindamisel ja mõõtmise teel siseruumide soojusliku mugavuse hindamisel kasutada erinevaid meetodeid (vt. ka EVS EN 15251, lisa F), mis lepitakse tellija ja projekteerija/ehitaja vahel eraldi kokku:

- A. Protsent ajast, kui temperatuur on väljaspool temperatuurivahemikku: arvutada kasutustundide arv (need tunnid, mille jooksul hoone on kasutusel) või %, millal PMV-indeks või temperatuur on väljaspool kindlaksmääratud vahemikku. Soovituslik suurus tabelis A5 toodud temperatuuride väärtuste või PMV-indeksi maksimaalsele ületusele on kuni 5%.
- B. Kraadtundide arv, kui temperatuur on väljaspool kindlaksmääratud vahemikku. Soovituslikeks suurusteks on mitteilamutes 100 kraadtundi suvekuudel (1. juunist 31. augustini) ja talvekuudel (1. detsembrist 28. veebruarini). Kui mõõtmisperiood on lühem, siis tuleb kraadtundide piirsuurust proportsionaalselt vähendada.
- C: Kaalutud kraadtundide või PPD-kriteeriumid: aega, mille jooksul tegelik temperatuur on väljaspool kindlaksmääratud vahemikku ruumide kasutuse jooksul, kaalutakse teguriga, mis on funktsioon sellest, kui mitu kraadi on seda vahemikku ületatud. Arvutusmeetod vt EVS EN 15251, lisa F meetodid B ja C.

Tabel 2.3 Temperatuuri piirsuurused erinevates sisekliima klassides

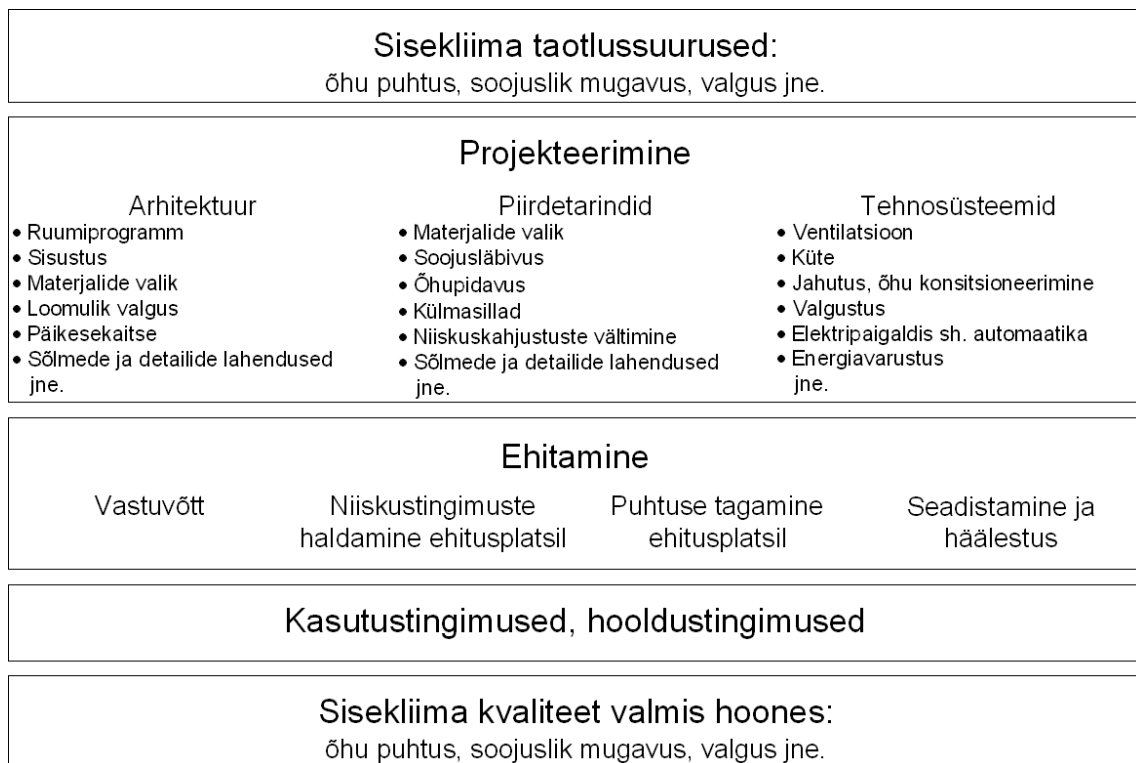
Ruumi tüüp	Sisekliima klass	Temperatuuri- vahemik kütteks, riietus ~ 1,0 clo	Temperatuuri- vahemik suvel, riietus ~ 0,5 clo	Ventilatsiooni õhuvooluhulk $l/(s\cdot m^2)^*$
Kontorid ja samalaadse kehalse aktiivsusega ruumid (üksikkontoriruumid, kontorimaastik, konverentsiruumid, auditooriumid, kohvikud, restoranid, klassiruumid). Istuv keheline aktiivsus ~1,2 met	I	21,0 – 23,0	23,5 – 25,5	2
	II	20,0 – 23,0	23,0 – 26,0	1,4
	III	19,0 – 24,0	22,0 – 27,0	0,8

*Büroode õhuvooluhulk sõltub inimeste arvust ($m^2/in.$) ja ehitusmaterjalide saasteainete eraldumisest.



Joonis 2.1 Näide sisetemperatuuri muutumisest ööpäeva keskmise välistemperatuuri järgi jahutussüsteemideta ruumides (vasakul) ja mehaanilise jahutussüsteemidega ruumides (paremal).

Kvaliteetne sisekliima on energiatõhusa hoone oluline omadus. Selle saavutamisele tuleb tähelepanu pöörata kogu protsessi jooksul: alates lähteülesande koostamisest tellijale valmis hoone üleandmiseni ning kogu hoone kasutamisaja jooksul, vt Joonis 2.2.



Joonis 2.2 Hoone sisekliima tagamise põhimõtted.

3 Hoonete energiatõhususe tõendamispõhimõte

Sarnaselt tavaliste hoonetega tuleb ka madalenergia- ja liginullenergiahoonete energiatõhususe saavutamine tõendada Vabariigi Valitsuse määruse nr. 258 „Energiatõhususe miinimumnõuded“ (20.12.2007) kohaselt.

Energiatõhususe arvuliselt väljendatud kriteeriumid on kehtestatud hoone summaarsele energiakasutusele ja tehniliselt väljendatud kahe põhinäitajaga:

- energiatõhususarvuga, mis iseloomustab hoone summaarset energia erikasutust;
- suviste temperatuuride nõudega, mis iseloomustab hoone sisekliimat suveperioodil.

Suviste sisetemperatuuride piirväärtusega välditakse ruumide ülekuumenemist, mida soodustavad suured klaaspinnad ja soojuskoormused. Ruumide ülekuumenemine võib tähendada seda, et ehitusjärgselt ollakse ruumide kasutamise võimaldamiseks sunnitud paigaldama madala tõhususega jahutusseadmed.

Energiatõhususe kriteeriumide vastavust hinnatakse hoone projektdokumentatsiooni alusel arvutuslikult. Energiatõhususe arvutus jaguneb järgmistesse põhiosadesse:

- kütte, jahutuse ja ventilatsiooni netoenergiavajaduse arvutus (sh. välispiirete soojuskadude arvutus);
- tehnosüsteemide energiakasutuse arvutus;
- arvestades energiakandjate kaalumistegureid energiatõhususarvu leidmine;
- suviste ruumitemperatuuride arvutus.

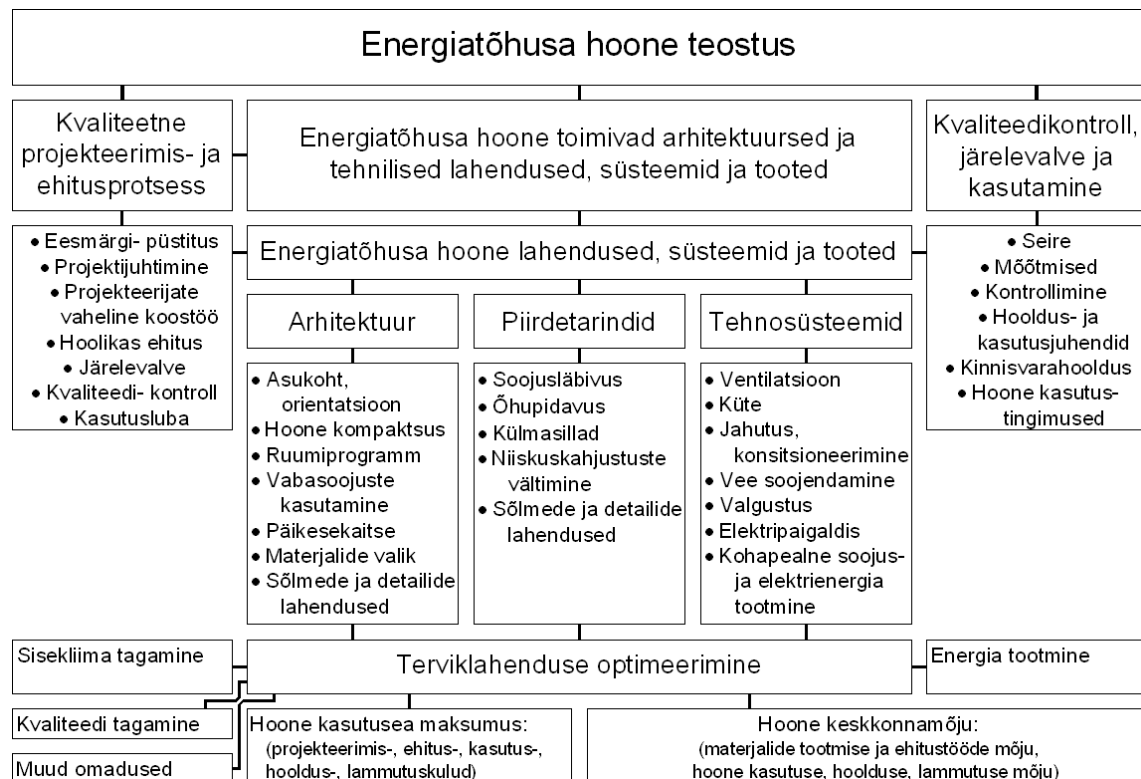
Kuna hoonete energiakasutus sõltub oluliselt hoone kasutusaegadest ja -intensiivsusest (erinevatest soojuslikest ja elektrilistest koormustest), arvutatakse summaarne energiakasutus hoone standardkasutusel. Arvutuste tegemine hoone standardkasutusel tähendab seda, et energiaarvutus tehakse alati määratud ruumitemperatuuride ja ventilatsiooni õhuhulkadega ning määrab erinevate hoonete ja ruumide kasutuse suhteliselt detailselt nii inimeste kohaloleku, valgustuse ja seadmete kasutamise osas. Standardkasutusega tagatakse energiaarvutustele ühtsed lähtetingimused ja välistatakse energia põhjendamatu kokkuvõtte sisekliima arvelt. Selline lähenemine aitab vältida olukordi, kus näiteks liginullenergiahoone tõendamisel üritatakse esitada arvutust, kus külmal perioodil on kasutatud liiga madalaid ruumiõhu temperatuure, õhuvahetus ei taga vajalikku sisekliimat, valgustus pole piisav, elektriseadmed töötavad ainult mõne tunni ööpäevas ning selliste eelduste korral saadakse liginullenergiale vastav energiatõhususarv. Kuid tegelikkuses pole selliste tingimuste korral võimalik hoonet kasutada ja tegelik energiatarbimine on oluliselt suurem ja ka sellele vastav energiatõhususarv on oluliselt suurem ning kokkuvõttes ei vasta hoone liginullenergiahoone kriteeriumitele. Kõetava pinna kohta arvutatud energiakasutus hoone standardkasutusel võimaldab sama tüüpi hoonete energiatõhususe omavahelise objektiivse võrdluse. Kasutatavad arvutuslikud temperatuurid ja ventilatsiooni õhuhulgad vastavad vähemalt standardi EVS-EN 15251 sisekliima II klassi piirsuurustele.

Mitteeluhoonete energiaarvutused tehakse dünaamiliste arvutusmeetoditega, mis lahendavad igal ajahetkel energiabilansi tasakaaluvõrrandid. Dünaamilisi arvutusmeetodeid on erineva detailsusega, ühe- ja mitmetsoonilisi, alates mõne sõlmpunktiga meetoditest kuni ülimalt detailsete arvutisimulatsioonprogrammideni. Viimased sisaldavad detailset kliimaprotsessorit ja sooja-, massiülekannet ning õhuvoolusid arvesse võtvaid mudeleid hoonepiirete ja tehnosüsteemide komponentide ning reguleerimis- ja juhtseadmete jaoks. Madalenergia- ja liginullenergiahoonete puhul on oluline hinnata võimalikult täpselt päikese ja teiste vabasoojuse mõju ja kasutamist, ruumidevahelisi soojus- ja õhuliikumist, mistõttu tuleb kasutada madalenergia- ja liginullenergiahoonete sisekliima ning energiatõhususe uurimiseks dünaamilisi arvutusmeetodeid. Nõutav on, et arvutustarkvara oleks valideeritud, usaldusväärne ning seda on kasutanud pädev projekterija. Energia- ja sisekliima arvutustulemuste eest vastutab projekterija arvutuste tegijana, mitte arvutusprogramm.

Energiaarvutus ja suviste ruumitemperatuuride kontroll sooritatakse sõltumatult hoone asukohast Eesti energiaarvutuse testaastaga, mis on koostatud standardi EVS-EN ISO 15927-4:2005 järgi (vt. http://www.ekvy.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=25&lang=et).

4 Energiatõhusa hoone projekteerimise, ehitamise ja järelvalve võtmeküsimused

Energiatõhusa hoone rajamine eeldab kvaliteetset projekteerimist, ehitamist ja järelvalvet. Kõik osapooled peavad omavahel tegema tihedat koostööd ühise eesmärgi nimel (Joonis 4.1).



Joonis 4.1 Energiatõhusa hoone rajamine eeldab koostööd eri osapoolt vahel.

4.1 Lähteülesanne ja projekteerija valik

4.1.1 Lähteülesanne

Ehitusprojekt koostatakse lähtudes tellija soovidest, vajadustest, tema poolt antud lähteülesandest ning kooskõlas üldplaneeringu, detailplaneeringu või projekteerimistingimuste ning kinnisasja kitsendustega nende olemasolul.

Lähteülesande projekteerija jaoks koostab ehitise tellija, omanik või tema konsultant. Tihtipeale on otstarbekas, et lähteülesande koostamisse kaasatakse ka energiatõhususe konsultant. Korrekse lähteülesande olemasolul on tellijal või omanikul oluliselt lihtsam leida projekteerija ja korraldada eri projekteerimisjärke.

Lähteülesanded määratlevad hoone suuruse, ruumiprogrammi, energiatõhususe ja sisekliima taotlustasemed jne. ning nende näitajate saavutamise kontrollimise põhimõtted. Siin on üldjuhul piisav, kui taotlustasemed antakse üldisel tasemel ja täpsustatakse miinimumnõuetest paremad omaduste näitajad (suurim soovitatav energiatõhususarv, sisekliimaklass jne.).

4.1.2 Projekteerija valik

Hoonete projekteerimine on teadmispõhine tegevus. Projekteerija on tellijale konsultant ja nõustaja valdkonnas, mida tellija ise ei pruugi piisavalt vallata. Projekteerijal on suur vastutus tulevase hoone kvaliteedi osas. Tellijal on suur vastutus enese ees konsultandi ja nõustaja valiku tegemise osas. Projekteerija valikul tuleb arvestada erinevate kriteeriumitega: projekteerija kvalifikatsioon, varasem kogemus samalaadsete hoonete projekteerimisel, otsekontaktid eelmiste klientidega ja tagasiside nendelt. Valides projekteerijat vaid hinna alusel teeb tellija üldjuhul vea. Odavama projekteerija (eba)pädevus võib tellijale hiljem osutada kalliks

säästuks. Kvantitatiivsed näitajad (näiteks kutsekvalifikatsioon, tööstaaž, käive jne) ei pruugi olla piisavaks tagatiseks, et projekteerija on parim võimalikest.

Kui projekteerija valitakse alla reaalsete kulude piiri, võib see tähendada töömahtude või hanketingimuste osalist täitmata jätmist. Energiatõhusate hoonete projekteerimine eeldab projekteerijate koolitust, projekteerimisel paljude variantide läbiarvutamist ja arvutustulemuste analüüsi. See kõik nõuab ressursse, mille tellija kinni maksab. Kui tellija hoiab kokku tarkadelt projekteerijatelt, analüüsides tegemisest ja variantide läbiarvutamisest, saab ta oksa, millel ise istub ning tulemuseks ei ole hea lõpptulemus. Kokkuvõtvalt: projekteerimise arvelt kokkuvõtt on lühinägelik tegevus. Seda tuleb arvestada projekteerija valikul (ka riigi- ja omavalitsuse hangete läbiviimisel).

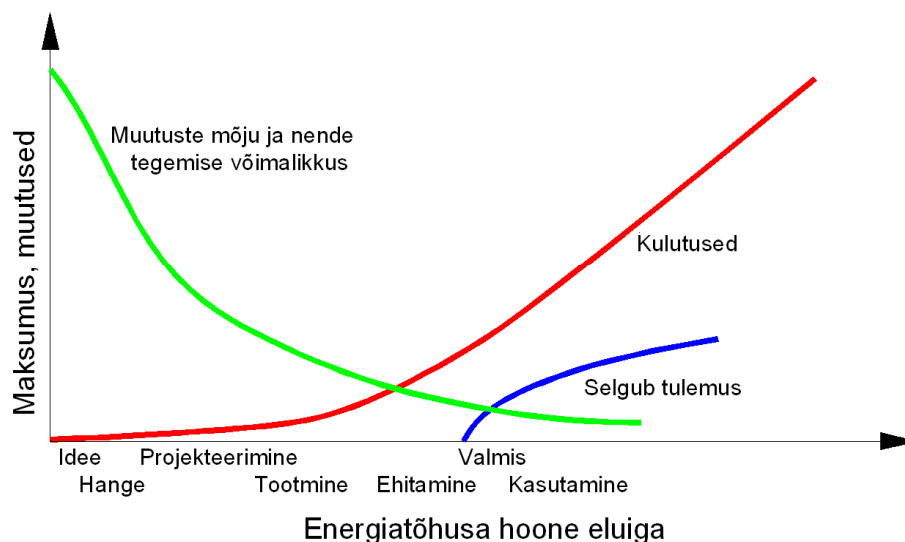
4.2 Projekteerimisprotsess

Ehitiste projekteerimine jaotub vastavalt detailsuse astmele erinevateks staadiumiteks:

- eelprojekt (EP);
- põhiprojekt (PP);
- tööprojekt (TP).

Hoone projekteerimist alustatakse lähteandmeid selgitavate eeltööde tegemisest: otstarbekuse uuringud, vajadusanalüüsid, teostatavuse uuringud, asukohavariantide võrdlused, ideekavandid, majandusanalüüsid, tasuvusuuringud jne. Kompleksse ehitusprojekti väljatöötamisele eelneb eskiis, mis on vaba vormistusega ehituskavandi ja seda selgitavate dokumentide kogum, mis kirjeldab ehitise terviklikku ruumilist lahendust. Energiatõhususe kriteeriumite täitmiseks tuleb hoone energiatoõhususe kujundamisega alustada juba projekti algfaasis st. eskiisi etapil.

Projekteerimise algfaasis on muutuste tegemise võimalus ja nende mõju kõige suurem. Samas on kogunenud kulutused veel väikesed ja muutuste tegemise hind ei ole suur. Projekteerimisprotsessi lõpufaasis või ehitamise käigus on oluliste muutuste tegemine juba keerukam ja kallim. Hoone tegelik tulemus selgub pärast hoone valmimist. Siis tähendab ehituslahenduse muutmine juba kapitaalremonti, mis nõuab väga palju ressursi. Valmis hoone puhul ei ole alati ka võimalik olulisi muudatusi ellu viia.



Joonis 4.2 Lahenduste ja muutuste maksumus, mõju ja võimalikkus hoone eluea erinevatel etappidel

Ehitusprojekti energiatoõhususe osa eesmärk on tagada hoone tõhus ja otstarbekohane energiakasutus samaaegselt koos tervisliku, mugava ja tootliku sisekliimaga kogu hoone kasutusperioodi jooksul. Ehitusprojekti energiatoõhususe osa tööde hulka kuulub:

- optimeeritakse hoone sisekliima tagamiseks vajalik energiahulk, mis on tehniliselt väljendatud kahe põhinäitajaga:

- energiatõhususarvuga, mis on arvutuslik summaarne tarnitud energiatega kaalutud erikasutus hoone standardkasutusel;
- suviste temperatuuride nõudega, mis iseloomustab hoone sisekliimat suvel;
- antakse soovitusi teiste ehitusprojekti osade muutmiseks, et saavutada hoone paremat energiatõhusust.

Arhitektuursete ja tehniliste lahenduste valikul ja optimeerimisel võetakse lisaks energiatõhususele veel arvesse:

- hoone maksumus kogu tema kasutusea jooksul (LCC – *Life Cycle Cost*):
 - projekteerimis- ja ehitustööde maksumus;
 - hoone kasutuskulud;
 - hoone hoolduskulud;
 - hoone lammutuskulud;
- hoone mõju keskkonnale (sh. keskkonnamärgis (*LEED, BREEAM, EnergyStar, OpenHouse* jne.), heitmete vähendamine), hoone kasutusea keskkonna mõjude hindamine (LCA – *Life Cycle Assessment*):
 - ehitusmaterjalide- ja tööde mõju keskkonnale;
 - hoone kasutuse mõju keskkonnale;
 - hoone hoolduse mõju keskkonnale;
 - hoone lammutuse mõju keskkonnale;
- hoone kvaliteet;
- jne.

Ehitusprojekti energiatõhususe osa lähteandmeteks on teave arhitektilt, teiste ehitusprojekti osade projekteerijatelt, samuti tellija nõuded (ruumide kasutus, otstarve ja eritingimused):

- asendiplaan;
- arhitektuurijoonised;
- piirdetarandid;
- küte, ventilatsioon, jahutus, õhu konditsioneerimine (sh. põhiseadmete andmed ja elektrivarustuse vajadused);
- soojusvarustus;
- gaasivarustus;
- veevarustus ja kanalisatsioon;
- elektrivarustus, sh. automaatika.

Ehitusprojekti energiatõhususe osas tuleb esitada:

- energiatõhususarv ja energiamärgis;
- energiaarvutuse lähteandmed;
- energiaarvutuse tulemused;
- suvise ruumitemperatuuri kontrolli tulemused;
- energia- ja sisekliima arvutusmetoodika kirjeldus.

Lisaks ehitusprojekti energiatõhususe osale mõjutavad hoone energiatõhusust ja sisekliimat enim järgmised ehitusprojekti osad:

- arhitektuur (eelkõige: hoone arhitektuurne kontseptsioon, ruumiprogramm, kompaktsus, fassaadid ja klaaspinnad, orientatsioon ilmakaarte suhtes, materjalide valik, päikesekaitse, loomulik valgustus);
- kandekonstruksioonid (kandevõime tagamine, külmasildade vältimine, materjalide valik);
- ehitusfüüsika (välispiirete soojuslähivus, õhupidavus ja külmasildade vältimine, materjalide valik, niiskusrežiim);
- küte, ventilatsioon, jahutus;
- energiavarustus;
- elektripaigaldis, sh. automaatika;
- asendiplaan.

Arhitektid ja insenerid peavad teadvustama, et hoone vormi, avade ja tehnosüsteemide põhilahenduste valikud määravad suures osas lõpptulemuse energiatõhususe. Need põhilahendused otsustatakse osaliselt eskiisprojekti ja osaliselt eelprojekti faasis ning

põhiprojekti faasis tehtava projekteerimise ja dimensioneerimisega on raske lõpptulemust oluliselt parandada. Energiatõhusust oluliselt mõjutavad tegurid, millele tuleb tähelepanu pöörata kogu hoone kavandamise, projekteerimise ja ehitusprotsessi vältel, on eelkõige:

- hoone fassaad ja kompaktsus;
- klaaspindade suurused, suunad ja omadused ning päikesekaitse;
- välispiirete soojusläbivus, õhupidavus ja külmasildade vältimine;
- tehnosüsteemide põhilahendused, efektiivsus ja töökindlus, tehniliste ruumide paiknemine;
- energiavarustuse lahendused.

4.2.1 Eskiis

Eskiis on kompleksse ehitusprojekti väljatöötamisele eelnev kavand, vaba vormistusega ehituskavandi ja neid selgitavate dokumentide kogum, mis kirjeldab ehitise terviklikku ruumilist lahendust. Seetõttu tehakse selles järgus juba olulised energiatohususe valikud hoone kompaktsuse, fassaadide ja päikesekaitse lahenduste osas.

Eskiisi staadiumis tuleb määrata energiatohususarvu esialgne eesmärk ja kontrollida esmaste energiaarvutuste abil, kas soovitud energiatohususe ja sisekliima taotlustasemed on võimalik saavutada.

Eskiisprojekti staadiumis otsustatavad ja oluliselt energiatohusust mõjutavad aspektid on:

- kompaktne hoonevorm;
- klaaspindade suund, suurus ja päikesekaitse;
- ruumiprogramm.

4.2.2 Eelprojekt

Eelprojekt on graafilisest ja seletuskirja osast koosnev ehitusprojekti esimene järk, mis võimaldab väljastada ehitusloa. Eelprojekt peab andma piisavat, selgelt loetavat ja õiget teavet kavandatava ehitise ja selle vastavuse kohta seadustes ja nende alusel kehtestatud õigusaktides sätestatud nõuetele. Eelprojekt peab võimaldama määrata orienteeruvat ehitusmaksumust.

Eelprojekti lähteülesandes tuleb määrata täpsustatud energiatohususarv, sisekliima parameetrid ja hooneautomaatikataseme klassid ning kontrollida energia- ja temperatuurisimulatsioonide abil, et nõutud eesmärgid on saavutatavad. Sisekliima parameetrid määratakse tüüpruumidele, kasutades selleks ruumikaarte. Energiasimulatsioonis hoone jagatakse vastavalt kasutusotstarbele ruumitüübigruppidele vajalikuks arvuks tsoonideks. Mudel tehakse reeglina mõnevõrra detailsem kui eskiisi faasis, kuid välditakse üleliigselt detailset tzoneerimist.

Eelprojekti koostamisel otsustatakse kandekonstruktsioonide ja piirdetarindite esialgsed soojuslikud omadused (soojusjuhtivus (sh. külmasildade punkt- ja joonsoojusjuhtivus), õhupidavus ja akende kiirgusläbivus jne) ning tehnosüsteemide üldpõhimõtted ja põhilahendused. Energiatohususe osas optimeeritakse hoone sisekliima tagamiseks vajalik energiahulk projekti lähteandmete ja hoone standardkasutuse korral ja antakse soovitusi teiste ehitusprojekti osade muutmiseks, et saavutada hoone paremat energiatohusust. Ehitusprojekti eelprojekti staadiumi energiatohususe osas esitatakse:

- energiaarvutuse lähteandmed;
- energiaarvutuse tulemused;
- energiamärgis;
- suvise ruumitemperatuuri kontrolli tulemused;
- energia- ja sisekliima arvutusmeetodika kirjeldus.

Eelprojekti staadiumi sisekliima- ja energiatohususe kontrollloend:

- kütte- ja jahutusvajadused peavad olema minimeeritud; mõjutavad tegurid:
 - hoone kompaktsus,
 - hoonepiirete soojusjuhtivus, külmasillad, õhupidavus,
 - akende suurus, suund ja soojuslikud omadused (klaaspaketi soojusläbivus, raamiosa soojusjuhtivus, klaaspaketi servaliistu joonsoojusjuhtivus, päikesekiirguse läbivustegur jms),

- päikesele avatud fassaadidel on passiivne või aktiivne päikesekaitse (käsitsi ja automaatne juhtimine): sirmid, varjestus, eriklaasid jne,
- piirdetarindite soojus- ja niiskustehniline toimivus,
- tehnosüsteemide lahendused:
 - ventilatsioonisüsteemi soojustagastus ja erivõimsus,
 - ruumides kasutatavad kütte- ja jahutuslahendused,
 - vabajahutuse ja muude võimalike passiivsete meetmete integreerimine tehnosüsteemidega,
 - nõudluspõhise kütte, ventilatsiooni ja valgustuse juhtimise kasutamine,
 - tehnosüsteemide soojuskaod on väikesed,
 - automaatikasüsteem: tehnosüsteemide omavaheline koostöö ja infovahetus,
- loomuliku valguse ja vabasoojuste otstarbekas kasutus; mõjutavad tegurid:
 - akende suund ja suurus, hoone ümbrus (naaberehitised, haljastus), ruumiprogramm,
 - päevavalgus, insolatsioon, kunstlik valgus, valgustihedus, rägus, siseviimistlus,
- ülekütmise vältimine; mõjutavad tegurid:
 - päikesele avatud fassaadidel on passiivne või aktiivne päikesekaitse (käsitsi ja automaatne juhtimine): sirmid, varjestus, eriklaasid jne,
 - sisemised soojuskoormused,
 - akende suund ja suurus, hoone ümbrus (naaberehitised, haljastus), ruumiprogramm,
 - tehnosüsteemid: küte, jahutus, ventilatsioon ja nende juhtimine,
 - intensiivse tuulutuse võimalus,
- tarbimise jälgimine ja kontroll;
- energiavarustuse lahendused;
- taastuenergia lokaalne tootmine (päikesekollektorid ja -paneelid, tuulegeneraatorid vms.).

4.2.3 Põhiprojekt

Põhiprojekt on ehitusprojekti teine staadium, kus dimensioonitakse lõplikult eelprojekti lahendused ehk kandekonstruktsioonid, välispiirded ja tehnosüsteemid. Põhiprojekt koosneb graafilisest ja seletuskirja osast, kus arendatakse edasi eelprojekti toodud lahendusi ja töötatakse välja hoone põhilahendused selliselt, et ehitusprojekti osad oleksid omavahelises kooskõlas ja süsteemselt seotud. Põhiprojektis sisaldub tehniline informatsioon ja ehitise kvaliteedi kirjeldus mahus, mis võimaldab määrata eelarvelist ehitismaksumust ja korraldada ehitushanget.

Ehitismaksumuse määramiseks ja ehitushanke korraldamiseks on tähtis, et ehitise maksumust mõjutavad omadused oleksid projektis korrektselt tähistatud. Selleks tuleb esitada ehitusmaterjalide ja -toodete tehnilised näitajad. Olulisemad energiatõhusust ja sisekliimat mõjutavad omadused, mis tuleb esitada, on:

- kasutatavate ehitusmaterjalide ja -toodete osas: ehitusfüüsikalised omadused: kasutatavate soojuserijuhtivus, niiskuserijuhtivus (veeaur, vesi), pinnaemissioonitegur;
- avatäidete loeteludes tuleb märkida: mõõtmed, avanemine, materjal, tüübid, sulused, soojusläbivus, päikesekaitse, akustilised omadused, viimistlus, klaaside tehnilised näitajad (valgusläbivus, päikeseikiirguse läbivus, soojusläbivus, pinna emissioonitegur jne);
- piirdetarindite ehitusfüüsikaline toimivus ja põhiparameetrid: soojusjuhtivus (sh. joon- ja punktkülmasildade soojusjuhtivus, piirdetarindite niiskusrežiim, õhupidavus, akustilised omadused, tulepüsivus jms);
- piirdetarindite ja ruumide akustilised andmed (sh. õhumüra isolatsioon, löögimüra isolatsioon, järelkõlakestvus);
- piirdetarindite tüübid (seinte, vahelagede, katuste, põrandate tüüplõiked, millel on näidatud ja määratletud materjalikihid) ja liitumissõlmed;
- ehitustehnoloogia nõuded (sh. ehitusniiskuse väljakuivamine, soojustuse, õhutõkke, aurutõkke, tuuletõkke jne. terviklikkus; materjalide, toodete ja tööde kvaliteedi, töötuse, kaitse, emissioonide, viimistluse jne. nõuded);
- tehnosüsteemide osas: ventilatsioonisüsteemide lahendus (rõhukaod, õhupidavus, tasakaalustamine), tehnosüsteemide soojustus soojuskadude vältimiseks, soojusvaheti, energiaallika ja küttesüsteemide tõhusus.

Põhiprojekti staadiumis on sisekliima- ja energiaarvutuste kordamine vajalik, kui lähteandmetes või hoone lahenduses (näiteks arhitektuur, tehnosüsteemide ja piirdetarindite omaduste nõuded) on võrreldes eelprojektiga tehtud muudatusi.

4.2.4 Tööprojekt

Tööprojekt on graafilisest ja seletuskirja osast koosnev ehitusprojekti kolmas staadium, milles arendatakse ja täpsustatakse põhiprojekti toodud lahendusi selliselt, et pärast ehitustööde organiseerimise kava, tootejooniste ja muude ehitusega seonduvate dokumentide koostamist saab hoone valmis ehitada.

Tööprojekti esitatud arhitektuurilised ja tehnilised lahendused ning kõik olulised tehnilised ehitustoodete, ehitise ja selle osade nõuded peavad olema kontrollitud ja omavahel kooskõlla viidud. Tööprojekti sisaldub tehniline informatsioon ja ehitise kvaliteedi kirjeldus mahus, mis võimaldab täpsustada ehitusmaksumust, teha ehitustöid ja monteeri ja seadistada seadmeid. Tööprojekti alusel peab olema võimalik teha materjalide, toodete jms kuluarvestusi.

Tööprojekti staadiumis täiendatakse projektlahendust, lisatakse ja täpsustatakse elementide mõõtmeid, detailjooniseid, täpsustatakse paiknemist.

Tööprojekti staadiumis on sisekliima- ja energiaarvutuste kordamine vajalik, kui lähteandmetes või hoone lahenduses (näiteks arhitektuur, tehnosüsteemide ja piirdetarindite omaduste nõuded) on tehtud võrreldes tööprojektiga muudatusi.

Ehitamise seisukohalt on oluline, et tööprojekti oleks esitatud kõikide tarindite, liitekohtade ja sõlmede lahendused (arhitekti ja ehitusinseneri töömaht). Projekteeritud lahendused peavad olema ehitusfüüsikaliselt toimivad, ehituslikult teostatavad ja ajaliselt kestvad. Arvesse tuleb võtta ehitustehnoloogiast ja ehitusprotsessist tulenevad nõuded tarindite (näiteks ehitusniiskuse väljakuivamine) ja anda juhised ja piirsuurused nende protsesside kontrollimiseks.

4.3 Ehitamine, järelevalve ja kvaliteedikontroll

Lisaks kvaliteetsel projekteerimisele on hea sisekliimaga energiatõhusa hoone valmimisel oluline tähtsus ka kvaliteetsel ehitamisel, järelevalvel ja kvaliteedikontrollil ning on vajalik piisavate inim-, aja- ja raharessursside olemasolu. Ehituse ja järelevalve kvaliteet peab paranema.

Hoone ehitaja ja järelevalve valikuks korraldatavasse hanke tehnilisse kirjeldusse tuleb sisse kirjutada kõik energiatõhususe, sisekliima ja muud olulised nõuded. Eesmärgiks seatud energiatõhususe, sisekliima ja muud olulised kriteeriumid tuleb hiljem lisada ka peatöövõtja ja alltöövõtjate töövõtulepingutesse.

Ehitustööde tegemisel ja korraldamisel on oluline roll hoonete sisekliima ja energiatõhususe eesmärkide saavutamisel. Ehitise kvaliteediplaan tuleb koostada koos üldise ajakavaga, objektiplaaniga ja eelarvestusega ning see peab sisaldama ka tööde kontrolli etapid ja meetodid ning vastutavad isikud. Erilist tähelepanu tuleb pöörata erinevate töövõtupiiride liitekohtadele ja võimalike töövõtte ennetamisele. Oluline on, et ehitustööd tehakse nõutava tehnoloogia järgi, kokkulepitud kontrollid, katsed ja mõõtmised dokumenteeritakse. Ehitustööde kirjeldused peavad sisaldama kõiki sisekliima, energiatõhususe ja ehitusfüüsikaga seotud olulisimaid aspekte.

Ehitaja erinevad vastutusastmed (töomehest kuni projektijuhini) peavad olema piisavalt koolitatud ja mõistma sisekliima ning energiatõhususe eesmärgi ja nende saavutamise lahendusi. Vajadusel tuleb korraldada teemakohaseid seminare, koosolekuid, näidislahenduste ehitust vms. Väga hea sisekliimaga madala- ja liginullenergia hoonet ei saa ehitada meetodil „nii oleme ennegi ehitanud“. Koolituse kohustust on põhjust märkida töövõtulepingutesse.

Et madala- ja liginullenergiahoone ehitamisega ei tekiks soojus- ja niiskustehnilisi probleeme, peab peatöövõtjal või projektijuhil olema koostatud niiskusriskide haldamise programm, mis sisaldab järgmisi punkte:

- soojus- ja niiskustehniliselt riskantsete ja kriitiliste tarindite kaardistus, mille projekteerimisel ja/või ehitamisel võib tekkida probleeme või mis on alid hilisematele soojus- ja niiskustehnilistele probleemidele;
- tarindite ja konstruktsioonide kuivana püsivuse tagamise kava;
- tarindite ehitamisel ja viimistlemisel ehitusniiskuse väljakuivamisega arvestamine; enne kinniehitamist või viimistlemist tuleb teha niiskuse mõõtmised;
- materjalide niiskussisalduse mõõtmise kava, kust selgub, millist materjali, missuguse mõõteinstrumentiga, mis meetoditega, kust kohast, mis ajal jne;
- detailide ja sõlmede teostuse kontroll: soojustuse, õhu-, auru- ja tuuletõkke paigaldus, külmasillad, läbiviigud;
- eri osapoolte vastutus ja ülesanded soojus- ja niiskustehniliste probleemide vältimiseks.

Ehitamisel on oluline, et kasutatakse projektiga määratud omadustega materjale või tooteid. Omadused võivad olla määratud füüsikaliste omaduste ja/või kvaliteedisertifikaatide olemasolu kaudu. Lisaks toodetele võib olla sertifitseeritud ka ehitustehnoloogia (näiteks akna paigaldus vms.). Omaduste või sertifikaatide nõuded peavad olema määratud projektis, hankedokumentatsioonis ja/või lepingutes.

Ehituskvaliteedi hindamiseks peavad meetodid olema kokku lepitud. Parimal juhul on need meetodid standarditud. Standardeid ja kvaliteedi hindamise meetodeid on liialt palju, et kõnesolevas töös nendest ammendavat loetelu teha. Paljud nendest meetoditest on lisatud ka üldiste kvaliteedinõuete kogumitesse (RYL vms.).

5 Energiatõhususe saavutamise meetmed

Energiatõhususe saavutamine eeldab kompleksset ja terviklikku lähenemist alates hoone projekteerimisest kuni ehitamiseni ja hoone kasutamiseni ning haldamiseni välja. Energiatõhususe saavutamiseks on oluline lisaks protsessi ohjamisele kasutada energiatõhusust suurendavaid tehnilisi lahendusi. Mitteeluhoonete puhul saab eeldada professionaalset tellijat, kes tellib ehitusprojekti pädevalt projekteerijalt ja laseb hoone valmis ehitada professionaalsel ehitajal.

Tehnilised lahendused peavad üksteist toetama. Järgnevalt on välja toodud olulisemad punktid, millega peaks tellija arvestama hoone energiatõhususe saavutamisel:

- Protsess:
 - eesmärgi püstitus,
 - projekteerija valik,
 - ehitaja valik,
 - ehitusprotsessi ohjamine ja järelevalve,
 - vastuvõtt,
 - garantiiaeg,
 - kasutus ja haldus;
- Energiatõhusus ei tohi tulla sisekliima arvel.
- Tehnilised lahendused:
 - piirdetarindid:
 - hoone peab olema kompaktne,
 - välispiirete soojuse erikadu peab olema optimaalne,
 - külmasillad peavad olema minimaalsed,
 - õhulekked $q_{50} < 1 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$,
 - hoone ja klaaspindade orientatsiooni oskuslik kavandamine,
 - hoone krundi oskuslik kasutamine,
 - päikesekaitsete oskuslik kavandamine ja juhtimine,
 - tehnosüsteemid:
 - ventilatsioonil peab olema väga tõhus soojustagastus, temperatuuri suhtarv $>0,8$,
 - ventilatsiooni elektritarbimine peab olema väike, $\text{SFP} < 1,5 \dots 2 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$,
 - eelistada vajaduspõhist ventilatsioonilahendust,
 - soojusallikas peab olema suure kasuteguriga,
 - eelistada tuleks taastuvatest energiaallikatest saadavat soojus- või elektrienergiat,
 - kasutada väikese energiatarbega elektriseadmeid,
 - kasutada väikese energiatarbega valgustust,
 - oskuslikult kasutada valgustuseks päevavalgust,
 - tehnosüsteemide adekvaatselt toimiv automaatika,
 - maksimaalne taastuvenergia kasutamine,
 - jahutuseks kasutada maksimaalselt passiivseid meetmeid.

6 Mõisted

Netonullenergiahoone (*net zero energy building: ZEB*) – hoone, mille energiatõhususarv on 0 kWh/(m²·a) aastas energibilansis. Netonullenergiahoonesse võidakse tarnida energiat, kuid see kompenseeritakse eksporditud energiaga;

Liginullenergiahoone (*nearly zero energy building: nZEB*): parima võimaliku ehituspraktika energiatõhusus- ja taastuvenergiatehnoloogiate lahendustega ratsionaalselt ehitatud hoone, mille energiatõhususarv on suurem kui 0 kWh/(m² a) kuid mitte suurem kui etteantud piirsuurus. Liginullenergiahoones kasutatav energia peab olulisel määral pärinema kohapeal või lähiümbruses toodetud taastuvatest energiaallikatest. Liginullenergiahoones vaadeldakse energibilanssi aasta kui terviku ulatuses ja eeldatakse, et olukorras, kus kohapeal toodetud taastuv elektri ületab hoones tarbitavat energiat, on võimalik ülejääk tarnida (müüa) elektrivõrku;

Madalenergiahoone (*low energy building*): energiatõhus hoone, mille sõltub hoone arhitektuursest lahendusest, piirdetarindite ehitusfüüsikalistest omadustest, tehnosüsteemidest ja energiaallikatest. Üldiselt on madalenergiahoone teostatav liginullenergiahoone lahendustega lokaalse elektri tootmise vajaduseta.

Netoenergiavajadus (kWh/a): sisekliima tagamiseks, tarbevee soojendamiseks ja elektriseadmete kasutamiseks vajalik energia ilma süsteemikadudeta. Netoenergiavajadus jaguneb:

- ruumide kütteks (vajalik soojus, arvestades välispiirete soojusjuhtivuskadusid, välispiirete ebatihedustest (infiltratsioonist) tulenevaid soojuskadusid ja ruumi sissepuhutava ventilatsiooniõhu soojenemist ruumitemperatuurini),
- ruumide jahutamiseks,
- ventilatsiooniõhu soojendamiseks,
- tarbevee soojendamiseks,
- valgustuseks, elektriseadmete ja tehnosüsteemide kasutamiseks..

Hoone summaarne energiakasutus (kWh/a): hoone kütmiseks, jahutamiseks, tarbevee soojendamiseks, ventilatsiooniks, valgustuseks, ja elektriseadmete kasutamiseks vajalik tehnosüsteemide soojuse ja elektri kasutus arvestamata lokaalset taastuvenergiat va. soojuspumbad. Hoone summaarne energiakasutus sisaldab kõiki tehnosüsteemide, sh. soojusallikate ja lokaalse tootmise jaotussüsteemide kadusid ja energia muundamist (nt.. soojuspumba soojustegur, külmajaama külmategur, koostootmine, kütuseelement);

Primaarenergia: ühe kilovatt-tunni tarnitud energia tootmiseks vajalik esmane energiahulk taastuvatest ja mittetaastuvatest energiaallikatest, mis sisaldab kõiki energiaallika ammutamise, energia tootmise, ülekande ja jaotamise kadusid;

Tarnitud energia: kilovatt-tundides (kWh/a): aastane elektrivõrkudest hangitud elektri või kaugküttevõrkudest hangitud soojus või kütuste tarnijatelt hangitud kütuste energiasisaldus või energia tootmine kütusepõhise lokaalse tootmise korral, millega kaetakse lokaalsest taastuvenergiast katmata jääv hoone summaarne aastane energiakasutus;

Lokaalne taastuvenergia: hoones või krundil või kinnistuga seotud energiaühistu mõttelises osas päikesest, tuulest, veest, pinnasest või õhust toodetud soojus või elekter. Soojuspumpade puhul võetakse energiaallikast saadud taastuvenergia energiaarvutuses arvesse soojuspumba soojusteguriga;

Tarnitud taastuvenergia: kütuste tarnijatelt hangitud taastuvkütuste energiasisaldus, mida kasutatakse hoones või kinnistuga seotud energiaühistu mõttelises osas. Krundil toodetud taastuvkütus loetakse tarnitud taastuvenergiaks;

Eksporditud energia: hoones või krundil või kinnistuga seotud energiaühistu mõttelises osas toodetud soojus või elekter, mida ei kasutata hoones ja mis eksporditakse energiavõrkudesse;

Energiakandjate kaalumistegur: tegur, millega võetakse arvesse tarnitud energia tootmiseks vajalik primaarenergia kasutus ja selle keskkonnamõju. Energiakandjate kaalumistegurid on järgmised:

- taastuvtoormel põhinevad kütused (puit ja puidupõhised kütused ning muud biokütused, v.a turvas ja turbabrikett) 0,75;
- kaugküte 0,9;
- vedelkütused (kütteõlid ja vedelgaas) 1,0;
- maagaas 1,0;
- tahked fossiilkütused (kivisüsi jms) 1,0;
- turvas ja turbabrikett 1,0;
- elekter 1,5 (2012 kevadel);

Summaarne tarnitud miinus eksporditud energiatega kaalutud erikasutus: energiakandjate lõikes arvatud tarnitud ja eksporditud energiatega vahede ja energiakandjate kaalumistegurite korrutiste summa;

Energiatõhususarv ETA, $W/(m^2 \cdot K)$: aastane arvutuslik summaarne tarnitud energia kaalutud erikasutus hoone standardkasutusel, mis võtab arvesse primaarenergia kasutuse ja selle keskkonnamõju ja millest arvatakse maha krundilt toodetud ja/või eksporditud energia;

Olulise energiakasutusega tehnosüsteemid: energiatõhususarvu arvutamisel arvesse võetavad tehnosüsteemid, milleks on küttesüsteem ja sooja tarbevee süsteem koos soojusallikatega, ventilatsioonisüsteem, jahutussüsteem, valgustuse- ja tarbeelektri süsteem, lokaalselt soojust või elektrit tootvad süsteemid ning muud, energiaarvutuses arvestatavad, süsteemid;

Hoone sisekliima tagamine: ruumide kütmine, jahutamine, ventileerimine valgustamine tagades ruumide siseõhu kvaliteedi, soojusliku mugavuse, valgustuse ja akustika nõuetele vastavuse;

Köetav pind: sisekliima tagamisega ruumide pind, mille õhu temperatuur kütteperioodil oluliselt ei reageeri välisõhu temperatuuri muutustele;

Hoone standardkasutus: hoone tavapärase kasutus energiatarbimise nõuete täendamiseks. Standardkasutuse kindlaksmääramisel võetakse arvesse hoone kasutamise otstarvet, välis- ja sisekliimat, hoone ja tehnosüsteemide kasutusaega, vabasoojust ning piirdetaindite lähteandmeid;

Valideeritud tarkvara: sisekliima ja energiaarvutuse tarkvara, mille valideerimiseks on teostatud võrdlusarvutus vastava standardi või meetodika järgi. Käesoleva määruse mõistes aktsepteeritakse valideerimiseks vastavaid Euroopa (EVS-EN), ISO, ASHRAE ja CIBSE standardeid ning IEA BESTEST meetodikat või nendega samaväärseid muude riikide standardeid;

Piirdetarind: ehitise põhiosa või piire, nagu sein, põrand, vahelagi, uks, aken, katus, mis eraldab ruume omavahel, välisõhust või pinnasest;

Soojustus: (ka soojustusmaterjal, soojusisolatsioonimaterjal): materjalikiht piirdetarindis soojuslevi oluliseks tõkestamiseks;

Õhutõke: materjalikiht hoone piirdetarindis, mille peamine ülesanne on takistada õhu liikumist läbi piirdetarindi ja on tähtsaim materjalikiht piirde õhupidavuse tagamisel. Õhutõke võib olla lahendatud eraldi materjalikihiga või olla sama näiteks aurutõkkekihiga, soojustuskihiga, tuuletõkkega või kandetarindiga. Kuna viimistlust muudetakse hoone kasutusea jooksul mitu korda, ei saa viimistluskiht olla õhutõkkeks. Õhupidavuse tagab õhutõkke piisav õhupidavus ja tema liitekohtade tihedus. Õhutõkke vuugid ja läbiviikude kohad tuleb hoolikalt sulgeda selliselt, et oleks tagatud vajalik õhupidavus. Eelistatavim asukoht õhutõkkele on piirde sisepinnas, sisepinna lähedal enne soojustust või 20–50mm soojustuse sees. Piirde ruumipoolses osas takistab õhutõke kõige paremini niiske siseõhu konvektsiooni piirdesse. Õhutõkke õhujuhtivuse soovituslik piirväärtus on alla $1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa})$;

Tuuletõke: materjalikiht ja selle liitekohtade süsteem piirdetarindis, mille ülesanne on takistada tuulest ja temperatuuride erinevusest tingitud välisõhu liikumist soojustusse ja tagasi. Tuuletõkke õhujuhtivus on $< 10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$. Tuuletõkke liitekohad, vuugid ja läbiviikude kohad tuleb hoolikalt tihendada selliselt, et oleks tagatud vajalik õhupidavus. Tuuletõke ei või

olla suure veeaurutakistusega. Niiskustehnilise toimivuse poolest on parim väikese soojusjuhtivusega ja veeaurutakistusega tuuletõkkematerjal;

Aurutõke: materjalikihi ja selle liitekohtade süsteem piirdetarindis, ülesanne on takistada liigset veeauru difusiooni tarindisse. Aurutõkke veeaurutakistus sõltub väliskliimast, siseruumide niiskuskooormusest, ruumide kasutusotstarbest ja sisekliimast, piirdematerjalide niiskus- ja soojustehnilistest omadustest, aurutõkke paigalduskohast ja -tingimustest. Vähendamaks niiskusvoogu läbi piirdetarindi ja parandamaks selle niiskusrežiimi, peab piirde sisepind olema välispinnast (sõltuvalt tarindi lahendusest ja materjaliomadustest 5...80 korda) suurema aurutakistusega. Aurutõkke vajalik aurutakistus määratakse kontrollarvutusega. Aurutõke tuleb paigaldada piirde sellele poolele, kus on suurem veeauru osarõhk (suurem veeauru sisaldus õhus). Eesti kliimas on aurutõkke sobivaks kohaks köetava ruumi sisepinna lähedale enne soojustust või 20–50 mm soojustuse sisse. Aurutõkke liitekohad, vuugid ja läbiviikude kohad tuleb hoolikalt tihendada selliselt, et oleks tagatud vajalik aurutakistus. Kasutades aurutõkke-materjali õhutõkkena (ühtne auru- ja õhutõke), peavad selle paigaldus ja liitelahendused tagama lisaks aurutihendusele ka õhupidavuse;

Aluskate: materjalikiht, mis paigaldatakse kaldkatustel katusekattematerjali alla vältimaks väikesest soojusinerstist (nt. plekk, kivi) või/ja katusekatte ebatihedustest (kivi) põhjustatud veeauru kondensaadi või juhuslikult katusekattest läbi tunginud vee ja lume sattumist soojustuskihti, juhtides vee räästa kaudu välja. Katusekatte ja aluskatte ning aluskatte ja tuuletõkke vahele jääv õhuvähe peab olema välisõhuga tuulutatav (sõltuvalt materjalikihtide aurujuhtivusest). Kui aluskatte veeaurutakistus on väga väike ja aluskate on veepidav, võib kaaluda ka aluskatte paigaldamist vahetult tuuletõkkele. Siiski on see lahendus seotud suuremate riskidega kui tuulutatava aluskatte kasutamine;

Välispiirete summaarne soojuserikadu köetava pinna ruutmeetri kohta H/A , $W/(m^2K)$: hoone köetava pinna ühe ruutmeetri soojuskadu läbi välispiirete, kui temperatuuride erinevus hoone sees ja väljas on üks kraad. Soojuserikadu moodustub summaarselt kõikidest välispiirete soojusjuhtivuskadudest ja välispiirete ebatihedustest (infiltratsioonist) tulenevast soojuskaost;

Õhulekkearv q_{50} , $m^3/(h \cdot m^2)$: hoone välispiirete õhupidavust iseloomustav näitaja, mis on määratud õhulekkestega 50 paskali (Pa) rõhkude erinevusel. Hoone keskmine õhulekkearv antakse hoone välispiirete (sh. pinnasele toetuv põrand) ruutmeetri kohta. Välispiirete pindala arvutatakse sisemõõtude põhjal;

Infiltratsioon: õhu tiheduse erinevustest, tuulerõhkudest või ventilatsiooni õhuvooluhulkade erinevusest põhjustatud õhuvool läbi välispiirete õhulekkekohade;

Soojuserijuhtivus λ , $W/(m \cdot K)$: materjali omadus, mis väljendab soojusvoolu vattides, mis läbib 1 meetri paksuse ja 1 m^2 pinnaga materjalikihi, kui temperatuuride vahe vastastikuste pindade vahel on 1 K. Mitteehtuslikus kasutuses on tarvitusel ka sõnastus „soojusjuhtivustegur“;

Soojustakistus R , $m^2 \cdot K/W$: kindla paksusega ehitustoote või piirdetarindi omadus takistada soojuse voolu läbi toote või elemendi (pinnalt pinnale) statsionaarsetes tingimustes ja on arvutatav valemist: $R = \frac{T_1 - T_2}{q}$, $R = \frac{d}{\lambda}$;

Soojusjuhtivus U , $W/(m^2 \cdot K)$: piirdetarindi omadus, mis iseloomustab soojuse voolu (kitsamalt soojusjuhtivuse teel) läbi piirdetarindi statsionaarsetes tingimustes ja on arvutatav valemist $U = \frac{1}{R}$. Terminid „soojuslähikandetegur“ ja „ U -arv“ ei ole ehituslikes rakendustes korrektsed ja

viitavad lohakale keelekasutusele;

Soojuslähivus (ka soojusjuhtivus) U , $W/(m^2 \cdot K)$: piirdetarindi omadus, mis väljendab soojuse voolu (üldisemas mõttes: soojusjuhtivus + konvektsioon + kiirgus) vattides läbi 1 m^2 pinnaga tarindi, kui temperatuuride vahe erinevate keskkondade vahel on 1 K; arvutatav valemist:

$U = \frac{\Phi}{(T_1 - T_2) \cdot A}$. Terminid „soojuslähikandetegur“ ja „ U -arv“ ei ole ehituslikes rakendustes korrektsed ja viitavad lohakale keelekasutusele;

Olulise energiatarbega tehnosüsteemide all mõistetakse kütte-, ventilatsiooni-, jahutus-, veevarustus- ja elektrisüsteeme ning hoones või kinnistul paiknevaid energiavarustussüsteeme ning automaatika- ja valgustussüsteeme;

Külmasilla joonsoojusjuhtivus Ψ_j , W/(K·m): külmasillast põhjustatud lisasoojuskadu vattides temperatuuride erinevusel üks kraad joonkülmasilla pikkuse kohta. Soojusvool läbi joonkülmasilla on statsionaarsetes tingimustes arvutatav: $\Phi = \Psi_j \cdot l_j \cdot (T_1 - T_2)$, W, kus l_j : joonkülmasilla pikkus, m;

Külmasilla punktsoojusjuhtivus χ_p , W/K: külmasillast põhjustatud lisasoojuskadu vattides temperatuuride erinevusel üks kraad punktkülmasilla kohta. Soojusvool läbi punktkülmasilla on statsionaarsetes tingimustes arvutatav valemist: $\Phi = \chi_p \cdot (T_1 - T_2)$, W .