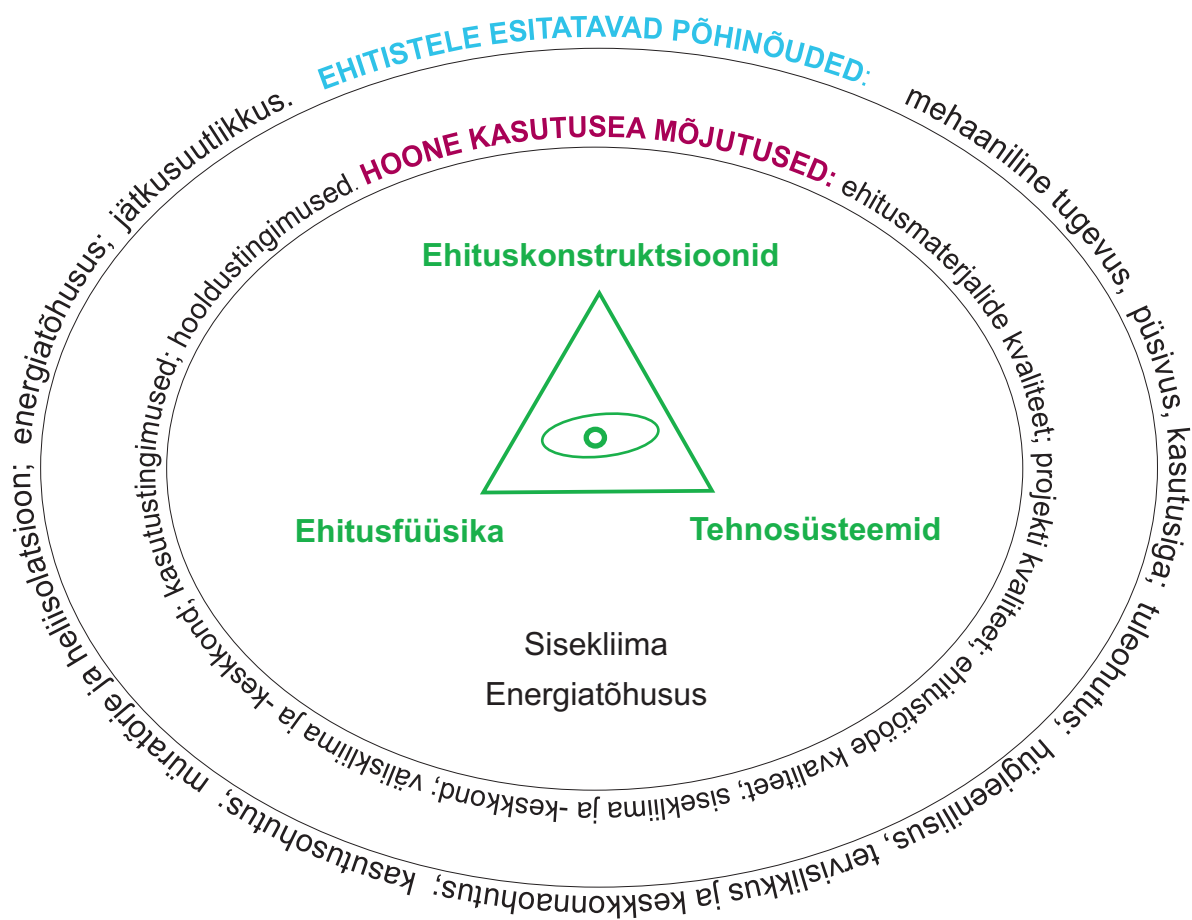




# Eesti eluasemefondi ehitustehniline seisukord – ajavahemikul 1990–2010 kasutusele võetud korterelamud

## Uuringu lõpparuanne







TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

EHITUSTEADUSKOND

# Eesti eluasemefondi ehitustehniline seisukord – ajavahemikul 1990–2010 kasutusele võetud korterelamud

## Uuringu lõpparuanne

Targo Kalamees, Simo Ilomets, Roode Liias, Lembi-Merike Raado,  
Kalle Kuusk, Mikk Maivel, Marko Ründva, Paul Klõšeiko, Eva Liho,  
Leena Paap, Alo Mikola, Erkki Seinre, Irene Lill, Erki Soekov,  
Katrín Paadam, Liis Ojamäe, Urve Kallavus, Lauri Mikli, Teet-Andrus Kõiv

2012

Toimetanud: Targo Kalamees

Projekti vastutav täitja: professor Roode Liias

Autoriõigused: autorid, 2012

ISBN 978-9949-23-315-1|

## Eessõna

Kõnesolev uurimistöö aruanne võtab kokku Tallinna Tehnikaülikooli ehitusteaduskonnas ajavahemikul september 2010 kuni märts 2012 läbiviidud uuringu „Eesti eluasemefondi ehitustehniline seisukord – ajavahemikul 1990–2010 kasutusele võetud korterelamud” tulemused. Uurimistöö on tehtud Sihtasutuse KredEx tellimusel ja finantseerimisel. Lisaks KredEx-ile osalesid uurimistöö juhtrühmas veel Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi ehitus- ja elamuosakonna ning energeetikaosakonna esindajad:

Sihtasutus KredEx: Mirja Adler, Heikki Parve;

Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium: Margus Sarmet, Pille Arjakas.

Tallinna Tehnikaülikooli poolt osalesid uurimistöös järgmised asutused ja isikud:

Ehitiste projekteerimise instituut (ehitusfüüsika ja arhitektuuri õppetool, ehituskonstruksioonide õppetool): Targo Kalamees, Simo Ilomets, Paul Klõšeiko, Marko Ründva, Lauri Mikli, Endrik Arumägi, Üllar Alev. Kaasa töötasid: Eva Liho, Jaanika Saar, Arno Liiskmann, Raul Prank, Raido Schiff, Erko Tamm, Mari Emmus, Sandra Vahi, Sten Tuudak, Ats Allikmaa.

Keskonnatehnika instituut (kütte- ja ventilatsiooni õppetool): Teet-Andrus Kõiv, Hendrik Voll, Erkki Seinre, Alo Mikola, Mikk Maivel, Kalle Kuusk. Kaasa töötasid: Allar Adamson, Norman Veskimeister, Ilmar Labi, Helen Milva, Mikk Tasa.

Ehitustootluse instituut (ehitusökonomika ja -juhtimise õppetool): Roode Liias, Lembi-Merike Raado, Irene Lill, Erki Soekov.

Materjaliuuringute teaduskeskus: Urve Kallavus.

Avaliku sektori majanduse instituut: Katrin Paadam ja Liis Ojamäe. Kaasa töötasid: Kristel Siilak, Jaanika Oper ja Liisa Mürsepp.

Uurimisraporti erinevate peatükkide kirjutamisel on osalenud järgmised isikud: Targo Kalamees (peatükid 1, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14), Simo Ilomets (ptk. 4, 5, 8), Roode Liias (ptk. 2), Lembi-Merike Raado (ptk. 5), Alo Mikola (pt. 11, 12), Erkki Seinre (ptk. 16), Kalle Kuusk (ptk. 14.2), Mikk Maivel (ptk. 14.1), Marko Ründva (ptk. 9), Paul Klõšeiko (ptk. 5, 7), Eva Liho (ptk. 15.1), Leena Paap (ptk. 6), Irene Lill (ptk. 3), Erki Soekov (ptk. 3), Jaanika Saar (ptk. 4), Katrin Paadam (ptk. 15.2), Liis Ojamäe (ptk. 15.3), Urve Kallavus (ptk. 13), Teet-Andrus Kõiv (ptk. 12), Hannes Kase (ptk. 2), Tõnu Laigu (ptk. 17.1), Teet Tark (ptk. 17.2), Andres Jakobi (ptk. 17.3), Ingvar Sinka (ptk. 17.3), Roman Fedosejev (ptk. 17.3), Tiit Kuusik (ptk. 17.4), Jüri Juntson (ptk. 17.5).

Uurimisraporti sisulise poole on toimetanud Targo Kalamees ja keelelise poole Mari-Ann Tamme.

Täname uurimistöö rahastajaid ning uuritud elamute elanikke ja korteriühistute esimehinaisi oma panuse eest uurimistöö õnnestumisesse. Eesti Korteriühistute Liit, Juntson Haldus, AS Merko Ehitus, AS YIT Ehitus OÜ, AS Skanska on tänatud abi eest uurimisobjektide leidmisel. Akukon OY Eesti filiaal ja Jõgioja Ehitusfüüsika KB OÜ on tänatud abi eest heliisolatsiooni mõõtmistel. Täname Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia instituuti väliskliimaandmete eest. Eesti Energia Jaotusvõrk OÜ, AS Tallinna Küte, AS Eesti Gaas, AS Tartu Keskkatlamaja, AS Eraküte, Fortum Eesti AS, AS Tallinna Vesi, AS Tartu Veevärk, AS Pärnu Vesi, Arkaadia Halduse AS, AS Skanska EMV, Kinnisvaraekspert OÜ, OÜ Majavara Haldus, Luksi Maja AS, ISS Eesti AS, Ropka KVH OÜ, Juntson Haldus OÜ, KV Halduskoda OÜ uuritud elamute elektri-, vee-, gaasi- ja muude kuluandmete eest. Tõnu Laigu, Teet Tark, Andres Jakobi, Roman Fedosejev, Ingvar Sinka, Tiit Kuusik ja Jüri Juntson on tänatud oma erialaprofessionaalse hinnangu andmise eest 1990-2010 ehitatud korterelamute kohta.

Tallinnas, aprill 2012.

Tegijad

# Sisukord

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>1</b> | <b>Sissejuhatus</b>  | <b>7</b>   |
| 1.1      | Uuringu eesmärk  | 7          |
| 1.2      | Uurimisobjektide valiku alused   | 7          |
| <b>2</b> | <b>Ehitusettevõtete kvaliteedijuhtimise süsteemid</b>  | <b>8</b>   |
| 2.1      | Probleemi püstitus   | 8          |
| 2.2      | Ehitusettevõtjate kvaliteedisüsteemid  | 10         |
| 2.3      | 1990– 2010. a. ehitatud korterelamute kvaliteedi analüüs   | 12         |
| 2.4      | Uuringu tulemused  | 13         |
| 2.5      | Kokkuvõte  | 16         |
| <b>3</b> | <b>Ehituskorraldus ja ehitustehnoloogia analüüs</b>  | <b>17</b>  |
| 3.1      | Ehituskorraldust ja ehitustehnoloogiat käsitlevate normatiivdokumentide ja juhendmaterjalide ülevaade      | 17         |
| 3.2      | Ehitustehnoloogia ja -korralduse mõju tulemile   | 21         |
| 3.3      | Tööhüpotees ja uurimisprobleemid   | 23         |
| 3.4      | Uurimismeetodid  | 24         |
| 3.5      | Ehitustööde korraldus töömaal ja täheldatud ehitusvead, mis võivad mõjutada ehitise kestvust ja kasutusiga | 27         |
| 3.6      | Kokkuvõte  | 42         |
| <b>4</b> | <b>Ehitusprojektide analüüs</b>  | <b>43</b>  |
| 4.1      | Meetodid   | 43         |
| 4.2      | Analüüsi tulemused   | 45         |
| 4.3      | Kokkuvõte  | 53         |
| <b>5</b> | <b>Piirdetarindite ja kandekonstruksioonide tehniline seisund ja defektid</b>                              | <b>55</b>  |
| 5.1      | Hoonete arhitektuurne ja konstruktiivne lahendus ning ehitamine ja kasutatud materjalid                    | 55         |
| 5.2      | Vundamendid, soklid ja pandused  | 55         |
| 5.3      | Katused  | 60         |
| 5.4      | Rõdud, lodžad, varikatused   | 65         |
| 5.5      | Välisseinad  | 68         |
| 5.6      | Tuleohutus   | 79         |
| 5.7      | Trepid, trepikojad, koridorid ja liftid  | 80         |
| 5.8      | Siseseinte lahendused ja olukord   | 81         |
| 5.9      | Vahelagede ja põrandate lahendused, seisukord ja peamised probleemid                                       | 81         |
| 5.10     | Märjad ja niisked ruumid   | 81         |
| <b>6</b> | <b>Külmasillad</b>   | <b>84</b>  |
| 6.1      | Meetodid   | 84         |
| 6.2      | Tulemused  | 87         |
| <b>7</b> | <b>Hoonepiirete õhulekked</b>  | <b>92</b>  |
| 7.1      | Hoonepiirete õhulekete mõõtmine  | 93         |
| 7.2      | Hoonepiirete õhupidavuse hindamise meetodid  | 95         |
| 7.3      | Tulemused  | 97         |
| <b>8</b> | <b>Välisseinte soojus- ja niiskustehniline toimivus</b>  | <b>101</b> |
| 8.1      | Eesmärk  | 101        |
| 8.2      | Meetodid   | 101        |
| 8.3      | Tulemused  | 103        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 8.4       | Tulemuste analüüs   | 108        |
| 8.5       | Kokkuvõte   | 109        |
| <b>9</b>  | <b>Sisepiirdetarindite heliisolatsioon</b>  | <b>110</b> |
| 9.1       | Meetodid  | 110        |
| 9.2       | Tarindid  | 115        |
| 9.3       | Tulemused   | 117        |
| <b>10</b> | <b>Korterite soojus- ja niiskusolukord</b>  | <b>122</b> |
| 10.1      | Küttesüsteemide lahendus  | 124        |
| 10.2      | Meetodid  | 126        |
| 10.3      | Tulemused   | 130        |
| 10.4      | Sisetemperatuuri vastavus standardi sihtarvudele  | 133        |
| 10.5      | Niiskuskoormused korterites   | 135        |
| <b>11</b> | <b>Ventilatsiooni toimivus ja siseõhu kvaliteet</b>   | <b>138</b> |
| 11.1      | Sissejuhatus  | 138        |
| 11.2      | Ventilatsioonisüsteemide kirjeldus  | 140        |
| 11.3      | Metoodika   | 141        |
| 11.4      | Tulemused   | 147        |
| 11.5      | Tulemuste hindamine   | 156        |
| <b>12</b> | <b>Väljatõmbeõhu soojuspumpsüsteemi toimivus</b>  | <b>159</b> |
| 12.1      | Meetodid  | 159        |
| 12.2      | Tulemused   | 163        |
| 12.3      | Kokkuvõte   | 165        |
| <b>13</b> | <b>Ehitusmaterjalide ja siseõhu mikrobioloogiline kahjustus</b>   | <b>167</b> |
| 13.1      | Hallituskahjustused   | 167        |
| 13.2      | Meetodid  | 168        |
| 13.3      | Tulemused   | 169        |
| 13.4      | Näited biokahjustustest   | 171        |
| <b>14</b> | <b>Korterelamute energiakasutuse analüüs</b>  | <b>172</b> |
| 14.1      | Möödetud energiakasutuse analüüs  | 172        |
| 14.2      | Arvutuslik analüüs  | 179        |
| <b>15</b> | <b>Hoonete keskkonnamõju hinnang LEED ja BREEAM meetodite alusel</b>  | <b>191</b> |
| 15.1      | Sissejuhatus  | 191        |
| 15.2      | Tulemused   | 192        |
| 15.3      | Kokkuvõte   | 197        |
| <b>16</b> | <b>Korteriomanike hinnangud ja strateegilised hoiakud</b>   | <b>198</b> |
| 16.1      | Kvantitatiivne ankeetküsitlus   | 198        |
| 16.2      | Eluasemekvaliteet, heaolu ja eneseidentifikatsioon uutes kortermajades. Elamiskogemuslik analüüs: kvalitatiivsed süvaintervjuud | 202        |
| <b>17</b> | <b>Erialaprofessionaalide vaatenurk 1990-2010 aastatel ehitatud korterelamutele</b>   | <b>215</b> |
| 17.1      | Arhitekti vaatenurk, Tõnu Laigu, QP Arhitektid OÜ   | 215        |
| 17.2      | Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide projekteerija vaatenurk Teet Tark, Hevac OÜ  | 220        |
| 17.3      | Ehitaja vaatenurk. Andres Jakobi, Ingvar Sinka, Roman Fedosejev, AS YIT Ehitus  | 222        |
| 17.4      | Arendaja vaatenurk Tiit Kuusik, AS Merko Ehitus   | 224        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 17.5      | Kinnisvara hooldaja vaatenurk Jüri Juntson, Juntson Haldus OÜ           | 226        |
| <b>18</b> | <b>Järeldused</b>   | <b>229</b> |
| 18.1      | Ehitusettevõtete kvaliteedijuhtimise süsteemid                          | 229        |
| 18.2      | Ehituskorraldust ja ehitustehnoloogia analüüs                           | 230        |
| 18.3      | Piirdetarindite ja kandekonstruktsioonide tehniline seisund ja defektid | 230        |
| 18.4      | Külmasillad   | 231        |
| 18.5      | Hoonepiirete õhupidavus   | 231        |
| 18.6      | Välisseinte soojus- ja niiskustehniline toimivus                        | 231        |
| 18.7      | Sisepiirdetarindite heliisolatsioon                                     | 232        |
| 18.8      | Korterite soojuslik ja niiskuslik olukord                               | 232        |
| 18.9      | Ventilatsiooni toimivus ja siseõhu kvaliteet                            | 233        |
| 18.10     | Ehitusmaterjalide ja siseõhu mikrobioloogiline kahjustus                | 233        |
| 18.11     | Korterelamute energiakasutuse analüüs                                   | 233        |
| 18.12     | Hoonete keskkonnamõju hinnang   | 234        |
| 18.13     | Korteriomanike hinnangud ja strateegilised hoiakud                      | 235        |
| <b>19</b> | <b>Kasutatud kirjandus</b>  | <b>236</b> |



# 1 Sissejuhatus

## 1.1 Uuringu eesmärk

Uuringu eesmärgiks oli Eesti erinevates piirkondades aastatel 1990–2010 kasutusele võetud korterelamute kaardistamine, ehitustehnilise seisukorra hindamine ja elanike hinnangute väljaselgitamine nende omandis olevate korterite ning hoonete seisundi kohta.

Uuringu eesmärgiks olnud korterelamute ehitustehnilise seisukorra väljaselgitamiseks oli lepinguline kohustus:

- kaardistada 25 eri vanuses ja piirkonnas asuva korterelamu ehitustehniline ja sisekliima seisukord;
- süstematiseerida kaardistamisel saadud andmed, et neid saaks kasutada analüüsideks ning probleemide lahenduste väljatöötamiseks;
- analüüsida kaardistamisel saadud andmeid ja anda ülevaade uuritud korterelamute ehitustehnilisest ja sisekliimaa olukorrast ning hinnata nende vastupidavust;
- kaardistamisel saadud andmete põhjal koostada ülevaade korterelamute juures esinevatest peamistest probleemidest ning välja töötada üldised põhimõttelised lahendused selliste probleemide kõrvaldamiseks.

Uuringu raames tuli keskenduda järgmistele töödele:

- uuringuobjekti täpsem määratlemine, alusmaterjalide kogumine ja vormistamine;
- hoonete konstruktsioonide uuringud;
- hoonete ehitusfüüsikalised uuringud;
- hoonete sisekliima uuringud;
- hoonesiseste kommunikatsioonide uuringud;
- korteriomanike hinnangute ja strateegiliste hoiakute uurimine.

Iga objekti juures tehti ehitustehniline analüüs kogu elamule, ehitusfüüsikalised ja pikemad sisekliima uuringud vähemalt ühes korteris.

## 1.2 Uurimisobjektide valiku alused

Uuritud elamute ja korterite jaotus vastavalt asukohale ja ehitusaastale vt. Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Uuritud elamute ja korterite jaotus vastavalt asukohale ja ehitusaastale.

| Asukoht | Objektide arv vastavalt elamu ehitusaastale |           |
|---------|---|-----------|
|         | Elamuid                                     | Kortereid |
| Tallinn | 14  | 30        |
| Tartu   | 9   | 21        |
| Pärnu   | 5   | 12        |
| Kokku   | 28  | 63        |

## 2 Ehitusettevõtete kvaliteedijuhtimise süsteemid

### 2.1 Probleemi püstitus

Tehnoloogia arenedes muutuvad kättesaadavaks uued materjalid, tooted ja tehnoloogiad. Arvestades viimase paarikümne aasta pikkust kogemust ehitus- ja kinnisvaraturul, on pidevalt kasvanud tarbijate nõudmised ehitiste omaduste osas, sama on täheldatav ka elanike ja elamute osas. Arusaadavalt on pidevalt suurenenud kvaliteedi tähtsus ehitussektoris: on karmistunud nõuded ehitiste ohutusele, kasutusomadustele ning visuaalsele väljanägemisele.

Kvaliteedist ja selle määratlemisest on kirjutatud palju teadusartikleid ja uurimistöid ning avaldatud populaarteaduslikke kirjutisi. Siiski ollakse küllaltki ühisel seisukohal, et kvaliteet on mingitele kokkuleppelistele tingimustele vastavuse määr. Seega peab igas valdkonnas, kus on vaja kvaliteeti määratleda, olema mingi reeglistik, et osapooled mõistaksid, mida teenuse osutajad peavad saavutama ja tellijad ning koostööpartnerid tõlgendaksid seda ühtemoodi. Sellise reeglistiku moodustavadki erinevad õigusaktid, normid, standardid ja juhendid.

Ehitusseadusest tulenevalt on ehitiste puhul kvaliteedi põhikriteeriumid seotud eelkõige ohutuse (püsivus, keskkonnaohutus, müraohutus, tuleohutus, kasutusohutus) ja energiatõhususega. Aastal 2011 lisandus nõue loodusressursside jätkusuutliku kasutamise kohta (hakkab kehtima 2013).

Seega kvaliteetne on selline ehitis, mis vastab eelloetletud nõuetele, samas on osa nendest nõuetest kohustuslikud, teised subjektiivsed. Kohustuslikud nõuded tulenevad avalikult kehtestatud normidest (õigusaktid, normid, standardid) ning keskenduvad eelkõige ehitise püsivusele ja ohutusele. Subjektiivsed nõuded on määratletud üldjuhul konkreetse tellija soovidega ja puudutavad enamasti funktsionaalsust ehk kasutusmugavust ning visuaalset väljanägemist.

Ehitamine on kollektiivne tegevus ning seetõttu ehitise loomise kvaliteedis osalevad kõik protsessi osapooled (põhiliselt tellijad, projekteerijad ja ehitajad), samas ka ühiskond õigus- ja normiloome kaudu. Kõnesolevas uuringus on käsitletud just kvaliteedi kujunemist ehitaja juures ning ehitusprotsessiga seonduvaid probleeme, sest sel etapil avalduvad kõiki ehitamisega seotud osapooli ühendavad probleemid kõige selgemalt.

Mitmed rahvusvaheliselt tunnustatud uuringud annavad tunnistust ehitusvaldkonna ebaefektiivsest toimest. Construction Industry Institute' i uuring kinnitab, et USA ehitussektoris on 10% kuludest seotud tööde ümbertegemistega (Forbes jt. 2011). Samas ajakiri *The Economist* 2000. a. 13. jaanuari toimetuse artiklis „*Construction and the Internet*“ viitab uuringu tulemustele, mille alusel on 30% ehitismaksumusest seotud ebaefektiivsete töömeetodite kasutamise, vigade, viivitamise ning halva koostööga osapoolte vahel. Sarnaseid aruandeid refereeritakse paljudes rahvusvaheliselt tunnustatud õpikutes ja monograafiates (Smith, 2002; Winch, 2002).

Kõnesolevas peatükis on kesksel kohal ehitusettevõtjate kvaliteeditagamise süsteemide ja nende toime uurimisele. Kuna kvaliteedi tagamiseks vajalikud nõuded on kirjeldatud ehitusprojektis, avalikult kehtestatud normdokumentides (seadused, projekteerimisnormid, standardid) ning kokkuleppelistes juhendmaterjalides, on selles peatükis esitatud ülevaade Eestis viimase 20 aasta jooksul välja kujunenud projekteerimise alustest, ehitusettevõtetes kasutatavatest kvaliteedi tagamise süsteemidest ning samas on antud ülevaade ehitamisel esile kerkinud probleemidest.

## 2.1.1 Ehitamise õiguslik taust ajavahemikul 1990–2010

Seoses Eesti Vabariigi taasiseseisvumisega 1991. a tekkis vajadus korrastada ja tänapäevastada ehitamisega seotud õigusakte ja täpsustada ehitamise protsessis osalejate õigusi ja kohustusi, sh määratleda ka ehitiste kvaliteeti ja seaduslikkust kontrollivad isikud.

Üheks esimeseks ehitust reguleerivaks õigusaktiks sai 1991. a. ehitusministri määrus nr 1 „*Normatiivdokumentide rakendamine ehitiste projekteerimisel*“, mis andis üldised juhised kuni Eesti Vabariigi oma projekteerimismääruste kehtestamiseni. Alates 1992. aastast hakati koostama Eesti projekteerimismääruseid EPN, millede alusena kasutati osaliselt NSVL-aegseid SNiPi norme, kuid enamasti EuroCode'i ja Euroopa standardeid. Projekteerimismääruste koostamine oli kavandatud selliselt, et pärast normi valmimist pidi keskkonnaminister, kelle haldusalas oli siis ehitustegevuse korraldamine, kehtestama oma määrusega normi esialgu eelnormina, et see paari aastaga koguks tagasisidet ja seejärel saaks korrigeeritud ning kehtestatud juba kohustusliku projekteerimismäärusega.

Oma 10. veebruari 1995. a. määrusega nr. 4 kehtestas keskkonnaminister eelnormina: EPN-ENV 1. „*Projekteerimise alused. Koormused ja mõjud*“ osa 1. *Projekteerimise alused* ja osa 2.4. *Kasuskoormused*, EPN-ENV 3. „*Teraskonstruksioonid*“ osa 1.1. *Hoonete teraskonstruksioonide projekteerimise eeskirjad* ja EPN 10. „*Ehitiste tuleohutus*“ osa 1. *Üldeeskiri*.

Ehitustegevust üldisemalt reguleeriv õigusakt võeti vastu alles 14. juunil 1995. a. planeerimis- ja ehitusseadusena.

Keskkonnaministri 24. augusti 1999. a. määrusega nr 801 kehtestati eelloetletud eelnormid tehniliste normidena, st kohustuslikuks kasutamiseks Eesti Vabariigis, kuid keskkonnaministri 17. aprilli 2001. a. määrusega nr 212 tühistati nimetatud normide kehtestamine. Kehtetuks tunnistamise aluseks toodi Vabariigi Valitsuse seaduse § 50 lg 1 ning § 51 lg 2. Neist esimene kõlab järgmiselt: „*Minister annab määrusi ja käskkirju seaduse alusel ja täitmiseks*“; ning teine: „*Ministri määruses peab viitama seadusesättele, mille alusel on määrus antud. Kui Vabariigi Valitsus on seaduse kohaselt volitatud andma küsimuse ministri lahendada, tuleb ministri määruses viidata ka Vabariigi Valitsuse määruse sellekohasele sättele*.“ Pärast eeltoodud keskkonnaministri määrusi ei ole Eestis enam ühtegi hoonete projekteerimist ega ehitamist puudutavat normi kehtestatud.

Samas on kuni standardite avaldamise alguseni 2002. aastal koostatud ridamisi rahvuslike projekteerimismääruste eelnõusid, mis on avaldatud Ehitusteabe kataloogides (ET-kataloog). Alates aastast 2001 on Eesti Standardikeskus avaldanud Eesti Standardeid (EVS) ja ülevõetud ehk harmoniseeritud Euroopa Liidu standardeid (EVS-EN).

Planeerimis- ja ehitusseaduse asemel võeti 15. mail 2002. a. vastu ehitusseadus, mis jõustus 2003. a.

Standardite süsteem põhineb *tehnilise normi ja standardi seadusel* ja on sarnane teistes Euroopa Liidu liikmesriikides kasutatavaga. Kuid kuna oma olemuselt (tehnilise normi ja standardi seaduse § 2 lg 3) on standardid kasutamiseks vabatahtlikkuse alusel, võib jääda mulje, et ühtsed kohustuslikud reeglid ehituses Eesti Vabariigis ei kehti.

Ehitusseaduse § 3 sätestab ehitisele esitatavad nõuded. Seaduses on kirjeldatud nõuded küll põhjendatud, kuid väga üldsõnalised, määratlemata on nimetatud nõuete rakendusaktid. Kujunenud olukord põhjustab ehitusprotsessi käigus hulgaliselt vaidlusi ja osapoolte väärarvamusi, mis põhinevad sageli aastatepikkuste kohtuvaidlustega. Ajapikku on vaidlused jõudnud riigikohtusse, kes on andnud viimase kohtuinstantsina omapoolsed tõlgendused.

17. märts 2010 on Riigikohtu Kriminaalkollegium kohtuasjas number 3-1-1-7-10 jõudnud järeldusele, et „*Sellises tehnilises valdkonnas nagu ehitus on palju erinevaid nõudeid, mida ei ole nende rohkuse tõttu mõistlik ega ka võimalik õigusaktides sätestada. Seetõttu*

*on vaid üksikud nõuded toodud ehitusseaduses ja muudes õigusaktides. Ülejäänud ehitusnõuded ei tulene õigusaktidest, vaid on kehtestatud eelkõige standarditega, sh Eesti standarditega. Eesti standardid ei ole õigusaktid, kuna neid ei ole kehtestatud vastava õigusliku menetlusega. Sellest asjaolust tuleneb ka standardite soovituslik iseloom, ... . Samas ei tähenda standardite soovituslikkus seda, et nendest tulenevad ohutusnõuded oleksid iseenesest soovituslikud. Ehitusseaduse § 3 lg-s 1 sätestatud kohustust järgida ehitamisel head ehitustava ja tagada ehitise ohutus täidab üksnes isik, kes järgib ehitamisel ohutusnõudeid, st nõudeid, mis on ehitamise valdkonna spetsiifika tõttu sätestatud lisaks õigusaktidele ka soovituslikku tähendust omavates aktides. Ka EhS § 48 p-s 4 sätestatud kohustus paigaldada ehitisse nõuetele vastavaid ehitustooteid ei tähenda üksnes kohustust järgida õigusaktides sätestatud nõudeid, vaid arvestada ka standardites toodud nõuetega. Head ehitustava on võimalik sisustada ka selliste ehitusnõuetega, mis ei tulene standarditest, vaid näiteks teaduskirjanduses avaldatud seisukohtadest, kutseorganisatsioonide reeglistikust või on tuletatavad loodusseadustest. Nii on isikul võimalik hea ehitustava rikkumise etteheitele vastu väita, et ta ei järginud küll standardis sätestatud nõudeid, vaid lähtus muudest talle teadaolevatest ehitusnõuetest. Sellisel juhul on kohtul võimalik omakorda hinnata, kas isik on järginud head ehitustava või mitte.”*

Seetõttu valitseb ehitusvaldkonnas suur segadus ja isegi aastatepikkuste töökogemustega spetsialistidel on raskusi reguleerivates dokumentides orienteerumisega, rääkimata siis tavatarbijatest.

## **2.1.2 Ehitusprojekt ehitamise alusena**

Valmiv ehitise ja sellele esitatavad nõuded peaksid olema kõige täpsemalt kirjeldatud ehitusprojektis, mis vastavalt ehitusseaduse määratlusele „...on ehitise või selle osa ehitamiseks ja kasutamiseks vajalike dokumentide kogum, mis koosneb tehnilistest joonistest, seletuskirjast, hooldusjuhendist ja muudest asjakohastest dokumentidest.“

Lisaks ehitusseadusele olid uuritava ajavahemikul nõuded projekteerimisele ja projektlahendile esitatud standardis EVS 811:2002/2006 „Hoone ehitusprojekt“. Standardi kohaselt on ehitise projekteerimine jagatud kolme etappi: eelprojekt, põhiprojekt, tööprojekt. Eskiisprojekti loetakse projekteerimise lähteülesandeks.

Üks oluline standardist tulenev nõue, millest enamasti projekteerimisel kinni ei peeta, on see, et iga üksiku eriala piires korraldab ehitise kavandamist vastava eriala projekteerija. Iga eriala projekteerijale on lähtedokumentiks tellija lähteülesanne ja/või eelnevate ehitusprojekti etappide materjalid ja teiste eriosade projektlahendid. Iga projekteerija vastutab oma projektiosa lähtedokumentidele, normdokumentidele ja headele tavadele vastavuse eest. Lisaks on vajalik standardi EVS 865-2:2006 „Hoone ehitusprojekti kirjeldus. Osa 2: Põhiprojekti ehituskirjeldus“ järgne seletuskiri, kus antakse täpsemad viited valitud materjalide ja toodete paigaldamiseks, tihendamiseks, nõuded väljanägemisele ning paigalduse tolerantsid ehk kirjeldatakse soovitud kvaliteeti ja antakse juhised kaetud tööde aktide koostamiseks. Kui ehitusprojektis ei ole kvaliteeti kirjeldatud, peab ehitaja töö tegema keskmise kvaliteediga, milleks tänases Eesti ehituses on RYL 2000 2. klass.

Ehitusprojektiga seonduvalt tuleb rõhutada, et ei eelprojekt ega ka põhiprojekt ole ette nähtud ehitamiseks, sageli piirdub tellija siiski vaid põhiprojektiga, eramute puhul ka eelprojektiga. Projektlahendi puuduste avastamiseks peaks kaasama omanikujärelevalve juba nii ehitusprojekti vastuvõtmisel kui ka ehitushanke korraldamisel.

## **2.2 Ehitusettevõtjate kvaliteedisüsteemid**

Ehitusettevõtjate kvaliteeditagamise süsteemide uurimises vaadeldi kokku üheksat ettevõtet, kes on kõik Eesti Ehitusettevõtjate Liidu liikmed. Ettevõtted valiti liidu liikmete hulgast juhuslikult, samas arvestati, et valikus oleksid esindatud nii suur- (4 firmat käibega alates 200 mln kr), keskmised (2 firmat käibega 50–200 mln kr) kui ka väikeettevõtted (3 firmat käibega alla 50 mln kr), Tabel 2.1. Tegevusalade järgi keskenduti valiku tegemisel hoonete ehitusele, st uuringust jäid kõrvale need ettevõtted, kelle peamiseks tegevusalaks

on teedehitus, või ettevõtjad, kes on spetsialiseerunud vaid mõnele hooneosale (näiteks ventilatsioonisüsteemid).

Tabel 2.1 Kvaliteedijuhtimissüsteemide olemasolu uuritud ehitusettevõtetes

| Ettevõtte suurus | Ettevõtte asutamise aasta | Kvaliteedijuhtimise süsteemi sertifikaadi omistamise aeg |           |             |
|------------------|---------------------------|--|-----------|-------------|
|                  |                           | ISO 9001   | ISO 14001 | OHSAS 18001 |
| suured           | 1989                      | 1999   | 2002      | 2009        |
|                  | 1991                      | 1999   | 2001      | 2004        |
|                  | 1993                      | 2001   | 2002      | 2010        |
|                  | 2005                      | 2007   | 2007      | 2007        |
| keskmised        | 1996                      | 2008   | 2008      | 2009        |
|                  | 2000                      | 2001   | 2001      | 2001        |
| väikesed         | 2005                      | 2008   | 2008      | puudub      |
|                  | 1996                      | puudub   | puudub    | puudub      |
|                  | 2005                      | 2007   | puudub    | puudub      |

Ehitusettevõtjate kvaliteedijuhtimissüsteemide areng on olnud tihedalt seotud nõudmiste kasvamisega riigihangetel osalemiseks. Alates 2003. aastast on riigihangete korraldamisel esitatud täiendavaid olulisi nõudmisi ettevõtjate kvalifitseerimiseks: registreeringud majandustegevuse registris, sertifitseeritud kvaliteedijuhtimissüsteemi olemasolu, vastutavate spetsialistide pädevus jne. Nii on tulnud ettevõtetel, kes on soovinud osaleda riigihangetel, arendada nii oma kvaliteedi-, keskkonna- kui töötervishoiu- ja tööohutusjuhtimissüsteeme ning võtta tööle erinevate valdkondade vastutavaid spetsialiste.

Kõik uuringus vaadeldud ettevõtjad, kellele oli omistatud kolm sertifikaati, olid juurutanud n-ö integreeritud kvaliteedijuhtimise ISO 9001, keskkonnajuhtimise ISO 14001 standardite ning töötervishoiu ja tööohutuse spetsifikaadi OHSAS 18001 juhtimissüsteemi, mis hõlmab kõigi kolme standardi valdkondi ühtses kvaliteedikäsiraamatus. Ettevõtted, kellele ei ole omistatud kolme sertifikaati, on juurutanud igale standardile vastava eraldiseisva kvaliteedikäsiraamatu.

Lisaks võimalusele osaleda riigihangetel, tagab kvaliteedijuhtimise süsteemide sertifitseerimine ehitusettevõtjatele korrapärase kontrolli (nii firmasiseste siseauditite kui ka välise auditi näol) dokumenteerimise, ressursside juhtimise, teostuse, analüüsi ja eneseparendamise üle.

Väikeettevõtte, kellel ei olnud ISO sertifikaati, on loonud oma kvaliteedijuhtimissüsteemi, mis põhineb ISO 9001 standardil ja võimaldab tulevikus ametlikku sertifitseerimist. Firma esindaja selgituste kohaselt ei loo ISO sertifikaadi taotlemine praegu kõnealusele ettevõttele piisavalt lisandväärtust, mis võimaldaks korvata sertifitseerimiseks tehtud kulutusi, sest ettevõtte on keskendunud peamiselt eratellijatele ja väiksematele riigihangetele, kus kvalifitseerimise tingimused on lihtsamad.

Uuritud suured ja keskmise suurusega ettevõtjad on moodustanud ettevõttesisesed kvaliteediosakonnad, mis tegelevad kvaliteedijuhtimissüsteemi kontrollimise ja auditeerimisega ning ettevõttesisese kvaliteedikontrolliga ehitusplatsidel. Väikeettevõtetes täidab sisemise kvaliteedikontrolli rolli üks juhatuse liige, kes vahetult vastutab ehitustegevuse eest.

## 2.3 1990–2010. a. ehitatud korterelamute kvaliteedi analüüs

Aastatel 1990–2010 ehitatud korterelamute kvaliteedi uurimiseks koguti andmeid valitud ehitusettevõtjatelt, kellel paluti esitada andmed nimetatud ajavahemikul ehitatud korterelamute (suurusega alates kuuest korterist) pakkumise, ehitamise ja garantiiaja jooksul üles kerkinud probleemidest.

Vaatamata asjaolule, et mitmed uuringusse kaasatud ettevõtted on asutatud juba 1990-ndate algul, ei olnud võimalik saada infot hoonetest, mille ehitamine jäi 90-ndatesse. Selle põhjuseks on aja jooksul toimunud ettevõtete jagunemised ja ühinemised ning personali vahetumine, samuti asjaolu, et enne kvaliteedijuhtimise süsteemide juurutamist oli projekti dokumentide säilitamine kaootiline. Pärast 2000. aastat on valdavas osas ettevõtetes kasutusel juba sertifitseeritud kvaliteedisüsteem, mis tagab piisava ja läbipaistva dokumentide ning mittevastavuste ohje, võimaldades ühtlasi andmete taasesitamist aastate pärast.

Uuringus on vaadeldud üksikasjalikult 41 ajavahemikul 2001–2010 ehitatud korterelamut (vt. Tabel 2.2), püüdes välja selgitada töövõtu korralduse põhimudelit, ehitus- ja garantiiaegseid probleeme ning nende tekkepõhjuseid, samuti projekti elluviimiseks läbi viidud riskianalüüsi ulatust.

Tabel 2.2 Objektide jaotus valmimisaastate järgi ja objektide geograafiline jaotus

| Valmimisaasta | Objektide osakaal |
|---------------|-------------------|
| 1997–2002     | 5%                |
| 2003          | 6%                |
| 2004          | 6%                |
| 2005          | 4%                |
| 2006          | 6%                |
| 2007          | 9%                |
| 2008          | 23%               |
| 2009          | 15%               |
| 2010          | 26%               |

| Asukoht      | Objektide osakaal |
|--------------|-------------------|
| Tallinn      | 59%               |
| Tartu        | 31%               |
| Pärnu        | 5%                |
| mujal Eestis | 6%                |

Uuringuga haaratud elamute ehituskestus (ehituslepingu sõlmimisest kasutusloani) oli vahemikus 7 kuni 13 kuud.

Ehituskestuse pikenemist tähtsana ületamisena esines enam kuni 2007. aastani. Ajavahemikus 2008–2009 ilmnis ehituskestuse pikenemist juba oluliselt vähem, pigem jõuti isegi objektide 8–12% varasema valmimiseni. Sellised tulemused on selgitatavad kinnisvarabuumi kõrgajaga 2007. aastal (kui nappis tööjõudu ning materjale ja mehhanisme) ning seejärel toimunud järsu ehitusturu kukkumisega. Kujunenud uues olukorras jäi tellimusi oluliselt vähemaks ning sellest lähtuvalt oli piisavalt vaba tööjõudu ning ehitusettevõtetes rakendati ka kokkuhoiupoliitikat, mille üheks ilminguks oli ka 'platsiaja' lühendamise ja sellega kaasnevate üldkulude kokkuhoid.

Lisaks eelnevale aitas ehitusperioodi lühenemisele 2008–2009 kaasa ehitusettevõtjate leebem suhtumine ehitusprojekti kvaliteeti, mis väljendus ka projekti kompleksuse ja terviklikkuse üle toimuvate vaidluste ja kaasnevate seisakute vähenemises.

## 2.4 Uuringu tulemused

Ülevaate elamuprojektide tervikkorraldusest annab eelkõige töövõtumudelite uuring. Valdav enamus (75%) uuritud objektidest tehti fikseeritud/lõpliku hinnaga peatöövõtu meetodit kasutades. Sellise meetodi kasutamine on võimalik vaid siis, kui koostatud on vähemalt põhiprojekt ning lepingupartneri leidmiseks kasutatakse üldjuhul vähempakkumist. Kulude katmisega peatöövõttu kasutati 18,5% juhtudest just siis, kui elamu tellijaks oli ehitusettevõtjaga seotud kinnisvaraarendusfirma.

Projekteerimis-ehitustöövõttu kasutati 6,5 % juhtudest siis, kui sõlmitud lepingu aluseks oli vaid eelprojekt ning ehitaja kohustuseks oli tellida ehituslepingu raames ehitustöödeks vajalikud mahus täiendavate ehitusprojekti osade koostamine.

Uuringu tulemusel selgus samuti, et üksnes 25% juhtudest oli ehitamiseks koostatud tööprojekt, 35% juhtudest piirduti ehitamisel põhiprojektiga, kuigi projekteerimisel lähtutud standardis EVS 811:2006 (või 2002) on põhiprojekt üldjuhul vaid ehituspakkumise korraldamise aluseks.

### 2.4.1 Riskianalüüs

Arvestades seda, et iga ehitise on oma asukoha, suuruse, väljanägemise, kandekonstruktsioonide ja tehnosüsteemide poolest unikaalne ning ehitusprotsess küllaltki kiire, on ehitusaegsete probleemide vältimise oluliseks eelduseks asjakohase riskianalüüsi läbiviimine.

Üldistatult võib välja tuua kaks peamist riskiallikat – ehitusmaksumus ja teostatavus. Ehitusmaksumuse riskid seonduvad eelkõige hinnapakkumuse ebapiisavusega ehitustööde läbiviimiseks koos võimaliku majanduskeskkonna muutuse prognoosimisega ehitusaja ulatuses ning pakkumuse koostamise lähtematerjali täpsusest sõltuvalt arvestusvigadest. Teostatavusriskid on seotud hinnanguga ehitustööde aluseks oleva ehitusprojektlahendi piisavusele, ehitusplatsi asukohast tingitud mõjudele, ehitamiseks ette nähtud ajaressursile, inseneritehnilise personali pädevusele ning tellija erisoovidele.

Enne ehituspakkumuse koostamist viidi firmades läbi ettevõttesisene kirjalik ehitusmaksumuse analüüs (85% juhtudel), ülejäänud objektide puhul korraldati ettevõttesisene suuline ehitusmaksumuse riskianalüüs. Kui oli tehtud ehitusmaksumuse riskianalüüs, muutus maksumus 50% juhtudel seoses tellija muudatussoovidega, 30% juhtudest oli tegemist vigade ning ebatäpsustega projektlahendis ning 20% oli tegemist ehitaja eelarvestamisveaga.

Ehitusprojekti teostatavuse analüüs viidi kirjalikult läbi enne pakkumuse esitamist üksnes 35% vaadeldud juhtudest, ülejäänud objektide puhul arutati ehitusettevõtte siseselt (juhtkond ja vastutavad projektijuhid) teostatavusriske suuliselt ja arutelusid ei protokollitud. Vaid poolte uuritud ehitusprojektide puhul viis ehitusettevõtja ehitustööde käigus läbi täiendava ehitusprojekti ekspertiisi, et selgitada projektlahendis esitatud lahenduste otstarbekust või sobivust ning projektlahendi vastavust ehitushankes lubatud projektdokumentide staadiumile.

### 2.4.2 Ehitusaegsete probleemide ülevaade

Vaid 5% vaadeldud juhtumitest ei toonud ehitusettevõtja välja ehitusaegseid (olulisi) probleeme, Tabel 2.3.

Puudustega töödeks olid armeerimisvead, viimistlusdefektid, ehitustoodete defektid, tööfrondi ebapiisav kaitse ilmastiku eest, lohakusest tingitud vead. Ehitusaegsetest defektidest moodustasid vundamentide ning kandvate ja välisseinte probleemid kokku üle 50% defektide üldarvust. Kõikide teiste tööliikide osas oli probleeme alla 10%.

Ehitusprojektlahendi vigadest moodustasid samuti ligi 50% vundamentidega ning kandvate ja välisseintega seonduvad probleemid, pea 10% vigadest oli seotud katusetarinditega. Vundamentide puhul torkas silma ebapiisav ehitusgeoloogia maht ning

vajumite ebapiisav hindamine. Kandvate- ja välisseinte osas esines üllatavalt palju probleeme piirete soojusjuhtivuse määramisel: sageli oli projektlahendis vasturääkivusi, esines ka olukordi, kus välispiirde soojusjuhtivuse väärtus oli määratud sisetemperatuuri +18 °C järgi, kuigi eluruumide sisetemperatuur on tavaliselt +22 °C.

Ehitaja ettepanekud olid seotud ehitustoodete asendamise ja ehitustehnoloogia muutmisega. Tellija soovidest tingitud ehitusaegsed probleemid olid peamiselt seotud juba tehtud tööde ümbertegemisega tulenevalt korteritele lõpptarbija/kasutaja leidmisega.

Ehitamise ajal avastatud puudusi püüti üldjuhul edasise töö käigus parandada.

Tabel 2.3 Ehitusaegsete probleemide jaotumine ja ehitusaegsed probleemid tööliigiti.

| Probleem                    | Osakaal % | Tööde nimetused EVS 885:2005 liigituse alusel | Osakaal, % |
|-----------------------------|-----------|---|------------|
| Defektsed tööd              | 35        | 15 Välisvõrgud                                | 4,8        |
| Viga ehitusprojektis        | 38        | 21 Rostvärgid ja taldmikud                    | 9,5        |
| Ehitaja soov muuta lahendit | 8         | 22 Vundamendid                                | 11,9       |
| Tellija soov muuta lahendit | 20        | 31 Metalltarindid                             | 4,8        |
|                             |           | 32 Kandvad- ja välisseinad                    | 23,8       |
|                             |           | 42 Aknad                                      | 4,8        |
|                             |           | 43 Välisüksed- ja väravad                     | 2,4        |
|                             |           | 46 Rõdud ja terrassid                         | 2,4        |
|                             |           | 47 Piirded ja käiguteed                       | 2,4        |
|                             |           | 48 Katusetarindid                             | 9,5        |
|                             |           | 51 Vaheseinad                                 | 2,4        |
|                             |           | 53 Siseseinte pinnakatted                     | 7,1        |
|                             |           | 56 Põrandad ja põrandakatted                  | 4,8        |
|                             |           | 68 Lõõrid, korstnad, küttekolded              | 2,4        |
|                             |           | 71 Veevarustus ja kanalisatsioon              | 2,4        |
|                             |           | 72 Küte, ventilatsioon ja jahutus             | 4,8        |

### 2.4.3 Ehitise üleandmisel esinenud probleemid (vaegtööd)

Ehitise üleandmisel tellijale ei esinenud puudusi, mille kõrvaldamise summa oleks ületanud 1000 eurot, vaid umbes 16% vaadeldud juhtumitest Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Vaegtööde ilmnenemise põhjused ja vaegtööde jagunemine tööliigiti

| Probleem                    | Osakaal % | Tööde nimetused EVS 885 alusel    | Osakaal, % |
|-----------------------------|-----------|-----------------------------------|------------|
| Defektsed tööd              | 80        | 32 Kandvad- ja välisseinad        | 20,0       |
| Viga ehitusprojektis        | 15        | 42 Aknad                          | 15,0       |
| Tellija soov muuta lahendit | 5         | 51 Vaheseinad                     | 10,0       |
|                             |           | 52 Siseüksed                      | 10,0       |
|                             |           | 53 Siseseinte pinnakatted         | 15,0       |
|                             |           | 56 Põrandad ja põrandakatted      | 5,0        |
|                             |           | 71 Veevarustus ja kanalisatsioon  | 5,0        |
|                             |           | 72 Küte, ventilatsioon ja jahutus | 10,0       |
|                             |           | 74 Tugevvoolupaigaldis            | 10,0       |



Puudustena ehitise üleandmisel tellijale kandusid edasi ehitamise ajal tehnoloogia rikkumisega tekkinud probleemid (kande- ja välisseintel soolade eraldumine ning betooni mahukahanemine). Võrreldavas mahus esines probleeme nii avatäidetega (nii tihendamisega seotult kui ka muude ehitustöödega rikutud klaasid, raamid, piidad) kui ka siseviimistluse kvaliteediga (viimistluse tasasus, ühtlus, praod jne).

Ehitusprojektlahendi vigadest tingitud probleemid olid ehitise valmimise ajaks valdavalt lahenenud, levinuimatest vigadest võib esile tõsta probleeme kütte- ja ventilatsioonisüsteemidega, mis väljendus nende koostoimes, reguleeritavuses ning kõrges müratasemes.

#### 2.4.4 Garantiiaegsed probleemid

Kõigil uuritud objektidel oli garantiiaeg 24 kuud ning samas ei esinenud selliseid olukordi, kus oleks tulnud rakendada Tsiviilseadustiku üldosa seadusest (TsÜS) tulenevat töövõtja/ehitaja vastutust. Garantiiaegset puuduste kõrvaldamist esines siiski kõikidel vaadeldavatel hoonetel.

Garantiitööde põhjuslik jaotus jäi praktiliselt samaks, mis oli ka ehitise üleandmisel tellijale – ehitaja defektsete tööde osakaal oli 80% ja ehitusprojekti vigade osakaal 20%, Tabel 2.5.

Garantiiajal ilmnenuid puudustest ca 20% olid seotud avatäidetega (soojus- ja õhuläbivuse probleemid, reguleeritavus), ca 18% olid seotud siseviimistluse puudustega (järelvajumisest ja kuivamisest tekkinud praod, pindade tasasus ja ühtlus). Üle 35% garantiiaegsetest kaebustest oli seotud ehitise eriosadega st vee- ja kanalisatsiooni ning kütte ja ventilatsiooniga. Selles osas olid sagedasemad puudused seotud torustiku ühenduste ning kinnituste püsivuse, reguleeritavuse ning müratasemega.

Ehitusprojektlahendi vigadest tingituna esines garantiiajal enim probleeme klaasfassaadide ja vundamentidega: vastavalt kondensaadi ärajuhtimine ja soojusjuhtivus klaasfassaadidel ning ebaühtlased vajumid vundamentidel.

Kõikide uuritud objektide garantiitööde maksumusi ei õnnestunud tagantjärgi tuvastada, samuti loobusid ehitusettevõtjad mõnede objektide puhul garantiitööde maksumuste avaldamisest. Garantiitööde maksumus võrrelduna ehitustööde maksumusega oli 0,3%.

Tabel 2.5 Garantiitööde põhjuste jagunemine ja garantiitööde jagunemine tööliigiti.

| Probleem            | Osakaal % | Tööde nimetused EVS 885 alusel    | Osakaal, % |
|---------------------|-----------|-----------------------------------|------------|
| Defektsed tööd      | 80        | 15 Välisvõrgud                    | 2,1        |
| Viga ehitusprojekti | 20        | 22 Vundamendid                    | 4,3        |
|                     |           | 32 Kandvad- ja välisseinad        | 4,3        |
|                     |           | 41 Klaasfassaadid                 | 8,5        |
|                     |           | 42 Aknad                          | 6,4        |
|                     |           | 43 Välisuksed ja väravad          | 4,3        |
|                     |           | 46 Rõdud ja terrassid             | 6,4        |
|                     |           | 48 Katusetarindid                 | 6,4        |
|                     |           | 51 Vaheseinad                     | 6,4        |
|                     |           | 52 Siseuksed                      | 2,1        |
|                     |           | 53 Siseseinte pinnakatted         | 8,5        |
|                     |           | 56 Põrandad ja põrandakatted      | 4,3        |
|                     |           | 71 Veevarustus ja kanalisatsioon  | 10,6       |
|                     |           | 72 Küte, ventilatsioon ja jahutus | 23,4       |
|                     |           | 74 Tugevvoolupaigaldis            | 2,1        |

## 2.5 Kokkuvõte

75%-l küsitletud ettevõtetest tegeles garantiiprobleemidega sama projektijuht, kes oli vastutav ehitamise eest, muudel juhtudel tegelesid garantiiprobleemidega kas eraldiseisev garantiitööde projektijuht või kvaliteediosakond. Oluline on, et ehituse käigus fikseeritakse üleskerkinud probleemid, teostatud lahendused ja vastastikused arveldused.

Uuringu käigus ilmnis ka olukordi, kus garantiitöödega tegeles varem ehitamise eest vastutanud projektijuht ning kõik klientide kaebused ei jõudnudki ettevõttesse, sest need lahendati 'jooksvalt' tellija ja projektijuhi vahel; eranditult puudutas see väikeste kuludega kõrvaldatavaid puudusi.

Üheski uuritavas ehitusettevõttes ei koondatud garantiiperioodi lõpuks probleeme ühte nimistusse ega analüüsitud nende tekkepõhjuseid ja võimalikke meetmeid sarnaste probleemide ärahoidmiseks tulevikus.

Uuringu käigus ei selgunud kindlaid seoseid, mis oleksid kirjeldanud ehitusvigade ja probleemide selget jagunemist tulenevalt ettevõtte suurusest. Seda võib selgitada asjaoluga, et uuritud väiksemad ettevõtted ei võtnud töösse enda jaoks liiga suuri objekte, mille elluviimiseks oleks neil nappinud finantsvahendeid või inseneritehnilist personali.

Kõigi uuritud ettevõtete puhul tuleb märkida, et tiheneva turukonkurentsi ja üldise raske majandusliku olukorra tingimustes on hakatud siiski järjest suuremat tähelepanu pöörama ehitamise kvaliteedile ja kliendikesksele suhtumisele, püüdes seda kasutada täiendava argumendina lepingueelsetel läbirääkimistel. Paraku on see kasutatav üksnes eratellijate puhul, kui ei rakendata riigihanke odavaima pakkuja põhimõtet. Samuti on ehitajad järjest enam näidanud üles huvi loobuda üksnes hetkelisele hinnavõidule keskendunud odavnemise ettepanekutest, eelistades pigem järeleproovitud ja pikaajalisi lahendusi isegi olukorras, kus veidi odavam ning garantiiajal kestev lahendus oleks olnud veel kümme aastat tagasi kindlaks valikuks. Sellega püütakse minimeerida garantiiaja ja hilisemaidki riske ning kulusid ebaõnnestunud töö ümbertegemisega.

### 3 Ehituskorraldus ja ehitustehnoloogia analüüs

Ehituskorralduse ja –tehnoloogia analüüsi põhieelduseks on kontseptsioon, mis eeldab, et ehitustööde korralduse tase ja kasutatav ehitustehnoloogia avaldavad olulist mõju ehituse kvaliteedile ja selle kaudu ka ehitiste elueale. Sellise lähenemise eesmärgiks on leida **preveniivseid** meetodeid ehitiste eluea pikendamiseks, mõjutades ehitusprotsessi. Samas võib öelda, et **ehitusprotsessis** osalejad, vaidlustamata eelpoolnimetatud seisukohta, ei soovi praktikas midagi konkreetsemalt ette võtta. Põhimõtteliselt on neil ka õigus, kuna selgusetuks jääb, kuivõrd oluline on ehitustehnoloogiast ja platsi korraldusest kinnipidamise mõju ehitustegevuse mõõdetavatele parameetritele (kasum, kestus, kvaliteet, eluiga jne).

#### 3.1 Ehituskorraldust ja ehitustehnoloogiat käsitlevate normatiivdokumentide ja juhendmaterjalide ülevaade

Ehitustehnoloogia ja ehituskorralduse tegelikkuse võrdlemisel reguleerivate dokumentidega tuleb esiteks täpsustada need normid, tavad ja nõuded, millega tehnoloogiat võrdlema hakatakse. Valdav osa ehitustehnoloogiat ja -korraldust puudutavast norminformatsioonist on talletatud mittekohustuslikesse kandeallikatesse, milleks on erinevad standardid, juhendkaardid, infolehed ja oma eriala spetsialistide koostatud juhendmaterjalid. Ajakohased, süstematiseeritud ja ehitusala võrdse detailsusega katvad tehnoloogiakirjeldused tänases Eestis puuduvad.

Oluliseks allikaks ehitustehnoloogiat puudutavates küsimustes on rahvuslikud või harmoneeritud standardid (EVS, EVS-EN). Rahvuslikud standardid ei ole kohustuslikud seni, kuni need ei ole viidatud seaduse tekstis või ei muutu kohustuslikuks mõnel muul viisil. Harmoneeritud standardid on kohustuslikud. Standardites tuuakse tehnoloogiat ja korraldust puudutavad nõuded välja peamiselt seoses materjalide ja toodete omaduste ja kasutamisega, spetsiaalseid standardeid tehnoloogia ja -korraldusprotsesside juhtimiseks uuringu käigus ei leitud.

Ehitusalased regulatsioonid tehnoloogia ja korralduse osas ei pruugi koosneda ainult seadustest ja standarditest. Ehituses võivad tehnoloogia või tööde korralduse nõuded muutuda tunnustatuks lepinguõiguse ja ehituse hea tava regulatsiooni kaudu. Head ehitustava kajastavad osaliselt ehitustehnoloogia ja -korralduse osas riigis käibel olevad kvaliteedijuhendid (RYL, RIL jt), juhendkaardid ja juhendmaterjalid (ET, ETF), erinevate riikide rahvuslikud standardid (EVS, SFS, DIN, BS). Süsteemselt on tehnoloogia ja platsikorralduse nõudeid ja ajanorme kirjeldatud Soome RATU kaartidel ning oma eriala spetsialistide poolt välja antud tunnustatud tehnoloogiakirjanduses (käsiraamatud, artiklid).

Kokkuvõtlik loetelu Eestis ehituses kasutatavatest ehitustehnoloogia ja -korralduse küsimusi kajastavatest seadustest, regulatsioonidest ja kasutatavatest juhendmaterjalidest on esitatud Tabel 3.1-s

Tabel 3.1 Ehituskorralduse ja ehitustehnoloogia küsimusi reguleerivad dokumendid ja juhendmaterjalid.

| Jrk nr | Dokumendi nimetus                  | Tunnus | Dokumendi kirjeldus ja kasutusala   | Päritolu |
|--------|------------------------------------|--------|---|----------|
| 1      | EV ehitusseadus ja selle alamaktid | Seadus | Kohustuslikud. Ehitusseadus, selle alamaktid ja teised ehitamist reguleerivad õigusaktid annavad ehitustegevuse üldise seadusruumi ja nõuded ehitamisele ning ehitistele üldiselt, kuid ei kajasta täpsemalt ehitustehnoloogia ja -korralduse nõudeid. Seaduse koosseisus antakse üldised juhised ehitustööde dokumenteerimise korra kohta, ehitamise dokumentide loetelu, dokumentide vorminõuded, ehitiste üldiste omaduste nõuded jne. | EV       |

| Jrk nr | Dokumendi nimetus   | Tunnus               | Dokumendi kirjeldus ja kasutusala  | Päritolu |
|--------|---|----------------------|--|----------|
| 2      | EV töötervishoiu ja tööohutuse seadus ja selle alamaktid (näiteks tööohutusnõuded ehituses) | Seadus               | Kohustuslikud. Töötervishoidu ja tööohutust reguleerivad seadused annavad ülevaate tööohutusküsimustest. Ei sisalda ega ole ühtlustatud töö tehnoloogianõuetega muudes ehitusalal kasutatavates juhendmaterjalides ja allikates, vaid on ülimuslikud ja direktiivsed nende suhtes – töö tuleb organiseerida alati ohutul viisil ja seadusi järgides.   | EV       |
| 3      | Tee-ehituse tehnoloogianõuded   | Seadus               | Kohustuslik. „Teehoiutööde tehnoloogianõuded“ (Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 132, 29.05.2004) annab suhteliselt korrektsed, põhjendatud ja arusaadavad juhised muuhulgas aluste ja tagasitäidete ehitamiseks, nõudeid kasutatakse ka üldehituses tihti referentsmaterjalina vundamentide, hoonesiseste ja -väliste täidete ehitamisel, kuna vastavad Soome normid ja teave on olnud senini tõlkimata, mittekättesaadavad või kohati sobimatud kohalike oludega.  | EV       |
| 4      | Rahvuslikud EV standardid EVS   | Standard             | Vabatahtlikud, hea tava kajastavad. Sisaldavad olulist hulka ehitustooteid (tootegruppe), lahendusi ja paigaldustehnoloogiat kirjeldavat informatsiooni. Kõik valdkonnad ei ole kajastatud võrdse täpsusega, esineb olulist valdkondade ala- ja ülekaetust, samuti on paljud rahvuslikud standardid kuulutatud tänase seisuga kehtetuks (asendatud vastava Euroopa standardiga) või kuulutatud kehtetuks, samas uutega asendamata.   | EV       |
| 5      | Rahvuslikud teiste riikide standardid (SFS, DIN, BS jt.)                                    | Standard             | Vabatahtlikud, hea tava kajastavad, pole enamasti kättesaadavad tavalisele ehitajale, on võõrkeelsed. Sisaldavad sageli informatsiooni valdkondade ja niššide kohta ehitusalal, mille kohta Eestis autentne informatsioon standardite tasemel peaaegu täiesti puudub. Näiteks lõhketööd, maasisesed hüdroisolatsioonilahendused jt.  | Erinevad |
| 6      | EVS-EN harmoneeritud standardid   | Standard             | Kohustuslikud järgimiseks. Sisaldavad autentset informatsiooni Euroopa direktiividega ühtlustatud ehitusnõuete ja lahenduste kohta.  | EU       |
| 7      | EVS-EN mitteharmoniseeritud, Euroopa standard, mis on üle võetud rahvuslikuks               | Standard             | Vabatahtlikud. Kajastavad Euroopa riikide head tava toodete ja ehitustehnoloogia ning mõnel määral ka organiseerimise küsimustes.  | EU, EV   |
| 8      | Tehnilised spetsifikatsioonid ja tehnilised raportid IEC, ISO, CEN (TS, TR)                 | Standard             | Mitmesugused nõuded teatud toodete ja tootmistehnoloogiate kohta.  | EU, EV   |
| 9      | Eesti projekteerimisnormid EPN  | Normatiivne eel-nõud | Vananenud. Mõned tänaseks kehtivuse ja tunnustuse kaotanud rahvuslike projekteerimisnormide EPN projekti raames valminud normid sisaldavad kohati endasse kätkevad osi tehnoloogia ja korralduse küsimuste kohta, mis ei ole liikunud edasi praegu tunnustatud dokumentidesse (standarditesse). Selle tõttu on nimetatud normid teatud mõttes informatiivne materjal, mida saab osaliselt kasutada teatud tehnoloogiate võrdlemisel, mille kohta muu sarnane kirjeldus puudub. Ei sobi kasutada valdkondades, mille kohta on olemas vastav standard, normatiiv või mõni muu uuem infomaterjal. | EV       |
| 10     | Ehitusteabe juhendkaardid ET-1,   | Juhendkaart          | Vabatahtlik. Väljaandja Eesti Ehitusteave. Juhendkaardid kajastavad detailset ehitusteavet   | EV       |

| Jrk nr | Dokumendi nimetus   | Tunnus                         | Dokumendi kirjeldus ja kasutusala  | Päritolu |
|--------|---|--------------------------------|--|----------|
|        | ET-2, ET-3  |                                | ehitamise üldküsimumuste, tarindite ja materjalide kohta. Sisaldavad olulist osa erinevatest materjalidest tarindite lahendus- ja lõpptulemuse nõuetest ja vähesel määral tehnoloogia ja korralduse kirjeldust.  |          |
| 11     | Soome ehitusteabe juhendkaardid RT ja nende tõlked eesti keelde (ETF).  | Juhend-kaart                   | Vabatahtlik. Väljaandja Rakennustieto OY Soomes ja ET Infokeskuse AS Eestis. Sisaldavad informatsiooni peamiselt materjalide ja tootesüsteemide ning osalist infot nendega seotud paigaldusmeetodite ja korralduse kohta. Ei kata ehitusala tervikuna, vaid teatud osasid sellest.   | FI, EV   |
| 12     | Juhendkaardid KH  | Juhend-kaart                   | Vabatahtlik. Sisaldab kinnisvarahalduse teemalist informatsiooni, juhendkaartide hulgas on ka selliseid, milles on välja toodud ehitustööde ja -materjalisüsteemide kasutamise kirjeldusi.   | FI, EV   |
| 13     | Kvaliteedinõuete (ehitamise lõppseisundi kirjelduse) tunnustatud käsi-raamatud hoonetele, ja eriosadele, nagu näiteks RYL (tõlgitud eesti keelde), RIL jt | Käsi-raamat, normatiiv         | Vabatahtlik (muutub tavaliselt kohustuslikuks lepingupooltele lepinguõiguse kaudu, kuna on kõige enam kasutatav kvaliteedi viiteallikas ehituslepingutes). Süstemaatiline, kajastab suuremat osa ehitusvaldkonna alasid, kuid kajastamine on kohati mittetäielik, ei sisalda kõiki vajalikke detaile, lahendusi ja teavet. Annab peamiselt lõppseisundi kirjeldused ja nõuded ehituse hea tava rakendamiseks eri liiki tarindite, nende osade ja teostatavate tööde puhul, samuti keskkonnakorralduse nõuded. Sisaldab tehnoloogia ja organiseerimise kirjeldusi teatud koguses direktiivsete juhiste kujul, mis tulenevad kirjeldatud lõpptulemuse saavutamise vajadusest. Annab viited seostuvatele juhendmaterjalidele ja normatiividele, mis on valdavalt võõrkeelsed (SEM, RakMk, Toleranssit, BY39,40,45, Talo, RIL jt). | FI, EV   |
| 14     | Ehitustööde liigituse ja süstematiseerimise juhendallikad (TALO)  | Käsi-raamat                    | Vabatahtlik. On oma sisult hoone tööde ja kulude liigituse eeskiri. Ei anna juhiseid ehitustehnoloogia ja korralduse suhtes, kuid on teatud määral kasutatavad protsesside planeerimisel struktuuri loomise mudelina ja referentsina liigendus- ja kodeerimissüsteemide loomisel.  | FI       |
| 15     | Ehitustööde tehnoloogiakirjelduse juhendkaardid RATU ja tehnoloogia-raamatud (soomekeelsed, tõlkimisel Eesti keelde alates 2012. aastast)                 | Juhend-kaart, normatiivallikas | Vabatahtlik. Sisaldab tööde ja tööliikide kaupa <b>detaileid tehnoloogia ja organiseerimise kirjeldusi</b> teatud (mitte kogu ehitusvaldkonda katva) tööde jaotuse kohta. Kaartides sisalduvad ajanormid, tööde eeldused, vajalikud dokumendid, kasutatavate masinate ja seadmete kirjeldus, töömeetodite, töövõtete, vahendite, seostuvate tööde jms detailne selgitus koos illustratiivse materjaliga. Kaardid sisaldavad väärtuslikku informatsiooni töötehnoloogia võrdlemiseks ja vigade tuvastamiseks. Tuleb tähele panna, et neid ei ole siiski võimalik ilma erikontrollita mehaaniliselt üle võtta kasutamiseks Eesti oludes (vajavad süsteemset kontrolli ja lokaliseerimist kohalike oludega).  | FI, EV   |
| 16     | Ehituse ajanormeerimise allikad ja norm-dokumendid EKE-NORA kataloog  | Normatiivallikas               | Sisaldab tööde ajanorme ja üksushindeid ressursikulu tasemel, millest samas ei ole peaaegu võimalik välja lugeda töö tehnoloogia kirjeldust, samuti ei näidata teavet ega meetodit, mille alusel nimetatud andmed on saadud ja kas need on usaldusväärsed. Nimetatu teeb normide rakendamise äärmiselt probleemseks ja kasutamisel ilmneb olulisi erisusi tegelikkusest.   | EV       |

| Jrk nr | Dokumendi nimetus   | Tunnus  | Dokumendi kirjeldus ja kasutusala   | Päritolu |
|--------|---|---|---|----------|
| 17     | Ehituse ajanormeerimise allikad ja normidokumentid (mujal riikides kasutatavad, kohati võetakse üle ka Eesti oludesse), nt. SNiP, ENiR (SRÜ), RATU (Soome) jt ajanormid | Normatiivlikas  | Vabatahtlik referentsmaterjal. Endised „vene“ normid sisaldavad üksushinnete kirjeldusi enamiku ehitustööde kohta täpsel ja detailsel tasemel (normeerimine tugines ehitusuuringu instituutides tehtud süsteemsele meetodikapärasele normeerimistöole). Kahjuks on uuritud tehnoloogiad, materjalid ja nende põhjal koostatud normid tänaseks oluliselt vananenud ja ei ole sageli kasutatavad. Soome RATU normide ülevõtmine ei ole samuti võimalik ilma tehnoloogia ja korralduse üksikasju täpsustamata. | SRÜ,FI   |
| 18     | Ehitusettevõtete kvaliteedikäsiraamatud   | Piiratud juurdepääsuga allikad                          | Jätkusuutlike ja kvaliteetehitust viljelevate ettevõtete käsiraamatud on kohustuslikud järgimiseks ettevõttesiseselt, avalikuks tehtuna võivad olla teatud referentsmaterjaliks tööde tehnoloogia ja korralduse uurimisel ettevõtetes. Kajastavad tööde kirjelduse protsesse, nõudeid, tingimusi kvaliteetse ehitustulemi loomiseks.  | EV       |
| 19     | Oma ala spetsialistide, asotsiatsioonide või ettevõtete poolt välja antud õpikud, ehitussüsteemide kvaliteedikirjeldused, artiklid, teadustööd jms.                     | Referentsmaterjal                                       | Vabatahtlik. Sisaldab ehituse head tava spetsialisti- või professionaalitasemel kirjeldavat informatsioonikogumit, saab kasutada tehnoloogia ja korralduse tunnustatud kirjeldusena (sõltuvalt autorist ja tema kogemustest) ning allika sisust.  | EU, EV   |
| 20     | Süsteemi kuuluvate ehitusmaterjalide ja tootesüsteemidele kehtestatud tunnustatud vastavus- ja kvaliteedikirjeldused  | Tootesüsteemi paigalduse ja kasutamise kvaliteedijuhend | Vabatahtlik. Sisaldab tunnustatud informatsiooni tootesüsteemide projekteerimise, materjalivaliku ja õige ehitamise ja kasutamise tövõtete kohta (materjalid, tehnoloogiad, hooldusjuhised, näiteks krohvitud komposiitsoojustuse ETA kvaliteedisertifikaat, firma x pakutava krohvisüsteemi tunnustussertifikaat; tootja y süsteemsete kipsplaatkonstruktsioonide ehitamise juhend, tootja z paneelsüsteemide montaažijuhend) vms.   | EU, EV   |
| 21     | Mittesüsteemsete ehitusmaterjalide ja -toodete paigaldus-, kasutus- ja hooldusjuhised.  | Toote paigalduse ja kasutamise kvaliteedijuhend         | Vabatahtlik. Sisaldab tunnustatud informatsiooni konkreetsete toodete paigalduse ja kasutamise kohta.   | EU, EV   |

Hea tavana kinnistunud ja erinevates dokumentides ja määratlustes kirja pandud tehnoloogia ja ehituskorralduse nõuded ongi põhiline baas, millega saab võrrelda tööde reaalselt tegemist objektidel, tuvastades seeläbi kõrvalekalded ja nende erinevused teoreetilisest kirjeldusest. Järgnevalt tuleb mõõta tuvastatud hälvete olulisust ja intensiivsust ning hinnata nende mõju ehitisele. Kahjuks tuleb mainida, et tabelisse koondatud dokumendid ei ole oma struktuurilt üles ehitatud ühtlasel viisil, mis võimaldaks tehnoloogia ja korralduse mõju hinnata võrreldavas süsteemis. Nõuete kirjeldused on erineva detailsuse ja liigendusega, kohati ei vasta tegelikule praktikale jne. Seega tuleb mõju hindamiseks luua unifitseeritud eraldi toimiv süsteem.

Ehitustehnoloogia ja -korralduse juhised ja nõuded on aja jooksul läbi teinud mitmeid sisulisi ja vormilisi muutuseid. Nii olid 1990-ndate alguses teabe kandjaks peamiselt Nõukogude ajast pärit tehnoloogiaõpikud, SNiP, GOSTi standardid, ENiR ja hiljem uuringugruppide poolt kogutud andmestiku alusel väljatöötatud EKE-Nora normatiivkirjeldused maksumuse ja ajanormide kohta. Olulist mõju avaldasid sellel

ajajärgul ka püüded välja töötada Eesti kohalikke projekteerimismorme (EPN), mille koosseisus leidis viiteid ja juhiseid ka korralduse ning tehnoloogia nõuetele. Viimane protsess aga muutus, kui algas rahvuslike standardite väljatöötamine ning järjest olulisema allikana tehnoloogia ja ehituskorralduse alase informatsiooni suhtes tõusis esile Eesti Ehitusteabe väljastatav ET-kartoteek, Rakennustieto liidu kaudu kättesaadav RT-kartoteek (aastast 2009 tõlge eesti keelde ETF kaartidena, haldajaks ET-Infokeskus OÜ, [www.ehituskeskus.ee](http://www.ehituskeskus.ee)) ning üha enam soome keelest eesti keelde tõlgitud kvaliteeditaotmik RYL (RYL 2000, RYL 2010). Rahvuslike standardite ilmumine ([www.evs.ee](http://www.evs.ee)) tõi ka 2000-ndate algusaastatel kaasa EPN-i käibelt kadumise ja hiljem (alates 2006. aastast) asendati järjest rohkem rahvuslike standardeid Euroopa Liidu tingimustele vastavate EVS-EN standarditega, muutes vastavad rahvuslikud standardid kehtetuks.

Kogu selle aja jooksul on olulisi tehnoloogiakirjeldusi kandnud ettevõtete kvaliteedikäsiraamatud. Materjali ja ehitustoodete tootjate juhendid materjalide õige paigaldamise kohta on muutunud sisult ja vormilt, olles tänapäeval omandanud lisaks paberdokumendi kujule veel ka elektroonsed vormid, ning saanud seega oluliseks teabeallikaks. Muutunud on ka suuremate materjalitootjate ja müügiesindajate hallatav **süsteemitoodete konsulteerimissüsteem** (tootetugi, tooteinfo, tehniline teave, tootekoolitused, toodete paigaldus-, kasutus- ja hooldusjuhendid). Kuni aastani 2010 ei olnud eesti keelde tõlgitud soomekeelseid RATU kaarte, mis on otseselt suunatud tehnoloogia ja töövõtete ning tööajakasutuse tutvustamisele. Praegu tõlgitakse Eestis RATU kaarte EL Interreg projekti DigiEdu ([www.digiedu.eu](http://www.digiedu.eu)) raames ja kaartidel olev informatsioon muutub kättesaadavaks digitaalkujul arendatavas spetsiaalses infokeskkonnas.

## 3.2 Ehitustehnoloogia ja -korralduse mõju tulemile

Ehitustehnoloogia ja ehituskorraldus on seotud nii eelteabe kui ka tööprotsessiga ning avaldavad mõlemad olulist mõju tööde tulemile. Mõju ilmingute ja ulatuse täpsem tuvastamine ja hindamissüsteem on selle uuringu eesmärgiks pikemas perspektiivis, kuna juhusliku valimi analüüsimisel ei saa teha kaugeleulatuvaid järeldusi. Praegu valmistatakse ette pinnas pikaajaliste ja põhjalikumate andmete kogumiseks, töötlemiseks ja analüüsiks. Seda toetavad muuhulgas ka Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumis käsil olevad protsessid (projekt „Ehitisregistri e-teenuste arendus“, mis loob põhimõttelised eeldused ja tehnilised võimalused eluea hindamiseks vajalike andmete kogumiseks pika aja jooksul otse ehitisregistrisse).

Küll oli võimalik vaatluste praeguses faasis tuvastada:

- ehituskorralduse ja ehitustehnoloogia peamised iseärasused ja hälbimised nõuetega ettenähtud piiridest;
- vaatlusobjektide peamised vead ja puudused ;
- teha esmased süstematiseeritud järeldused ehitamise tehnoloogia ja ehituskorralduse mõjude kohta ehitisele ja selle elueale.

Korterelamute eksploatatsiooniolukorras ilmnenud ehitusvigade kohta on Eestis varemalt tehtud mitmeid erinevaid uuringuid. Lisaks on avalikult kättesaadav ka piiratud hulk ekspertiisiakte ja kohtulahendite koosseisus olevat informatsiooni, mida saab pärast süstematiseerimist kasutada allikatena ehitistel ilmnevate vigade väljatoomisel ja analüüsil. Ehitusvigade tuvastamiseks saab teoreetiliselt kasutada ka avalikku osa informatsioonikogumist, mille moodustavad korterelamute eksploatatsiooni andmisel ehitustööde dokumentides fikseeritud täheldused, nt märkused kõrvaldamata puuduste kohta ehituspäevikutes ja töökoosoleku protokollides, hoone eksploatatsiooni andmisele eelneva ülevaatus puuduste loendid, kasutusloale eelneva ülevaatus ametnikepoolsed märkused jt. Kahjuks selgus, et sisuliselt ei saa kasutada informatsiooni paljudest uuringutest ja ekspertiisidest, mis jäävad avalikult kättesaamatuks, kuna tellijad jt infovaldajad ei ole andmete jagamisest huvitatud. Ebausaldusväärseks võivad osutuda ka ehitustööde päevikutesse ja töökoosoleku protokollidesse kantud märkuseid ja nende sisu. Viimaste puhul on ebaseadlikuks tõsiasiaks nende sagedane vormistamine

tagantjärele, mille tulemusena ei pruugi seal tegelik ehitusprotsess objektiivselt kajastuda. Usaldusväärsemaks allikaks ehitise ja tehnoloogia puuduste suhtes on uuringuraportid, ekspertiisiaktid ja hoone omaniku esindaja osalusel toimunud ülevaatuste protokollid, kus vigade fikseerimine on selgem ja konkreetsem.

Nimetatud uuringutes on viidatud ja esile toodud sagedasemad ilmingud ja vead valmis korterelamute puhul, mille hulgast võib iseloomulikena välja tuua näiteks:

- vundamentide vajumisest ja ebastabiilsetest alustest tingitud probleemid, praod seintes;
- keldrite niiskuse probleemid, puudulik hüdroisolatsioon;
- materjalivalikust tulenevad probleemid, näiteks betooni lagunemine agressiivsete mõjurite ja külma toimel, terasdetailide korrosioon jt.;
- pinnasel põrandate äravajumise (sisetagasiidete tiheduse või tiheduse kao probleemid);
- betoonpõrandate pragunemise probleemid (vajumine, temperatuuri ja mahukahanemisdeformatsioonid);
- vanemate ja ka uuemate korterelamute suur soojusjuhtivus ja õhulekked, tühemikud seintes ja katuses, külmasillad soojustatud piiretes;
- piirete ehitusfüüsikaliselt ebaõige toimimine, piirete sisepinna liiga madal temperatuur;
- avatäidete kahjustused (puitakende ja plastakende väsimine ja valed materjalid ning konfiguratsioonid);
- fassaadide viimistlusmaterjalide probleemid, välimuse vananemine ja materjalide lagunemine;
- katuste vähene vastupidavus, veepidavuse kadu, niiskuskahjustused;
- siseviimistluse materjalide valik, kahjustumised, sisehüdroisolatsioonide korrektne toimivus;
- vanemate telliselamute fassaadikinnituse katkemisega seotud probleemid;
- hoone tehnosüsteemidega seotud probleemid, näiteks ebapiisav ventilatsioon, tasakaalustamata küte, soojustagastuse puudumine, tehnosüsteemide ebaõige asetus jms.

Varasemalt Eestis tehtud ehitustööde korralduse ja tehnoloogia uuringud ei olnud piisavalt süsteemsed, vaid tuginesid peamiselt objekti-, juhtumipõhisele või süstematiseerimata tellimusuurimisele. Nii näiteks on suur kogus tehnoloogiat ja korraldust puuduvat informatsiooni fikseeritud süstematiseerimata kujul erinevate korruselamute ehitusaegses dokumentatsioonis, millele avalik ligipääs on piiratud ning osa dokumente puudub. Kasutuks tuleb lugeda ka informatsioon, mida valdavad korterelamuid ehitanud ettevõtted ja korterelamute tellijad, kes ei soovi andmete avalikustamist ega nende kasutamist väljaspool osapooltevahelisi lepingulisi suhteid. Teatud oluliseks puutepunktiks informatsiooni hankimisel võiks olla aga riiklikud/munitsipaalalamute tellijad, kes vastava uuringu jätkumisel ja piisava motivatsiooni tunnetamisel võiksid soostuda tagantjärele arhiividest välja tooma ja avalikustama dokumente ehitatud elamute korralduse ja tehnoloogia küsimuste kohta. Täna juurdepääs neile andmetele veel puudub.

Eelpool öeldu jätab reaalselt kasutatavaks uurimismeetodiks ehitustööde monitooringu, nähtu dokumenteerimise, võrdluse ning analüüsi. Seejuures tuleb rõhutada, et uuringutel tavaliselt ei fikseerita tehnoloogia või protsessi kirjeldusi, vaid ainult hälbeid ja kaheldavusi ning seda mitte alati normiga võrreldes, vaid „ehitamise ühtlase hea tava mõistes“, mille tõlgendajaks on otseselt vaatlust teostav isik. Vajalikus ulatuses dokumenteerimist soosivad ka „Ehitusseadusest“ ja selle alamaktist „Ehituse dokumenteerimise kord“ tulenevad olemasolevad regulatsioonid (kui rohkem ei nõuta, siis ehituse käigus keegi rohkem ei dokumenteerigi), samuti on dokumenteerimisvormid, näiteks ehituspäeviku ja kaetud töö akti kehtivad vormid ja juhised, nende mõistlikuks ja tulemuslikuks täitmiseks uuringu läbiviijate hinnangul ebapiisavad. Tõsi küll, vastavaid uuringuid on teinud ka ehitusettevõtted ise, kuid nende töös kogutud andmed on reeglina ärisaladus ning on jäänud ja jäävad tõenäoliselt avalikkusele suletuks.



Lähtudes eelnevast, on vajalik ehitustehnoloogiat ja -korraldust puudutava fikseerimis-hindamis- ja mõõdikusteemi väljatöötamine ning selle süsteemne rakendamine (ehk tunnustatud süsteemi tekkimine, millega on adekvaatselt võimalik hinnata ehitustehnoloogia ja ehituskorralduse mõju ehitisele). Samuti tuleb jätkuuringutes välja selgitada, millised kõrvalekalded tehnoloogias ja ehituskorralduses mõjutavad ehitiste vastupidavust ja remondivajadust ning millised on tuvastatud faktorite intensiivsused.

### 3.3 Tööhüpotees ja uurimisprobleemid

Kõnesolev uurimus põhineb järgmisele tööhüpoteesil:

Õige ehitustehnoloogia ja läbimõeldud ehituskorralduse järgimine võimaldab teha töid kiiremini, odavamalt ja kvaliteetsemalt ning seeläbi pikendada ka ehitiste kestvust.

Kuigi hüpotees iseenesest suuri vaidlusi ei tekita, on nimetatud mõju ulatus siiski ebamäärane ja mõõdetamatu, kuna seda pole sihipäraselt ja süsteemselt uuritud.

Pole üheselt selge, mis on „õige“ ehitustehnoloogia. Ehitustehnoloogia hindamiseks ja võrdlemiseks puudub üldtunnustatud süsteem ja usaldusväärsed tehnoloogia kirjeldused tööliikide viisi. Osa protsesse on küll lahendatud väga detailselt, kuna materjalide ja toodete maaletoojad on huvitatud oma kauba levikust ning soovivad vältida vales kasutusest põhjustatud kahjumit. Samas ei lähe need juhised alati kokku ehitaja arusaamadega praktilisest ja õigest ehitamisest.

On loomulik, et sellistes juhistes peetakse silmas eelkõige tootjafirma huvisid ning pakutakse terviklahendusi. Kui ehitajal tekib vajadus mingite osade asendamiseks, siis on „õige“ tehnoloogia rakendamine juba meelevaldne ja tulemuseks võib olla tootja garantii kaotamine. Nii annavad paljud tootjad süsteemlahenduste puhul vastavustõenduse / süsteemi sertifikaadi ainult sellistele lahendustele, milles on kasutatud tootjafirma enda materjale või konkreetseid lubatud asendusi. Nimetatu võib omandada tähtsuse olukorras, kus tarindisse tekkinud kahjustuse korral võtab tootjafirma esindaja või tootejuhendile toetuv ekspert esimesena seisukoha, et süsteemi paigaldusnõudeid on asenduste tõttu rikutud ning alles teises järjekorras mõõndakse võimalikke tegelikke põhjuseid, mis võivad, kuid ei pruugi olla asendustega seotud. Kirjeldata tuleb eriti esile süsteemtoodete, näiteks krohvitud komposiitsoojustuse, kipsplaatlagede metallkarkassidel, sarrustatud väikeplokkmüüritistel jne;

Ka ehituskorralduse „läbimõeldust“ on keeruline hinnata, kuna tööde normeerimine ja sellest tulenevalt nende teostajate määramine ja kestuste arvutamine on meelevaldne kohalike normide puudumise tõttu. Tõsi küll, tööde kestuse määramisel kasutatakse Soome, Venemaa, kõige tulemuslikumalt ehk isegi oma firma ajanorme, kuid üpris levinud on nn. kogemuse järgi plaanimine, mis võib, sõltuvalt objektijuhi pädevusest, anda nii väga asjakohaseid kui ka täiesti valesid tulemusi.

Vigade tuvastamisel ja nende mõju määramisel ei saa neid kergekäeliselt nimetada tüüpilisteks vigadeks ega väita, et sama olukord esineb ka analoogehitistel, omamata piisavat statistilist baasi ja seose kirjeldamist ehitiste ning tööliikide klassifikaatoriga.

Puudub ehitustehnoloogia ja korralduse mõju hindamismetoodika ehitiste elueale. Ehitustehnoloogia ja korralduse mõju kohta andmete kogumine on võimalik kontaktvaatluse ja intervjuude käigus ehituse ajal, kuna tagantjärele pärast ehitusprotsessi lõppu seda reeglina teha ei saa.

Selle uuringu eesmärgiks on olemasoleva olukorra fikseerimine, mis loob eeldused laiahaardelisemaks uuringuks.

## 3.4 Uurimismeetodid

### 3.4.1 Võimalused ja piirangud

Ehitustehnoloogia ja -korralduse iseärasusteks võibki välja tuua asjaolu, et nende kohta on võimalik infot hankida peamiselt vahetu kontaktvaatluse teel ehitusobjektidel (monitooringu, „olukorra pildistamise“ ja sellele järgneva kameraaltöö) ning ankeetküsitluse vormis ehitamise ajal. Valmisehitatud ja eksploatatsiooni antud elamute puhul saab tagantjärele tehnoloogiat ja nõuetest hälbimist tuvastada ainult kaudsel viisil, tuginedes ehitisel (valmisehitatul) ilmnevate vigade uurimisele ja nendelt järelduste tegemisele. Piiranguks on sellise valimi moodustamise raskus, sest ilmneb juurdepääsuõiguse puudumine piisavale hulgale valimikõlblikele objektidele ja töödele ette nähtud aja vältel. Teiseks piiranguks on uuringuks vajalik ressurss (finantseering, vahendid, inimesed).

Järgmiseks võimaluseks on ehitustehnoloogia ja -korralduse uurimine enne ehitamist laekuva eelinfo alusel (ehitustööde projekti baasil) või siis tagantjärele, ehituse täitedokumentatsiooni analüüsi abil. Nimetatud meetoditest on suurema usaldusväärusega esimene (eeldusel, et ehitustööde projekt on tehtud tegelikku tööde teostamist silmas pidades, mitte formaalselt, ning see sisaldab piisavalt infot ehituskorralduse ja -tehnoloogia uurimiseks). Kõnesoleva uuringu valimis oli peaaegu kõigil objektidel tööde tegemise projekt andmete kogumiseks sobimatu (mahult ja koosseisult ebapiisav, otsustamaks tehnoloogia ja korralduse terviku üle). Seega ei peeta reaalses ehituses tehnoloogia ja ehituskorralduse eelkavandamist projekti vormistuse tasemel piisavalt oluliseks tegevuseks ja tegemise projekt vormistati vaatamist võimaldavale kujule vaid seepärast, et tellija või järelevalve seda nõuab. Ehitaja eeldab töid planeerides vägagi sagedasti, et teostamise projekti kui sellist ta tööde korraldamisel ja juhtimisel tegelikult ei vaja ja et kõik tegevused õnnestub planeerida „jooksvalt“, toetudes sidemetele ja enda teadmistele ehitamisest.

### 3.4.2 Kasutatud meetodid

Ehitustehnoloogia ja ehituskorralduse uurimisel kasutati järgmist metoodikat:

- ülevaade normatiivdokumentidest ja juhendmaterjalidest, mis reguleerivad ehituskorraldust ja ehitustehnoloogia kasutamist Eesti ehitusmaastikul;
- olemasoleva olukorra fikseerimiseks ehitusplatsil kasutati ehitustööde monitooringut, mille käigus jälgiti ja fikseeriti olukord ehitusplatsil ehitiste tüüpide ja tööliikide viisi;
- tegeliku olukorra esmane võrdlus olemasolevate juhendmaterjalidega ja tulemuste analüüs;
- seoste ja statistilise baasi süstematiseerimine ja võrreldavate klassifikaatorite väljatöötamine, mis võimaldab laiendada uurimistulemusi analoogobjektidele ja olukordadele;
- ehitustehnoloogia ja -korralduse mõju hindamismetoodika väljatöötamine;
- laiahaardeline monitooring ehk mudeli valideerimine, mis viiakse läbi süstematiseeritud klassifikaatorite ja hindamismetoodika küsimustike alusel.
- tulemuste analüüs ja hindamismaatriksite koostamine.

Olemasoleva olukorra fikseerimiseks ehitusplatsil kasutati tegevuste monitooringut töömaal, mille käigus jälgiti ja fikseeriti olukord ehitusplatsil ehitiste tüüpide ja tööliikide viisi:

- fikseeriti tavapärase ehitamise tehnoloogia ja kõige rohkem esinevad ehitusvead konkreetsetel tööprotsessidel;
- jälgiti ehitustööde korraldust: plaanimine, normeerimine, ehitusmasinate kasutamine, seisakud ja nende põhjused jne.

Monitooringumeetodil tuli esimesena täpsustada valim ja tutvuda objekti kohta teadaolevate andmetega. Selgitati välja ehitise funktsionaalsed, konstruktiivsed ja

mahulised tunnused selleks, et klassifitseerida objekt. Konfidentsiaalsuse huvides anti objektile ja töövõtjale tunnustele vastav kood. Edasi piiritleti jälgitavad ehitustööd, nende mahud ja lokalisatsioon ning salvestati info kasutatavate materjalide, masinate, jm ressursside ning töödemeetodite kohta. Alginformatsioon talletatakse selleks otstarbeks koostatud vormi, mis võimaldab info paikapidavust hiljem kontrollida. Teiselt poolt nägi metoodika ette tööde täpsema tehnoloogiakirjelduse ja korraldusmudeli koostamist enne platsivaatlusi, lähtudes kättesaadavatest infoallikatest ja -juhendmaterjalidest. Tööde tehnoloogia kirjeldus võib baseeruda näiteks tõlgitud RATU või ET-juhendkaardil, standardil või tunnustatud käsiraamatul. Reeglina tuleb aga tehnoloogia ja korralduse kirjeldused koondada kokku mitmest erinevast allikast korraga selle võrdlemist võimaldaval viisil. Välivaatlusel märgitakse üles kogu tööprotsess sellesse sekkumata (pausid, seisakud, seotud tegevused, tuues välja nende põhjused). Vaatluse ajal hinnati tööde tehnoloogiat punktiskaalal, näiteks:

- „vastab“ – „osaliselt vastab“ – „ei vasta“;
- „kohane“ – „osaliselt kohane“ – „ebakohane“.

Samuti tuvastati tööde intensiivsuse tase ja selle seos tehnoloogiaõuete eiramisega, näiteks:

- intensiivsus: „madal“ – „keskmine“ – „kõrge“;
- korreleeruvus: „korreleerub“ – „korreleerub keskmiselt“ – „ei korreleeru“.

Tuvastatud mittevastavustele anti eraldi mõju hinnang punktiskaalal 1–5:

- 1 – tõenäoliselt väike mõju ehitise kestvusele;
- 5 – tõenäoliselt suur mõju ehitise kestvusele, arvestades ehitise osasid ja nende osakaalu süsteemis.

Hinnangud ehitise kestvusele koosnevad omakorda mitmest alamsüsteemist, milles tuvastati algul vaadeldava tehnoloogiahälbe mõju konkreetsele ehitisosale, seejärel aga selgitati, milline on mõju olemus ja ehitiseosa tähtsus ehitises tervikuna (kas põhjustab kapitaalremondi või ainult viimistlusremondi vajadust, punktiskaalal 1–5). Lõpuks hinnati vaadeldava ehitiseosa kahjustumise mõju hoone kui terviku kestvusele (punktiskaala jällegi 1–5). Mõju tervele ehitisele saadakse ehitiseosade väärtuspunktide osakaaluga summeerimisel.

Lisaks objekti uuringule tehti ka ankeetküsitlusi ja intervjuusid informatsiooni saamiseks hoone ehitamisega seotud ehitusettevõtte kohta. Kogutud andmed kanti välivaatluse päeviku vastavatesse vormidesse. Pärast vaatlust võrreldi kameraaltööde käigus tuvastatud tehnoloogiat normkirjanduse alusel teadvustatuga. Analüüsi eesmärgiks on välja tuua erinevused, hälvete mõju ulatus ja intensiivsus, mis võimaldaks teha järeldusi sarnaste ehitiste kestvusele.

### 3.4.3 Vaadeldud objektid

Kõnesoleva uuringu raames tehti kontaktvaatlusi ja intervjuusid ehitustehnoloogia ja -korralduse monitooringuks erinevatel ehitusobjektidel, lisaks kasutati varasemaid uurimisgrupi poolt koondatud andmeid mitme Tallinna korterelamu ehitamise protsessi kaardistamise ja ehituse teostusdokumentide kohta.

Uuringu fookusesse kuulusid üldehitus- ja viimistlustööd valimisse kuuluvatel objektidel. Tehnosüsteemide, tehnovõrkude, teede ja platside ehitamise tööd jm eritöid ei vaadeldud.

Uurimisplaan nägi ette uuringu metoodika testimist pilootprojektidel, mistõttu saab selles uuringus nimetada tinglikult valimiks. Valimi moodustamise kaalutluseks ja otsustuse kaalukeeleks oli juurdepääsuõiguse saamine vaadeldavatele objektidele, dokumentidele ja informatsioonile (sellest tulenevalt välistusid valimist osad sinna planeeritud objektid ja tööd). Uuringu järgmistes etappides on äärmiselt oluline tegeleda valimi representatiivsuse küsimusega, ehk valimi moodustamisel tuleb ületada või kompenseerida see piirang, mis tuleneb pelgalt juurdepääsuõiguse puudumisest töödele, dokumentidele ja andmetele.

Uuringu objektideks ja ehitustehnoloogia ja -korraldusega seotud andmete kogumise allikateks olid:

- 5-korruseline 38 korteriga elamu, valmimisaeg 2011;
- 4-korruseline 16 korteriga elamu, valmimisaeg 2010;
- 7-korruseline ärihoone (valmimisaeg prognoositav 2012);
- 5-korruseline 26 korteriga elamu (valmimisaeg prognoositav 2012);
- 7-korruseline ärihoone (valmimisaeg 2011);
- 5-korruseline korterelamu (valmimisaeg 2009);
- 2-korruseline paariselamu, (valmimisaeg 2009).

Nimetatud objektid klassifitseerisime funktsionaalse tunnuse järgi korterelamuks või korterelamu-ärihoone kasutusotstarbega hooneteks. Põhilise konstruktiivse tunnuse järgi jagunesid objektid järgnevalt:

- Objekt 1: monoliitraudbetoonist vundamentide, monoliitraudbetoonist keldriseinte, pinnasel raudbetoonist keldripõranda, monteeritavast raudbetoonist (betoonkihtpaneel) seinte ja õõnespaneelist vahelagedega ning PVC-lamekatusega korterelamu.
- Objekt 2: monoliitsest raudbetoonist vundamentidega, monteeritavast raudbetoonist seinte ja vahelagedega ning valtsplekk-katusega korterelamu.
- Objekt 3: monoliitsest raudbetoonist vundamentidega, monoliitsest raudbetoonist karkassi, monoliitsete vahelagedega, väikeplokist laotud ja välisseinte ning SBS-lamekatusega ärihoone.
- Objekt 4: monoliitsest raudbetoonist karkassi, monoliitsest ja monteeritavast raudbetoonist vahelagede ja laotud väikeplokke seintega, klaasfassaadidega ning sbs-lamekatusega korterelamu.
- Objekt 5: monoliitsest raudbetoonist vundamentide, monteeritavast raudbetoonkihtpaneelist karkassi ja välisseinte, monoliitsete ja monteeritud vahelagede, laotud väikeplokke seintega hoone.
- Objekt 6: vaivundamendi, monoliitsest raudbetoonist rostvärkide, monteeritavast raudbetoonist (r/b-kihtpaneel) seinte ja PVC-lamekatusega elamu.
- Objekt 7: monoliitsest raudbetoonist vundamentide, laotud poorbetoonplokkidest seinte, puitvoodri ja SBS-materjalist lamekatusega kahepereelamu.

Valimisse kuuluvatel objektidel jälgiti uuringu perioodil järgmisi töid:

- Objekt 1: Monoliitsete keldriseinte ja tugimüüride valamine, keldri põranda valamine, seinapaneelide montaažitööd, PVC-katusekatte tööd, avatäidete paigaldus, plokkmüüritööd, siseviimistlus (valikuliselt).
- Objekt 2: Monoliitbetooni valamine, montaažitööd, plokkmüüritööd jt. vaatluse ajal nähaolevad tööd;
- Objekt 3: Monoliitbetooni valamine, montaažitööd, plokkmüüritööd, teraskonstruktsioonide paigaldus jt. vaatluse ajal nähaolevad tööd.
- Objekt 4: Monoliitbetooni valamine, monteeritavate õõnespaneelide paigaldamine, montaažitööd, müüritööd.
- Objekt 5: Monoliitbetoonitööd, montaažitööd, müüritööd, teraskonstruktsioonide paigaldus.
- Objekt 6. Ekspertiisiandmed hoone seisukorra kohta, ehitusdokumentatsioon, intervjuud.
- Objekt 7: Ekspertiisiandmed ja vaatlus hoone seisukorra kohta, ehitusdokumentatsioon, intervjuud.

Uuritud tööde seas tehti täheldusi ka seonduvate tööde kohta, mida ei olnud uurimisplaanis, kuid mida tehti samal ajal või hiljem ja mis olid nähtavad.

Uuringu pilootprojekt andis tulemuseks infokogumi, mille töötlemine 2012. aasta kevadel laekunud andmete kohta alles käib, kuid selle uuringu raames kavandatud tulemused on esitatud kõnesoleva raporti järgmises peatükis.

### 3.5 Ehitustööde korraldus töömaal ja täheldatud ehitusvead, mis võivad mõjutada ehitise kestvust ja kasutusiga

#### 3.5.1 Eeltööd, märkimistööd ja geodeetilised tööd:

Eeltöödest mõjutab ehitise kestvust ja kasutusiga kõige enam mõõtmis- ja märkimistöö täpsus, mahamärkimise õigsus, aga kaudsel ka ehitusplatsi koristamine ja üldine korrashoid. Korrashoid avaldab märkimisväärt mõju mentaliteediefekti kaudu, eriti tööde puhul, kus segamini tööalal võivad kahjustuda näiteks katusekatted, aknalauad, niiskust kartvad tooted ilmastiku mõjude käes (vt. Joonis 3.1).



Joonis 3.1 Korras- ja hoolimatus ehitusplatsil kandub kahjustada saanud materjalide kaudu üle ka ehitisse ja mõjutab selle kestvust (nii otseselt kui ka kaudselt).

Märkimistööd teeb geodeet tavaliselt optiliste ja laserseadmetega ja GPS-seadmetega, annab tööjoonised, teeb sõltumatut topeltkontrolli ja see tegevus vastab nüüdisaegse heatasemelise töö kirjeldusele. Siiski võib märkimistöö sisaldada mahamärkimise vigu, mis põhjustab tööde ümbertegemisi või ei vasta ehitatu projektile ja ootustele.

#### 3.5.2 Kaevetööd ja aluste ehitamine

Kaevetöid ehitusplatsidel tehakse sõltuvalt mahust sobiva ekskavaatoriga ja/või käsitsi, teisaldustöid – kopplaaduri või buldooseri, tagasitäiteid – kopplaaduri ja taldvibraatoritega. Kõvades pinnastes lõhutakse pinnast Eestis peamiselt Roxon-tüüpi vasaraga. Lõhketöid ei tehtud ühelgi vaadeldud objektidest. Ilmnenud probleemideks kaevetöödel on:

- veetõrje ebapiisav järgimine (kaevik märg, ei ole võimalik aluseid tihendada vee sees, põhjustab vundamendialuste projektis ettenähtust väiksemat tihedust ja nõlvade sissevajumist);
- vundamentide eeldatud paigalduskõrguses ei olnud kohati vundeerimiseks sobilikku alust (kaevati välja sügavamale ja tehti tagasitäiteid, mis võib aga kaasa tuua ebaühtlase vajumise);
- nõlvakaldeid ei kindlustata tööde ajal (põhjustab ohtlikke olukordi, ebatihedust ja vajumist nõlvades);
- hüdrovasaraga pinnase lõhkumisel valmis konstruktsioonidesse ja naaberhoonetesse kanduv vibratsioon.

#### 3.5.3 Vaiatööd

Vaivundamentide ehitamist sai jälgida vaid ühel vaadeldud objektidest. Kohtvaiade ehitamisel ilmnes, et vaia tegija on iseseisvalt, hoone konstruktsiooni projekteerijast sõltumatult muutnud vaia töötamisskeemi (otsa- ja küljekandevõime suhet) ja projekteeris vaiad ümber, kontroll ja aktseptering hoone projekteerija poolt jäi sellisel juhul formaalseks. Vaiade puhul ongi suureks probleemiks vastutuspiiride puudumine hoone projekteerija ja vaia projekteerija tegevusalades. See võib kaasa tuua olukorra, kus näiteks vaia pea ühendamine rostvargiga ei kuulu kummagi projekteerija vastutusalasse ja selle lahendab platsil ehitaja. Vaiatööde puhul ilmnes mõnede vaiade asukoha küllalt suur hälvimine tolerantsinõuetest, mis nõudis projekteerija ettekirjutust lisavaiade

paigalduse kohta. Tihti jäetakse aga kõrvalekalle tähelepanuta, mis võib kaasa tuua täiendavate momentide tekke ekstsentrilisest koormusest. Vaiade puhul on väga suureks probleemiks ka vaia kandevõime testimise meetodite puudulikkus (proovikoormamist ja -mõõtmisi ei tehta selle kõrge maksumuse tõttu).

### **3.5.4 Monoliitsest raudbetoonist vundamendid ja keldriseinad, pinnasel raudbetoonpõrandad, keldrite hüdroisolatsiooni-lahendused ning pinnasel betoonpõrandad viimistluse all**

Monoliitsest raudbetoonist vundamentide ehitamisel on peamiseks ehituskorralduse küsimuseks tööde ohutus (taldmikke rajatakse siis, kui kaevetööd pole veel lõppenud, platsil on masinad ja inimesed, puudub tehnoloogiliselt kaalutletud rajamisjärjekord).

Tehnoloogiliseks probleemiks on taldmike töövuukide asukoht ja asjaolu, et nad jäävad sageli lissarrustusest. Probleemideks on ka raketamisel raketise alt läbi jäetavad puitlatid, betoonkaitsekiht taldmike alumisel ja külgpinnal ning monoliitbetooni kivistumisel päikeseliste ilmadega betooni tekkivad praod. Talvistes tingimustes on betooni läbikülmumise oht enne kriitilise tugevuse saavutamist ebapiisava katmise ja järelhoolduse korral.

Monoliitsest raudbetoonist tehakse sageli korruselamute all oleva avatud parklakorruse kandevosad ja parklate põrandad. Ühtlasi peab betoonitarind sellistes tingimustes töötama nii koormuste kui keemiliste mõjurite tingimustes (nii pinnasevees olevate ainete kui ka autode poolt sissetoodud soolade jms mõju tingimustes).

**Keldrite monoliitbetoonitarindid** on suhteliselt kõrgel asuva pinnaseveetaseme tõttu sageli projekteeritud algses projektis nii, et keldrit ümbritseb veekindel hüdroisolatsioonimembraan („kessoon“). Sellise ehitusvõimaluse kalliduse tõttu on mitmel objektil tehtud hiljem muudatusi, asendades veekindla membraanhüdroisolatsiooni põhimõttelt teistsuguse, oluliselt odavamana „veekindla betooni + drenaaži“ lahendusega, mis toob aga kaasa riskide tekkimise hoone eluea mõistes, kuna veekindla betooniga tehtud lahendustes on alati betooni pragunemise, liitekohtade, sarruse läbikute ja üleminekute ebatiheduse ning betooni pinnaseveega kahjustumise oht.

Üldjoontes vastas betoonitööde tehnoloogia vaadeldud objektidel tehnoloogia tunnustatud kirjeldusele. Olulisena võib välja tuua sarrustamise meetodite erinevuse tehnoloogia kirjeldusest (mis võib kaasa tuua betoonkaitsekihi vähenemise, sarrusejätkude paiknemise ühes ristlõikes, sarrusekihtide mitteprojektijärgse asetuse, T-kujuliste seinaliidete prao tekkimise nurgapiirkonda jt) ning betoneerimisel järelhoolduse puudulikkuse. Betoonitöödel on samuti vähene betooni varase tugevuse piisav kontroll ja betoonitöö dokumentatsiooni täitmine vahetult betoonitööde ajal (hilisem dokumenteerimine on ebausaldusväärne).

Probleemiks on ka betooni pinnasileduse ja -välimuse saavutamine puhasvalupindadel, kuna mõnikord ei ole tööde tegijad kursis betooni puhasvalupinna nõuetega ning adekvaatsete meetoditega selle saavutamiseks. Näiteks on betooni valguvuse suurendamiseks keelatud lisada segusse ehitusplatsil vett, selle asemel tuleb tellida kohe sobiliku valguvusega segu ja paigaldada see õige kiirusega.

Betoonitööde organiseerimisel ei kasutata haardealade ja raketiste planeerimise meetodeid, mis toob kaasa raketiselementide puudumise, mis kompenseeritakse käepäraste kohalvalmistatud raketistega, mis ei pruugi aga tagada nõutavaid tolerantse ja sarruse fikseerimist. Pealegi võivad oskamatult tehtud raketised betoonimise käigus laguneda, jättes sarrused betoonideks, mistõttu uuesti valatud betoon enam ei naku (Joonis 3.2 vasakul). Pärast raketiste nihkumist piigatakse üleliigne osa maha, kahjustades tarindit ja kuna koos raketisega liigub ka raketise vastu toetatud sarrus, siis väheneb ka sarruse kaitsekiht (vt Joonis 3.2 paremal).



Joonis 3.2 Laiali läinud kohalvalmistatud puitraketis (vasakul) ja laiali läinud raketise tõttu piikamisega kahjustatud betoontarind (paremal).

**Pinnasel raudbetoonpõrandate** ehitamise tehnoloogia eeldab aluste piisavat tihendamist, mille suhtes täheldati erinevusi (kohatine projekteeritud tiheduste mitteaavutamine, ebaselged tihendusväärtused projektis või ebapiisav kontroll tegeliku tiheduse üle, samuti juba tihendatud alused kaevatakse ebaõige töödejärjekorra tõttu taas üles, selleks et torustikke paigaldada vms ja pärastine tagasitäide on ebapiisav). Pinnasel põrandate killustikaluse mõtet ja põranda aluste hüdrotõkendite või mitmekordse kile otstarvet ei väljendata sageli juba projektides õigesti (lähtutakse vaid tugevuslikest kaalutlustest), mis toob aga killustikaluse ärajätmisel kaasa pinnase kapillaarvee tõusu tõkestuse ebapiisavuse ja niiskuse kerkimise põranda tsooni.

Betoonpõrandate puhul on probleemiks **mahukahanemis- ja deformatsioonivuukide** asetus, kiudbetoonpõrandate lokaalsarruste ja vajalike külmatkestusprofiilide ebaselge lahendus projektis ning nende projekteerimine kohapeal töid teostava ehitaja poolt (projekteerija osalus jääb formaalseks). Viimane aga võib kaasa tuua hiljem pragusid ja kahjustusi põrandas.

Põrandate märjalt pinnakõvendiga lihvimise tehnoloogia erinevusi kirjeldusest ei täheldatud, v.a. viimistluslikud nüansid (nurkade ja servade korrektne töötlus ja tasasusnõuetele hälvete mõningane ületamine pindadel). Küll täheldati viimistluskatte alla minevate betoonpõrandate lihvimisel pinnakõvendajata, et kasutatakse järelhooldamist pinnahooldusainega, mille hilisem nakkuvus planeeritud põrandakattega võib olla probleemiks.

**Viimistluse alla minevates köetavates betoonpõrandates** oli suureks probleemiks kütetorustike ja kommunikatsioonide õige paiknemine (toru kaugus seintest, sissepöörded akna- ja ukсениššidesse) ning põranda niiskuse väljakuivatamine ja mahumuutuste saavutamine enne viimistlusmaterjalidega katmist. Ümberprojekteeritud lahendustes jääb riskifaktoriks ka drenaaži toimimine hoone eluea jooksul ja veetaseme kerkimisel selle poolt põrandale altpoolt avaldatav veesurvejõud.

Lausa kriitilise tähtsusega hoone kande- ja ennastkandvate seinte ning postvundamentide horisontaalse hüdrosolatsiooni paigaldusel on täheldatud järgmised vead:

- sarruseläbikute tihendamata jätmine;
- läbilõikava isolatsiooni kohatine puudumine või mitteprojektkohane asetus;
- hüdrosolatsiooni materjali nõudmistele mittevastavus (näiteks kasutatakse ruberoidi kummibituumenmaterjali asemel).

**Betoonpõrandate ehitamine vahelagedel** on projekteeritud enamasti tavalisest pumbatavast kaubabetoonist ja sarrustatud võrkudega. Tegelikult asendatakse selline lahendus ehituse käigus sageli kiudbetoonist või muldniiskest betoonist tasanduskihtidega, sarrustusvõrguga tehakse ainult need põrandad ja põrandaosad, millesse tulevad kütteelemendid.

Vaatluse käigus täheldati olulisi hälbumisi nii pinnavalu kihipaksuste kui ka kallete valamise suhtes – näiteks põrandaäravoolude juures jäi betoonikihi paksus kohati lausa 1/3 võrra väiksemaks projektis märgitud minimaalpaksusest. Samuti ei vastanud valatavad kalded niiske ruumi kalletele esitatavatele nõudmistele. Betoonpõrandate tasasus saavutatakse tänu valamisel kasutatavale lasertehnoloogiale ja märgmajakate kasutamisele küllalt hea, kuid mahukahanemis- ja deformatsioonivuukide tegemine põrandates jääb enamasti lahendamata. Probleeme täheldati korruse betoonpõrandate alla paigaldatava heliisolatsiooni puhul selle katkestuskohtade jäämises põrandaaluste kommunikatsioonide tõttu (äramahtumine).

### 3.5.5 Vundamendi, keldri ja sokli soojusisolatsioonide paigaldamine

Vundamendi, keldri ja sokli soojusisolatsioonide paigalduse peamiseks puuduseks on materjalide mittevastavus ja sobimatus sellesse paigalduskohta (pinnasega kokkupuutes kasutatakse liiga kõrge veeimavusega või väikese koormustaluvusega EPS-materjale), samuti soojustusvuukide tihendamine (tihendatakse montaaživahuga märjas pinnases, jäetakse vahed tihendamata) ja soojustusplaadid asukohas fikseerimata (Joonis 3.3).



Joonis 3.3 Kriitilise tähtsusega hoone horisontaalse läbilõikava hüdroisolatsiooni paigaldusvead maksavad hiljem kurjalt kätte, kuna neid pärast parandada on väga probleemne (vasakul). Pilud soojustuse vahel, soojustus ei ole kinnitatud tarindisse korralikult (paremal).

Tehnoloogia eiramine võib alguse saada puudustest projektis, kus ei ole vastavaid lahendusi täpselt kirjeldatud. Soojustuse paigaldamisel soklikooriku taha tekitab probleeme soojustuse tüübeldamine, millega lõhutakse varem paigaldatud hüdrotõkkeid, ebatasane alus, mille tõttu pinnase koormusega kokkupuutuvad soojustusplaadid murduvad jt.

Ühel objektil täheldati ka sokli vertikaalsoojustuse paksuse ligi 20% vähendamist ehitaja poolt, mis oli tingitud valesse asukohta, tolerantsinõuetele mittevastavalt valatud betoonkandeseinast, mistõttu ettenähtud paksusega soojustus ei mahtunud enam ära. Külmarkerkeisolatsioonide ja horisontaalsete veesuunamismembraanide mõte sokli välisperimeetris maa sees jääb soojustustööde teostajatele sageli ebaselgeks, mistõttu projekti puuduste korral on nende paiknemine vales asendis või sügavusel küllalt sagedane nähe.



### 3.5.6 Pinnase tagasitäitetööd ja eristusmembraanid

Hoonega seotud tagasitäidete erinevate liikide (vundamenditaldmike alune tagasitäide liivast, vundamenditaldmike ja põrandate alune tagasitäide killustikust, betoonpõrandate alune liivast sisetagastäide, sokliriba alune liivast või pinnasest välistagastäide, trassikaevikute liivast või pinnasest tagastäide) puhul täheldati tagasitäitetööl järgnevat probleeme:

- tagastäite materjalid on projektis tavaliselt puudulikult kirjeldatud. Puuduvad terastikuline koostis, lubatud peenosise ja huumusesisaldus, nõutud filtratsioonimoodul jne olulised näitajad. See annab liialt vabad käed ehitajale tõlgendamiseks, kes meelsasti kasutaks sisetäitematerjalina välja kaevatud ja platsile jäetud looduslikku pinnast, mis aga vundamendialuste ja katendialuste täidete puhul on enamasti lubamatu, põranda aluste puhul küsitav ja välisperimeetri tagastäidete puhul võib olla kohati probleemne, kui maja perimeetrisse on ette nähtud kõnni- ja sõiduteed, sokliriba või kui on drenaaži tõttu nõutud filtreeruv pinnas;
- külmunud osasid sisaldavast tagastäitematerjalist tekivad hilisemad vajukid;
- tagastäite paigaldamise eelselt täheldati, et kaeviku põhja ei korrastatud (tihendamata, ülessongitud pinnas) ja ei kasutatud eristusmembraane loodusliku pinnase ja sisetäite vahel. Kui on selgelt näha erinev koostis ja võimalik tühemike oht aluspinnases, on eristuskanga paigaldamine vajalik;
- tagastäidete tihendamisel esines kohatist hälvimist lubatud tihendatava kihi paksusest (korruga liiga suur pinnasekiht liiga väikese vibraatori või läbikute arvuga), samuti ei kontrollitud iga kihi saavutatud tihedust, kuna teimid, aruannete õigeaegne laekumine ja hilisem tuvastamine oli puudulik (vt. Joonis 3.4 vasakul);
- tagastäidete ajal esines kaevikus sageli veeprobleeme, mille tõttu liiv- ja killustikaluste projekti- või tunnustatud normi kohast tihedust saavutada jäi raskeks või võimatuks ka hoolikal tihendamisel ja enne veetaseme allapoole viimist tihedaks ei saanudki;
- esineb ka pinna kõrgusmärgi ja kallete tagamise raskusi ehitamisel, mis toob omakorda kaasa pealevalatava tarindi paksuse hälbed.



Joonis 3.4 Liiga paks tagastäitekiht, olemasolev pinnas dreniva liiva asemel (vasakul); valesti valmistatud seinapaneelid (paremal).

### 3.5.7 Kandekonstruksioonide montaaži- ja monoliitimistööd

Tüüpiliseks vajakajäämiseks on montaažitööde projekti puudumine, kuna koostatud on vaid tarnegraafik, mis omakorda muutub ehitamise ajal korduvalt. Töid koordineeritakse peamiselt töödejuhatajate otsuste järgi, mitte eelkoostatud montaažiprojekti alusel, mille tõttu eelinfo montaaži kohta piirdub tavaliselt kraana margi ja orienteeruva korruse montaaži ajagraafikuga üldisel tasemel. Monteeritakse reeglina „ratastelt“, kuid platsil on olemas ka piisava suurusega vahelaod ja puhveralad, kuhu ladustatakse libiseva graafiku korral tehasesst väljasaadetud tooteid. Monteerimisel kasutatakse geodeedi kontrolli, mis tagab suurema täpsuse ja õigeaegse info ilmnevate vigade kohta (teostusjoonised siiski ei jõua tavaliselt õigeks ajaks, enne monoliiditakse juba kinni). Montaaži suureks probleemiks on ka monteeritavate elementide varieeruv kvaliteet ja tolerants, mida ei suuda kompenseerida ehitusgeodeedi töö (Joonis 3.4 paremal).

Lahendused olukordade paikamängimiseks leitakse kompromisside hinnaga kohapeal, näiteks ei tellita ebasobivaks osutunud laepaneeli uuesti, vaid lepatakse projekteerijaga kokku toetuspikkuse vähendamine ja täiendav otste armeerimine.

Postide, talade ja seinapaneelide puhul on sagedaseks probleemiks nende kinni-monoliitimine enne õige asendi kontrolli ja selle parandamist, mis tähendab hiljem leppimist olukorraga või konstruktsioonide lahtihiikamist, mistõttu kahjustuvad vibratsiooni tõttu ka varem ehitatud (Joonis 3.5 vasakul).

Montaažitöödel on probleemiks ka monteeritavate elementide toetustingimuste määratlematus või viga projektis, näiteks öeldakse, et laepaneelid tuleb monoliitida jootebetooniga, mis on ebaotstarbekas, või kasutatakse postide monoliitimisel tavabetooni, mis pole sellesse kohta sobilik. Esineb toetuspikkuste hälbeid (Joonis 3.5 paremal).



Joonis 3.5 Ei kontrollitud posti asendit õigeaegselt, tuleb lahti piigata ja uuesti reguleerida (vasakul). Esineb toetuspikkuste hälbeid ja toepinna kaldumist raskuse pealepanekul (riivtala ei ole alt toetatud) (paremal).

Monoliitimistööd talvetingimustes on projektides lahti kirjutamata ja talvise betoonitöö reegleid eiratakse üsna sageli. Eriti puudutab see liiga varast (alla 5 MPa) läbikülmumist ja väikese tugevusega (alla 60% projekteeritud tugevusest) betooni enneaegset koormamist, kuna betoonilisandite omadusi ja nõutud tingimusi ei kirjeldata projektis ja interpreteeritakse ehitamisel valesti (Joonis 3.6).



Joonis 3.6 Ebasobiv temperatuur (miinuskraadi oht) monoliitimisbetooni kivistamiseks (vasakul). Paneeli monolitiseeringute enneaegne koormamine (paremal).

Nii näiteks tehakse monoliitimine kui ka samas laes olevad monoliitsed osad sageli ühe ja sama külmumisvastase lisandiga betooniga, mis kandvatel monoliitvahelagedel on lubamatu, monoliitimisel aga teatud tingimustel lubatav. Monoliiditud monteeritavaid detaile üritatakse järelhooldada sama meetodiga, mis monoliitsest raudbetoonist massiivtarindeid, arvestamata, et lisanditeta betooni katmine kilega – 2 kuni -3 kraadi juures võib olla kuidagimoodi piisav massiivi eksotermilisel kivistumisel, kuid kindlasti mitte olukorras, kus väikesemahuline monoliiditud detail puutub kokku massiivse miinuskraadil konstruktsiooniga.

Talvisel betoneerimisel kasutatav elektrikaablitega soojendamine sisaldab olulisi puudusi, nõudes elektrivõimsust, mida sageli pole, mistõttu kaablid võivad rikneda ja jätavad betooni külma kätte (Joonis 3.7).



Joonis 3.7 Kõrbema läinud betooniküttekaablid jätavad betooni külma kätte.

Monteeritavate raudbetoonist kihtpaneelide paigaldamisel on suureks probleemiks soojustustsoonide katkematus saavutamise platsil tehtava lisa-soojustusriba paigaldamisega, kuna soojustustsoone liitev soojustusriba tehakse pahatihti liiga pehmest villast, mis aga seinapaneelide monoliitimisel lükatakse vertikaalvuugis betoonisurve poolt vuugi esiootsa kokku ja vuuk soojustuse vahel täitub betooniga moodustades külmasilla. Viga on pärast tekkimist parandamatu (parandamiseks tuleb veaga tarind lammutada ja uuesti ehitada), vea mõjuks on külmasildade teke vuugikohtadesse (Joonis 3.8).



Joonis 3.8 Kihtpaneelide vuukide soojustused viiakse montaažil kokku vahele asetatava villaribaga. Monoliitimisel võib juhtuda et vertikaalsete vuukide soojustuste vahele jääv riba lükatakse ära ja pilu täitub betooniga.

Laepaneelide puhul on sagedaseks veaks toetuspikkuste varieerumine, mis on tingitud nii paneelide kui ka kandeseinte tolerantsihälvetest. Lõpuks jäävad toepikkused enamasti küll tootja lubatud piiri, kuid projekteerija kooskõlastusi „olukorra surve“ toepikkuse vähendamise kohta küsitakse lubamatult tihti. Ühel objektil täheldati ka kõrvuti asetsevate laepaneelide erinevaid eeltõuse, mis mõjutab lae alumise pinna taset, millest omakorda võib tuleneda paksemate viimistluskihtide kasutamise vajadus (koos nende irdumise ohuga).

Metallkonstruktsioonide montaažil on täheldatud veaks platsikeevituste visuaalsed ebakorrektsused, kuna testimisvõimalus puudub ja keevitajate dokumentatsioon on puudulik (Joonis 3.9 vasakul). Polt- ja neetliidete puhul on probleemiks kinnitusmaterjalide sertifitseeringu tõendatus tegemise hetkel, samuti tehasesst saabuva metallkonstruktsiooni korrosiooni- ja tulekaitse vastavused nõuetele (sertifikaadid ei saabu koos toodetega).

Metallsõrestike tõstmist vaadeldavatel objektidel ei tehtud, kuid juba HQ-talade puhul oli näha nende troppimine selliselt, mis erineb tala töötamisolukorrast (tõsteti nii, et tala sisejõud jaotuvad tõstmisel ümber ja pole teada, kas see võib kahjustada tõstetavat elementi).

Monteeritavate raudbetonelementide vaheliste vuukide täitmine sisaldab tehnoloogia vigu selles, et ei puhastata vuuki korralikult, ei kasutata ettenähtud immutusaineid, vuugimassi paksus ja nakkepinnad jäävad juhendist väiksemad või üritatakse vuukimisega kompenseerida paneeli paigalduse visuaalseid hälbeid, mis vuugi servad valele (mittenakkuvale kaldfaasipinnale) välja viib, vesi võib sealt hiljem aga vuuki tungida (Joonis 3.9 paremal).



Joonis 3.9 Platsikeevituste kvaliteet jätab sageli soovida ja võib osutada ohtlikuks veaks (vasakul). Pildil ühe kesise keevitaja poolt mitmeid kordi üle keevitatud tarilapp. Vuukimise eel korralikult ettevalmistamata vuuk, paremal näha, et vuugimass on juba sisse kantud (paremal).

Vuukimisel on kohati küsimuseks ka nõutud tuulutuskanali jätmine ja selle tuuldumise võimaldamine, samuti paneeli soojustuste märgumine ja soojustusvärvi väljajooks paneeli pinnale enne seina ja katuse veekindlaks saamist. Lisaks seostub vuukimise probleemistik avatäidete paigaldusega, näiteks paigaldatakse uuselamus aknad sageli seestpoolt vastu betoonväliskoort ja vahele ei jäeta vuugimassi juhendis nõutud vuugipaksuse ruumi. Viimasel juhul on probleemiks ka vastavate selgete nõuete puudumine (ka tootja paigaldusjuhendites).

### 3.5.8 Väikeplokkmüüritised

Väikeplokkmüüritised (betoonõõnesplokid, keramsiitbetoonplokid, poorbetoonplokid, keraamilised plokid) on tänapäeva hoonetes väga sagedasti kasutatav lahendus, mis on peaaegu täielikult asendamas tellisest kandev- ja vaheseinamüüritisi. Väikeplokkmüüritiste ehitamisel täheldati, et müüritiste projekteerimisel ei määratle projekteerijad tööprojekti täpselt kõiki üksikasju, näiteks kohati isegi müüri segu klassi (!), deformatsioonivuukide asukohti ja -lahendusi, betoonõõnesplokkide monoliitimise nüansse (näiteks kirjeldus, kuidas ikkagi monoliiditakse müüri ülemine rida plokkide nii, et alumiste ridade õõned jääks tühjaks, nagu projekt nõuab, kuidas ankurdatakse omavahel eri materjalidest seinad, kuidas keramsiitbetoonplokkidele raudbetoonpaneeli alla valatav vöö täpselt sarrustatakse vöö erinevate kõrguste puhul, kas raudbetoonvööd üldse on vaja või pole) jne.

Vahel on betoonõõnesplokkide vertikaalsarrustamine projektis kirjeldatud erinevalt tootja juhendis olevast, mis põhjustab küsimusi projekteerijale. Suureks probleemiks on väikeplokkide puhul nende tootetoe väga erinev tase plokkide valmistavates ettevõtetes. Nii on teatud väikeplokkimarkidel olemas Eestis valmistaja poolne tugev konsultandisüsteem, mis hõlmab korrektseid projekteerimisjuhendeid, sõlme tüüplahendusi, kasutus- ja paigaldusjuhendeid, plokisüsteemiga ühilduvaid tooteid, sarruseid, segusid, lisadetaile ja professionaalset tuge erilahenduste ehitamise korral. Teised plokkitootjad müüvad samas aga suurtootjatele analoogseid plokkide odavamalt, millega teenus piirdubki: puuduvad juhised projekteerijale, ehitajale, puuduvad ühilduvad tooted, konsultandisüsteem jne või on need algelisel tasemel.

Väikeplokkmüüritiste ehitamisel täheldatud erisusteks on:

- plokkide ülekatte probleemid (õõnesplokkidel sellest tulenev õõnte mittekokkulangemine ja monoliitimisseguga piisav täitumine);
- ankurdamine eri materjalidest seinte külgnemisel;
- hüdroisolatsioonimembraanide asetsemine müüritises (ei ulatu müürist välja ja membraani läbivate ankurdusvarraste hermetiseerimine);
- õõnte monoliitimisel ei ole tagatud ülevaade monoliitimisseguga täituvusest (jätakse tegemata nõutud suurusega vaatlusavad);
- monoliitimist alustatakse liiga vara (kui müüri segu pole veel jõudnud piisavalt kivineda) või monoliiditakse liiga kõrgeid müüriosi korraga;
- müüri horisontaalsel sarrustamisel paigaldatakse betoonõõnesplokkidele kohati selleks mitte ette nähtud sarruseid (sirgvardad „redeli“ asemel) või paigaldatakse redelsarrused valepidi, nii et töötavad sarrused vastu müüri jäävad ja alt seguga ei täitu;
- vertikaalsel õõnesploki õõnte sarrustamisel ei järgita vertikaalvarraste piisavat ülekattet (valatakse kõrgusjärg täis, nii et sarruse otsad valust liiga vähe välja jäävad);
- vertikaalvardaid ei panda õõntesse enne betoonimist, vaid betoonitakse, vibreeritakse ja siis lükatakse ülalt sarrused õõnde, mis ei pruugi tähendada nende piisavat nakkumist betooniga;
- deformatsioonivuuke väikeplokkmüüritistes projekteeritakse ja tehakse harva, olenemata sellest, et need on ette nähtud tootja juhendis;
- tolerantsihälbed, mis ei võimalda laduda müüripinda mõlemal müüriküljel ühesuguse kvaliteediga. Kohati on nähtav liigne veerandplokkide ja tükide kasutamine müüris;

- ladumisel eritingimustes (suvel kuumaga või vihmaga ja talvel külmaga) ei kaitsta müüritist piisavalt ilma mõjude eest (näiteks vihma korral võib see katmata müüridel segu välja pesta, külma korral ei pruugi müüri segu kiviga korralikult nakkunuks jääda jne);
- silluste ehitamisel on probleemid peamiselt silluste kõrgusmärkide tagamisega (ei lähe kokku ploki moodulmõõduga, tuleb valada lisapadjand või lõigata plokki);
- keramsiitbetoonplokkidest müüritis kasutatakse horisontaalse sarrusena sarrusvardaid tootejuhendis ettenähtud kaksiksarruse asemel (varrassarrus on väiksema tugevuse ja suurema läbimõõduga, ei ümbritseta korralikult müüri-seguga);
- vead vuugipaksustes (liiga paksud või liiga õhukesed vuugid), väikeste kiviseibide kasutamine (Joonis 3.10 vasakul).



Joonis 3.10 Seotiste ja kiviplitükide väär kasutamine müüris (vasakul). Korstna ladumisel tuleb täpselt järgida õiget materjalivalikut ja -kasutamist korstna erinevates osades (paremal).

Paneelvahelaega korrusmaja siseseinte ülemine vuuk peab olema deformeeruv, et võimaldada paneelide vajumist. Kohati oli nähtav, et sellist deformatsioonivuuki sinna ei jäetud, mille tulemusena tekib paneelide koormuse müürile langemise oht.

Korrusmaja korteritevahelised plokkmüüritisseinad tehakse uutes majades tavaliselt kahekihilisena, vahelt heliisoleerituna. Veaks loeti selle juures müürikihte siduvate ankrute liiga väike/varieeruv arv ja kirjeldatud ülemise deformatsioonivuugi vead (pragude tekkimise oht seinas).

Poorbetoonplokkidest müüritise puhul täheldati kõige enam vigu segu tehnoloogianõudele mittevastavas kasutamises (liiga vedel või liiga paks plokiliimise segu, talvel mittetalvise segu kasutamine, püstvuukide tühjaksjäämine, sarrustuskanalite ebaküllaldane täitumine, segu nake plokiga kohati kesine jne). Väikeplokkmüüritised on siiski suhteliselt stabiilne ja kindel konstruktsioonimaterjal ja tehtud vead ennast väga välja ei näita.

Majadel, millel on ette nähtud korstnad ja küttekolded, võib täheldada korstna ehitusel esinevaid vigu. Näiteks ei tohi külmale pööningule jäävaid korstnaosi, erinevalt sooja ruumi jäävatest, laduda täiskivi ja savimördiga, samuti osutuvad lagunemisohtlikeks tänapäevaste madalatemperatuuriliste kollete puhul korstnapitsid, mis on tehtud ühekihilisena siilikaatkivist või punasest täistellisest (Joonis 3.10 paremal).

### 3.5.9 Puitkonstruktsioonide ehitamine ja montaaž

Puitkonstruktsioonide ehitamisel pöörati kõigepealt tähelepanu materjali omadustele. Platsile saabunud ehituspuitu hoiti sageli niisketes tingimustes kile all, mis võib põhjustada selle hallitamist. Kohale saabuval ehituspuidul puuduvad sageli dokumendid (pole tõendatud puidu tugevussorteerimine, selle kuulumine ettenähtud tugevusklassi).

Puitelementidest karkassi ehitamisel täheldati hälbeid lõigete täpsuses ja tiheduses, mis tähendab, et istud ja tapid ei ole tihedalt koos ja võimaldavad siirdeid, mida takistatakse

kohati käepäraste vahendite ja kiiludega. Jõudude ülekandmine ühelt puitelemendilt teisele või puidult allpool olevatele tarindile ei ole alati otstarbekas (ei toeta tihedalt, jõud kandub läbi kinnitusvahendi, lisaklotsi vms). Samuti võib selline liide olla lausa lagunemisohtlik (Joonis 3.11).



Joonis 3.11 Lagunemisohtlik ja valesti koostatud puitprussliide (vasakul). Katuse koormuste ülekandmine ühelt puitdetaililt teisele ja sealt edasi toimub ebakindlalt (läbi lippidest ja lappidest kaadervärgi) (paremal).

Katusesarikate puhul nähti, et materjali kõverused on kohati ülemäärased, mis tähendab pinna täiendava sirgeksrihtimise vajadust. Sageli puudub võimalus tellida sobiva pikkusega (standardpikkusest suuremaid) detaile, mis tähendab, et neid hakatakse jätkama platsil, kuid platsijätkud ei pruugi olla projekteerija poolt lahendatud ja neid teeb ehitaja oma teadmistest lähtuvalt (ebaõige ühendus- ja kinnituslahendus).

Katusesarikate sarikaotsad tuulekastis tehakse teisest materjalist kui katusesarikad ning kohati on need nõrgavõitu, et võtta vastu katuse servale kogunevat lumeraskust. Katuseroovitiste tegemisel ei ole töö tegijaks sageli katusekatte paigaldajad, vaid üldpuusepad, mis tähendab aga, et ei osata arvestada roovitise õiget sammu (samm varieerub) ja tuulutisvahe vajalikke paksusi (liiga vähene tuulutisvahe). Roovi vale samm võib pärast tähendada olulisi hälbeid katuse välimuses (kivi tipujoontest moodustuvad kõverad, mitte sirged), tuulutisvahe normist väiksem paksus aga mõjub katuslae ehitusfüüsikalisele toimivusele.

Puitkonstruktsiooni lahenduste juures valmistasid tegijatele erilist peavalu harjasõlme ja neelusõlme lahendused, kus puitdetailide ühendamine on ebaotstarbekas või erinev sõlme joonistest (sõlme lahendused erinevate katusekatte materjalide tootjate juhendites on erinevad ja tekitavad segadust). Puitkonstruktsiooniga korruste puhul on oluline jäikussidemete õige paigaldus, milles samuti täheldati teatud teisititegemisi, vähene sidemete arv jt.

Puitkilpelemendi paigaldamisel tekitas probleeme elemendi tuule- ja soojusisolatsioonide kokkuviiimine. Samuti ei kaetud elemente pärast paigaldamist nii, et nad oleks kaitstud ilmastikumõju eest.

Puittarindite tõstmisel ei anna projekteerija sageli juhiseid õigeks tõstmiseks. Tõstmine valest kohast põhjustab sisejõudude ümberjaotumist, ja kui ei rakendata vastavaid kaitsemeetmeid, võib tõstetav tarind tõstmisel kahjustuda (Joonis 3.12).



Joonis 3.12 Puitfermi tõstmisel jaotuvad sisejõud fermis ümber ja võivad kahjustada toodet.

### 3.5.10 Seinte ja katuslagede soojustus ning heliisolatsioon

Seinte, katuslagede soojustuse ja heliisolatsiooni paigaldusel täheldati erinevusi soojustusmaterjalide omadustes (nt. kivivilla asemel klaasvill, heliisolatsioonides klaasvillplaadi asemel vahtpolüstüreenplaat jt). Samuti esines probleeme soojustuse tulepüsivuses (mittepõlevate eristusribade kasutamine polüstüreensoojustustes), soojustusekraani tihedus (plaatide vuugid, ülekatted ja liitekohad) ning soojustuse peal olevate tuuletõkke ekraani tihendamise meetodite pikaealisuses. Tuuletõkke puhul tihendatakse vuugid sageli käepäraste vahenditega (silikoon ja vuugivahut), mille eluiga ei ole kindlasti hoone eluea standardite kohane. Tihti jäetakse sellised vuugid kindlale alusele kinnitamata, mis tuuletõkkeplaadi deformeerumisel lahti rebenevad (Joonis 3.13).



Joonis 3.13 Tuuletõkke tihendamine kohalikul moel, silikooni või vuugivahuga

Soojustuse töötamisel koos aurutõkkega on küsitavuseks aurutõkke ekraani katkematus ja aurupidavus näiteks liitekohtades ja läbikute ümbruses. Soojustamisel jäävad sageli ebakorrektselt varjatud kohad ja konstruktsioonid, kuhu on raske ligi pääseda. Puudub ehitajatepoolne praktika teha termograafiline mõõtmine, et tõendada tellijale soojustusekraani laitmatut paigaldust juba ehituse üleandmise eelselt.

Projekteerija on tihti jätnud määratlemata soojustuse kinnitamise lamekatustes ja küsimus lahendatakse ehitaja teadmiste kohaselt objekti tingimustes. Katuse soojustuse korral on tegemist nii materjalivaliku probleemidega (piisav survetugevus, tulekindlus, katuslagedes sobimatu lahenduse kasutamine pööratud katuselahenduse asemel, tuulutusega soojades kaldkatustes sobimatu kilelahenduse kasutamine); soojustusplaatide paigaldamisega ebapiisavalt nihkes (ülekatkes), kui ka nende kinnitamisega (lamekatustes tüübeldamisega eelnevalt dimensioonitud kinnituslahenduse alusel, viimane sageli täiesti puudub ja katusekatet kinnitatakse koos soojustusega ehitaja teadmisesest ja kinnituse standardsammust lähtuvalt).

Veel on katuse soojustuse puhul oluliseks tehnoloogiaerinevuseks kallete moodustamise viis lamekatustel (kaldeid moodustatakse väga erinevatel viisidel, millest mõned on adekvaatsed ja sobilikud, teised, näiteks kallete moodustamine tuulutussoone peal, aga mittesobivad).



Puistevillaga soojustatud katuselagedes oli küsimuseks puistevilla piisav paksus ja selle mõõtmise õigsus, samuti puistevilla puhul vajalike kaldtuulesuunajate puudumine räästakasti läheduses. Katuse aurutõkke paigaldamisel puudub teadmine aurutõkke vajadusest katuse kõrgendustel (näiteks šahti otstel), need jäetakse mõnikord aurutõkketa ja šahti kattev soojustuskonstruktsioon katusekatte all ehitatakse sarnaselt parapetile puidust sellal, kui šaht on projekti järgi tuletõkketsoon ja peaks korterelamus olema TP1 klassile vastavatest materjalidest (Joonis 3.14 vasakul).

Soojustuse paigaldamisel ja soojustatud kihtpaneelide korral tehakse töid sageli tehnoloogiliselt sobimatul ajal, jäetakse katmata ilmastikumõjude eest, mistõttu soojustused saavad märjaks ja niiskuvad (Joonis 3.14 paremal).



Joonis 3.14 Tehnošahti ots korruselamu katusel ehitati erinevalt katuse põhilahendusest ilma aurutõkketa, kasutati sügavimmutamata puitu, kaheldavaid kinnitulahendusi ja materjal ei vasta šahtile ettenähtud tuletõkestusklassile (vasakul); märjaks saanud soojustus ei tohi jääda tarindisse, vaid tuleb asendada uue ja kuivaga (paremal)

### 3.5.11 Katusekattetööd

Katusekatte paigaldamine lamekatustel toimub tavaliselt kas plasto- või elastomeersetest kummibituumenmaterjalidest või kasutatakse selleks plastrullmaterjale (pööratud katustel ehk terrassikatustel ka bituumenpaksakatet või erisüsteemlahendusi). Rullmaterjalist katusekatete paigaldamisel oli näha puudusi ja teisitilahendusi eriti katuse kallete puhul: kalded ehitatakse isolatsioonimaterjalist erinevatel meetoditel, selle asemel et ehitada kalle isolatsioonimaterjalide alla ja paigaldada konstantse paksusega hästi kokku istuvad isolatsioonid (Joonis 3.15). Kallete puhul torkas silma nende ebapiisavus, mille kompenseerimiseks pakuti välja katmist lisakihimaterjaliga, uuesti lahti võtmist vms.



Joonis 3.15 Kalde ehitamine lamekatusele keramsiitbetoonist enne katuse soojustuskihtide ja katusekatte paigaldust. Katusekate tüübeldatakse kaldekihti, ei lõhuta selle all olevat aurutõket, kuid tegija peab kasutama spetsiaalseid tüübleid ja oskama keramsiitbetoonitöid (vasakul). Kalde ehitamine lamekatusele soojustusmaterjalist, kus puudub tuulutust, tuginedes kattematerjali tootja hinnangule, et antud materjal tuulutust ei vaja (paremal).

Materjalide kinnitamisel katusele kasutatakse peamiselt tüübeldamist läbi katusekatte- materjali hõlma ja kruntimata pealisvillplaadi, mis erineb selle töö kirjeldusest juhendites, kus eeldatakse soojustuse, kuid mitte kattematerjali tüübeldamist (viimane peab toimuma SBS-materjalide puhul keevitamisega spetsiaalsele, impregneeritud pealispinnaga villplaadile). Tüübelduse puhul läbi katte hõlma tekivad kohe küsimused juhendis toodud külgülekattepiikkuse kohta (kas normatiivset veekindlat ülekatet mõõdetakse tüübli peast või eelneva paani servast). Ülekatte probleemid olid ka ristvuukidel, mis olid kohati normist väiksemad (Joonis 3.16 vasakul).



Joonis 3.16 SBS-katte keevitamine lamekatusele, kus soojustus ja kate tüübeldatakse läbi paani serva, kasutusel on impregneerimata pinnaga kõvavillplaat, küsimuseks jääb vettpidava külgülekatte laius (vasakul); kaldharjaga katusele, kus kelpkatustel puudub harja- ja otsaviilutuulutus (paremal).

Katte keevitamisel esines üle- ja alapõletamist, vuukide hilisemat korrigeerimisvajadust jne. Kohati oli küsimuseks paanide vale asetus (nii et tekivad vastuvuugid). Viimane oli osaliselt tulenev ka rullmaterjali ja -soojustamistöde ebaõigest korraldusest, kus ei järgitud nõuetekohast paigaldusjärgnest: 1. põhipinna esimene kiht, 2. parapeti esimene kiht, 3. põhipinna teine kiht, 4. parapeti teine kiht, vaid tehti tööd nii, et parapetikatte ja põhipinna katte vahele jäi valepidi vuuk.

Tööde organiseerimisel ilmses, et ei suudetud planeerida haardeala suurust selliselt, et tööpäeva lõpuks oleks sobiliku suurusega haardeala kaetud veekindlalt esimese kihi rullmaterjaliga, mille ajutise vuugi saaks veekindlalt kinnitada (õine vihm leotas soojustusi läbi ja tuul viis ajutisi katteid lendu). Väga palju talluti juba paigaldatud katete peal, millega kahjustati katteid, kõiki auke ei parandatudki enne teise kihi pealepanekut.

Läbikute ja ülespöörete tegemisel oli probleemiks liitekohtade tihedaks saamine ja nägusad lahendused. Ühel juhul oli tegemist vale tüüpi katusekaevude kasutamise (kasutati kaheastmelist äravoolukaevu kaheosalise asemel, mis aga tähendab, et püstiku täitumisel sadeveega võib see alumise äravooluastme kaudu tungida soojustuste vahele).

Katusepinna siledust ja veeloikude kogunemist katusel võib lugeda samuti suureks küsimuseks, mis katuse eluiga mõjutama hakkab. Nii PVC- kui SBS-rullmaterjalidest katuste tüübeldusi ei olnud tuulekoormusele arvatud ja kinnitusvahendite väljatõmbekatseid tehtud, neid dimensioonid ehitaja kohapeal oma teadmised, ja alles tellija küsimuse peale kaasati projekteerija, kes kinnitas allkirjaga lahenduse õigsust.

Parapettide tuulutuslahenduse ehitamise juures (puitmaterjalidest parapetikatted) tekitas küsimusi parapeti vähene soojustamine, soojustusel jäeti panemata ka tuuletõke. Puudus vahtpolüstüreeni eristamine parapetist eristusvilla ribaga.

Katusekatte paigaldamine kaldkatustel tehakse korrusmajadel tavaliselt kivi- või plekkmaterjalidega. Mõlema puhul oli vigadeks kohatine ebapiisav kinnitus (kinnituspunktide arv) ja harja- ja räästalahenduste tuisukindlus (eriti plekk-katuse tüüpsõlmes on see puudulik, kivikatuse tootja tüüpsõlmes enne 2009. aastat puudulik ja pärast 2009. aastat parandatud juhendis oluliselt parem). Kivikatuste ja plekk-katuste lahendustes on sagedaseks puudujäägiks osa katuste ebapiisav tuulutus, mis tuleneb sellest, et ehitajad ei tunne ja ei oska lahendada kaldharjaga katustele sobilikku tuulutuslahendust. Aluskate pööratakse harjast üle, otsaviil puudub ning tuulutamiseks

sobilik horisontaalhari on neil katustel sageli olematu pikkusega ja ei tuuluta katusealust piisavalt. Lisatuulutust aga ei osata teha ja tulemuseks on külma pööningu ebapiisav ventilatsioon ja kondensaadikahjustused (Joonis 3.16 paremal).

Kivikatuse puhul, tulenevalt valesti paigaldatud roovisammust, on katuste kivide üksteise peale ulatuvus kohati erinev, mis toob kaasa katuse kivitipu joonte kõverdumise ja katuse esteetilise väljanägemise halvenemise (visuaalne probleem). Katusekivide liitumisel teiste pindadega, korstende ümber jt kasutatavad plekilahendused on kohati puudulikud, mitte-täielikult veetihedad ja sisaldavad visuaalsuse küsimusi.

Katuse plekk-katete puhul oli nähtav, et neid kahjustatakse paigaldamise käigus ja ei taastata parandusvärviga rikutud kohti või on taastamine ebapiisav meede (korrodeerumisoht). Katuse puhul oli vigu veel tuulutuskorstende ja läbikute veetihedas kinnitamisest, katuse aluskatete õiges asetamises (eriti tuuletõkkefunktsiooniga difusioonkatete korral) jt.

### 3.5.12 Avatäidete ja klaasfassaadide paigaldus

Avatäidete ja klaasfassaadide paigaldusel fikseeriti vigu avatäidete kinnituses (Eestis kasutatav levinud viis on akende soojustuspinda toomiseks ehitada enne akende paigaldamist kivimüüri külge aknaava ümbritsev prussidest raam, mille sisse hiljem paigaldatakse aknad). Prussraamide kinnitus kohati ebapiisav ja ei vasta ega ole dimensioonitud akna raskusele, seda ei ole andnud ka projekteerija projektis. Prussraamiga kinnitus ei pruugi olla kohane ka osa fassaadisüsteemide korral (Joonis 3.17 vasakul).

Avatäidete kinnitamisel kasutati nende toetamisel puitkiile plastkiilude asemel ja kinnituste vahekaugus oli kohati erinev lubatust. Akna asetus kõrgusmärgi suhtes oli probleemne, mis ilmneb alles viimistluse ajal, eriti pörandani ulatuvatel akendel, aken ei käi lahti (Joonis 3.17 paremal).



Joonis 3.17 Prussraam avatäite paigalduseks pole projekteeritud, vaid kohapeal ehitaja poolt lahendatud kinnitused (vasakul); üllatused pörandakatte paigaldusel: aken ei käi lahti (paremal).

Akna ja välisseina vahelise vuugi tihendamiseks kasutati tavaliselt vuugivahtu, see aga jäeti seest aurutõkke- ja väljast tuuletõkkelindita. Akende paigaldamisel paneelmajale paigaldati ühel objektil aknad vastu paneeli väliskoort, nii et vahele ei jäänud vuugimassiga täitmiseks vajalikku pilu. Selline paigaldusviis muudab ainuvõimaliku kolmnurkse vuugimassiriba tunduvalt vähem ajaskestvaks, kui see oleks olnud pilu jätmisel aknalengi ja paneeli väliskoore vahele. Klaasfassaadide kinnitamisel tehti vigu, ei kasutatud libisevaid kinnitusi (et konstruktsioonide surve ei langeks klaasidele).

### 3.5.13 Krohvitud komposiitsoojustus

Välisviimistluse puhul vaadeldi krohvitud komposiitsoojustuse paigaldust vaid osaliselt. Nähtavad olid järgmised vead:

- soojustusplaatide liimimisel (punktkinnitus serv-punkt meetodi asemel), vale asetusega tüübeldus;
- soojustusplaatide vuukide tühjaksjäämine;
- soojustusplaatide vale asetuse ava palede ümber;
- soojustusplaatide vuukide kokkulangemine,
- krohvisüsteemi elementide asendamine tootja sertifikaadis puuduvate elementide vastu;
- krohvimine selleks sobimatu õhutemperatuuri juures (alla +5 °C);
- krohvivõrgu paigaldusel selle „riputamise“ fassaadile ja segu läbisurumine võrgusilmast, selle asemel et võrk suruda eelnevalt pealekantud segukihi sisse ja katta kohe uue segukihi.

### 3.6 Kokkuvõte

Ehitustehnoloogia ja ehituskorraldus mõjutavad hoone eluiga monitooringu käigus tuvastataval vaatlusel ja analüüsil hinnataval määral. On vaja vastav hindamissüsteem oluliselt täpsemal kujul välja töötada jätkuuringute käigus, praeguses etapis väljapakutu võimaldab hinnata vaid üldjoontes mõjude proportsioone ja nende intensiivsust hoone eluea ja erinevate tarindite suhtes.

Kuna praegusesse vaatlusalasse ei kuulunud hoone siseviimistlusteid, tehnosüsteemide, krundi tehnovõrkude ja teede katendite ehitus, haljastus, siseseadmestus, varustus jms olulised alad, mis hoone ehitusega alati kaasnevad, kuid nende põimumine kogu tööprotsessiga on väga tihe ja vajab kindlasti käsitlemist järgmistes uuringutes.

Eelkõige tuleks tähelepanu pöörata ehitise eluea seisukohalt olulisele vundamendi ja keldri drenaažisüsteemi toimimisele ja kestvusele, hoone pinnasel põrandate alla paigaldatava kanalisatsioonitorustiku seisukorrale, samuti hoonesiseste tehnosüsteemide ehitamise põimumine viimistlustöödega samas piirkonnas ja sellest tekkivad häired, mis võivad vähendada hoone üldist eluiga.

Praegune uuring näitas, et ehitustehnoloogia ja ehituskorralduse valdkonnas on vaja teha olulisel määral uurimis- ja arendustööd. Läbiviidud pilootuuring kinnitab uuringu vajadust ja loob eeldused monitooringu meetodika täiustamiseks.

## 4 Ehitusprojektide analüüs

Töö käigus uuriti viimasel kümnendil ehitatud korterelamute ehitusprojekte. Neist on otsitud sisulisi tehnilisi probleeme ning vastavust juhendmaterjalide (Eesti ja Soome ehitusteabe kartoteekide (ET, ETF, RT)), ehitustööde üldiste kvaliteedinõuete (RYL 2000) ning hoone ehitusprojekti standardi (EVS 811:2006) nõuetele ja soovitudele. Samuti on võrreldud projektide sisu hoone ehitusprojekti uuendatud standardiga (EVS 811:2012).

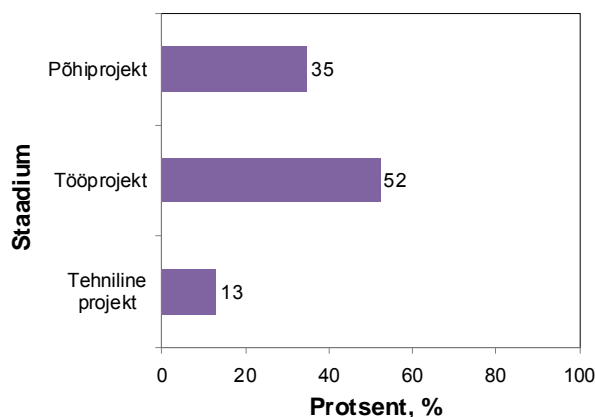
### 4.1 Meetodid

#### 4.1.1 Analüüsitud ehitusprojektid

Kõigist uuringusse valitud hoonetest puudus ligipääs ehitusprojektile 8% juhtudel. Põhjuseid oli erinevaid: hoone projekteerinud ettevõtte oli likvideeritud või polnud ei ehitaja, haldur, omanikud ega ka projekteerija ehitusprojekti olemasolu või asukohaga kursis. Märkimist vajab, et nende hoonete puhul oli kehtiv arhiivis säilitamise kohustus 7 aastat. Olukord kujuneb keeruliseks, kui nende hoonetega peaks eksploatatsioonis esinema tõsisemaid probleeme, mille lahendamiseks on tarvis tutvuda ehitusprojektiga. Kõigist uuringus osalenud hoonetest oli arhiivis säilitamise nõue muutunud kehtetuks 24% juhtudest.

Ehitusprojektide statistika ja selle analüüs põhines projektidel, mille puhul oli kättesaadav ehitusprojekti viimane staadium, mis selle hoone kohta on koostatud. Ehitusprojekti sisu kaardistamine ei sisaldanud ehitusprojekti osasid (kandekonstruktsioonid, küte ja ventilatsioon, vesi ja kanalisatsioon, elekter, nõrkvool, gaasipaigaldis), vaid keskenduti eelkõige piirdetarindite füüsilisele toimivusele ja kestvusele.

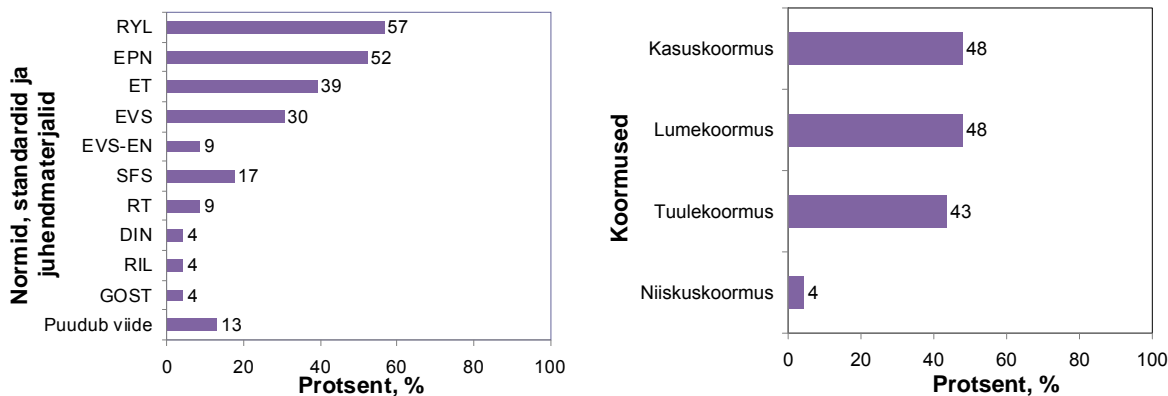
Ehitusprojekti staadiumite ja kättesaadavust uuriti nii ehitusettevõtetelt, arendajatelt, haldusfirmadelt, arhitektuuri- ning projektbüroodest kui ka kohaliku omavalitsuse arhiivist. Võib väita, et statistika ja analüüs põhineb dokumentatsioonil, mille järgi hoone ehitati. Kõik elamud ehitati põhi- või tööprojekti järgi, kuid tihti ei vastanud projekti sisu selle staadiumi nimetusele. Nii olid ehitusprojektid osaliselt üldisemas mahus: põhiprojektid eelprojekti mahus või tööprojekt põhiprojekti mahus (seletuskiri, joonised, liitekohad). Lisaks esines mõiste „tehniline projekt“, milline mõiste EVS 811:2006 järgi puudub üldse. Analüüsitud ehitusprojektide staadiumid vt. Joonis 4.1.



Joonis 4.1 Analüüsitud ehitusprojektide staadiumite jaotus.

Töö kõigis kaardistati erinevad alusdokumendid (normid, standardid ja juhendmaterjalid), millele ehitusprojekti oli viidatud. 13% projektidest puudus igasugune viide alusdokumentidele, vaata ka Joonis 4.2 Vasakul). Esines ka projekte, kus oli viidatud Eesti Vabariigi määrustele ja seadustele, millede järgimine on igal juhul kohustuslik. 13% projektidest esines viide „*heale ehitustavale*“.

Hoonele mõjuvad koormused olid esitatud ligi pooltes projektides. Ainult 4% ulatuses oli kajastatud piirdetarindite niiskuskooormusi, vaata ka Joonis 4.2 (paremal).



Joonis 4.2 Projektide seletuskirjas nimetatud projekteerimisel kasutatud normid, standardid ja juhendmaterjalid (vasakul) ning ehitusprojektides esitatud koormuste osakaal (vasakul).

Joonisel esitatud lühendite kirjeldus:

- ET- ehk ET-kartoteek on Eesti Ehitusteabe poolt välja antud teemade järgi süstematiseeritud ehitusala andmebaas, mis koosneb Eesti ehitusalastest normdokumentidest, juhendmaterjalidest ja ehitustoodete infolehtedest;
- RT- ehk RT-kartoteek on Soome Ehitusteabe kartoteek;
- ETF- kartoteek ehk Eesti Ehitusteabe Fondi kartoteek (osaliselt eestikeelne) on Soome RT-kartoteegi Eesti versioon. ETF kartoteek koos RT-juhendkaartidega täiendab RYL 2000 käsiraamatutes esinevaid viiteid;
- RYL- Soome Ehitusteabe Fondi ja Soome Tehnoloogia Arenduskeskuse koostöös väljaantud ehitustööde üldised kvaliteedinormid, mis kirjeldab head ehitustava;
- RIL- Soome Ehitusinseneride Liidu (RIL – Rakennusinsinööri Liitto) RIL-i väljaanded;
- EPN- Eesti Projekteerimisnormid, mis tänaseks on küll kehtetud, kuid võib kasutada; EVS- Eesti Standardikeskuse poolt välja antud rahvuslikud ehitusstandardid;
- EVS-EN Euroopa Standardimiskomitee (CEN) poolt koostatud regionaalstandardid, mis on identsel kujul eesti keelde tõlgitud ja kasutusele võetud Eesti standarditena (EVS-EN);
- SFS- Soome Standardiseerimisliidu (SFS) poolt väljaantud ehitusstandardid;
- DIN- Saksa Standardimisinstituudi (DIN) poolt väljaantud ehitusstandardid;
- GOST- Nõukogude Liidu poolt väljatöötatud standardite süsteem, mis peale Nõukogude Liidu lagunemist jäi kehtima Euraasia piirkonna riikidele regionaalstandarditena. GOST on heakskiidetud ka Rahvusvahelise Standardiorganisatsiooni (ISO) poolt.

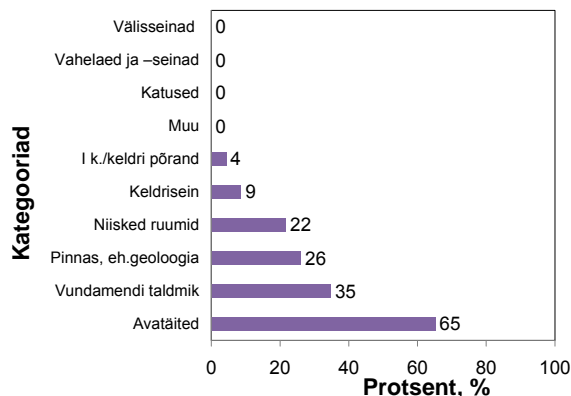
Näiteks esines olukordi, kus projekteerija juhtis seletuskirjas tähelepanu asjaolule, et lumekottide tekkimine katuse pinnale pole lubatud, sest sellega pole arvutustes arvestatud. Pahatihti sellekohane info puudus ning lubatava lumekihi paksus on teadmata.

Ehitusprojektides sisalduva informatsioon kategoriseeriti järgmiste alajaotiste kaupa:

- pinnas ja ehitusgeoloogia;
- vundamendi taldmik;
- alusmüür, keldri sein;
- I korruse või keldri põrand;
- välisseinad;
- avatäited;
- vahelaed ja -seinad;
- niisked ruumid;
- katused;
- muu.

## 4.2 Analüüsi tulemused

Projekte analüüsiti eelnevalt koostatud ankeedi järgi, mis oli jaotatud peatükkideks. Ankeedis olevad nõuded ja küsimused tulenesid erinevatest asjakohastest seadustest, määrustest, standarditest, normidest ja juhendmaterjalidest (RYL 2000, ET ja ETF kaardid), millele ehitusprojekt peaks vastama. Piisava detailsusega info puudumine projektis kategooriate kaupa on esitatud Joonis 4.3.



Joonis 4.3 Piisava detailsusega esitatud informatsiooni puudumine kategooriate kaupa (paremal).

Ebapiisav oli teave avatäidete kohta. Olgu märgitud, et siinkohal ei tähenda piisava info puudumine avatäidete kirjelduse, spetsifikatsiooni vms. puudumist, vaid tihendite, vuukide, veeplekkide, paketi jms. korrektsete lahenduste ja vajalike sõmlahenduste olemasolu ehitusprojektis.

### 4.2.1 Ehitusgeoloogia ja vundament

82% hoonete projektides on välja toodud, et enne projekteerimist on tehtud krundile ehitusgeoloogiline uuring. Samas ei selgu neist 21% puhul, millisele pinnasele on hoone rajatud. 53% hoonetest on esitatud 1. korruse põranda kõrgus pinnasevee tasemest ning 82% hoonel on drenaaž kas lahendatud või pole selle rajamine vajalik.

Informatsiooni puudumine pinnase, ehitusgeoloogia ning hoone maa-aluste osade kohta võib olla põhjustatud ka 0-tasandini tööde teostamisest eraldi tehnoloogilise projekti järgi, mida ei lisatud hiljem hoone ehitusprojekti või projekti/ehituse tellimisele alltöövõtuna, kus koostati samuti eraldi projekti osa. Samas peaks see kogu hoone dokumentatsiooniga koos kättesaadav olema. Antud olukorra tulemusel puudub 50% lintvundamendiga hoonete puhul vajalik informatsioon. Hilisemate probleemide esinemisel (hoone ülemäärased vajumid või deformatsioonid) või naaberkruntidele vundamendi ja süvise ehitamisel võib lahenduse leidmine olla komplitseeritud.

38% hoonetest oli tegemist kas osaliselt või täielikult lintvundamendiga. Pidevatest lintvundamentidest paikneb 67% killustikalusel ning 16% oli taldmikualune pinnas lahendamata. 75% killustikalusel paiknevatel lintvundamentidel oli esitatud taldmikualuse killustikukihi paksus ja 25% puhul tihendusaste. Mitte üheski projektis ei olnud esitatud taldmikualuse materjali fraktsiooni. Ühegi hoone puhul ei olnud seespoolse drenaažikihi vee ärajuhtimiseks taldmiku sisse paigaldatud äravoolutorudega vundamente. Taldmiku pealispind oli isoleeritud niiskuse tõkestamiseks 50% vundamentidest. Ülejäänutel polnud selleks kas vajadust, oli sellekohane sõmlahendus esitamata või lõike peal näitamata.

Alusmüüri või keldriseina hüdroisolatsioon oli esitatud 50% projektis, millest 60% oli täpsustatud materjalivalikut. Alusmüüri pealispinna tihendamise korrektne lahendus oli esitatud 48% projektidest.

Soklile sattunud veele peab olema projekteeritud äravool ning kaldega soklisillutis. Paraku oli sillutis korrektselt koos materjali, kalde ning laiusega lahendatud vaid 17% hoonetest. Eriti kahetsusväärne on olukord siis, kui sokli materjalina on kasutatud krohvitud

soojustust või muud selleks mittesobivat puuduliku külmakindluse või liiga suure veeimavusega lahendust. Olukorra muudab veel kriitilisemaks sokli kõrgus <300 mm. Sokli korrektne lahendus ja kõrgus >300 mm oli esitatud 48% projektidest.

81% projektidest oli märgitud vundamendi ja sokli soojustus, millest 69% oli antud soojustuse tüüp, 92% soojustuse paksus ning vaid 8% olid esitatud nõuded soojustuse kvaliteedile. Vaid 22% vundamendi ja sokli soojustusest oli täidetud tingimus pikaajalise veeimavuse kohta (<2% EN 12087). Esines ka juhtum, kus sokli soojustusmaterjalina oli kasutatud ureetega mineraalvilla, mis ei ole niiskustehniliselt kestav lahendus.

#### 4.2.2 I korruse või keldri põrand

74% hoonetest oli tegu põrandaga pinnasel. Niiskus- ja hüdroisolatsioon oli esitatud 76% juhtudel ning 38% neist oli määratud ka kasutatav materjal. Samas oli projektides lahendamata hüdro- ja niiskuisolatsiooni katkematus sh. liitekohtades ja (deformatsiooni) vuukides.

71% hoonetest oli esitatud põrandasoojustuse olemasolu ning 93% neist soojustuse tüüp ja paksus. Ainult 12% oli täidetud tingimus pinnasesse sobiva soojustusmaterjali (ekstruuderpolüstüreen) kohta, see tähendab soojustuse veeimavus peab pikaajaliselt olema <2% (EN 12087).

Õhu-, auru- ja niiskustõke (valdavalt polüetüleenkile) oli põrandakonstruktsiooni lahendustes välja toodud, kui esitamata olid vuukimisviisid.

Pinnasele toetuvate põrandate puhul peab selle all paiknema vajadusel filterkangas ning >200 mm paksune jämedast kruusast/killustikust drenaažikiht, et tõkestada niiskuse kapillaartõusu. 71% puhul pinnasele toetuvatest põrandatest oli see tingimus täidetud.

Üheski hoone projektis ei olnud kajastatud radooniohtu ja seda vähendavaid meetmeid.

#### 4.2.3 Vahelaed ja vaheseinad

Vahelagede ja vaheseinte liitumine teiste tarinditega oli valdavalt lahendamata või puudulikult lahendatud. Õhu- ja aurutõkke ning tuuletõkke jätkuvus polnud esitatud. Puit- ja kivi-pindade isoleerimine oli enamjaolt korrektselt lahendatud. Positiivse näitena tuleks märkida, et projektidest ei selgunud ühtegi konstruktsiooni, kus oleks suletud puitsõrestikseinad kasutatud kahte veeaurutihedat materjali – nii hüdroisolatsiooni kui ka õhu- ja aurutõket.

Analüüstud hoonetest oli vahelagedeks kasutatud 96% juhtudest ujuvat põrandat. Heliisolatsiooni tagamiseks eraldatakse nn. ujuv põrand ülejäänud konstruktsioonidest, sh. seintest elastse materjaliga. Korrektne sõlmelahendus esines 77% projektidest, ülejäänutes oli jäetud seintest eraldamine ehitaja lahendada. Vaata ka **Error! Reference source not found.**

Positiivsena oli projektides suurel määral kajastatud nõudeid vahelagede ja vaheseinte heliisolatsioonile. Vahelae õhumüra helipidavus  $R_w > 55$  dB oli lahendamata 22%, kusjuures esines juhtum, kus projektis oli vale nõue (>41 dB). Vahelae löögimüra helipidavus  $L_{n,w} < 53$  dB oli lahendamata 39% projektidest. Esines olukord, kus õhumüra ja löögimüra nõuded olid vahetuses. 13% projektidest esines nõue valepidise märgiga ehk näiteks <41 dB. Taas esineb probleem sõlmelahendustega. Helipidavuse nõude olemasolu projektis ja selle täitmine õige ühemõõtmelise konstruktsioonitüübi valikul ei tähenda veel selle lahenduse toimivust ekspluatatsioonis. Liitekohtade korrektsed lahendused olid antud vaid vähestes projektides. See tähendab, et nõue on esitatud, kuid tegelik lahendus ei suuda seda tagada.

Korteritevaheliste vaheseinte helipidavuse nõue  $R_w > 55$  dB ja korterisiseste vaheseinte helipidavuse nõue  $R_w > 43$  dB oli projektis kajastatud 70% hoonetest. Esines ka projekte, kus nõue polnud korrektne (näiteks >53 dB korteritevaheliste vaheseinte puhul ning >42 dB korterisiseste vaheseinte puhul) vastavalt EVS 842:2003 „Ehitiste



heliisolatsiooninõuded. Kaitse müra eest“. Korterite välisuksele oli helipidavuse nõue esitatud 43% puhul hoonetest.

Tegeliku helipidavuse hindamine on keeruline ning nõuab katsetamist usaldusväärse informatsiooni saamiseks, eriti mittehomoogeensete tarindite korral.

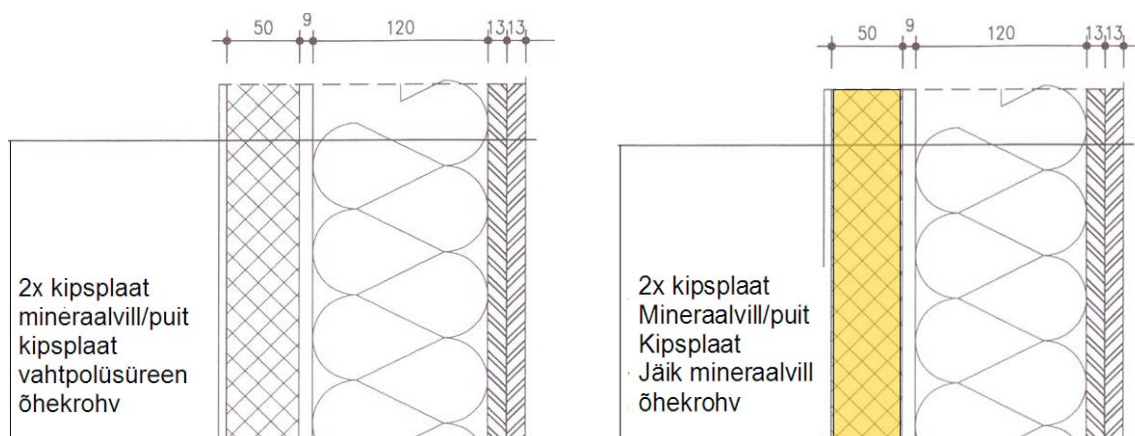
Hoone tuleohutusega seonduvat oli projektides üsna erinevalt kajastatud ning esitatud oli erinevad nõuded. 83% juhtudel esines see korterite välisuste tulepüsivusele. Samas ei ole kuigi detailselt lahendatud jooniste, sõlmede ja tehnoloogiliste kirjeldustena, kuidas antud nõuet ehituslikult saavutada, nt uste ümbruses või tehnosüsteemide läbiviikude juures. Tuleohutusnõuete täitmine vastavalt VV määrusele nr 315 „Ehitisele ja selle osale esitatavad tuleohutusnõuded“ ning lahendused nõuete rakendamiseks konkreetses elamus on ehitusprojekti seletuskirjas kirjeldatud valdavalt ebapiisavalt. Peamiselt on tuleohutuse peatükis puudulikult käsitletud kohustuslikke osi tulenevalt tol ajal kehtinud VV määruse nr 70 „Nõuded ehitusloa taotlemisel esitatavale ehitusprojektile“ seoses evakuatsiooniga (evakuatsioonilahendus, sealhulgas evakueeruvate inimeste arv, evakuatsiooniteede arvutus, trepikodade iseloomustus, hädaväljapääsud) ning ehitises rakendatud tuleohuklasse ja tulekaitsetasemeid.

#### 4.2.4 Välisseinad

Tuulutatava välisvoodriga hoonete puhul oli kahetsusväärset suur osakaal valesti esitatud tuulutusvahe laiusel. 39% valimis olnud hoonetest oli tuulutusvahe laius vastavale välisvoodri materjalile liiga väike. Projektides oli valdavalt esitamata tuulutusavade lahendus liitekohtades, nagu soklis, räästas, avatäidete peal, all ning külgedel jne.

Enamik uuringus olevate hoonete fassaadiviimistlusest moodustab kas täielikult või osaliselt krohvitud komposiitsoojustus betoon- ja kivipindadel. Krohvitud soojustusega välisseinad on riskantsemad lahendused võrreldes tuulutatava fassaadiga. Määravaks saavad liitekohtade teostus ning krohvi omadused (eelkõige veeaurerijuhtivus, veeimavus, külmakindlus, pragudekindlus) vastavates keskkonnatingimustes, sh. kaldvihma intensiivsus. Paraku ei olnud viimast kajastatud ühegi hoone projektis.

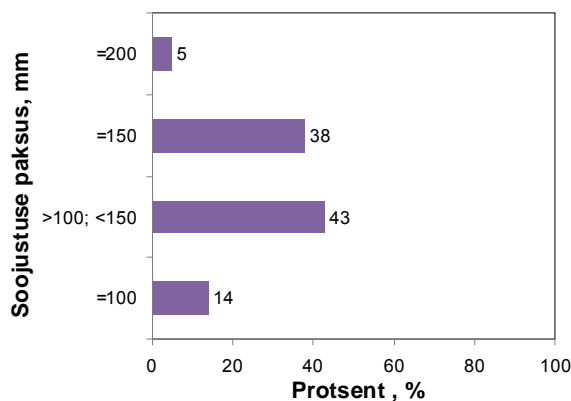
Esines ka lubamatu lahendus, kus puitsõrestiksein oli kaetud krohvitud komposiitsoojustusega (Joonis 4.4). Praktika põhjamaades on korduvalt näidanud, et krohvitud komposiitsoojustus puitsõrestikpiiretele ei sobi. Selle füüsikaline sisu on, et vee- ja õhupidavuse peab tagama üks ja sama kiht – krohv. Seinas on algselt või satub sinna niiskust, mis kiiresti välja ei kuiva ning niiskuse suhtes tundlikud materjalid hakkavad hallitama, mädanema ning lagunema.



Joonis 4.4 Väljavõtte analüüsitud ehitusprojektist. Lubamatu lahendus: krohvitud komposiitsoojustusega puitsõrestiksein. See lahendus ei toimi piisava usaldusväärsusega ka juhul, kui õhu- ja aurutõke seina sisepinna lähedal oleks olemas.

Välisseina soojustuse tüübi ja paksuse kohta puudus info ühe hoone põhiprojektis ning ühel juhul esines tingimus, et soojustus tuleb valida krohvi järgi. Vaid 10% projektidest olid esitatud soojustuse kvaliteedi nõuded.

Mineraalvilla- (MW) ja vahtpolüstüreensoojustust (EPS) kasutati võrdselt 43% puhul hoonetest. 14% hoonetest kasutati mõlemat soojustusmaterjali. Rohkem kasutati soojustust paksusega vahemikus 100–150 mm. Vaata Joonis 4.5.



Joonis 4.5 Uuringus osalenud hoonete välisseinte soojustuse paksuse jaotus.

Väheste hoonete puhul oli tähelepanu pööratud korrektselt lahendatud liitekohtadele, et vältida sadevee tungimist piirdetarindisse. Betoonist välisseinte vuugid olid projektides lahendatud valdavalt ilmastikukindlalt ja veetihedalt.

Tuulutatava välisvoodriga hoonete puhul oli vaid 33% hoonetest lahendatud välisvoodri taha pääsenud veele äravoolamise võimalus akna pealt.

Õhu- ja aurutõkke tüüp oli esitatud 75% hoonetest ning vaid 25% oli lahendatud ka kinnitus ja liitekohad.

#### 4.2.5 Avatäited

Seoses hoone asukohas oleva suurema tuulekoormusega oli akende õhu- ja veepidavusele tähelepanu juhitud 13% hoonetest. Enamik valimis olnud hooneid asusid tavapärase tuulekoormusega piirkondades.

Avatäidete veeplekide kalle ning ülespöörete veetihe lahendus avatäidete põsele oli näidatud ja lahendatud projektis korrektselt vaid 9% hoonetest.

Klaasfassaadisüsteemide vuukide veetiheduse saavutamiseks soovitasid projekteerijad valdavalt järgida tootja juhiseid.

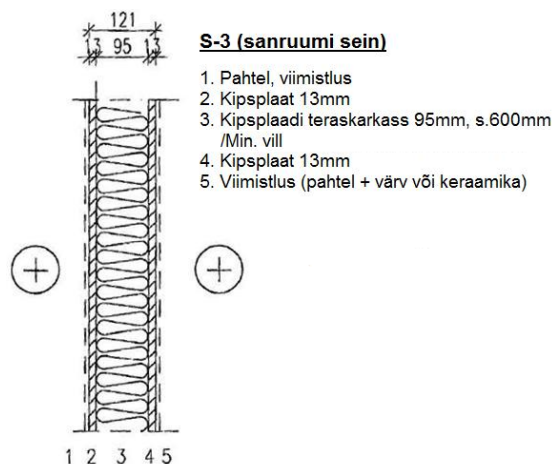
Puudulikult on esitatud ja lahendatud avatäidete paigaldamisega seonduv. Lisaks akna ümbrusele ja liitumisele välisseinaga tuleks piisava detailsusega (1:5 mõõtkavas) ära näidata ka lengi juures õhu- ja aurutõkke jätkuvus koos ülekatte ja kinnitamisega tarindi sisepinna lähedal ning tuule- ja veepidavuse lahendamine välispinna lähedal. Kaasaja ehitusturul on olemas spetsiaalsed õhu- ja/või aurutõkke materjalid, mis kinnitatakse lengi külge ja paigaldatakse avasse koos sellega.

#### 4.2.6 Märjad ja niisked ruumid

39% puhul uuringus osalenud hoonetest oli projektis esitatud niiskete ruumide hüdroisolatsiooni olemasolu, millest 33% oli täpsustatud ka hüdroisolatsioonimaterjal ning 67% oli kirjeldatud ülespöörete tegemist ning liite- ja kinnituskohtade lahendamist. Trapiga niiskete ruumide põrandate kalle oli esitatud 30% hoonetest. Niiskuskindlate materjalide (vastav kipsplaat, vuukimis- ja tihendusmaterjalid) kasutamisele oli tähelepanu juhitud vaid 26% projektidest. Vaata Joonis 4.9.

Niiskuskindlate avatäidete vajadust kirjeldati 17% projektidest ning 22% oli esitatud nõue põrandaplaadi libedusele.

Esines olukord, kus niisketes ruumides oli valesti lahendatud puitsõrestik-vaheseina toetamine põrandale. Puitdetailid olid kas põranda tasapinnas või sellest allpool.

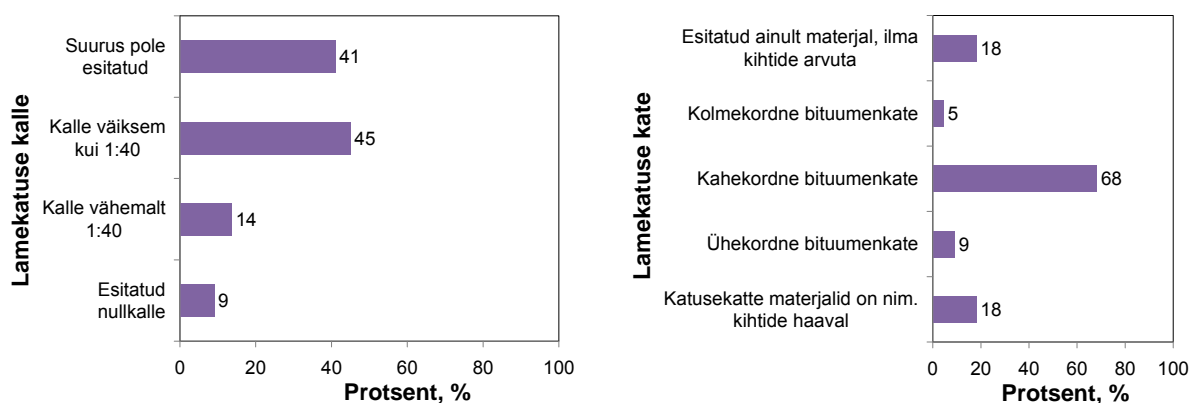


Joonis 4.6 Väljavõtte analüüsitud ehitusprojektist. Märja/niiske ruumi vaheseinas ei ole kasutatud niiskuskindlamaid materjale aga katteid.

#### 4.2.7 Katused

Bituumen-rullmaterjaliga katuste puhul on üheks levinumaks probleemiks asjaolu, et projekteerija ei lahenda lõpuni materjalide valikut või ei kehtesta tehnilisi nõudeid materjali valikuks. Projekteerija peab ette andma kõikide kasutatavate kihtide materjalid, nende omadused, paksused ja kvaliteediklassid. Samuti peavad olema esitatud liitekohad, nende lahendused ja ülekattejätkud.

Ühekihiliste kummibituumen-rullmaterjalist katused on riskantsed, eriti väga lameda kalde korral. EPN 11.2 sätestas küll ühekihilised lahendused alates kaldest 1:40. Alla 1:40 katuste projekteerimist ei soovitata ei meil ega ka Põhjamaades. Lubamatult palju kasutatakse kallet absoluutselt minimaalset kallet 1:80, s.o. 1,25 cm/jm, Joonis 4.7.

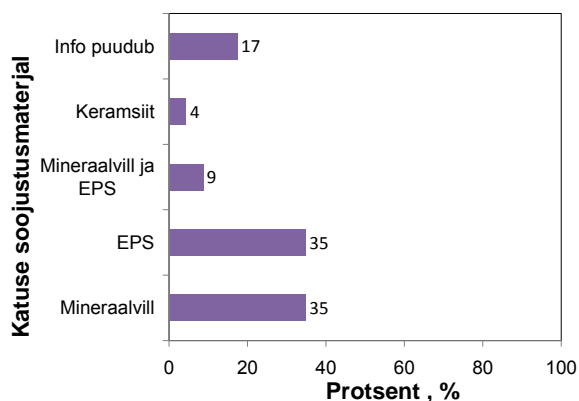


Joonis 4.7 Väljavõtte analüüsitud ehitusprojektist. Katuse kaldeid (vasakul) ja kattematerjali puudutava informatsiooni olemasolu (paremal).

Katuse soojustusmaterjalidest olid levinuimad ja peaaegu samaväärselt kasutatust leidnud vahtpolüstüreen ja mineraalvill. Vähemal määral oli kasutatud keramsiitsoojustust. 17% hoonete projektidest oli katuse soojustusmaterjal määramata, Joonis 4.8. Soojustuse paksus oli määratletud vaid 65% hoonetest ning 17% neist olid esitatud kvaliteedinõuded soojustusmaterjalile.

Kuna kergkruusa kasutamisega katuselagedes on esinenud probleeme, siis on hea tõdeda, et kergkruussoojustusega katuste puhul oli kasutatud aurutõkkena alusele kleebitud

SBS-rullmaterjali ning kergkruusa kihi tuulutus korrektselt lahendatud, et võimaldada niiskuse väljakuivamist.



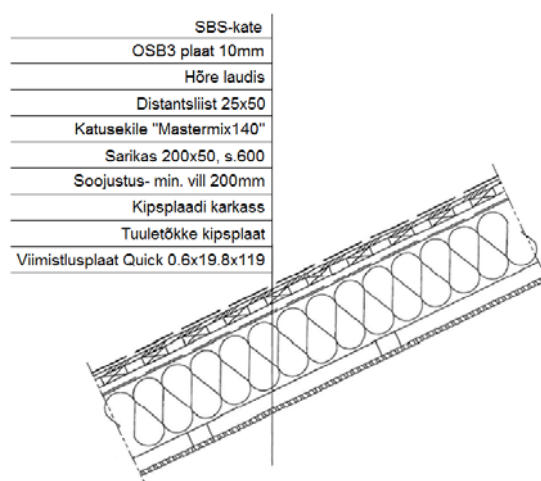
Joonis 4.8 Katuse soojustusmaterjali osakaal.

Korralikud sõlmilahendused on välja joonistamata või lahendatud ebapiisava detailsusega. Sõlmede lahendamisel ei lähtuta mitte konkreetsest olukorrast, vaid kasutatakse tüüpsõlmi veendumata nende sobivuses konkreetsetes tingimustes.

Katuste kate on tavaliselt suure veeaurutakistusega ja vajab seega õhukanaleid. Tarindisse pääsenud niiskuse väljakuivamiseks oli lahendused esitatud 70% hoonetest. Katusekatte tuulutus võib olla lahendatud nii aktiivse tuulutusega räästa kaudu kui ka tuulutussoontega difusiooni teel niiskuse liikumise võimaldamiseks tuulutuskorstnani. 19% katustest oli esitatud korrektsed sõlmed tuulutuse jätkuvuse kohta takistuste ümber ning lume kogunemise vältimise kohta tuulutusavadele.

Aluskatet vajavate katuste puhul oli esitatud aluskatte materjal, kuid lahendamata kvaliteedi, nõuded läbiviikude tihendamisele ning aluskatte lõpetamisele räästal ja harja juures.

67% hoontest on esitatud õhu- ja aurutõkke materjal, neist 27% mõõtmed ja 33% liitekohtade ning vuukide tihendamine. Aurutõkke läbiviigu tihendeid nendes projektides ei olnud kajastatud. Tunduvalt suurema töökindlusega bituumenaurutõket on kasutatud vaid 20% hoonetest. Ühe hoone puhul puudus konstruktsiooni lahenduses õhu- ja aurutõke, vaata Joonis 4.9.



Joonis 4.9 Väljavõtte analüüsitud ehitusprojektidest. Katuslaes puudub õhu- ja aurutõke.

Õhu- ja aurutõkke osas märgitakse küll ära, et see peab olema olemas (sedagi mitte alati ja mitte õiges kohas), kuid suures osas jäetakse ehitajale vabad käed. Projektis peaks

esitama nii materjalide valiku kui ka ülekatete ja läbiviikude tihendamise osas konkreetsed lahendused ning nõuded, mille täitmist järelevalve saab ja peab jälgima.

Kalkkatuste puhul kasutatakse sageli otse vastu soojustusmaterjali paigaldatavat väikese difusioonitakistusega materjali, mis on nii tuuletõkkeks kui ka katuse aluskatteks. Nimetatud materjalide pikaajalise ehitusfüüsikalise toimivuse kohta külmas kliimas ei ole veel usaldusväärset informatsiooni. Kindlasti ei tohiks seda paigaldada horisontaalselt.

Tuuletõkke tüüp on esitatud 74% projektidest, kuid lahendamata olid vuugid ja liitekohtad.

Katuseinventari kinnitused ja kinnituste lahendus, mis sageli võivad olla lekete põhjuseks, on oluline projektis ära näidata. 78% läbivaadatud projektidest oli see esitamata.

Sisemise kaldega katustel peab parapeti kõrgus olema >100 mm. Esines hooneid, mille puhul see nii ei olnud. Paljude nende hoonete katustega on ka praktikas juba probleeme esinenud.

Hüdroisolatsioon peab olema tõstetud valmis pinnast vähemalt 300 mm kõrgusele, uste juures 150 mm kõrgusele. Nõude täitmine esines 45% hoone projektide puhul.

Korrektset lahendatud parapeti sõlm, kus on välditud katusele tuleva või piki seina tõusva vee (nn. vastu- ehk tormipleki abil) ääs seinatarindisse, oli esitatud vaid 26% projektidest.

Paraku selgus, et valdavalt on lahendamata vihmaveesüsteem. Mitte üheski projektis ei olnud esitatud rennide kaldeid ning vaid 22% puhul rennide mõõdud ning pinnakate. Vihmaveesüsteemide pinnakatematerjalid jagunesid vastavalt 33% PVDF ning 67% tsingitud kattega.

#### **4.2.8 Muud**

Vaid 35% hoonetest oli seletuskirjas määratletud hoone planeeritav kasutusiga. 12% hoonetest oli planeeritavaks kasutuseaks märgitud 100 aastat, 63% hoonetest 50 aastat ning 25% hoonetest 50–100 aastat. Viimane aga ei ole korrektne, sest planeeritav kasutusiga peab olema selgelt määratletud ja materjalide ning konstruktsiooni lahenduste väljatöötamisel sellega arvestatud. Esitamata oli kasutusea tagamise lahendused.

Terasdetailide korrosiooniklass oli esitatud vaid 9% projektidest, samas nõuded terasdetailide korrosioonikaitsele olid kajastatud 57% projektidest. 46% projektidest oli nõue terasdetailide tsinkimisele. 23% projektidest nõuti roostevaba terase kasutamist ning 15% puhul alküüd- või epoksüüdvärviga pinna katmist. Ühel juhul oli antud korrosiooniklass ja viidatud standardile SFS EN ISO 12944-5. Tööprojekti staadiumis tuleb materjalid, pindade töötlus ja katted (sh. koha peal teostatav) üheselt lahendada ja esitada. Kindlasti peaks projekteerija lahendada erineva keemilise koostisega materjalide omavahelise kokkusobivuse, et vältida galvaanipaaride teket ja sellest tulenevat korrosiooni.

Räästa-, vee- ja sokliplekkide korrosioonikaitse ja pinnakatted olid muudest terasdetailidest eraldi esitatud 39% projektidest. Nendest 22% oli nõue PVDF-kattele ning ülejäänute puhul nähti ette (nii kuum- kui ka külm-)tsingitud terasdetailid.

Külmakindluse nõue välisõhu ja sademetega kokkupuutuvatele betoon- ja kivipindadele oli esitatud vaid 13% projektidest ning välisõhuga kokkupuutes olevatele horisontaal-pindadele oli kalle äravoolu tarvis min. 1:100 lahendatud vaid 17% hoonel.

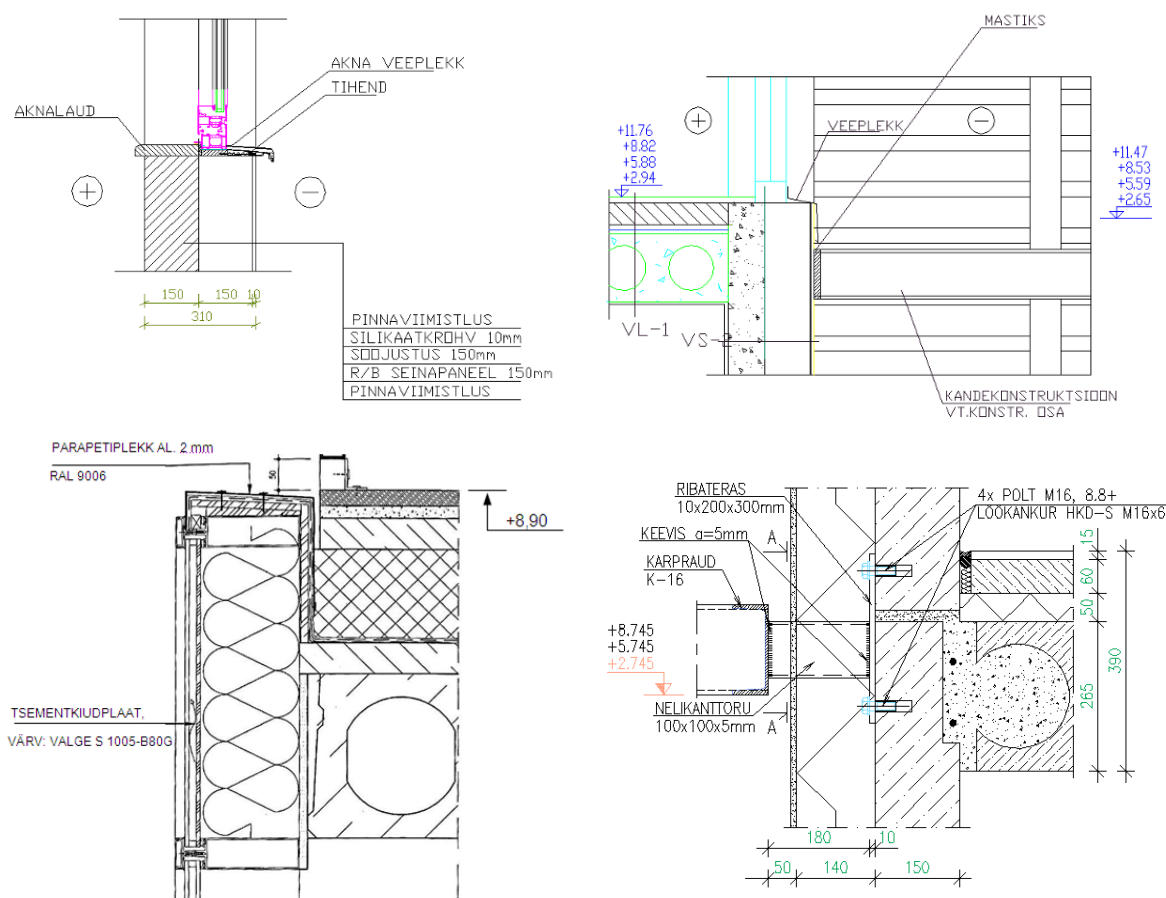
Nõue hoone kasutajale hooldus- ja kasutusjuhendi esitamisest oli leitav 26% projektidest. Elanike küsitlusest korteri hooldus- ja kasutusjuhendi olemasolu kohta selgus suur varieeruvus – alates korralikest kaustadest koos kogu vajaliku informatsiooniga tehnosüsteemide, akende, viimistluspindade hoolduse jms kohta kuni teise äärmuseni, et mitte midagi ei ole.

Puudulikult oli käsitletud kasutatavate materjalide ja elementide tolerantse.

Samuti oli olukord kahetsusväärne märgi ja niiskeid ruume puudutava informatsiooniga. Suurel määral oli nendes ruumidest kasutatavate materjalide, tehnoloogia ja lahenduste valik ning liitekohtade teostus jäetud ehitusprojektis lahendamata, Joonis 4.6.

## 4.2.9 Üldised märkused

Murettekitav on ehitusprojektides tehtud tarindite liitekohtade lahendused. Seda isegi mitte sõlme sisulise lahenduse ja toimivuse osas, vaid ka sõlme joonestamise ja kirjelduse detailsuse seisukohalt. Osaliselt saab probleem alguse sellest, et sõlmede lahendamise eest vastutaval projekterijal puudub piisav ettevalmistus ja erialane pädevus liitekohtade ehituslikuks lahendamiseks, eriti soojusliku-niiskusliku toimivuse ja kestvuse seisukohalt. Liitekohtade joonestamise teostab tihti tehnik vastavalt arhitekti või inseneri üldistele juhistele või lähtuvalt varasemates töodes välja pakutud lahendustele. Seetõttu realiseerub tihti oht, et sõlme materjalivalik, füüsikaline toimivus, ehitustehnoloogiline teostatavus ja kestvus jäävad ebapiisavalt lahendatuks. Negatiivsete näitena vaata ka Joonis 4.10 esitatud tööprojekti sõlmi.



Joonis 4.10 Tüüpilised puuduliku detailsusega esitatud tööprojekti sõlmed M 1:10 (üleväl ning all vasakul). Lisaks sellele esineb hulk sisulisi vigu, nt. läbi soojustuse viidud nelikanttorust rõdukinnitus põhjustab lubamatu külmasilla (all paremal).

Tüüpiliselt oli tarindite liitekohtade juures esitamata:

- teljed;
- mõõdud ja kõrgusmärgid;
- liituvate tarindite kirjeldused;
- kasutatavad materjalid ning detailid ja nendele viitamine;
- õhu-, auru- ja veetõkke jätkuvus, ülekatted ja kinnitus;
- koha peal paigaldatavate ning tehaseelementide piir ning montaaži kirjeldus.

Nagu fermi kandevõime tagamiseks ei piisa ainult diagonaalide ja vööde ristlõigete esitamisest, ei piisa ka hoone piirdetarindite toimivuse tagamiseks ainult ühemõõtmeliste tüüptarindite esitamisest. Oluline on esitada liitekohtade ja sõlmede lahendused, sest need on peamised vigade tekkimise kohad.

Korduvalt esines olukord, kus ehitusprojektis oli materjalide valik jäetud tegemata või nõuded materjalidele jäetud esitamata. Samas oli lisatud, et ehitaja peab hankima kõikide materjalide ja konstruktsioonide kasutamisel vastavad paigaldus- ja käsitusjuhendid tootjatelt või müüjatelt. Paraku ei ole tootjad ja edasimüüjad tihti kursis materjalide kasutamisega konkreetsetes kasutuskohas ning kliimatingimustes, sama laieneb teiste materjalidega koos kasutamisele. See info on olemas ka projekteerijal ning tema peab toimiva lahenduse esitama.

Puudulikult on projektides tähelepanu pööratud puidu niiskusele paigaldamisel ja tarnimisel ning ei selgu, kas tegemist on materjali kaalulise, mahulise või pooriõhu suhtelise niiskusega. Samuti esines probleem nõude esitamisega betoonpõrandate niiskustasemele enne tuulutamata põranda ehitamist. Siin tasub tähelepanelik olla ka põranda pinnaniiskuse kaardistamisel saadava info tõlgendamisel. Nimelt kuivab betoonpõranda pealne osa ülespoole välja, samal ajal on betooni sees sügavamal niiskussisaldus oluliselt suurem. Kattes põranda veeaurutiheda kattega, ühtlustub niiskussisaldus põrandas ning suhteline niiskus põrandakatte all tõuseb.

Samuti ei olnud mitte kõigi puitu välisõhus ja niisketes konstruktsioonides kasutatavate hoonete ehitusprojektis nõuet puidu (sügav)immutusele.

Tuli ette olukordi, kus seletuskiri ja konstruktsioon ei ühtinud. Samuti esines sõlmi ja tüüpkonstruktsioone, kus materjalide kasutus polnud üheselt määratav.

### **4.3 Kokkuvõte**

Viimasel kümnendil ehitatud korterelamute ehitusprojektidega on palju ja erinevaid probleeme, on raskusi projektide kättesaadavuse ja komplekteeritusega, tihti polegi hoone omanikel ega haldajal ehitusprojekti.

Sisulise poole pealt on murettekitav projektide mittevastavus nimetatud ehitusjärgule, eelkõige ebapiisava detailsusega liitekohad ja sõmlahendused. Eriti probleemne on tööprojekt, mis ei ole piisavalt detailne. Pahatihti leidub ehitusprojekte, mis väidab end olevat tööprojekti staadiumis, kuid seda olemuslikult välja ei anna. Samuti puuduvad mitmete oluliste liitekohtade lahendused, füüsika ja kestvuse seisukohalt mittetoimivad lahendused. Ühemõõtmeline tarindikihtide kirjeldus ei ole piisav pikaajalise probleemideta toimivuse tagamiseks.

Samuti on vastuolu hoone materjalide valikul ja materjalide omavaheline kombineerimine mainitud kasutus- ja kliimatingimustes.

Puudulikult on esitatud koormused, eriti niiskuskoormus, millest johtuvalt projekteeritakse. Samuti on tihti esitamata projekteeritava elamu kasutusiga (sh komponentidele ja tehnosüsteemidele), selle tagamise tõendamise lahendus ning käsitletud puudulikus mahus kestvusega seonduvat.

Tihti on jäetud sõlmede detailsem lahendamine ja materjalide valik ehitusplatsile. Projekteerijale paistab olevat ebaselge piir projekteerimisstaadiumis ja ehitustehnoloogiaga määratletava vahel.

Liitekohtade puudulik teostus või mittetoimivalt lahendamine projekteerimisfaasis tekitab otsesed riskid nii ehitamise kui ka hilisema eksploatatsiooni faasis. Puuduvad või ebamõistlikud lahendused suurendavad heal juhul ehituse hinda, halvemal juhul ehitatakse mingi lahendus valmis ja probleemid ilmnevad hiljem. Tööde ümbertegemine on väga kulukas ning ei ole põhjust, miks tellija või elanik end selliste probleemide eest peaks leidma.

Olukorra parandamiseks on oluline, et projekteerija puutuks ise sõlme lahendusega kokku (tagasiside ehitustöödest) ja ehitaja mõistaks projekteeritud lahenduse tausta (miks

lahendus on nii projekteeritud). Projekteerijal peab olema side tehnilise lahenduse õnnestumisega või ebaõnnestumisega. Kui ehitusprojekt on vigane, algavad probleemid juba ehitusprojektist,



## **5 Piirdetarindite ja kandekonstruksioonide tehniline seisund ja defektid**

### **5.1 Hoonete arhitektuurne ja konstruktiivne lahendus ning ehitamine ja kasutatud materjalid**

Elamute püstitamiseks kasutatavate materjalide valik on ajalooliselt sõltunud kohalikest materjalidest. Traditsioonilised põlvest-põlve edasiantavad oskused ja konstruktiivsed lahendused ning vähehaaval lisanduvad uued materjalid on võimaldanud suhteliselt rahulikult üle minna tänapäevastele ehituskonstruksioonidele ja rajada üha keerukamaid hooned. Tasapisi harjutakse ehitusfüüsikaliste tõsiasjadega, mis mõjutavad arhitektuuri ja konstruksiooni lahendusi ning nõuavad ehitusmaterjalide kooskasutamise oskust. Samas aga pole harjutud tõsiasjaga, et uute materjalide omadused on spetsiifilised: väliselt meeldival ja hinnalt sobival materjalil, millest ehitamine on odav ja vähe oskusi nõudev, ei pruugi olla küllaldast kestvust mainitud eksploatatsiooni- ja keskkonnatingimustes teiste materjalidega kooskasutamisel.

Arhitekt, ehitusinsener, ehitaja ja kinnisvaraarendaja mõtlevad harva tellijale üleantava hoone eksploatatsioonikuludele. Valikuid mõjutab uute materjalide suhteliselt kõrge hind, ehitustööde läbiviimise kvaliteet ja tööde ajakava. Ehitamisel ja projekteerimisel ei arvestata piisavalt kliima- ja eksploatatsioonitingimusi. Valdav puudus on kindlasti asjaolu, et projekteerimis- ja ehitusettevõtetes ei ole materjalide spetsialiste.

Praeguste ehitusmaterjalide valik on suur ja seega väga palju võimalusi täita sama konstruksiooni erinevate materjalikooslustega.

Viimase 20 aasta jooksul püstitatud korterelamutest on valdav osa raudbetoonist karkass- või suurpaneelilamud. Seinamaterjalidena on kasutatud ka mitmesuguseid väikeplokkke.

Valdavalt on tegemist räästata lamekatusega elamutega, mis on kaetud kummibituumenrullmaterjalist katusekattega.

Fassaadi viimistlusmaterjalidena on kasutatud rohkesti klaasi ja metalli kombinatsioone, kuid esineb ka krohvitud, puhasvuuk-keramist tellisemüüritist, puitlaudist ja tsementkiudplaati.

Kõnesolevas ülevaates analüüsitakse tüüpilisi puudusi, mida leiti ehitusmaterjalide kasutuses viimasel 20 aastal püstitatud elamute välispiirdekonstruksioonides.

Materjalide kasutust vaadeldakse hooneosade kaupa.

### **5.2 Vundamendid, soklid ja pandused**

#### **5.2.1 Kasutatud materjalid, tarindid ja lahendused**

Soklite välisviimistluses oli valdavalt kasutatud monoliitset raudbetooni või raudbetoonpaneeli, aga ka erinevaid fassaadiplaate ning krohvitud komposiitsoojustust.

Soklite pandused olid peamiselt valmistatud betoonist, asfaltbetoonist ja betoonkivisillutisest. Samuti oli kasutatud ka panduseta lahendusi, kus soklit ümbritses dreniv graniitkillustik või muru.

#### **5.2.2 Peamised puudused ja defektid**

Tüüpiliseks puuduseks selles valimikus tuleb lugeda horisontaalsete raudbetoonist hooneosade teostust ja raudbetooni ning teiste materjalide kooskasutust ehitise kui terviku funktsioneerimisel.

Nii esines soklikorruse raudbetoonpaneelidest koosnevas laes läbijookse, mis on põhjustatud garaažikatuse kui eenduva terrassi ehitamises esinevatest puudustest. Tuleb märkida terrassi äravoolu projekteerimisel esinevaid vigu, mida võimendavad

hüdroisolatsiooni materjalide valiku ja tegemise vead. Kasutatud on terrassiplaate, mille vuukimise materjal ja teostuse kvaliteet ei ole koosõlas ilmastikule avatud terrasside eksploatatsioonitingimustega vt. Joonis 5.1 vasakul. Hoone küljel paikneva r/b alt avatud panduse piire (vt. Joonis 5.1 paremal) on katmata ja oluliselt märgunud. Panduse piirde pealispind tuleb katta, kuna raudbetooni kahjustumine märgumise tõttu sadeveega ja pritsmetega pealispinnalt võib pikemas perspektiivis märgumise ning vahelduva külmumise-sulamise tõttu põhjustada konstruktsiooni kahjustusi hoone sokliosas, vee läbijookse ning lagunemisprobleeme.



Joonis 5.1 Esimesel korrusel paikneva garaaži laes esinevad läbijooksud avatud terrasside, valitud materjalide, mittesobiva konstruktsiooni ja sadevee ärajuhtimissüsteemi tõttu (vasakul). Katmata pandus (paremal).

Tüüpilise puudusena võib välja tuua elamute liiga madala sokli (eriti keldrita hoonete juures) ja pinnase-muru rajamist kontaktis hoone sokliosaga. See põhjustab vee imendumist betooni, põhjustades vahelduvat märjalt külmumist ja sulamist, tsemendikivi lagunemist jms.

Raudbetooni kahjustused leiavad aset eelkõige siis, kui märgunud betoonikihist läbitunginud vesi põhjustab sarruse roostetamist või märja betooni läbikülmumine põhjustab betoonikihi irdumist ja pragunemist. Kergesti asendatavate mittekandvate raudbetoonist piirete jms. puhul on küsimus esteetilisest laadi ja suhteliselt kergesti lahendatav. Probleem muutub oluliseks hoone kandvate osade betooni märgumisel. Konstruktsioonide kestvuse tagamiseks peaks vältima nn. alaliselt märguvate servade ja nurkade teket, sademevee ja lume kogunemist pealt avatud käikudesse, horisontaalsete raudbetoonkonstruktsioonide läbijooksusid jms.



Joonis 5.2 Betoonseina äärest üles viivad trepid on otsese sademevee eest kaetud varikatusega (vasakul). Sissesõit maa-alusese garaaži (paremal)

Joonis 5.1: trepid ja betoonsokkel on avatud õhu juurdepääsule, seega saavad kuivada. Vee kapillaartõusu soklibetooni ei toimu. Pildil on näha ka pinnasega kaetud betoonipiire, mis on märgunud lume sulamise tõttu. Pinnasega ümbritsetud raudbetoonposti märgumist

antud juhul ei täheldatud. Joonis 5.2: Betoonpiire märgub sademete tõttu ülemises osas, kuid on avatud liikuvale õhule ja seega on olemas kuivamisvõimalus.

Võrreldes raudbetoonist hooneosa teostust ning selle võimalikku mõju hoone kui terviku funktsioneerimisele, võib tõdeda, et varikatuse ja pealt ja alt märguva piirdega keldri trepikäigu (Joonis 5.3) puhul on tegemist ohuga hoone sokliosa raudbetooni korrosioonile ja võimalikule vee tungimisele hoone keldrisse.



Joonis 5.3 Sademetele avatud trepikäikudesse kogunevad sademed ja on takistatud vee aurustumine ja kuivamine. Piirdekonstruktsiooni märgumine ja vee tungimine sokli kaudu hoonesse, halvemal juhul kahjustub vundamendi- ja soklibetoonkonstruktsioon. Betooni külmakindlus on horisontaalpindadele mittevastava betooni klassi ja/või jääsulatusaine kasutamise tõttu ammendunud (paremal).

Raudbetoonist ehitamisel tuleks raudbetoonkonstruktsioonide pikaajalise ja kandevõime tagamiseks projekteerida ja ehitada nii, et oleks:

- välditud betooni külmumine märjas olekus;
- horisontaalsed betoonipinnad oleksid isoleeritud otseselt vee või märja pinnasega kokkupuutest;
- betoonikihi paksus sarruse peal oleks vastavuses keskkonnaklassiga;
- raudbetoonelementidest ehitamisel tuleb vuukimisega välistada vee pääs elemendi sisse;
- läbiviikude hüdroisolatsioonimaterjalid ja teostamine peab olema vastavuses ehituse hea tava ja eksploatatsioonitingimustega.

Vundamendi ja soklikorruse ehitamiseks väiksemates elamutes on kasutatud ka mitut tüüpi väikeplokkide. Olenevalt väikeploki tüübist on nende veeimavus suhteliselt kõrgem raudbetoonist, samas nõuab plokkidest müüritis hoolikalt valitud müürimörti (Joonis 5.4). Seda tuleks nendest projekteerimisel ja ehitamisel ka silmas pidada.

Ebakvaliteetne hüdroisolatsioon oli probleemiks paljudel hoonete puhul (vt. Joonis 5.5). Kuna kõnesoleva uuringu käigus vundamente lahti ei kaevatud, siis ei saa täpseid põhjuseid välja tuua, sisepindade järgi hinnates olid tavalised lekkekohad kõikvõimalikud läbiviigud ning horisontaalse ja vertikaalse hüdroisolatsiooni liited.

Mitmel juhtumil on hooneümbruse pinnas lokaalselt (Joonis 5.6 vasakul) või suuremal alal (Joonis 5.6 paremal) ära vajunud, juhtides nii pinnavee hoone poole. Kui hoone ümbrus on horisontaalne või liiga väikese kaldega, valgub vesi hoone piirdetarinditele või piirdetarinditesse (vt. Joonis 5.7 vasakul).



Joonis 5.4 Märg ja vett läbilaskev väikeplokk-sokkel ja märgjad põrandad hoone sees.



Joonis 5.5 ~10 aastat eksploatatsioonis olnud hüdroisolatsiooni hiljutine leke (vasakul) ventilatsioonikorstna läbiviigust (paremal) näitab, et lahenduse pikaajalist toimivust ei saa hinnata kõigest paariaastase kasutuse järel.



Joonis 5.6 Äravajunud pinnas sademeveekaevu ümber (vasakul). Hooneümbruse kalle on hoone poole, juhtides pinnaveed hoone poole (paremal).

Fassaadiplaadid ja krohvitud komposiitsoojustus pole harilikult ette nähtud olema veega küllastunud keskkonnas ning nende kasutamist panduseta soklitel (vt Joonis 5.7 paremal) tuleb pidada lubamatuks.



Joonis 5.7 Keldrisse tunginud vesi põhjustab puitlaastplaadil lagunemist (vasakul). Soklit kattev tsementkiudplaat on deformeerunud ja osaliselt mulde all (paremal).



Joonis 5.8 Niiskunud laudroovitisega mittetuulutav tsementkiudplaadiga kaetud sokkel (vasakul). Krohvitud komposiitsoojustusega kaetud sokkel ei ole kauakestev lahendus (paremal).

## 5.3 Katused

### 5.3.1 Kasutatud materjalid, tarindid ja lahendused

Konkurentsilt kõige rohkem kasutatud katusekatte materjal on kummibituumen-rullmaterjal, valdavalt kahekihiline SBS, kaetuna kivipuruga (Joonis 5.9). Lamekatuseid oli enam kui kaldkatuseid ning valdav on sisemine vihmavee äravool, eriti kõrgemate elamute puhul. Korterelamute kaldkatused on reeglina madala kaldega (1:10...1:5) ning kaetud bituumen-rullmaterjali või bituumensindliga. Soojustuseks oli lamekatuste puhul valdavalt vahtpolüstüreen (EPS) aga ka mineraalvill (MW), mis on kaetud katusekatte alusena toimiva jäiga mineraalvillplaadi, puitlaastplaadi või vineeriga. Vahtpolüstüreeni ülaosas või mineraalvillplaadi alaosas olid õhukanalid veeauru difusiooni võimaldamiseks ning sellisel juhul on paigaldatud tuulutuskorstnad ja parapetituulutuse valdavalt puudub. Kasutati ka aktiivset katusekatte aluse ventileerimist parapetituulutuse ning tuulutuskorstnate abil.



Joonis 5.9 Tüüpiline katuse lahendus: räästata lamekatuselagi (vasakul). Räästaga varustatud hooneid on üksikuid (paremal).

### 5.3.2 Peamised puudused ja defektid

Tüüpiliseks puuduseks sellistel räästata lamekatusega hoonetel on ülemistelt korrustelt ja parapetilt allavoolav vesi ja märguv fassaadipind. Katusest fassaadile valgumist soodustavad katuse liiga väike kalle, parapeti puudumine ja liiga väikese kaldega parapetiplekk (Joonis 5.10).

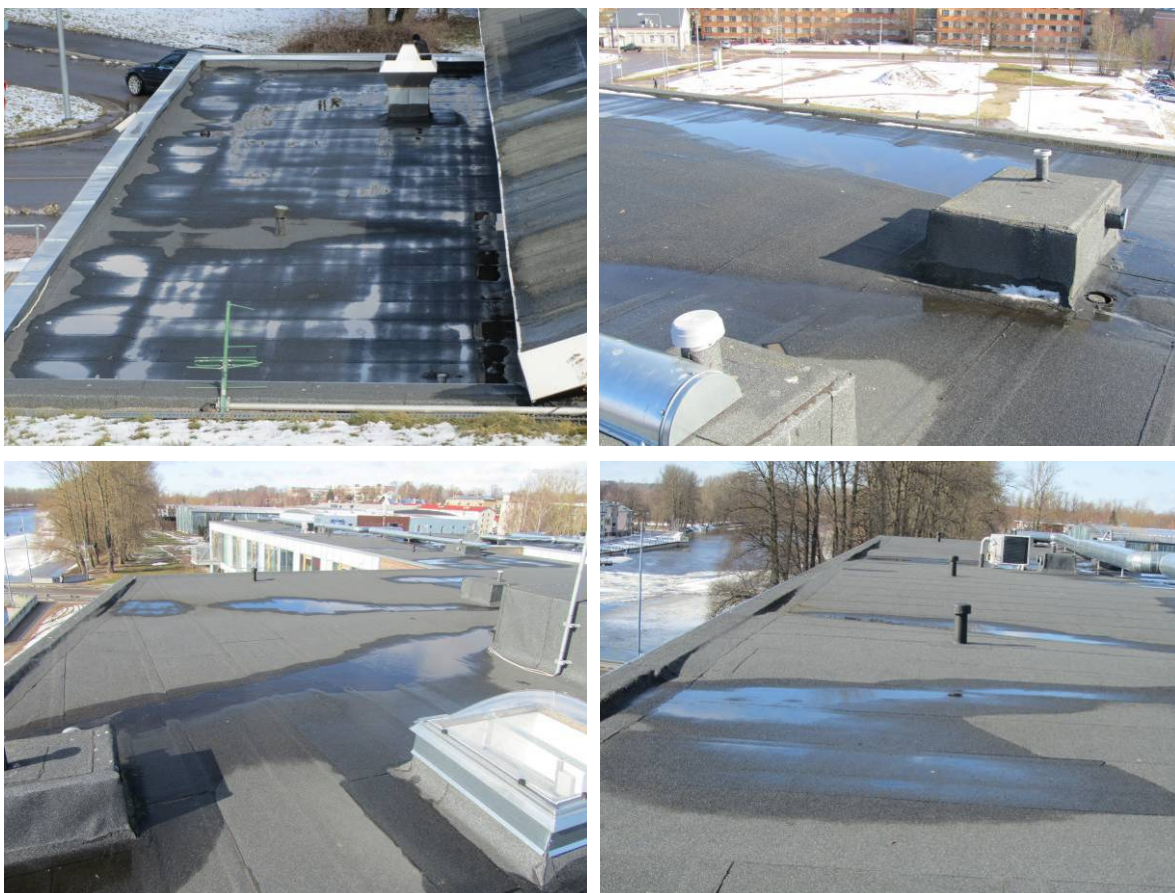


Joonis 5.10 Liiga väike katusekalle, parapeti ja piirde puudumine (vasakul) ja liiga väikese kaldega parapetiplekk (paremal).

Valdavalt kasutatud lamekatuste katematerjalina on kasutatud kummibituumen-rullmaterjali. Kvaliteetmaterjalide kasutamise, tootjapoolsete tehnoloogianõuete, täitmise ja hoolika projekteerimise ning ehitamisega on võimalik lamekatuste puhul vältida läbijookse ja muid probleeme. Kahjuks ei olnud olukord uuritud elamutes probleemivaba. Katuse avamisi uuritud elamutes teha ei olnud võimalik. Seetõttu ei saanud selgitada probleemide põhjuse täpset jaotust.

Elamute visuaalsel ülevaatusel esinesid järgmised vead (vt. Joonis 5.11, Joonis 5.12, Joonis 5.13):

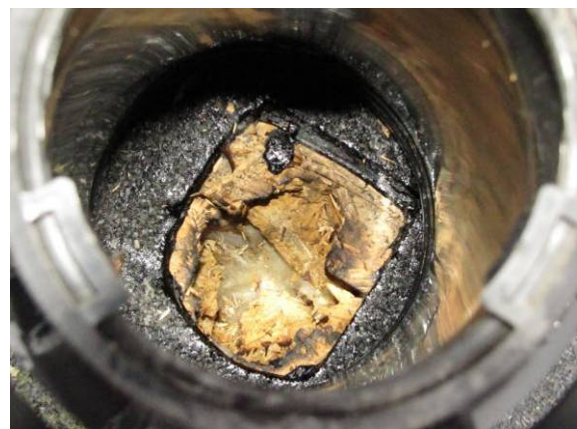
- katusekatte lekked;
- püsivad veeloigud katusel;
- katusekatte liiga väikesed kalded;
- liiga madalad parapetid;
- puuduvad piirded ja turvavöö kinnituskohad;
- ebaotstarbekalt paigaldatud vee äravoolukaevude asukohad;
- äravoolukaevude vähesus;
- äravoolukaevudel kaitsevõrede puudumine;
- soojustuse puudumine vihmaveekanaliseerimise torustikul;
- katusekattealuse difusioonikanalite võrgustiku (põhikanalid, peakanalid, abikanalid, väljundavad ja sissevõtuavad) ebapiisavus;
- hoone arhitektuur, ehituslik lahendus ja materjalide valik ei ole omavahel kooskõlas räästata lamekatuse kui põhilise katusetüübiga;
- projekteerimise, ehitamise ja hoolduse vead.



Joonis 5.11 Lamekatuste tüüpvead: liiga väikesed kalded, madalad parapetid, ebaotstarbekalt paigaldatud vee äravoolukohad, katusele jäävad loigud.

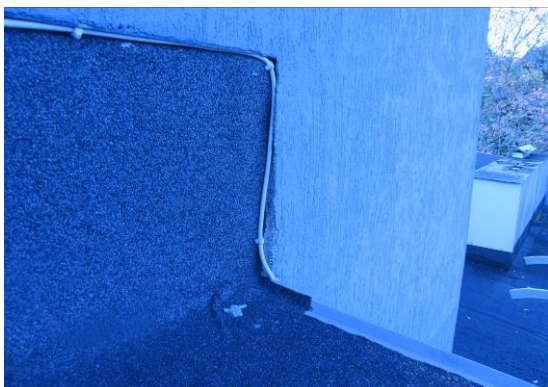


Joonis 5.12 Kallete projekteerimisel pole arvesse võetud ventilatsioonišahti ning vesi ei pääse trapini (vasakul), otse trapi kohale paigaldatud madal suure läbimõõduga ventilatsioonitoru teeb trapi hooldamise keeruliseks (paremal)



Joonis 5.13 Vee puudulik äravool trappi, puuduvad piirded ja pollarid (vasakul) ning tuulutuskorstna puudulik liitumine peakanaliga (paremal)

Ebapiisavad kalded võivad olla tingitud puudulikust projektlahendusest, ehitustolerantsidest ning katusekatte lokaalsest parandamisest. Samuti esineb olukordi, kus ventilatsioonikorstnad, liftiruumid, katuseluugid jms jäävad vee äravoolu teele ning vee möödavool nendest on korraldamata. Püsivad veelombid lamekatusel on üldiselt mitteaktsepteeritavad ning viitavad puudustele projekteerimisel ja ehitamisel. Varem või hiljem lekib vesi katusekatte liitekohtadest veesurve mõjul tarindisse. Sellisel juhul suurenevad katusekatte temperatuuri- ja niiskusdeformatsioonid ning külmuv ja sulav vesi põhjustab uusi, suuremaid ebatihedusi.



Joonis 5.14 Korrektselt lõpetamata katusekatte ülespööre vertikaalpinnale (vasakul) ning kinnituspinnast irdunud katusekate (paremal).



Ülespöörded olid kohati ebapiisava kõrgusega (<300 mm, uste juures <150 mm) ning ülespöördede serv plekiga korrektselt katmata (Joonis 5.13 ja Joonis 5.14). Probleemaatilise oli erinevate detailide kinnitamine, nt ventilatsioonitorustiku tugiraamide ja -jalgade toetus. Kui raskemad konstruktsioonid tuleb toetada läbi soojustuse kandekonstruktsioonile, siis kergemad on võimalik asetada niiskuse suhtes tolerantsele ehitusplaadile, mis asub kahe katusekatte kihi vahel.

Katusekatte n-ö. mullitamist põhjustab selle all olev niiskus, mis temperatuuri tõustes aurustub ja tekitab suure rõhu. Niiskuse põhjusteks võivad olla ehitusniiskus, elamust tarindisse liikunud niiskus või ka katusekatte liitekohtadest tarindisse lekkinud vesi.

Pehme (ilma betoonita) katuste puhul esineb märkimisväärset katusekatte deformeerumist, eriti mineraalvillplaadist katusekatte aluse korral. Käidavate katuste puhul peavad olema rajatud käiguteed. Omaette küsimus on katuse lubatavad deformatsioonid tulenevalt lume, jää ning vee raskusest, mille tulemusel võib katusekate rebeneda ülespöördete juures. Katusele lubatav maksimaalne koormus lahendatakse projekteerimisfaasis, kus valitakse soojustuse vajalik survetugevus. Informatsioon lubatavate koormuste ning lubatava lume ja jää paksuse kohta peab jõudma elamu omaniku ja haldajani kasutus- ja hooldusjuhendi koosseisus.

Parapeti puhul esines mittetoimivaid lahendusi seoses katusekatte ülespöördete, parapeti pleki ning tormi- ehk vastuplekiga. Kõrgema parapeti katusekatte ülespöörded peavad olema kinnitatud vertikaalpinnale, nurgas peab asuma niiskus taluv kolmnurkliist ning ülespöördete peab olema kaetud korrosiooni vastu töödeldud pleki või muu ilmastikukindla materjaliga. Madala parapeti korral peab katusekate ulatuma parapetipleki välimise vertikaalpinnani. Parapeti plekk peab ulatuma fassaadile minimaalselt 70 mm (soovitavalt 100 mm) ning olema sisepoole kaldega vähemalt 1/6. Tormiplekk ehk vastuplekk fassaadi ülaosas parapeti pleki all on vältimatu, kuna vastasel korral tungib alt suunast ülesse liikuv kaldvihm parapeti sisse.

Tuulutuskorstnad peaks asuma peakanali kohal, kahjuks ei ole see alati nii. Samuti oli jäetud soojustuses paiknevate lisakanalite ühendamine katusel asuvatest takistustest mööda viimisel, mis takistab niiskusel difusiooni teel tuulutuskorstnani jõudmist.



Joonis 5.15 Ventilatsioonikorstnaid katva pleki alapinnale kondenseerunud vesi on täielikult märjanud soojustuse (vasakul) ning soojuskandja defektne isolatsioon (paremal).

Lamekatuste projekteerimisel ja ehitamisel tuleks kindlasti silmas pidada, et fassaadikattmaterjali valik oleks vastavuses kliimaoludega, see tähendab, et kaldvihmade ja tuulte toimel märguvad lamekatusega hoonete fassaadid ning rõdude põrandad ja järelkult külmuvad märjas olekus, mis toob kaasa ulatuslikud kahjustused. Räästaga hoonel (Joonis 5.16) on selliste kahjustuste teke rohkem välditud.



Joonis 5.16 Krohvitud fassaad on kaitstud ülalt pealevoolava veega märgumise eest laia räästaga väikese kaldega katusega. Samuti vähendab lai räästas kaldvihma fassaadi ülaosale. Krohvikahjustused puuduvad. Veest tingitud kahjustusi esineb materjalide kokkupuutepinnal, kus suure veeimavusega rõhtne puidust rõduserv on põhjustanud fassaadil plekke, seega ka märgumist.



Joonis 5.17 Lamekatus ja avatud rõdud, mille põrandat katab puitlaudis. Märgunud krohv seinal ja rõdude läbivettinud kahjustatud puitpõrand viitavad mittesobivate materjalide kasutamisele või vastupidi, nii katuse kui ka rõdude konstruktsioon tingiks praegusest erinevate materjalide kasutamist.

Katuse lahutamatuks osaks on ka sademevee äravoolusüsteem, mille ülesanne on juhtida katusel kokkukogutud vesi maapinnale hoonest eemale. Kõige halvem on lahendus, kus vesi juhitakse süli abil läbi parapeti välja. Sellisel juhul voolab vesi katuselt suures koguses seinale – see võib sattuda seinale või ammendub peagi krohvi külmakindlus, vt. Joonis 5.18.



Joonis 5.18 Katuse sademevee äravoolusüsteemi puudumise tõttu valgub katuselt kokkukogutud vesi fassaadile.

## 5.4 Rõdud, lodžad, varikatused

Vaadeldavas valimikus on esindatud mitmekesine valik rõdude konstruktsioone ja materjale. Ka lodžade puhul on kasutatud materjalide valik lai. On nii rõdusid kui ka lodžasid, mis on nii klaasitud kui ka avatud ja lahtiseid. Mitmetes hooned on projekteeritud ja ehitatud astmeliselt taanduvate fassaadidega. Nagu eespool tõdeti, on ehitiste horisontaalsed pinnad eriti nõudlikud materjalide valiku ja ehitustööde teostamise suhtes.

Meie kliimatingimustes tuleks eelistada rõdude ja lodžade katusega ja lükandklaasidega varustamist. See võimaldaks lahendada palju probleeme, mis on põhjustatud otsese sademevee sattumisest rõdupõrandale:

- sademevee läbijooksusid ruumidesse või seinakonstruktsioonidesse (vt. Joonis 5.1 vasakul ja Joonis 5.19);
- fassaadikahjustusi või ka ainult määrdumist eriti krohvitud või mõne muu viimistlusmüüritisega kaetud fassaadide puhul.



Joonis 5.19 Sademetele avatud ülemise korruse rõdult toimus vee läbijooks alumise korruse korterisse (vasakul). Põhjuseks katuse puudumine ja puudulikult või valesi tehtud hüdroisolatsioon. Tumedal betoonipinnal on näha veekahjustust ja betooni koostisesse kuuluva kaltsiumhüdroksiidi ehk kustutatud lubja ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) väljapesemisest tulenevaid valgeid jälgi, mis viitavad betooni alanud kahjustustele (paremal). Kahjustused on nii betoonist  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  väljapesemine kui ka märjalt külmumine. Samas võib oletada ka varem või hiljem toimuvat vee tungimist garaažidesse lae kaudu. Põhjuseks vee allavoolamine avatud eenduvalt horisontaalpinnalt.



Joonis 5.20 Kaldeta varikatuselt allavoolav vesi põhjustab fassaadimüüritise ulatuslikku märgumist ja kahjustusi (vasakul). Konsoolsete avatud rõdude betoon märgub (paremal). Põrandale kantud polümeerne katematerjal märjal betoonil neis tingimustes ei püsi.



Joonis 5.21 Terrassi ebapiisava kalde (vasakul) ja katusekatte läbijooksu tõttu kahjustunud lagi (paremal).

Eraldi probleemina tuleb välja tuua ka rõdudelt sadevee äravoolu lahendamata jätmise või selle puuduliku lahendamise. Valesti lahendatud vee äravool rõdudelt märgab fassaadi ja põhjustab rõduplaadi korrosiooni (Joonis 5.22). Avatud rõdu perforeeritud rõdu korral on sademevee ärajuhtimise probleem väiksem (Joonis 5.23 vasakul), samas tuleb tähelepanu pöörata, et läbi fassaadikatte olevad horisontaalsed rõdualad võimaldavad sadevee sattumist fassaadi taha seina ja põhjustavad külmasildu (Joonis 5.23).



Joonis 5.22 Valesti lahendatud vee äravool rõdudelt märgab fassaadi ja põhjustab rõduplaadi korrosiooni.



Joonis 5.23 Läbi fassaadikatte olevad horisontaalsed rõdudalad võimaldavad sademevee sattumist fassaadi taha seina.

Omaette probleem on ka rõdupiirete ja teiste konstruktsioonide kinnitus läbi veetõkke. Mitmel juhul oli see tehtud ebakvaliteetselt, põhjustades naabertarindite lagunemist (vt. Joonis 5.24).



Joonis 5.24 Fassaadi kahjustus hüdroisolatsiooni lekkimise rõdu piirdepostide kinnituse juurest.

Järeldusena võiks seda tüüpi rõdude, lodžade ja varikatuste konstruktsioonide ja nende osade materjalide kohta öelda järgmist:

- Ei saa süüdistada materjali vähest püsivust, näiteks keraamilisest tellisest müüritise materjale, kui arhitektuur või fassaadimaterjali ebaõnnestunud konstruktsioon ja tööde tegemine põhjustab nende hävimist. See tähendab, et õigesti valitud tellise ning mördi veeimavuse, tugevus- ja külmakindlusklass ei taga müüritise püsivust. Tuleb arvestada ka sellega, et erinevates ehitise osades (olenevalt arhitektuurist ja konstruktsioonist) on sama müüritis erinevates tingimustes.
- Rõdude ja lodžade varustamine katusega ja klaasimine väldib olulisel määral vee sattumist nende põrandale. See väldib ka seinamaterjalide märgumist ja tihti esinevat vee tungimist konstruktsioonide sisse ja sealt siseruumidesse. Nähtus on lisaks seotud ka seina sees oleva soojustuse võimaliku märgumisega.
- Ilmastikule avatud rõhtsete ja eenduvate ehitise osade hüdroisolatsioon ja vuugimaterjal, üle- ja äravoolud peavad tagama ülejäänud ehitise osade kaitse. Seega on nende materjalivalikud ja konstruktiivsed lahendused meie kliimatingimustes väga kallid ja nõuavad ehitustööde kõrget kvaliteeti.

## 5.5 Välisseinad

Välisseinte fassaadimaterjalide valiku seos arhitektuurse lahenduse ja hoone konstruktsiooni seisukohalt on antud valimikus juhuslik. Ilmselt on taotluslik fassaadi mitmekesistamine, seetõttu on kasutatud nii krohvi, puhast betoonpinda, puitlaudist koos betooni või krohvitud väikeploki, keraamilist tellist, plekki ja klaasi.

Uuringu käigus sai kinnitust, et eluruumidesse jõudnud lekete korral on sarnaselt lamekatustega nende algpõhjust tihtipeale keeruline avastada ning ka kõrvaldada, mistõttu tuleks juba projekteerimisel pöörata sõlmede lahendustele ja materjalide valikule rohkem tähelepanu.

### 5.5.1 Raudbetoonfassaadid

Raudbetoonfassaadide peamised probleemid:

- paneelehituse korral vuugid ja astmelistelt ning väljaulatuvatelt fassaadielementidelt vee ärajuhtimine ning hüdroisolatsioon;
- paneeliservade ja rõdupõrandate külmakahjustused ja läbijooksud;
- külmasillad rõdude kinnituste juures ja suurpaneelide ühenduskohtades;
- sokliäärsete sillutusribade puudumine ja mitteküllaldane veepidavus, eelkõige liitumised sokliga

Betoon kui materjal on iseenesest väikese veeimavusega (2–5%) võrreldes mitmesuguste tsemendibaasiliste müüri- ja krohvimörtidega. Sellest hoolimata on betoon kapillaarpoorne süsteem ja kokkupuutes veega imab enesesse teatud määral vett.

- Lisandite (plastifikaatorid, hüdrofobisaatorid jms.) kasutamine võib oluliselt muuta betooni kapillaarset veeimavust. See väldiks õhukeste raudbetoonielementide ääreservade lagunemist vahelduva külmumise-märgumise tõttu lähemas tulevikus.
- Eenduvate konstruktsioonielementide hüdroisolatsioon, varustamine laitmatult funktsioneerivate äravooludega, varikatuse ja rõdude ning lodžade klaasimine välistab vee kogunemise horisontaalpindadele, väldib läbijooksusid ja vee tungimist konstruktsioonide sisse.
- Betooni märgumine, eriti horisontaalpindadele kogunev vesi põhjustab betooni lagunemist ja kaltsiumhüdroksiidi väljapesemist tsemendikivist, betooni karboniseerumist ja lõpuks ka armatuuri roostetamist;
- Raudbetoonist soklielementide kaitseks tuleb nad eraldada pinnasest ja kaitsta ostese vee sissetungi eest.

### 5.5.2 Keraamilisest tellisest fassaadid

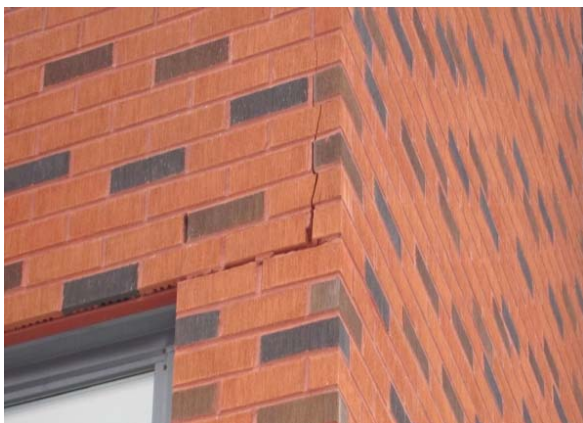
Keraamilisest tellisest müüritise puhul tuleb materjali valikul arvestada (Joonis 5.26):

- tellismüüritises töötab koos tellis ja vuugimört;
- keraamilise tellise valikul tuleks valida võimalikult väikese veeimavuskiirusega tellis, mis vähendab otseselt kaldvihma toimet tellise märgumist. Tellise pindmise fassaadikihi märgumisel võimaliku külmakindluse määrab tootja poolt deklareeritud tsüklite arv;
- vuugimördi veeimavus ja külmakindlus ning vuukide tegemine peab vältima vee sattumise tellise õõntesse. Tellise õõntesse sattunud vesi paisub külmudes ja tulemusena eraldub õhuke pindmine kiht ja sisepinda tungiv vesi põhjustab kiire lagunemise.

Joonis 5.26 on näha projekteerimis- ja ehitusvead. Keraamilise tellise esimene augurida on ava peal metallkonstruktsioonist eenduv. Näha on ka lumi tellise augureas ja vee kogunemisest põhjustatud külgnevate materjalide roostetamine.



Joonis 5.25 Suurpaneelhitiste probleemiks on vuukide teostus, nt on vuugimastiks kaotanud nakke betooni pinnaga, kuna see on kaetud värvikihiga. Samuti külmasillad ning lahtiste, ilmastikule avatud rõdude kaitse sademete eest. Kindlasti ei tohiks sellistel hoonetel puududa sokliäärne sillutusriba. Sokli märgumine ja vee tungimine keldrisse on nimetatud juhul obligatoorne. Rõdude klaasimine parandab oluliselt hoone seisundit.



Joonis 5.26 Projekteerimis- ja ehitusvigadest põhjustatud deformatsioonid. Õnestellise eenduvast augureast põhjustatud külgnevate metallkonstruktsioonide roostetamine vee ja lume toimel.

### 5.5.3 Klaasfassaadid

Klaasi kasutamine fassaadimaterjalina võimaldab konstruktsioonimaterjale kaitsta ilmastiku eest. Klaaspaketi kasutamisel on fassaadi püsivuse eeltingimuseks paketi servade hermeetilisus. Seda on võimalik säilitada ainult ilmastikukindla vuugimaterjali ja katteribade kasutamisega ning fassaadielementide vuukide eeskujuliku teostamisega. Arvestada tuleb nii temperatuurimuutustest tekkivaid pikenemisi-kahanemisi kui ka fassaadi mõjutavate jõudude toimet (tuulekoormused jms.) Joonis 5.27 on näha kirjeldatud ebakvaliteetse ehitustöö tulemusi. Uuritud kolmest klaasfassaadiga hoonest oli kahel esinenud korteritesse jõudnud veelekkeid läbi fassaadi.

Klaasfassaadide juures tuleb arvestada, et kogu klaasile sadav vesi voolab alla. Kui allavoolav vesi satub niiskustundlikele materjalidele, võib see luua materjali lagunemiseks soodsa keskkonna, vt. Joonis 5.27 vasakul all.

Klaasfassaadidel esinenud puudustest võib välja tuua ka projekteerimisel ja ehitamisel tähelepanuta jäänud külmasildade tekke võimalus: süsteem metallkarkassist ja klaasist ei vasta soojustehnilistele näitajatele, mida esitatakse Eesti kliimaatingimustes seinakonstruktsioonile.



Joonis 5.27 Klaaspaketi ebaõige kasutamise tulemused: vuugikatteribad on lahti (vasakul ülal), tihti eelkõige arvestamata jäetud temperatuurimuutusest tingitud pikenemiste-lühenemiste tõttu. Vuugitäide ei täida vuuki (paremal ülal). Vesi pääseb pragudesse sisse. Paketi servade hermeetilisus on kadunud (paremal all). Klaaspaketis loksub vesi. Puuduliku lahenduse tõttu valgub klaasfassaadilt vihmavesi puitlausidele, mis on hakanud lagunema (vasakul all).



## 5.5.4 Krohvitud fassaadid

Fassaadide valimis oli suur hulk mitmesuguste krohvidega kaetud fassaade. Esines ka kombineeritud fassaade: puitlaudis – krohv.

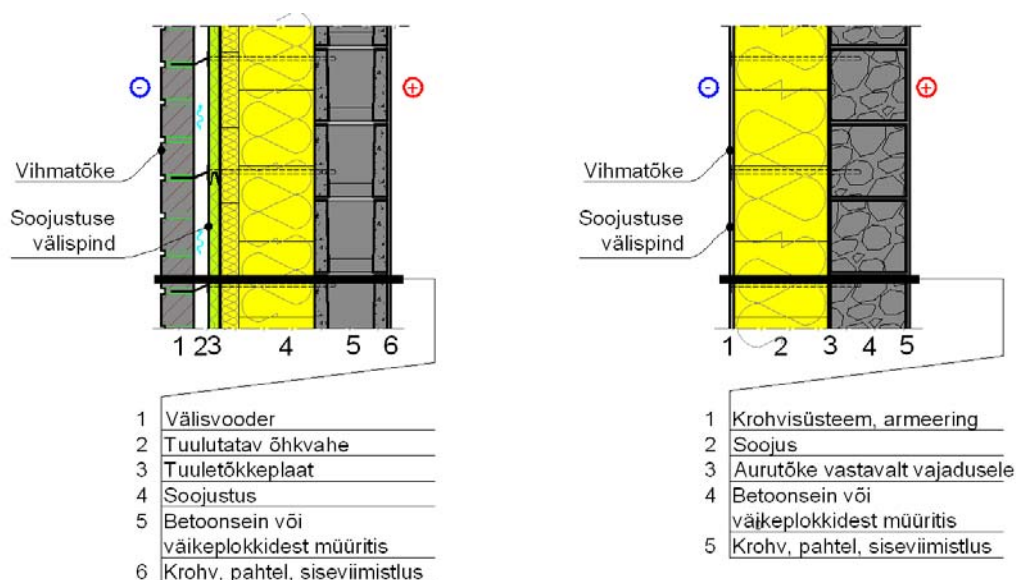
Krohvimaterjalide valik on väga suur. Materjalide tootjad pakuvad krohvisüsteeme, mis koosnevad alus- ja viimistluskrohvidest erinevate seinamaterjalide krohvimiseks, samuti erinevad pakutavad krohvid oma veeimavuselt ja aurutakistuse omadustelt. Praegustel krohvidel on erinev nake aluspinnaga. Valmis krohvipinna siledus või karedus oleneb kasutatud täitematerjalidest, samas oleneb kasutatud täitematerjalist ka krohvikihi mass. Järelikult sõltub loetletud asjaoludest vajadus arvestada krohvisüsteemi valikul mitte ainult tema välimust, vaid ka seinakonstruktsiooni, seinamaterjali tugevust, hoone korruselisust ja arhitektuur-konstruktivist lahendust ning hoone asukohta.

Fassaadide krohvimine on võimalus kaitsta vett imavaid seinamaterjale vee ja ilmastiku mõju eest. Krohvide valik on praegu ulatuslik. Kooskõlas hoone seinakonstruktsiooni veeaurujuhtivuse ja soojustehniliste näitajatega ning seinamaterjalitüübist olenevate tugevusnäitajatega on hooneid võimalik kaitsta erinevate krohvidega alates lubikrohvist, tsement- ja segakrohvidest kuni polümeerkrohvini.

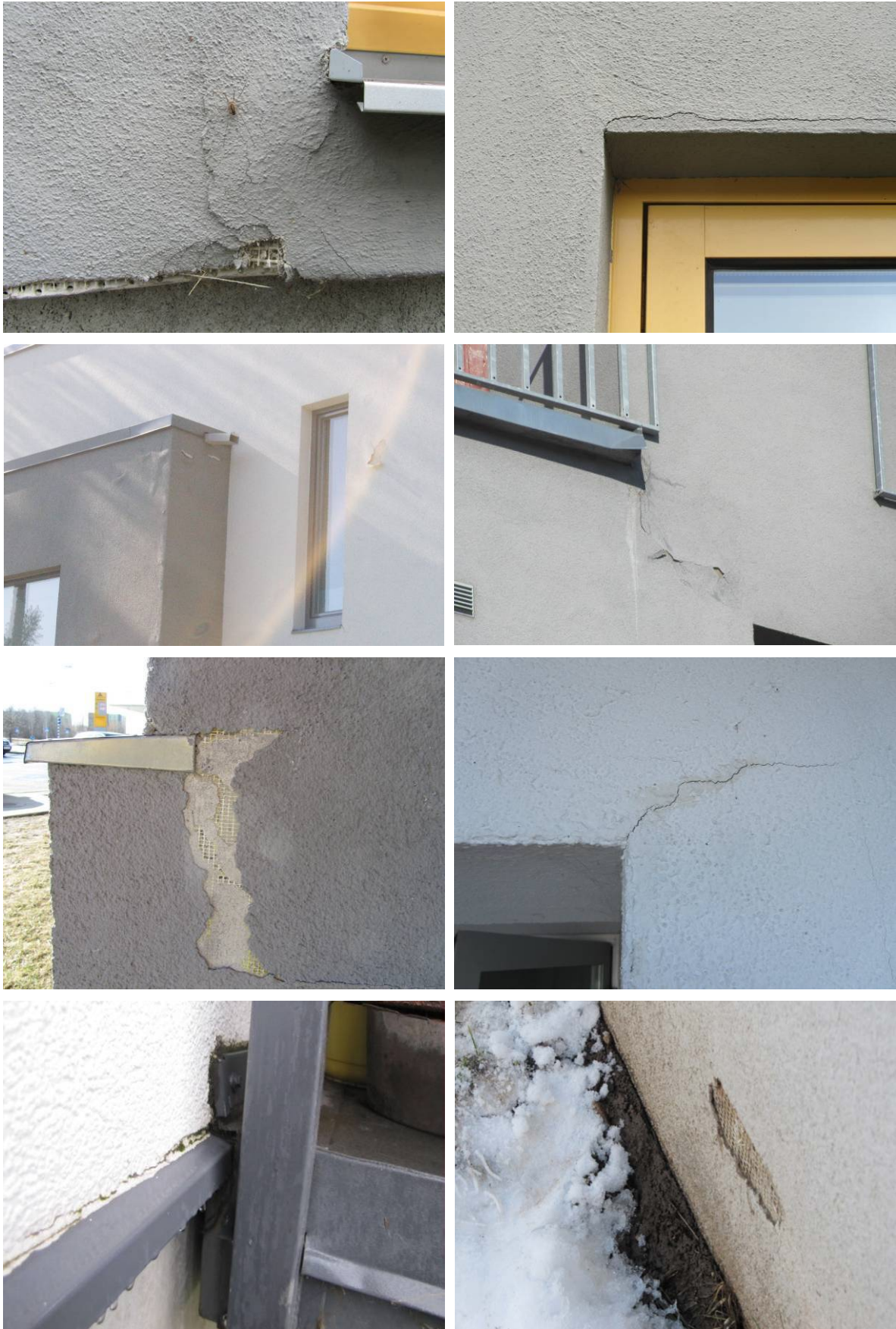
Krohvi püsimise eelduseks on ühelt poolt tema nake ja mass, teisalt aga veeaurueri juhtivus ja veeimavus. Märk krohvikihit muutub mahus, tema nake väheneb ja mass suureneb. Krohvi pind, mis on otseses kokkupuutes veega või märgub ümbritsevast pinnast kapillaartõusu tõttu veega, on seega väikese püsivusega.

Samuti esines fassaadi liigendamist kontrastsete värvidega. Järsud hele-tume värvide üleminekud on ebasoovitavad, kuna nende piiril tekivad pinnale langevast päikesekiirgusest erinevad temperatuurideformatsioonid. Need tekitavad mikropragusid, mis on potentsiaalseks lekkekohaks.

Krohvitud komposiitsoojustusega fassaadi soojus- ja niiskustehniline toimivus erineb tuulutatava fassaadi omast seetõttu, et vihmatoke ja soojustuse välispind on ühes ja samas kihis: krohvis, vt. Joonis 5.28.



Joonis 5.28 Tagant tuulutatava fassaadiga (vasakul) ja krohvitud komposiitsoojustusega fassaadiga (paremal) seina põhimõtteliselt erinev kaitse kaldvihma vastu.



Joonis 5.29 Krohvitud komposiitsoojustusega fassaadi ja sokli. praod ja kahjustused.

Eriti riskantne on krohvitud komposiitsoojustuse kasutamine puitsõrestikseintel. Puit on niiskes keskkonnas kergelt lagunev materjal. Kui vesi valgub seina, ei saa see sealt kiiresti välja kuivada. Krohvitud komposiitsoojustusega puitsõrestikseina toimivus-

probleeme on tuvastatud mitmel pool maailmas. Ka ühel selles projektis uuritud elamus esines krohvitud komposiitsoojustusega seinal niiskusprobleeme. Joonis 5.30 on näide 50 korteriga ridaelamulinnaku fassaadide vahetusest Rootsis.



Joonis 5.30 Krohvitud komposiitsoojustus puitsõrestikseinal on riskitarind. Toimivusprobleeme on tuvastatud nii Ameerikas, Põhjamaades kui ka Eestis.

Fassaadipinna kõrge suhtelise niiskuse ja soodsa kasvukeskkonna korral on võimalik vetikate kasv krohvitud fassaadidel, vt. Joonis 5.31.



Joonis 5.31 Vetikakasv krohvitud komposiitsoojustusega fassaadil.

Samuti on Põhjamaades esinenud probleeme krohvisüsteemi vähesest külmakindlusest tuleneva eeldatust kiirema lagunemisega. Krohvitud komposiitsoojustuse fassaadi lahenduse sobivus Eesti kliimas vajab põhjalikku uuringut. Seda nii riskantse toimivuse kui ka suure leviku tõttu.

### 5.5.5 Puitfassaadid

Puitmaterjale on selles valimikus kasutatud põhiliselt dekoratiivsete sõrestike ja laudistena. Suuremateks vigadeks tuleb pidada otsest kontakti veega või vett imavate materjalidega, mille tõttu toimub puitdetailide kiire lagunemine.

Puitfassaadide projekteerimise ja ehitamise juures on tihti jäetud arvestamata, et laudvooder ei ole vihmatihe. See seab kõrgendatud nõudmised laudise taga olevatele materjalidele. Uuritud elamutel tähendati laudvoodri taga oleva tuuletõkke kipsplaadi lagunemist juba kuue aasta pärast hoone valmimist, Joonis 5.32.



Joonis 5.32 Laudvoodri taga tuuletõkkeplaadiks kasutatud kipsplaat on lagunenenud juba kuue aastaga. Antud juhul on tuulutusvahe on alt ja ülevalt suletud kuid kipsplaadi kasutamine ei näita olema kestav lahendus ka tuulutatava voodri korral.



Joonis 5.33 Niiskusturvalisusreeglite jäme rikkumine puitsõrestikseinte ehitusel. Ehitusmaterjalid ei tohi ehituse ajal märjaks saada.

Ehitusobjektidel torkas silma mitmeid puitsõrestikseinte projekteerimis- ja ehitusreeglite rikkumisi (näiteks vt. Joonis 5.34), mis jäävad märkamatuks hoone esimestel kasutusaastatel, kuid halvendavad tarindite pikaajalist toimivust.

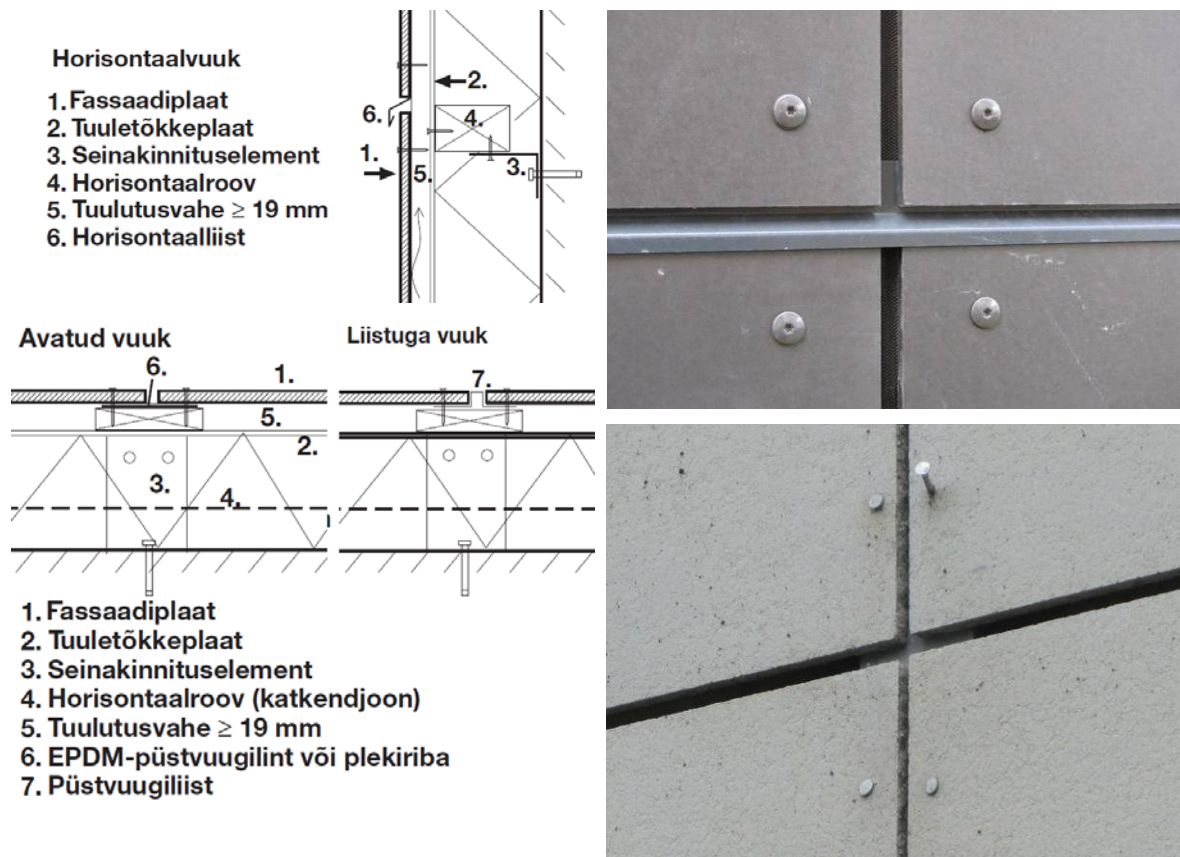


Joonis 5.34 Riskantsed ja lubamatud lahendused puitsõrestikseintel: tuuletõkkeks tuuletõkkepaber ja selle tihendamata liitekoht (vasakul). Elektriikaablite läbiviik õhu- ja aurutõkkelilest (paremal).

### 5.5.6 Plaatfassaadid

Plaatmaterjalidest olid levinuimad tsementkiudplaadid, kuid esines ka graniitplaatidest, vineerist, puiduspooniga komposiitplaatidest ja plekist fassaade.

Plaatfassaadide veepidavuse tagamisel on oluline roll plaatidevahelise vuugi lahendusel, vt. Joonis 5.35. Plaatfassaadi pinnale tekib kiiresti allavalguva vee kelme (vt. Joonis 5.36), ja kui plaatidevahelised vuugid ei ole veetihedad, valgub vesi tuuletõkkeplaadile ning tekitab lagunemiseks soodsa keskkonna. Mitmel uuritud hoonel esines plaatfassaadi taha sattunud veest tõsiseid kahjustusi.



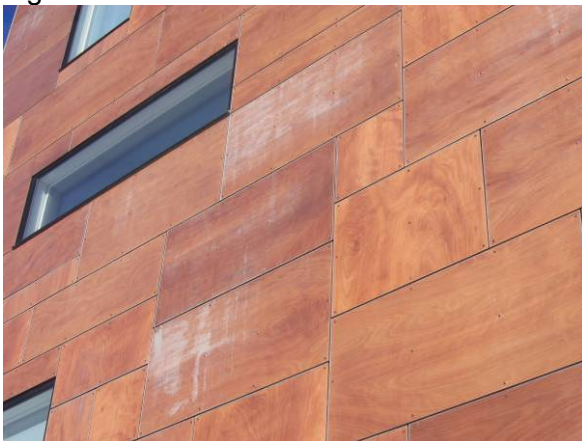
Joonis 5.35 Tootjapoolne paigalduseeskiri näeb ette plaatidevahelises vuugis paigaldusliistu (vasakul, Minerit 2001). Sageli on need jäetud panemata.



Joonis 5.36 Plaatfassaadi pinnale tekib kiiresti allavalguva vee kelme.

Tsementkiudplaatide puhul jäetakse sageli arvestamata, et nende suhteliselt kõrge veemavuse tõttu (umbes 12 %) ei ole need soblikuimad kasutamiseks otseselt kontaktis veega (sh. kaldevihm fassaadil). Kuigi tsementkiudplaadi mahumuutused on suhteliselt väikesed ja tema püsivus kõrge, eeldab ka tsementkiudplaadi kasutamine tema kaitsmist otsese kestva kokkupuute eest veega. Tuleb arvestada seda, et märja tsementkiudplaadiga kontaktis olevad konstruktsioonelemendid märguvad. Seega väheneb soojustuse soojatakistus ja laguneb puit.

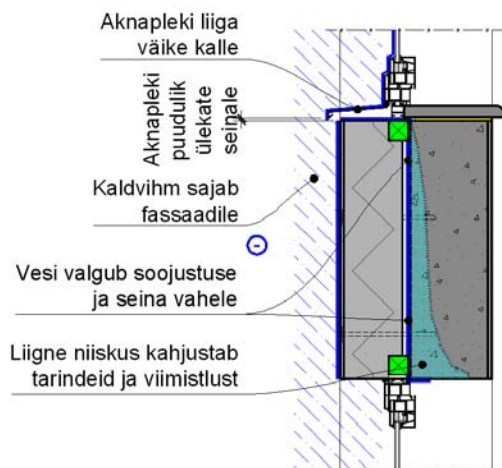
Hoonete osas võib ette tulla, et arhitektuuriselt õnnestunud lahendust hakkab hiljem kahjustama ebaõnnestunud materjalivalik. Joonis 5.37 on näide elamust, mida hoone valmimisel on kiidetud ja hinnatud muljetavaldava nõtke paigutumisega linnaruumi ja küllaltki hinnalise materjalikasutuse tõttu (Randviir 2005). Paraku on juba viie aasta pärast hakanud puiduspooniga komposiitplaadist fassaadimaterjal ilmutama esimesi lagunemismärke.



Joonis 5.37 5 aasta vanune fassaad, mis ilmutab juba esimesi lagunemismärke.

### 5.5.7 Avatäidete paigaldus

On küllaltki tüüpiline, et vead tekivad ja probleemid ilmutavad ennast tavaliselt mitte tarindite keskel (ühemõõtmeline olukord), vaid tarindite liitekohtades. Seinte puhul võib näiteks tuua liitumised aknaga, vahelaega, katusega või põrandaga. Kõige tõsisemaks probleemiks, mida kahjuks esines ka valimis olnud hoonete puhul, oli vihmavee sattumine seina avatäite ja seina liitekohast. Liitekohast seina sattuv vesi võib luua soodsa keskkonna ehitusmaterjalide või viimistluse lagunemiseks, vt. Joonis 5.38. Sagedasti esines projekteerimis- ja ehitusvigu ka akna ja seina liitekohas nii akende külgedel kui ka üleval ja all, vt. Joonis 5.40, Joonis 5.41. Vaata ka peatükki ehitusprojektide analüüsi kohta.



Joonis 5.38 Põhimõtteskeem, kuidas soojustuse ja seina vahele valguv vesi kahjustab tarindeid ja siseviimistlust.

Probleem on suuremõõtmeliste avatavate akende ja rõduuste kujupüsivus. Kuigi avatäidete tootja dimensioonib raamid ja hinged vastavalt avatäite mõõtmetele ja koormustele, esineb lubatust suuremaid deformatsioone. Suurema tuulekoormusega aladel ning kõrgemate hoonete korral osutus ebapiisavaks välimise klaasi paksus, mis tuulesurvel silmnähtavalt deformeerus ja võnkus. Samuti esines sissepoole avanevate akende ja rõduuste puhul koormustele mittevastavaid tihendeid ja suluseid, mille tagajärjel pressis tihendi vahelt sisse nii tuul kui ka kaldvihm koos sellega.

Kui tegemist on väljastpoolt soojustatud tarindiga (erinevalt kihilisest raudbetoonpaneelist) ning avatäited paigaldatakse puidust või soojakatkestusega terasprofiili sisse, on probleemiks akna ja seina liitekohta õhupidavus. Väikeplokkidest seinal, nagu näidatud piltidel, on krohvimata või pahteldamata ka suur õhueri juhtivus. Puidu kasutamisel on olulised selle immutamine puidukaitsevahendiga kestvuse tagamiseks, raami enda piisavad dimensioonid ning mehaaniline kinnitus (tihti on selleks terasest nurkraud), arvestades konkreetset avatäidet ning koormusi. Valdvalt ei ole liitekohas kasutatud õhupidavuse tagamiseks spetsiaalseid linte ja teipe, mis kinnitatakse lengi külge enne selle kohale asetamist. Välispinnal tuleb tagada samuti vee- ja õhutihe liitumine. Lengi ja seina/raami vaheline vuugi võib täita sisemise ja välimise kihi vahelises osas vähepaisuva montaaživahuga, kuid pärast selle tardumist tuleb täita ka eemaldatavatest rihtimiskiiludest tekkivad tühimikud.

Veepleki paigaldamisel tuleb servade ülespöörde lõpetada faasis tagasiastega pale pinnast ning pleki pikem äär peab asetsema avatäite lengi sees selleks ettenähtud soones. Välimise ääre juures tuleb jälgida üleulatust ja vastupleki olemasolu sarnaselt parapetile ning rõdul lahendada pleki toetus ukse keskosa kohas, et vältida selle deformatsioone jala raskuse all.



Joonis 5.39 Puudulikult tehtud avatäite ja seina liitekohad (üleväl), paketiilistu liigsed temperatuurideformatsioonid (all vasakul) ning maani ulatuv avatäide, kus plus temperatuurid klaasi välispinnal põhjustavad lume sulamist ja potentsiaalse veelekke tarindisse.

Mitmeast aspektist ebasoovitava lahendus on katuse/terrassi tasapinnani ulatuvad avatäited. Kui ruumi seisukohalt on see problemaatiline kütte ja soojusliku mugavuse seisukohalt, siis väljaspool on tegemist riskantse sõlmega vee, sh. lumesulamisvee äravoolu korraldamisega ilma tarindisse tungimata. Lisaks kahemõõtmelise sõlmele tuleb läbi mõelda rõdu kinnitus ja muud sarnased läbiviigid. Toimivaid lahendusi on võimalik projekteerida ja teostada, kuid soovituslik on teha topeltkihid – kui vesi mingil põhjusel satub välimise kihi taha, takistavad vee sattumist seina äravooluga hüdroisolatsioon.

Sissepoole avanevate rõdu- ja terrassiuste puhul on esinenud juhuseid, et valesti on märgitud avatäite kõrgusmärk või ebatäpselt paigaldatud avatäidet ei ole võimalik avada. See võib tuleneda ka põranda tasanduskihi või põrandakatte mitteametamisest kõrgusmärkide määramisel.

Endiselt esineb lubatust madalamaid pinnatemperatuure kahekordsete akende klaasiservades ja -nurdades kui on kasutatud alumiiniumist klaasiliistu, vaata ka külmasildade peatükk.





Joonis 5.40 Ehituslikult riskantsed veeplekilahendused akna ja seina liitumises.



Joonis 5.41 Akna paigaldusraami ja seina vahe on tihendamata. Lahendus ei taga liitekohta õhupidavust.

## 5.6 Tuleohutus

Visuaalsel vaatlusel, dokumentidega tutvudes ning intervjuudest elamute halduri ja juhatuse liikmetega ei ilmnenu süstemaatilisi defekte ja kõrvalekaldeid tuleohutusnõuete täitmisel.

Siiski tuleb tähelepanu juhtida probleemile, mis esines ühel uuringu valimisse sattunud kõrgemal elamul. Kuna temperatuuride erinevusest tingitud õhurõhkude erinevus sõltub ruumi kõrgusest, tekib kõrgemate hoonete trepikodade ja liftišahtide ülaossa suur ülerõhk. Ülerõhk võib olla tekitud ka sihilikult ventilatsiooni abil, vältimaks suitsu tungimist trepikotta. Nendel juhtudel ei tohiks korterite ukсед avaneda väljapoole, kuna tulekahju olukorras võib korterist trepikotta pääs osutada üle jõu käivaks, eriti lastele ja vanuritele.

Olulisi puudujääke esines tuleohutuse peatüki sisus elamute projektdokumentsioonides. Peatükk on pahatihti koostatud ebapiisavas mahus ning subjektiivsel hinnangul

kergekäeliselt, tundmata detailselt tuleohutusnõudeid. Tuleohutusnõuete täitmine vastavalt VV määrusele nr 315 „Ehitisele ja selle osale esitatavad tuleohutusnõuded“ ning lahendused nõuete rakendamiseks konkreetses elamus on kirjeldatud ebapiisavalt. Peamiselt on tuleohutuse peatükis puudulikult käsitletud kohustuslikke osi tulenevalt tol ajal kehtinud VV määruse nr 70 „Nõuded ehitusloa taotlemisel esitatavale ehitusprojektile“ seoses evakuatsiooniga (evakuatsioonilahendus, sealhulgas evakueeruvate inimeste arv, evakuatsiooniteede arvutus, trepikodade iseloomustus, hädaväljapääsud) ning ehitises rakendatud tuleohuklasse ja tulekaitsetasemeid.

## 5.7 Trepid, trepikojad, koridorid ja liftid

Tõsisemaid tüüpeid vigu seoses treppide, trepikodade, koridoride ega liftide juures ei esinenud, kuid erinevaid puudusi tuli ilmseks mitmeid. Mõnel juhul esineb betooni purunemist tulenevalt selle külge kinnitatud trepi käsipuude liikumisest. Põhjuseks võivad olla kombinatsioonis betooni ebapiisav tugevus, käsipuude kinnitusplaadi liiga väiksed mõõtmed selle olemasolul, metallist kinnitusdetailide liiga väike vahekaugus ning postide ebapiisav üldstabiilsus, juhul kui see ei ole ette nähtud tagada kinnitussõlmes. Sarnast probleemi esines ka hoonest väljaspool olevate piiretega.

Treppide, trepikodade ja koridoride käidavad pinnad olid valdavalt kaetud keraamiliste põrandaplaatide või tolmutõkkega töötletud betooniga. Plaatide puhul esines nende lahti tulemist ning ebanormaalselt vaevalist puhastamist liigselt reljeefse pinna tõttu.

Koridoride ja trepikodade valgustus on mõnedes elamutes vaid manuaalselt lülitatav, kuigi märksa kasutajasõbralikum oleks liikumisanduriga lahendus.

Kui hoone keldris, maapinna tasandil või madalamate korruste korterites pole piisavalt panipaiku, esineb lapsevankrite, jalgrataste jms ajutist hoidmist trepi mademetel, mis on tihti sama lai kui trepi marsid, nt 1,2 m. See raskendab oluliselt treppidel liikumist ja kolimist ning oleks olnud lihtsalt välditav kas piisava arvu panipaikde, spetsiaalsete hoiukohtade/niššide või laiema mademe abil.

Ebapiisav ruumikus ja kasin kasutusmugavus ilmnes ka liftide juures. Liftide suurus ja uste laius justkui ei arvestakski võimalusega, et sinna võiks kolimise käigus sattuda kapp, laud, diivani osa, külmkapp vms. Samuti esines probleeme liftide ebapiisava suurusega tulenevalt inimeste arvust ning puudulikku kandevõimet, mis sinna ettenähtud inimeste arvu korral keeldus töötamast. Kasutajasõbralikkuse seisukohalt esineb küsitavusi liftide kutsumise ja juhtimise osas. Näiteks esineb ühte kutsunginuppu valikuvõimaluseta kas liikuda üles või alla. Samuti ei saa lugeda normaalseks lifti tööloogikat, mis liigub primaarselt vastavalt vajutatud korruse nuppude järjekorrale ja alles seejärel üles-alla suuna alusel.



Joonis 5.42 Pragu materjalide liitekohas tulenevalt koormusest (vasakul) ja vajumispragu trepikoja ning korteri vahelises seinas mõjutab potentsiaalselt tarindi õhu- ja helipidavust ning tulepüsivust (tiheduskriteerium E).

## **5.8 Siseseinte lahendused ja olukord**

### **5.8.1 Kasutatud materjalid**

Siseseinad olid valmistatud sõrestikkonstruktsioonidest, raudbetoonpaneelidest või kergplokkidest. Mittekandvate siseseinte puhul oli enim kasutatud sõrestikkonstruktsioone.

### **5.8.2 Peamised puudused ja defektid**

Sagedasemad defektid olid praod, mis garantiiajal kaebuse esitamisel on ehitaja poolt ka enamasti ära viimistlenud. Samuti oli pragusid tekkinud ka pärast garantiiaja lõppu ning nende kõrvaldamine jääb juba elaniku kanda. Olenevalt prao laiusest ning selle iseloomust võib langeda konstruktsiooni vastavus tulepüsivusklassi tihedus-/terviklikkuskriteeriumile (E) ning helipidavus. Ühtlasi võivad praod viidata ebaühtlastele vajumitele ja/või konstruktsiooni ebapiisavale kandevõimele. Tuleb märkida, et kui tegu pole pelgalt kosmeetilise probleemiga ning langenud on ka konstruktsiooni tulepüsivus ja helipidavus, siis ainult prao pindmisest täitmisest pahtli või hermeetikuga ei pruugi probleemi kõrvaldamiseks piisata.

Intervjuudest elanikega (vt. ptk. 16) osutus, et igal teisel elanikul on kaebusi korterivaheliste ja korterit ning trepikoda eraldavate seinte helipidavusele (igal kaheksandal oli see sageli esinev probleem).

Hoonete mittepurustaval ülevaatusel siseseintel muid olulisi puudusi ei ilmnenud.

## **5.9 Vahelagede ja põrandate lahendused, seisukord ja peamised probleemid**

### **5.9.1 Kasutatud materjalid**

Kõigil hoonetel, v.a. kaks puitsõrestikelamut, oli kasutatud monoliitset raudbetoonist või raudbetoonist õõnespaneelidest vahelagesid. Samuti olid pea kõigil (v.a. kaks puitsõrestikelamut) uuritud hoonetel lahendatud vahelaed ujuvpõranda põhimõttel, elastse kihi paksusega 30-50 mm ning pealevalu 50-80 mm. Ehitusprojektidele tuginedes oli 23% hoonetest probleeme ujuvpõranda sõlmede lahendusega.

### **5.9.2 Peamised puudused ja defektid**

Hoonete visuaalsel ülevaatusel peale lekkekahjustuste otseseid puudusi ei ilmnenud. Intervjuudest objektiinseneridega selgus, et vahelaepaneelide paigaldamisel on toetuspikkused jäänud mõnikord nõuetele mittevastavaks – potentsiaalne oht konstruktsioonide kandevõimele ning elanike elule ja tervisele, aga mida konstruktsioone avamata kindlaks teha ei saa.

Intervjuudest elanikega (vt. ptk. 16) osutus, et ligi pooltel elanikest on kaebusi vahelagede helipidavusele (viierendikku vastanutest häirib see tihti), mis võib olla tingitud ujuvpõrandate ebakorrektselt projekteerimisest ja/või teostusest (mürasild nt pealevalubetooni sattumisest elastse kihi vuukidesse või ümber ruumi perimeetri asetsevasse elastsesse vuuki).

## **5.10 Märjad ja niisked ruumid**

### **5.10.1 Märjade ja niiskete ruumide lahendused**

Märjad ruumid olid uuritud elamutes lahendatud põhimõtteliselt sarnaselt nagu ülejäänud konkreetse hoone konstruktsioonid. Tuginedes uuringu raames läbi viidud ehitusprojektide analüüsile (vt. ptk. 4.2.6), siis vaid veerandil hoonetest oli vähemalt osaliselt lähtutud märjadele ruumidele esitatavatest nõuetest. Kuna konstruktsioone uuringu käigus ei

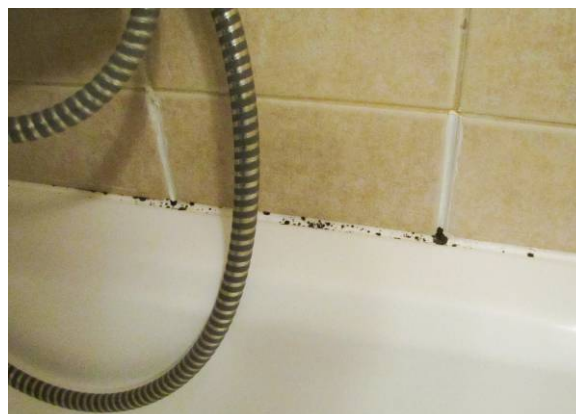
avatud, siis ei olnud võimalik kindlaks teha, kas puudulikke lahendusi oli ehituse käigus täiendatud või mitte.

Kõigil märgadel ruumidel oli betoonist aluspõrand, millele oli ujuvpõrand ning hüdroisolatsioonikiht, samuti oli kõigil märgadel ruumidel keraamilistest plaatidest kate.

Seinad olid ehitatud nii raudbetoonist, väikeplokkidest kui ka kergkonstruktsioonidena ning kaetud kõigil juhtudel keraamilise plaatkattega. Märkida tuleb, et kergkonstruktsioonidest märgade ruumide seinte puhul tuleb põrandast 200mm ulatuses kasutada madala veeimavuse ja niiskuse suhtes tolerantset ehitusmaterjali (nt keramsiitplokk). Sõrestikpiirde montaaži tohib alustada alles nn sokli peale.

Kõigis korterites oli pesemisvõimalus, 85% korteritest oli kas ehituslik või san.tehnilise seadme näol duššinurk, ca pooltes korterites oli vann ning veerandis saun.

Saunad olid projekteeritud sisemise tuulutusvahega laudisega ning alumiiniumist aurutõkkekihiga, mis samuti soojuskiirgust peegeldab.



Joonis 5.43 Vasakul: välditavad läbiviigid märgade ruumide hüdroisolatsioonis on liigsete riskide allikaks. Paremäl: seina poole kaldu vanni serv ning kõrge niiskuskulisa soodustavad hallituse teket.

### 5.10.2 Märgade ja niiskete ruumide seisukord ja peamised probleemid

Märgade ruumide konstruktsioonide niiskussisalduse mittepurustavaks hindamiseks oli kasutusel Gann Hydrotest LG3 pinnaniiskuse kaardistaja elektrilise juhtivuse tööpõhimõttel koos B60 anduriga.

Kõrgem pinnaniiskus, mis viitab niiskele või märjale põrandakonstruktsioonile tuvastati 27% juhtudest. Põhilised probleemsed alad olid äravoolutrappide ümbrused, kus reeglina oli trapi ja põranda tihendamiseks kasutatud hermeetik riknenud (Joonis 5.44).

Üksikutel juhtudel ilmneseid puudulikud märja ruumi põranda kalded. Intervjuudest selgus, et kuigi algselt on see eksisteerinud ka teistel korteritel, on probleem lõppkasutaja poolt ilma erivahendeid kasutamata avastatav ning esialgsed puudused harilikult garantiiajal kõrvaldatud.

Põrandate liigniiskumisele mõjub soosivalt ka pärast dušši/vanni kasutamist põrandate kuivatamata jätmine ning põrandakütte mittekasutamine (nt elektrienergia kokkuhoiu eesmärgil).

Puudusi ilmnese sanitaartehtniliste paigaldiste (vannid, duššinurgad) ülejäänud tarinditega liitumistel, kus nt valed kalded vanni servades koos aktiivse kasutamisega põhjustasid hallituse kasvu (vt Joonis 5.43 paremal). Kokku tuvastati vannitubades visuaalset hallituse kasvu (s.h. hermetiseeriva silikooni pinnal) igas kümnendas uuringus osalenud korteris.

Saunade konstruktsioone ei avatud ning seetõttu aurutõkke ja konstruktsioonide toimivust ei hinnatud.



Joonis 5.44 Trappide hüdroisolatsioon oli paljudes külastatud korterites vigane ning aluspõrand märg.

## 6 Külmasillad

Külmasillad on kohad piirdetarindis, kus soojusjuhtivus on lokaalselt suurem. Külmasillad võivad olla geomeetrilised (välisseina nurk, pörand ja välisseina liitumine, katuslae ja välisseina liitumine jne) või ehitustehnilised (välisvoodri sidemed, läbiviigud tarinditest jne). Sisetemperatuuri lokaalset alanemist võivad põhjustada ka vead soojustuse paigalduses, soojustuse puudumine, märgunud soojustus, alarõhu tingimustes õhutõkke lekkes ning kütte- ja ventilatsioonisüsteemide toimivus. Külmas kliimas on külmasildadega arvestamine tähtis mitmel põhjusel:

- Külmasilla suuremast soojajuhtivusest põhjustatud madalam sisepinna temperatuur ja sellest tulenev kõrgem suhteline niiskus võib põhjustada tarindis või tarindi sisepinnal mikroorganismide kasvu, seina määrdumist või viia veeauru kondenseerumiseni. Veeaur kondenseerub, kui temperatuur langeb alla küllastustemperatuuri, kui suhteline niiskus on 100%. Hallituse kasvuks sobiv suhteline niiskus algab 75...80% juurest.
- Külmasillad suurendavad hoonete energiakulu. Piirdetarindite soojajuhtivuse üldise vähenemise juures on hoone soojakadude külmasildade osakaal kasvanud.
- Madalad pinnatemperatuurid suurtel aladel vähendavad soojuslikku mugavust tulenevalt eelkõige suuremast õhuliikumisest ja ebasümmeetrilisest kiirgusest.

Kuna välispiirete (välisseinte, pörandate ja katuste) soojuskaod saadakse välispiirdeosa soojusjuhtivuse ja sisemõõtudega arvatud pindala järgi, tuleb külmasildade lisasoojuskaod võtta eraldi arvesse nurkade (välissein-välissein, pörand-välissein ja katuslagi-välissein) külmasildade soojusjuhtivusega:

- joonkülmasillad  $\Psi$ , W/(m·K)
- punktkülmasillad  $\chi$ , W/(n·K).

Külmasilla soojusjuhtivus on soojusvool vattides läbi külmasilla, kui temperatuuride erinevus on üks kraad. Vajaduse korral teisendatakse välispiirde summaarne soojusjuhtivus keskmiseks välispiirde soojusjuhtivuseks, jagades välispiirde summaarse soojusjuhtivuse välispiirde pindalaga.

### 6.1 Meetodid

#### 6.1.1 Külmasildade kriitiline tase

Külmasillast põhjustatud madalama sisepinna temperatuuri kriitilisuse määrab sisepinna temperatuuri, välistemperatuuri ja sisetemperatuuride omavaheline suhe, e. temperatuurindeks,  $f_{Rsi}$ : (Hens 1990, EVS-EN ISO 13788):

$$f_{Rsi} = \frac{t_{si} - t_e}{t_i - t_e} = \frac{R_T - R_{si}}{R_T} \quad 6.1$$

kus:

|           |   |
|-----------|---|
| $f_{Rsi}$ | temperatuurindeks, -;                                       |
| $t_{si}$  | sisepinnatemperatuur, °C;                                   |
| $t_i$     | sisetemperatuur, °C;  |
| $t_e$     | välistemperatuur, °C;                                       |
| $R_T$     | piirdetarindi kogusoojatakistus, m <sup>2</sup> ·K/W;       |
| $R_{si}$  | piirdetarindi sisepinna soojatakistus, m <sup>2</sup> ·K/W. |

Termograafilise mõõdistamise ajal või temperatuurvälja arvutusega on võimalik kõik kolm temperatuuri ära mõõta või välja arvutada ja seejärel saab temperatuurindeksi abil hinnata külmasilla kriitilisust.

Temperatuuriindeksi piirarvu kriitilisuse määravad eelkõige:

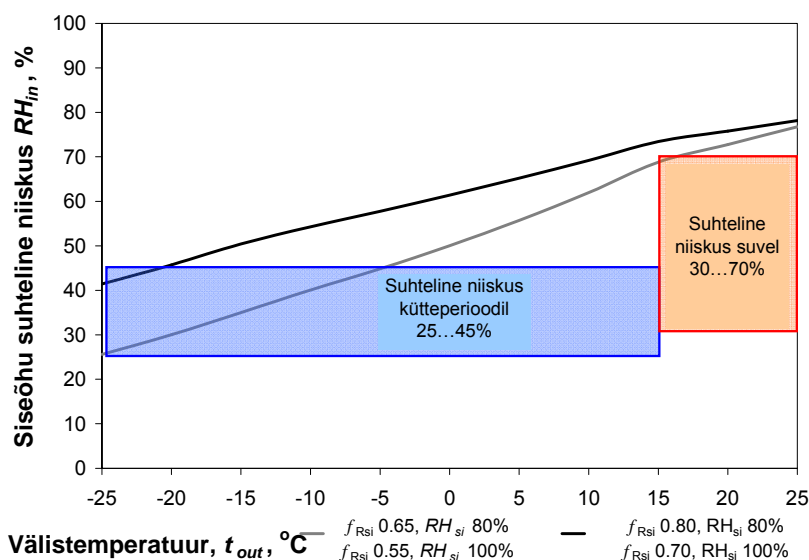
- piirdetarindi toimivuse kriteerium;
- ehitise kasutustingimused;
- väliskliima;
- sisekliima;
- niiskuskooormused;
- kasutatavad ehitusmaterjalid.

Eesti jaoks on temperatuuriindeksi piirsuurused välja arvatud lähtuvalt niiskuskooormusest ning hallituse kasvu ja veeauru kondenseerumise vältimise kriteeriumitest (vt. Tabel 6.1). Valdavalt tuleb kasutada hallituse tekke vältimise kriteeriumit. Kui näiteks akendel aktsepteeritakse lühiajaliselt veeauru kondenseerumist, võib seal kasutada ka kondenseerumise vältimise kriteeriumit. Kui ruumides on niiskuskooormus suurem (puudulik ventilatsioon, suur niiskustootlus), peavad hoonepiirded ja nende liitekohad olema paremini soojustatud.

Temperatuuriindeksi piirväärtusi tuleb võrrelda normaaltingimustes tehtud termograafiliste mõõtmistulemustega, st. mitte täiendava alarõhu tingimustes tehtud mõõtetulemustega. Hoone normaaltingimused tuleb mõõta töötava ventilatsiooniga. Kui hoones on suur alarõhk (näiteks väljatõmbe ventilatsioon + ebapiisav värske õhu juurdevool), siis näeb õhulekkekohtade mõju pinnatemperatuurile ka ilma täiendava alarõhu tekitamiseta.

Tabel 6.1 Niiskustehniliselt turvalised temperatuuriindeksi piirväärtused Eestis

| Niiskuskooormus   | Temperatuuriindeksi piirsuurus $f_{Rsi}$ -<br>(mõõdetud või arvatud tulemus peab<br>olema piirsuurusest suurem) |                              |
|---|---|------------------------------|
|   | Hallituse<br>vältimine  | Kondenseerumise<br>vältimine |
| Niiskuslisa talvel $+4 \text{ g/m}^3$ ja suvel $+1,0 \text{ g/m}^3$ ,<br>need on madala asustusega ja hea ventilatsiooniga<br>elamud. | 0,65  | 0,55                         |
| Niiskuslisa talvel $+6 \text{ g/m}^3$ ja suvel $+2 \text{ g/m}^3$ ,<br>need on suure asustuse ja halva ventilatsiooniga elamud.       | 0,8   | 0,7                          |



Joonis 6.1 Siseõhu suhtelise niiskuse ja temperatuuriindeksi vaheline sõltuvus erinevatel välisõhu temperatuuridel

## 6.1.2 Külmasilla hindamine termograafia infrapuna kaamera abil

Keha, mille temperatuur on absoluutsest nullist kõrgem, s.o.  $-273,15\text{ °C}$ , kiirgab soojusenergiat. Termovisiooni abil mõõdetakse kehalt või esemelt kiirgunud või peegeldunud soojust ja teades keskkonnatingimusi ning kiirgava pinna omadusi, saab arvutada selle pinna temperatuuri.

Termograafia abil on võimalik ehitustehnikas teha mitmeid uuringuid ilma tarindeid avamata. Termograafia abil on võimalik eelkõige:

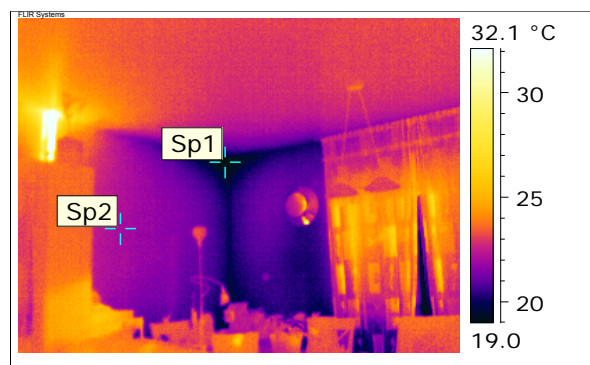
- määrata hoonepiirete pinnatemperatuuride ebaühtlust, mis viitab soojajuhtivuse ja niiskussisalduse ebaühtlusele;
- hinnata erinevate pinnatemperatuuride alusel, kui palju erineb hoonepiirete soojajuhtivus;
- leida õhulekkekohti ja hinnata nende suurst, tehes termograafilised mõõtmised normaaltingimustes ja ala- või ülerõhu tingimustes;
- hinnata ehituskvaliteeti: külmasillad, õhulekkekohad ja puudulik soojustus on tingitud eelkõige halvast ehituskvaliteedist;
- leida seina- ja põrandasiseseid veetorusid ning ülekuumenenud elektrijuhtmeid.

### **Termograafia abil ei saa määrata hoonepiirete soojsläbivust.**

Keskkonnatingimuste mõju mõõtetulemustele ning sisepinnatahistuse hindamise ebatäpsus on selleks liiga suur. Termokaamera abil mõõdetakse vaid hetkelist pinnatemperatuuri. Termograafilise mõõtmise õnnestumise eeldus on: kvaliteetsed mõõteriistad, kogenud mõõtja, termopiltide korrektne tõlgendus.

Uurimistöös kasutati FLIR Systems E320 – termokaamerat (mõõtevahemik –  $20 \dots +500\text{ °C}$ , tundlikkus:  $0,10\text{ °C}$ , mõõtmistäpsus:  $\pm 2\text{ °C}$ ,  $+2\%$  (kordusmõõtmisel:  $\pm 1\text{ °C}$ ,  $+1\%$ ), sensor:  $320 \times 240$  pikslit). Termograafilised mõõtmised tehti peamiselt korteri tavatingimustes (et leida külmasillad ja õhulekke mõju normaaltingimustes). Valitud korterites tehti mõõtmised kaks korda: et leida õhulekete asukohad, tehti termopildid samadest kohtadest uuesti pärast korteri vähemalt pooletunnist alarõhu tingimustes olemist. Läbi õhulekkekohtade hoonesse sisenenud külm välisõhk jahutab piirde sisepinna ja temperatuuride erinevus kahe termopildi vahel viitab õhulekkele. Mõõtmiste ajal oli sise- ja välistemperatuuri taotluslik erinevus  $>20\text{ K}$ . Lisaks mõõtmisaegsele sise- ja välistemperatuurile on ka äärmiselt oluline, et mõõtmisele eelnevalt oleks selline temperatuuride vahe ühtlaselt püsinud.

Paremini soojustatud piirete sisetemperatuur on kõrgem ja seetõttu on kõrgem ka temperatuurindeks. Külmasilla juures on sisepinna temperatuur madalam, mistõttu on seal suhteline niiskus kõrgem. Kõrgem suhteline niiskus võib põhjustada mikroorganismide kasvu (vt. Joonis 6.2).



|  | Välistemperatuur  | Sisepinnatemperatuur | Temperatuurindeks   |
|--|-------------------|----------------------|---------------------|
|  | $-14,8\text{ °C}$ | Sp1 $18,4\text{ °C}$ | $f_{Rsi\ Sp1}$ 0,89 |
|  | $+22,4\text{ °C}$ | Sp2 $22,1\text{ °C}$ | $f_{Rsi\ Sp2}$ 0,99 |

Joonis 6.2 Termograafia kasutamine pinnatemperatuuride mõõtmisel ja nende kriitilisuse hindamisel.



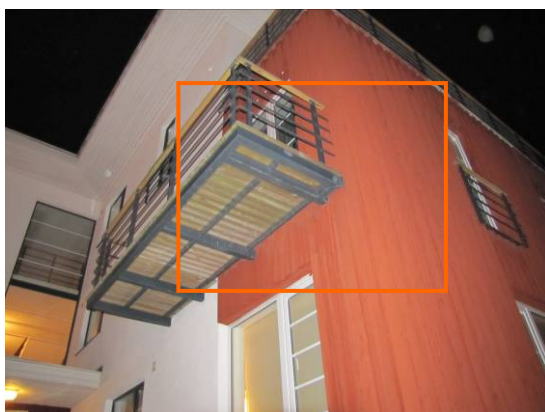
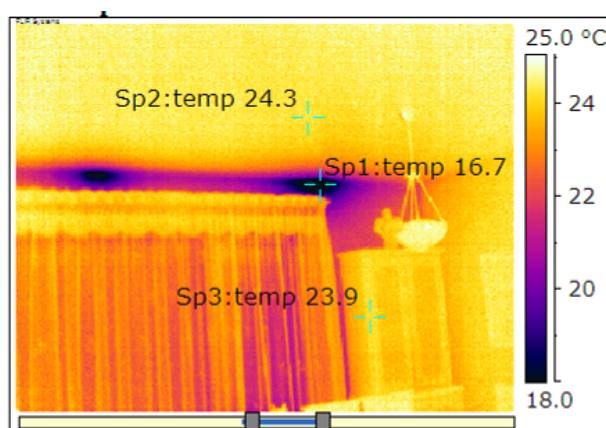
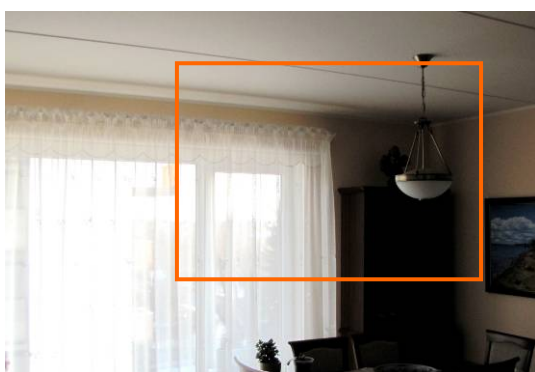
Hoone välispidisel termografeerimisel on termopiltidel suurema soojajuhtivusega alad (külmasillad) eristatavad heledamate/kollaste toonide ning seespidisel termografeerimisel tumedamate/sinakasmustade kohtade järgi.

## 6.2 Tulemused

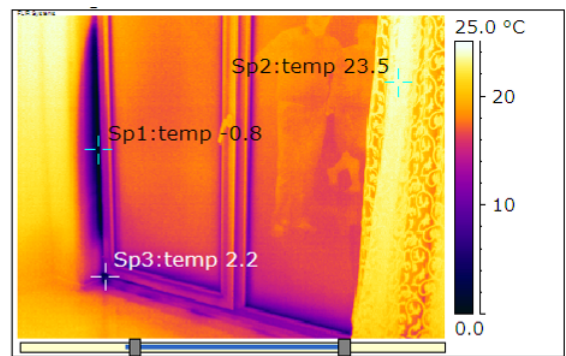
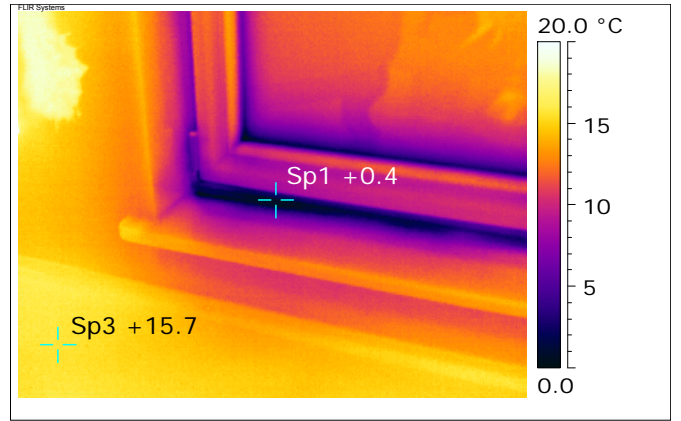
### 6.2.1 Termograafia mõõtmistulemused

Termografeerimine viidi läbi 16 uuritavas elamus. Termografeerimised viidi läbi nii hoone seest-, kui ka väljastpoolt. Seestpoolt termografeerimine võimaldab hinnata külmasildade kriitilisust. Väljastpoolt termografeerimine võimaldab visualiseerida külmasildade ulatust ja peamisi paiknemiskohti. Termografeerimise tulemused näitasid, et põhilised soojalekkekohad uutel korterelamutel olid:

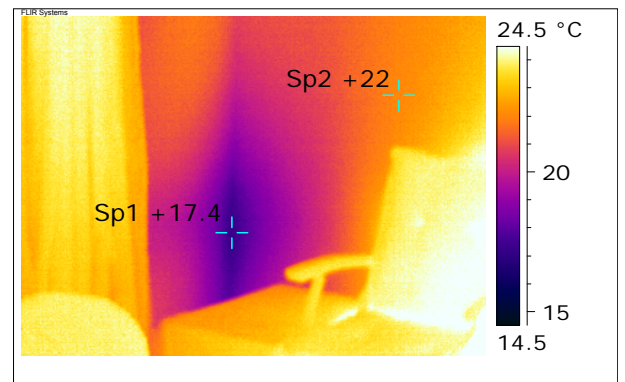
- rõdu liitumine välisseinaga (vt. Joonis 6.3)
- avatäidete ümbrus (vt. Joonis 6.4)
- välisseinte nurk (vt. Joonis 6.5)
- vahelae ning välisseina liitekoht (vt. Joonis 6.6)
- akna klaaspaketi ja raami liitekoht (vt. Joonis 6.7)



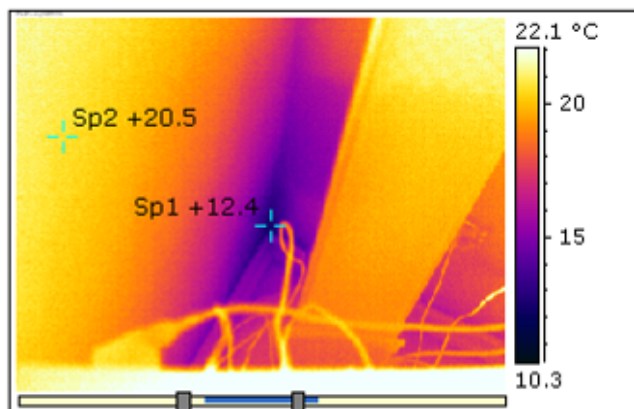
Joonis 6.3 Külmasild rõdu liitumisel välisseinaga .



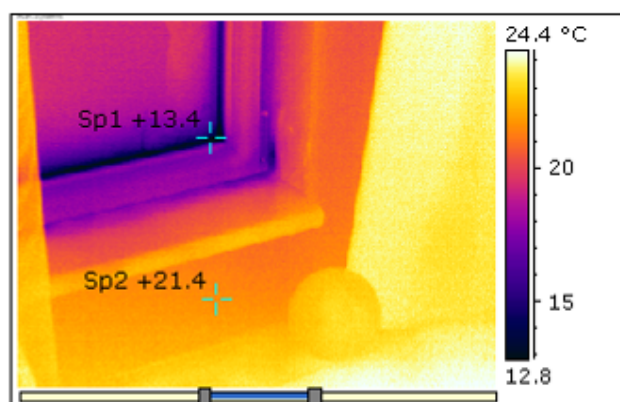
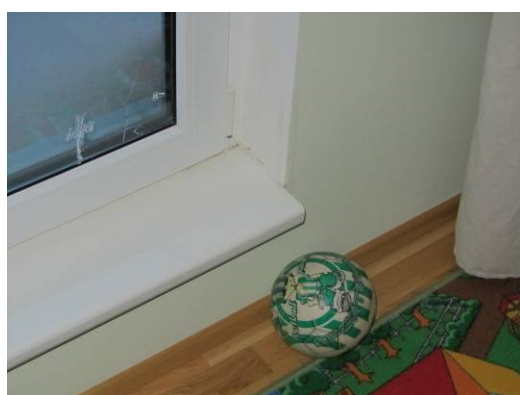
Joonis 6.4 Avatäidete ümbus.



Joonis 6.5 Välisseinte nurk.



Joonis 6.6 Vahelae liitumine välisseinaga.



Joonis 6.7 Akna klaaspaketi ja raami liitekoht.

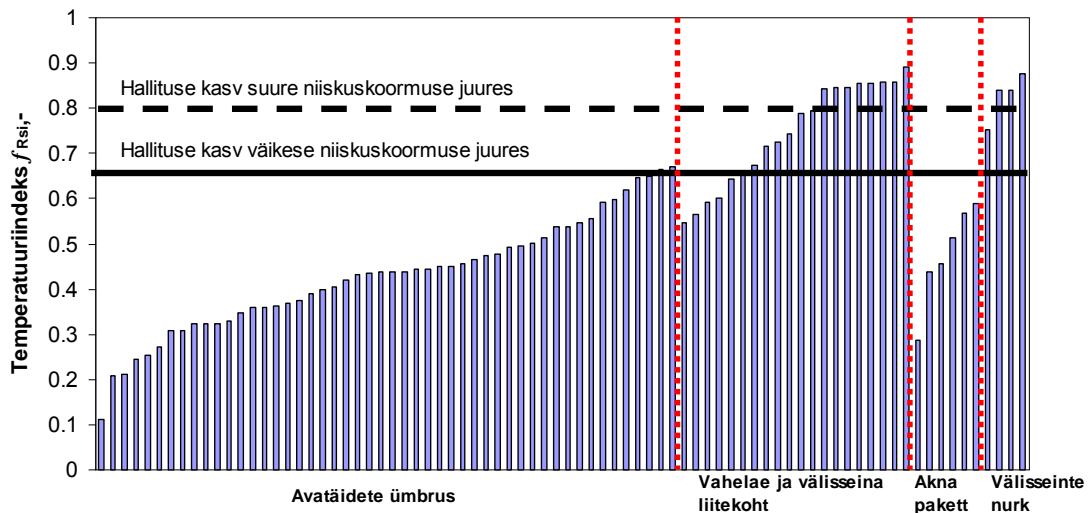
## 6.2.2 Temperatuuriindeksite arvutustulemused

Kõnesolevas uuringus hinnati külmasildade kriitilisust temperatuuriindeksite abil (vt. Joonis 6.8) Temperatuuriindeksi ( $f_{Rsi,-}$ ) arvutamiseks vajalikud sise- ning sise- ja välisõhu temperatuurid saadi termografeerimise tulemustest.

Analüüsi järgmiseid liitekohti:

- avatäidete ümbrus;
- vahelae ja välisseina liitekoht
- akna klaaspaketi ning raami liitekoht
- välisseinte nurk;

Joonisel olevad kaks horisontaaljoont näitavad hallituse kasvu piirsuursusi: väikese niiskuskooormuse korral  $f_{Rsi} > 0,65$ , suure niiskuskooormuse korral  $f_{Rsi} > 0,8$ .



Joonis 6.8 Temperatuuriindeksite arvutustulemused (osaliselt võivad sisaldada normaaltingimustes õhuleketest põhjustatud madalaid pinnatemperatuure).

Tabel 6.2 Keskmised temperatuuriindeksite arvutustulemused.

| Külmasilla asukoht                  | $f_{Rsi,-}$ |
|-------------------------------------|-------------|
| Avatäidete ümbrus                   | 0.43        |
| Vahelae ja välisseina liitekoht     | 0.74        |
| Akna klaaspaketi ja raami liitekoht | 0.47        |
| Välisseinte nurk                    | 0.83        |

## 6.2.3 Tulemuste hindamine

Termografeerimise tulemuste põhjal võib öelda, et uuritud korterelamutes esinesid probleemid külmasillad eelkõige avatäidete ümbruses, rõdu kinnituse liitekohas, vahelae ja välisseina liitekohas, välisseinte liitekohas ja akende klaaspaketi ning aknaraami liitekohas. Avatäidete ümbruses olevad külmasillad ning ebatihedused on tingitud avatäidete ebakvaliteetsest paigaldusest. Külmasillad akende klaaspaketi ning aknaraami liitekohas tulenevad pigem akende tootmistehnoloogias. Külmasillad välisseinte ning vahelae- ja välisseina liitekohas on samuti tinginud ehitusvigadest.

Arvutustulemuste põhjal võib öelda, et hallituse ja kondensaadi vältimise kriteeriumite seisukohast on kõige kriitilisem avatäidete ümbrus ning klaaspaketi ja aknaraami liitekoht  $f_{Rsi,-} \sim 0.43...0.47$ . Termografeerimisel tuvastati visuaalselt hallituse kasv kuues korteris. Teistes korterites oli niiskuskooormus õnneks väiksem. Külmasillad välisseinte ning vahelae- ja välisseina liitekohas on niiskustehniliselt vähem kriitilised  $f_{Rsi,-} 0.74...0.83$ .

Külmasildade vältimisele tuleb projekteerimis- ja ehitusprotsessis oluliselt suuremat tähelepanu pöörata. Uute elamute hoolikal projekteerimisel ja ehitamisel on külmasildade probleem välditav, sest lahenduste valikus ollakse vabad. Hoone arhitektuurne lahendus ei või olla halva tehnilise lõpptulemuse põhjuseks.

## 7 Hoonepiirete õhulekked

Hoonepiirete ebapiisav õhupidavus väljendub planeerimatus ja kontrollimatus õhuvoolus läbi hoone piirete (eelkõige läbi pragude ja ebatiheduste). Hoonepiirete õhulekked mõjutavad järgmisi tegureid:

- hoonete energiatõhusus;
- niiskustehnilised probleemid, hallituse teke, veeauru kondenseerumine;
- hallituse, õhusaaste ja radooni levik põrandaalusest ruumist siseruumidesse, ebasoovitavate lõhnade liikumine korterite vahel;
- piirdepindade alajahtumine;
- sisekliima kvaliteet, tuuletõmbus;
- ventilatsioonisüsteemide toimivus;
- müraprobleemid;
- tuleohutus.

Hoonepiirete õhuleketel on hoonete energiatõhususe analüüsis oluline roll ning see mõjutab otseselt elamu kütte- ja jahutuskulusid. Hoonepiirete soojusjuhtivuse vähenemisega kasvab suhteline kulutus õhuvahetusele (ventilatsioon ja infiltratsioon). Hoonel, mille välispiirete õhuleke on suur, võib piirete õhulekkohtade kaudu toimuv õhuvahetus olla samas suurusjärgus või suuremgi kui ventilatsiooniseadmete poolt vahetatava õhu hulk. Tavapärase hoone energiakulu võib olla oluliselt suurem kui väga väikese õhulekkega hoonel. Õhulekkearvu ühe ühiku muutus mõjutab elamu kütteenergiakulu 7% ja koguenergiakulu orienteeruvalt 4% (Jokisalo & Kurnitski 2002, Binamu 2002).

Piirdetarindis, milles on palju ebatihedusi, võib niiskuse konvektsioon kanda edasi tunduvalt rohkem niiskust, kui niiskuse difusioon seda suudab (Hagentoft & Harderup 1995). Kuigi hoone piire võib olla projekteeritud niiskustehniliselt turvaliselt toimivaks veeauru difusiooni suhtes, võib niiskuse konvektsioon põhjustada lubamatult kõrgeid niiskustasemeid (Janssens & Hens 2003).

Uuringud on tõestanud, et õhulekete teel kandub siseruumidesse hallituseoseid, radooni (Airaksinen jt. 2004, Mattson jt. 2002, Backman jt. 2000, Wang & Ward 2003) või õhusaastet garaazist (Emmerich jt. 2003, Batterman jt. 2007).

Eestis tehtud uuringud (Kalamees 2007) on näidanud, et kui hoonepiirded lekkisid rohkem kui standardi (EPN 11.1 1995, 2003, EVS 837-1:2003) piirarv ( $3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ), siis kurtsid elanikud külmade põrandate üle ja rohkem kõikuva sisetemperatuuri ja pistikupesadest tuleva külma õhu üle.

Õhulekked läbi hoonepiirete mõjutavad siseruumide õhuvahetust. Siiski ei saa hoonepiirete ebapiisavat õhupidavust käsitada kui loomulikku ventilatsiooni. Läbi piirde ebatiheduste toimuv õhu liikumine ei ole kontrollitav, juhitud ega vajadusel filtreeritav. Kui näiteks niiskuskahjustuste tagajärjel on piirdesse tekkinud hallitust või mädanikku, kannab õhk hallituse eosed siseruumi. Kvaliteetse sisekliima kujundamisel on tähtsal kohal eelkõige toimiv kütte- ja ventilatsioonisüsteem ning ehitusfüüsikaliselt korrektselt toimivad hoonepiirded.

Võimaliku tulekahju puhkemise korral peab tule ja suitsu levik ehitises olema takistatud (RT I 2004, 75, 525). Hoonepiirete õhulekked mõjutavad tuleohutust eelkõige tulekahju algstaadiumis tekkiva suitsu leviku kaudu läbi piirete (Marchant 2000). Ehitise tuletõkketarindite tulepüsivuse määratluses tähendab tähis E tarindi tihedust ehk terviklikkust teatud aja jooksul. See määrab tuleohutusest lähtuvalt tarindi õhupidavuse nõude üldiselt. Täpsemalt tähistab suitsu läbitungimise piirangut tähis S.

Kasvamas on elanike nõudmised hoonete sisekliima suhtes. Mõeldes hea sisekliima juures ka küttekuludele, on otstarbekas kasutada soojustagastusega ventilatsiooni lahendust, väljapuhkeõhus olev soojus kasutatakse ära tubadesse sissepuhutava õhu soojendamiseks, ruumide kütteks või tarbevee soojendamiseks. Kui hoonepiirded ei ole

õhupidavad, siis vahetub suur osa õhku soojustagastit läbimata. See põhjustab suuremat energiakulu ja vähendab soojustagasti positiivset mõju. Kuna õhupidavate piiretega hoone energiakulu on väiksem, võimaldab see saada hoonele parema energiamärgise. Seega, õhupidavad piirded vähendavad hoone energiakulu. Tuleb aga rõhutada, et õhupidavate piiretega peab kaasas käima toimiv, tõhus ja tasakaalustatud õhuvahetus (ventilatsioon). Kui õhupidavate piiretega hoonel ei ole toimivat ventilatsioonisüsteemi, siis õhk siseruumides ei vahetu ja sisekliima saab rikutud.

Ventilatsioon peab tagama piisava õhuvahetuse ja ei tohi halvendada hoone soojuslikku mugavust (tuuletõmbus, värskeõhuklappidest sissevoolav külm õhk) ega akustilist kvaliteeti (seadmete müra, õhu liikumiskiirus, ventiilid, seadistus või ebapiisav mürasummutus), mis sunniks kasutajaid projekteeritud ventilatsiooni muutma või seda mitte kasutama. Ventilatsioonisüsteemid piirete õhupidavuse mõõtetulemust otseselt ei mõjuta, sest värskeõhuklapid, õhu sissepuhke- ja väljatõmbeventiilid kaetakse mõõtmise ajaks teibiga kinni.

Õhuvool läbi hoonepiirde ebatiheduste ehk infiltratsioon ja selle suurus sõltuvad:

- hoonepiirete õhupidavusest;
- õhurõhkude erinevusest kahel pool piiret;
- kasutatavate materjalide omadustest;
- ventilatsiooni tasakaalustusest;
- kliimatingimustest.

Kogu hoone õhupidavust mõjutavad kokkuvõttes kõikide piirete, liitekohtade, akende ja uste jne. õhupidavused. Õhupidavuse tagamine nõuab lõpuni läbimõeldud ja kompleksseid lahendusi. Piirde detailid tuleb projekteerimise käigus hoolikalt läbi mõelda, õhutõke peab olema korralikult paigaldatud ja liitekohad nõutavalt tehtud.

## 7.1 Hoonepiirete õhulekete mõõtmine

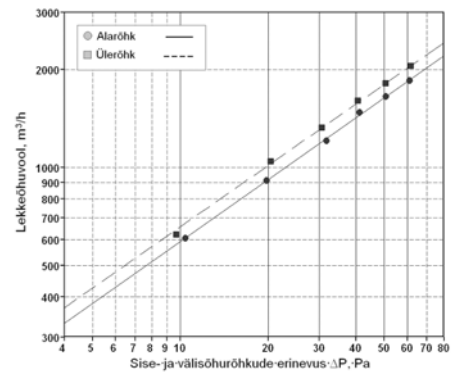
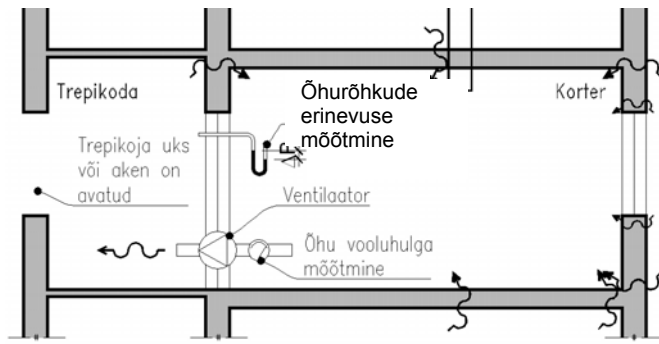
Hoonepiirete õhulekked mõõdeti standardi EVS EN 13829 "Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method" järgi.

Korteri välisukse avasse paigaldati mõõteseade, mis koosnes muudetava suurusega raamist, õhutihedast kangast, ventilaatorist ja mõõte- ning juhtimisseadmetest (vt. Joonis 7.1, vasakul).

Mõõteseadme ventilaator tekitas sise- ja väliskeskkonna vahele soovitud õhurõhkude erinevuse. Katse käigus mõõdeti õhuvooluhulka, mis oli vajalik tekitatud rõhuerinevuse hoidmiseks. Sama õhuhulk, mis läbis ventilaatorit, tuli ka korterisse läbi piirde ja pragude. Lekkeõhu hulka mõõdeti erinevate õhurõhkude, nii alarõhu kui ka ülerõhu tingimustes 10 Pa sammuga, 10...±60 Pa. Alarõhu- ja ülerõhu mõõtmistulemuste trendijoonelt loetakse lekke õhuvooluhulk 50 Pa juures, millest arvutati keskväärtus (vt. Joonis 7.1, paremal).

Enne ja pärast lekkeõhuhulga mõõtmist mõõdeti sise- ja väliskeskkonna vaheline loomulik õhurõhkude erinevuse suurus ning sise- ja välistemperatuur. Nende alusel korregeeriti mõõtetulemust.

Korteri piirete õhulekete mõõtmiseks suleti kõik välispiirdes olevad suletavad avad ehk ukSED ja aknad suleti normaalasendis, värskeõhuklapid ja ventilatsiooniavad teibiti kinni. Sisemised vaheuksed jäeti avatuks. Lisaks kontrolliti, et haisulukkudes oleks vesi.



Joonis 7.1 Korteri piirete õhupidavuse mõõtepõhimõte (vasakul ülal). Õhulekke graafik: lekkeõhuvoolu sõltuvus õhurõhkude erinevusest (paremal ülal). Mõõteseade paigaldatuna korteri välisukse ette (all).

Hoonepiirete õhupidavust iseloomustab õhulekkearv  $q_{50}$  (ühik  $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ), mis näitab õhuvooluhulka ( $\text{m}^3/\text{h}$ ), mis läbib  $1 \text{ m}^2$  suuruse pindalaga piiret, kui kahel pool piiret on õhurõhkude erinevus  $50 \text{ Pa}$ . Kuna õhupidavust eraldi piirete kaupa mõõta pole välitingimustes võimalik, mõõdeti kogu korteri õhupidavus ja väljendati see kõikide piirete keskmise õhulekkena. Lisaks on õhupidavust iseloomustatud ka  $n_{50}$  arvu abil.  $n_{50}$  mõõtühikuks on  $\text{h}^{-1}$  ja see väljendab õhuvahetuskordsust, kui õhurõhkude erinevus kahel pool piiret on  $50 \text{ Pa}$ . Õhupidavuse mõõtemeetod on mõlemal puhul sama. Kui tulemus esitatakse õhulekkearvuna (ühik  $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ), jagatakse  $50 \text{ Pa}$  juures mõõdetud lekkeõhuvool korteri välispiirete sisepindalaga (sh. vahelaed ja korteritevahelised vaheseinad), ja kui õhupidavust väljendatakse õhuvahetuskordsusena  $n_{50}$  (ühik  $\text{h}^{-1}$ ), jagatakse  $50 \text{ Pa}$  juures mõõdetud lekkeõhuvool korteri siseruumide kubatuuriga.

Korteri piirete õhupidavust võib iseloomustada ka õhulekkepindalaga, mida õhk läbib teatud rõhuerinevuste juures. See aitab paremini visualiseerida, kui suur lahtine ava on välispiirdes. Kasutatakse kahte õhulekkepindala.

- EqLA (Equivalent Leakage Area);
- ELA (Effective Leakage Area).

EqLA on defineeritud Kanada rahvusliku uurimisasutuse (Canadian National Research Council) poolt ja see näitab ümmarguse teravaservalise ava pindala, mille kaudu lekib sama palju õhku, kui läbi kõikide piirete  $10 \text{ Pa}$  juures. ELA on defineeritud Lawrence Berkeley laboratooriumis USA-s ja see näitab torujase ava pindala, mille kaudu lekib sama palju õhku, kui läbi kõikide piirete  $4 \text{ Pa}$  juures. Tulemuses on õhulekkepindalad EqLA ja ELA on jagatud läbi eramu välispiirete pindalaga ja näitavad keskmist lekkepindala ühe ruutmeetri välispiirde pindala kohta.



## 7.2 Hoonepiirete õhupidavuse hindamise meetodid

Eestis kehtestati hoonepiirete õhupidavuse nõuded juba 1995. aasta Eesti projekteerimise eelnormiga "EPN 11.1 Piirdetarindid", mis 2003. aastal muudeti Eesti standardiks EVS 837-1:2003. Õhulekkearvu piirväärtuseks on seatud elamutel  $3 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  ja muudel hoonetel  $6 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ . Elamute õhupidavamate piirete nõue tulenes tõenäoliselt nende suuremast niiskuskooormusest.

Vastavalt VV määrusele nr 258 „Energiaõhususe miinimumnõuded“ ei tohi välispiirete keskmine õhulekkearv üldjuhul ületada üht kuupmeetrit tunnis välispiirde ruutmeetri kohta ( $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ). Niiskuskonvektsiooni riskide vältimiseks tuleb tarindite kriitilised sõlmed (nt sein ja katuse ühendus, katuslae auru- või õhutõkke jätkukohad, läbiviigud) teha praktiliselt täiesti õhkupidavaks.

Rootsis oli pikka aega nõue (BBR BFS 1998:38), et hoonete välispiirded peavad olema nii õhutihedad, et keskmine õhuleke 50 Pa õhurõhu erinevuse juures ei ületaks elamute puhul  $0,8 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$  ( $2,9 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ) ja muudel hoonetel  $1,6 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$  ( $5,8 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ). Energiaõhususe miinimumnõuete kehtestamisega kaotasid kehtivuse spetsiifilised nõuded hoonepiiretele, kui energiaõhususe miinimumnõuete tagamiseks ehitatakse hoonepiirded õhkupidavaks. Kanada elamufondi energiaõhususe parandamise programmi R-2000 (NRCan 2004) järgi peab olema tagatud hoonepiirete õhupidavus  $n_{50} < 1,5 \text{ h}^{-1}$  ja õhulekke pindala 10 Pa juures ei tohi ületada  $0,7 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ . Saksamaal (DIN 4108-7:2001-08) on nõue, et loomuliku ventilatsiooniga hoonete õhuvahetuskordsus  $n_{50}$  peab olema  $< 3 \text{ h}^{-1}$  ja mehaanilise ventilatsiooniga hoonete õhuvahetuskordsus  $n_{50} < 1,5 \text{ h}^{-1}$ ; passiivmajade (Passivhaus, Minenergie®) õhupidavuse nõue on  $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ . Norras (REN TEKNISK 1997) on hoonepiirete õhupidavusele esitatud järgmised nõuded: väikeelamutel ja ridaelamutel  $n_{50} < 4 \text{ h}^{-1}$ , muudel kuni kahekorruselistel hoonetel  $n_{50} < 3 \text{ h}^{-1}$  ja muudel üle kahekorruselistel hoonetel  $n_{50} < 1,5 \text{ h}^{-1}$ . Šveitsis on loomuliku ventilatsiooniga ühepereelamute välispiirete õhupidavuse nõue  $n_{50} < 2...4,5 \text{ h}^{-1}$  ja mitmepereelamutel  $n_{50} < 2,5...3,5 \text{ h}^{-1}$ ; mehaanilise ventilatsiooni või jahutusega hoonete õhupidavuse nõue on  $n_{50} < 1 \text{ h}^{-1}$  (SIA 180. Soomes nõudeid hoonepiirete õhupidavusele sätestatud ei ole. Soome ehitusmääruses (C3 2007) on toodud hoonepiirete õhupidavuse taotluslik tase  $n_{50} < 1 \text{ h}^{-1}$  ja energiaarvutustes (D5 2007) kasutatakse võrdlushoone õhupidavuse baassuurust  $n_{50} = 2 \text{ h}^{-1}$ . Inglismaal ja Walesis on õhulekkearvu piirsuurus  $10 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  (energiaõhususe miinimumnõuete täitmiseks peab tihti kasutama väiksemat õhulekkearvu) (L1A 2006, L2A 2006).

Hoonepiirete õhupidavus sõltub kasutatavatest ehitusmaterjalidest, ehitustehnoloogiast ja töö kvaliteedist. Standardites prEN 15242 (vt. Tabel 7.1) ja ISO/FDIS 13789 (vt. Tabel 7.2) ning juhendis D5 (vt. Tabel 7.3) on toodud hoonepiirete õhulekkearvu iseloomustamiseks erinevaid suuruseid.

Tabel 7.1 Hoonepiirete iseloomulik õhulekkearv standardi EN 15242 järgi.

| Hoone tüüp                | Õhulekke tase | Õhulekkearv, $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ |               |               |
|---------------------------|---------------|---|---------------|---------------|
|                           |               | $q_4$ , Pa  | $q_{10}$ , Pa | $q_{50}$ , Pa |
| Väikemaja                 | Väike         | 0,5   | 1             | 2,5           |
|                           | Keskmine      | 1   | 2             | 5             |
|                           | Suur          | 2   | 3,5           | 10            |
| Korterelamud, büroohooned | Väike         | 0,5   | 1             | 2,5           |
|                           | Keskmine      | 1   | 2             | 5             |
|                           | Suur          | 2   | 3,5           | 10            |
| Tööstushooned             | Väike         | 1   | 2             | 5             |
|                           | Keskmine      | 2   | 3,5           | 10            |
|                           | Suur          | 4   | 7             | 20            |

Tabel 7.2 Hoonepiirete iseloomulik õhulekkearv standardi ISO/FDIS 13789 järgi

| Hoone tüüp   | Õhulekke tase | Õhuvahetuskordsus 50 Pa juures $n_{50}, h^{-1}$ |
|--------------|---------------|---|
| Väikemaja    | Madal         | <4  |
|              | Keskmine      | 4...10  |
|              | Suur          | >10   |
| Korterelamud | Madal         | <2  |
|              | Keskmine      | 2...5   |
|              | Suur          | >5  |

Tabel 7.3 Hoonepiirete õhulekkearvu iseloomulikud suurused Soome määruse D5 järgi.

| Õhupidavus                | Detailide lahendus  | Õhuvahetuskordsus 50 Pa juures $n_{50}, h^{-1}$        |
|---------------------------|---|--|
| Õhupidav hoone            | Vuukide ja liitekohtade õhupidavusele on pööratud erilist tähelepanu nii projekteerimisel, ehitamisel kui ka järelevalvel   | Väikemajad: 1...3<br>Korterelamud ja bürood: 0,5...1,5 |
| Keskmine õhupidavus       | Vuukide ja liitekohtade õhupidavuse projekteerimisel, ehitamisel kui ka järelevalvel lähtutakse tavalisest ehituspraktikast | Väikemajad: 3...5<br>Korterelamud ja bürood: 1,5...3   |
| Piirded ei ole õhupidavad | Õhupidavusele ei ole tähelepanu pööratud ei projekteerimisel, ehitamisel ega ka järelevalvel                                | Väikemajad: 5...10<br>Korterelamud ja bürood: 3...7    |

Hoonete projekteerimisel on hoone energiabilansi koostamiseks vaja teada ka lekkeõhuvoolu, mis sõltub otseselt hoonepiirete õhupidavusest. Nende arvutuste jaoks on vaja teada hoone välispiirete õhulekkearvu  $q_{50}, m^3/(h \cdot m^2)$ . Hoonepiirete õhupidavus on projekteerija ja ehitaja tagada. Kui hoone õhupidavust ei ole mõõdetud või muul viisil tõendatud, tehakse projekteeritavate korterelamute energiaarvutus õhulekkearvu baasväärtustega  $3 m^3/(h \cdot m^2)$ .

Kui on mõõdetud piisavalt suur kogus tarinduselt samatüübilisi hooned, võib hoonetootja hoonepiirete õhupidavust hinnata nende mõõtmistulemuste alusel. Nii on võimalik energiaarvutustes kasutatava õhulekkearvu tõendada ka samatüübiliste hoonete mõõtmisandmete analoogia baasil. Sellisel juhul tuleb deklareeritud õhulekkearvu  $q_{50, dekl.}$  juures arvestada ka mõõtmistulemuste hajuvust ja arvu ning selle võib arvutada valemiga 7.1 (RT 80-10974):

$$q_{50, dekl} = \overline{q_{50}} + k \cdot \sigma_{q_{50}}, m^3/(h \cdot m^2) \quad 7.1$$

kus:

$\overline{q_{50}}$  on antud hoonetüübi keskmine õhulekkearv (saadakse mõõtmistest),  $m^3/(h \cdot m^2)$ ;

$k$  on kordaja, mis sõltub mõõdetud hoonete arvust ja arvutatakse valemiga 7.2 ning mis põhineb normaaljaotuse järgse valiku 25% fraktiili 84% tõenäosusele;

$\sigma_{q_{50}}$  on antud hoonetüübi õhulekkearvude mõõtmistulemuste standardhälve,  $m^3/(h \cdot m^2)$ , mis arvutatakse valemiga 7.3;

$$k = 0,674 + \frac{1}{\sqrt{n}}, - \quad 7.2$$

$n$  on mõõdetud hoonete arv;

$$\sigma_{q_{50}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_{50,i} - \overline{q_{50}})^2}{n-1}}, m^3/(h \cdot m^2) \quad 7.3$$

$q_{50,i}$  mõõdetud hoone õhulekkearv,  $m^3/(h \cdot m^2)$ .

### 7.3 Tulemused

Hoonepiirete õhulekkivust mõõdeti 26 korteris (23 korterelamus). Neist 14 asus Tallinnas, 8 Tartus, ning 4 Pärnus. Õhupidavus on mõõdetud õhulekkestiga (EVS EN 13829) ja tulemused on esitatud kahel viisil (vt. Tabel 7.4):

- õhulekkearv  $q_{50}$   $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ , mis iseloomustab lekkeõhu suurust 50 Pa juures jaotatuna korteri piirdetarindite (sh. vahelaed ja vaheseinad) pindalale;
- õhuvahetuskordsus 50 Pa juures  $n_{50}$   $\text{h}^{-1}$ , mis iseloomustab lekkeõhu suurust 50 Pa juures jaotatuna korteri sisekubatuurile.

Kõikide mõõdetud korterite keskmine õhulekkearv  $q_{50} = 1.7 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  (min.  $0.8 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ; maks.  $4.6 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ) ja õhuvahetuvus 50Pa juures oli  $n_{50} = 2.3 \text{ h}^{-1}$  (min.  $0.9 \text{ h}^{-1}$ ; maks.  $6.6 \text{ h}^{-1}$ ).

Tabel 7.4 Korterite õhupidavuse mõõtmistulemused.

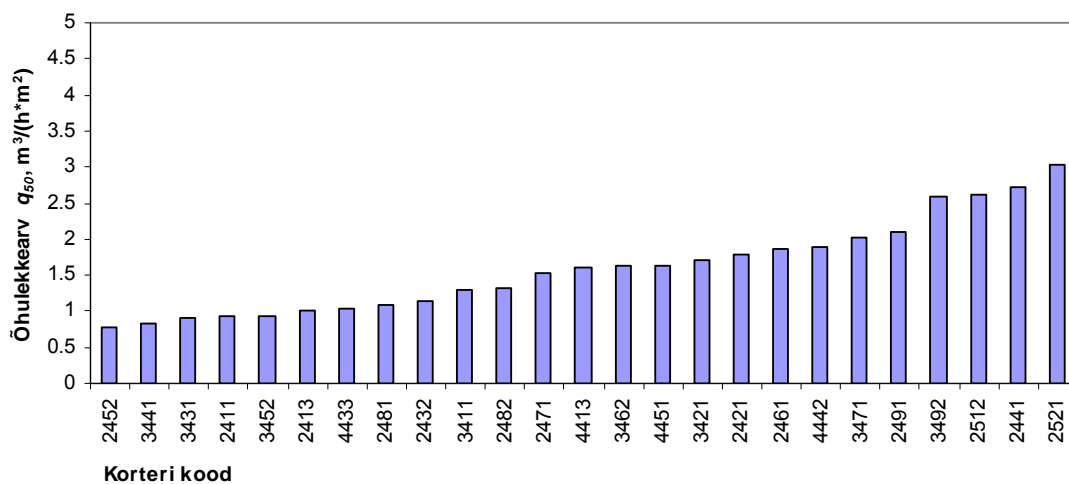
| Korteri kood | Õhulekkearv, $q_{50}$ , $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ | Õhuvahetuvus @50Pa, $n_{50}$ , $\text{h}^{-1}$ |
|--------------|--|--|
| 2411         | 0.9  | 1.3  |
| 2413         | 1.0  | 1.5  |
| 2421         | 1.8  | 2.6  |
| 2432         | 1.1  | 1.5  |
| 2441         | 2.7  | 3.5  |
| 2452         | 0.8  | 1.0  |
| 2461         | 1.9  | 2.0  |
| 2471         | 1.5  | 1.6  |
| 2481         | 1.1  | 1.5  |
| 2482         | 1.3  | 1.8  |
| 2491         | 2.1  | 3.1  |
| 2512         | 2.6  | 3.5  |
| 2521         | 3.0  | 3.8  |
| 3411         | 1.3  | 2.0  |
| 3421         | 1.7  | 2.6  |
| 3431         | 0.9  | 1.2  |
| 3441         | 0.8  | 0.9  |
| 3452         | 0.9  | 1.1  |
| 3462         | 1.6  | 2.1  |
| 3471         | 2.0  | 2.9  |
| 3492         | 2.6  | 3.4  |
| 4413         | 1.6  | 2.3  |
| 4433         | 1.0  | 1.6  |
| 4442         | 1.9  | 2.5  |
| 4451         | 1.6  | 2.3  |

Kuna mõõtmised tehti korterite kaupa, sisalduvad selles mõõtetulemuses ka korterivaheliste piirete (vaheseinad, vahelaed) õhulekked. Kuna korteritevahelised seinad olid valdavalt samas tarinduses välisseintega, ei teki sellest erinevusest tulemuste tõlgendamisel olulist viga. Kuna korteritevahelised vaheseinad ja vahelaed on ka tuletõkkeseksiooni piiriks, peavad ka need tarindid olema õhupidavad (takistamaks suitsu levikut tulekahju tingimustes).

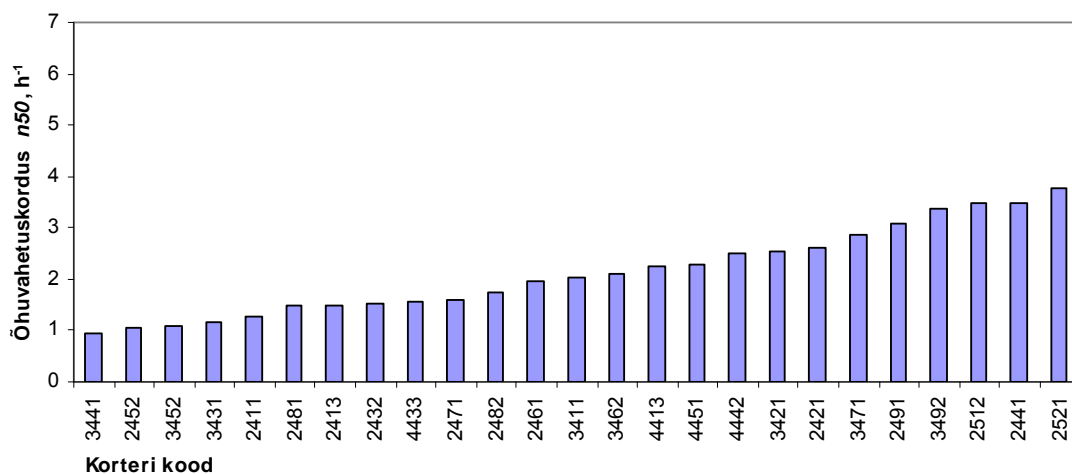
Korterite õhulekkearvu  $q_{50}$  ja õhuvahetuskordsuse  $n_{50}$  suurused ei ole võrdsed, kuna korteritel on välispiirde pindala keskmiselt 30% suurem ja seetõttu on õhulekkearv  $q_{50}$  väiksem. Piirdetarindite pindala ja sisekubatuuri suhe sõltub kompaktsusest, mida mõjutab plaanilahenduse keerukus ja korruse kõrgus.

Peamised õhulekkekohad uuritud hoonetel olid:

- Aknad (tihendid, lengide ja seina vaheline liide).
- Tehnosüsteemide läbiviigid.
- Värskeõhuklappide ümbrus (kuigi klapp kui seade oli uurimise ajaks kaetud, siis klapi ja seina vaheline osa oli kas puudulikult või täielikult tihendamata).
- Välisseina liitumine vahelae ja vaheseinaga.
- Välisseina liitumine katuse ja põrandaga.

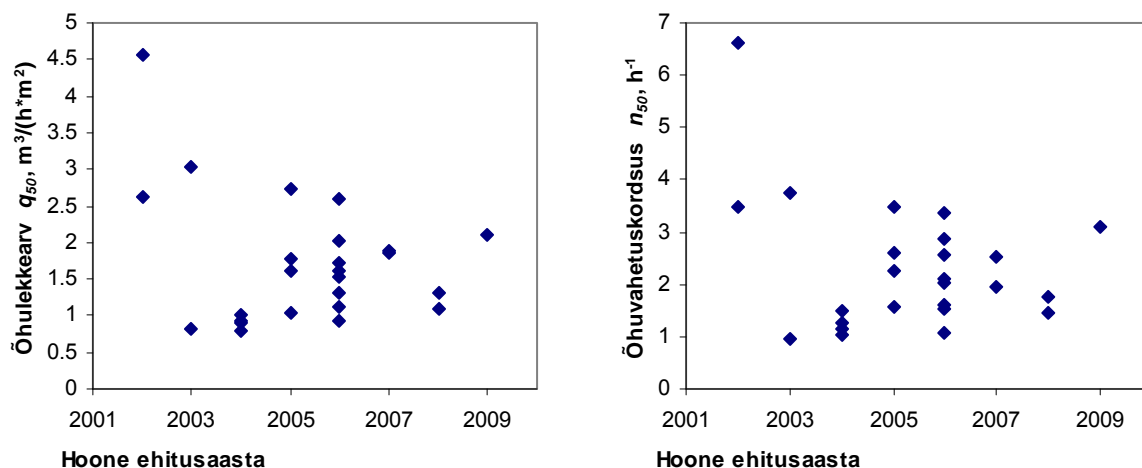


Joonis 7.2 Hoonepiirete õhulekkearvu  $q_{50}, \text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  jaotus.



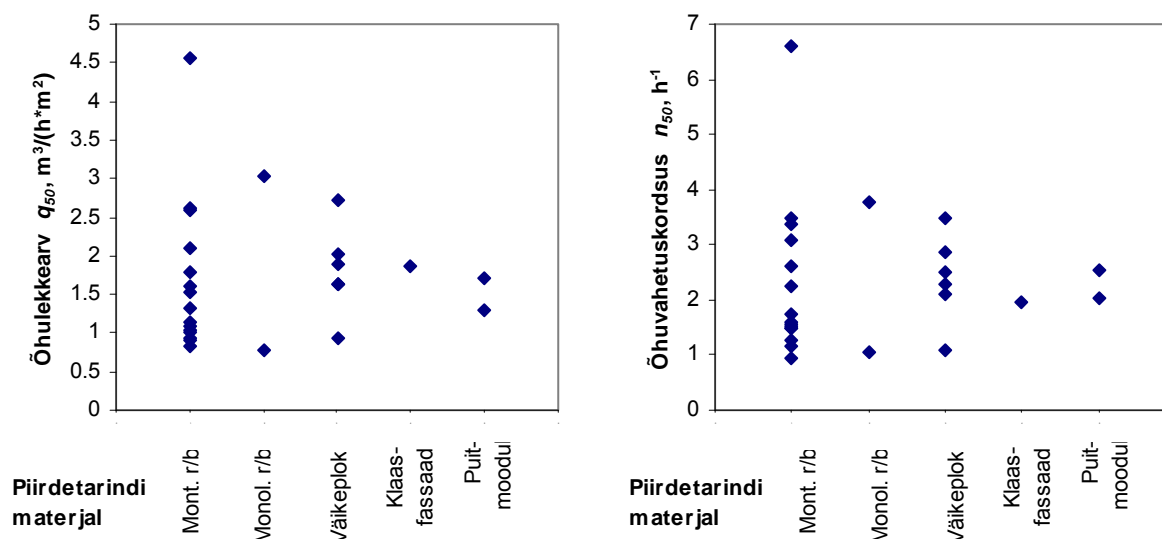
Joonis 7.3 Hoonepiirete õhuvahetuskordus  $n_{50}, \text{h}^{-1}$  jaotus.

Hoone ehitusaasta ei mõjuta oluliselt hoonepiirete õhupidavust, vt. Joonis 7.4.



Joonis 7.4 Hoone ehitusaasta mõju korteri õhulekkearvule (vasakul) ja õhuvahetuskordsusele (paremal).

Välisseina tarindus ei mõjutanud samuti hoonepiirete õhulekkeid oluliselt, vt. Joonis 7.5. Seega on kõikide tarinditega võimalik saavutada väikest õhuleket.



Joonis 7.5 Piirdetarindi materjali mõju korteri õhulekkearvule (vasakul) ja õhuvahetuskordsusele (paremal).

Varasemates suurpaneel-, tellis- ja puitkorterelamute ehitustehnilise seisukorra uuringutes mõõdeti analoogselt praeguse uuringuga ka hoonepiirete õhupidavust. Võrreldes vanemate korterelamutega on 1990–2010 kasutusse võetud korterelamute hoonepiirete õhulekked palju väiksemad, vt. Tabel 7.5.

Hoonepiirete õhulekkearvu baasväärtus energiaarvutusteks ja kvaliteedi tagamiseks 1990–2010 kasutusse võetud korterelamutel oli  $q_{50}=2,5 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  ja  $n_{50}=3,4 \text{ h}^{-1}$ . Seega on energiatõhususe miinimumnõuete määruuses korterelamutele esitatud õhulekkearvu baassuurus ( $q_{50}=3,0 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ) sobiva suurusega.

Tabel 7.5 Eri tüüpi hoonete piirdetarindite õhulekke võrdlus.

|  | Hoonepiirete õhupidavus  |                         |  |                         |
|--|--|-------------------------|--|-------------------------|
|  | Energiarvutusteks ja kvaliteedi tagamiseks<br>(uued) kasutatav õhupidavuse baasväärtus |                         | Keskmine suurus                                |                         |
|  | $q_{50}, \text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$   | $n_{50}, \text{h}^{-1}$ | $q_{50}, \text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ | $n_{50}, \text{h}^{-1}$ |
| 1990–2010 kasutusse<br>võetud korterelamud | 2,5  | 3,4                     | 1,7  | 2,3                     |
| Puitkorterelamud                           | 10,8   | 14,1                    | 9,7  | 12,7                    |
| Telliskorterelamud                         | 4,4  | 6,4                     | 4,0  | 6,0                     |
| Suurpaneel-korterelamud                    | 4,7  | 6,8                     | 4,0  | 5,7                     |

Hoonepiirete õhupidavusel on tähtis koht soojustagastusega ventilatsiooni ning väikese energiakasutusega hoonete süsteemses toimivuses ning see on üks eeltingimusi neile seatud nõuete täitmisel. Tuleb aga meeles pidada, et hoonepiirded, küttesüsteem ja ventilatsioon moodustavad sisekliima tagamisel ühtse terviku. Kui üks nendest ei toimi normaalselt, siis korralikust elamust on asi kaugel. Õhupidavate piiretega hoone puhul on eriti oluline tagada ventilatsiooni toimivus, mille ülesanne on tagada kogu õhuvahetus. Kui pole toimivat ventilatsioonisüsteemi, siis õhupidavate piiretega elamus kvaliteetset sisekliimat loota ei saa. Ventilatsiooni uuringud tõid välja värskeõhuklappidega väljatõmbeventilatsiooni probleemse toimivuse. Kuna uute korterelamute hoonepiirete õhulekked olid väiksemad, samas aga olid niiskuskooormused samasuured, viitab see asjaolule, et mingil juhul tohi ventilatsiooni õhuvooluhulkasid vähendada.

## 8 Välisseinte soojus- ja niiskustehniline toimivus

Krohvitud komposiitsoojustus on levinud tarindilahendus nii uutel hoonetel kui ka hoonete renoveerimisel. Lahenduse soojus- ja niiskustehnilise toimivuse kohta on aga Eestis tehtud vähe uuringuid. Seetõttu ei ole piisavat selgust selle lahenduse kestvuse ja turvalisuse osas.

Praeguses uuringus ühendati uute elamute ja renoveeritud elamute uurimisküsimused ja krohvitud komposiitsoojustuse võrdlusuuring tehti renoveeritud hoonel. Krohvitud komposiitsoojustuse soojus- ja niiskustehnilist toimivust võrreldi kahe levinuima soojustusmaterjaliga – mineraalvill ja vahtpolüstüreen.

Krohvitud komposiitsoojustus olemasoleval raudbetoon-suurpaneelvälisseinal sarnaneb ka uusehitiste puhul laialdaselt kasutatud lahendusega ja ka soojustuse taguse tarindi soojusjuhtivus ei erine oluliselt. Seetõttu ei teki tulemuste tõlgendamisel suuri vastuolusid.

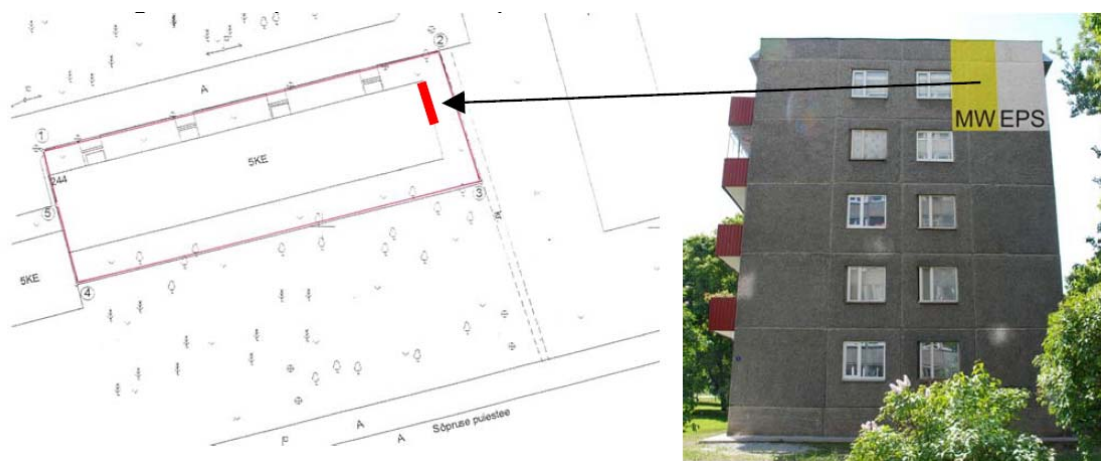
### 8.1 Eesmärk

Uuringu eesmärkideks oli:

- uurida katseliselt krohvitud komposiitsoojustuse soojus- ja niiskustehnilist toimivust raudbetoon-suurpaneelvälisseina (lisa)soojustamisel;
- võrrelda kahe levinuima soojustuse – mineraalvilla ja vahtpolüstüreeni soojus- ja niiskustehnilist toimivust;
- selgitada pärast (lisa)soojustamist seinast väljakuivava niiskuse mõju;
- välimõõtmiste abil saada andmeid arvutusmudeli kalibreerimiseks edasisteks arvutusteks.

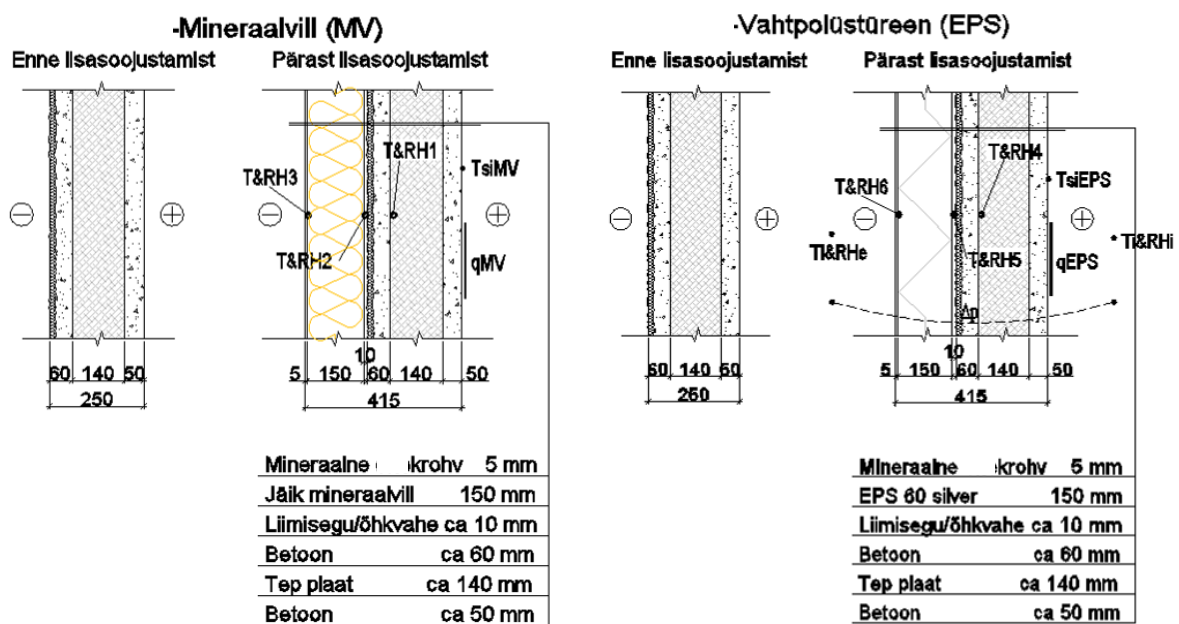
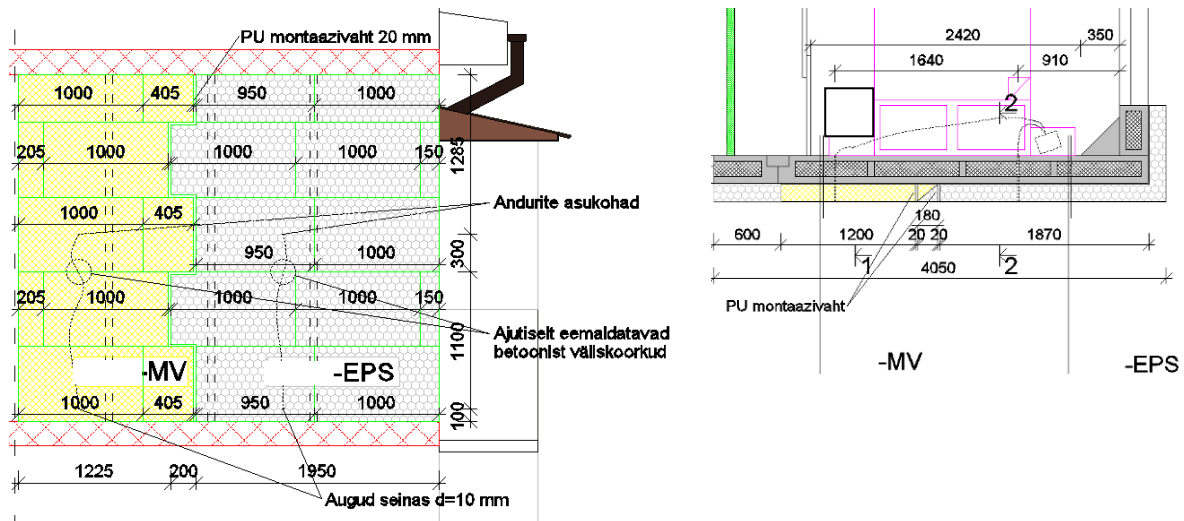
### 8.2 Meetodid

Soojustatava välisseinana kasutati kirdesuunalist raudbetoonist välisseina, vaata Joonis 8.1, Joonis 8.2. Kirdesuunaline sein on sobiv, kuna selle pinnale ei lange oluliselt päikesekiirgust, mis tõstaks selle pinnatemperatuuri. Seinosaad kaeti kahe erineva 150 mm paksuse soojustusmaterjaliga, mis kinnitati nii serv-punkt-meetodil liimise-guga kui ka mehaaniliselt ning kaeti mineraalse krohviga.



Joonis 8.1 Soojustatud kirdesuunalise välisseina paiknemine plaanil (vasakul) ning illustreeriv pilt (paremal).

Seinosaade soojustus oli omavahel eraldatud polüuretaanmontaaživahuga, et soojus ja niiskus ei liiguks seina tasapinnas. Mõõteandurid paiknesid soojustatud seinosa keskel. Mõõtmised viidi läbi vahetult pärast seina soojustamist alates suvest 2011 kuni kevadeni 2012.



Joonis 8.2 Soojustatud seina vaade (üleväl vasakul), plaan (üleväl paremal), lõiked (keskel) ning fotot kihtidest, kus paiknesid seinas andurid (all).

Mõõte- ja salvestusvahenditena kasutati järgnevaid:

- Temperatuuri ja suhtelise niiskuse mõõteandur: Rotronic HygroClip SC05 Ø5 mm × 51 mm; mõõteala -30 kuni +100 °C; 0...100% RH; mõõtetäpsus ±0,3 °C; ±1,5% RH.
- Pinnatemperatuuri andur: termistor-tüüpi TMC6-HD, mõõteala -40...+100 °C; mõõtetäpsus ±0,25°C ja termopaar: TC6-K, mõõteala 0...285 °C, mõõtetäpsus ±2,2 °C.
- Õhurõhkude erinevus mõõdeti diferentsiaalmanomeeteriga Magnesense Dwyer MS-221-LCD; mõõteala ±50 Pa, mõõtetäpsus ±2%.



- Soojusvoo plaat Hukseflux HFP01 (mõõtevahemik  $-2000...+2000 \text{ W/m}^2$ , mõõtetäpsus  $+5 \%/ -15 \%$ , suurus  $\varnothing 8 \text{ cm}$ ).
- Sise- ja välisõhu temperatuuri ja suhtelise niiskuse mõõtmiseks kasutati seadet Hobo U12-013 (mõõteala  $-20$  kuni  $+70 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $5...95\% \text{ RH}$ , mõõtetäpsus  $\pm 0,35 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\pm 2,5\% \text{ RH}$ ).
- Mõõtetulemused salvestati andmesalvestiga: Grant SQ2020-1F8 (mõõteala  $-20...+65 \text{ }^\circ\text{C}$ , mõõtetäpsus  $\pm 0,1\%$  lugemist ja  $+0,1\%$  mõõtevahemikust).

Andurid paigaldati seina väljastpoolt ning juhtmed toodi tuppa. Toas paiknes ka mitme kanaliga andmesalvesti. Tulemused salvestati intervalliga 1h.

Uuringus kasutatud materjalide andmed on esitatud Tabel 8.1.

Tabel 8.1 Materjalise omadused

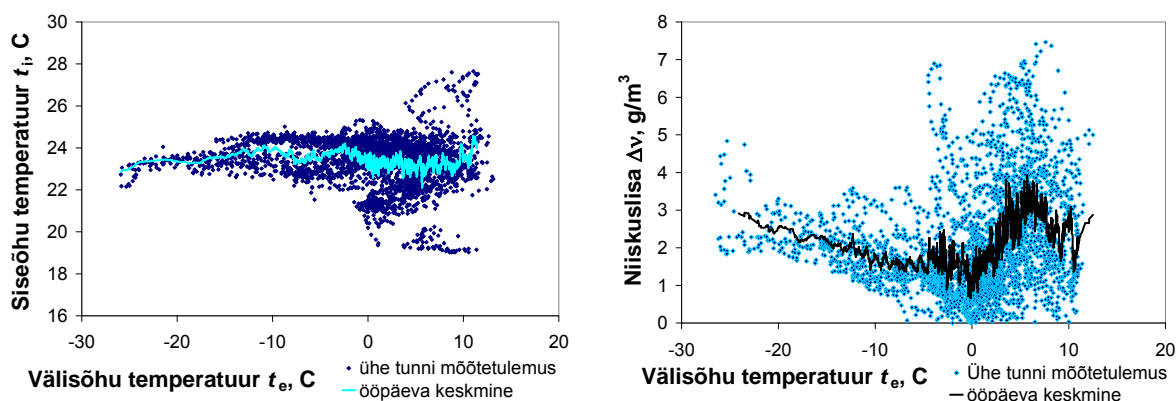
| Materjal                      | Soojuseriijuhtivus $\lambda_d$ , W/(m·K) | Veeaureriijuhtivus $\delta_p$ , kg/(m·s·Pa) · 10 <sup>-12</sup> |
|-------------------------------|--|---|
| Betoon                        | 1,5                                      | 10  |
| Tep plaat                     | 0,12                                     | 50  |
| Suletud õhkvahe (fiks. 10 mm) | 0,07                                     | 200   |
| Vahtpolüstüreen               | 0,035                                    | 10  |
| Jäik mineraalvill             | 0,038                                    | 100   |
| Krohv                         | 1,0                                      | 15  |

## 8.3 Tulemused

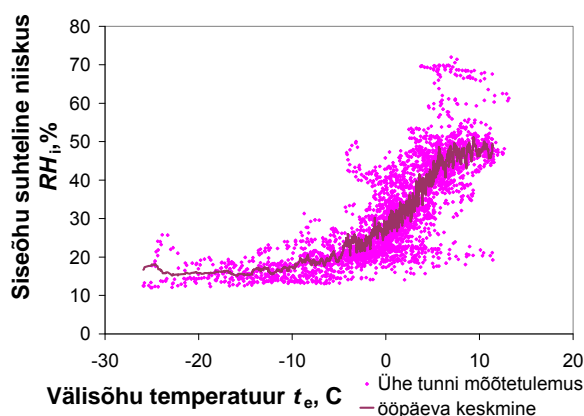
### Sisekliima

Sisekliima peamised parameetrid välispiirde soojus- ja niiskustehnilise toimivuse seisukohalt – temperatuur, niiskuslisa ja suhteline niiskus, on esitatud Joonis 8.3 ja Joonis 8.4 sõltuvana välisõhu temperatuurist.

Korter oli suhtelisel ülekõetud, temperatuur püsis kütteperioodil vahemikus  $+22...+25 \text{ }^\circ\text{C}$  vahel, langedes lühiajaliselt  $+19$  kraadini vaid vahetult enne kütteperioodi algust oktoobris. Niiskuslisa varieerus suhteliselt palju soojemate ilmadega  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  ümbruses, ulatudes kohati  $7 \text{ g/m}^3$ -ni. Kuna õigem on kasutada ööpäeva või nädala keskmisi suurusid, võib pidada niiskuslisa väärtusi miinustemperatuuridel  $1...3 \text{ g/m}^3$  keskpärasteks. Kuna niiskuslisa oli väike, siis siseõhu suhteline niiskus on selges korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga.



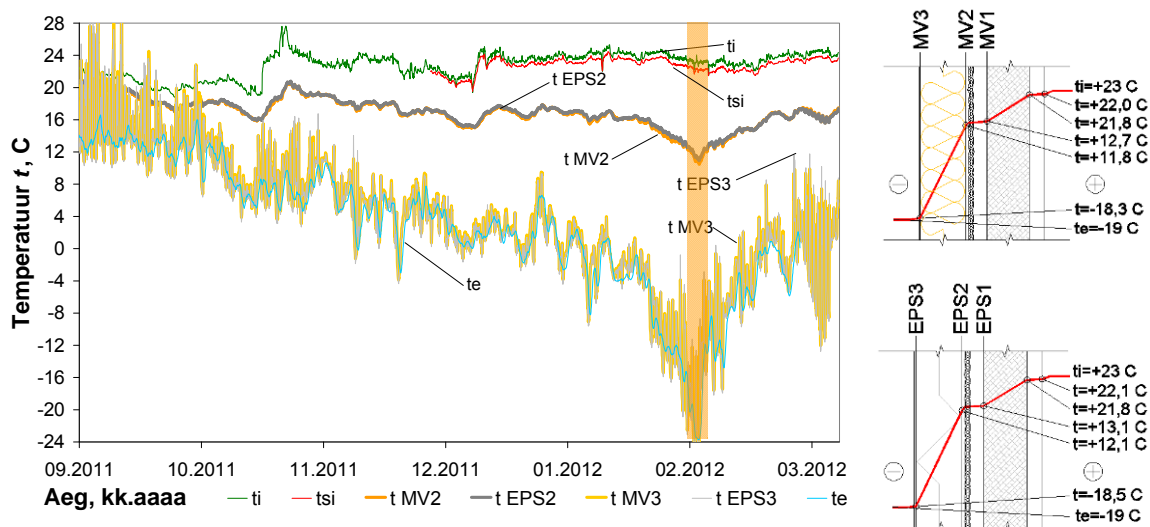
Joonis 8.3 Siseõhu temperatuur (vasakul) ja niiskuslisa (paremal) sõltuvana välisõhu temperatuurist.



Joonis 8.4 Siseõhu suhteline niiskus sõltuvana välisõhu temperatuurist.

## Temperatuur

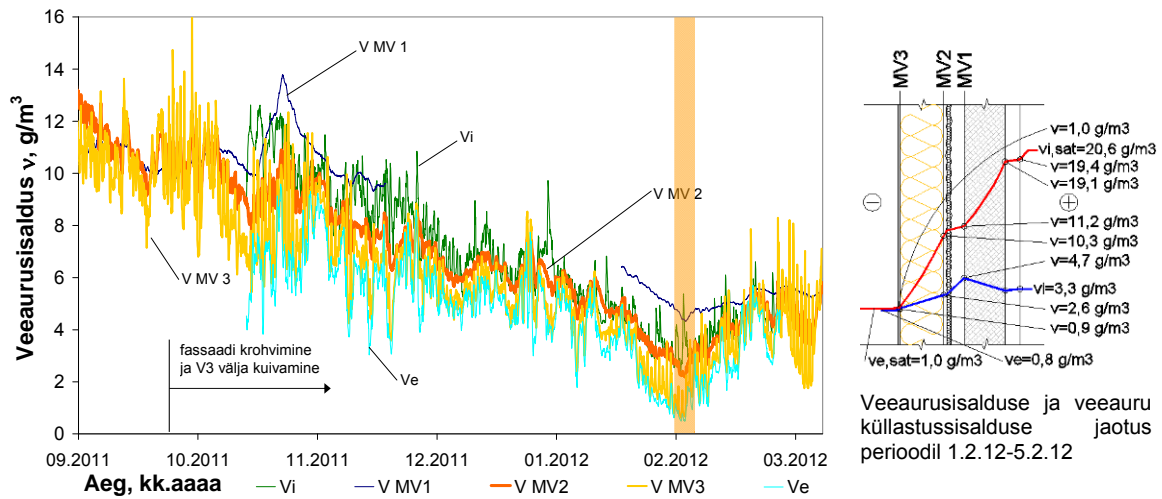
Temperatuuride jaotus esimesel kütteperioodil pärast lisasoojustamist sise- ja välisõhus ning mõlemas seinas vt. Joonis 8.5. Temperatuurid MV1/EPS1 (ja sarnaselt sellele MV2/EPS2) lähenevad pigem siseõhu temperatuurile, kuna enamuse seina soojustakistusest tekitab 150 mm paksune lisasoojustus. Temperatuurid on suhteliselt stabiilsed ega reageeri kohe ääritingimuste muutustele. Temperatuurid MV3/EPS3 on väga lähedased välisõhu temperatuurile krohvi väikese soojustakistuse tõttu ning muutuvad kiiresti krohvi õhukesest kihist tingitud väikese termilise massiivsuse tõttu. Mõõdetud temperatuurid langevad suhteliselt täpselt kokku arvutusliku temperatuuride jaotusega, mis on arvatud statsioonarolukorras vastavalt materjalide soojuseri juhtivustele.



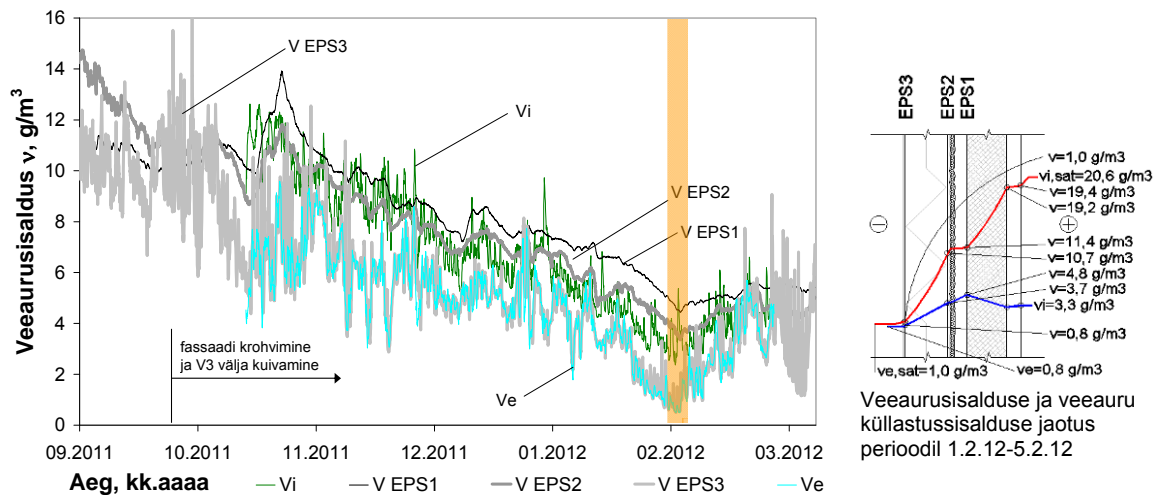
Joonis 8.5 Temperatuuride jaotus mineraalvilla (MV) ja vahtpolüstüreeniga (EPS) lisasoojustatud betoonseinale. Temperatuurid punktis 1 (olemasoleva väliskooriku sisepinnal) on jäetud joonise selguse huvides esitamata, kuid need on ligilähedased punkti 2 (olemasoleva seina ja lisasoojustuse vahel) väärtustele.

## Veeaurisaldus

Veeauru küllastussisaldused ja veeaurusisaldused mõlemas seinas on Joonis 8.6 ja Joonis 8.7 ning nende jaotused statsioonarolukorras. Veeaurusisaldus hakkab mõlemas seinas kõikides punktides langema. Veeaurusisaldus tõuseb ajutiselt oktoobri keskel kütteperioodi algul ning kõrgem temperatuur aitab kaasa niiskuse väljakuivamisele.



Joonis 8.6 Veeaurusisaldused sise- ja välisõhus ning materjali poori õhus mineraalvillaga soojustatud seinas.

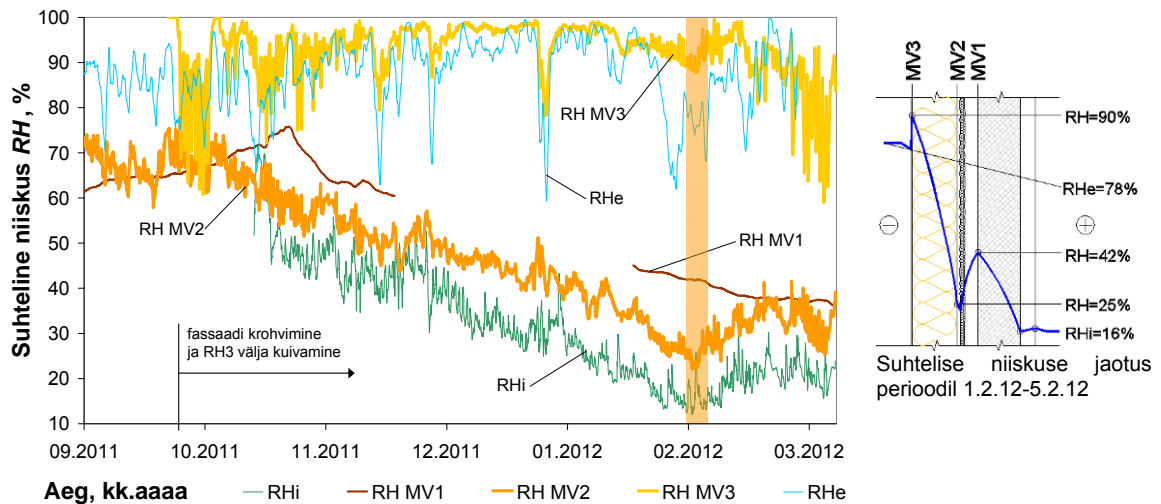


Joonis 8.7 Veeaurusisaldused sise- ja välisõhus ning materjali poori õhus vahtpolüstüreeniga soojustatud seinas.

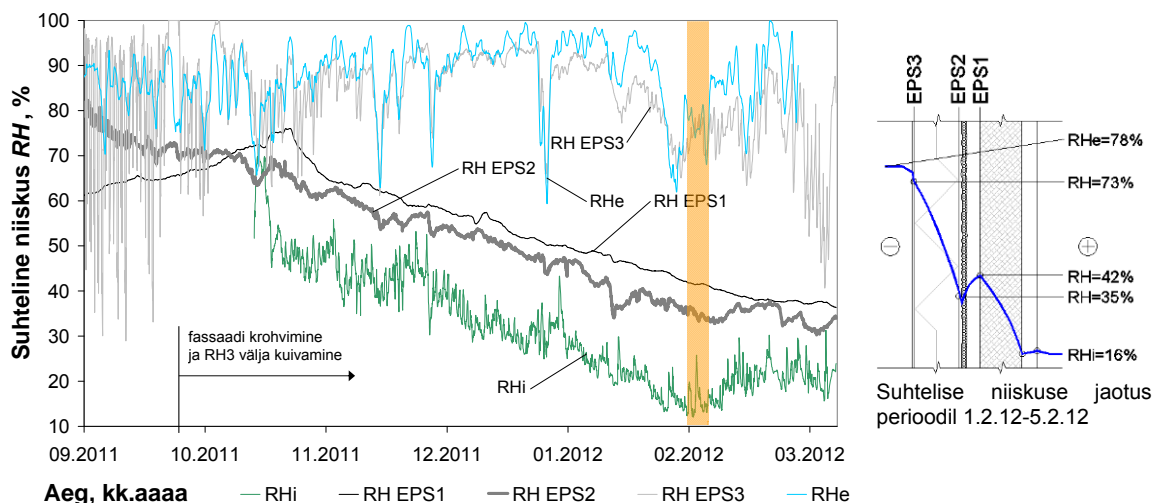
Veeaurusisaldus punktis 3 on vahetult pärast krohvimist kõrge, kuna suhteline niiskus seal on 100%, kuid hakkab juba mõne ööpäeva pärast langema. Punktis 3 krohvi all tõuseb veeaurusisaldus oluliselt tulenevalt suhtelise niiskuse tõusust 100%-ni püsiva temperatuuri juures vahetult pärast krohvimist. Niiskuse väljakuivamine tarindist toimub terve talve jooksul, saavutades minimaalse taseme külmaperioodil veebruaris.

## Suhteline niiskus

Suhtelise niiskuse jaotus sise- ja välisõhus ning mõlemas seinas on näidatud Joonis 8.8, kust nähtub, et punktides 1 ja 2 seinas ei ole suhteline niiskus vahetult pärast soojustuse paigaldamist kuigi kõrge ning hakkab järjest langema. Suhteline niiskus punktis 3 on vahetult pärast krohvimist 100%, kuid hakkab mõne ööpäeva pärast langema. Kuna mineraalvilla veeaurueri juhtivus on suurusjärgu võrra suurem vahtpolüstüreeni omast, on mineraalvilla puhul suhteline niiskus punktis 3 krohvi all kõrgem, ca 90%. Mõõdetud suhtelised niiskused langevad suhteliselt täpselt kokku arvutusliku suhtelise niiskuse jaotusega statsionaarolukorras vastavalt materjalide veeaurueri juhtivustele.



Joonis 8.8 Suhteline niiskus sise- ja välisõhus ning materjali pooris mineraalvillaga soojustatud seinas (vasakul) ning suhtelise niiskuse jaotus seinas statsionaarolukorras vastavalt EVS EN ISO 13788 (paremal) graafikul värviliselt tähistatud perioodi keskmiste temperatuuride alusel.



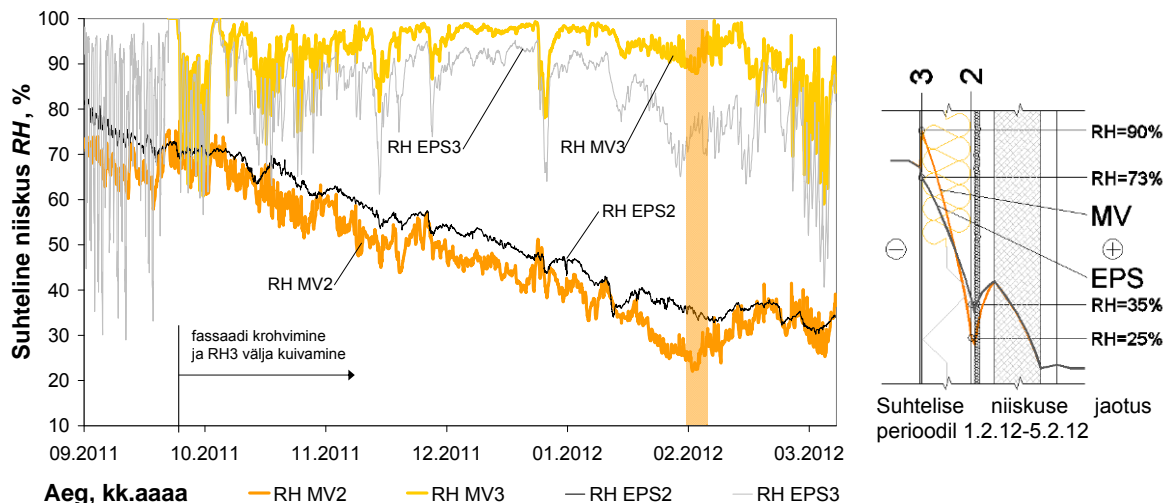
Joonis 8.9 Suhteline niiskus sise- ja välisõhus ning materjali pooris vahtpolüstüreeniga soojustatud seinas (vasakul) ning suhtelise niiskuse jaotus seinas statsionaarolukorras vastavalt EVS EN ISO 13788 (paremal) graafikul värviliselt tähistatud perioodi keskmiste temperatuuride alusel.

Punktis 3 tõuseb suhteline niiskus mineraalvilla ja krohvi vahel 90% tasemele ning ajuti ka üle selle. Mõõtmised viitavad veeauru kondenseerumisele krohvi pinnal. Kuna temperatuur seal on talveperioodil valdavalt alla 0°C, tähendab see vee jäätumist ning paisumist.

Mõõdetud suhtelised niiskused langevad hästi kokku arvutusliku suhtelise niiskuse jaotusega statsionaarolukorras vastavalt materjalide soojus- ja veeaurueri juhtivustele. Suhteliste niiskuste võrdlus punktides 2 ja 3 on esitatud Joonis 8.10. Punktis 2 betoonis välispinnal on vahtpolüstüreeniga seina suhteline niiskus kütteperioodil ca 10% kõrgem, mis tuleneb selle väiksemast veeaurueri juhtivusest. See erinevus oleks suurem, kui olemasolevas seinas oleks betooni asemel mõni enam veeauru difusiooni võimaldav materjal. Pärast niiskuse väljakuivamist langeb suhteliste niiskuste tase ca 30...40% juurde. Ka punktis 1, mis võrdlusgraafikul ei kajastu, on suhtelised niiskused piisavalt madalad - talvel ca 40...50% juures.

Punktis 3 on näha kahe erineva soojustusmaterjaliga tarindi suurim erinevus, kus suhteline niiskus mineraalvilla ja krohvi vahel tõuseb 90...100%-ni tulenevalt villa suurest veeaurueri juhtivusest. Antud juhul on difusiooni teel liikuva ja potentsiaalselt

kondenseeruva veeauru kogus väike betoonist kandeseina märkimisväärse veeaurutakistuse tõttu.



Joonis 8.10 Suhteliste niiskuste võrdlus vahtpolüstüreeni ja mineraalvillaga soojustatud seinas (vasakul) ning suhtelise niiskuse jaotus seinas statsionaarolukorras vastavalt EVS EN ISO 13788 (paremal) graafikul värviliselt tähistatud perioodi keskmiste temperatuuride alusel.

Võrreldes seinte niiskustehnilist toimivust erinevate soojustusmaterjalide puhul, tuleb tähelepanu juhtida kõrgemale suhtelisele niiskusele:

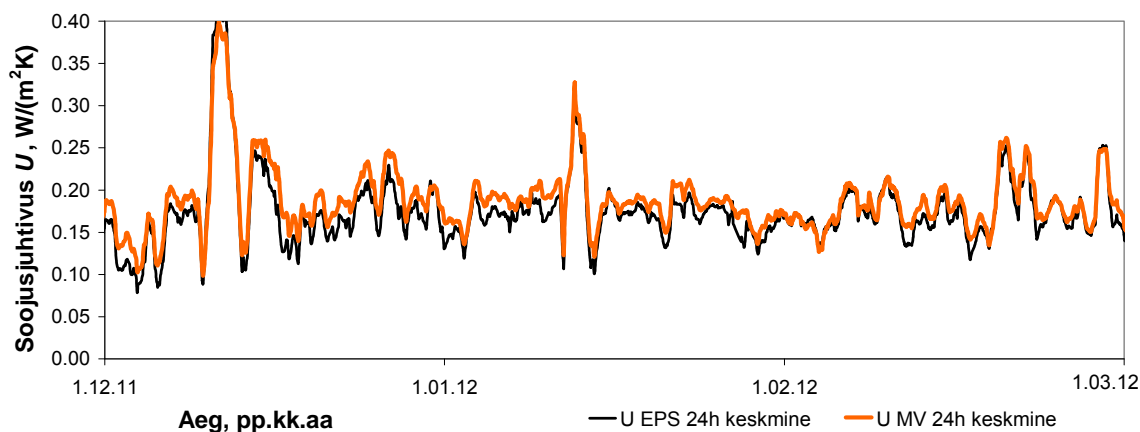
- vahtpolüstüreeni puhul soojustuse ja seina vahel,
- mineraalvilla puhul: soojustuse ja krohvi vahel.

Seda tuleb arvestada krohvi valikul, et seinas olev ja sinna sattunud niiskus pääseks välja kuivama. Samas kipub suurema veeaurueri juhtivuse puhul suurenema ka krohvi veeimavus, mis võib viia vee tungimiseni läbi krohvi pikemaajalise ja intensiivse kaldvihma korral. Märg krohv on sunnitud läbi tegema arvukamalt külmumis-sulamistsükleid, mis lühendab selle eluiga.

Lisaks krohvi omadustele on määrava tähtsusega kogusüsteemi liitekohtade ja läbiviikude korrektne projekteerimine ja teostus, kuna nende kaudu potentsiaalselt seina sattuv vee kogus on kordades suurem võrreldes difusiooni teel läbi seina liikuva niiskusvooga.

## Soojusjuhtivus

Välisseina soojusjuhtivus mõõdeti kogu perioodi jooksul seina sisepinnal asuva soojusvoo plaadiga. Joonis 8.11 on esitatud talveperioodi mõõtetulemused, mil sise- ja välisõhu temperatuuride erinevus oli piisavalt suur vajaliku mõõtetäpsuse tagamiseks. Nagu jooniselt nähtub, on soojusjuhtivuse mõõtetulemused sarnaselt vahemikus ca 0,15...0,18 W/(m<sup>2</sup>K), mis ühtib antud seinte arvutuslike soojusjuhtivustega.



Joonis 8.11 Mõõdetud soojusvoo kaudu saadud seinte soojusjuhtivused läbi mineraalvilla (MV) ja vahtpolüstüreeniga (EPS) soojustatud seinte talveperioodil 24h perioodi keskmisena.

## 8.4 Tulemuste analüüs

Suhtelise niiskuse ja veeaurusisalduste graafikult ilmneb üheselt, et seinas eelnevalt olnud ning liimise ja krohvimisega sinna lisandunud niiskus kuivab esimesel kütteperioodil välja. Võrreldes (lisa)soojustamata seinaga toimub järsem temperatuuri langus soojustuse sees ning sellest tulenevalt on soojustusest seespool olev sein ühtlasema ja kõrgema temperatuuriga. See tähendab madalamat suhtelist niiskust, vähem temperatuuri- ja niiskusdeformatsioone, külmumis-sulamistsüklite puudumist, külmasildade minimeerimist, ebasoodsaid tingimusi korrosiooni tekkeks ning mikroorganismide kasvuks jne. Kõik need faktorid pikendavad tarindi kestvust.

Võrreldes seinte niiskustehnilist toimivust erinevate soojustusmaterjalide puhul, tuleb tõdeda suutre erinevuste puudumist. Krohvil peab olema piisavalt suur veeaurueri juhtivus, et seinas olev ja/või sinna sattunud niiskus saaks välja kuivada. Samas kipub suurema veeaurueri juhtivuse puhul suurenema ka krohvi veeimavus, mis võib viia vee tungimiseni läbi krohvi pikemaajalise ja intensiivse kaldvihma korral. Märk krohv on sunnitud läbi tegema arvukamaid külmumis-sulamistsükleid, mis lühendab selle eluiga. Väga väikese veeimavuse puuduseks on kvihma korral kiire veekelme teke. Mõõda fassaadipinda allavoolav vesi on ohtlik, kuna võib voolata tarindisse krohvis olevate pragude kaudu. Lisaks krohvi omadustele on määrava tähtsusega krohvisüsteemi liitekohtade ja läbiviikude korrektne projekteerimine ja teostus, kuna nende kaudu seinu sattuv vee kogus on kordades suurem võrreldes difusiooni teel läbi seinu liikuva niiskusvooga. Antud juhul oli krohv uus ja andurite läheduses vett krohvi taha ei sattunud. Seega esimese kütteperioodi järel antud lahendus toimib. Edasine sõltub peamiselt sellest, kas krohv ja selle liitekohad suudavad takistada sademete tungimist tarindisse.

Lääne-Euroopas ja mujal Eesti kliimaga võrreldes soojemates piirkondades on soojustuse komposiitsüsteeme kasutatud juba aastakümneid. Põhjamaades, kus kütteperioodil peab krohvisüsteem märjana läbi tegema arvukalt külmumis-sulamistsükleid, saab määravaks selle külmakindlus. Sellest tulenevalt ei pruugi krohvisüsteemi katsetamise meetodika ETAG 004 järgi toimiv lahendus sobida Põhja-Euroopa kliimasse, nagu selgub Tampere Tehnikaülikooli poolt läbiviidud uuringust (Pakkala 2011). Lisaks külmakindlusele saavad määravaks krohvisüsteemi projekteerimine ja materjalivalik, krohvi liitumine soojustusega ja külgnemine teiste materjalidega liitekohtades ning tööde teostamise tehnoloogia ja kvaliteet (Zwayer 1995). Toimivuse analüüsi juures on oluline arvestada ka värvikihiga ning tulevikus fassaadi ülevärvimisega lisanduvat värvikihti. võimalikku lisanduvat värvikihti, kui fassaad tulevikus üle värvitakse.

## 8.5 Kokkuvõte

Kõnesoleva uuringu raames mõõdeti katseliselt krohvitud mineraalvilla ja vahtpolüstüreeniga välisseina soojus- ja niiskustehnilist toimivust esimesel kütteperioodil pärast soojustamist.

Soojustusmaterjalide erinevus on väike ja tulemused langevad hästi kokku nii temperatuuri, suhtelise niiskuse, veeaurusisalduse kui ka soojusjuhtivuse osas arvutuslike tulemustega eelduslikult valitud lähteandmetega.

Suhteline niiskus on selles tarindis kõrge vaid soojustuse välispinnal krohvi all. See seab kõrgendatud nõuded krohvi tüübile, koostisele ja omadustele, kuna vajalik on suhteliselt suur veeaurueri juhtivus, arvestades ka sellega koos muutuma kippuvat veeimavust. Olukord oleks veelgi keerukam, kui:

- betooni asemel on tarind, millel on oluliselt väiksem veeaurutakistus, põhjustades suurema difusiooni teel liikuva niiskusvoo;
- olemasoleva välisseina asemel on vastvalminud ja oluliselt ehitusniiskust sisaldav tarind.

Tarindite mõõdetud soojusjuhtivus ca 0,15...0,18 W/(m<sup>2</sup>K) annab kinnitust, et õigesti valitud materjalidega ja korralikult tehtud krohvitud komposiitsoojustusega seina soojusjuhtivus vastab eeldatule. Vanemate telliskorterelamute uuringus erines välisseina soojusjuhtivuse arvutusliku (parim ehitatav olukord) ja mõõdetud (tegelik olukord) suuruste vahe keskmiselt kaks korda. Seina soojusläbivust suurendab eelkõige soojustuses toimuv õhu liikumine.

Mõõtmised näitasid, et väikese ehitusniiskuse korral (olemasolev sein, ilma kaldvihma koormuseta) ja pragudeta krohvi korral ei teki raudbetoonsuurpaneel-välisseina soojustamisel krohvitud komposiitsoojustusega suuri probleeme. Kasutatavad on nii krohvitud mineraalvillast kui ka vahtpolüstüreenist lahendus. Krohvitud komposiitsoojustuse toimivuse ja kestvuse määravad eelkõige valitud krohvisüsteemi, soojustuse ja alusseina omavaheline sobivus ning krohvi kestvus.

Kuna hoonete ülevaatus (vt. pt. 5.5.4) näitas tõsiseid probleeme komposiitsoojustuse krohvi pragudekindluse osas (juba paari aasta vanustel fassaadidel oli krohv praguline, kust voolab seina sademevesi) vajab selle fassaadilahenduse sobivus Eesti kliimasse edasisi põhjalikke uuringuid: kasutatavate krohvisüsteemide omaduste muutus tulenevalt koostisest, külmakindlus, määrdumine, hoolduse/värvimise vajadus, pragudekindlus jne.

## 9 Sisepiirdetarindite heliisolatsioon

Piisav eluruumide vaheline heliisolatsioon (st. õhu- ja löögimüra isolatsioon) ja madalad taustmüra tasemed (tehnokommunikatsioonide müra ja liikluse müra) on inimestele vajalikud sobiliku akustilise mugavuse tagamiseks.

Ehitusseaduse § 3 lõike 4 kohaselt tuleb ehitises vältida müra ülemäärast levikut. Müra leviku tõkestamine on üks seitsmest (loodusressursside jätkusuutlik kasutus) ehitisele esitatavast olulisest nõudest. Ehitises võib olla selle kasutajate poolt tajutav müra tasemel, mis ei ohusta inimese elu ega tervist, ning võimaldab rahuldavates tingimustes elada või töötada. Müra levib korterisse nii väliskeskonnast, teistest korteritest kui ka trepikojast. Lisaks levib müra korterisisese tubade vahel. Samuti tuleb arvestada sama hoone ja naaberhoonete tehnokommunikatsioonide töötamisest põhjustatud müra levikuga ning teiste keskkonnamüra allikatega (liiklus- ja tööstusmüra).

Kõnesoleva uuringu eesmärgiks oli selgitada uute korterelamute akustilist kvaliteeti korteritevahelise sisepiirete heliisolatsiooni osas. Kvaliteedikriteeriumiks on kasutatud Eesti rahvusliku standardi EVS 842:2003 „Ehitiste heliisolatsiooninõuded. Kaitse müra eest“ nõudeid. Sisepiirete heliisolatsiooni hinnati erinevate konstruktiivse lahendusega korterelamutes, mis on ehitatud ajavahemikul 1990–2011.

### 9.1 Meetodid

#### 9.1.1 Akustilised nõuded ja klassifitseerimine

Elukeskkonna kaitseks müra eest on kehtestatud müra normtasemed sotsiaalministri 4. märtsi 2002. a. määrusega nr 42 „Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid“ (SoM määrus nr 42). Selle määruse alusel loetakse inimtegevusest põhjustatud müra ehitises vastuvõetavaks, kui ehitis vastab määruse koostamise hetkel kehtinud projekteerimisnormide eelnõu EPN 16.1 „Ehitiste heliisolatsiooninõuded. Kaitse müra eest“ (1999) nõuetele (praegu projekteerimisnorme enam ei kasutata ja nende asemel on koostatud vastavad standardid, viidatud EPN 16.1 asemel standard EVS 842:2003). Heliisolatsiooninõuded on esitatud tingimusel, et helirõhutase  $L_{pAmax}$  müraallikaga ruumis ei ületa 80 dB.

Heliisolatsiooni hindamise olulisemad indikaatorid on järgmised:

- õhumüra isolatsiooniindeks  $R'_w$  (dB) ja standarditud tasemete vahe  $D_{nT,w}$  (dB) on näitajad, mille abil hinnatakse ehitise ruumidevahelist õhumüraisolatsiooni;
- taandatud löögimüra taseme indeks  $L'_{n,w}$  (dB) on näitaja, mille abil hinnatakse löögimüra levikut ehitises ning mis iseloomustab piirdetarindite löögimüraisolatsiooni;
- spektri lähendustegur  $C_x$  on suurus dB-s, mis liidetakse heliisolatsiooniindeksile müraallika spektri omaduste arvestamiseks.

Alates 1999. a kehtis projekteerimisnormide eelnõu EPN 16.1, kus korterite eluruumide vaheliseks õhumüra isolatsiooninõueteks olid õhumüra isolatsiooni osas  $R'_w \geq 55$  dB ja löögimüra osas  $L'_{n,w} \leq 53$  dB. Enne 1999. a kehtis projekteerimisnormide eelnõu EPN 16 (1997), kus korterite eluruumide vaheliseks õhumüra isolatsiooninõueteks olid õhumüra isolatsiooni osas  $R'_w \geq 52$  dB ja löögimüra osas  $L'_{n,w} \leq 58$  dB ehk arvestatav nõuete rangemaks muutmine toimus 1999. a.

Eesti projekteerimisnormi eelnõu EPN 16.1 lisas 4 oli Põhjamaade standardi INSTA 122/1998 eelnõu, mis käsitles elamute liigitamist akustiliste tingimuste alusel. Kasutusele oli võetud neli hinnangukategooriat ehk heliklassi: A, B, C ja D. Uued elamud projekteeritakse vastavalt klassi C akustilistele tingimustele, klassi D nõuded on vanade või renoveeritavate elamute kohta ning klasside A ja B nõuete täitmine võimaldab saavutada tavapärasest paremaid akustilisi tingimusi. Hoone kuulumine ühte või teise heliklassi tehakse kindlaks akustiliste mõõtmistega. Standardi eelnõu ühtse standardina ei



realiseerunud ja erinevad Põhjamaade riigid (Norra, Island, Rootsi, Soome, Taani) koostasid siseriiklikud standardid akustilise klassifitseerimise jaoks.

2003. a võeti vastu Eesti rahvuslik standard EVS842:2003 „Ehitiste heliisolatsiooninõuded. Kaitse müra eest“, kus korteritevahelised nõuded ei ole muutunud võrreldes EPN 16.1, kuid standardis on toodud ka spektri lähendustegur C õhumüra isolatsiooni hindamise jaoks ja  $C_{1,50-2500}$  löögimüra isolatsiooni hindamise jaoks; nende kasutamine on soovituslik. EPN 16.1 ja EVS 842:2003 koostamise aluseks olid vastavad standardid, nende kavandid ja üldine lähenemine Põhjamaade riikides ja Saksamaal.

Miinumunõuded, mis peavad korterite eluruumide vahel olema tagatud, on järgmised (EVS 842:2003):

- õhumüra isolatsiooniindeks  $R'w \geq 55$  dB;
- taandatud löögimürataseme indeks  $L'_{n,w} \leq 53$  dB.

Lisaks on standardis eluruumide kohta toodud järgmised heliisolatsiooninõuded:

- korterite eluruumide ja üldkasutatavate ruumide ning bürooruumide vahel  $R'w \geq 55$  dB;
- korterite ja müratekitavate ruumide vahel  $R'w \geq 60$  dB;
- ühe korteri ruumide vahel  $R'w \geq 43$  dB;
- korterite ja üldkasutatavate ruumide vahel, kui korteri seinas on uks  $R'w \geq 39$  dB;
- rõdult, trepilt, koridorist jms ruumidest, vannitoast ja WC-st teise korterisse  $L'_{n,w} \leq 58$  dB;
- müratekitavast tehnohoorde-, töö-, teenindus- ja puhkeruumist ning garaazist korterisse  $L'_{n,w} \leq 48$  dB;
- kahekorruselise korteri eluruumide vahel  $L'_{n,w} \leq 63$  dB.

Eeltoodu põhjal peaksid alates 1999. a projekteeritud ja ehitatud eluhoonetes korteritevahelised piirdekonstruktsioonid tagama eluruumide vahel  $R'w \geq 55$  dB ja  $L'_{n,w} \leq 53$  dB täitmise.

Lisaks eeltoodule kehtestab EVS 842:2003 nõuded ka välispiirete helipidavusele olenevalt hoonete mõjuvatest välismüratasemetest, mille tulemusel on täidetud kehtestatud lubatud liikluse müra normtasemetest nõuded eluruumides. Kuna need nõuded sõltuvad välismüratasemest, s.o hoone asukohast, siis üldise iseloomuga juhiseid hoonete seisundi parandamiseks sellest seisukohast anda ei ole võimalik. Igal üksikul juhul tuleb kõigepealt kas müratasemetest mõõtmiste või arvutuste teel määrata välispiirdele mõjuv otsene müratase.

Lisaks on kehtestatud lubatud liikluse müra tase eluruumides ja nõuded on järgmised (nõuded on toodud nii SoM määruuses nr 42 kui ka EVS 842:2003):

- elu- ja magamisruumides päeval  $L_{pAeqT} = 35$  dB;
- öösel  $L_{pAeqT} = 30$  dB.

Paljudes Euroopa riikides on kehtestatud siseriiklikes standardites heliisolatsiooni hindamise jaoks heliklassid, mille kehtestamisel on arvestatud akustilise mugavusega; siiski valdavalt lähtutakse kehtestatud miinumunõuetest, mis Põhjamaade riikide alusel põhimõtteliselt vastavad EVS 842:2003 toodud väärtustele. Järgnevates tabelites on toodud erinevates riikides kasutatavad heliklasside indikaatorid ja nende väärtused.

Peaaegu kõikides Euroopa riikides on 1950. aastatest peale rakendatud nõudeid hoonete akustilise toimivuse kohta, mis erinevad suuresti nii näitajate kui ka nende piirväärtuste poolest. Alguses olid näitajad lihtsamad, kuid riigiti on neid arendatud ning nad on kokku võetud peamises heliisolatsiooninäitajaid käsitlevas standardiseerias EN ISO 717:1996. Heliisolatsiooni hindamise põhistandardid EN ISO 717-1:1996 ja EN ISO 717-2:1996 pakuvad õhumüraisolatsiooni hindamiseks viisteist ning löögimüraisolatsiooni jaoks kuus eri näitajat. Üheksa Euroopa riiki on hakanud hoonete akustiliselt klassifitseerima, kusjuures klassifitseerimispõhimõtted ei ole omavahel otseselt võrreldavad.

Tabel 9.1 Euroopa riikide heliklassisüsteemid elamute jaoks

| Riik        | Klassi tähistus <sup>(1)</sup> | Kohustuslik nõue    | Klassifitseerimisviide (standardi lühend) |
|-------------|--------------------------------|---------------------|---|
| Taani       | A/B/C/D                        | C                   | DS 490 (2007)                             |
| Soome       | A/B/C/D                        | C                   | SFS 5907(2004)                            |
| Island      | A/B/C/D                        | pole <sup>(3)</sup> | ITS 45 (2003)                             |
| Norra       | A/B/C/D                        | C                   | NS 8175 (2008)                            |
| Rootsi      | A/B/C/D                        | C                   | SS 25267 (2004)                           |
| Leedu       | A/B/C/D/E                      | C                   | STR 2.01.07 (2003)                        |
| Holland     | 1/2/3/4/5                      | 3                   | NEN 1070 (1999)                           |
| Saksamaa    | III/III/I                      | C                   | VDI 4100 (2007)                           |
| Prantsusmaa | QLAC/QL <sup>(2)</sup>         | pole <sup>(4)</sup> | Qualitel (2008)                           |

<sup>(1)</sup> Klassid on paremusjärjekorras.

<sup>(2)</sup> Määratud klassi tähistus, mis näitab kahe ruumi vahelist heliisolatsiooni, nt välisseina heliisolatsioonil on üks toimivustase.

<sup>(3)</sup> Heliisolatsiooninõue ruumide vahel on klass C, aga õigusaktidest tulenev nõue on sellest madalam.

<sup>(4)</sup> Klass QL õhumüra isolatsiooniindeksi jaoks eluruumide vahel on võrdne kohustusliku nõudega. Löögimüraisolatsiooni indeksi jaoks on QL 3dB võrra kohustuslikust rangem.

Tabel 9.2 Eluruumide vahelise õhumüraisolatsiooni klassifikatsioon

| Eluruumide vahelise õhumüraisolatsiooni indeks – põhiklassikriteerium dB-es |   |   |  |                                     |                                     |
|---|---|---|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Riik <sup>(3)</sup>   | Klass A   | Klass B   | Klass C  | Klass D                             | Klass E                             |
|   | NL: Klass 1   | NL: Klass 2   | NL: Klass 3  | NL: Klass 4                         | NL: Klass 5                         |
|   | DE: Klass III   | DE: Klass II  | DE: Klass I  | DE: -                               | DE: -                               |
|   | FR: -   | FR: QLAC  | FR: CL   | FR: -                               | FR: -                               |
| Taani   | $R'_w + C_{50-3150} \geq 63$  | $R'_w + C_{50-3150} \geq 58$  | $R'_w \geq 55$                                     | $R'_w \geq 50$                      | -                                   |
| Soome   | $R'_w + C_{50-3150} \geq 63$  | $R'_w + C_{50-3150} \geq 58$  | $R'_w \geq 55$                                     | $R'_w \geq 49$                      | -                                   |
| Island  | $R'_w + C_{50-3150} \geq 63$  | $R'_w + C_{50-3150} \geq 58$  | $R'_w \geq 55$ <sup>(1)</sup>                      | $R'_w \geq 50$                      | -                                   |
| Norra   | $R'_w + C_{50-3150} \geq 63$  | $R'_w + C_{50-3150} \geq 58$  | $R'_w \geq 55$ <sup>(1)</sup>                      | $R'_w \geq 50$                      | -                                   |
| Rootsi  | $R'_w + C_{50-3150} \geq 61$  | $R'_w + C_{50-3150} \geq 57$  | $R'_w + C_{50-3150} \geq 53$                       | $R'_w \geq 49$                      | -                                   |
| Leedu   | $R'_w + C_{50-3150} \geq 63$<br>või<br>$D_{nT,w} + C_{50-3150} \geq 63$ | $R'_w + C_{50-3150} \geq 58$<br>või<br>$D_{nT,w} + C_{50-3150} \geq 58$ | $R'_w$<br>või<br>$D_{nT,w} \geq 55$ <sup>(1)</sup> | $R'_w$<br>või<br>$D_{nT,w} \geq 52$ | $R'_w$<br>või<br>$D_{nT,w} \geq 48$ |
| Holland*  | $D_{nT,w} + C_{50-3150} \geq 62$  | $D_{nT,w} + C_{50-3150} \geq 57$  | $D_{nT,w} + C \geq 52$                             | $D_{nT,w} + C \geq 47$              | $D_{nT,w} + C \geq 42$              |
| Saksamaa** M <sup>(2)</sup>   | H: $R'_w \geq 67$ ;<br>V: $R'_w \geq 67$                                | H: $R'_w \geq 56$ ;<br>V: $R'_w \geq 57$                                | H: $R'_w \geq 53$ ;<br>V: $R'_w \geq 54$           | -                                   | -                                   |
| Saksamaa** R <sup>(2)</sup>   | $R'_w \geq 68$  | $R'_w \geq 63$  | $R'_w \geq 57$                                     | -                                   | -                                   |
| Prantsusmaa   | -   | $D_{nT,w} + C \geq 56$  | $D_{nT,w} + C \geq 53$                             | -                                   | -                                   |

\* Klassid 1,2,3,4,5; \*\* Klassid QLAC, QL.

<sup>(1)</sup>  $C_{50-3150/500}$  soovituslik kasutada ka klassis C.

<sup>(2)</sup> M – mitmekorruseline hoone; R – ridaelamutüüpi hoone; H – horisontaalne; V – vertikaalne.

<sup>(3)</sup> Viidete kohta vaata Tabel 9.1.

Tabel 9.3 Eluruumide vahelise löögimüraisolatsiooni klassifikatsioon

| Eluruumide vahelise löögimüra taseme indeks – põhiklassikriteerium dB-es |   |   |   |                               |                               |
|--|---|---|---|-------------------------------|-------------------------------|
| Riik <sup>(3)</sup>  | Klass A   | Klass B   | Klass C   | Klass D                       | Klass E                       |
|  | NL: Klass 1<br>DE: Klass III<br>FR: -                       | NL: Klass 2<br>DE: Klass II<br>FR: QLAC                     | NL: Klass 3<br>DE: Klass I<br>FR: CL                        | NL: Klass 4<br>DE: -<br>FR: - | NL: Klass 5<br>DE: -<br>FR: - |
| Taani  | $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 43$                          | $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 48$                          | $L'_{n,w} \leq 53$  | $L'_{n,w} \leq 58$            | -                             |
| Soome  | $L'_{n,w} \leq 43$ ja<br>$L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 43$ | $L'_{n,w} \leq 49$ ja<br>$L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 49$ | $L'_{n,w} \leq 53$ <sup>(1)</sup>                           | $L'_{n,w} \leq 63$            | -                             |
| Island   | $L'_{n,w} \leq 43$ ja<br>$L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 43$ | $L'_{n,w} \leq 48$ ja<br>$L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 48$ | $L'_{n,w} \leq 53$ <sup>(1)</sup>                           | $L'_{n,w} \leq 58$            | -                             |
| Norra  | $L'_{n,w} \leq 43$ ja<br>$L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 43$ | $L'_{n,w} \leq 48$ ja<br>$L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 48$ | $L'_{n,w} \leq 53$ <sup>(1)</sup>                           | $L'_{n,w} \leq 58$            | -                             |
| Rootsi   | $L'_{n,w} \leq 48$ ja<br>$L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 48$ | $L'_{n,w} \leq 52$ ja<br>$L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 52$ | $L'_{n,w} \leq 56$ ja<br>$L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 56$ | $L'_{n,w} \leq 60$            | -                             |
| Leedu  | $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 43$                          | $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 48$                          | $L'_{n,w} \leq 53$ <sup>(1)</sup>                           | $L'_{n,w} \leq 58$            | $L'_{n,w} \leq 60$            |
| Holland*   | $L'_{n,w} + C_1 \leq 43$                                    | $L'_{n,w} + C_1 \leq 48$                                    | $L'_{n,w} + C_1 \leq 53$                                    | $L'_{n,w} + C_1 \leq 58$      | $L'_{n,w} + C_1 \leq 63$      |
| Saksamaa** M <sup>(2)</sup>  | $L'_{n,w} \leq 39$  | $L'_{n,w} \leq 46$  | $L'_{n,w} \leq 53$  | -                             | -                             |
| Saksamaa** R <sup>(2)</sup>  | $L'_{n,w} \leq 34$  | $L'_{n,w} \leq 41$  | $L'_{n,w} \leq 48$  | -                             | -                             |
| Prantsusmaa  | -   | $L'_{n,w} \leq 52$ (QLAC)                                   | $L'_{n,w} \leq 55$ (QL)                                     | -                             | -                             |

\* Klassid 1,2,3,4,5; \*\* Klassid QLAC, QL.

<sup>(1)</sup>  $C_{1,50-2500}$  soovituslik kasutada ka klassis C.

<sup>(2)</sup> M - mitmekorruseline hoone; R - ridaelamu tüüpi hoone; H - horisontaalne; V – vertikaalne.

<sup>(3)</sup> Viidete kohta vaata Tabel 9.1.

Elanike hinnang elamute akustiliste tingimuste kohta on toodud Tabel 9.4- .

Tabel 9.4 Eri heliklasside akustiliste tingimuste kirjeldus (Taani standardi DS490 alusel).

| Elamute akustilisi tingimusi kirjeldavad heliklassid |   | Elanike hinnang  |         |
|--|---|------------------|---------|
| Klass  | Omadused vastavalt DS 490-le  | Hea või väga hea | Halb    |
| A  | Akustilised tingimused suurepärased. Müra häirib elanikke harva.                                | > 90 %           |         |
| B  | Märkimisväärne paranemine võrreldes klassi C miinimumnõuetega. Elanikud on vahel häiritud.      | 70–85 %          | <10 %   |
| C  | Uue hoone miinimumnõuetele vastav heliklass.  | 50–65 %          | < 30 %  |
| D  | Vanade hoonete heliklass, akustilised tingimused ebarahuldavad. Ei vasta uute hoonete nõuetele. | 30–45 %          | 25–50 % |

Toodud andmetest selgub, et klassi C kohased helisolatsiooninõuded, mis vastavad standardi EVS 842:2003 eluruumivaheliste piirete miinimumnõuetele ( $R'_w \geq 55$  dB,  $L'_{n,w} \leq 53$  dB), ei ole ülemäära kõrged – vaid 50–65 % elanikest on akustiliste tingimustega rahul.

## 9.1.2 Heliisolatsiooni hindamismeetodid

Heliisolatsiooni hindamiseks oli vaja:

- hinnata uute korterelamute eluruumide vahelist heliisolatsiooni eksploatatsioonitingimustes mõõdistamise teel (sh varasemalt tehtud mõõtmistulemuste ülevaade);
- selgitada nende heliisolatsiooni vastavust standardi EVS 842:2003 nõuetele;
- hinnata erinevaid heliisolatsiooni parandamise võimalusi vastavalt rahvusvahelistele heliisolatsiooni arvutusmeetoditele EVS-EN 12354-1 ja EVS-EN 12354-2.

EVS 842:2003 on toodud standardid, mille järgi tuleb teha heliisolatsiooni mõõtmised ja kuidas on võimalik piirete heliisolatsiooni hinnata arvutuslikult. Valminud ehitusobjektidel kohustuslikku heliisolatsiooni mõõtmiste nõuet ei ole Eestis kehtestatud.

Selle uurimustöö raames tehti heliisolatsioonimõõtmised eksploatatsioonitingimustes ehk korterid olid elanike kasutuses ja mõõdeti möbleeritud ruumides. Suur osa varasemaid ja analüüsitud mõõtmistulemusi on saadud vahetult pärast korterelamute valmimist enne elanike sissekolimist (ruumid ei olnud möbleeritud).

Järgnevalt kirjeldatakse lühidalt töö käigus kasutatud mõõtmis- ja arvutusmeetodeid, keskendades tähelepanu tulemuste usaldusväärsusele:

- EVS-EN ISO 140-4:1998 „Acoustics — Measurement of sound insulation in buildings and of building elements — Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms“. Standard annab juhise õhumüra isolatsiooni välimõõtmisteks sõltuvalt sagedusest. Katseandmete töötlus õhumüra isolatsiooniindeksi  $R'w$  ja spektri lähendustegurite leidmiseks vastab EVS-EN ISO 717-1:1996 „Acoustics – rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation“ nõuetele. Katsete täpsust erinevates olukordades hinnati EVS-EN ISO 140-14:2004 „Acoustics — Measurement of sound insulation in buildings and of building elements — Part 14: Guidelines for special situations in the field“ järgi, mis difuusse helivälja tingimustes annab läbiviidud katsete standardhälbeks sagedusvahemikus 100–3150 Hz vastavalt 3,5–0,4 dB. Arvestades, et möbleeritud korterites difuusset helivälja tagada pole praktiliselt võimalik, on tegelik katsetulemuste hajuvus suurem. Õhumüra isolatsiooniindeksi  $R'w$  mõõtemääramatus on  $\pm 2$  dB, vajaduse korral tuleb suurendada katsete arvu.
- EVS-EN ISO 140-7:1998 „Acoustics — Measurement of sound insulation in buildings and of building elements — Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors“. Standard annab juhised vahelagede löögimürataseme välimõõtmisteks. Katseandmeid töödeldi ja taandatud löögimürataseme indeks  $L'n,w$  ja spektri lähendustegurid leiti vastavalt EVS-EN ISO 717-2:1996 „Acoustics – rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 2: Impact sound insulation“. Täiendavad nõuded mõõtmisteks eriolukordades on toodud EVS-EN ISO 140-14:2004, millest ka katsete läbiviimisel kinni peeti. Kuna vahelagede taandatud löögimürataseme indeksi suuruse leidmisel oli otsustav löögimüratase madalamatel sagedustel (100–400 Hz), on katsete täpsus siin väiksem kui õhumüra isolatsiooniindeksi leidmisel. Üldjuhul on siin mõõtemääramatus  $\pm 2$  dB. Ettenähtud mõõtemääramatus tagatakse katsete arvu suurendamisega.

## 9.2 Tarindid

Selles peatükis on kirjeldatud peamisi ehituskonstruksioone, mida uute korterelamute projekteerimisel ja ehitamisel on kasutatud. Eestis ei ole kehtestatud piiranguid erinevate konstruktsioonide kasutamisel korterite eluruumide vahel, v.a tulepüsivusest tingitud nõuded.

Korteritevaheliste seinakonstruktsioonide projekteerimisel on õhumüra isolatsiooni osas eesmärgiks  $R'_w \geq 55$  dB täitmine ja konstruktsioonide valikul arvestatava varuteguriga ei arvestata. Kui eksitakse projekteerimisel, ehitustööde läbiviimisel või tehakse sobimatu asendus, siis tulemus jääb alla EVS 842:2003 toodud nõude.

Kasutatavate seinakonstruktsioonide valik on lai:

- ehitusplaatidest kergseinad metall- või puitkarkassil (tüüpiliselt 2 + 2 kipsplaati kahel pool topeltkarkassi), seinte kogupaksus 200–300 mm;
- monoliitbetoonist seinad ja monoliitsed betoonpaneelid, seinte paksus 180–200 mm;
- õõnesbetoonplokk-müüritised (täisbetoneeritud), seinte paksus 190 ja 240 mm;
- poorbetoonplokkidest topeltmüüritis (100 mm müüritis/100 mm õhuvahe täidetud villaga/150 mm müüritis vms), seinte kogupaksus 300–400 mm;
- kergkruusaplokkidest müüritis (ühekihilised 250–300 mm, topeltmüüritis 100 mm müüritis/100 mm õhuvahe täidetud villaga/150 mm müüritis vms), seinte kogupaksus 300–400 mm;
- kombineeritud seinakonstruktsioonid (müüritis ja kergkonstruktsioonis vooderdus).

Seinte kogupaksused on vahemikus 180–400 mm. Kergplokkidest seinad tehakse tavaliselt topelitseintena või ühe- või kahepoolse kipsplaatvooderdusega. Helineelava materjalina kasutatakse seinakonstruktsioonides tavalist ehitusvilla mahukaaluga 15–40 kg/m<sup>3</sup>.

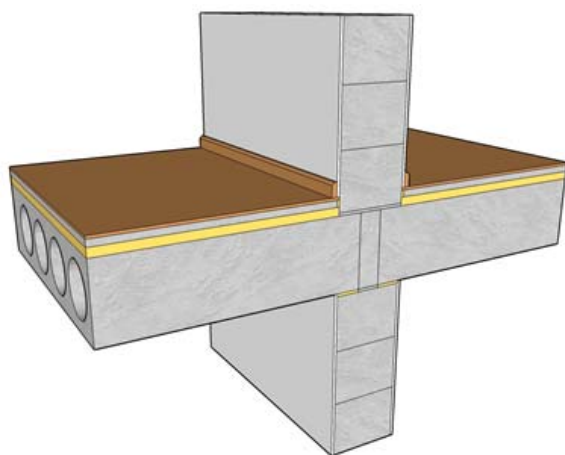
Kirjeldatud seinakonstruktsioonid tagavad ühenumbrielse nõude  $R'_w \geq 55$  dB täitmise. Kui tuleks arvestada ka spektrilähendustegurit C, siis nõude  $R'_w \geq 55$  dB täitmist on keeruline tagada kergkonstruktsioonis seintega.

Korteritevaheliste vahelagedena on korterelamutes tavaliselt kasutuses:

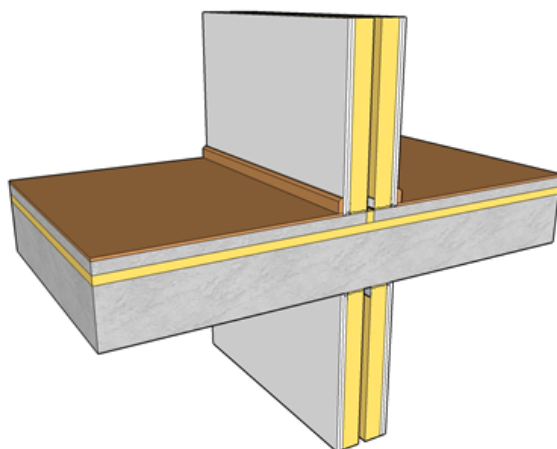
- õõnesbetoonpaneelid (220, 265 mm), millel betoonist (60–80 mm) ujuvpõrandad koormustaluvale villa- või EPS-plaadil (30–50 mm);
- monoliitbetoon (180–250 mm), millel betoonist (60–80 mm) ujuvpõrandad koormustaluvale villa- või EPS-plaadil (30–50 mm);
- vähem kasutatakse kergkonstruktsioonis ujuvpõrandaid õõnesbetoonpaneelidel või monoliitbetoonil, kergkonstruktsioonis ujuvpõrand tähendab ehitusplaate koormustaluvale villaplaadil (nt kahekordne põrandakipsplaat 2 x 15 mm 30 mm ujuvpõrandavillaplaadil Isover FLO);
- kergkonstruktsioonis vahelae puittaladel, liimpuittaladel, fermidel, metalltaladel, kus peal kergkonstruktsioonis ujuvpõrand või põrandakate on spetsiaalsel elastsel aluskattel.

Ujuvpõrandates kasutatavate koormustaluvate plaatide dünaamiline jäikus ja koormustaluvus on väga olulised tegurid kergkonstruktsioonis ujuvpõrandate rajamisel ning kasutatakse eelkõige villaplaate. Betoonist ujuvpõrandate korral kasutatakse tavaliselt kas  $\geq 30$  mm villaplaate või  $\geq 50$  mm EPS-plaate, millede dünaamiline jäikus  $s' = 10 \dots 30$  MN/m<sup>3</sup>. Löögimürataseme indeksi  $L'_{n,w} \leq 53$  dB täitmine eeldab üldjuhul ujuvpõrandakatte kasutamist kandva vahelae konstruktsiooni peal või massiivse vahelae korral põrandakatte all spetsiaalse elastse aluskatte kasutamist (teadaolevalt on selliseid vahelae konstruktsioone kasutatud minimaalselt).

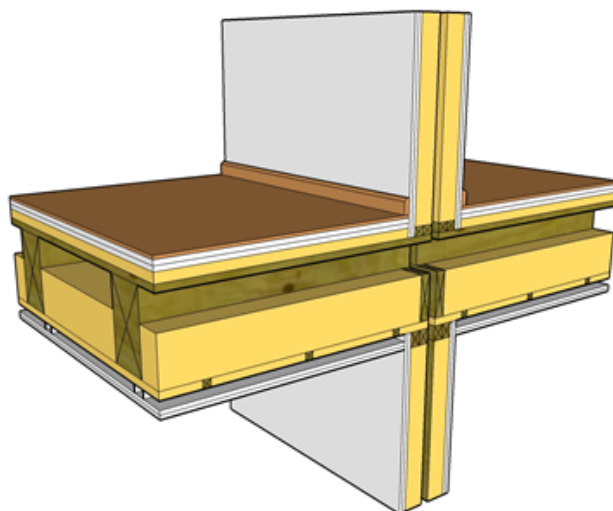
Järgnevatel joonistel on näidatud erinevate tüüpiliste korteritevaheliste piirdekonstruktsioonide liitumissõlmed.



Joonis 9.1 Massiivne seinakonstruktsioon ja õõnespaneelidel betoonist ujuvpõrand



Joonis 9.2 Kergkonstruktsioonis korteritevaheline sein ja monoliitsel vahelael betoonist ujuvpõrand



Joonis 9.3 Kergkonstruktsioonis korteritevaheline sein ja puittaladel vahelael kergkonstruktsioonis ujuvpõrand

Välispiirde konstruktsioonidena kasutatakse korterelamutes tavaliselt:

- kihiline soojustatud betoonpaneel;
- soojustatud betoonsein;
- soojustatud plokkssein;
- kergkonstruktsioonis sein kaetud fassaadiplaadiga.

Välispiirde ühisisolatsiooni (sh. akende isolatsiooni) osas lähtutakse valitsevast välismüra tasemest, välispiirde, avatäite ja põrandapinnas suurustest ning selle jaoks on standardis EVS842:2003 esitatud tabelid 6.3 ja 6.4, mille alusel on võimalik vastav valik projekteerimisstaadiumis teha. Kui vaadata tüüpilise eluruumi välispiirde ühisisolatsiooni, siis tavaliselt on akna heliisolatsioon  $R'_{w}+C_{tr}$  ca 5-8 dB väiksem kui nõutav fassaadi ühisisolatsioon. Massiivsete seinakonstruktsioonide õhumüra isolatsioon liikluse müra suhtes  $R'_{tr,sw} \geq 50$  (55) dB.

## 9.3 Tulemused

### 9.3.1 Helipidavuse mõõtmistulemused ekspluatatsioonitingimustes

Korterelamute eluruumide vaheliste heliisolatsioonitingimuste selgitamiseks ekspluatatsioonitingimustes on mõõdetud eluruumidevahelist õhu- ja löögimüra isolatsiooni nii vertikaalses (vahelagi) kui ka horisontaalses (sein) suunas. Õhumüra isolatsiooni mõõtmised on tehtud standardite EVS-EN ISO 140-4 ja EVS-EN ISO 717-1 alusel, ühenumbiline  $R'_{w}$  väärtus määratakse sagedusvahemiku 100-3150 Hz alusel. Löögimüra isolatsiooni mõõtmised on tehtud standardite EVS-EN ISO 140-7 ja EVS-EN ISO 717-2 alusel, ühenumbiline väärtus  $L'_{n,w}$  määratakse sagedusvahemiku 100-3150 Hz alusel. Osaliselt on mõõtmised tehtud laiendatud sagedusdispositsiooniga vahemikus 50–5000 Hz ja on määratud erinevad spektri lähendustegurid.

Selle uurimisprojekti raames tehti õhumüra isolatsiooni mõõtmised 6 korterelamus: igas hoones tehti vähemalt üks horisontaalses (korteritevaheline sein) ja üks vertikaalses (korteritevaheline vahelagi) suunas õhumüra isolatsiooni  $R'_{w}$  mõõtmine ning vertikaalses suunas löögimüra isolatsiooni  $L'_{n,w}$  mõõtmine; kokku tehti 23 heliisolatsiooni mõõtmist. Mõõtmised tehti järgmistes korterelamutes:

Mõõtmised tehti erineva konstruktiivse lahendusega hoonetes:

- Õnesbetoonpaneelidest vahelaed, väikeplokkidest korterite vahelised seinad;
- Mahulistest elementidest korterelamud – kergkonstruktsioonis vahelaed ja korterite vahelised seinad;
- Monoliitbetoon;
- Monoliitbetoonist vahelaed, kergkonstruktsioonis korterite vahelised seinad.

Andmaks suuremat ülevaadet valitsevast olukorrast viimase paarikümne aasta jooksul ehitatud korterelamutes, analüüsiti sellistes hoonetes tehtud heliisolatsiooni mõõtmiste protokolle. Kõige varasemad analüüsitud mõõtmisprotokollid pärinevad 2000. aastate algusest. Analüüsimiseks on kasutatud Terviseameti Kesklabori füüsika labori, Jõgioja Ehitusfüüsika KB OÜ ja Akukon Oy Eesti filiaali heliisolatsiooni mõõteprotokolle, mis on saadud nii vastavatest ettevõtetest kui ka erinevate Eesti ehitusettevõtjate käest. Kõikidel nimetatud ettevõtetel on olemas akrediteering heliisolatsiooni mõõtmisteks.

Kokku analüüsiti 218 õhumüra isolatsiooni ja 126 löögimüra taseme mõõtmise protokolle (sh selle uurimisprojekti raames tehtud mõõtmised). Mõõtmisi on tehtud kokku 69 erinevas eluhoones. Mõõtmistulemused kirjeldavad tulemusi eluhoonetes, kus olid heliisolatsiooni probleemid (eesmärgiks olukorra fikseerimine), samuti pärast parandustööde tegemist, lisaks tavalised kontrollmõõtmised valminud ehitistes.

Konstruktsioonide kohta on teada nende üldine kirjeldus, kuid teada ei ole detailseid lahendusi; nende väljaselgitamine ei olnud ka eraldi eesmärgiks.

Kõnesoleva uurimisprojekti raames tehtud heliisolatsiooni mõõtmiste tulemuste koondandmed on toodud Tabel 9.5 (õhumüra isolatsioon  $R'_{w}(C; C_{tr,100-3150}, C_{50-5000})$ ) ja Tabel 9.6 (löögimüra isolatsioon  $L'_{n,w}(C_i; C_{i,50-2500})$ ). Kui spektrilähendajad puudusid mõõtmisprotokollis, kuid neid oli võimalik esitatud andmete alusel välja arvutada, siis vastavad tegurid arvutuste teel ka määrati.

Tabel 9.5 Korteritevahelised õhumüra isolatsiooni mõõtmistulemused.

| Hoone (korterid)                 | Piire                   | Konstruktsiooni kirjeldus | Õhumüra isolatsiooni indeks, dB | Spektri lähendustegurid, dB |                   |               |
|----------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------|
|                                  |                         |                           | $R'_w$                          | C                           | $C_{tr,100-3150}$ | $C_{50-5000}$ |
| 2440<br>(2441, 2442)             | Vahesein krt.v          | Väikeplokk                | 53                              | -1                          | -6                | -             |
|                                  | Vahelagi                | Monteeritav raudbetoon    | 58                              | -2                          | -6                | -             |
| 3420<br>(3423, 3424, 3425, 3426) | Korteritevaheline sein  | Kergkonstruktsioon        | 64                              | -2                          | -7                | -6            |
|                                  | Vahelagi                | Kergkonstruktsioon        | 61                              | -1                          | -6                | -2            |
|                                  | Vahelagi                | Kergkonstruktsioon        | 58                              | -2                          | -8                | -2            |
| 3510<br>(3511, 3512, 3513, 3514) | Korterite vaheline sein | Kergkonstruktsioon        | 64                              | -2                          | -7                | -7            |
|                                  | Vahelagi                | Kergkonstruktsioon        | 66                              | -3                          | -10               | -3            |
|                                  | Vahelagi                | Kergkonstruktsioon        | 63                              | -3                          | -7                | -3            |
| 2490<br>(2491, 2492, 2493)       | Vahelagi                | Monteeritav raudbetoon    | 60                              | -1                          | -4                | -             |
|                                  | Korterite vaheline sein | Monteeritav raudbetoon    | 60                              | -1                          | -6                | -             |
| 2470<br>(2471, 2472)             | Vahelagi                | Monteeritav raudbetoon    | 60                              | -1                          | -4                | -             |
| 2510<br>(2511, 2512)             | Korteritevaheline sein  | Kipsplaat                 | 46                              | -1                          | -4                | -             |
|                                  | Vahelagi                | Monteeritav raudbetoon    | 59                              | -1                          | -6                | -             |

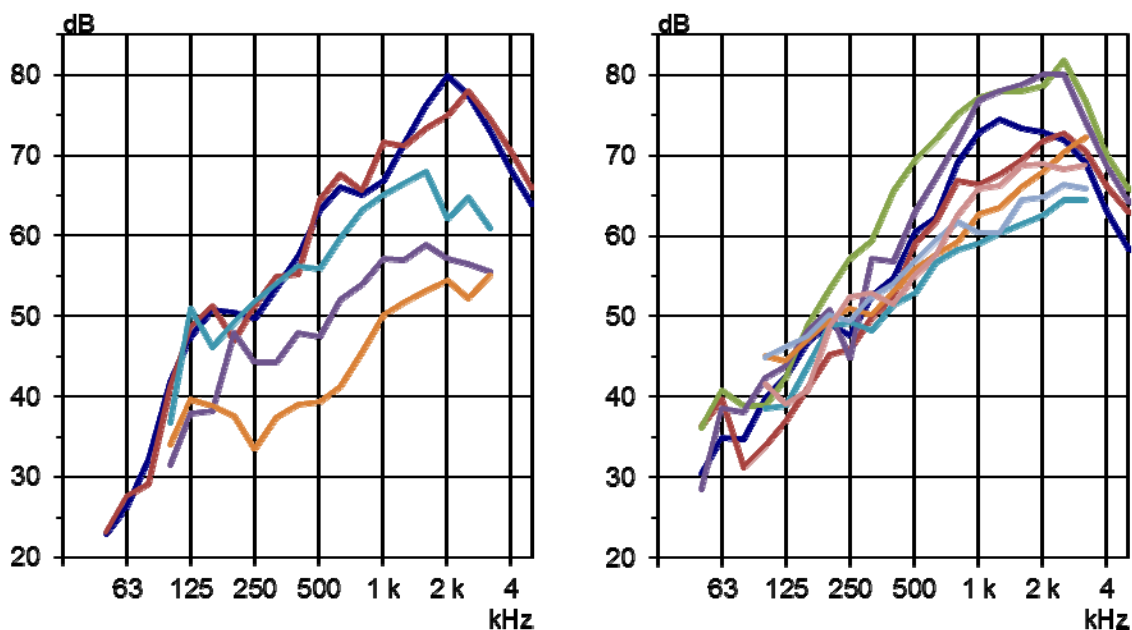
Tabel 9.6 Korteritevahelised löögimüra isolatsiooni mõõtmistulemused.

| Hoone (korterid)                 | Mõõtmise suund | Konstruktsiooni kirjeldus          | Taandatud löögimüra taseme indeks, dB | Spektri lähendustegurid, dB |                 |
|----------------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
|                                  |                |                                    | $L'_{n,w}$                            | $C_i$                       | $C_{i,50-2550}$ |
| 2440<br>(2441, 2442)             | Vertikaalne    | Monteeritav raudbetoon, ujuvpõrand | 47                                    | 0                           | -               |
| 3420<br>(3423, 3424, 3425, 3426) | Horisontaalne  | Kergkonstruktsioon                 | 42                                    | 0                           | 4               |
|                                  | Vertikaalne    | Kergkonstruktsioon                 | 54                                    | 2                           | 3               |
|                                  | Vertikaalne    | Kergkonstruktsioon                 | 54                                    | 1                           | 3               |
| 3510<br>(3511, 3512, 3513, 3514) | Horisontaalne  | Kergkonstruktsioon                 | 36                                    | 0                           | 6               |
|                                  | Vertikaalne    | Kergkonstruktsioon                 | 51                                    | 2                           | 3               |
|                                  | Vertikaalne    | Kergkonstruktsioon                 | 49                                    | 3                           | 5               |
| 2490<br>(2491, 2492, 2493)       | Vertikaalne    | Monteeritav raudbetoon             | 47                                    | -1                          | -               |
| 2470<br>(2471, 2472)             | Vertikaalne    | Monteeritav raudbetoon             | 44                                    | 1                           | -               |
| 2510<br>(2511, 2512)             | Vertikaalne    | Mont. raudbetoon, põrandakate vaip | 39                                    | 0                           | -               |

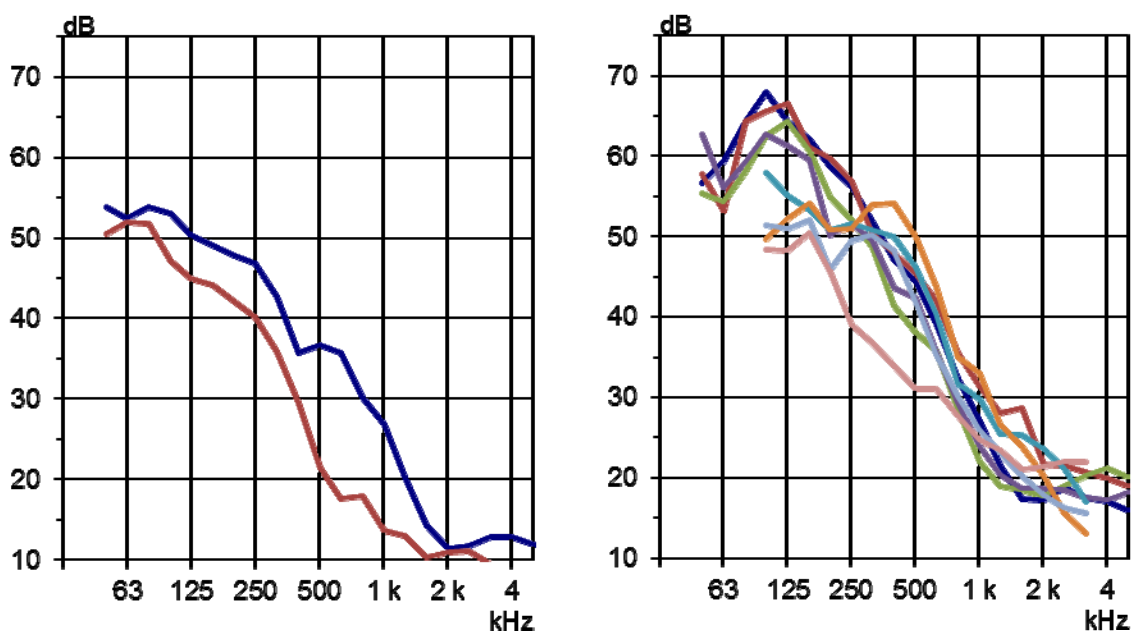
Joonis 9.4 ja Joonis 9.5 on toodud selle uuringu raames tehtud heliisolatsiooni mõõtmistel saadud tulemused. Joonis 9.4 iseloomustab õhumüra isolatsiooni paranemist sageduse suurendes sõltumata konstruktsioonist. Joonis 9.5 iseloomustab löögimüra isolatsiooni



paranemist sageduse suurendes; vertikaalsuunas avaldub graafikult kergkonstruktsioonis vahelagedele iseloomulik madal löögimüra isolatsioon sagedusvahemikus 80–160 Hz.



Joonis 9.4 Õhumüra isolatsiooni mõõtmistulemuste graafikud (vasakul – horisontaalne suund, paremal – vertikaalne suund).

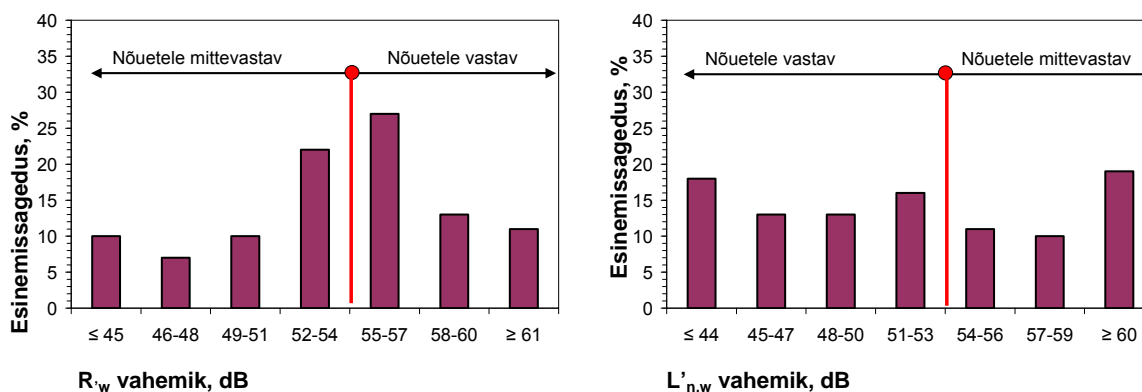


Joonis 9.5 Löögimüra isolatsiooni mõõtmistulemuste graafikud (vasakul – horisontaalne suund, paremal – vertikaalne suund).

### 9.3.2 Tulemuste analüüs

Kõikide analüüsitud mõõtmiste tulemused näitavad, et uute korterelamute korterite eluruumide vahelised õhumüra isolatsiooniindeksid on üldjuhul nii horisontaal- (seinad) kui ka vertikaalsuunas (vahelaed) vahemikus  $R'_w = 50\text{--}60$  dB, taandatud löögimürataseme indeks on horisontaalsuunas  $L'_{n,w} = 45\text{--}60$  dB ja vertikaalses suunas  $L'_{n,w} = 45\text{--}55$  dB (ujuvpõranda kasutamisel on tulemus reeglina  $L'_{n,w} \leq 50$  dB). Analüüsitud õhumüra ja löögimüra isolatsiooni mõõtmistulemuste mediaanväärtused on  $R'_w = 55$  dB ja  $L'_{n,w} = 51$  dB.

Joonis 9.6 on toodud analüüsitud heliisolatsiooni mõõtmiste protsentuaalne jaotus erinevate väärtusvahemike osas.



Joonis 9.6 Mõõdetud õhumüra isolatsiooni indeksite (vasakul) ja taandatud löögimürataseme indeksite (paremal) jaotus.

Uuritud korteritevaheliste heliisolatsiooni mõõtmistulemustest vastas EVS 842:2003 nõuetele:

- 51% õhumüra isolatsiooni mõõtmistest ( $R'_w \geq 55$  dB);
- 60% löögimüra isolatsiooni mõõtmistest ( $L'_{n,w} \leq 53$  dB).

Vertikaalsuunas õhumüra isolatsiooni probleeme üldjuhul ei esine seoses peamiselt kasutatavate massiivsete vahelagedega. Horisontaalsuunas tuleb pidada piisavalt headeks tulemusi  $R'_w \geq 53$  dB, kui projekteerimisel või ehitamisel on eksitud EVS 842:2003 põhimõtete vastu, siis on tulemus tavaliselt vahemikus 48–52 dB; kui tegemist väga ränga projekteerimise ja/või ehitusveaga, siis tulemus  $< 48$  dB.

Üldjuhul vertikaalsuunas löögimüra isolatsiooni probleeme ei esine seoses peamiselt kasutatavate massiivsete vahelagedega ja massiivsete ujuvpõrandatega. Taandatud löögimürataseme osas on tüüpiline tulemus  $L'_{n,w} \leq 48$ –50 dB, on olemas ka väga häid tulemusi  $L'_{n,w} \leq 45$  dB (vastavad heliklassi B tulemustele Põhjamaade klassifitseerimispõhimõtete alusel). Ebapiisavad tulemused on tavaliselt vahemikus 58–63 dB.

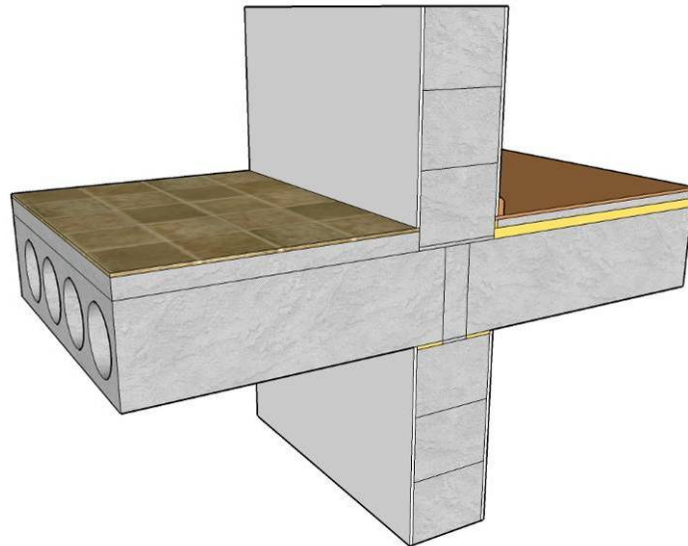
Standardi nõudeid mitterahuldavate tulemuste osas on horisontaalsuunas peamisteks põhjusteks:

- vale konstruktiivne lahendus/konstruktsioonitüübi valik (osaliselt materjalitootjate info ebaühtluse tõttu);
- projekteeritud seinakonstruktsioonide (eelkõige plokkmüüritised) asendamine kergemate konstruktsioonidega;
- ehitusviga (nt plokkmüüritise ebapiisav krohvimine, vuukide täitmine);
- seina ja vahelae liitumissõlme ebaõige lahendus (ujuvpõranda betoonplaat läheb katkestamatult ühest korterist teise);
- seina ja kergkonstruktsioonis välispiirde liitumissõlme ebaõige lahendus (välispiirde sisemised kihid lähevad katkestamatult ühest korterist teise);
- kipsplaatseinte korral pistikupesade mõju.

Standardi nõudeid mitterahuldavate tulemuste osas on vertikaalsuunas peamisteks põhjusteks:

- ujuvpõranda konstruktsioonis ebapiisav elastne vahekiht (valede omadustega või liiga õhuke materjal);
- ebapiisav mass;
- kergkonstruktsioonis vahelagedel ebapiisav heliisolatsioon madalatel sagedustel.

Uutes korterelamutes on osutunud kaebuste allikaks trepikojast või koridorist sammumüra levik eluruumidesse; selle peamiseks põhjuseks on kõvad põrandakatted ja konstruktsioonide omavahelised jäigad liitumissõlmed (koridoris ei ole tehtud ujuvpõrandat ja/või betoonplaat on korteri ja koridori vahelise seinaga jäigas ühenduses).



Joonis 9.7 Koridori ja korteri vahelise seina liitumissõlm vahelaega – tõkestatud ei ole sammumüra levik seinakonstruktsiooni ja sealt edasi eluruumidesse.

### 9.3.3 Parendamisvõimalused

Heliisolatsiooniprobleemide olemasolul uuslamutes tuleb eesmärgiks seada EVS 842:2003 nõuete (korterite eluruumide vahel  $R'_w \geq 55$  dB ja  $L'_{n,w} \leq 53$  dB) või neile läheduste tulemuste saavutamise (nt. korterite eluruumide vahel  $R'_w \geq 52-53$  dB ja  $L'_{n,w} \leq 55-56$  dB), sest alati ei ole mõistlike kulutuste ja tehniliste lahendustega võimalik saavutada EVS 842:2003 nõuete järgseid tingimusi.

Parandusmeetmed sõltuvad probleemi iseloomust ja kuna erinevaid kasutatavaid tarinditüüpe on palju, siis ei ole võimalik ka üheseid juhiseid välja tuua. Tüüpsemad lahendused tähendavad seinakonstruktsioonide korral krohvimist, kipsplaatidest põhiseinast sõltumatut lisavooderdust, betoonist ujuvpõrandasse katkestuse tegemist korteritevahelise seina äärde või keskele.

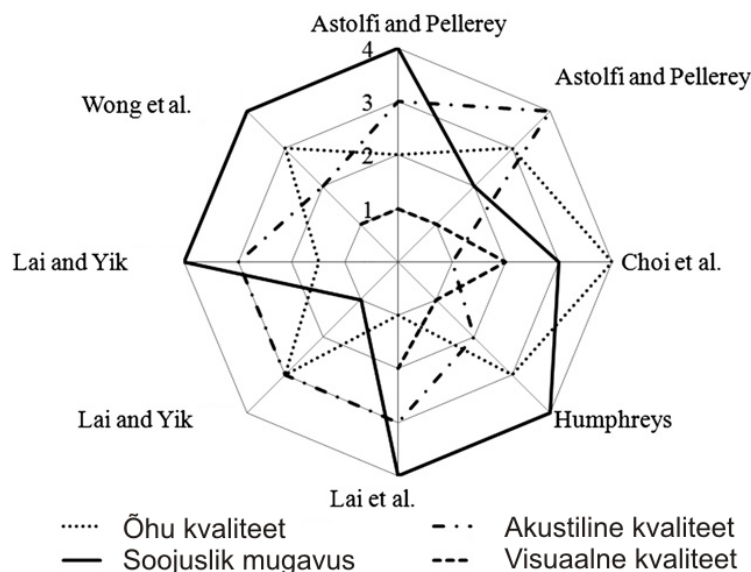
Kuna vahelaed on valdavalt massiivsed, mis tagavad tavaliselt õhumüra isolatsiooni, siis probleemiks on just löögimüra levik nii vertikaal- kui ka horisontaalsuunas, seda eelkõige liitumissõlmede valede lahenduste tõttu. Nende parendamiseks on esimene meede liitumissõlmede parandamine (nt betoonist ujuvpõranda plaati vuugi lõikamine). Vertikaalsuunas on meetmeteks nt kipsplaatidest heliisoleeriva ripplae ehitamine ja põrandakatte alla elastse alusmaterjali paigaldamine.

Vajadusel tuleb parendustöid teha komplekselt koos vahelaega ja/või välispiirde liitumissõlmede parandamisega (eeldab konstruktsioonide avamist).

Lahenduste maksumust on üksikjuhtumite jaoks keeruline välja tuua, kuid praktika on näidanud, et vooderseinaga või ripplae rajamise maksumuse osas tuleks koos viimistlustöödega arvestada ca 60–70 eurot/m<sup>2</sup>. Parketi alla spetsiaalse alusmaterjali paigaldus koos parketi eemaldamise ja selle tagasi paigaldamisega, tuleks arvestada koos alusmaterjaliga 30-40 eur/m<sup>2</sup> (ei sisalda parketi maksumust).

## 10 Korterite soojus- ja niiskusolukord

Elamu sisekliima on kompleksne mõiste. Sisekliima hõlmab õhku ja suuremaid õhukeskkonna näitajaid. Hea sisekliima vähendab haigusi, tagab mugavustunde ja soodustab tööjõudlust. Sisekliima ja sellega kaasnevad probleemid mõjutavad oluliselt neis ruumides viibivate inimeste enesetunnet, tervist ja töövõimet. Eluruumidele esitatavate nõuete (RT I 1999, 9, 38) kohaselt peab elukeskkond olema inimesele ohutu ja tervislik ning võimaldama selles ööpäevaringse viibimise. Sisekliima määravad järgmised tegurid: õhutemperatuur, kiirguspindade temperatuur, õhu suhteline niiskus, õhu liikumise kiirus, õhu puhtus, müratase, valgustatus, millele avaldavad mõju ka inimeste liikumise aktiivsus, riietus, sugu, vanus jm. Erinevate sisekliimategurite olulisuse võrdlus näitas, et soojuslikku mugavust peetakse olulisemaks rahulolust akustilise, õhu ja ruumide visuaalse kvaliteediga (Frontczak & Wargocki 2011), Joonis 10.1.



Joonis 10.1 Sisekliima komponentide omavaheline olulisus.

Sisetemperatuur on peamine soojusliku mugavuse indikaator. Kerge kehalise aktiivsuse korral (>1,2 met) on neutraalne (PMV (*predicted mean vote*) = 0) temperatuur talvel (riietatus ~1.0 clo) +22,0 °C ja suvel (riietatus ~0,5 clo) +25,5 °C (ISO EN 7730). Sisetemperatuur talvel üle +22 °C on seostatud haige hoone sündroomiga (SBS: *sick building syndrome*) (Jaakkola jt. 1989). Õhutemperatuuril ja -niiskusel on oluline mõju ka tajutavale õhu kvaliteedile (PAQ: *perceived air quality*) (Fang jt. 1998). Võrreldes niiske ja sooja õhuga, hinnatakse kuiva ja jahedat õhku kvaliteetsemaks. Sisetemperatuur ja ruumi piirdepindade temperatuur mõjutavad otseselt hoonete energiakasutust ruumide kütteks. Soome ühepereelamutes läbiviidud uuring (Vinha jt. 2005) kinnitas tuntud rusikareegli kehtivust: keskmise sisetemperatuuri muutus 1 °C võrra mõjutab energiakulu ~5%. Inglismaal läbiviidud uuring näitas, et termostaadi seade muutmine +22 °C → +22 °C suurendas energiakasutust 15% (Firth jt. 2010).

Kui hoonepiirded on madala pinnatemperatuuriga (soojustamata piirded, millel on suur soojuslähivus), siis soovib inimene sama soojusliku mugavuse saavutamiseks (sama operatiivne temperatuur) kõrgemat sisetemperatuuri (ISO EN 7730). See omakorda suurendab soojusenergiakulu. Vastavalt eluruumidele esitatavatele nõuetele (VV määrus nr. 38) peab õhutemperatuur eluruumis olema optimaalne, looma inimesele hubase soojatunde ning aitama kaasa tervisliku ja nõuetekohase sisekliima tekkimisele ja püsimisele. Eluruumis ei tohi siseõhu temperatuur inimeste pikemaajalisel ruumis viibimisel olla alla +18 °C.

Õhu suhteline niiskus ja õhu veeaurusisaldus mõjutavad sisekliimat ja piirete niiskusrežiimi. Õhu veeaurusisaldus on kõrge siis, kui õhuvahetus ruumides (ventilatsioon) ei toimi korralikult või ruumides on suur niiskustootlus. Suur niiskuskoormus võib põhjustada niiskusprobleeme piirdetarinditele või halvendada sisekliimat (IOM 2004, Fang jt. 1998, Bornehag jt. 2001 ja 2004). Rootsist 2000. aastal uuriti 8918 peres 14077 lapse (vanus 1–6 aastat) tervist ja kodude niiskuskahjustusi (Bornehag jt. 2002). Uurimistulemuste kohaselt võib enamiku niiskuskahjustuste indikaatoritest (kondensaat aknal, halb lõhn, nähtav hallitus, niisked põrandad) seostada lastel esinenud allergiaailmingutega. Niiskuskahjustuste esinemine (*dampness*) oli sagedasem vanade hoonete ja loomuliku ventilatsiooniga hoonete juures (Hägerhed jt. 2002). Niiskus ja hallituskahjustusega elamute elanikel võib esineda tervisehäireid, mille põhjuseks on ülitundlikkus mikroorganismidele ja nende ainevahetuse jääkidele või hallituse eoste suhtes. Seetõttu on hoonete niiskus ja hallituskahjustused otseselt ka rahvatervise probleem. Külmas kliimas põhjustavad välisõhu väike veeaurusisaldus kombineerituna ruumide ülekütmisega liiga madalat suhtelist niiskust, mis võib esile kutsuda mitmeid silmade, hingamisteede, limaskestade ja naha kuivusega seotud terviseprobleeme. Viimaste uuringute kohaselt (Wyon jt. 2002) on siiski madala suhtelise niiskusega seotud probleemid väiksemad kui varasemalt osutatud ja tundlikkus tõuseb esile vaid väga madala suhtelise niiskuse juures ( $\leq 5\%$ ). Siseõhu suhtelist niiskust saab talvel tõsta temperatuuri alandamise ja õhu niisutamisega. Õhu niisutamisega tuleb olla väga ettevaatlik, kuna see suurendab umbse õhu ning halva lõhna tajumise riski (Reinikainen & Jaakkola 2003) ja niiskuskoormust hoone piirdetarinditele.

Vastavalt eluruumidele esitatavatele nõuetele (RT I 1999, 9, 38) peab õhuniiskus eluruumis olema piires, mis ei kahjusta inimeste tervist, väldib veeauru kondenseerumist ning ei tekita niiskuskahjustusi. Sterling jt. (1985) on optimaalseks suhtelise niiskuse alaks soovitanud vahemikku RH 40%–60%. Sama suhtelise niiskuse vahemik on nimetatud ka eluruumi siseõhu optimaalseks suhtelise niiskuse vahemikuks eluruumidele esitatavate nõuete määruuse (RT I 1999, 9 38) kohaselt. See soovitus valitsuse määruuses on eriti ebaõnnestunud ja vääriti mõistmist võimaldav. Arvestades hoonete toimimist talveperioodil, on selline siseõhu suhtelise niiskuse tase selgelt liiga kõrge. Talvel siseõhu suhtelise niiskuse 40–60 % korral võib piisavalt soojustamata hoonepiirete korral oodata juba tõsiseid niiskuskahjustusi. Talvel on piirdetarindite pinnatemperatuur õhutemperatuurist madalam ja seetõttu on suhteline niiskus kõrgem. Mikroorganismide kasvu vältimiseks peab suhteline niiskus materjali pinnal olema alla 75...80% (Adan 1994, Viitanen and Ritschkoff 1991, Rowan jt. 1999). Mikroorganismide kasv sõltub lisaks suhtelisele niiskusele ja temperatuurile veel ka materjalist, millel kasv aset leiab (vt. Tabel 10.1).

Tabel 10.1 Mikroorganismide kasvu seisukohalt kriitiline suhteline niiskus (+22 °C juures) erinevate puhaste materjalide suhtes (Johansson jt. 2005, 2011).

| Materjal (puhas)                   | RH, %    | Kasvuks vajalik aeg, nädalates           |
|------------------------------------|----------|--|
| Männi maltspuit                    | <75      | 29...32 (niiskemas keskkonnas kiiremini) |
| Vineer                             | <75      | 25...26 (niiskemas keskkonnas kiiremini) |
| Puitlaastplaat                     | 81...85  | 6...7                                    |
| Õhuke puitkiudplaat („soome papp“) | 86...90  | 11...12                                  |
| Tuuletõkke kipsplaat               | 91...93  | 0,5                                      |
| Vannitoa kipsplaat                 | 91...93  | 2...3                                    |
| Bituumenpaber                      | 94...95  | 3...4                                    |
| Vahtpolüstüreen                    | >95      | >12                                      |
| Klaasvill                          | >95      | >12                                      |
| Tsementkiudplaat                   | >95      | >12                                      |
| Betoon                             | ≈90...95 |  |

Tolmulestad võivad põhjustada allergiasoodumusega isiku tundlikkuse suurenemist ja allergiahaiguse, eelkõige allergilise riniidi ning astma kujunemist. Allergeeniks on

tolmulestade seedeensüümid, mida nad eritavad väljaheite ja eralduvate nahaosakestega (Annus 2008). Tolmulestadele sobiv suhteline niiskus toatemperatuuril on  $RH > 45\%$  (Hart 1998, Korsgaard 1983) ...  $50\%$  (Arlian jt. 1999). Paljunemiseks on lestadele vaja kõrgemat ruumiõhu suhtelist niiskust.

Kõrge niiskustase võib olla ohtlik, sest näiteks vanema mööblidetaili puitlaastplaatides kasutatud formaldehüüdiim hakkab kõrge niiskuse toimet lagunema ja formaldehüüd vabaneb gaasina õhku, põhjustades inimestele limaskestade ärritusnähte.

Suhtelise niiskuse alumine piir on erinevate uuringute (Fanger 1971, Wyon jt. 2002) kohaselt  $RH 20...25\%$ . Eesti endise sisekliima standardi (EVS 839:2003) kohaselt oli ruumiõhu suhtelise niiskuse normväärtus talvel  $25...45\%$  ja suvel  $30...70\%$ . EVS-EN 15251 standard annab madalaimas sisekliima klassis suhtelise niiskuse juhtarvuks niisutusele  $20\%$  ja kuivatusele  $70\%$ .

Siseõhu suhteline niiskus sõltub niiskustootlusest ruumides (inimese elutegevus, toidu valmistamine, pesemine, taimede kastmine jne), ventilatsiooni toimimisest ja õhuvahetusest ning välisõhust. Kuigi talvel on välisõhu suhteline niiskus kõrge, on veeauru sisaldus ehk absoluutne niiskus väike. Peamiselt seetõttu on siseruumide suhteline niiskus talvel madalam kui suvel. Suhteline niiskus sõltub temperatuurist: sama veeauru sisaldusega õhu suhteline niiskus on soojemas keskkonnas madalam ja jahedamas keskkonnas kõrgem. Kuna suhteline niiskus sõltub temperatuurist, ei saa selle alusel veel öelda, kas ruumides on suur või väike niiskuskooormus. Siseruumide niiskuskooormust näitab sise- ja välisõhu veeaurusisalduste või veeauru osarõhkude erinevus. Seda suurust nimetatakse niiskuslisaks  $\Delta v$ ,  $g/m^3$  (EVS-EN 13788):

$$\Delta v = v_i - v_e, g/m^3 \quad (10.1)$$

kus:

$v_i$  siseõhu veeaurusisaldus,  $g/m^3$ ;

$v_e$  välisõhu veeaurusisaldus,  $g/m^3$ ;

Kui hoones on suur niiskustootlus (kasutatakse palju vett, õhu niisutus, tihe asustatus jne.) ja väike õhuvahetus (halb ventilatsioon), on niiskuskooormus e. niiskuslisa suur.

Niiskuslisa on potentsiaalselt läbi välispiirde toimuvale veeauru difusioonile. Niiskuskooormusi ei saa hinnata suhtelise niiskuse järgi, sest see sõltub sisetemperatuurist ja välisõhu veeaurusisaldusest. Vaatleme näiteks kahe elamu sisekliimat, mille temperatuur ja suhteline niiskus jäävad talvel sisekliima standardi soovitusel piiridesse: temperatuur  $+19\text{ °C}$  ja suhteline niiskus  $25\%$  ning temperatuur  $+25\text{ °C}$  ja suhteline niiskus  $45\%$ . Nendes olukordades on niiskuskooormuse erinevus kolmekordne, vastavalt  $3,0\text{ g/m}^3$  ja  $9,3\text{ g/m}^3$ . Või vaatleme  $+22\text{ °C}$  temperatuuri ja  $30\%$  suhtelise niiskusega ruumi, kui välistemperatuur on  $-15\text{ °C}$  või  $0\text{ °C}$ . Nendes olukordades on niiskuskooormuse erinevus kahekordne, vastavalt  $4,8\text{ g/m}^3$  ja  $2,3\text{ g/m}^3$ . On selgelt näha, et suhteline niiskus ei näita ruumide niiskuskooormust, kuna see sõltub sisetemperatuurist ja välisõhu niiskusest.

## 10.1 Küttesüsteemide lahendus

### 10.1.1 Küttesüsteemid

Korterelamutes oli 2-toru radiaatorkütte süsteem, mille soojuskandjaks on vesi. Küttevee peale- ja tagasivoolu arvutuslikud temperatuurid olid vastavalt  $70\text{ °C}$  ja  $50\text{ °C}$ . Soojus saadi enamasti kaugkütte süsteemist. Neljal elamul on eraldi gaasiküttega katlamaja. Soojussõlmed on varustatud kaasaegsete reguleerimis- ja mõõtmisseadmete ning tänapäevase automaatikaga (vt. Joonis 10.2).



Joonis 10.2 Näide uuritud korruselamu sojussõlmest.

Enamikes korterites kasutati konvektiivsaga plaatradiaatoreid (vt. Joonis 10.3). Radiaatorid on varustatud termostaatpeaga reguleeriventiliiga, mis reguleerib küttekeha läbiva vee vooluhulka vastavalt ruumi siseõhu temperatuurile. Radiaatorid on paigaldatud akende alla, põrandani ulatuvate akende korral võimalikult nende lähedusse välisseinale.




Joonis 10.3 Näide enamikes korterites kasutatavast plaatradiaatorist.

## 10.2 Meetodid

### 10.2.1 Mõõtmised

Siseruumide õhutemperatuuri ja suhtelise niiskuse mõõtmiseks kasutati peamiselt Hobo U-12 011 andureid-andmesalvesteid (vt. Tabel 10.2 seadmete mõõteala ja mõõtetäpsus).

Tabel 10.2 Temperatuuri ja suhtelise niiskuse mõõteseadmete andmed.

|   |  |
|---|--|
| <p>Uuringus kasutatud andur Hobo U-12 011</p>  | <p>Temperatuur<br/>Mõõteala: -20 °C...+70 °C<br/>Mõõtetäpsus: ±0,35 °C ±0 °C...50 °C</p> <p>Suhteline niiskus<br/>Mõõteala: 5 %...95 %<br/>Mõõtetäpsus: ±2,5 % 10 %...90 %</p> |
|---|--|

Temperatuuri ja suhtelist niiskust mõõdeti peamiselt magamistoast (peamiselt kaheinimese magamistoast) 0,6...1,6 m kõrguselt. Andurid paigaldati siseseinale või mööbliesemele, eemale välisseinast ja otsesest soojusallikast (radiaator, televiisor, valgustus jne). Sisekliima mõõtetulemused salvestati ühetunnise intervalliga perioodil 09.11.2010...20.03.2012.

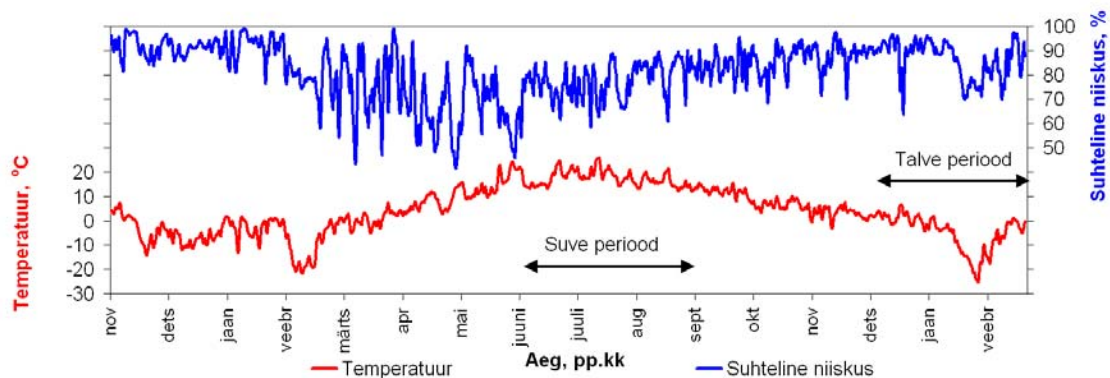
### 10.2.2 Väliskliima

Väliskliima andmetena on kasutatud Eesti Meteoroloogia- ja Hüdroloogia Instituudi poolt mõõdetud andmeid Tallinnast, Tartust ja Pärnust. Keskmine välistemperatuur ja suhteline niiskus mõõteperioodi jooksul vt. Joonis 10.4. Mõõteperioodi kõige madalam temperatuur oli -31 °C ja kõige kõrgem +31 °C. Mõõteperioodi kuude keskmised temperatuurid vt. Tabel 10.3.

Tabel 10.3 Kuu keskmised temperatuurid ( $t$ , °C) ja suhtelised niiskused ( $RH$ , %) november 2010 kuni veebruar 2012.

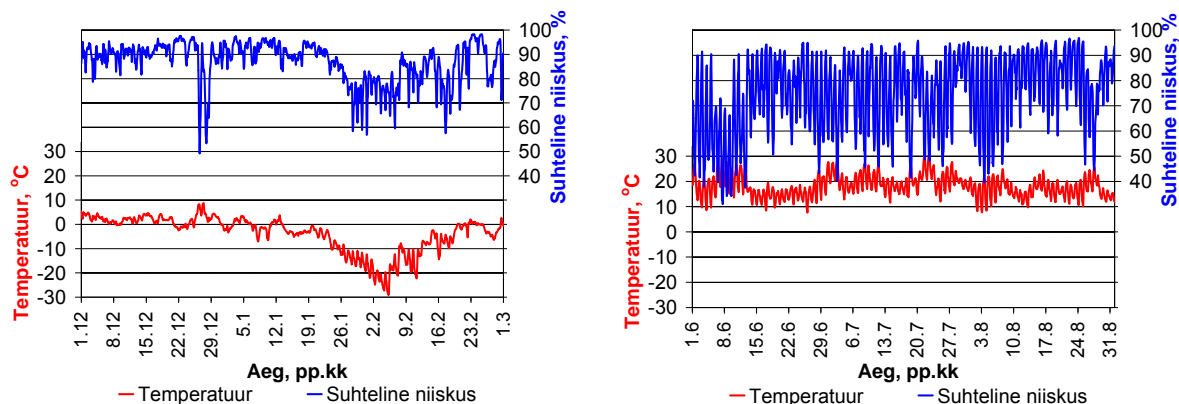
|         | Tallinn  |          | Pärnu    |          | Tartu    |          |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|         | $t$ , °C | $RH$ , % | $t$ , °C | $RH$ , % | $t$ , °C | $RH$ , % |
| 11.2010 | 92       | 0.4      | 92       | 0.4      | 92       | 0.5      |
| 12.2010 | 93       | -6.3     | 91       | -6.9     | 89       | -8.0     |
| 1.2011  | 94       | -3.5     | 92       | -3.2     | 90       | -4.3     |
| 2.2011  | 83       | -9.6     | 83       | -10.4    | 80       | -10.8    |
| 3.2011  | 78       | -1.0     | 78       | -1.3     | 71       | -1.2     |
| 4.2011  | 75       | 5.3      | 74       | 5.5      | 64       | 6.8      |
| 5.2011  | 70       | 10.3     | 74       | 10.6     | 66       | 11.7     |
| 6.2011  | 71       | 16.8     | 72       | 17.6     | 65       | 17.6     |
| 7.2011  | 76       | 20.0     | 77       | 20.3     | 72       | 20.5     |
| 8.2011  | 81       | 16.5     | 81       | 16.9     | 75       | 16.5     |
| 9.2011  | 85       | 13.1     | 85       | 13.4     | 81       | 12.8     |
| 10.2011 | 85       | 8.2      | 86       | 8.2      | 81       | 7.4      |
| 11.2011 | 89       | 5.0      | 91       | 4.7      | 85       | 3.7      |
| 12.2011 | 92       | 2.0      | 91       | 2.6      | 86       | 1.6      |
| 1.2012  | 89       | -4.7     | 89       | -4.0     | 86       | -5.2     |
| 2.2012  | 85       | -8.0     | 86       | -9.0     | 78       | -10.5    |





Joonis 10.4 Ööpäeva keskmine välistemperatuur ja suhteline niiskus perioodil 1.11.2010...1.03.2012.

Põhjalikum sisekliima analüüs talve- ja suveperioodi kohta tehti vastavalt kolme talvekuu ja kolme suvekuu mõõtmistulemuste alusel.



Joonis 10.5 Välistemperatuur ja suhteline niiskus talvekuudel (vasakul) ja suvekuudel (paremal).

2011–2012 talve veebruar oli natuke külmem, kui paljuaastane keskmine, kuid suhteliselt sooja detsembri tõttu oli talve kraadtundide arve sama suur paljuaastate keskmisega. 2011. aasta suvekuud (eriti juulikuu) olid mõnevõrra soojemad, kui paljuaastate keskmine temperatuur, vt. Tabel 10.4.

Tabel 10.4 Paljuaastase keskmise välistemperatuuri ja kraadpäevade võrdlus suve- ja talvekuude temperatuuridega.

|                               | Juuni<br>2010 | Juuli<br>2010 | August<br>2010 | Detsember<br>2011 | Jaanuar<br>2012 | Veebruar<br>2012 |
|-------------------------------|---------------|---------------|----------------|-------------------|-----------------|------------------|
| Välistemperatuur $t_e$ , °C   |               |               |                |                   |                 |                  |
| Mõõteperiood                  | 15,6...18,0   | 19,1...21,1   | 15,8...18,2    | 0,8...-4,7        | -0,3...-5,8     | -4,7...-11,5     |
| Paljuaastane keskmine         | 13,0...15,6   | 16,2...17,5   | 15,0...16,9    | -3,9...0,9        | -1,0...-5,8     | -2,0...-6,2      |
| Kraadtunnid $S_{d,17}$ , °C·h |               |               |                |                   |                 |                  |
| Mõõteperiood                  | 40            | 1             | 32             | 464               | 671             | 759              |
| Paljuaastane keskmine         | 83            | 32            | 52             | 615               | 658             | 621              |

### 10.2.3 Siseõhutemperatuuri hindamiskriteeriumid

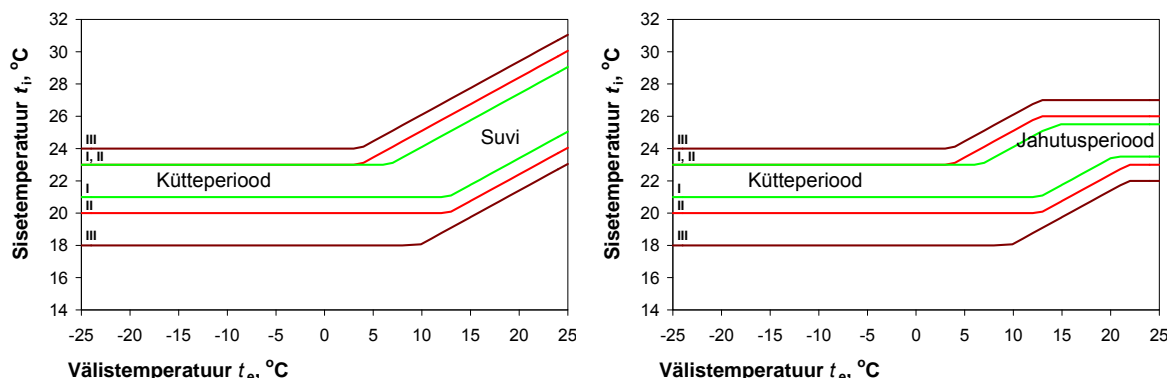
Soovitusi ja nõudeid eluruumide temperatuuri ja suhtelise niiskuse kohta võib leida nii erinevatest teaduslikest uuringutest kui ka määrustest või standarditest. Eluruumidele esitatavate nõuete (RT I 1999, 9) kohaselt peab eluruumi õhutemperatuur olema optimaalne, looma inimesele hubase soojatunde ning aitama kaasa tervisliku ja nõuetekohase sisekliima tekkimisele ja püsimisele. Kaugküttevõrgust või hoone katlamajast köetavas eluruumis ei tohi siseõhutemperatuur inimeste pikemaajalisel ruumis viibimisel olla alla 18 °C. Sisekliima projekteerimiskriteeriumi (CR 1752, 1998) kohaselt peab ruumi õhutemperatuur olema lähedane füsioloogiliselt optimaalsele ja looma inimesele hubase soojatunde ning tagama tervise ja teovõime.

Olenevalt ruumi füsioloogiliselt optimaalse soojusliku keskkonna tagamise tingimustest ja oodatavast soojusliku mugavuse kvaliteedist võib, lähtudes soojuslikust mugavusest, jagada sisekliima nelja klassi, vt. Tabel 10.5. Madalamate sisekliimaklasside korral on sisekliimaga rahulolematute elanike hulk (PPD, %) suurem, kuna elanikud hindavad (PMV) ruume liiga jahedaks või liiga soojaks. PMV-PPD indeks võtab arvesse kõigi kuue soojusliku parameetri (õhutemperatuur, keskmine kiirguslik temperatuur, õhu liikumiskiirus, õhuniiskus, riietuse soojuspidavus ja kehaline aktiivsus) mõju ning seda võib otseselt kasutada soojusliku mugavuse kriteeriumina.

Tabel 10.5 Sisekliima klasside kirjeldus (EVS-916; EVS-EN-15251).

| Sisekliima soojusliku mugavuse klass | Selgitus  | Prognoositud soojusliku rahulolematuse protsent PPD, % | Soojusliku mugavustunde indeks PMV, - | Temperatuuri vahemik kütteks, °C<br>Riietus ~ 1,0 clo | Temperatuuri vahemik jahutuseks, °C<br>Riietus ~0,5 clo |
|--------------------------------------|---|--|---------------------------------------|---|---|
| I                                    | Sisekliima kvaliteedi ranged nõudmised<br>Soovitav ruumides, kus viibivad väga tundlikud, nõrga tervisega ja erinõuetega inimesed, nagu puuetega inimesed, haiged, väga väikesed lapsed ning eakad inimesed. Parima sisekliima ootus. | <6   | -0,2<br>< PMV <<br>+ 0,2              | 21...23   | 23,5...25,5   |
| II                                   | Sisekliima kvaliteedi tavapärased nõudmised. Normaalse sisekliima kvaliteedi ootus .<br>Tuleks rakendada <b>uutes ja renoveeritud hoonetes</b> .  | <10  | -0,5<br>< PMV <<br>+ 0,5              | 20...23   | 23,0...26,0   |
| III                                  | Sisekliima kvaliteedi mõõdukad nõudmised. Mõõduka sisekliima kvaliteedi ootus.<br>Võib rakendada <b>olemasolevates hoonetes</b> .   | <15  | -0,7<br>< PMV <<br>+ 0,7              | 18...24   | 22,0...27,0   |
| IV                                   | Sisekliima kvaliteedi väärtused, mis jäävad väljapoole eelmainitud klasse. Mainitud klass võib olla vastuvõetav ainult piiratud ajal aastast.   | >15  | -0,7 ><br>PMV ><br>+ 0,7              |   |   |

Kombineerides sisekliima projekteerimiskriteeriumi ja standardite (EVS-916, CR 1752, EVS-EN 15251) piirsuursi, võib elamute erinevate sisekliimaklasside temperatuuride piirsuurused esitada Joonis 10.6 kujul.



Joonis 10.6 Sisetemperatuuri kriteeriumid kolmes erinevas sisekliima klassis ilma mehaanilise jahutuseta ruumides (vasakul) ja mehaanilise jahutusega ruumides (paremal).

## 10.2.4 Siseruumide niiskukoormuse hindamiskriteeriumid

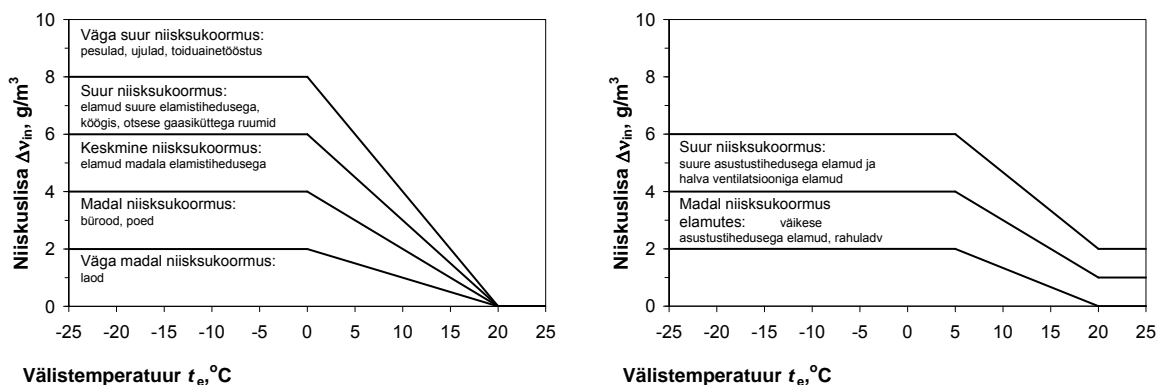
Hoonepiirete pika kasutusea üheks eeltingimuseks on nende probleemideta niiskustehniline toimivus. Sise- ja väliskliima tingimused on ühed olulisemad tegurid, mis mõjutavad hoonepiirete ja tarindite niiskustehnilist käitumist. Sisekliima ja niiskukoormuse hindamise erinevuseks on, et kui sisekliima puhul kasutatakse peamiselt keskmisi suursi, siis niiskukoormusi hinnatakse teatud tõenäosusega esinevatena. Ehitusfüüsikaliste arvutuste tegemiseks on rahvusvaheliselt kokku lepitud 90% tõenäosuse tase (Sanders 1996). See tähendab, et valitud koormuse normatiivsest suurusest on 90% väiksema koormusega ja 10% suurema koormusega.

Niiskuslisa analüüsis on igast korterist arvatud igale välisõhu temperatuurile vastav nädala keskmine niiskuslisa maksimumsuurus. Seejärel on kõikide korterite maksimumsuurusel arvatud 90% fraktil. Nädal on valitud ajaperioodiks, kuna see iseloomustab hästi elamu kasutusprofiili (5 tööpäeva, 2 puhkepäeva). Ajaperioodi pikkus on oluline, kuna perioodi keskmine arvutamisel lõigatakse maksimaalsuurused maha. Kui ajaperiood on lühem (näiteks 1 päev või tund), siis maksimaalne niiskuslisa on suurem, ja kui ajaperiood on pikem (näiteks 1 kuu), siis maksimaalne niiskuslisa on väiksem. Niiskuse muutus tarindites ei ole sama kiire, kui temperatuuri muutus. Seetõttu on tunni ja päeva maksimaalsuuruste kasutamine põhjendamatu. Samas on kuu periood liiga pikk, kuna niiskuskahjustused võivad tekkida juba lühema perioodi jooksul.

Niiskuslisa on kasutatud eluruumide niiskukoormuste hindamisel ka standardis EVS-EN ISO 13788 (vt. Joonis 10.7 vasakul) ja varasemates uuringutes: Kalamees 2006, Vinha jt. 2005 (vt. Joonis 10.7 paremal). Varem Eestis ja Soomes elamutes läbiviidud uuringud näitasid, et EVS-EN ISO 13788 standardi niiskukoormuste jaotus ja graafikud ei sobi meie elamuid iseloomustama. Suurimate erinevustena võib välja tuua (vt. Joonis 10.7 vasaku ja parema joonise võrdlus):

- niiskuslisa ei ole 0 g/m<sup>3</sup> suveperioodil;
- niiskuslisa sõltuvus välistemperatuurist on erinev.

Niiskukoormus elamutes ei ole aasta jooksul ühtlane. Suurem ventilatsioon (aknatuulutus, ventilatsiooni suurem töökiirus) ja väiksem niiskustoodang (rohkem väliseid toiminguid, pesukuivatus õues jne) vähendavad niiskuslisa suvel. Varasemate uuringute alusel võib niiskukoormuste hindamiseks kasutada järgmisi suursi, Tabel 10.6.



Joonis 10.7 Niiskuslisa tasemed EVS-EN ISO 13788 (vasakul) ja varem Eestis läbiviidud uuringute kohaselt (paremal).

Tabel 10.6 Niiskukoormuste suurused.

|  | Suur niiskukoormus<br>(suure asustustihedusega<br>elamud ja<br>halva ventilatsiooniga<br>elamud) |                            | Keskmine niiskukoormus<br>(suure asustustihedusega<br>elamud, väikese<br>asustustihedusega ja halva<br>ventilatsiooniga elamud) |                            | Väike niiskukoormus<br>(väikese<br>asustustihedusega<br>elamud,<br>hea ventilatsioon) |                            |
|--|--|----------------------------|---|----------------------------|---|----------------------------|
|  | Talv   | Suvi                       | Talv  | Suvi                       | Talv  | Suvi                       |
|  | $t_e < +5 \text{ °C}$  | $t_e > +15..20 \text{ °C}$ | $t_e < +5 \text{ °C}$   | $t_e > +15..20 \text{ °C}$ | $t_e < +5 \text{ °C}$   | $t_e > +15..20 \text{ °C}$ |
| Keskmine suurus,<br>niiskukoormuse<br>hindamisel<br>sisekliima<br>mõõtmiste alusel | 3 g/m <sup>3</sup>   | 1,0 g/m <sup>3</sup>       | 2,5 g/m <sup>3</sup>  | 0,7 g/m <sup>3</sup>       | 2 g/m <sup>3</sup>  | 0,5 g/m <sup>3</sup>       |
| Projektsuurus<br>niiskustehniliste<br>arvutuste juures                             | 6 g/m <sup>3</sup>   | 2,5...2,0 g/m <sup>3</sup> | 5 g/m <sup>3</sup>  | 2,0..1.5 g/m <sup>3</sup>  | 4 g/m <sup>3</sup>  | 1,5...1,0 g/m <sup>3</sup> |

Need niiskuslisa suurused esindavad elamuid, kus siseõhku ei niisutata ja nende niiskukoormuse alusel saab teha eramu ja korterelamu välispiirete ehitusfüüsikalisi kontrollarvutusi. Kõnesolev uuring võimaldab täpsemalt analüüsida elamute niiskukoormuste käitumist suure asustustiheduse ja väikese ventilatsiooni tingimustes.

## 10.3 Tulemused

Korterite soojus- ja niiskusolukord mõõdeti 28 elamu 61 korteris ühetunnise intervalliga üheaastase perioodi jooksul.

Kasutatavatest küttesüsteemidest oli levinuim radiaatorküte. Soojusallikana oli levinuim kaugküte (78%), millele järgnesid hoone oma gaasikatlamaja (19%) ja elekterküte (3%).

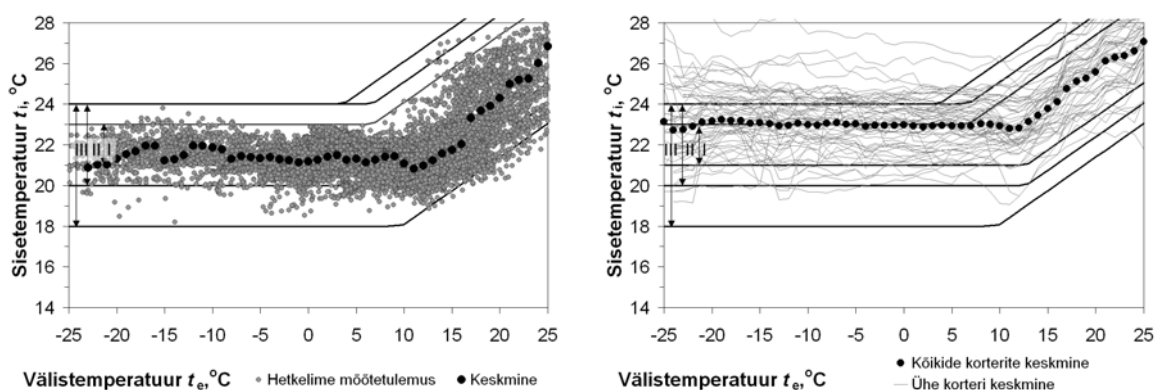
Peamiselt oli korterites ventilatsioon lahendatud mehaanilise väljatõmbe ja välispiiretes olevate värskõhuklappide kaudu (55 %) ning mehaanilise väljatõmbe ja akendes olevate värskõhupilude kaudu (29 %). Sissepuhke-väljatõmbe ventilatsiooniga kortereid oli 14%. Tüüpiliselt olid köögid varustatud kubudega. 85% kasutusintensiivsus on nii suvel kui ka talvel enamjaolt sama

### 10.3.1 Sisetemperatuuri sõltuvus välistemperatuurist

Iga korteri sisetemperatuuri mõõtetulemused jaotati vastavalt välistemperatuurile. Iga välistemperatuuri ühe kraadi kohta arvutati keskmine sisetemperatuur, mis loeti esindama selle korteri sisetemperatuuri, vt. Joonis 10.8 vasakul.

Kõikide korterite keskmise sisetemperatuuri sõltuvus välistemperatuurist vt. Joonis 10.8 paremal. Sisetemperatuur on kütteperioodil ühtlane, mis viitab soojusvarustuse ja

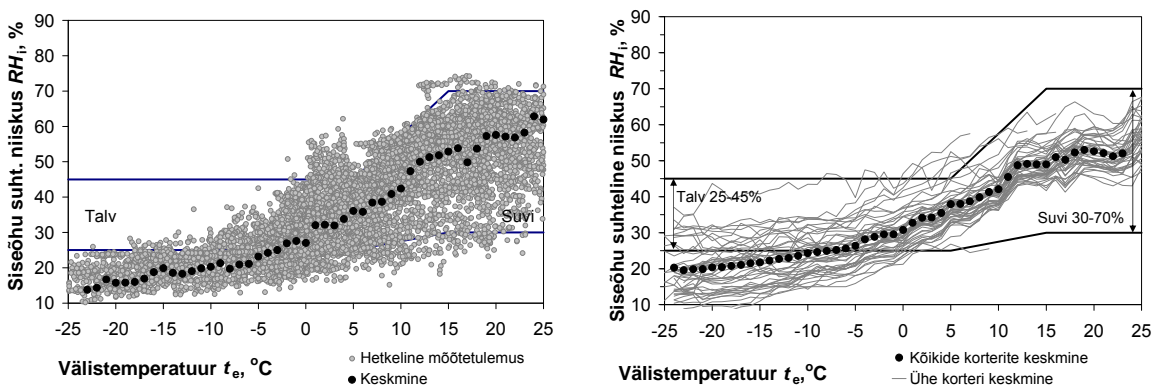
kütteseadmete piisavale võimsusele. Samas tuleb välja tuua korterite probleemset ülekütmist.



Joonis 10.8 Sisetemperatuuri sõltuvus välistemperatuurist ühes korteris (vasakul) ja keskmine sisetemperatuuri sõltuvus välistemperatuurist kõikides korterelamutes (paremal).

### 10.3.2 Siseõhu suhtelise niiskuse sõltuvus välistemperatuurist

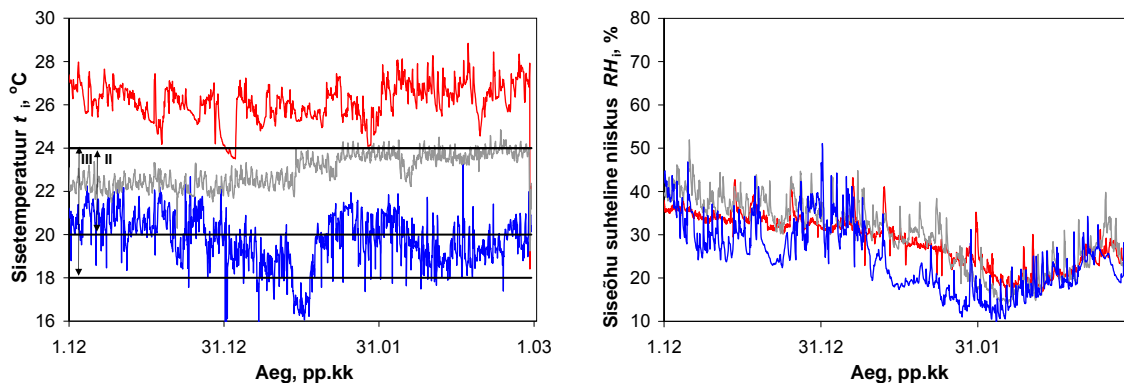
Et anda ülevaadet korterite siseõhu suhtelisest niiskusest, jaotati iga korteri siseõhu suhtelise niiskuse mõõtetulemused välistemperatuuri järgi. Iga välistemperatuuri ühe kraadi kohta arvutati keskmine siseõhu suhteline niiskus, mis loeti esindama selle korteri keskmist suhtelist niiskust (vt. Joonis 10.9 vasakul). Kõikide korterite keskmine suhtelise niiskuse sõltuvus välistemperatuurist on esitatud Joonis 10.9 paremal. Iga helehall joon tähistab ühe korteri siseõhu suhtelise niiskuse keskvaartuse sõltuvust välisõhu temperatuurist. Tulenevalt ruumide ülekütmisest talvel on siseõhu suhteline niiskus väga madal.



Joonis 10.9 Siseõhu suhtelise niiskuse sõltuvus välistemperatuurist ühes korteris (vasakul) ja kõikides korterites (paremal).

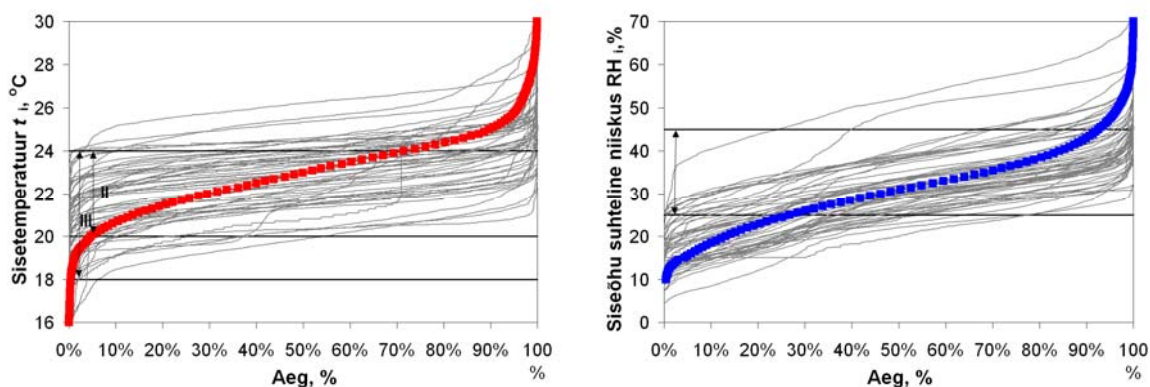
### 10.3.3 Sisetemperatuur ja suhteline niiskus talvel

2011–2012. aasta talvel oli sisetemperatuur mõõdetud korterites vahemikus +10 °C ja +33 °C ja siseõhu suhteline niiskus oli vahemikus 5–86 %. Keskmine sisetemperatuur oli +23 °C (st. hälve 1,8 °C) ja erinevate korterite talveperioodi keskmine temperatuur oli vahemikus +19,8 °C ja +27,8 °C. Keskmine siseõhu suhteline niiskus oli 31 % (st. hälve 10 %) (korterite talveperioodi keskmine suhteline niiskus oli vahemikus 20–52 %). Kolme korteri (kõrgeim, madalaim ja keskmine) sisetemperatuur ja suhteline niiskus vt. Joonis 10.12.



Joonis 10.10 Kolme korterelamu korteri sisetemperatuur (vasakul) ja suhteline niiskus (paremal) talvel.

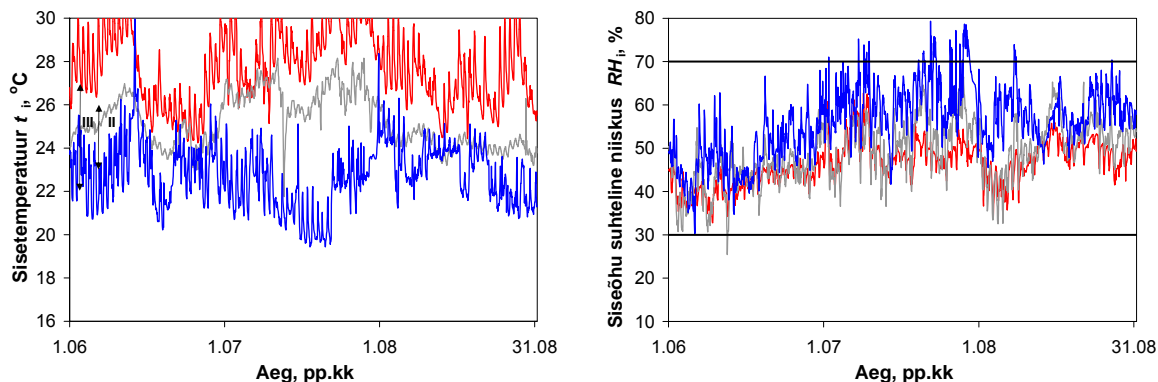
Kõikide korterite sisetemperatuuride ja suhtelise niiskuse jaotus talvel vt. Joonis 10.11



Joonis 10.11 Kõikide korterite sisetemperatuuri (vasakul) ja suhtelise niiskuse (paremal) jaotus talvel.

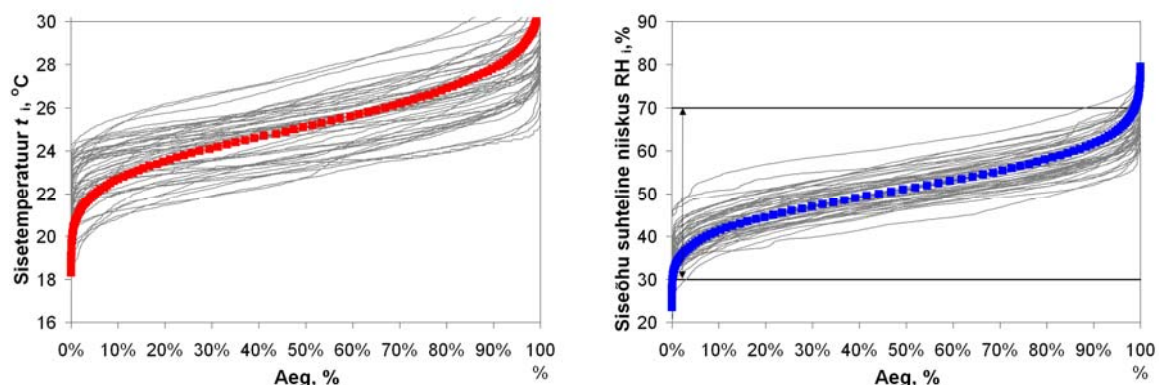
### 10.3.4 Sisetemperatuur ja suhteline niiskus suvel

2010. aasta suvel oli sisetemperatuur mõõdetud korterites vahemikus  $+17\text{ °C}$  ja  $+34\text{ °C}$  ja siseõhu suhteline niiskus oli vahemikus  $17\text{ –}79\text{ %}$ . Keskmise sisetemperatuur suvel oli  $+25,2\text{ °C}$  (st. hälve  $2,0\text{ °C}$ ) (korterite suveperioodi keskmine temperatuur oli vahemikus  $22,2\text{ °C}$  ja  $+27,7\text{ °C}$ ). Keskmise siseõhu suhteline niiskus oli  $51\text{ %}$  (st. hälve  $8\text{ %}$ ) (korterite suveperioodi keskmine suhteline niiskus oli vahemikus  $17\text{ %}$  ja  $62\text{ %}$ ). Kolme korteri (kõrgeim, madalaim ja keskmine) sisetemperatuur ja suhteline niiskus vt. Joonis 10.12.



Joonis 10.12 Kolme korteri sisetemperatuur (vasakul) ja suhteline niiskus (paremal) suvel.

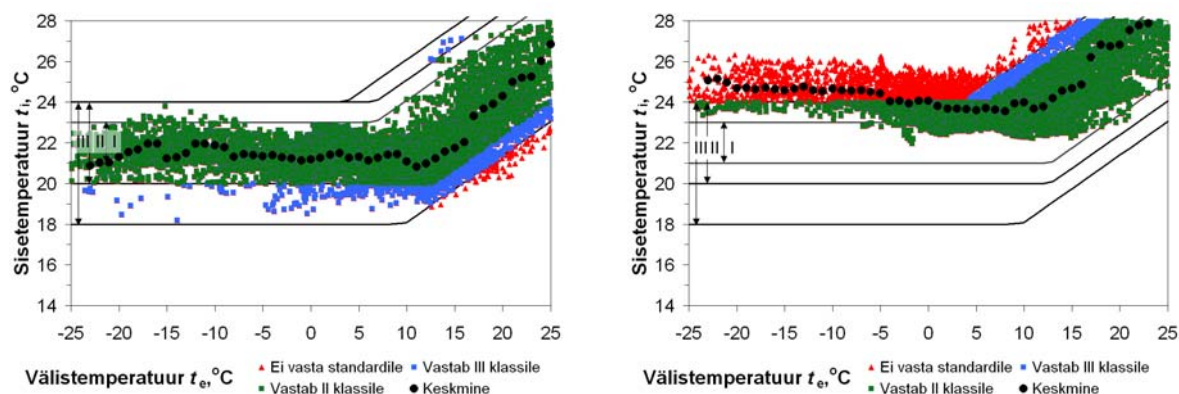
Kõikide korterite sisetemperatuuride ja suhtelise niiskuse jaotus vt. Joonis 10.13. Erinevate korterite vahel on sisekliima erinevus väga suur.



Joonis 10.13 Kõikide korterite sisetemperatuuride (vasakul) ja suhtelise niiskuse (paremal) jaotus suvel.

## 10.4 Sisetemperatuuri vastavus standardi sihtarvudele

Korterite soojuslikku olukorda on hinnatud vastavalt EVS-EN-15251 alusel väljatöötatud uue Eesti hoonete sisekliima standardi EVS 916 keskmise (II) ja madalaima (III) sisekliima klassi piirsuurustega, vt. Joonis 10.6 vasakul. Erinevates korterites oli vastavus standardi soovitustele erinev, vt. Joonis 10.14.



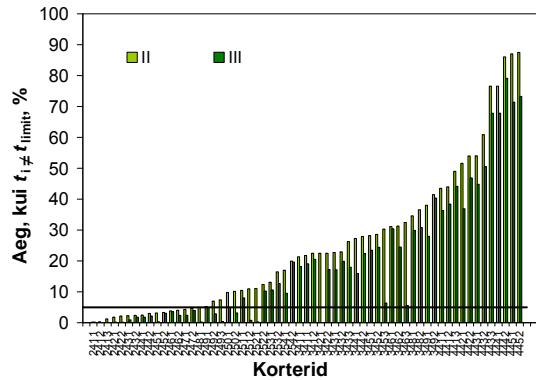
Joonis 10.14 Hea standardile vastavusega korteri (vasakul) ja halbema (ülekõetud) standardile vastavusega korteri (paremal) sisetemperatuuride võrdlus.

Standardi EVS-EN 15251 kohaselt on sisekliima vastavust standardi temperatuuri juhtarvudele võimalik hinnata mitut moodi:

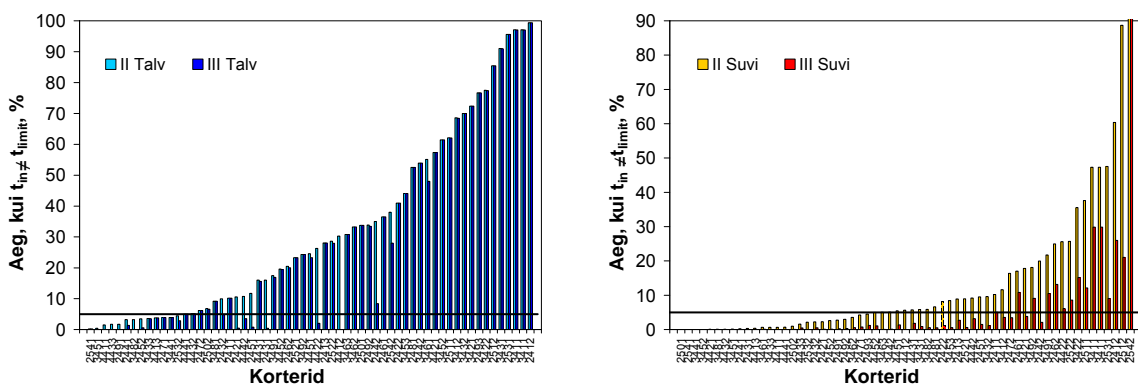
- protsent ajast, kui sisetemperatuur ületab standardi temperatuuri juhtarve. EVS-EN 15251 soovib temperatuuri ületavate tundide protsentuaalseks piiriks pidada 3% või 5%;
- kaalutud tundide arv, kui sisetemperatuur ületab standardi temperatuuri juhtarve;
- kaalutud tundide arv, kui tegelik oodatav mugavustunde indeks (PMV) ületab PMV juhtarve.

Kõnesolevas töös on korterite soojuslikku olukorda hinnatud kahe esimese meetodi alusel. Temperatuuride juhtarve ületava aja piirsuuruseks on kasutatud 5%.

61% korterites (5% piirsuuruse lubatud ületusega) ei vastanud sisetemperatuur madalaima sisekliimaklassi III piirsuurustele, vt. Joonis 10.15 (66% korterites ei vastanud sisetemperatuur kütteperioodil ja 23% korterites ei vastanud sisetemperatuur suvel, vt. Joonis 10.16). Sisekliimaklassi II temperatuurinõuded ületati kõikides korterites (kõikides korterites ei vastanud sisetemperatuur kütteperioodil ja 63% korterites ei vastanud sisetemperatuur suvel). Suurim probleem standardi juhtarvude tagamisega on ruumide ülekütmine talvel.



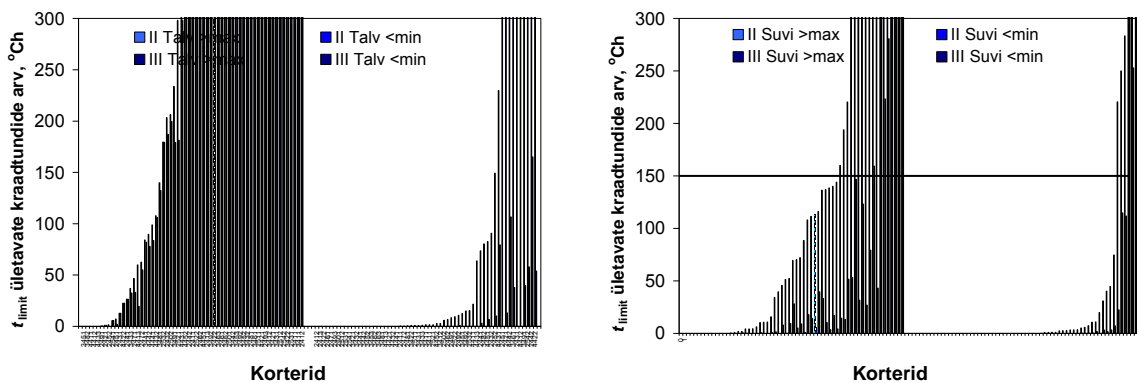
Joonis 10.15 EVS 916 standardi piirtemperatuuridele mittevastav aeg kogu aasta jooksul.



Joonis 10.16 EVS 916 standardi piirtemperatuuridele mittevastav aeg kütteperioodil (vasakul) ja suvel (paremal).

Sisetemperatuuride piirsuurustele mittevastavate kraadtundide arvu (vt. Joonis 10.17) analüüsid on näha, et korterelamutes on probleem liiga kõrgete temperatuuridega kütteperioodil. Seal on piirtemperatuuridele mittevastavus kõige suurem. Erinevalt tellis- ja suurpaneelilamutest esines korterelamutes rohkem suviseid kõrgeid sisetemperatuure. Viimane probleem tuli välja ka sise- ja välistemperatuuri sõltuvusest, vt. Joonis 10.8, paremal ja talviste sisetemperatuuride analüüsist Joonis 10.11 vasakul.

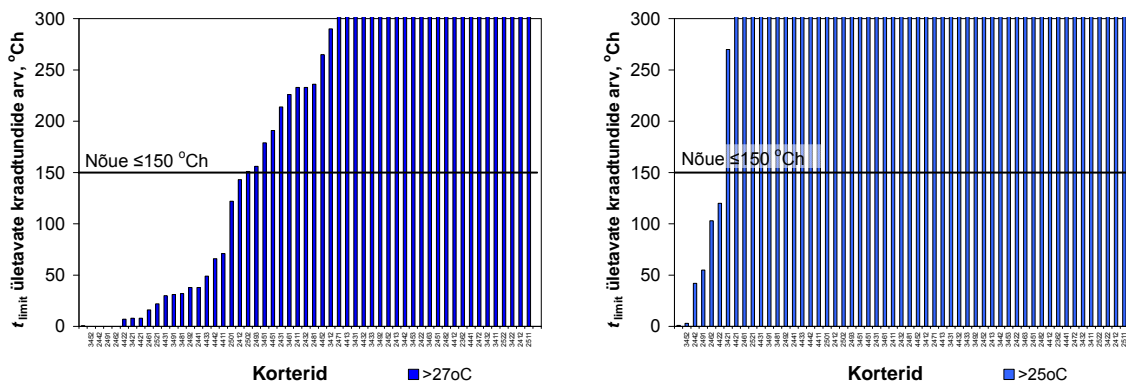
Kuna korterelamutes on enamasti korteriti individuaalne küttesüsteem, siis sõltub siseruumide temperatuuri ja suhtelise niiskuse kõikumine mõnevõrra rohkem elanike argikäitumisest kui kaugküttel korterelamute puhul.



Joonis 10.17 EVS-EN-15251 standardi piirtemperatuuridele mittevastav aeg kütteperioodil (vasakul) ja suvel (paremal).



2007 vastu võetud energiatõhususe miinimumnõuete määrus kehtestab suvise ruumitemperatuuri nõuded.. Korterelamute suvise ruumitemperatuuri nõue loetakse täidetuks, kui ajavahemikul 1. juunist 31. augustini ei ületa ruumitemperatuur 27 °C rohkem kui 150 kraadtunni võrra. Perioodil 1. juunist 31. augustini oli suviste temperatuuride piirsuurus 27 °C ajavahemikul ületatud 65 % korteritest (Joonis 10.18 vasakul) ja piirsuurus 25 °C ajavahemikul ületatud 91% korteritest (Joonis 10.18 paremal). Seega uute hoonete projekteerimisel tuleb tähelepanu pöörata suviste ruumitemperatuuride nõude täitmisele.

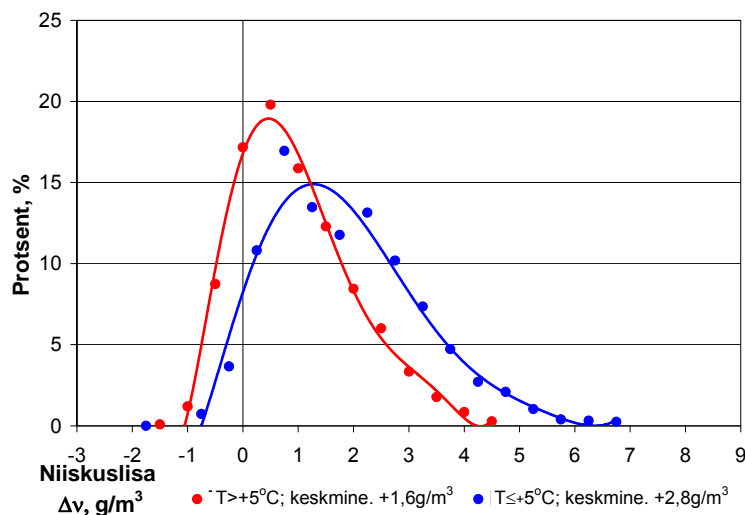


Joonis 10.18 Suviste ruumitemperatuuride ületus 27 °C (vasakul) ja 25 °C (paremal).

## 10.5 Niiskukoormused korterites

Niiskukoormusi korterites on analüüsitud niiskuslisa abil. Niiskuslisa suurus näitab sise- ja välisõhu veeaurusisalduste (või veeauru osarõhkude) erinevust, valem: 10.1.

Niiskuslisa võrdlus külmal perioodil ( $t_e \leq +5^\circ\text{C}$ ) ja muul ajal ( $t_e > +5^\circ\text{C}$ ) vt. Joonis 10.19. Niiskuslisa tulemuste võrdlus erinevate alajaotuste vahel vt. Tabel 10.7.



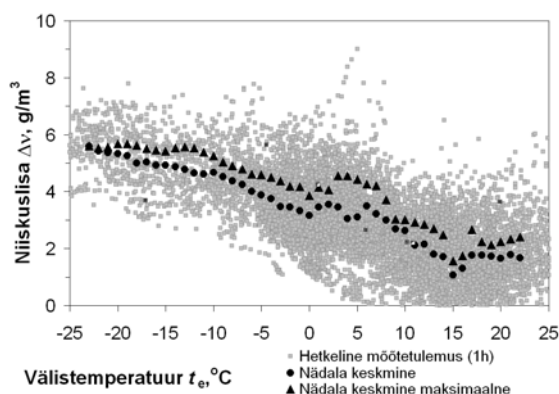
Joonis 10.19 Niiskuslisa jaotus külmal perioodil ( $t_e \leq +5^\circ\text{C}$ ) ja soojal perioodil ( $t_e \geq +15^\circ\text{C}$ ) perioodil.

Tabel 10.7 Uuritud korterite niiskuslisa keskmise suuruse ja 90% taseme võrdlus.

|                        | Nädala keskmine niiskuslisa $\Delta v_{in}$ , $\text{g/m}^3$ |          |  |          |
|------------------------|--|----------|--|----------|
|                        | Välistemperatuur $t_e \leq +5^\circ\text{C}$                 |          | Välistemperatuur $t_e > +15^\circ\text{C}$ |          |
|                        | 90% tase   | keskmine | 90% tase                                   | keskmine |
| Kõik korterid (61 tk.) | +5,4   | +2,5     | +2,2                                       | +0,6     |

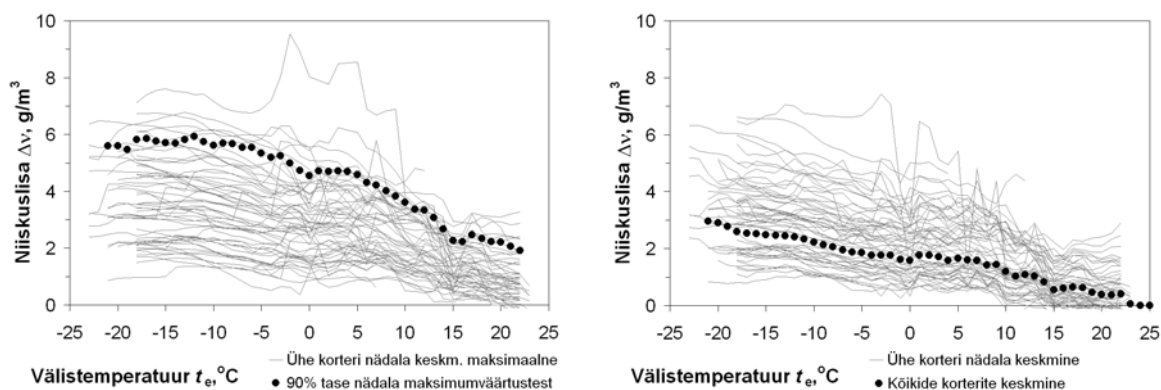
Niiskukoormuse ja välistemperatuuri vahelise sõltuvuse uurimiseks jaotati iga korteri niiskuslisa mõõtetulemused vastavalt välistemperatuurile. Iga välistemperatuuri ühe kraadi

kohta arvutati nädala keskmine niiskuslisa keskmine ja maksimaalne suurus, mis loeti esindama selle korteri niiskuskoormusi (vt. Joonis 10.20).



Joonis 10.20 Niiskuslisa sõltuvus välitemperatuurist ühes korteris.

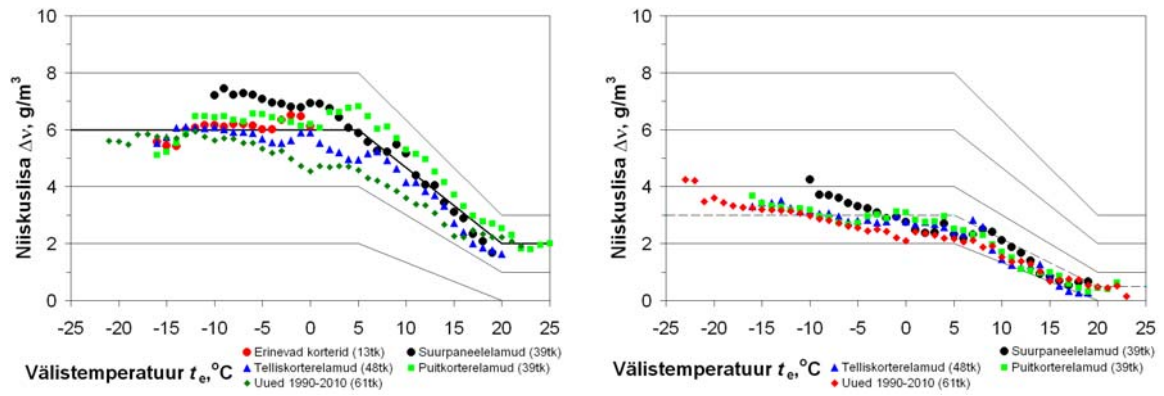
Kõikide korterite keskmine niiskuslisa ja arvutussuuruse leidmiseks on iga korteri keskmisest ja nädala keskmise maksimaalsuurusest on leitud arvutussuurus (90% kriitilisuse tasemel) (Joonis 10.21 vasakul) ja keskmine (Joonis 10.21 paremal). Niiskuslisa arvutussuurus niiskuslisa tehnikateks arvutusteks esindab niiskuslisa 90% kriitilisuse tasemel. Sisekliimatingimuste hindamiseks ja eriti siis, kui ei tehta pikaajalisi mõõtmisi, tuleb kasutada niiskuslisa keskmisi suurus.



Joonis 10.21 Uuritud korterelamute niiskuslisa arvutussuurus (vasakul) ja keskmine niiskuslisa (paremal).

Korterelamutest on niiskuslisa arvutussuurus (90% tasemel) külmal perioodil ( $t_e \leq +5 \text{ °C}$ )  $+5...6 \text{ g/m}^3$ . Soojal perioodil oli niiskuslisa  $+2 \text{ g/m}^3$ . Üllatavalt on see sarnane teiste vanemates korterelamutes (suurpaneelilamud, telliselamud, puitkorterelamud) tehtud mõõtetulemustega. Üllatav on tulemus seetõttu, et uutes korterelamutes võiks eeldada toimivat ventilatsioonisüsteemi. Seega ventilatsioonisüsteemi olemusolu ei taga veel väiksemat niiskuskoormust. Oluline on ventilatsiooni toimivus: õhuvooluhulk, müra, tõmbus, energiatõhusus jne.

Üldistades niiskuskoormusi vanemates ja uutes korterelamutes, võib väita, et erinevused eri hoonetüüpide vahel ei ole suured. Seega võib kõikide korterelamute projekteerimisel niiskuslisa arvutussuuruseks (koormus 90% tasemel) võtta külmal perioodil ( $t_e \leq +5 \text{ °C}$ )  $+6 \text{ g/m}^3$  ja soojal perioodil ( $t_e \geq +20 \text{ °C}$ )  $+2 \text{ g/m}^3$  (Joonis 10.22, vasakul). Vahepeal langeb niiskuslisa suhteliselt lineaarselt. Energiaauditite tegemisel sisekliimatingimuste hindamiseks ja eriti, kui ei tehta pikaajalisi mõõtmisi, tuleb kasutada niiskuslisa keskmisi suurus, kus niiskuslisa on külmal perioodil arvutussuurusest poole väiksem: külmal perioodil ( $t_e \leq +5 \text{ °C}$ )  $+3 \text{ g/m}^3$  ja soojal perioodil ( $t_e \geq +20 \text{ °C}$ )  $+1 \text{ g/m}^3$  (Joonis 10.22, paremal). Suure niiskuskoormuse peamine põhjus on puudulik ventilatsioon ja suur niiskuslisa.



Joonis 10.22 Niiskusisa arvutus suuruse (90% kriitilisuse tasemel) (vasakul) ja keskmise suuruse (paremal) võrdlus varasemate uuringutega Eestis.

# 11 Ventilatsiooni toimivus ja siseõhu kvaliteet

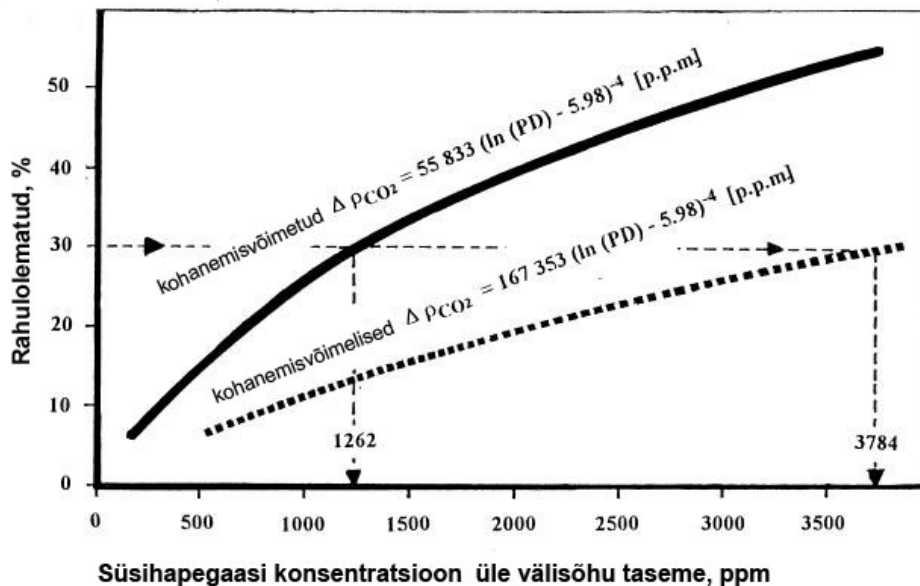
## 11.1 Sissejuhatus

Kuna inimesed veedavad kuni 90% (Lech jt 1996) elust siseruumides, tuleb sisekliima tagamisele pöörata kõrgendatud tähelepanu. Arvutused on näidanud, et halva sisekliima poolt põhjustatud kulutused on suuremad kui kütte- ja ventilatsioonisüsteemide käigushoidmiseks kuluva energia maksumus (Seppänen 1999). Arvukatest uuringutest selgub, et halb sisekliima on seotud „haige hoone sündroomi”, hingamisteede haiguste, allergia ja astma sümptomite ning töövõime langusega (Seppänen & Fisk 2006, Lu jt 2009).

Inimesed, ehitus- ja viimistlusmaterjalid, mööbel ning seadmed eraldavad ruumidesse saasteaineid, mis on vaja sealt eemaldada. Siseõhu kvaliteedi tagamiseks korterelamutes kasutatakse ventilatsiooni. Ventilatsioon on seadmete ja meetmete kogum selleks, et õhuvahetuse abil saavutada ettenähtud sisekliima parameetreid. Ventilatsiooni eesmärk on eelkõige siseõhu puhtuse tagamine. Sageli on halva sisekliima peamiseks põhjuseks ventilatsioonisüsteemi ebapiisav toimimine (Redlich 1997). Siseõhu kvaliteeti mõjutavad oluliselt CO<sub>2</sub>, niiskuse, formaldehüüdide, tolmu, tubakasuitsu ja gaasi põlemisproduktide tase. Lisaks võib siseõhus olla ka muid gaasilises või hõljuvas olekus lisandeid ja mikroorganisme. Samuti tuleb hoolikalt jälgida radoonisisaldust ja gammakiirgust. Ruumides, kus saasteallikaks on inimesed, iseloomustab just CO<sub>2</sub> sisaldus õhu kvaliteeti, kuna teiste inimtegevusega seotud kahjulike ainete toodang on süsihappegaasiga proportsionaalne. Siseõhu üldtunnustatud CO<sub>2</sub> piirnorm on 1000 ppm. Hoonete energiatõhususe lähteparameetrite määramise standardi (EVS-EN 15251) kohaselt liigitatakse sisekliima soojusliku mugavuse taseme järgi klassidesse (vt. Tabel 11.1). Sageli kasutatakse sisekliima hindamisel ka ruumis viibivate inimeste hinnangut õhu kvaliteedi kohta (vt. Joonis 11.1). Üldjuhul on uuringutes peetud maksimaalseks aktsepteeritavaks rahulolematute protsendiks 30% (Joki 1998).

Tabel 11.1 Sisekliima klasside kirjeldus (EVS-EN 15251)

| Sisekliima klass | Selgitus   |
|------------------|--|
| I                | Sisekliima kvaliteedi kõrged nõudmised . Soovitav ruumides, kus viibivad väga tundlikud, nõrga tervisega ja erinõuetega inimesed, nagu puuetega inimesed, haiged, väga väikesed lapsed ning eakad inimesed. Parima sisekliima. ootus |
| II               | Sisekliima kvaliteedi tavapärased nõudmised . Tuleks rakendada uutes ja renoveeritavates hoonetes.   |
| III              | Sisekliima kvaliteedi mõõdukad nõudmised . Võib rakendada olemasolevates hoonetes.   |
| IV               | Sisekliima kvaliteedi väärtused, mis jäävad väljapoole eelmainitud klasse. Antud klass võib olla vastuvõetav ainult piiratud ajal aastast.   |



Joonis 11.1 Rahulolematute määr väikese kehalise aktiivsuse juures, avaldatud CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni järgi üle välisõhu taseme (Jokl 1998).

Korterites, kus on tavapärasest suuremad niiskuseraldused (suur elanike tihedus, pesu kuivatamine, toidu valmistamine, toataimed, pesemine) ja minimaalsed CO<sub>2</sub> eraldused, ei pruugi CO<sub>2</sub> taseme piirnormidesse jäämine tähendada veel niiskuse eemaldamiseks piisava ventilatsiooni olemasolu. Samas põhjustab suur siseõhu suhteline niiskus korterites hallitusprobleeme. Eriti tõsiseks muutub olukord siis, kui suhteline niiskus tõuseb üle 70–80%. Seega on siseõhu kvaliteedi hindamisel oluline jälgida ka õhu suhtelist niiskust ja üleliigsete niiskuseralduste eemaldamiseks suurendada korteri õhuvahetust. Üha enam populaarsust koguv õhukuivati paigaldamine eemaldab küll niiskusprobleemi sümptomid, kuid ei tegele nende tekkepõhjustega ning seetõttu tuleb selle lahenduse kasutamisel olla äärmiselt ettevaatlik.

Vastupidiselt eelneva olukorraga võib korterites, kus puuduvad suured niiskuseraldused ning on intensiivne ventilatsioon, suhtelise niiskuse tase langeda liiga madalale. Üldtunnustatud suhtelise niiskuse alumine piir on 30%. Liiga kuiv õhk põhjustab inimestel kurgukuivust, peavalu probleeme ning silmade ja naha ärritust. Samuti tekitab ebamugavusi staatilise elektri teke. Olukorra lahendamiseks kasutatakse sageli õhuniisuteid. Samas tuleb ka õhuniisutite kasutamisega olla ettevaatlik, kuna nende töökeskkond on väga niiske ning niiskusega kaasneb reeglina ka hallituse ja bakterite teke.

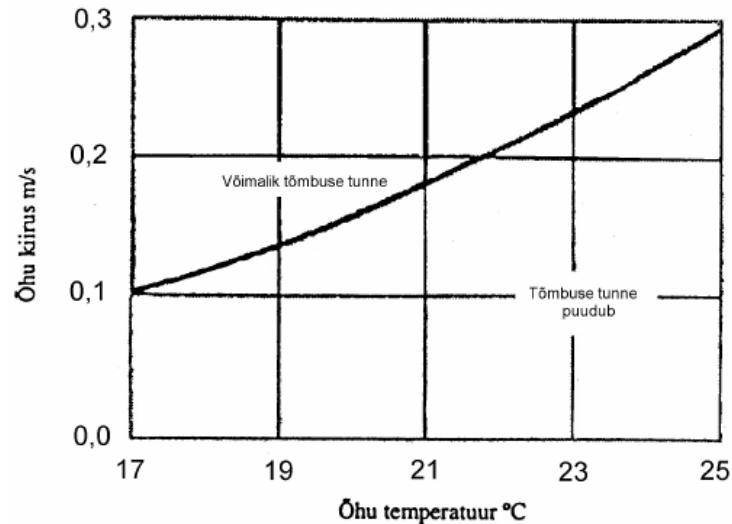
Inimeste hinnangut sisekliima kvaliteedile mõjutab ka õhu liikumise kiirus ruumis. Talvel tekitab liiga suur õhu liikumise kiirus tõmbustunnet, seevastu suvel aitab suurem kiirus mugavustunnet parandada. Külmal aastaajal on lubatud õhu liikumise kiiruseks kuni 0,21 m/s (projekteerimiskriteeriumi CR 1752 C (madalaim) tase). Selle piiri täitmine võib olla probleemiks sundventilatsiooni, aktiivse tuulutamise või värskeõhuklappide korral. Tõmbustunde mõju saab vähendada kõrgema siseõhu temperatuuriga, (vt. Joonis 11.2). Õhu liikumisekiirusest põhjustatud elanike rahulolematuse taset hindab ka ISO EN 7730:1994 standard (vt. Valem 11.2).

$$DR = ((34 - t_a) \cdot (v - 0,05)^{0,62}) \cdot (0,37 \cdot v \cdot T_u + 3,14) \quad (11.1)$$

kus

*DR* tuuletõmbuse tõttu rahulolematuid, %;  
*t<sub>a</sub>* siseõhu temperatuur, °C;  
*v* õhuliikumise kiirus, m/s;  
*T<sub>u</sub>* turbulentsi osakaal, %.

Õhuvahetus on elamute sisekliima seisukohast ülimalt oluline, kuid õhuvooluhulkade valikul tuleb leida kesktee süsteemi käiguhoidmise kulutuste ja võimalike inimeste tervist ning mugavust mõjutavate tegurite vahel. Üleventileeritus võib põhjustada tuuletõmbust, liigset müra, aga ka energiakasutuse kasvamist ventilatsioonile. Lisaks hoonetesse kavandatud ventilatsioonile esineb neis ka õhulekke piirdetarindite kaudu ehk eks- ja infiltratsioon. Kuigi siseõhk vahetub ka infiltratsiooni teel, ei ole selle protsessi puhul võimalik õhu liikumist kontrollida. Eriti oluline on piirete õhulekke vähendamine soojustagastusega ventilatsiooni puhul, kuna eks- ja infiltratsiooni õhuvooluhulk soojustagastit ei läbi.



Joonis 11.2 Tõmbuse tunnetamine olenevalt siseõhu temperatuurist ja õhu liikumisekiirusest.

## 11.2 Ventilatsioonisüsteemide kirjeldus

Uuritud elamutes kasutati peamiselt kahte erinevat ventilatsioonisüsteemi. Enamikes elamutes kasutatakse mehaanilist väljatõmbeventilatsiooni, mille välis tuli läbi värskõhuklappide. Neljas korteris oli kasutusel korteriagregaadiga soojustagastiga mehaaniline sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioon. Väljatõmbe õhust võetakse osa soojust ning antakse see soojusvaheti abil sissepuhutavale õhule.



Joonis 11.3 Näide plaatsoojusvahetiga korteri ventilatsiooniagregaadist.

Väljatõmbe plafoonid on „mustades“ ruumides ehk siis WC-s, vannitoas ja köögis. Tuleb märkida, et ligikaudu pooltel uuritud korteritest puudus köögis üldine väljatõmme. Enamikes korterites oli köögi väljatõmbeks paigaldatud pliidikubu, vaid ühes korteris kubu puudus. Kubud **ei ole** ühendatud üldise väljatõmbe süsteemiga ja neile on ette nähtud omaette ventilatsioonikanal.

Väljatõmbeventilatsiooni kompenseerimiseks kasutatavad värskeõhuklapid asetsavad elu- ning magamistubade välispiiretes ning neist tuleb ruumi töötlemata välisõhk. Õhk läbib klapis oleva filtri, et eemaldada sellest suuremad saasteosakesed. Filtrid toimivad ka mürasummutuselementidena. Kasutatakse erinevat tüüpi värskeõhuklappe (vt. Joonis 11.4):

- Välisseina freesitud auku on paigaldatud ümar plastikkanal (100mm), mille välisosas on rest õhu haaramiseks ning siseosas õhuvooluhulga reguleerimisvõimalusega klapp.
- Aknaraami ülääärde on freesitud piklik pilukujuline kanal. Sarnaselt eelmise variandiga on välisosas õhuhaarde rest ning ruumipoolses osas reguleerimisvõimalusega klapp.



Joonis 11.4 Näide erinevatest värskeõhuklappidest. Seinasse paigaldatav (vasakul) ja akna raami ülääärde paigaldatav (paremal).

Sissepuhke-väljatõmbe süsteemiga korterites juhitakse puhas ja töödeldud (soojust vahetit läbinud) õhk kanalite kaudu elu- ning magamistubadesse.

## 11.3 Metoodika

### 11.3.1 Õhuvooluhulgad

Ventilatsiooniõhu mõõtmised tehti kõikides korterites, nii et olemasolevat olukorda ei muudetud. Sellisel juhul oli võimalik mõõdistada korteri õhuvahetust sellisena, nagu see toimib igapäevaelus. Üldiselt korterelamutes ventilatsioonisüsteemi õhuvooluhulkasid ei muudeta, siiski esineb erandeid. Üksikutes korterelamutes vähendatakse ventilatsiooni õhuvooluhulkasid öösiti, mis toob elanikele energiasäästu, kuid õhuvooluhulkade vähendamine öisel ajal, kui inimesed viibivad eluruumides, võib sisekliimat silmas pidades omada negatiivset efekti.

Õhuvooluhulkasid mõõdeti erinevate meetoditega. Peamiselt mõõdeti õhu liikumise kiirust ventilatsioonisüsteemis ning arvutati õhuvooluhulk, mis läbib vastavat ristlõiget. Lisaks kasutati ka rõhulangu järgi õhuvooluhulga mõõtmist. Ventilatsioonisüsteemide mõõdistamisi tehti ventilatsioonitorustike kaudu, kuid eksploatatsioonis olevates hoonetes oli torustikele ligipääs raskendatud ning mõõtmisi tehti lõppelementides.

Ventilatsioonisüsteemide mõõdistamise meetodid ning nõuded on kirjeldatud standardites EVS-EN 12599 ja SFS 5512. Standardites toodud mõõteseadmetest kasutati kõnesolevas

uuringus õhuvooluhulkade mõõtmisel kuuma traadiga sondi, millega saab mõõta õhu liikumise kiirusi alates 0,1 m/s (vt. Tabel 11.2) ning seetõttu sobib see sond hästi plafoonide mõõtmisele, kus kiirused on madalad. Et teha täpseid mõõtmisi lõppelementides, kasutati mõõtelehtrit. Mõõtelehtril on eesmises servas pehmest materjalist ääris, mis surutakse koos lehtriga ventilatsiooni lõppelemendi ümber tugevasti ning õhutihedalt vastu seina. Kuna õhul ei ole enam võimalik liikuda mujalt kui läbi lehtri kaela, saab lehtri kaelas mõõta õhu kiiruse ning, teades lehtri kaela ristlõikepindala, saab arvutada mõõteseadet läbiva õhuvooluhulga.

Tabel 11.2 Mõõteseadmete mõõtevahemikud ja -täpsused.

| Mõõtesead                      | Mõõtevahemik m/s | Pöördenurk, mille juures ebatäpsus on 1%, ° | Mõõdetud näidu ebatäpsus, % |
|--------------------------------|------------------|---|-----------------------------|
| Pitostaatiline toru            | 2-50             | +/- 15                                      | +/- 2 skaala näidust        |
| Mehhaaniline tiivikanemomeeter | 3 - 20           | +/- 10                                      | +/- 5                       |
| Elektriline tiivikanemomeeter  | 2 – 20           | +/- 10                                      | +/- 5 skaala näidust        |
| Termineline sond               | 0 – 5            | Sõltub ehitusest                            | +/- 5 skaala näidust        |
| Kuuma traadiga anemomeeter     | >0,1             | Sõltub ehitusest                            | +/- 1 kuni +/- 10           |

Ventilatsiooni õhuvooluhulga mõõtmiseks kasutati multifunktsionaalset mõõteseadet Testo 435, mille külge on võimalik ühendada erinevaid mõõteelemente. Korterite ventilatsiooni mõõtmise juures kasutati terminist õhu liikumise sondi, mis võimaldab mõõta ka temperatuuri ja niiskust. See sond töötab kuuma traadi põhimõttel ning sobib hästi ka väga väikeste õhuhulkade mõõtmiseks. Mõõtmisi tehti väljatõmbe- ja sissepuhkeplafoonidest, et mõõtmised oleksid täpsed, kasutati mõõtmiseks mõõtelehtrit (Testo), mis on mõeldud pinnapealsete plafoonide ja restide mõõtmiseks. Kasutatud mõõtelehtriga saab mõõta reoste ning plafoone, mille suurim mõõt ei ületa 450 mm, kuna lehtri ava sisemõõdud on 450 x 450mm. Kuuma traadiga sondi mõõtekohas on ümara ristlõikega ava, mille ristlõike pindala on 6000 mm<sup>2</sup>. Mõõteseadet mõõdab õhu liikumise kiirust ning arvutab vastavalt ristlõikele välja õhuvooluhulga, mis läbib mõõteala ristlõiget.

Mõõtmised toimusid ajavahemikul 30.08.2011 kuni 25.03.2012. Mõõtmised tehti paralleelselt CO<sub>2</sub> mõõteseadmete paigaldusega. Õhuhulga mõõtmistel mõõdeti õhuvooluhulkasid plafoonidest, mis olid ühendatud ventilatsioonisüsteemi. Kuna kaardistati korterites olevat hetkeolukorda, siis ventilaatorite töökiirust ning plafoonide ja restide seadistust ei muudetud. Lisaks eelnevale ei puhastatud ka ventilatsiooni värskeõhuklappide ega ka ventilatsiooniseadmete filtreid. Eeldusel, et kütteperioodi alguses alandatakse ventilatsioonisüsteemi töökiirusi, kontrolliti mõõtmisi nii suvel kui ka talvel.

Hindamiseks õhuvahetuse suurust erinevate pindalade ja kõrgustega ruumides, on kasutusele võetud õhuvahetuskordsuse mõiste. Õhuvahetuskordus näitab, mitu korda vahetub ruumiõhk 1 tunni jooksul. Selle avaldamiseks saab kasutada valem 11.2:

$$n = \frac{3,6 \cdot L}{V} \quad 11.2$$

kus:

- $n$  õhuvahetuskordsus h<sup>-1</sup>;
- $L$  õhuvooluhulk ruumis, l/s;
- $V$  ruumi maht, m<sup>3</sup>.

### 11.3.2 Siseõhu CO<sub>2</sub> sisaldus

Korteri sisekliimat mõõdeti nii suvisel kui talvisel ajal ajavahemikul 10.08.2011 kuni 28.03.2012. Ühe korteri mõõteperioodi pikkuseks oli 1–4 nädalat. Suurem osa mõõtmistest tehti talvel, kuna vastavalt hoonete energiatõhususe lähteparameetrite määramise standardile (EVS-EN 15251) tuleb CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni mõõtmised





eelistatavalt teha talvel. Selle peamiseks põhjuseks on tuuletõmbuse ohust põhjustatud aknatuulutuse ning värskõhuklappide piiratud talvine kasutamine. Ühes elamus mõõdeti süsihappegaasi kontsentratsiooni 1–2 korteris.

Kuna sisekliima hindamine on kohati ka subjektiivne ja seda pole alati võimalik mõõtmistega hinnata, siis esitasime elanikele küsimusi, mille abil said elanikud oma sisekliimale ise hinnangu anda.

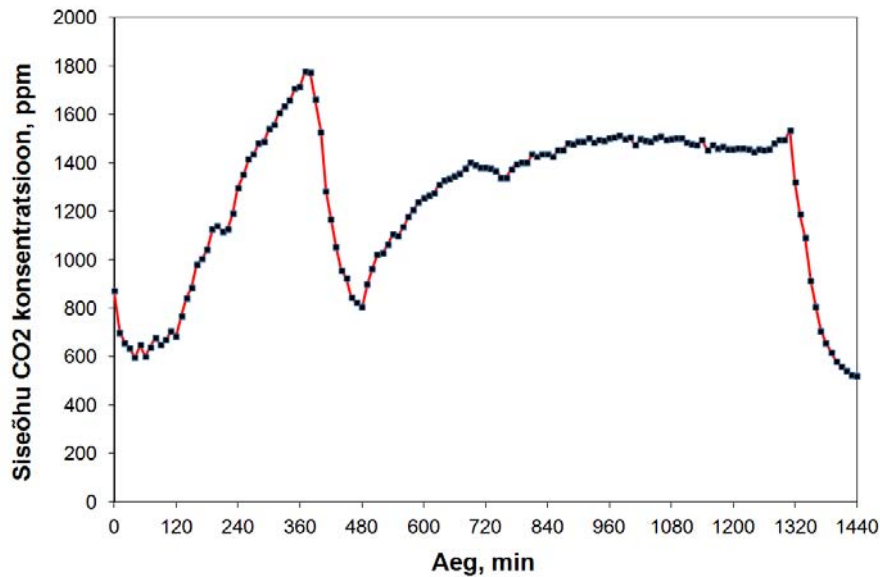
CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni mõõtmiseks kasutati HOB0 andmeid salvestavaid logereid (Onset Computer Corporation) ja TelAire 7001 CO<sub>2</sub> andureid. Mõõteseadmete täpsus ja mõõtepiirkonnad (vt. Tabel 11.3). Süsihappegaasi sisaldus ruumiõhus salvestati iga 10 minuti järel. 10-minutiline salvestusintervall määrab CO<sub>2</sub> kontsentratsioonid piisava täpsusega ning seda vahemikku on kasutatud ka varasemates uuringutes (Guo & Lewis 2007).

Tabel 11.3 CO<sub>2</sub> taseme ja väljatõmbe õhuvooluhulga mõõtmisel kasutatud seadmed

|               | HOB0 U12-006   | TelAire 7001  |
|---------------|--|---|
|               |  |  |
| Mõõtepiirkond | (0 - 4000 ppm)   | CO <sub>2</sub> tase 0 – 10000 ppm  |
| Mõõtetäpsus   | ±2,5% skaala väärtusest  | ±5% lugemist või 50 ppm (0-5000 ppm)  |

Süsihappegaasi mõõtmised toimusid magamistubades, kus viibis öösel 1–3 inimest. CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni mõõtmised tuleb teha siseõhu täieliku segunemise tingimustes, seega paigaldati seadmed võimalikult toa keskele 1–1,5 m kõrgusele põranda pinnast.

Siseõhu kvaliteet võib korterelamutes päeva jooksul väga palju varieeruda (vt. Joonis 11.5). Siseõhu CO<sub>2</sub> sisaldus sõltub väga erinevatest asjaoludest. Konkreetsete korterite mõõtetulemuste analüüsiks vajaliku teabe saamiseks täideti elanike, uuritava toa ja mõõteperioodil valitsenud sisekliima kohta vastavad ankeedid. Sama küsitluse alusel hinnati ka sisekliimast põhjustatud terviseprobleeme.



Joonis 11.5 Näide magamistoa CO<sub>2</sub> muutustest ühe ööpäeva jooksul.

### 11.3.3 Ainevahetusliku CO<sub>2</sub> meetod ruumi õhuvahetuse hindamiseks

Energiatõhususe lähteparameetrite määramise standardi (EVS-EN 15251) kohaselt saab hoonetes, kus peamiseks saasteallikaks on inimesed, ventilatsiooni õhuvooluhulgad tuletada, kasutades CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni mõõtmisi. Sellest lähtuvalt on uuringus õhuvahetust korterites hinnatud mõõdetud CO<sub>2</sub> kontsentratsioonide muutumise järgi magamistubades. Ruumi õhuvahetuse määramiseks on kasutatud ainevahetusliku CO<sub>2</sub> meetodi arvutusvalemit (vt. Valem 11.3):

$$C = C_v + \frac{m}{L} + \left(C_v + \frac{m}{L} C_0\right) \left(e^{-\frac{L}{V}T}\right) \quad (11.3)$$

kus:

|       |   |
|-------|---|
| $m$   | CO <sub>2</sub> toodang ruumis, g/h;                                  |
| $L$   | õhuvooluhulk ruumis, l/h;   |
| $V$   | ruumi maht, m <sup>3</sup> ;  |
| $C_v$ | CO <sub>2</sub> tase välisõhus, g/m <sup>3</sup> ;                    |
| $C$   | CO <sub>2</sub> tase ruumis mõõteperioodi lõpus, g/m <sup>3</sup> ;   |
| $C_0$ | CO <sub>2</sub> tase ruumis mõõteperioodi alguses, g/m <sup>3</sup> ; |
| $T$   | aeg, h.   |

Teades CO<sub>2</sub> taset sise- ja välisõhus, saab valemi 11.3 lahendamisel avaldada õhuvooluhulga ruumis. Välisõhu CO<sub>2</sub> eraldus on võetud 350 ppm. Inimeste CO<sub>2</sub> toodangu saab leida, summeerides ruumis olevate inimeste CO<sub>2</sub> eraldused. Korrektse õhuvahetuse avaldamiseks on vaja piisava täpsusega teada kõigi ruumis viibijate CO<sub>2</sub> eraldusi. Meetodi puuduseks on asjaolu, et magamistoa ukse lahtiolekul arvestatakse ka korteris toimuva siseõhu ringluse ja vastava CO<sub>2</sub> kontsentratsioonide hajumisega. Samuti mõjutab CO<sub>2</sub> sisaldust toaõhus aknapiirkondades toimuv infiltratsioon ja eksfiltratsioon ning korterisisene õhu liikumine. Nende mõjutegurite tulemusena võib ainevahetusliku CO<sub>2</sub> meetod näidata tegelikust suuremaid õhuvooluhulkasid.

### Inimese CO<sub>2</sub> eraldused ruumi

Kasutades kirjanduses (ASHRAE Handbook 1993) toodud seoseid ainevahetusliku soojuseralduse, kehapindala ja vastava hapnikutarbe vahel, saab avaldada järgneva valemi 11.4:

$$Q_{CO_2} = \frac{0,727 M RQ m^{0,425} l^{0,725}}{4,83 RQ + 16,17} \quad (11.4)$$

kus

- $Q_{CO_2}$  inimese CO<sub>2</sub> eraldused ruumiõhku, l/h;  
 $M$  inimese soojuseraldused, W/m<sup>2</sup>;  
 $RQ$  väljahingatava CO<sub>2</sub> ja sissehingatava O<sub>2</sub> suhe;  
 $m$  inimese kaal, kg;  
 $l$  inimese pikkus, m.

Süsihappegaasi eraldused ruumidesse sõltuvad eelkõige inimese kehapindalast ja füüsilisest aktiivsusest. Sissehingatava O<sub>2</sub> ja väljahingatava CO<sub>2</sub> suhe on kõnesolevas uuringus vaadeldavas piirkonnas (0,7–1,2 met) konstantne suurus. Kui konkreetsete katsete tulemusel ei ole määratud teisiti, võib RQ väärtuseks võtta 0,83 (ASHRAE Handbook 1993). Sellisel juhul saadakse CO<sub>2</sub> tulemused ligemale 3% täpsusega, mis on antud kontekstis täiesti piisav. Kasutades valemi 11.2 ja Tabel 11.4 puhkeaja ainevahetuslikke soojuseraldusi, võib leida CO<sub>2</sub> eraldused erineva kehakaalu ja pikkusega inimestele. Näiteks 1,73 m pikkuse ja 70 kg kaaluva mehe CO<sub>2</sub> eraldus magamise ajal on 10,8 l/h ja 33 kg kaaluva ja 1,4 m pikkuse lapsel 5,3 l/h.

Tabel 11.4 Tüüpilised puhkeaja ainevahetuslikud soojuseraldused (\*1 met = 58 W/m<sup>2</sup>).

| Tegevus                   | W/m <sup>2</sup> | met |
|---------------------------|------------------|-----|
| Magamine                  | 40               | 0,7 |
| Lamamine                  | 45               | 0,8 |
| Vaikselt istumine         | 60               | 1,0 |
| Rahulikult püstiseisimine | 70               | 1,2 |

Erinevates uuringutes (vt Tabel 11.5) on inimeste süsihappegaasi eraldusi sageli vaadeldud 24 h pikkuse perioodi keskmistena. Sellisel juhul arvestatakse ööpäeva keskmise ainevahetusliku aktiivsusega, mis leitakse kaalutud keskmise meetodil. Samas on mõningates varem tehtud uuringutes süsihappegaasi eraldused eraldi välja toodud ka magamise ajal. Kuna päevase aja CO<sub>2</sub> eraldused muutuvad väga suurtes piirides, saab süsihappegaasi eralduse kõige täpsemini määrata ööperioodil (Guo & Lewis2007). Kõnesolevas uuringus vaadeldakse süsihappegaasi kontsentratsioonide muutusi magamisperioodi vältel. Ühest küljest on selle põhjuseks eelnevates uuringutes soovitatud meetodika, teisalt aga inimeste kohalolekuprofiilide ja ruumiõhu CO<sub>2</sub> eralduste öine konstantsus.

Tabel 11.5 Ainevahetusliku CO<sub>2</sub> eraldused erinevates uuringutes.

| Riik, uuring                   | Uuringu objekt         | Täiskasvanu CO <sub>2</sub> eraldus, l/h | Lapse CO <sub>2</sub> eraldus, l/h                |
|--------------------------------|------------------------|--|---|
| USA, Dietz & Goodrich 1995     | Koolid ja elamud       | 19                                       | 12  |
| Tai, Leephakpreeda jt 2000     | Koolid                 | 16,2                                     | 16,2  |
| Iirimaa, Guo and ja Lewis 2007 | Elamud                 | 18                                       | 18  |
| Rootsi, Pavlovas 2003          | Korterelamud           | 12*                                      | 12*   |
| Tšehhi, Jokl 2000              | Koolid, bürood, elamud | 19 (1-1,2 met)                           | 18 (3-6 a ja 2,7 met);<br>19 (14-16 ja 1-1,2 met) |
| Jaapan, Hayashi jt. 2000       | Eramud                 | 15* meestöoline;<br>13,5* naistöoline    | 13,5* keskkooli naisõpilane;<br>15,3* meesõpilane |

\*- ööperioodil

Kuna inimese soojuseraldused muutuvad vastavalt ainevahetusliku aktiivsuse määrale, on otstarbekas kasutada uuringus käsitletava perioodi keskmisi CO<sub>2</sub> eraldusi. Mainitud juhul on ööperioodi keskmiseks CO<sub>2</sub> eralduseks võetud täiskasvanute puhul 13 l/h ja kuni 14-aastastel lastel 6,5 l/h. Võrreldes neid suursi varasemates uuringutes kasutatud CO<sub>2</sub> eraldustega, vajab mainimist, et täiskasvanute puhul langevad kasutatud arvud eelnevate

uuringutega kokku. Suurem on erinevus laste puhul, kelle CO<sub>2</sub> eraldused on varasemalt võetud sageli täiskasvanutega võrreldes, kuid antud juhul näitab analüüs ning ka mõningad uuringud (Dietz & Goodrich 1995), et see ei ole otstarbekas. Uuringus kasutatavad CO<sub>2</sub> eraldused on analüütiliselt arvatud tulemustega ligilähedased. Täpsemate andmete saamiseks on vaja sisse- ja väljahingatava õhu keemilist koostist analüüsida, kuid taoline lähenemine sobib laboritingimuste jaoks ega ole realses olukorras teostatav.

### 11.3.4 Hindamiskriteeriumid

Vastavalt Eestis eluruumidele esitatavatele nõuetele (VV määrus nr. 38) peab neis olema ventilatsioon, mis tagab inimese elutegevuseks vajaliku õhuvooluhulga ja selle vahetuse. Sama määruse kohaselt peab õhu liikumiskiirus eluruumis, eluruumi maht ühe inimese kohta, keemiliste ja bioloogiliste ühendite sisalduse piirkontsentratsioon siseõhus olema tagatud vastavalt Eestis kasutatavatele normidele. Eestis hetkel kehtivatest riiklikest ja rahvusvahelistest standarditest ning tehnilistest aruannetest käsitlevad siseõhu CO<sub>2</sub> sisaldust eluhoonetes hoonete energiatõhususe lähteparameetrite määramise standard (EVS-EN 15251) ja sisekliima projekteerimiskriteerium (CR 1752). EVS-EN 15251 poolt määratud CO<sub>2</sub> piirkontsentratsioonid vastavalt sisekliima klassidele (vt. Tabel 11.7) on olulised energiaarvutusteks ning nõudluspõhiselt reguleeritavale ventilatsioonile.

Ruumide projekteerimisel määratakse õhuvahetus kas vastavate normarvude või ohtlike ainete eraldumise järgi. Elu- ja üldkasutatavates hoonetes võib õhuvahetuse määramisel lähtuda ruumide ventilatsiooni normatiivarvudest (inimese kohta, põrandapinna kohta, õhuvahetuskordsuse järgi). Hoonete energiatõhususe lähteparameetrite määramise standard (EVS-EN 15251) annab eluhoonetes ventilatsiooni õhuvooluhulgad sisekliima klassi järgi (vt. Ventilatsiooni projekteerimismäärus EVS 845-1 soovib magamistoas õhuvooluhulgaks võtta 0,7 l/(s·m<sup>2</sup>) või 6 l/s inimese kohta.

Tabel 11.6 Näiteid magamistubade ventilatsiooni õhuvooluhulkadest ventilatsiooni-süsteemide püsiva töö juures kasutusaegadel (EVS 916, EVS-EN 15251).

| Sisekliima klass | Õhuvahetus elu- ja magamistoas |  |  |
|------------------|--------------------------------|--|--|
|                  | Inimese kohta, l/s             | Põranda pinna kohta, l/(s·m <sup>2</sup> ) | Õhuvahetuskordsus, h <sup>-1</sup> (ruumi kõrgus 2,5m) |
| I                | 10                             | 1,4  | 2,0  |
| II               | 7                              | 1,0  | 1,4  |
| III              | 4                              | 0,6  | 0,9  |

Ruumide kasutusaja välisel perioodil võib neis ventilatsiooni õhuvooluhulkasid vähendada. Minimaalseks õhuvooluhulgaks nähakse standardis EVS-EN 15251 loomuliku ventilatsiooniga eluruumide puhul 0,05–0,1 l/(s·m<sup>2</sup>), mis 2,5 m kõrguse ruumi korral tähendab õhuvahetuskordsust 0,07–0,15 h<sup>-1</sup>.

Tabel 11.7 Üle välisõhu kontsentratsiooni ja kontsentratsioonil 350 ppm (EVS EN 15251) esitatud soovituslikud CO<sub>2</sub> sisalduse näited.

| Sisekliima klass | CO <sub>2</sub> kontsentratsioon üle välisõhu taseme, ppm | Siseõhu CO <sub>2</sub> kontsentratsioon välisõhu tasemel 350 ppm, ppm |
|------------------|---|--|
| I                | 350   | 700  |
| II               | 500   | 850  |
| III              | 800   | 1150   |
| IV               | >800  | >1150  |

EVS-EN 15251 toodud kontsentratsioonide puhul tekib vastuolu samas standardis määratud elu- ja magamistoas õhuvooluhulkadega inimese kohta. Taani Tehnikaülikoolis on lahatud nimetatud standardi tagamaid (Olesen 2007) ja toodud vastavate sisekliima klasside õhuvooluhulga ning siseõhu CO<sub>2</sub> sisalduse piirnormid. Need normid vastavad ühtlasi ka sisekliima projekteerimiskriteeriumis toodud väärtustele (vt. Tabel 11.8). Siit lähtuvalt kasutatakse käesolevas uuringus siseõhu CO<sub>2</sub> sisalduse hindamiseks

projekteerimiskriteeriumis CR 1752 toodud piirnorme, sealjuures on välisõhu CO<sub>2</sub> sisalduseks võetud 350 ppm. Uutes ja olemasolevates eluhoonetes on oluline soojusliku mugavuse klassi B (II) ja C (III) tasemete jälgimine, A (I) klassi piirnormid on mõeldud eelkõige kõrge sisekliima kvaliteedi tagamiseks. Rahulolematute määrale vastavaid CO<sub>2</sub> kontsentratsioone on võimalik kasutada ka soojusliku mugavuse klasside piirnormide määramisel (vt. Tabel 11.8). Sisekliima mittevastavus soovituslikule tasemele võib lisaks inimeste tervisele mõjutada ka ehituse konstruktsiooni- ja viimistlusmaterjale.

Tabel 11.8 Sisekliima klassid ruumidele, kus peamiseks CO<sub>2</sub> tekitajaks on inimene (CR 1752).

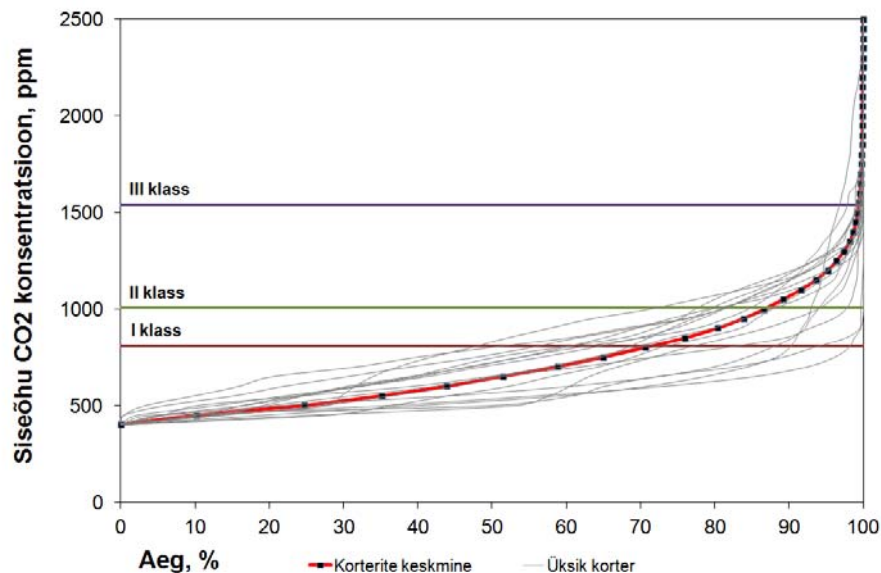
| Sisekliima klass | Rahulolematute tase elanikest, % | Siseõhu CO <sub>2</sub> kontsentratsioon välisõhu tasemel 350 ppm, ppm | Siseõhu CO <sub>2</sub> kontsentratsioon, ppm |
|------------------|----------------------------------|--|---|
| A                | 15                               | 460  | 810   |
| B                | 20                               | 660  | 1010  |
| C                | 30                               | 1190   | 1540  |

Energiaühuse lähteparameetrite määramise standard (EVS-EN 15251) lubab lühiajalisi kõrvalekaldeid sisekliima parameetrite täitmisel. Soojusliku mugavuse klassidega määratud piirsuurusi on lubatud ületada 3% või 5% hoone kasutamise ajast päevas, nädalas, kuus või aastas. Sealjuures tuleb tähele panna, et isegi kui pikemaajalise perioodi jooksul parameetreid üle lubatud kõrvalekalde kasutusajast ei ületata, tuleb neid täita ka päeva ning nädala jooksul.

## 11.4 Tulemused

### 11.4.1 Siseõhu kvaliteet

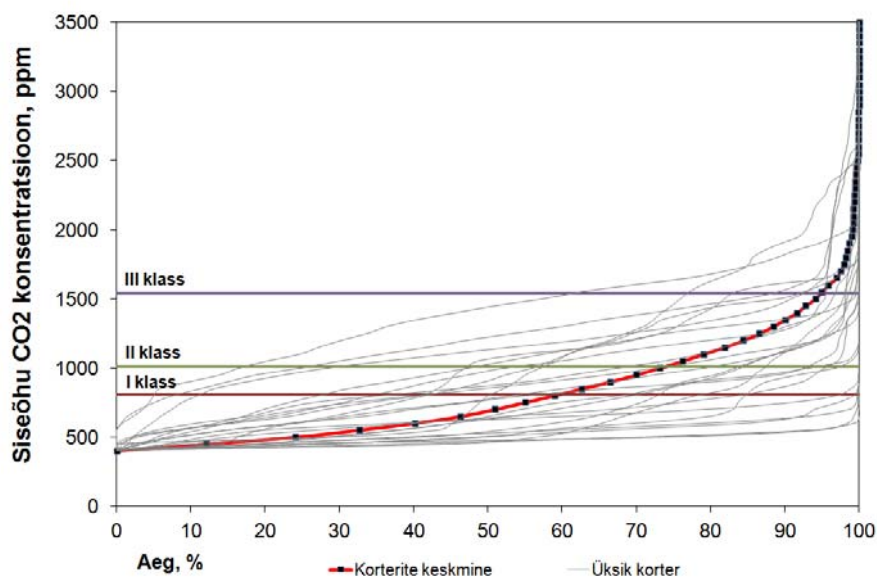
Siseõhu kvaliteeti hinnati õhu süsihappegaasi sisalduse alusel. Suvel korterite magamistubades mõõdetud CO<sub>2</sub> kontsentratsioonid jäid vahemikku 325–2324 ppm ja mõõtmistulemuste standardhälve oli 233 ppm. Magamistubade keskmised CO<sub>2</sub> kontsentratsioonid jäid vahemikku 552–826 ppm ja tulemuste keskmine oli 699 ppm. Sisekliima projekteerimiskriteerium (CR 1572) kohaselt on soojusliku mugavuse I(A) klassi CO<sub>2</sub> sisalduse piirnorm 810 ppm, II(B) ja III(C) klassi piirnormid vastavalt 1010 ja 1540 ppm (välisõhu CO<sub>2</sub> tasemel 350 ppm). Suvel uuritud korterites vastas siseõhu CO<sub>2</sub> sisaldus I(A) normile 71 %, II(B) normile 87 % ja III(C) normile 99 % mõõteperioodi ajast (vt Joonis 11.6). Arvestades, et energiaühuse lähteparameetrite määramise standard (EVS-EN 15251) lubab soojusliku mugavuse klassidesse liigitusel piirsuuruste 5% ületamist, vastab suvel I(A) ja II(B) tasemele vastavalt 1(6,3 %) ja 2(12,5 %) korterit 16 uuritud korterist. Ülejäänud 13(81,2 %) korterit vastasid soojusliku mugavuse III klassile.



Joonis 11.6 Suveperioodi CO<sub>2</sub> mõõtetulemuste kummulatiivne jaotus

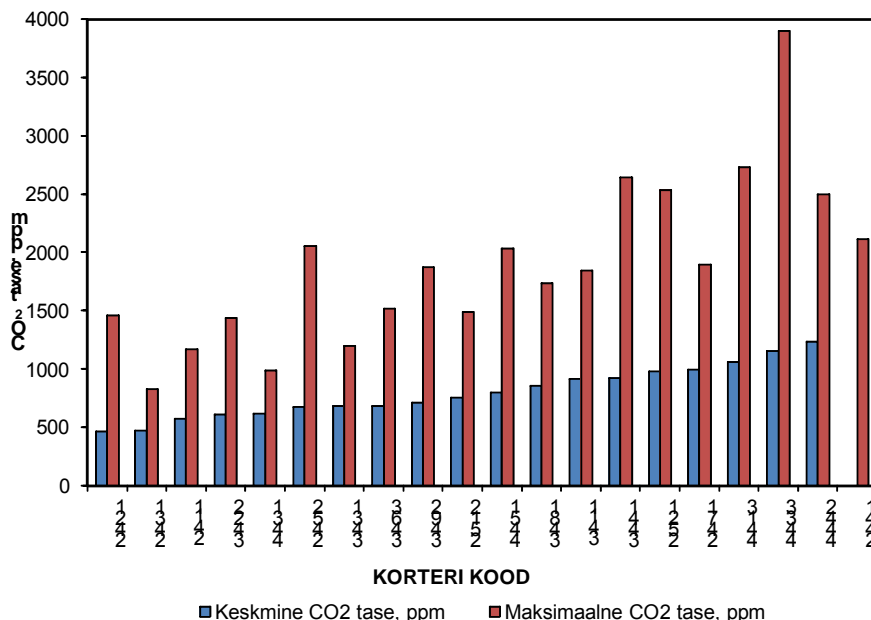
Talveperioodil korterite magamistubades mõõdetud CO<sub>2</sub> kontsentratsioonid jäid vahemikku 325–3347 ppm ja mõõtmistulemuste standardhälve oli 250 ppm. Magamistubade keskmised CO<sub>2</sub> kontsentratsioonid jäid vahemikku 474 - 1387 ppm ja nende keskmine oli 790 ppm. Talveperioodil uuritud korterites vastas siseõhu CO<sub>2</sub> sisaldus I(A) normile 61 %, II(B) normile 76 % ja III(C) normile 96 % mõõteperioodi ajast (vt Joonis 11.7). Arvestades, et energiatõhususe lähteparameetrite määramise standard (EVS-EN 15251) lubab soojusliku mugavuse klassidesse liigitusel piirsuuruste 5% ületamist, vastab talveperioodil I(A) tasemele 5(21,7 %) II(B) tasemele 4(17,3 %) ja III(C) tasemele (39,1 %) korterit 23 uuritud korterist.

Kuigi suvine CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni keskmine tase on mõnevõrra madalam kui talvine, siis olulist erinevust ei esine. Kui vaadelda üksikute korterite CO<sub>2</sub> kestvusgraafikuid võib täheldada, et suvel on need tundvalt võrdsemad kui talvel. See viitab asjaolule, et suvel kasutatakse intensiivselt akende avamist õhuvahetuse parandamiseks ning mugava sisekliima loomiseks. Talvel kasutatakse akende avamist õhuvahetuse intensiivistamiseks tundvalt vähem. Peamiseks põhjuseks tuleb siinkohal pidada madalatemperatuurse välisõhu sissevoolust tingitud ebamugavust. Just talviste graafikute suur erinevus (vt. Joonis 11.7) iseloomustab korterite ventilatsiooni erinevat toimimist.



### Joonis 11.7 Talveperioodi CO<sub>2</sub> mõõdetulemuste kumulatiivne jaotus

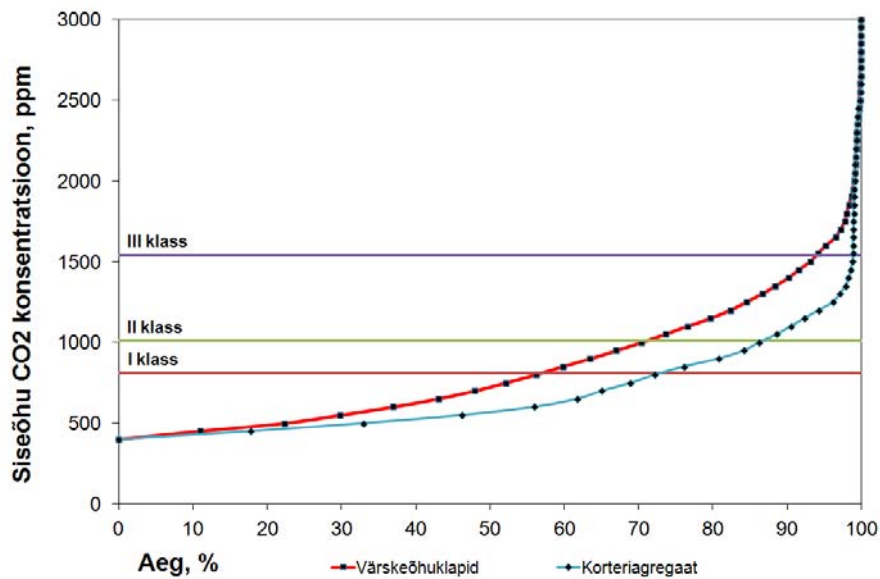
Joonis 11.8 on välja toodud mõõdetud CO<sub>2</sub> keskmine tase ning maksimaalne tase. Korterite keskmine CO<sub>2</sub>-tase on 830 ppm, mille põhjal saab korterid liigitada II sisekliima klassi. Keskmiste CO<sub>2</sub> tasemete järgi saab korteritest 8,7% liigitada III sisekliima klassi ja 47,8% korteritest saab liigitada I sisekliima klassi. Korterite maksimaalsed CO<sub>2</sub> tasemed on oluliselt kõrgemad jäädes vahemikku 830 kuni 3900 ppm ning keskmine on 1898 ppm.



### Joonis 11.8 Korterites mõõdetud keskmised ja maksimaalsed CO<sub>2</sub> tasemed.

Hindamaks ventilatsioonisüsteemi mõju ruumiõhu kvaliteedile on eraldi vaadeldud soojustagastiga korteriagregaadiga ja värskõhuklappidega ventilatsioonisüsteemidega korterite magamistubade keskmist siseõhu CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni (vt. Joonis 11.9). Valitud on talvised CO<sub>2</sub> kontsentratsioonid, kuna sel perioodil on akende avatusest tulenev mõju korteri õhuvahetusele väiksem kui suvel. Korteritüüpidega süsteemide puhul vastas CO<sub>2</sub> kontsentratsioon soojusliku mugavuse I(A) klassi piirnormile 72,0 % ja värskõhuklappidega süsteemidega korterites 58,0% mõõteperioodi ajast. II(B) klassi piirnormile vastas CO<sub>2</sub> kontsentratsioon vastavalt korteriagregaadiga korterites 88,0 % ja värskõhuklappidega korterites 71,0.% mõõteperioodi ajast. III(C) klassi piirnormile vastas CO<sub>2</sub> kontsentratsioon korteriagregaadiga korterites 99,0% ja värskõhuklappidega korterites 95,0% mõõteperioodi ajast. 5% lubatud piirnormi ületusega vastab korteriagregaadiga korteritest soojusliku mugavuse I(A) tasemele 50,0%, II(B) tasemele 25,0% ja III(C) tasemele 25,0% vaadeldud korteritest. Värskõhuklappidega korterites vastab I(A) tasemele 15,8 %, II(B) tasemele 15,8 % ja III(C) tasemele 42,1 % vaadeldud korteritest.

Selgub, et ventilatsiooniagregaadiga korterite magamistubade keskmine CO<sub>2</sub> tase on mõnevõrra madalam kui värskõhuklappidega korterite puhul. Võib järeldada, et mehaanilise sissepuhke-väljatõmbesüsteemiga saab korterite õhuvahetust paremini tagada kui ainult mehaanilise väljatõmbesüsteemiga.

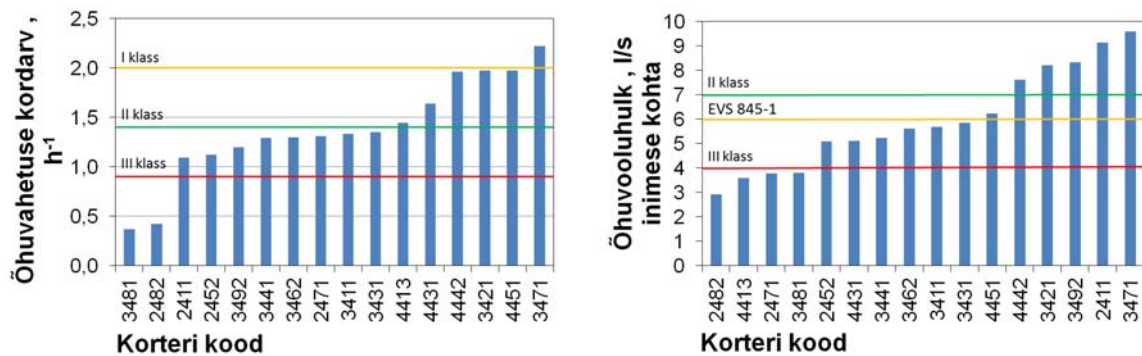


Joonis 11.9 Erinevate ventilatsioonisüsteemide mõju CO<sub>2</sub> kontsentratsioonile.

### 11.4.2 Magamistubade õhuvahetus CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni alusel

Kasutades valemit 11.3, on leitud iga korteri vaadeldava magamistuba jaoks õhuvooluhulk öösel. Lisaks on arvatatud magamistubade õhuvahetuskordsused.

Kuna magamistubade mõõtmed ja seal viibivate elanike arv erineb, saab neid kõige paremini võrrelda õhuvahetuse kordarvu ja õhuvoolu hulga järgi inimese kohta (vt. Joonis 11.10). Arvutuste kohaselt jäi suvel korterite keskmine õhuvahetuskordsus vahemikku 0,4– 2,2 h<sup>-1</sup> ja keskmine oli 1,4 h<sup>-1</sup> (vt. Tabel 11.9 ja Joonis 11.10).



Joonis 11.10 Suvine korterite magamistubade õhuvahetuse kordarvu (vasakul) ja õhuvooluhulga inimese kohta (paremal) vastavus hindamiskriteeriumitele.

Tabel 11.9 CO<sub>2</sub> tulemuste põhjal arvatatud suvine magamistubade õhuvahetus.

| Kood | Ventilatsiooni õhuvooluhulk |      |       |       |        |      |       |       |                 |      |       |       |
|------|-----------------------------|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|-----------------|------|-------|-------|
|      | l/(s·m <sup>2</sup> )       |      |       |       | l/s    |      |       |       | h <sup>-1</sup> |      |       |       |
|      | keskm.                      | min. | maks. | stdh. | keskm. | min. | maks. | stdh. | keskm.          | min. | maks. | stdh. |
| 2411 | 0,8                         | 0,6  | 1,1   | 0,2   | 9,1    | 6,9  | 12,8  | 1,9   | 1,1             | 0,8  | 1,5   | 0,2   |
| 2452 | 0,8                         | 0,5  | 1,5   | 0,4   | 10,2   | 6,5  | 18,2  | 4,5   | 1,1             | 0,7  | 2,0   | 0,5   |
| 2471 | 1,0                         | 0,8  | 1,3   | 0,2   | 11,3   | 9,1  | 14,8  | 1,9   | 1,3             | 1,0  | 1,7   | 0,2   |
| 2482 | 0,3                         | 0,2  | 0,4   | 0,0   | 2,9    | 2,3  | 3,5   | 0,4   | 0,4             | 0,3  | 0,5   | 0,1   |
| 3411 | 0,3                         | 0,2  | 0,5   | 0,1   | 11,3   | 5,8  | 14,7  | 3,0   | 1,3             | 0,2  | 1,8   | 0,5   |



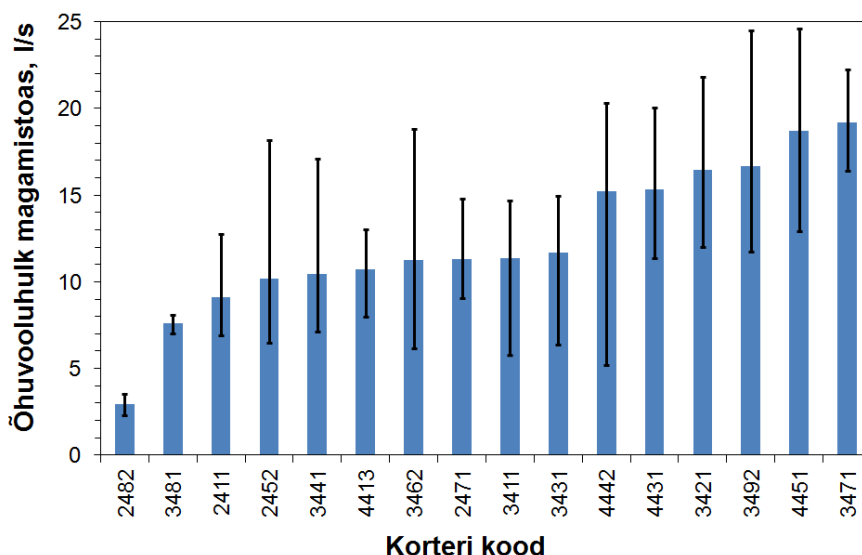
|             |            |     |     |     |            |      |      |     |             |     |     |     |
|-------------|------------|-----|-----|-----|------------|------|------|-----|-------------|-----|-----|-----|
| 3421        | 1,4        | 1,0 | 1,8 | 0,3 | 16,4       | 12,0 | 21,8 | 3,2 | 2,0         | 1,4 | 2,5 | 0,4 |
| 3462        | 0,9        | 0,5 | 1,6 | 0,3 | 11,2       | 6,1  | 18,8 | 4,1 | 1,3         | 0,7 | 2,2 | 0,5 |
| 3431        | 1,0        | 0,5 | 1,2 | 0,2 | 11,7       | 6,4  | 15,0 | 2,7 | 1,3         | 0,7 | 1,7 | 0,3 |
| 3441        | 1,0        | 0,7 | 1,6 | 0,3 | 10,5       | 7,1  | 17,1 | 3,5 | 1,3         | 0,9 | 2,1 | 0,4 |
| 3471        | 1,7        | 1,4 | 1,9 | 0,2 | 19,2       | 16,4 | 22,2 | 2,2 | 2,2         | 1,9 | 2,6 | 0,3 |
| 3481        | 0,3        | 0,3 | 0,3 | 0,0 | 7,6        | 7,0  | 8,1  | 0,4 | 0,4         | 0,3 | 0,4 | 0,0 |
| 3492        | 0,8        | 0,6 | 1,2 | 0,2 | 16,7       | 11,7 | 24,5 | 4,0 | 1,2         | 0,8 | 1,8 | 0,3 |
| 4413        | 1,0        | 0,7 | 1,2 | 0,2 | 10,7       | 8,0  | 13,0 | 1,7 | 1,4         | 1,1 | 1,7 | 0,2 |
| 4431        | 1,2        | 0,9 | 1,6 | 0,2 | 15,3       | 11,4 | 20,1 | 3,1 | 1,6         | 1,2 | 2,1 | 0,3 |
| 4442        | 1,4        | 0,5 | 1,8 | 0,4 | 15,2       | 5,2  | 20,3 | 4,6 | 2,0         | 0,7 | 2,6 | 0,6 |
| 4451        | 1,4        | 1,0 | 1,8 | 0,3 | 18,7       | 12,9 | 24,6 | 4,3 | 2,0         | 1,4 | 2,6 | 0,5 |
| Keskm.      | 1,0        | 0,6 | 1,3 | 0,2 | 12,4       | 8,4  | 16,8 | 2,8 | 1,4         | 0,9 | 1,9 | 0,3 |
| <b>Nõue</b> | <b>1,0</b> |     |     |     | <b>~12</b> |      |      |     | <b>~1,4</b> |     |     |     |

Olgu mainitud, et töepäraste tulemuste saamiseks tuleb võimalikult täpselt teada elanike kohalolekuprofiile ja CO<sub>2</sub> eraldust. Vaadeldavatesse perioodidesse on valitud vaid mõõteperioodi iseloomustavate päevade CO<sub>2</sub> kontsentratsioonide muudud. Kõrvalekalded ja erisused on elimineeritud.

Keskmise õhuvahetuskordsuse järgi vastas EVS-EN 15251 I, II ja III klassi nõuetele vastavalt 6,3 %, 31,3 % ja 50 % uuritud korteritest. Arvutuste kohaselt jäi suvel korterite keskmine õhuvooluhulk inimese kohta vahemikku 2,9–9,6 l/(s·in) ja keskmine tase oli 6,0 l/(s·in). Keskmise õhuvahetuse järgi inimese kohta vastas EVS-EN 15251 II ja III klassi nõuetele vastavalt 31,3% ja 43,7% uuritud korteritest. Ventilatsiooni standardi EVS 845-1 järgi vastab õhuvooluhulgale inimese kohta 37,5% magamistubadest.

Magamistubade õhuvahetus sõltub erinevatest teguritest ja võib seetõttu ööpäeva või veelgi lühema perioodi vältel muutuda. Seetõttu on iga ainevahetusliku CO<sub>2</sub> meetodiga arvatud keskmise magamistuba õhuvooluhulga juurde toodud ka kõnesolevas uuringus vaadeldud mõõteperioodi õhuvahetuse varieerumise vahemik (vt. Joonis 11.11). Ööpäevade kohta erinesid õhuvooluhulgad arvatud keskmisest 8– 78%. Kõigi uuritud magamistubade keskmine õhuvahetuse varieeruvus oli 31%.

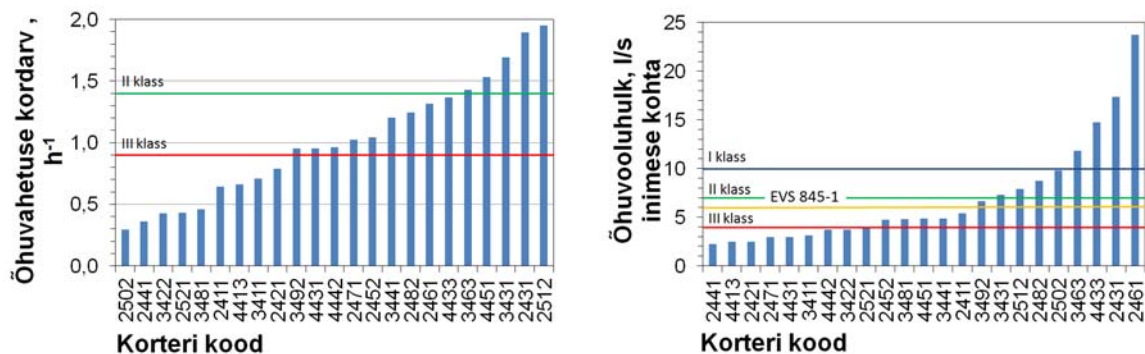
Arvutuste kohaselt jäi talvel korterite keskmine õhuvahetuskordsus vahemikku 0,3 - 1,9 h<sup>-1</sup> ja keskmine tase oli 1,0 h<sup>-1</sup> (vt. Tabel 11.10 ja Joonis 11.12). Keskmise õhuvahetuskordsuse järgi vastas EVS-EN 15251 II ja III klassi nõuetele 21,7% ja 39,1% uuritud korteritest. Arvutuste kohaselt jäi suvel korterite keskmine õhuvooluhulk inimese kohta vahemikku 2,2 - 23,7 l/(s·in) ja keskmine oli 6,9 l/(s·in). Keskmise õhuvahetuse järgi inimese kohta vastas EVS-EN 15251 I, II ja III klassi nõuetele vastavalt 17,4%, 17,4% ja 26,1% uuritud korteritest (vt. Joonis 11.12). Ventilatsiooni standardi EVS 845-1 järgi vastab õhuvooluhulgale inimese kohta 39,1% magamistubadest.



Joonis 11.11 Suvised magamistubade õhuvooluhulgad ja nende mõõteperioodiaegne muutus.

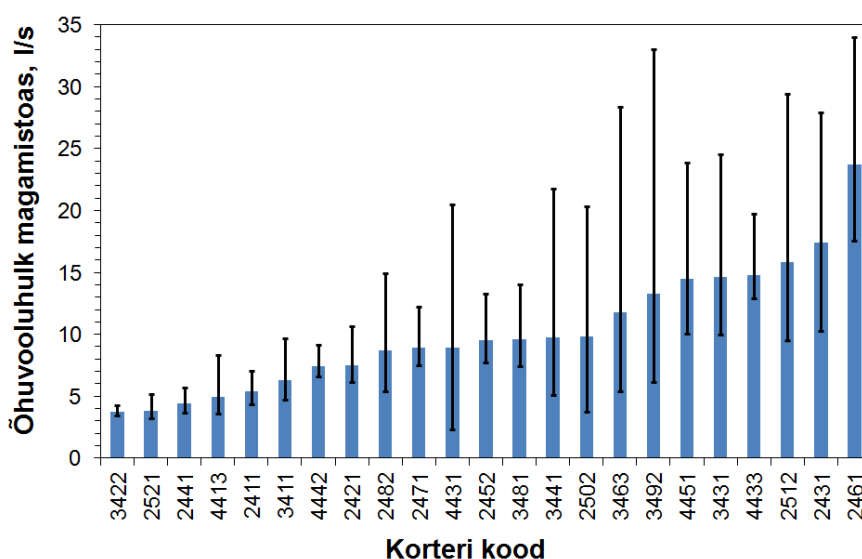
Tabel 11.10 CO<sub>2</sub> mõõtetulemuste põhjal arvatud talvine magamistubade õhuvaetus.

| Korteri kood  | Ventilatsiooni õhuvooluhulk |            |            |             |             |            |             |            |                 |            |            |            |
|---------------|-----------------------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-----------------|------------|------------|------------|
|               | l/(s·m <sup>2</sup> )       |            |            |             | l/s         |            |             |            | h <sup>-1</sup> |            |            |            |
|               | keskm.                      | min.       | maks.      | stdh.       | keskm.      | min.       | maks.       | stdh.      | keskm.          | min.       | maks.      | stdh.      |
| 2521          | 0,3                         | 0,3        | 0,4        | 0,04        | 3,8         | 3,2        | 4,5         | 0,5        | 0,4             | 0,4        | 0,5        | 0,1        |
| 2421          | 0,6                         | 0,5        | 0,7        | 0,12        | 7,5         | 6,2        | 9,3         | 1,6        | 0,8             | 0,7        | 1,0        | 0,2        |
| 2502          | 0,2                         | 0,1        | 0,3        | 0,10        | 9,8         | 3,8        | 14,3        | 4,4        | 0,3             | 0,1        | 0,4        | 0,1        |
| 2411          | 0,5                         | 0,4        | 0,5        | 0,05        | 5,4         | 4,4        | 6,1         | 0,5        | 0,6             | 0,5        | 0,7        | 0,1        |
| 2431          | 1,4                         | 0,8        | 1,7        | 0,28        | 17,4        | 10,3       | 20,9        | 3,5        | 1,9             | 1,1        | 2,3        | 0,4        |
| 2441          | 0,3                         | 0,2        | 0,3        | 0,02        | 4,4         | 3,7        | 5,0         | 0,4        | 0,4             | 0,3        | 0,4        | 0,0        |
| 2452          | 0,8                         | 0,6        | 0,9        | 0,12        | 9,5         | 7,7        | 11,5        | 1,5        | 1,0             | 0,9        | 1,3        | 0,2        |
| 2471          | 0,8                         | 0,6        | 0,9        | 0,09        | 8,9         | 7,5        | 10,8        | 1,0        | 1,0             | 0,9        | 1,3        | 0,1        |
| 2482          | 0,9                         | 0,5        | 1,2        | 0,26        | 8,7         | 5,4        | 11,7        | 2,6        | 1,2             | 0,8        | 1,7        | 0,4        |
| 2512          | 1,5                         | 0,9        | 2,1        | 0,37        | 15,8        | 9,5        | 23,1        | 4,0        | 1,9             | 1,2        | 2,8        | 0,5        |
| 2461          | 1,1                         | 0,8        | 1,2        | 0,15        | 23,7        | 17,6       | 27,8        | 3,4        | 1,3             | 1,0        | 1,5        | 0,2        |
| 3411          | 0,2                         | 0,1        | 0,3        | 0,03        | 6,3         | 4,7        | 8,2         | 1,0        | 0,7             | 0,2        | 1,0        | 0,2        |
| 3422          | 0,3                         | 0,3        | 0,3        | 0,01        | 3,7         | 3,5        | 4,0         | 0,2        | 0,4             | 0,4        | 0,5        | 0,0        |
| 3463          | 1,1                         | 0,5        | 2,0        | 0,44        | 11,8        | 5,4        | 21,9        | 4,8        | 1,4             | 0,7        | 2,7        | 0,6        |
| 3431          | 1,2                         | 0,8        | 1,7        | 0,27        | 14,6        | 10,0       | 19,8        | 3,2        | 1,7             | 1,2        | 2,3        | 0,4        |
| 3441          | 0,9                         | 0,5        | 1,6        | 0,38        | 9,8         | 5,1        | 17,1        | 4,1        | 1,2             | 0,6        | 2,1        | 0,5        |
| 3481          | 0,3                         | 0,3        | 0,4        | 0,05        | 9,6         | 7,4        | 11,9        | 1,3        | 0,5             | 0,4        | 0,6        | 0,1        |
| 3492          | 0,7                         | 0,3        | 1,3        | 0,31        | 13,2        | 6,2        | 26,0        | 6,1        | 1,0             | 0,4        | 1,9        | 0,4        |
| 4413          | 0,5                         | 0,3        | 0,6        | 0,10        | 4,9         | 3,6        | 7,0         | 1,1        | 0,7             | 0,5        | 0,9        | 0,1        |
| 4431          | 0,7                         | 0,2        | 1,1        | 0,26        | 8,9         | 2,3        | 13,9        | 3,4        | 1,0             | 0,2        | 1,5        | 0,4        |
| 4433          | 1,0                         | 0,9        | 1,2        | 0,11        | 14,8        | 12,9       | 17,9        | 1,7        | 1,4             | 1,2        | 1,7        | 0,2        |
| 4442          | 0,7                         | 0,6        | 0,7        | 0,06        | 7,5         | 6,6        | 8,2         | 0,6        | 1,0             | 0,8        | 1,1        | 0,1        |
| 4451          | 1,1                         | 0,7        | 1,4        | 0,25        | 14,5        | 10,1       | 19,5        | 3,4        | 1,5             | 1,1        | 2,1        | 0,4        |
| <b>Keskm.</b> | <b>0,8</b>                  | <b>0,5</b> | <b>1,0</b> | <b>0,17</b> | <b>10,7</b> | <b>7,1</b> | <b>14,4</b> | <b>2,4</b> | <b>1,0</b>      | <b>0,7</b> | <b>1,4</b> | <b>0,2</b> |
| <b>Nõue</b>   | <b>1,0</b>                  |            |            |             | <b>~12</b>  |            |             |            | <b>~1,4</b>     |            |            |            |



Joonis 11.12 Talvine korterite magamistubade õhuvahetuse kordarvu (vasakul) ja õhuvooluhulga inimese kohta (paremal) vastavus hindamiskriteeriumitele.

Õöpäeva kohta erinesid õhuvooluhulgad arvatatud keskmisest 8–96% (vt. Joonis 11.13).

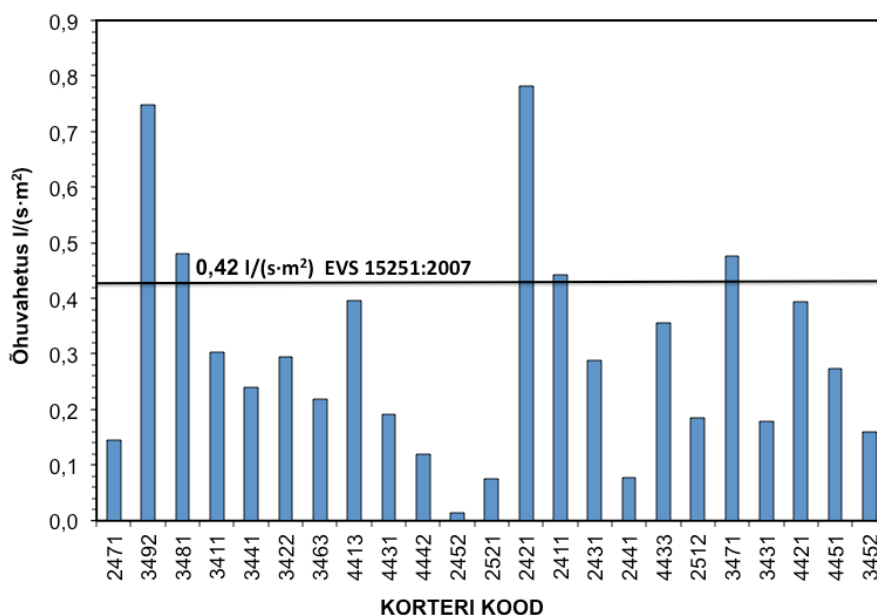


Joonis 11.13 Talvised magamistubade õhuvooluhulgad ja nende mõõteperioodiaegne muutus.

Kõigi uuritud magamistubade keskmine õhuvahetuse varieeruvus oli 38%. Suur varieeruvus näitab, et kuigi on tegemist sundventilatsiooniga, ei saa värskeõhuklappidega ruumi õhuvahetust täpselt kontrollida. Suur mõju magamistoa õhuvahetusele on tuule suunal. Elanike küsitlusest selgus, et just tuulepoolsetes magamistubades oli probleemiks ebaühtlane õhuvahetus ja selle kontrollimatus. Sageli täheldati tõmbustunnet. Samuti oli õhuvahetus ebaühtlane korteriagregaadiga süsteemide puhul. Põhjuseks võib olla ukse avatuse korral CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni hajumine korteri teistesse ruumidesse ning hoone piirete ebatihedused.

### 11.4.3 Ventilatsioonisüsteemi mõõdetud õhuvooluhulgad

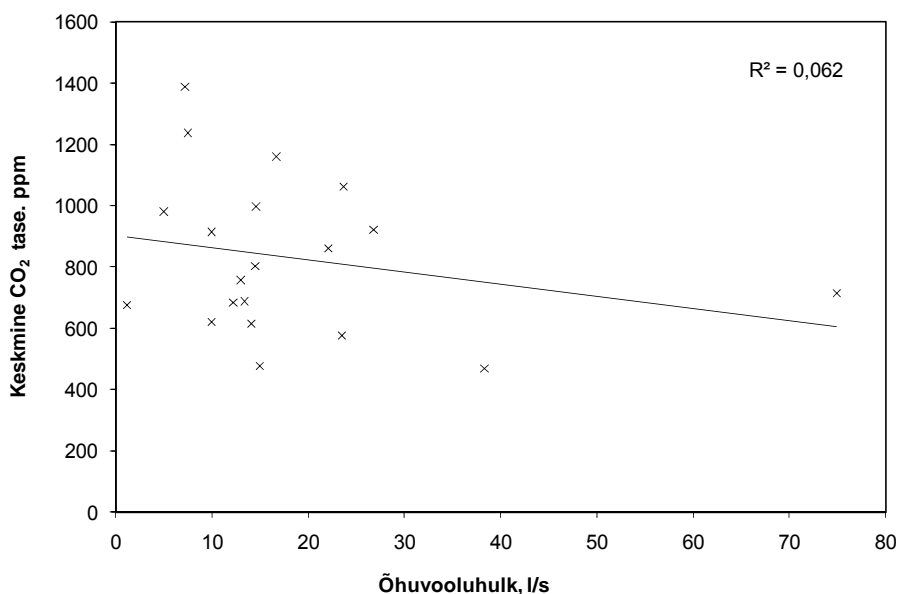
Õhuvahetus mõõdistatud korterites pinnaühiku kohta varieerub erinevates hoonetes suurel määral, jäädes vahemikku 0 kuni 0,8 l/(s·m<sup>2</sup>) (vt. Joonis 11.14).



Joonis 11.14 Ventilatsiooni õhuvooluhulk uuritud korterites, l/(s·m<sup>2</sup>).

Mõõdistatud korteritest olid vaid vähesed piisava õhuvahetusega, et jõuda EVS-EN 15251 II sisekliima klassi (korterite üldõhuvahetus >0,42 l/(s·m<sup>2</sup>)). Seega enamik kortereid kuulub sisekliima III või IV klassi. Korterite keskmine õhuhulk on 0,3 l/(s·m<sup>2</sup>), mis jääb samuti sisekliima II klassi piirist madalamale. Vastavalt EVS-15251:2007 seatud nõuetele peab eluruumides olema õhuvahetus 0,5 l/(s·m<sup>2</sup>) ning magamistubades 0,7 l/(s·m<sup>2</sup>), kuid ainult 17,4 % korteritest ületavad eluruumidele ettenähtud õhuvahetuse taseme. Sealjuures ei arvestata siinkohal magamistubadele suuremat õhuvahetuse määra.

Ülevaate saamiseks seose kohta korterites oleva õhuvahetuse ja maksimaalse CO<sub>2</sub> taseme vahel on Joonis 11.15 kujutatud korterite õhuvahetust ruutmeetri kohta ja CO<sub>2</sub> taset ühel tulpdiagrammil. Suurema õhuvahetusega korterites on CO<sub>2</sub> tase madalam. Korteris, kus õhuvahetus on üle 0,8 l/(s·m<sup>2</sup>), on saasteainete osakaal õhus 1461 ppm ja korteris, kus õhuvahetus on 0,1 l/(s·m<sup>2</sup>), on CO<sub>2</sub> tase 2538 ppm. Kuid siiski ei saa selliseid seoseid reeglina tuua, kuna korterite planeering on erinev ning magamistubades olev CO<sub>2</sub> tase võib siiski olla kõrge, kuna väljatõmmet magamistubadesse eraldi ette pole nähtud.

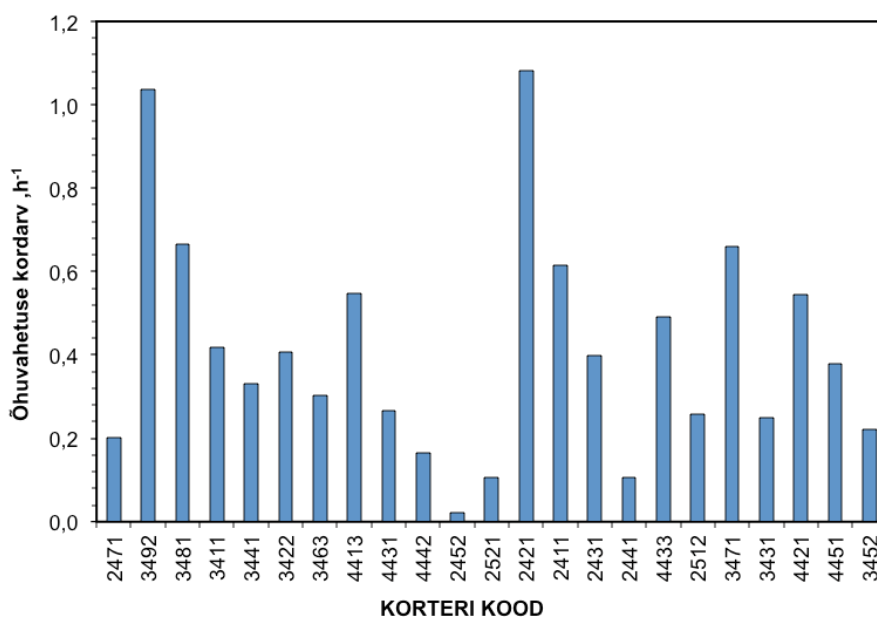


Joonis 11.15 Korteris mõõdetud maksimaalse CO<sub>2</sub> taseme ja õhuvooluhulga võrdlus.

#### 11.4.4 Õhuvahetuskordsus

Mõõdetud korterites jäi õhuvahetuse kordarv vahemikku 0,1 kuni 1,1 korda tunnis. Joonis 11.16 on toodud mõõdetud korterite õhuvahetuse kordarvud tulpdiaagrammina. Selgub, et mõõtetulemused varieeruvad suures vahemikus. Halvimal juhul on õhuvahetuse kordarv  $0,1 \text{ h}^{-1}$ , siis kulub kogu korteri õhuvahetuseks kümme tundi ning ööpäeva jooksul vahetub korteris õhk vaid kaks korda. Keskmise õhuvahetuskordsus korterites on  $0,4 \text{ h}^{-1}$ .

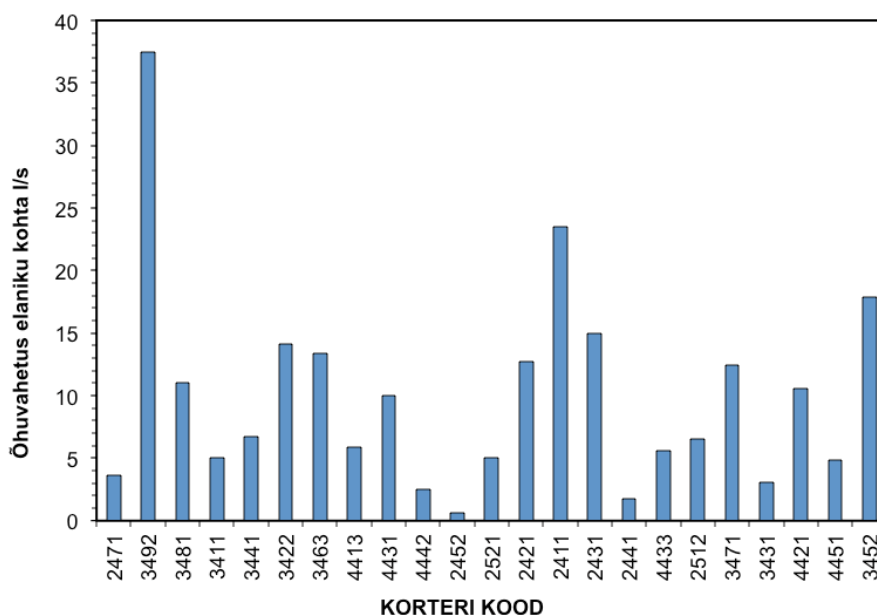
Standardi järgi peaks uued ja renoveeritavad elamud vastama standardi II sisekliima klassile, mis nõuab korteri õhuvahetuskordsuseks  $0,6 \text{ h}^{-1}$ . Varasemad Eestis tehtud uuringud (Kõiv & Loigu 2008 ja Kalamees jt 2009) on näidanud, et kõige suuremaid probleeme on korterelamute õhuvahetusega just ülemistel korrustel. Selles uuringus on tegemist mehaanilise ventilatsiooniga hoonetega, kus ei avalda suurt mõju korteri asukoht hoones, vaid see, kuidas hoone ventilatsioonisüsteemi kasutatakse ning kas see on projekteeritud, ehitatud ja seadistatud vastavalt nõuetele.



Joonis 11.16 Õhuvahetuskordsus uuritud korterites,  $\text{h}^{-1}$ .

#### 11.4.5 Õhuvahetus elaniku kohta

Lisaks eelnevatele õhuvahetust iseloomustavatele näitajatele annab ülevaate siseõhu kvaliteedist ka õhuvahetus elaniku kohta. Nagu Joonis 11.17 on näha, siis eristuvad ka sellel joonisel kaks suurema õhuvooluhulgaga korterit.



Joonis 11.17 Õhuvahetus elaniku kohta l/s.

Ventilatsiooni projekteerimismäär EVS-EN 15251 soovib magamistoas õhuvooluhulgaks võtta  $1 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2)$  või  $7 \text{ l/s}$  inimese kohta, et saavutada sisekliima tasemele II vastavad tingimused. Rootsisis korrusmajades läbi viidud uurimused (Pavlovas 2003 ja Pavlovas 2006) näitavad, et kahe inimese magamistoas piisab õhuvooluhulgast  $4 \text{ l/s}$  inimese kohta, et  $\text{CO}_2$  kontsentratsioon ei tõuseks üle  $1200 \text{ ppm}$ . Kuna lisaks inimeste reogaasidele on õhuvahetust vaja ka materjaliemissioonide jne eemaldamiseks, on suurem õhuvahetus põhjendatud. Selles uuringus ei saanud eristada magamistube ja teisi eluruume, kuna väljatõmme toimub enamikus korterites niisketest ruumidest või köögist. Kui aluseks võtta Eestis kehtivad projekteerimismäärad, milles on inimese kohta ette nähtud  $6 \text{ l/s}$ , siis sellele vastab  $56,5\%$  korteritest, mis on pinnaühiku kohta suhteliselt hea tulemus, arvestades õhuvahetuse kordarvu ja õhuvahetuse määra. See tulemus tuleneb sellest, et mõõdetud korterite keskmine pindala oli  $66 \text{ m}^2$  ning keskmine elanike arv  $2,3$  inimest korteris.

## 11.5 Tulemuste hindamine

### 11.5.1 Eesti ventilatsiooninormid ja nende võrdlus teiste riikide nõuetega

Euroopas on ventilatsioonisüsteemidega kaudselt seotud kaks direktiivi CPD, 1989 (Construction Product Directive) ja EPBD, 2002 (Energy Performance of Buildings Directive). CPD seab hoones kasutatavatele ehitusmaterjalidele nõuded, mille kohaselt need peavad toodetud ja kasutatavad olema. Eesmärgiks on saavutada piisav hügieen, vähendada halba mõju tervisele ning lisaks ei tohi kasutatavad materjalid omada keskkonda saastavat mõju. EPBD reguleerib peamiselt hoone energiakasutust, lisaks on nõutud hoones oleva sisekliima tingimuste arvesse võtmist, et vähendada ebapiisavast ventilatsioonist tekkivaid negatiivseid mõjusid. Euroopa standardiseerimise komitee (The Committee for European Standardization CEN) on vastutav enamiku Euroopas kasutatavate standardite eest, mis käsitlevad sisekliimat ja ventilatsiooni. Komitee poolt välja antud standardid annavad üldised suunised, kuid täpsemad nõuded on kirjeldatud standardite rahvuslikes lisades, mis võtavad arvesse ka geograafilisi ja kliima iseärasusi. Erinevates Euroopa riikides kasutusel olevad normid, mille järgi hooned projekteeritakse, on toodud võrdlustabelina (vt. Tabel 11.11). Normide ja standardite võrdluses selgub, et kasutusel olevad normid on riigiti erinevad, mõnel juhul kasutatakse õhuvahetuse kordarvu, teisel juhul õhuvahetust inimese kohta. Eestis kasutatavad normatiivarvud sarnanevad kõige enam Soomes kasutatavate normidega, seda kindlasti sarnaste kliimatiliste tingimuste tõttu, kui ka seetõttu, et Eesti standardite loomisel on kasutatud

palju Soome eeskju. Hetkel kasutuses olev EVS-EN 15251:2007 klassifitseerib ventilatsiooninormatiivid sisekliima klassideks, mille põhjal on võimalik kasutada erinevaid õhuvooluhulkasid. Eelnevalt kasutuses olnud standardid EPN 18.3 ja EVS 845-2:2004 on oma nõudmistelt võrdsed Soomes kehtiva NBC-D2-ga. Eelnevalt kehtiv ja hetkel kasutuses olev standard on nõudmistelt sarnane, kuid tõusnud on elutoas ning magamistoas nõutavad õhuvooluhulgad, vannitoas ning WC-s ja köögis on väljatõmbe vooluhulgad võrdsed II sisekliima klassis nõutuga.

Tabel 11.11 Kortere lamute ventilatsiooninormide ja standardite võrdlus erinevates riikides (Dimitroulopoulou 2012, EVS-EN 15251:2007, EPN 18.3, EVS 845-2:2004, NBC-D2)

| Standard                                   | Elutuba   | Magamistuba   | Köök  | Vannituba   | WC   |
|--|---|---|---|---|--|
| Eesti<br>EVS-EN<br>15251:<br>2007          | Vastavalt sisekliima klassile (peamiselt SP)<br>I-10 l/(s*inim)<br>1,4 l/(s*m <sup>2</sup> )<br>II- 7 l/(s*inim)<br>1,0 l/(s*m <sup>2</sup> )<br>III-4 l/(s*inim)<br>0,6 l/(s*m <sup>2</sup> )                | Vastavalt sisekliima klassile (peamiselt SP)<br>I-10 l/(s*inim)<br>1,4 l/(s*m <sup>2</sup> )<br>II- 7 l/(s*inim)<br>1,0 l/(s*m <sup>2</sup> )<br>III-4 l/(s*inim)<br>0,6 l/(s*m <sup>2</sup> )            | Vastavalt sisekliima klassidele (VT)<br>I- 28 l/s<br>II- 20 l/s<br>III- 14 l/s  | Vastavalt sisekliima klassidele (VT)<br>I- 20 l/s<br>II- 15 l/s<br>III- 10 l/s  | Vastavalt sisekliima klassidele (VT)<br>I- 14 l/s<br>II- 10 l/s<br>III- 7 l/s      |
| EPN<br>18.3/EVS<br>845-<br>2:2004          | 0,5 l/(s*m <sup>2</sup> )   | 0,7 l/(s*m <sup>2</sup> )   | VT<br>20 l/s  | VT<br>15 l/s  | VT<br>10 l/s   |
| Soome<br>NBC-D2                            | 0,5 l/s/m <sup>2</sup><br>(1,8 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> )   | Min.<br>4.0 l/s/inim<br>või 0,7 l/s/m <sup>2</sup><br>(2,52 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> )  | VT<br>20 l/s<br>(72 m <sup>3</sup> /h)  | VT<br>15 l/s<br>(54 m <sup>3</sup> /h)  | VT 15 l/s<br>(54 m <sup>3</sup> /h)  |
| Belgia<br>NBN D<br>50-001<br>1991          | SP:<br>1 l/s/m <sup>2</sup> <21m <sup>2</sup><br>75 m <sup>3</sup> /h21-<br>42m <sup>2</sup><br>3,6<br>m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> >42m <sup>2</sup><br>150 m <sup>3</sup> /h<br>0.3-0.6 h <sup>-1</sup> | SP:<br>1 l/s/m <sup>2</sup> <7 m <sup>2</sup><br>25 m <sup>3</sup> /h 7-20<br>m <sup>2</sup><br>3,6m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> >20<br>m <sup>2</sup> 72 m <sup>3</sup> /h<br>0.3-0.6 h <sup>-1</sup> | VT:<br>1 l/s/m <sup>2</sup> <14 m <sup>2</sup> ,<br>50m <sup>3</sup> /h14-21m <sup>2</sup><br>3,6<br>m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> >21m <sup>2</sup><br>75 m <sup>3</sup> /h | VT:<br>1 l/s/m <sup>2</sup> <14 m <sup>2</sup><br>50 m <sup>3</sup> /h 14-21 m <sup>2</sup><br>3.6 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> >21<br>m <sup>2</sup> | VT:<br>25 m <sup>3</sup> /h  |
| Tšehhi<br>CSN 73<br>4301<br>CSN 73<br>0540 | -   | -   | VT:<br>100 m <sup>3</sup> /h  | VT:<br>75 m <sup>3</sup> /h   | VT:<br>25 m <sup>3</sup> /h  |
| Taani<br>DS<br>418:2002                    | SP:akendest, luugist või värskõhu-klappidest väikestes eluruumides: kogu ava suurus 2,4 cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> (loomulik vent.) 1,2 cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> (meh vent.)                      | -   | SP:<br>akendest, luugist või värskõhu-klappidest VT: 20 l/s (72 m <sup>3</sup> /h). VV peab toimuma läbi väljaviske-seadme  | SP:<br>akendest, luugist või värskõhu-klappidest VT: 15 l/s (54 m <sup>3</sup> /h)  | SP:<br>akendest, luugist või värskõhu-klappidest VT: 10 l/s (36 m <sup>3</sup> /h) |
| Prantsus-<br>maa                           | -   | -   | VT sõltub eluruumide  | 1 R: 15 m <sup>3</sup> /h<br>2 R: 15 m <sup>3</sup> /h  | 1 R: 15 m <sup>3</sup> /h<br>2 R: 15 m <sup>3</sup> /h                             |

| Standard  | Elutuba   | Magamistuba  | Köök   | Vannituba  | WC   |
|---|---|--|--|--|--|
| Arreté du<br>24.3.82  |   |  | arvust:<br>Pidevalt: 20-45<br>m <sup>3</sup> /h<br>1R: 75 m <sup>3</sup> /h<br>(min 35 m <sup>3</sup> /h)<br>2 R: 90<br>m <sup>3</sup> /h(min 60<br>m <sup>3</sup> /h)<br>3 R: 105<br>m <sup>3</sup> /h(min 75<br>m <sup>3</sup> /h)   | 3 R: 30 m <sup>3</sup> /h  | 3 R: 15 m <sup>3</sup> /h  |
| Saksa-<br>maa<br>DIN 1946<br>Osa 6<br>DIN 18017<br>VDI 2068 | 1,0-1,5 h <sup>-1</sup>   | -  | normaalne: 40<br>m <sup>3</sup> /h (>12 h<br>päevane<br>kasutus) 60<br>m <sup>3</sup> /h (üldine<br>õhuvahetus)<br>puhastus: 200<br>m <sup>3</sup> /h (>12 h<br>päevane<br>kasutus) 200<br>m <sup>3</sup> /h (üldine<br>õhuvahetus)<br>kööginurk: 40<br>m <sup>3</sup> /h (>12 h<br>päevane<br>kasutus) 60<br>m <sup>3</sup> /h (üldine<br>õhuvahetus) | 40 m <sup>3</sup> /h (>12 h<br>päevane kasutus)<br>60 m <sup>3</sup> /h (üldine<br>õhuvahetus)                                 | 20 m <sup>3</sup> /h (>12 h<br>päevane kasutus)<br>30 m <sup>3</sup> /h (üldine õhu-<br>vahetus) |
| Norra<br>Norwe-<br>gian<br>Building<br>Code                 | SP:<br>avatav aken<br>või ava<br>suurem kui<br>100 cm <sup>2</sup><br>välisseinas | SP:<br>avatav aken või<br>ava suurem kui<br>100 cm <sup>2</sup><br>välisseinas       | VT:<br>10 l/s +20 l/s<br>(pliidirjast)<br>( 36 m <sup>3</sup> /h + 72<br>m <sup>3</sup> /h)  | VT:<br>min. 10 l/s (36<br>m <sup>3</sup> /h) (avatav<br>aken)<br>max. 30 l/s (108<br>m <sup>3</sup> /h)<br>4.0 h <sup>-1</sup> | VT:<br>10 l/s (36 m <sup>3</sup> /h)   |
| Rootsi<br>Swedish<br>Building<br>Regu-<br>lations<br>BBR94  | -   | soovituslikult<br>mitte vähem kui<br>4.0 l/s/inim.<br>(14.4 m <sup>3</sup> /h/inim.) | VT:<br>min 10 l/s<br>(36 m <sup>3</sup> /h)<br>kööginurk 15 l/s<br>(54 m <sup>3</sup> /h)  | 10 l/s (36 m <sup>3</sup> /h)<br>avatava aknaga<br>või 15 l/s (54<br>m <sup>3</sup> /h) ilma<br>avatava aknata                 | -  |
| Holland<br>Building<br>Decree                               | 0,9 l/s/m <sup>2</sup>  | 0.9 l/s/m <sup>2</sup><br>(3.24 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> )                   | 21 l/s (75.6<br>m <sup>3</sup> /h)   | 14 l/s (50.4 m <sup>3</sup> /h)  | 7 l/s (25.2 m <sup>3</sup> /h)   |

KORTERELAMUTE VENTILATSIOONI PROJEKTEERIMISEL JA EHITAMISEL  
TULEB NII SISEKLIIMA KUI KA ENERGIATÕHUSUSE SEISUKOHAST EELISTADA  
EFEKTIIVSE SOOJUSTAGASTUSEGA VÄIKESE ENERGIATARBIMISEGA  
MEHAANILIST SISSEPUHKE-VÄLJATÕMBE VENTILATSIOONI!



## 12 Väljatõmbeõhu soojuspumpsüsteemi toimivus

Väljatõmbeõhu soojuspumpa peetakse üheks perspektiivikamaks võimaluseks, kuidas ka mehaanilise väljatõmbesüsteemiga korterelamutes soojustagastus tagada. Kõnesoleva uuringu eesmärgiks on anda ülevaade realselt korterelamusse paigaldatud soojuspumpsüsteemi tööle ning majandustehnilisele otstarbekusele. Uuringu peamiseks ülesandeks on saada ülevaade süsteemi kohta ning võrrelda mõõdetud parameetreid projekteeritud andmetega. Saadud tulemuste põhjal võib teha järeldusi süsteemi otstarbekusest ning teha ettepanekuid, millega võiks süsteemi tõhusust tõsta.

### 12.1 Meetodid

#### 12.1.1 Uuritav hoone

Väljatõmbeõhu soojuspumpsüsteemi uuring tehti 2011. aastal valminud 7-korruselise 1 trepikojaga ja 17 korteriga korterelamu baasil. Esimesel korrusel asuvad tehnilised ruumid, korrustel 2 kuni 7 korterid. Välisseinad on vastavalt monoliitbetoonist ja mullbetoonplokkidest, soojustatud 200 mm soojustusega. Aknad on üheraamilised puitraamiga aknad. Klaaspakett on 2 klaasiga, millest välimine klaas on kirkas ja sisemine klaas kirkas selektiivklaas. Aknad on avatavad ja mikrotuulutusega. Akendesse on paigaldatud õhutussmoorid.

#### Küttesüsteem

Elamu projektijärgne arvutuslik soojavajadus on 323 kW, sellest soe tarbevesi 240 kW ja küte 83 kW. Hoones 1. kuni 6. korrustel on püstikutega kahetorusüsteemiga radiaatorküte, graafikuga 70/50 °C. Püstikutel on korteri kaupa sulgemisvõimalus. Radiaatoritele on paigaldatud radiaatoriventilid ja ruumitermostaadid. 7. korruse korteris on vesipõrandküte. Majas ei ole paigaldatud radiaatorite individuaalset kulumõõtesüsteemi. Soojavarustus on lahendatud kaugküttevõrgust. Hoone esimesel korrusel asub soojussõlm ja sõltumatu ühendusega tänapäevane soojuskeskus (vt Joonis 12.1). Soojuskeskus on varustatud Siemens-tüüpi automaatikaga.



Joonis 12.1 Hoone soojuskeskus.

## Ventilatsioonisüsteem

Hoones on paigaldatud keskseadmega sundväljatõmbesüsteem ja köökide kuumseadmetelt individuaalsed kohtäratõmbed, mille õhk juhitakse otse katusele. Ventilatsiooni keskseadmeks on katusel asuv kompaktna seade EU-21 (vt. Joonis 12.2), mis sisaldab G3 filtrit ja vesi-glükool jahutuspatareid. Väljatõmbeventilaatorina kasutatakse katuseventilaatorit STEF-5. Keskseade on ventilatsioonisüsteemist mürasummutitega eraldatud. Ventilatsioonikanalid katusel on isoleeritud ja kaetud tsingitud plekkkattega. Väljatõmbeplafoonidena kasutatakse KSO tüüpi plafoone. Väljatõmbed on valdavalt köökides ja sanitaarruumides. Heitõhk juhitakse katusele. Värske õhk tuleb ruumidesse läbi akendes paigaldatud õhutusmoodulite. 6. ja 7. korrusel on seintesse täiendavalt paigaldatud värskeõhuklapid. Ventilatsiooni õhuhulgaks on mõõdetuna puhta filtriga 0,7 m<sup>3</sup>/s. Vastavalt mõõtmistulemustele väheneb ventilatsiooni õhuvooluhulk filtri mustumisel märkatavalt. Sellest tulenevalt on oluline filtri vahetus vähemalt 2 korda aastas.



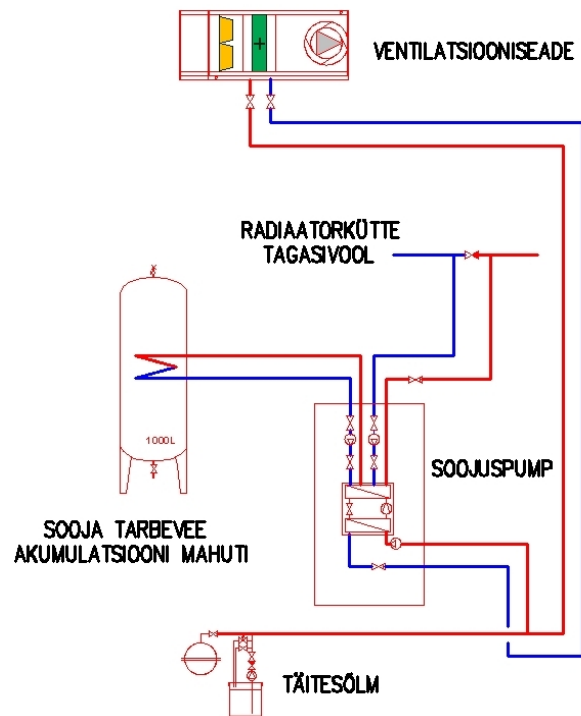
Joonis 12.2 Ventilatsiooni keskseade.

## Soojuspump

Hoones on paigaldatud vedelik-vedelik tüüpi soojuspump. Soojuspump asub soojuskeskusega samas ruumis. Soojuspumbaks on Nibe Fighter 1145-15, mille komplekti kuuluvad kompressor, tsirkulatsioonipumbad ja 1000 l tarbevee akumulaatori paak. Soojuspump on varustatud nüüdisaegse automaatikaga. Automaatika määrab prioriteetseks kütteliigiks sooja tarbevee valmistamise. Soojuspumba katuseringis voolab vesi-glükooli 30% lahus. Soojuspumba katusering saab oma soojuse hoone väljatõmbe keskseadmesse paigutatud jahutuskalorifeerist. Soojuse äraandmine toimub radiaatorkütte tagasivoolu ja tarbevee akumulaatori paaki, mis on ühendatud külma tarbevee toruga enne soojuskeskuse tarbevee vahetit. Soojuspumba radiaatorkütte ja tarbevee valmistamise soojusvõimsust mõõdetakse eraldi soojusarvestitega. Mõõtmiste järgi oli soojuspumba nimivõimsuseks kuni 17 kW. Soojuspumba töötades pole soojuspumba tekitatav müra soojuskeskuse ruumis kõrvaga eristatav. Joonisel 1.5 on näidatud soojuspumba ühendusskeem.



Joonis 12.3 Soojuspump (vasakul) ja tarbevee akumulatsioonipaak (paremal).

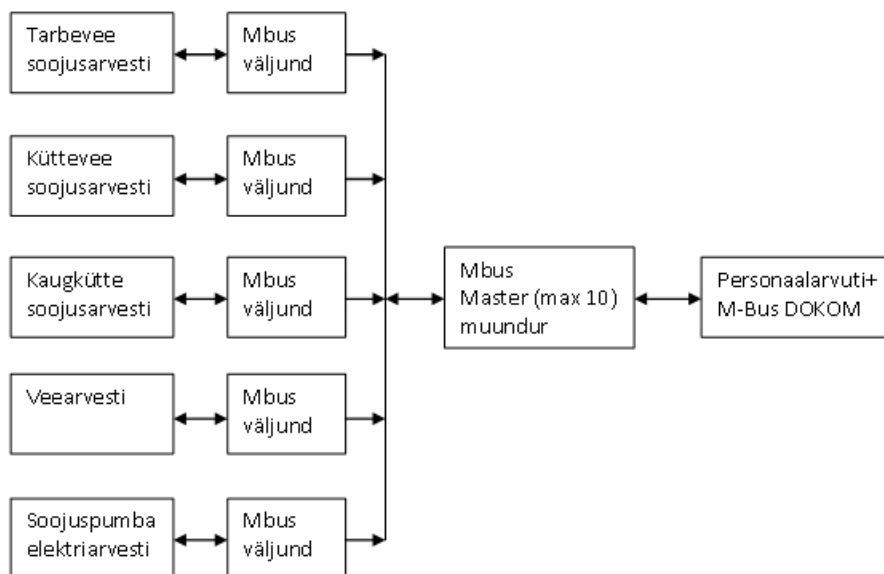


Joonis 12.4 Soojuspumba põhimõtteskeem.

### 12.1.2 Mõõtmised







Soojuspumba töö uurimiseks mõõdeti iga minuti järel soojuspumba elektritarbimise, soojuspumba soojustoodangu eraldi kütte ja tarbevee kontuuris, tarbevee lugemise ja kaugkütte soojaarvesti lugemise. Soojusarvestite poolt salvestatud andmed juhiti läbi Mbus kaardi objektile paiknevasse arvutisse. Andmete salvestamisel kasutati DOKOM CS tarkvara. Eraldi logeritega mõõdeti katuseseadmes väljatõmbeõhu temperatuuri enne ja pärast jahutuskalorifeeri ja katuseringis vesi-glükooli temperatuuri peale- ja tagasivoolul. Kõigi andmete salvestusintervalliks valiti 1 minut. Samal perioodil mõõdeti ka väljatõmbeõhu niiskussisaldust. Hoone katusel mõõdeti väljatõmbe keskseadme

õhuvooluhulk. Mõõtmiste täpset struktuuri vt Joonis 12.5 ja kasutatud mõõteseadmeid vt Tabel 12.1.



Joonis 12.5 Mõõtmiste struktuurskeem.

Tabel 12.1 Kasutatud mõõteseadmed.

|               |  |  |   |
|---------------|--|--|---|
|               | IskaraEmeco MT/MD 851<br> | Kamstrup Ultraflow54 +Multikal 601<br> | HOBO U12-014 TC6-K<br> |
| Mõõtepiirkond | -  | temperatuur 15–130 °C  | temperatuur 0–1250 °C   |
| Mõõtetäpsus   | klass 1 (IEC 61036) või klass 0.5S (IEC 60687)   | klass 2,0 EN 1434  | ±0,5% lugemist  |
|               | Testo 816<br>             | Sensus PolluStat E<br>                 | Sensus XN-RK<br>       |
| Mõõtepiirkond | temp. -20 kuni +70 °C<br>RH 0 kuni 100%<br>õhu kiirus 0 kuni 20 m/s  | 5-130°C; 0,05–5 m <sup>3</sup> /h  | Veevooluhulk 20–5000 l/h  |
| Mõõtetäpsus   | ±0,01 m/s  | klass 2,0 EN 1434  | ±2...3% lugemist  |

## 12.2 Tulemused

Süsteemi energiakasutuse detailseks määratlemiseks vaatleme nädalapikkust mõõteperioodi. Tabel 12.2 on toodud eri energiaallikatelt saadud soojushulgad ja nende omavahelised osatähtsused. Vaadeldaval perioodil tarbiti hoones kokku 7,765 MWh soojusenergiat, millest 5,302 MWh tuli kaugküttevõrgust ning 2,463 MWh tootis soojuspump. Perioodi soojuspumba osakaal kogu tarbitud energiast on seega 31,7%. Võttes maha tarbitud elektrienergia, avaldub, et ventilatsiooniõhust kättesaadav energia oli 1,719 MWh, mis on 22% tarbitud energiast. Kui arvestada selle perioodi ventilatsiooniõhu soojendamiseks kuluvat energiat, siis soojuspump tagastas keskmiselt 33% värske õhu soojendamiseks kuluvast soojusest. Hoone soojusallikate osakaalude jagunemist vt Joonis 12.6. Lisaks on valemi 11.2 abil leitud keskmine soojuspumpsüsteemi soojustegur (COP). COP näitab, mitu ühikut soojusenergiat saadakse ühe ühiku elektrienergia kasutamiseks. Süsteemi COP võtab arvesse kogu toodetud soojuse ning kogu süsteemile kuluva elektrienergia, sealhulgas soojuspumba kompressori ja ringluspumpade energiakasutuse COP arvutati kahel viisil. Kogu mõõteperioodi jooksul ja soojuspumba töötamise ajal hetkelise COP-ina.

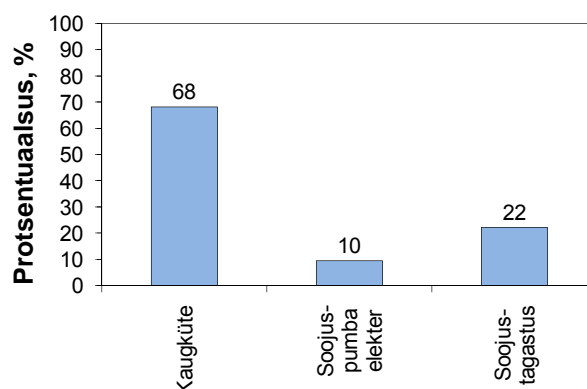
$$COP_{süst} = \frac{Q}{W} \quad (12.1)$$

kus:

$COP_{süst}$  soojuspumpsüsteemi soojustegur, -;  
 $Q$  soojuspumpsüsteemi soojustoodang, MWh;  
 $W$  soojuspumpsüsteemi elektritarve, MWh.

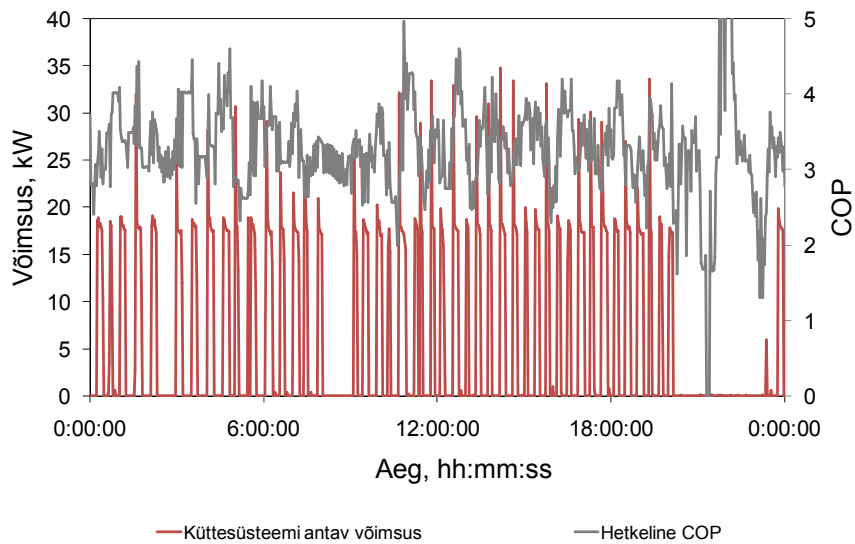
Tabel 12.2 Hoone energiakasutus mõõtmisperioodil.

|                                      | Väärtus | Mõõtühik |
|--------------------------------------|---------|----------|
| Kaugkütte soojus perioodil           | 5,30    | MWh      |
| Soojuspumba elektritarve perioodil   | 0,74    | MWh      |
| Soojuspumba toodetud soojus kokku    | 2,46    | MWh      |
| Soojuspumba toodetud kütte           | 1,50    | MWh      |
| Soojuspumba toodetud tarbevee soojus | 0,96    | MWh      |
| Ventilatsioonist tagastuv soojus     | 1,72    | MWh      |
| Perioodi COP                         | 3,3     | -        |
| Hetkeline COP                        | 3,4     | -        |
| Perioodi soojuspumba osatähtsus      | 31,7    | %        |

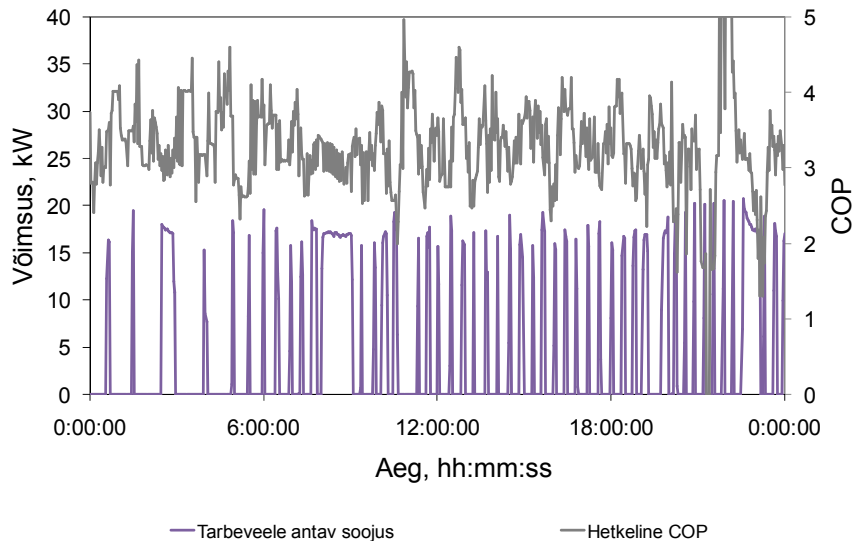


Joonis 12.6 Soojusenergiakasutuse jagunemine nädalapikkusel perioodil.

Hetkeline COP sõltub suuresti sellest, kas soojuspump andis sooja parasjagu tarbevee soojendamiseks või radiaatorkütte tagasivoolu soojendamiseks. Seosed hetkelise COP ja tarbimisviisi vahel vt Joonis 12.7 ja Joonis 12.8.

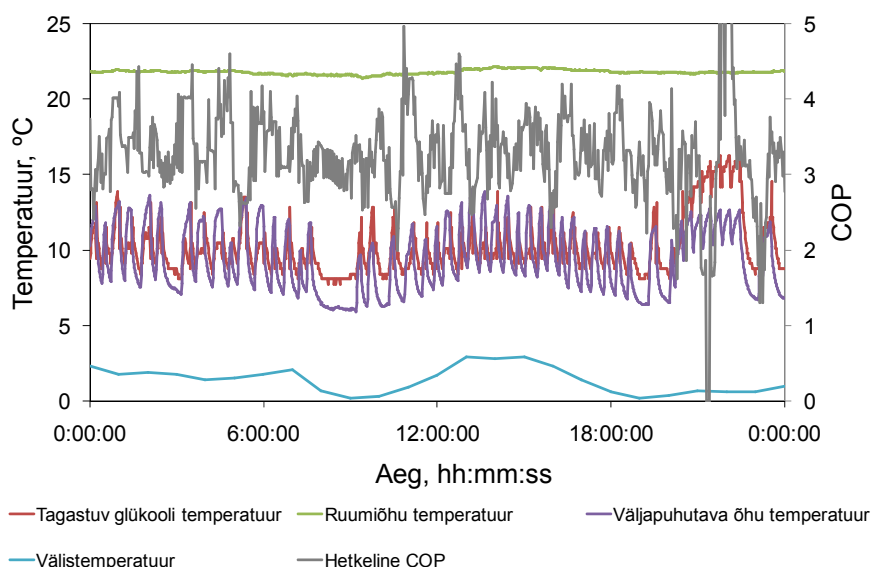


Joonis 12.7 Seos soojuspumba poolt küttesüsteemi antava võimsuse ja COP vahel.



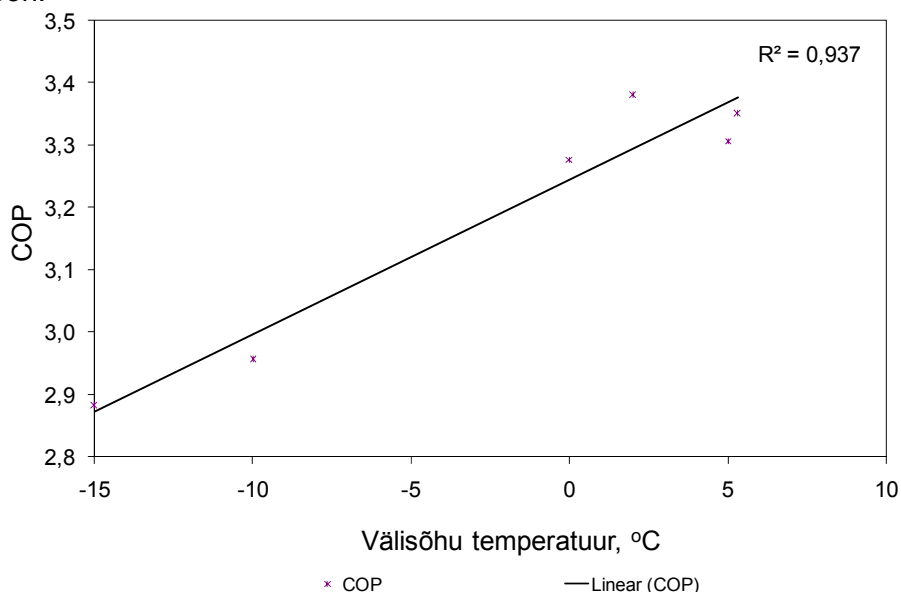
Joonis 12.8 Seos soojuspumba poolt soojale tarbeveele antava võimsuse ja COP vahel.

Samuti sõltus soojuspumba COP välisõhu temperatuurist. Näitena on toodud ühel päeval seosed COP, välisõhu temperatuuri ja õhu ning glükoolilahuse temperatuuride kohta vt. Joonis 12.9.



Joonis 12.9 Soojuspumba COP ja temperatuuriparameetrite vaheline seos.

Lisaks lühiajalise perioodi COP ja temperatuuriparameetrite omavahelisele seosele vaadeldi analüüsi käigus ka pikemajalise perioodi välistemperatuuri ja soojuspumba COP vahelist seost (vt. Joonis 12.9). Vaadeldava perioodi välistemperatuur jääb vahemikku  $-15\text{ °C} - +6\text{ °C}$ . Soojuspumba 24 h keskmised COP-id jäid vastavalt mõõtmistulemustele vahemikku 2,9–3,4. Välistemperatuuri ja soojuspumba COP vahel on tugev lineaarne korrelatsioon.



Joonis 12.10 Soojuspumba COP sõltuvus välistõhu temperatuurist.

## 12.3 Kokkuvõte

Uuringu tulemusena selgub, et pikema perioodi keskmine COP jääb vahemikku 3–3,5. Hetkeline COP võib olla ka kõrgem. Mõõteperioodi vältel kogutud andmetest tuleneb, et soojuspumba töös on küllaltki pikad vahemikud, kui pump seisab. See on tingitud soojuspumba ja soojuskeskuse küttegaafikute erinevusest, soojuspumba seadistustest ja sisse-väljalülituste viiteajast. Samuti võib probleemiks osutuda ka hoone kõrge temperatuuriga radiaatorkütte graafik, mistõttu ei ole soojuspumbaga külmal perioodil võimalik kogu ventilatsiooniõhult saadavat soojust efektiivselt küttesüsteemi üle kanda. Tuleb tähele panna, et osaliselt on võimalik seda probleemi lahendada soojuskeskuse ja soojuspumba küttegaafikute sobitamiseega.

Hetke COP-sid analüüsid selgus, et kõrgem COP on siis, kui soojuspump töötab soojemal ajal ainult küttevee soojendamiseks ja ka juhul, kui sooja tarbevett toodetakse pikka aega järjest. Siit võib teha järelduse, et soojuspump sobib eelkõige tööks madalamatel sekundaarpoole parameetritel. Soojustagastuse ajaperioodilise osakaalu ja soojuse salvestamisvõimalusest tulenedes peaks soojuspumba automaatika eelistama tarbevee soojendamist.

Kui uut korterelamut projekteeritakse, siis radiaatorkütte graafiku valikul tuleks eelistada madalama temperatuuriga küttegaafikut (näiteks 60–40 °C) või võimalusel kaaluda põrandkütte lahendust. See annab võimaluse soojuspumba kasutamise korral utiliseeritavat soojust tõhusamalt taaskasutada. Juba olemasolevate korterelamute 70/50 küttegaafikute puhul tuleks VTSP süsteemi rajamisel kaaluda küttegaafiku mõningast alandamist. Selles uuringus vaadeldud soojuspumba maksimaalne ülemine küttegaafiku parameeter on 65 °C. Juhul, kui süsteemis kasutada soojuspumpa, mis nii kõrget temperatuuri ei saavuta, siis väljatõmbeõhust utiliseeritav soojushulk langeb.



# 13 Ehitusmaterjalide ja siseõhu mikrobioloogiline kahjustus

## 13.1 Hallituskahjustused

Hallituseks kutsutakse teatud liiki mikroseeni, õigemini silmaga nähtavat seente kolooniate kasvamist mingi materjali pinnal või ka sisemuses. Hallitusseened on osa loodusest ning neid esineb alati nii välis- kui ka sisekeskkonnas. Üliväikesed (tuhat korda väiksemad kui millimeeter) hallitusseente eosed hõljuvad oma kerguse tõttu vabalt kõikjal õhus. Niiskele (või märjale) orgaanilist ainet sisaldavale pinnale sattunud eosed hakkavad kasvama, moodustades kiiresti mitut värvi laike ja plekke. Toitainet võib pärineda materjali seest või saabuda selle pinnale koos õhuga (nn. õhusaaste).

Viimasel ajal on selgunud, et hallituskahjustus tekib peale looduslikku orgaanilist ainet sisaldavale kasvupinnasele ka väga paljudele orgaanilisi aineid sisaldavatele tehismaterjalidele, mida hoonetes ehitus- ning siseviimistlusmaterjalides rohkelt kasutatakse – värvid, õlid, lakid, liimid, vuugi tihendusmaterjalid (nn. silikoonid). Lisaks sellele võib hallitus tekkida ka toitainet mitte sisaldavatele pindadele, mis on piisavalt krobelsed, et kinni püüda orgaanilist õhusaastet ning säilitada ka sinna sattunud vett. Suurt rolli mängivad ka nn. keskkonnasõbralikud vesialusel viimistlusmaterjalid, mis küllalt lühikese aja jooksul kaotavad hallitusvastased omadused ning muutuvad heaks kasvupinnaseks. Tänu nendele asjaoludele põhjustab hallitus üha enam probleeme nii sisetingimustes kui ka hoonete välisfassaadidel.

On üldiselt teada, et hallitus rikub toiduaineid ning mitmeid kodus kasutatavaid materjale – riidet, paberit, vaipu jm. Peale selle kutsuvad majas kasvav hallitus esile allergiat või ülemiste hingamisteede allergia-taolisi nähtusi. Jättes siinkohal kõrvale raskeid haigusi tekitavad mikroseenid, võivad järgmised tervisehädad olla tingitud just majas kasvavast hallitusest:

- “kinnine” tunne ninas ja põskkoobastes;
- köha;
- kähisev ja raske hingamine;
- kibe tunne kurgus;
- näonaha ja silmade ärritus;
- pidevad hingamisteede haigused (sealhulgas põskkoopa põletik).

Kõige keerulisem hallitusprobleemidega tegelemise juures on see, et nende seente mõju inimesele on äärmiselt individuaalne. Erinev tundlikkus esineb tavaliselt hallituse arenemise algstaadiumis. Pikaajaline viibimine väga hallitanud majas teeb lõpuks igaühe haigeks.

Mõned inimeste grupid rohkem vastuvõtlikud hallituse kahjulikele mõjudele kui teised:

- imikud, lapsed ja vanurid;
- eelnevalt haiged inimesed, kellel on diagnoositud hingamisteede ülitundlikkus, allergia ja astma;
- nõrgenenud immuunsüsteemiga inimesed (HIV infektsiooniga, keemiaravi saavad, siirdatud organitega inimesed);

Seetõttu tuleb korduvate ja nn. ilma põhjuseta tekkivate haigusnähtude puhul võtta arvesse võimalust hallituse ajendavast osast tervisehäirete tekkimisel.

Arvestades hallituse igakülgset ebasoovitavat ning lausa kahjulikku mõju tervisele ning meid ümbritsevatele asjadele, ei tohi hallitusest mööda käia lootuses, et see ise ära kaob. Kui hallitanud materjal kuivab, siis seda kergemini lenduvad selle pinnalt kuivusele hästi vastupidavad eosed, mis uues soodsas (niiskes) kohas kasvama lähevad. Hallitusseene eoste hävitamiseks on vaja üsna kõrget temperatuuri - üle 100° C.

Hallituskahjustuste ilmumine hoones on alati seotud ülemäärase niiskuse esinemisega. Liigniiskus võib olla varjatult materjali sees, kogunenud pinnale õhukese veekilena või olla

pindu vahetult ümbritsevas õhus veeauruna. Hallitussente arenguks piisava niiskuse kogus on erinevatele hallitussentele erinev, temperatuuri suhtes on need tunduvalt leplikumad. Seetõttu seostatakse sisekliima uurimisel hallitussente esinemist peamiselt niiskust iseloomustavate parameetritega.

Liigniiskusele viitavad Indikaatormikroseened, mida ei esine normaalsetes hoonetes: *Aspergillus versicolor*, *Aspergillus fumigatus*, *Trichoderma*, *Stachybotrys atra*, *Phialophora*, *Fusarium*, *Ulocladium*, *Exophila*, *Rhodotorula*, *Chaetomium*, *Eurotium*, *Wallemia*.

## 13.2 Meetodid

Projektis uuriti valitud korterelamutes siseõhus ning erinevate materjalide pinnal olevaid hallitusseni. Uuringuid teostati 30 korteris, millest võeti kokku 72 õhu- ja materjali pinna proovi, pannes rõhku materjalide pinna visuaalsetele muutustele.

### 13.2.1 Mikrobioloogiline kasv materjalidel

Kõnesoleva uuringu raames uuriti korterelamutes esinevaid materjalide pinnakahjustusi, mis võisid olla põhjustatud hallitussentest. Selleks kasutati nn. kleeplindi meetodit, kus silmaga nähtava pinna värvuse või struktuuri muutumise kohas suruti pinna vastu läbipaistva kleeplindi ca 7cm pikkune tükk, mis seejärel kleebiti kohe siledale kilealusele. Proovi võtmise kohtadeks valiti enamasti köök, magamistuba või vannituba. Erilist tähelepanu pöörati akna ümbrusele ning dušikabiini ning vanni silikoontihendusele. Laboris määrati hallitussente perekondlikku kuuluvust valgusmikroskoobi abil, kasutades selektiivset värvimist.

### 13.2.2 Siseõhu mikrobioloogiline uurimine ja analüüs

Õhus levivad hallitussene eosed koos õhu liikumisega ning tänu oma kergusele moodustavad püsiva hõljumi, mida ruumides viibivad inimesed ja lemmikloomad sisse hingavad. Hallitusseneosade sissehingamisel või kontaktist nahaga võib inimesele tekkida allergia. Hallitussened võivad sekundaarse metabolismi käigus toota õhku lenduvaid keemilisi ühendeid, antibiootikume ja mükotoksiine, mis võivad ärritada silmade ja hingamisteede limaskesti või raskemal juhul tekitada tõsisemaid terviserikkeid.

Õhuproove võeti seadmega Biotest HYCON Airsampler RCS. Kasutati YjaF söötmeribasiid, proovi kogumise aeg oli 4 min, inkubeerimise aeg 8 päeva 21°C juures. Hallitussente liike ei identifitseeritud. Proovide võtmise aeg langes vahemikku aprill-mai 2012.

Õhus leiduvate hallitussente koguhulka hinnatakse erinevates maades erinevalt. Suurbritannias (Singh et al, 2010) liigitatakse nn. ohuklassid järgmiselt (vt. Tabel 13. 1):

Tabel 13. 1 Soovitavad hallitussente piirnormid UK-s (Singh et al, 2010).

| Kategooria | Seente hulk PMÜ/m <sup>3</sup> |
|------------|--------------------------------|
| Väga madal | ≤ 50                           |
| Madal      | ≤ 200                          |
| Keskmine   | ≤ 1 000                        |
| Kõrge      | ≤ 10 000                       |
| Väga kõrge | ≥ 10 000                       |

Soomes on määratud soovituslikud piirnormid järgmiselt (Husman 1993), vt. Tabel 13. 2 :

Tabel 13. 2 Soome soovituslikud normid (Husman et al 1993).

| Kategooria | Seente hulk PMÜ/m <sup>3</sup> |
|------------|--------------------------------|
| Tavapärane | < 150                          |
| Kõrgenenud | 150-500                        |
| Kõrge      | > 500                          |

Soome soovituslikes normides ei määratleta eraldi talvist ja suvist kogust. Eestis puuduvad hallitussente puhul normid sisekeskkonnas. Seetõttu kasutame antud töös soovituslikke Soome norme kui kõige sarnasema kliimaga maal väljatöötatud piire.

## 13.3 Tulemused

### 13.3.1 Mikrobioloogiline kasv ruumide sisepinnal

Võrreldes eelnevate kortermajade uuringutega saadi materjali pindade uurimisel üsna erinevaid tulemusi, vt. (Tabel 13. 3). Kõigepealt oli leiuta proovide arv väga suur. Kuigi materjalide pinnad olid visuaalselt muutunud välimusega, ei sisaldanud sealt võetud proovid oluliselt mikrooseeni. Valdavalt olid neis proovides tahmaosakesi.

Tabel 13. 3 Erinevate hallitussente esinemise sagedus kleeplindiproovidel.

| Leid   | Kahjustuste sagedus, % |                         |                       |                      |
|--|------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|
|  | Puitkorter-<br>elamud  | Telliskorter-<br>elamud | Suurpaneel-<br>elamud | Uued<br>korterelamud |
| <i>Acremonium</i>                                |                        |                         | 2                     |                      |
| <i>Alternaria</i>                                |                        |                         | 4                     | 2                    |
| <i>Aspergillus</i>                               |                        | 13                      | 4                     | 2                    |
| <i>Aureobasidium</i>                             |                        |                         | 2                     | 2                    |
| <i>Botrymyces</i>                                |                        |                         | 2                     |                      |
| <i>Chaetomium</i>                                | 2                      |                         |                       |                      |
| <i>Cladorrhinum</i>                              | 2                      |                         |                       |                      |
| <i>Cladosporium</i>                              | 13                     | 46                      | 10                    | 4                    |
| <i>Echinobotryum</i>                             | 2                      |                         |                       |                      |
| <i>Epicoccum</i>                                 | 2                      |                         |                       |                      |
| <i>Exophiala</i>                                 | 3                      |                         | 2                     | 2                    |
| <i>Fusarium</i>                                  |                        | 4                       |                       |                      |
| <i>Geomyces</i>                                  |                        | 4                       |                       |                      |
| <i>Phaeosclera</i>                               |                        |                         |                       | 2                    |
| <i>Paecilomyces</i>                              |                        | 4                       |                       |                      |
| <i>Phialophoria</i>                              |                        | 4                       |                       |                      |
| <i>Phoma</i>                                     | 10                     | 4                       | 4                     |                      |
| <i>Trichoderma</i>                               |                        |                         |                       | 2                    |
| <i>Ulocladium</i>                                | 3                      |                         | 6                     | 2                    |
| Vetikad  |                        | 4                       |                       |                      |
| Bakterid   |                        |                         | 8                     | 4                    |
| ID-ta eosed                                      | 10                     | 4                       | 22                    | 9                    |
| ID-ta mütseel                                    | 3                      | 4                       | 6                     | 4                    |
| Tekstiilikiud                                    |                        |                         |                       | 12                   |
| Praht, bioloogiline saaste,<br>õietolm           |                        |                         |                       | 4                    |
| Leiuta (tahm, praht, üksikud<br>seeneniidi osad) | 50                     | 8                       | 28                    | 49                   |
| Kokku  | 100                    | 100                     | 100                   | 100                  |

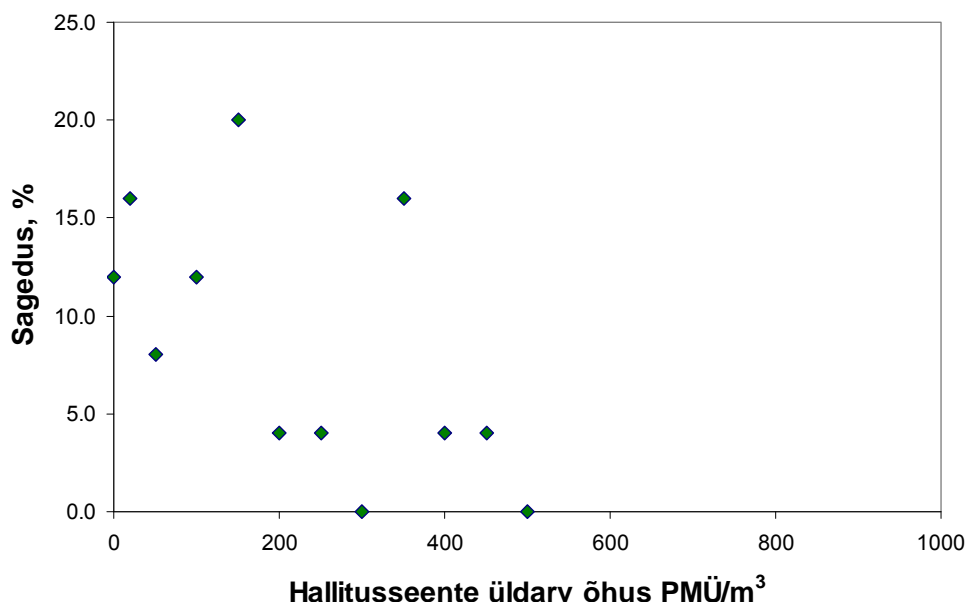
Avastatud seeneliikide osas leiti vaid kõige levinumaid õhusaaste seeni ning nendest ka vaid väheseid perekondi. Üheks erinevuseks teiste uuritud korterelamutega oli märkimisväärne tekstiilikiudude esinemine proovides – ka nendes, mida võeti elutoast.

Eraldi märkimisväärseks probleemiks on hallituse esinemine akna klaasipakettide tihenduseks kasutatud läbipaistvatel silikoonidel. Enamikus leitud seeneperekondadest kasvasid aknasilikoonide peal. Puitraamidega akendel hallitusseeni praktiliselt ei esinenud, üksikutel juhtudel oli hallitust rõduukse ümbruses ning mikrotoulutuse avade ümber. Viimaste ümber oli sadenenud ka palju tahma. Paljudel akendel oli näha kondensvee jooksu jälgi, kuid hallituskahjustust seal ümber ei esinenud.

Vannitubades olid paljudes korteris hiljuti täielikult vahetatud välja vanni ja seinavahele paigaldatud tihendus ja hallituskahjustust praktiliselt ei esinenud. Dušikabiinides, kus klaasid olid paigaldatud silikoontihendusega, esines kohati hallitust.

### 13.3.2 Siseõhu mikrobioloogiline uurimine ja analüüs

Järgnevalt on esitatud õhus olevate hallituseente üldarv (Joonis 13.1) uuritud korterelamute 1 m<sup>3</sup> õhus (PMÜ: pesa moodustav ühik).



Joonis 13.1 Õhus olevat hallituseente eoste üldarv korterelamutes.

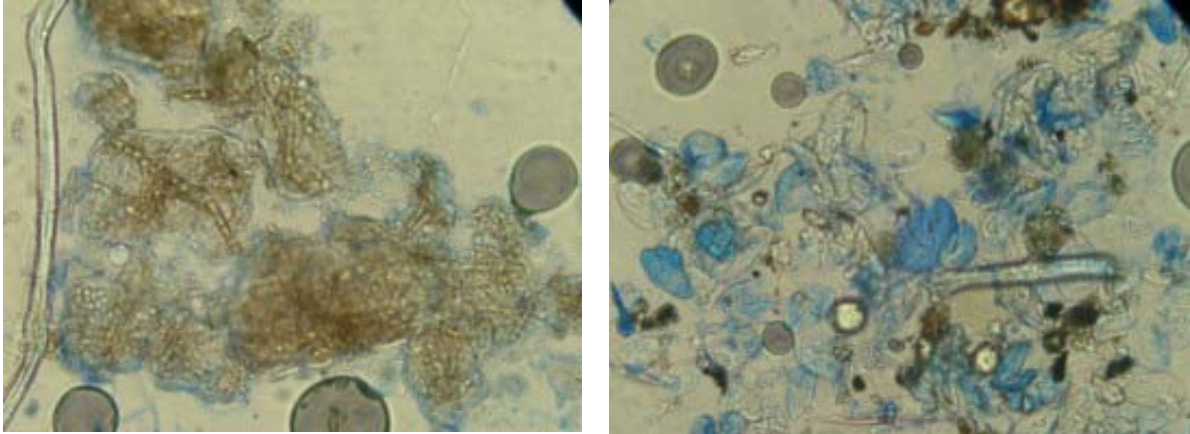
Suurpaneel- ning telliskorterelamutes esineb siseõhus küllalt sageli suurt hallituseente hulka. Seevastu puitkorterelamutes esineb kõrge hallituseente kontsentratsiooniga kortereid vähem ning uutes korterelamutes on see arv veelgi väiksem. Uutes korterelamutes jäid kõikidel mõõtmistel hallituseente koguhulk õhus alla soovitatava hallituseente üldarvu piiri – 500 PMÜ/m<sup>3</sup>, mida tuleb lugeda väga heaks tulemuseks.

Asjaolud, mis sellist tulemust põhjustavad, võivad olla järgmised:

- Korterid ei olnud mõõbliga üle kuhjatud ning see soodustas õhu liikumist ka seinte ääres;
- Osa korterites polnud aknad üldse avatavad ning siseõhu parameetreid kontrolliti tsentraalsete süsteemidega;
- Uuritud korterid olid heas sanitaarses seisukorras;
- Elanikud olid korteris elanud lühemat aega ning ei olnud teinud olulisi ümberehitusi (eriti puudutab see köögist ja niisketest ruumidest väljatõmbe ümberkorraldamist);
- Peamised materjalide hallituskahjustused olid akende ümbruses.

## 13.4 Näited biokahjustustest

Järgnevalt on toodud mõningaid näiteid peamistest biokahjustustest.



Joonis 13.1 Akna klaaspaketi tihendussilikoon on massiliselt hallitusega koloniseeritud (vasakul). „Leiuta“ proov sisaldab väga palju erineva päritoluga osakesi (paremal).



Joonis 13.2 Vanniserva tihendussilikoon on „mustaks“ tõmbunud. Seda ei ole võimalik puhastuskeemiaga kõrvaldada, vaid tuleb uuendada (vasakul). Akna klaaspaketi tihendamiseks kasutatud silikoon on kogu ulatuses hallitanud (paremal).

## 14 Korterelamute energiakasutuse analüüs

Elamu energiatõhusust iseloomustab aastane summaarne soojus- ja elektrikasutus (mis sisaldab kõiki tehnosüsteemide kadusid), mida kasutatakse:

- hoone sisekliima tagamiseks:
  - kütmiseks,
  - jahutamiseks,
  - ventilatsiooniks
  - valgustuseks,
- vee soojendamiseks;
- majapidamisseadmete kasutamiseks.

Arvestamiseks tarnitud energia tootmiseks vajalikku primaarenergia kasutust ja selle keskkonnamõju kasutatakse energiakandjate kaalumistegureid:

- 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: 1,5/2,0.

Elektri puhul on toodud energiatõhususarvud kahe kaalumisteguri korral (1,5 on kehtiv kaalumistegur, kuid tõenäoliselt tõstetakse see lähiajal 2,0 peale). Et iseloomustada hoonet, mitte kasutajaid, kasutatakse energiatõhususarvu leidmisel hoone standardkasutust ja arvutuslikku lähenemist. Olemasolevate hoonete energiatõhusust hinnatakse üldjuhul mõõdetud energiakasutuse andmetel alusel.

### 14.1 Mõõdetud energiakasutuse analüüs

Analüüsi aluseks on uuritavate korterelamute mõõdetud energiakasutuse andmed, mis on saadud korteriühistutelt soojuse, vee ja gaasi kulu kohta ning Eesti Energia AS-ilt elektri kasutamise kohta. Analüüsitud energiaerikasutus on mainitud hoone köetava pinna (sisaldab ka trepikodade ja treppide pindalaid ning köetavaid parkimiskorruseid) kohta. Kui hoone köetavat pinda pole olnud võimalik määrata, on energia erikulu selle hoone netopinna kohta. Vastavalt andmete olemasolule on iga elamu kohta esitatud järgmised energiakasutusandmed:

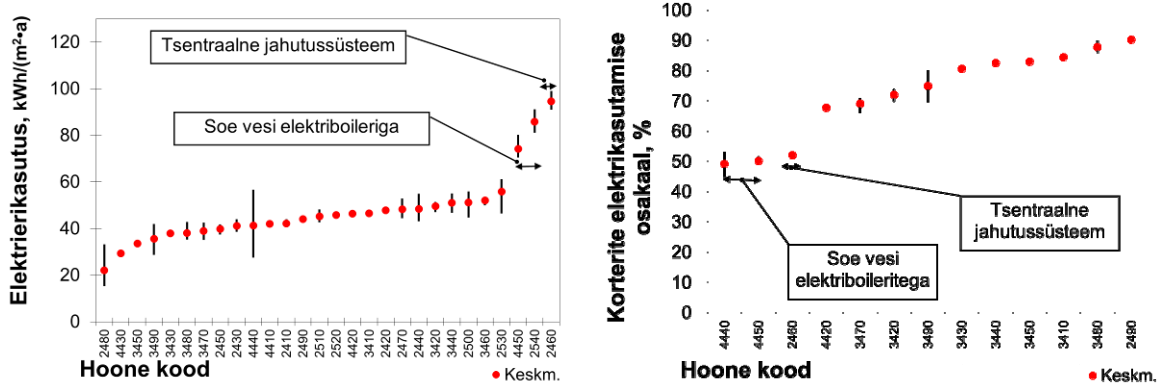
- elektrikasutus;
- gaasikasutus;
- veetarbimine;
- vee soojendamise energiakasutus;
- soojusenergia kasutamine ruumide kütteks ja ventilatsiooniõhu soojendamiseks.

#### 14.1.1 Elektrikasutamise analüüs

Analüüsitud elamutes kasutati elektrit peamiselt valgustuseks ja elektriseadmete kasutamiseks ning sissepuhke-väljatõmbe sundventilatsiooniga varustatud hoonetes ka ventilatsiooni sissepuhkeõhu soojendamiseks. Üksikutes elamutes kasutati elektrit ka vee soojendamiseks (4440; 4450) ja ühes uuritud elamus ka ruumide kütteks (2540). Üks valimisse sattunud hoone oli varustatud tsentraalse jahutussüsteemiga, kus korterite jahutamine toimus ruumipõhiste jahutuskonvektorite abil (2460).

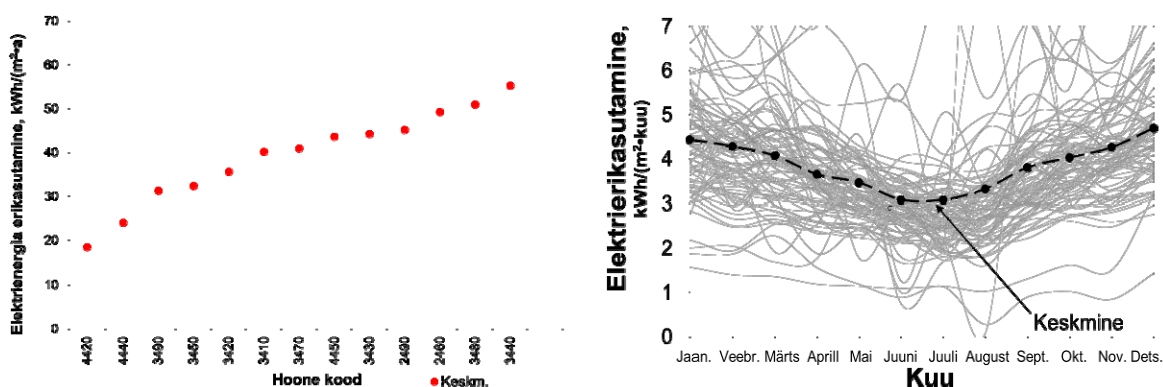
Kolme-nelja aasta (2008-2011) keskmine elektritarbimine (valgustus ja elektriseadmete kasutamine) analüüsitud elamutes oli keskmiselt 42 kWh/(m<sup>2</sup>·a) (22...51 kWh/(m<sup>2</sup>·a)), vt. Joonis 14.1 vasakul. Elamud (2460, 2500, 2510 ja 2520) olid varustatud korteripõhiste ventilatsiooniagregaatidega, nende elektrikasutamine oli mõnevõrra suurem olles keskmiselt 47 kWh/(m<sup>2</sup>·a) (45...51 kWh/(m<sup>2</sup>·a)). Üks hoone (2460) oli varustatud

tsentraalse jahutussüsteemiga ning selle elektrikasutamine oli oluliselt suurem ülejäänud hoonetest - 95 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Kahel hoonel toodeti sooja tarbevett elektri boileri abil, ka nende elektrienergia erikasutus oli valimi keskmisest suurem 58 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Mõnevõrra suurem elektrikasutamine oli ka hoonetel mille esimesel korrusel paiknevad poed ja äripinnad (2530 ja 3460): 52...56 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Uuritud majadest 14s oli köetav kelder (panipaigad ja/või parklakorrus), köetava keldri ja elektrienergiatarbimise osas seos puudus.



Joonis 14.1 Elamu aasta keskmine elektrierikasutus köetava pinna ruutmeetri kohta (vasakul). Korterite elektrikasutamise osakaal hoone summaarsest elektritarbimisest (paremal).

Sõltuvalt elektri mõõtmise süsteemist oli võimalik eristada elektrikasutamist korterites ja üldkasutatavates ruumides ca 50% majadest. Uutel korterelamutel on tihti üks liitumispunkt Eesti Energia Jaotusvõrguga, ning korterite elektrienergia kasutamise andmeid kogub haldusettevõte, kust täpsete andmete saamine oli üsna problemaatiline. Korterite elektrikasutus osakaal moodustas elamu summaarsest elektrikasutamisest tavalukorras 68...90%. vt. Joonis 14.1 paremal. Väiksem elektrikasutamise osakaal oli seotud eelkõige kaupluse või mõne muu äripinna olemasoluga elamus, elektri boileritega sooja tarvevee tootmise (hooned 4440 ja 4450) ning ühel hoonel ka jahutussüsteemi olemasoluga (2460). Korterite aastane elektrierikasutus elamispinna kohta vt. Joonis 14.2 vasakul kõigub palju 18...55 kWh/(m<sup>2</sup>·a) ja üldistus on keeruline teha. Keskmine elektrieritarbimine elamispinna kohta on 39 kWh/(m<sup>2</sup>·a), sellest väiksema eritarbimise on kohati põhjustanud osaliselt tühjana seisvad korterid.

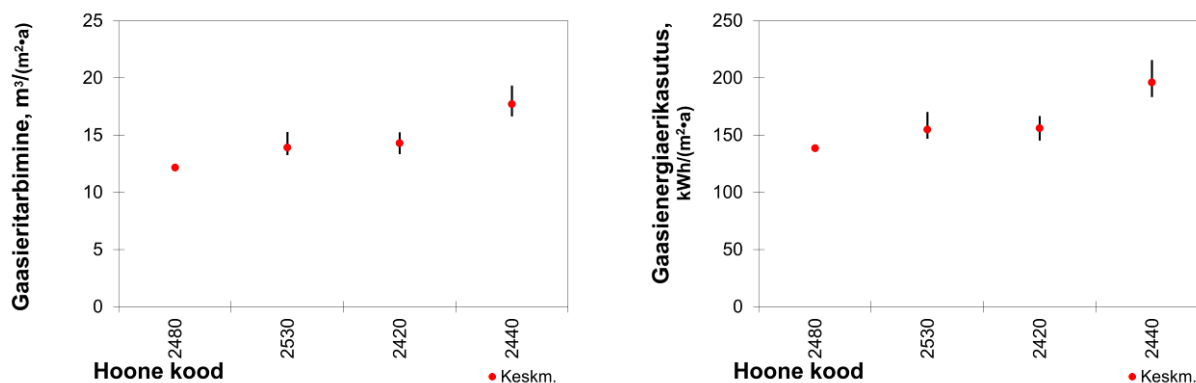


Joonis 14.2 Korterite aastane elektri erikasutamine elamispinna kohta (vasakul). Elektri erikasutamine uuritud elamutes kuude lõikes (paremal).

Kuude lõikes oli näha elektrikasutamise kõikumist (vt. Joonis 14.2 paremal). Suvine elektrikasutamine oli talvisest üldiselt väiksem peamiselt valgustuse väiksemast kasutusest suveperioodil, kuid tsentraalse jahutussüsteemiga varustatud hoones oli olukord vastupidine tänu suvisele jahutusele. Korterite elektritarbimist mõjutas ka hooajaline üürikorterite kasutamine.

## 14.1.2 Gaasikasutamise analüüs

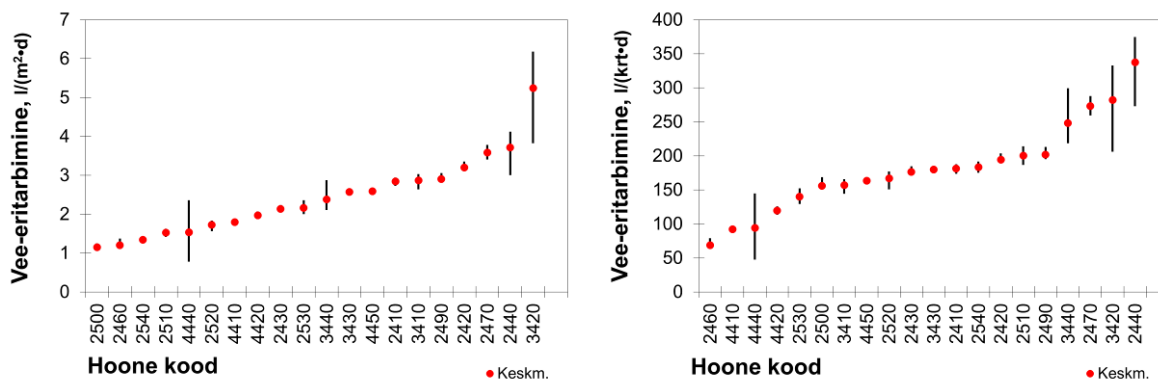
Viis analüüsitud elamut olid varustatud maagaasiga. Ühe elamu kohta õnnestus saada vaid soojusarvesti poolt mõõdetud energia ning gaasikulu ei õnnestunud saada. Neljas hoones kasutati gaasi nii ruumide kütteks kui ka sooja tarbevee tootmiseks. Gaasipliite uuritud hoonetes ei kasutatud. Keskmise gaasieritarbimine kütava pinna ruutmeetri kohta oli  $14,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{a})$  vt. Joonis 14.3 vasakul). Arvestades maagaasi kütteväärtust  $9,3 \text{ kWh/m}^3$ , on keskmine gaasienergia erikulu  $135,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ , vt. Joonis 14.3 paremal.



Joonis 14.3 Aasta keskmine maagaasi eritarbimine uuritud elamutes.

## 14.1.3 Vee tarbimise ja vee soojendamise energiakasutamise analüüs

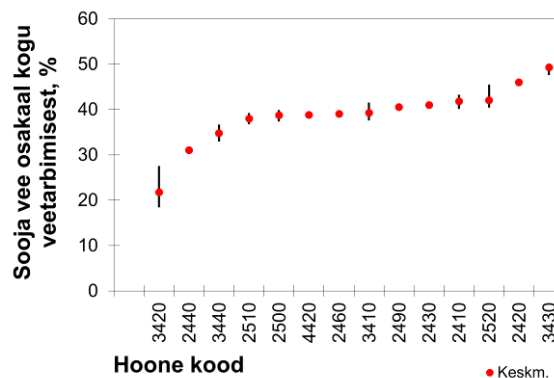
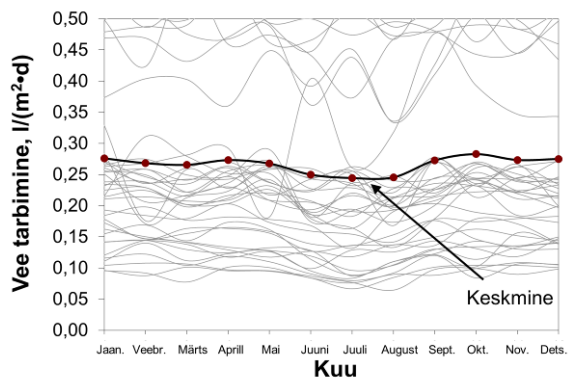
Vee kulu andmed olid saadaval 21 elamu kohta. Aasta keskmine vee kulu analüüsitud elamutes oli  $2,45 \text{ l}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$  (st.hälve  $0,97 \text{ l}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ) ja  $180 \text{ l}/(\text{kr}\cdot\text{d})$  (st.hälve  $65 \text{ l}/(\text{kr}\cdot\text{d})$ ), vt. Joonis 14.4.



Joonis 14.4 Aasta keskmine vee-eritarbimine uuritud elamutes.

Keskmine vee tarbimine ei sõltunud otseselt aastaajast, vt. Joonis 14.5 vasakul. Elamute, mille kohta oli esitatud eraldi arvestus külma ja sooja vee kulu kohta, oli võimalik analüüsida sooja vee osakaalu kogu vee tarbimisest (vt. Joonis 14.5 paremal). Keskmine sooja vee osakaal kogu veekulust oli 37% (22%...49%). Seda osakaalu kasutati sooja vee osakaaluna ka elamutes, kus sooja vee kulu eraldi ei olnud mõõdetud või mille tarbimisandmeid ei olnud võimalik kasutada, osadel hoonetel teostati ka 7 kuni 14 päevaseid proovimõõtmisi sooja- ja külma vee tarbimise kohta, nendel hoonetel on arvestatud mõõdetud sooja vee osakaaludega (2420, 2430, 2440, 2460). Varasemad uuringud on näidanud, et sõltuvalt tarbija iseloomust võib sooja vee osakaal kõikuda vahemikus 38...45% (TLV-52 2008).





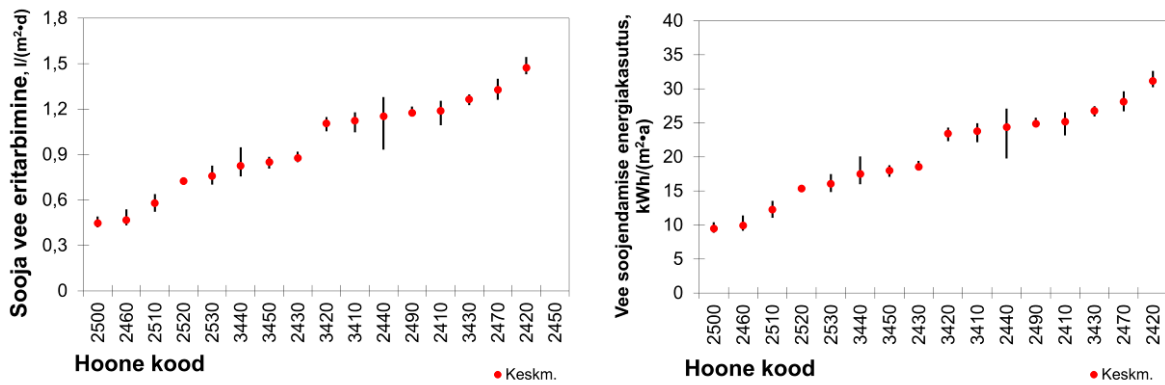
Joonis 14.5 Vee eritarbimine uuritud elamutes kuude lõikes (vasakul). Sooja vee osakaal summaarsest veetarbimisest (paremal).

Aasta keskmist vee eritarbimist inimese kohta oli võimalik leida vaid kolme uuringus osalenud hoone kohta. Uusi korterelamuid haldavad valdavalt haldusettevõtted ning kommunaalrivate tasumisel ei ole enam aluseks inimeste arv seetõttu ei olnud inimeste arv halduritel ka teada. Aasta keskmine vee eritarbimine inimese kohta analüüsitud elamutes oli 128 l/(in·d) (st. hälve 21 l/(in·d)). Aasta keskmine sooja vee eritarbimine inimese kohta oli 46 l/(in·d) (st. hälve 10 l/(in·d)), vt. Tabel 14.1. Võrreldes varasemate uuringutega on märgata pigem sooja vee eritarbimise tõusu elaniku kohta. Aasta keskmine sooja vee eritarbimine analüüsitud elamutes oli 0,95 l/(m<sup>2</sup>·d) (st.hälve 0,31 l/(m<sup>2</sup>·d)), vt. Joonis 14.6 vasakul. Võrreldes varasemate uuringutega (~2 l/(m<sup>2</sup>·d): Toode & Kõiv 2005, Kõiv & Toode 2006), Tabel 14.1 on veetarbimine m<sup>2</sup> kohta vähenemas. Kuna inimese kohta on veetarbimine tõusnud, võib järeldada, et uutes korterelamutes on inimese kohta rohkem köetavat põrandapinda.

Tabel 14.1 Sooja vee eritarbimise muutus Eesti korterelamutes aastatel 1999-2012.

|          | Kõiv & Toode 2005<br>(75 kortermaja)          |           |           |           | Telliskorter-<br>elamud<br>2009 | Puitkorter-<br>elamud<br>2010 | Uued korter-<br>elamud<br>2012 |
|----------|---|-----------|-----------|-----------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
|          | 1999  | 2001      | 2003      | 2004      |                                 |                               |                                |
|          | Sooja vee eritarbimine, l/(m <sup>2</sup> ·d) |           |           |           |                                 |                               |                                |
| Keskmine | 2.8   | 2.3       | 2.1       | 2.0       | 1.3                             | 1.1                           | 0,95                           |
| Vahemik  | 1.6...3.6                                     | 1.8...3.1 | 1.6...2.6 | 1.7...2.7 | 0.7...1.8                       | 0.5...2.0                     | 0.5...1.5                      |
|          | Sooja vee eritarbimine, l/(in·d)              |           |           |           |                                 |                               |                                |
| Keskmine | 60  | 49        | 45        | 44        | 35                              | 30                            | 46                             |
| vahemik  | 34...77                                       | 38...66   | 35...56   | 36...58   | 17...58                         | 15...50                       | 35...55                        |

Aasta keskmine vee soojendamiseks kuluv energia erikulu analüüsitud elamutes oli 20 kWh/(m<sup>2</sup>·a) (st.hälve 6,6 kWh/(m<sup>2</sup>·a)), vt. Joonis 14.6 paremal. Ka vee soojendamise energiakulu on võrreldes varasemate uuringutega (1999 aastal 53 kWh/(m<sup>2</sup>·a), Kõiv & Toode 2001) oluliselt vähenemas.



Joonis 14.6 Aasta keskmine sooja vee eritarbimine (vasakul) ja vee soojendamise energiasutus (paremal) uuritud elamutes.

#### 14.1.4 Ruumide kütteks kasutatud soojusenergia analüüs

Soojusenergia ruumide kütteks hõlmab:

- soojusjuhtivuskaod läbi piirdetarindite;
- soojusjuhtivuskaod läbi külmasildade;
- välispiirete ebatihedustest (infiltratsioonist) tulenevad soojuskaod;
- ventilatsiooniõhu soojendamise energiakulu (v.a korteripõhised ventilatsiooniagregaadid, mis on valdavalt varustatud elektrikalorifeeriga (elektri kulu sisaldub korterite elektrikasutuses);
- infiltratsiooniõhu soojendamise energiakulu.

Elamu soojusenergia ruumide kütteks sõltub:

- piirdetarindite soojusjuhtivusest;
- hoone kompaktsusest;
- sisetemperatuurist;
- piirdetarindite õhupidavusest;
- soojusvarustuse ja küttesüsteemide juhtimisest;
- ventilatsiooniüsteemi lahendusest;
- soojusvarustuse ja küttesüsteemide süsteemikadudest.

Soojusenergia tarbimist on analüüsitud nelja aasta jooksul mõõdetud andmete alusel, mis on taandatud normaalaastale aluseks võetuna kraadpäevad tasakaalu temperatuuril 15 °C ning hoonetes kus oli soojustagastusega ventilatsioon 12 °C. Kahekümneseitsme analüüsikõlbuliku elamu keskmine, ruumide kütteks, tarbitud soojuseerikasutus köetava pinna ruutmeetri kohta oli 102 kWh/(m<sup>2</sup>·a) (st. hälve 22 kWh/(m<sup>2</sup>·a)).

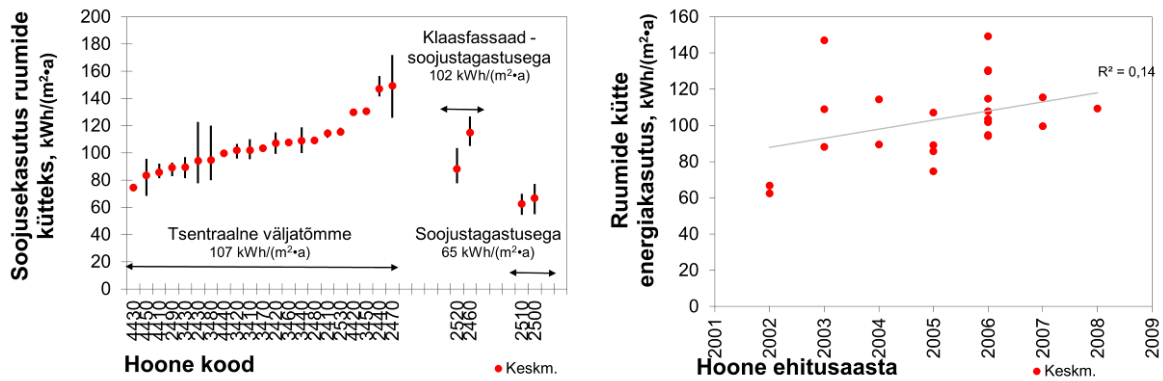
Uuritud elamute iseloomustus ja soojuserikasutus köetava pinna ruutmeetri kohta vt. Tabel 14.2.

Tabel 14.2 Uuritud elamute iseloomustus ja soojuserikasutus k etava pinna ruutmeetri kohta.

| Hoone kood | Ehitusaasta | Korru-selisuus | Ven-tilat-sioon | Soojus-varusts  | V alispiire te pind/kubatuur, 1/m | Kraadp evadega korrigeeritud soojuse eritarbimine k etava pinna kohta, kWh/(m <sup>2</sup> ·a) |      |      |      |      |
|------------|-------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|--|------|------|------|------|
|            |             |                |                 |                 |                                   | Keskm.   | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2410       | 2004        | 8              | VT              | kaugk ute       | 0,26                              | 114  | 117  | 116  | 111  | 113  |
| 2420       | 2005        | 6              | VT              | gaasikatlam aja | 0,31                              | 107  | 115  | 107  | 99   |      |
| 2430       | 2006        | 4              | VT              | kaugk ute       | 0,34                              | 91   | 120  | 77   | 77   |      |
| 2440       | 2003        | 3              | VT              | gaasikatlam aja | 0,51                              | 145  | 156  | 135  | 143  |      |
| 2450       | 2004        | 8              | VT              | kaugk ute       | 0,24                              |  |      |      |      |      |
| 2460       | 2006        | 30             | SP-VT           | gaasikatlam aja | 0,15                              | 115  | 127  | 105  | 113  |      |
| 2470       | 2006        | 4              | V OK            | kaugk ute       | 0,6                               | 154  | 176  | 154  | 131  |      |
| 2480       | 2008        | 7              | VT              | gaasikatlam aja | 0,43                              | 109  |      |      |      | 109  |
| 2490       | 2005        | 4              | KVT             | kaugk ute       | 0,37                              | 89   | 93   | 92   | 83   |      |
| 2500       | 2002        | 8              | SP-VT           | kaugk ute       |                                   | 67   | 71   | 55   | 64   | 77   |
| 2510       | 2002        | 8              | SP-VT           | kaugk ute       |                                   | 63   | 70   | 54   | 61   | 65   |
| 2520       | 2003        | 19             | SP-VT           | kaugk ute       |                                   | 88   | 104  | 78   | 80   | 91   |
| 2530       | 2007        | 5              | VT              | gaasikatlam aja | 0,3                               | 115  |      | 115  | 113  | 118  |
| 3410       | 2006        | 3              | VT              | kaugk ute       | 0,44                              | 102  | 110  | 95   | 98   | 104  |
| 3420       | 2006        | 3              | VT              | kaugk ute       | 0,44                              | 102  | 105  | 96   | 100  | 107  |
| 3430       | 2004        | 8              | VT              | kaugk ute       | 0,28                              | 90   | 97   | 90   | 81   |      |
| 3440       | 2003        | 4              | VT              | kaugk ute       | 0,36                              | 109  | 119  | 109  | 100  | 108  |
| 3450       | 2006        | 5              | VT              | kaugk ute       | 0,44                              | 130  | 148  | 124  | 123  | 127  |
| 3460       | 2006        | 5              | VT              | kaugk ute       | 0,44                              | 97   | 118  | 87   | 85   |      |
| 3470       | 2006        | 3              | VT              | kaugk ute       | 0,34                              | 104  | 125  | 100  | 86   |      |
| 3480       | 2006        | 3              | VT              | kaugk ute       | 0,74                              | 95   | 120  | 84   | 80   |      |
| 4410       | 2005        | 8              | VT              | kaugk ute       | 0,33                              | 86   | 92   | 84   | 81   |      |
| 4420       | 2006        | 9              | VT              | kaugk ute       | 0,28                              | 130  | 146  | 129  | 115  |      |
| 4430       | 2005        | 8              | VT              | kaugk ute       | 0,33                              | 75   |      |      | 75   |      |
| 4440       | 2007        | 4              | VT              | kaugk ute       | 0,42                              | 100  | 107  | 96   | 95   |      |
| 4450       |             | 3              | VT              | kaugk ute       | 0,52                              | 83   | 96   | 68   | 86   |      |
| 2410       | 2004        | 8              | VT              | kaugk ute       | 0,26                              | 114  | 117  | 116  | 111  | 113  |

VT- tsentraalne v ljal t mme; SP-VT – soojustagastusega sissepuhke-v ljal t mbeventilatsioon; V OK -v rsk ohtuklapp

Erinevate ventilatsioonis steemidega varustatud hooneid anal usides on n ha, et soojustagastusega ventilatsioonis steemiga soojuserikasutus on oluliselt v iksem (65 kWh/(m<sup>2</sup>·a)) kui tsentraalse v ljal t mbeventilatsiooniga hoonetel (107 kWh/(m<sup>2</sup>·a)), klaasfassaadiga hoonete energiakasutus on suurem vt. Joonis 14.7 vasakul. Hoone soojuse erikasutust m jutab ka ehitusaasta. Tulemused n itavad, et majandus- ja kinnisvarahindade kasvuga on energia erivajadus ruumide k tteks pigem t usnud vt. Joonis 14.7 paremal.

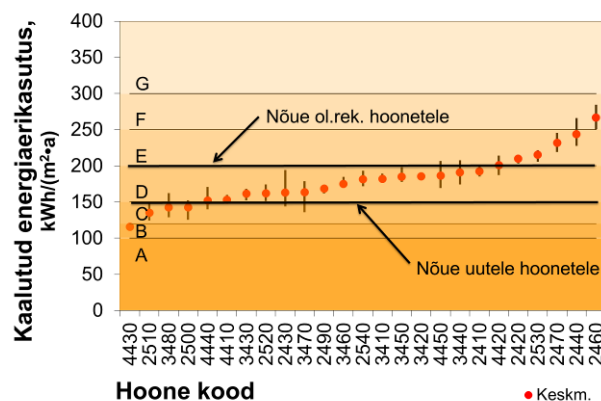


Joonis 14.7 Soojuse erikasutus ruumide kütteks (vasakul). Soojusenergia erikasutus ruumide kütteks sõltuvalt hoone ehitusaastast (paremal).

### 14.1.5 Kaalutud energiaerikasutuse analüüs

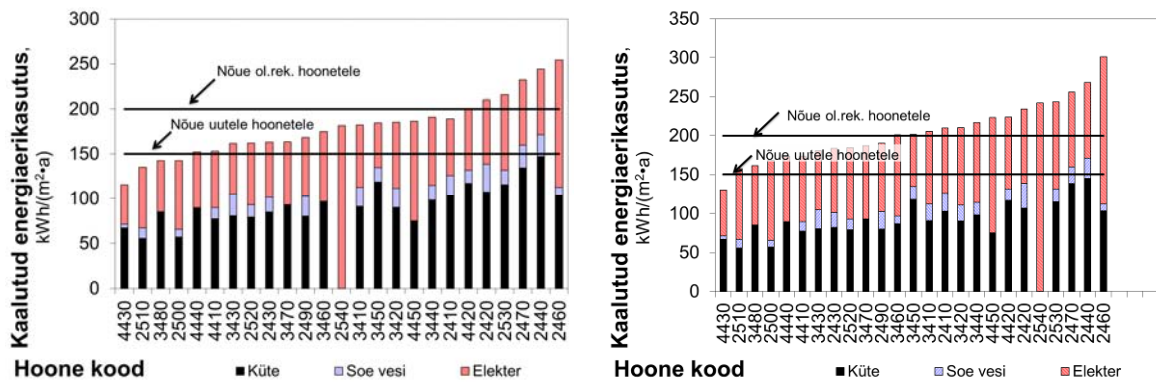
Olemasoleva hoone energiamärgise väljastamisel lähtutakse kaalutud energiaerikasutusest, st. et leitakse energiakandjate kaalumisteguritega korrutatud aastane energiakasutus kilovatt-tundides hoone köetava pinna ruutmeetri kohta. Sõltuvalt hoone kasutusest ei pruugi standardkasutusel põhinev arvutuslik energiatõhususarv ja mõõdetud kaalutud energiaerikasutuse suurused kattuda.

Uute korterelamute energiatõhusust võib hinnata uuringus osalenud elamute summaare kaalutud energiaerikasutuse alusel, vt. Joonis 14.8. tänapäevase energiatõhususe nõudele: energiamärgis C (energiatõhususe arv või kaalutud energiaerikasutus <150 kWh/(m<sup>2</sup>·a)) vastab vaid 16 % hoonetest (ventilatsiooni soojustagastussüsteemiga varustatud hoonetest 50 % vastavad). Olemasolevatele, oluliselt rekonstrueeritud elamutele seatud energiatõhususe nõudele (energiamärgis D (energiatõhususe arv või kaalutud energiaerikasutus <200 kWh/(m<sup>2</sup>·a)) vastasid 76% elamutest.

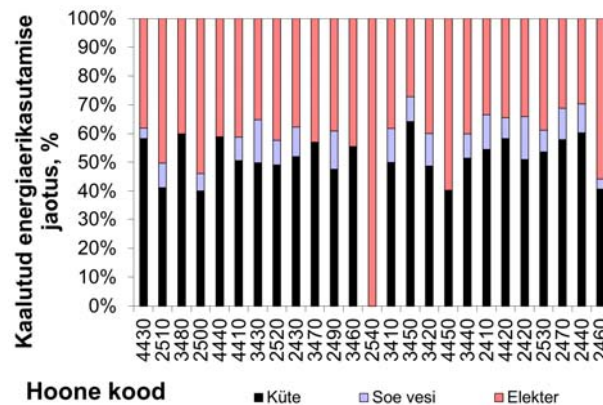


Joonis 14.8 Hoonete jaotus energiamärgiste klassidesse vastavalt kaalutud energiaerikasutusele (elektri kaalumistegur 1,5)

Kaalutud energiaerikasutusarv arvutati ka uue stsenaariumi järgi, mille kohaselt tõuseb elektri kaalumistegur 2,0 peale, sellisel juhul kuuluks uuritud elamutest vaid 44 % vähemalt energiamärgise klassi D, mis on seatud miinimumnõudeks olemasolevatele rekonstrueeritud hoonetele (Joonis 14.9). Uutes elamutes moodustas ruumide kütteks ja ventileerimiseks tarbitud soojusenergia 50 %, vee soojendamise soojusenergia 7 % ja elektrienergia tarbimine 43 % kaalutud koguenergiakasutusest (Joonis 14.10).



Joonis 14.9 Kaalitud energiaerikasutamise struktuur (vasakul elektri kaalumistegur 1,5 ja paremal elektri kaalumistegur 2,0)



Joonis 14.10 Kaalitud energiaerikasutamise protsentuaalne jaotus (elektri kaalumistegur 1,5).

## 14.2 Arvutuslik analüüs

Hoonete energiatõhususe direktiivi 2010/31/EL alusel peavad alates 2021-ndast aastast kõik uued ehitatavad hooned olema **liginullenergiahooned**. Seoses sellega tulevad ka VV. määrusesse „Energiatõhususe miinimumnõuded“ uute mõistetena madalenergiahoone ja liginullenergiahoone. Väljapakutud energiatõhususe tasemed korterelamutele on madalenergiahoonele  $ETA = 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  ja liginullenergiahoonele  $ETA = 100 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Oluline on märkida, et antud energiatõhususarvud on välja pakutud arvestades elektri kaalumistegurit 2.0.

### 14.2.1 Meetodid

#### Arvutusmeetodid

Et vältida hoone kasutuse mõju energiatõhususe hindamisele, on energiaarvutused tehtud standardkasutusel ja ühtse arvutusmeetodika alusel. Korteralamute energiatõhususe analüüsil on kõnesolevas uuringus kasutatud VV. määruse nr. 258 (20.12.2008) „Energiatõhususe miinimumnõuded“ arvutuse aluseid (vabasoojused, sooja tarbevee erikulu jms) ja standardkasutust. Energiatõhususe analüüsimiseks on korteralamud modelleeritud dünaamilise simulatsiooniprogrammi IDA ICE 4.5 abil. Nimetatud arvutusprogramm vastab määruses toodud valideeritud tarkvarale esitatud nõuetele.

Töö esimeses etapis valideeriti elamute arvutusmodelid mõõdetud sisekliima ja energia-tarbimise andmete järgi. Valideerimise aluseks on võetud 2–3 aasta tarbimisandmed, mis on teisendatud standardaastale tasakaalutemperatuuril  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ . Erinevate energiatõhususe meetmete pakettide mõju uurimiseks on elamu olemasolev olukord viidud standardkasutusse.

Töö teises etapis koostati energiatõhusust parandavate meetmete paketid madal ja liginull energiatõhususe tasemetega saavutamiseks.

Väliskliimana on kasutatud Eesti energiaarvutuse baasaastat. Sisetemperatuuriks on arvestatud 21 °C, majaalused kinnised garaažid on arvestatud kütmata ruumidena.

Ventilatsiooni õhuvooluhulkade juures on lähtutud arvutusmodelites sisekliima klassist (II) vastavalt Eesti standardile EVS-EN-15251. Õhuvooluhulk on valitud järgmistest variantidest:

- 0,42 l/(s·m<sup>2</sup>) juhul, kui õhuvooluhulka saab korteripõhiselt reguleerida,
- 0,5 l/(s·m<sup>2</sup>) juhul, kui õhuvooluhulka ei saa korteripõhiselt reguleerida.

Tarbevee soojendamise kulu on arvestatud 45 l/inimesele ja inimeste arvestuslik hulk on saadud tubade arvust korteris: magamistubade arv pluss üks (kahetoalises korteris elab arvestuslikult kaks inimest).

## Energiatõhususe meetmed

Energiatõhusus on tervik, mistõttu energiatõhususmeetmete väljatöötamisel tuleb lähtuda summaarsest energiakasutusest, arvestades ka energiaallika keskkonnamõju ja kasvuhoonegaaside heitmeid, ehk tuleb lähtuda summaarsest primaarenergiakulust. Ainult kütteenergia netovajadusele keskendumine loob energiatõhusast hoonest vaid osalise pildi ja tervik jääb saavutamata. Hea sisekliima peab olema saavutatud väikese primaarenergia kuluga. Seetõttu on kõnesolevas uuringus hoonete energiatõhususmeetmete väljatöötamisel lähtutud eesmärgist saavutada teatud summaarne kaalutud energiaeritavimise tase.

Esmases lähenduses arvestati madalenergia pakettides välisseina soojusjuhtivuseks 0,15 W/m<sup>2</sup>K, mis tähendab soojustusmaterjali paksust ca 250 mm, katuslae soojusjuhtivuseks 0,10 W/m<sup>2</sup>K, mis tähendab soojustusmaterjali paksust ca 400 mm ja akna soojuslähivuseks 0,85 W/m<sup>2</sup>K. Ventilatsioonisüsteemina arvestati ventilatsiooniagregaatide temperatuuri suhtarvuga 0,8 ning ventilaatorite erivõimsusega 1,5 kW/(m<sup>3</sup>s). Mõningates madalenergia pakettides lahendati trepikodade ja tehnoruumide ventilatsioon värske õhu klappidega ja väljatõmbeventilaatoritega.

Liginullenergia pakettides arvestati esmases lähenduses välisseina soojusjuhtivuseks 0,11 W/m<sup>2</sup>K, mis tähendab soojustusmaterjali paksust ca 350 mm, katuslae soojusjuhtivuseks 0,06 W/m<sup>2</sup>K, mis tähendab soojustusmaterjali paksust ca 600 mm ja akna soojuslähivuseks 0,85 W/m<sup>2</sup>K. Ventilatsioonisüsteemina arvestati kogu maja teenindavate ventilatsiooniagregaatidega temperatuuri suhtarvuga 0,8 ja 0,85 ning ventilaatorite erivõimsusega 1,5 kW/(m<sup>3</sup>s).

Kohapealset taastuvenergiatootmist on madalenergia pakettides arvestatud päikesest soojusenergia tootmisega. Päikesekollektoritest toodetud soojusenergia moodustab 50% aastasest sooja tarbevee vajadusest. Liginullenergia pakettides on lisaks arvestatud ka kohapealse päikesest elektri tootmisega. Elektri tootmisel on arvestatud, et päikesepaneelide pind moodustab 50% katuse pindalast ja 10 m<sup>2</sup> päikesepaneeli toodab aastas 1 MWh elektrit.

Põhikütteallikakas on arvutustes kaugküte. Lisaks on energiatõhususarv arvatud veel gaaskondensaatkatlaga, pelletikatlaga, maasoojuspumbaga ja õhk-vesi soojuspumbaga variantidele. Soojusallika kasutegurid on kaugküttele 1,0, gaaskondensaatkatlale 0,95 ja pelletikatlale 0,85. Soojuspumpade kütteperioodi keskmised soojustegurid on maasoojuspumba korral 3,0 ja õhk-vesi soojuspumba korral 2,1.

Soojuse jaotamise süsteem on kõikides arvutusmodelites radiaatorküte kasuteguriga 0,97.

Tulenevalt planeeritavast elektri kaalumistegurist 2,0 on arvutustulemused esitatud kahe kaalumisteguriga 1,5 ja 2,0.

## Analüüsitud korterelamud

Energiatõhususe arvutuslik analüüs tehti viiele korterelamule, vt. Tabel 14.3

Tabel 14.3 Hoonetüübid, millele tehti energiaarvutus.

---

### 4-korruseline 2 trepikojaga monteeritavast raudbetoonist hoone

- Võrdlushoone pöhinäitajad:
- ehitisealune pind, 1106,8 m<sup>2</sup>;
- suletud netopind: 3633,1 m<sup>2</sup>;
- köetav pind: 3633,1 m<sup>2</sup>;
- välisseina pind: 1395 m<sup>2</sup>;
- akende-uste pind: 586 m<sup>2</sup>;
- korterite arv: 44;
- hinnanguline elanike arv: 80;
- välispiirde pind/köetav kubatuur: 0,40 m<sup>-1</sup>.



---

### 3-korruseline 1 trepikojaga puitkarkasshoone

- Võrdlushoone pöhinäitajad:
- ehitisealune pind, 487 m<sup>2</sup>;
- suletud netopind: 1309 m<sup>2</sup>;
- köetav pind: 1129,8 m<sup>2</sup>;
- välisseina pind: 776 m<sup>2</sup>;
- akende-uste pind: 219 m<sup>2</sup>;
- korterite arv: 21;
- hinnanguline elanike arv: 45;
- välispiirde pind/köetav kubatuur: 0,46 m<sup>-1</sup>.



---

### 8-korruseline 1 trepikojaga monteeritavast raudbetoonist hoone

- Võrdlushoone pöhinäitajad:
- ehitisealune pind, 458,7 m<sup>2</sup>;
- suletud netopind: 3570,2 m<sup>2</sup>;
- köetav pind: 3570,2 m<sup>2</sup>;
- välisseina pind: 1348 m<sup>2</sup>;
- akende-uste pind: 642 m<sup>2</sup>;
- korterite arv: 56;
- hinnanguline elanike arv: 118;
- välispiirde pind/köetav kubatuur: 0,30 m<sup>-1</sup>.



---

### 6-korruseline 3 trepikojaga monteeritavast raudbetoonist hoone

- Võrdlushoone pöhinäitajad:
- ehitisealune pind, 1146 m<sup>2</sup>;
- suletud netopind: 4785,7 m<sup>2</sup>;
- köetav pind: 3951,3 m<sup>2</sup>;
- välisseina pind: 1934 m<sup>2</sup>;
- akende-uste pind: 894 m<sup>2</sup>;
- korterite arv: 64;
- hinnanguline elanike arv: 140;
- välispiirde pind/köetav kubatuur: 0,41 m<sup>-1</sup>.



### 8-korruseline 3 trepikojaga monteeritavast raudbetoonist hoone

- Võrdlushoone põhinäitajad:
- ehitisealune pind, 1929 m<sup>2</sup>;
- suletud netopind: 12898,9 m<sup>2</sup>;
- köetav pind: 10817,4 m<sup>2</sup>;
- välisseina pind: 3618 m<sup>2</sup>;
- akende-uste pind: 1621 m<sup>2</sup>;
- korterite arv: 113;
- hinnanguline elanike arv: 265;
- välispiirde pind/köetav kubatuur: 0,26 m<sup>-1</sup>.

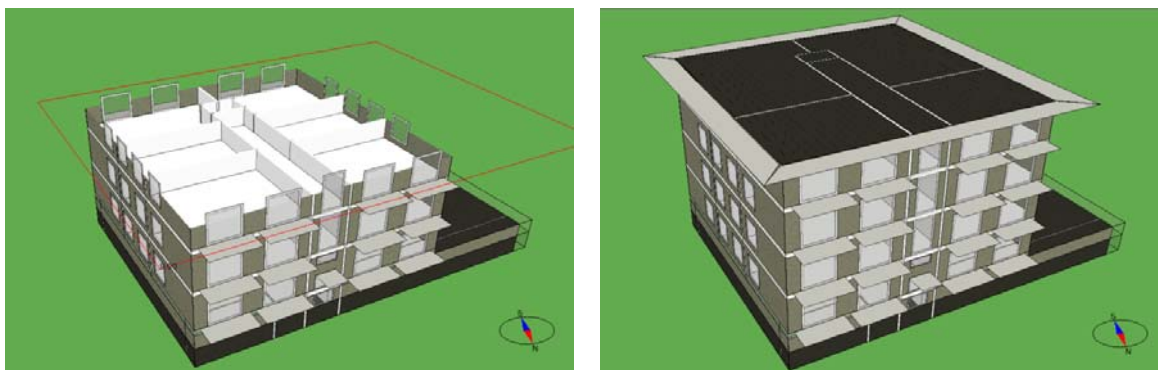


### 14.2.2 Energiaarvutuste tulemused

Energiaarvutuse tulemused on esitatud kaalutud energiaerikasutusena, st. vastavalt energiakandja tüübile on energia tootmiseks vajalik primaarenergia kasutus ja selle keskkonnamõju arvesse võetud VV. määruses nr. 258 toodud kaalumisteguritega.

### 4-korruseline 2 trepikojaga monteeritavast raudbetoonist hoone

Hoone arvutati 36-tsoonilise hoone mudelina nii, et iga korter, trepikoja korrus, panipaikade ruumid, tehnoruumid ja garaaž moodustasid omaette tsooni, vt. Joonis 14.11



Joonis 14.11 Hoone arvutusmudeli tsoonideks jaotus (vasakul) ja välisvaade (paremal).

Garaaž ja garaažis asuvad panipaigad arvestati mitteköetavateks ruumideks. Garaaži ja panipaikade ventilatsioon lahendati kõikides pakettides värskõhuklappide ja väljatõmbeventilatoritega. Esimeses madalenergia pakettis on ka tehnoruumide ja trepikoja ventilatsioon lahendatud soojustagastusega ventilatsioonisüsteemiga.

Energiaatõhususe pakettides ei ole garaaži piirdeid muudetud ja hoone soojuserikao arvutustel ei ole garaaži piiretega arvestatud. Arvutuste andmeid ja tulemusi vt. Tabel 14.4

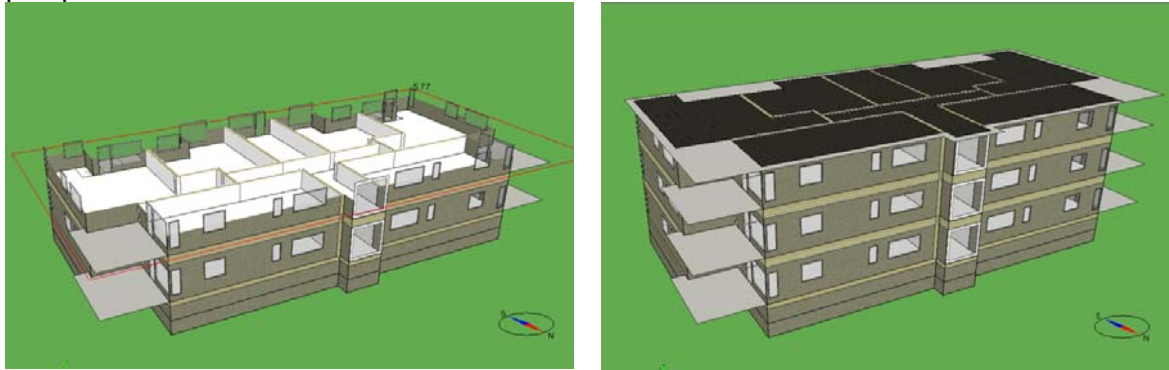


Tabel 14.4 4-korruselise 2 trepikojaga monteeritavast raudbetoonist hoone energiatõhususarvutuste pakettide andmed ja tulemused.

|  | Liginullenergiahoone<br>ETA=100 kWh/m <sup>2</sup> a |         | Madalenergiahoone<br>ETA=120 kWh/m <sup>2</sup> a |         | Algolukord<br>standard-<br>kasutusel |
|--|--|---------|---|---------|--------------------------------------|
|  | Var. 1   | Var. 2  | Var. 1  | Var. 2  |                                      |
| Soojuserikadu H/A, W/m <sup>2</sup> K  | 0,40   | 0,46    | 0,45  | 0,49    | 0,71                                 |
| Välisseina soojusjuhtivus<br>W/m <sup>2</sup> K                                    | 0,11   | 0,15    | 0,15  | 0,15    | 0,25                                 |
| Katuslae soojusjuhtivus<br>W/m <sup>2</sup> K                                      | 0,06   | 0,06    | 0,08  | 0,10    | 0,15                                 |
| Välisõhu/kütmata ruumi<br>kohal asuva põranda<br>soojusjuhtivus W/m <sup>2</sup> K | 0,10   | 0,10    | 0,14  | 0,14    | 0,29                                 |
| q <sub>50</sub> , m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )                               | 0,6  | 1,0     | 1,5   | 1,5     | 3,0                                  |
| Infiltratsiooni õhuvooluhulk,<br>l/s   | 17   | 28      | 42  | 42      | 85                                   |
| Akna soojusläbivus<br>klaas/raam (raami osakaal<br>20%) W/m <sup>2</sup> K         | 0,6/0,8  | 0,8/1,0 | 0,6/0,8   | 0,8/1,0 | 1,4/2,0                              |
| Päikesefaktor g, -   | 0,49   | 0,59    | 0,49  | 0,59    | 0,63                                 |
| Ventilatsiooni õhuvooluhulk,<br>l/s  | 810  | 810     | 810   | 810     | 960                                  |
| Temperatuuri suhtarv   | 0,85   | 0,8     | 0,8   | 0,8     | 0                                    |
| Netoenergia vajadus kWh/(m <sup>2</sup> a)   |  |         |   |         |                                      |
| Ruumide küte   | 20,4   | 24,2    | 24,4  | 32,6    | 110,7                                |
| Ventilatsiooniõhu küte   | 5,9  | 5,9     | 6,0   | 5,1     | kaetakse<br>küttega                  |
| Soe tarbevesi  | 26,5   | 26,5    | 26,5  | 26,5    | 26,5                                 |
| Ventilaatorid, pumbad  | 8,2  | 8,2     | 7,6   | 7,3     | 6,0                                  |
| Valgustus  | 7,0  | 7,0     | 7,0   | 7,0     | 7,0                                  |
| Seadmed  | 22,5   | 22,5    | 22,5  | 22,5    | 22,5                                 |
| Netoenergia vajadus kokku  | 91   | 94      | 94  | 101     | 173                                  |
| Päikeseenergiast kohapeal toodetud energia kWh/(m <sup>2</sup> a)                  |  |         |   |         |                                      |
| Soe tarbevesi  | 13,3   | 13,3    | 13,3  | 13,3    | -                                    |
| Elekter  | 12,5   | 12,5    | -   | -       | -                                    |
| Energiatõhususarv kWh/(m <sup>2</sup> a) elektri kaalumisteguriga 1,5              |  |         |   |         |                                      |
| Soojusallikas:   |  |         |   |         |                                      |
| Kaugküte   | 72   | 75      | 97  | 103     | 175                                  |
| Gaaskondensaatkatel  | 78   | 82      | 102   | 110     | -                                    |
| Pelletikatel   | 71   | 75      | 96  | 102     | -                                    |
| Maasoojuspump  | 57   | 59      | 83  | 85      | -                                    |
| Õhk-vesi soojuspump  | 65   | 68      | 90  | 95      | -                                    |
| Energiatõhususarv kWh/(m <sup>2</sup> a) elektri kaalumisteguriga 2,0              |  |         |   |         |                                      |
| Soojusallikas:   |  |         |   |         |                                      |
| Kaugküte   | 84   | 88      | 119   | 124     | 193                                  |
| Gaaskondensaatkatel  | 90   | 94      | 124   | 131     | -                                    |
| Pelletikatel   | 84   | 87      | 118   | 123     | -                                    |
| Maasoojuspump  | 76   | 78      | 110   | 114     | -                                    |
| Õhk-vesi soojuspump  | 87   | 90      | 120   | 126     | -                                    |

### 3-korruseline 1 trepikojaga puitsõrestikhoone

Hoone arvutati 25-tsoonilise hoone mudelina nii, et iga korter, trepikoja korrus ja panipaikade ruum moodustasid omaette tsooni, vt. Joonis 14.12.



Joonis 14.12 Hoone arvutusmudeli tsoonideks jaotus (vasakul) ja välisvaade (paremal).

Panipaikade korrus arvestati mittekõetavaks ruumiks ja panipaikade korruse ventilatsioon lahendati kõikides pakettides värskeõhuklappide ja väljatõmbeventilaatoritega. Trepikoja ventilatsioon on madalenergia pakettides lahendatud soojustagastuseta ventilatsioonisüsteemiga.

Energiatõhususpakettides ei ole panipaikade korruse piirdeid muudetud ja hoone soojuserikao arvutamisel ei ole panipaikade korruse piiretega arvestatud. Arvutuste andmeid ja tulemusi vt. Tabel 14.5.

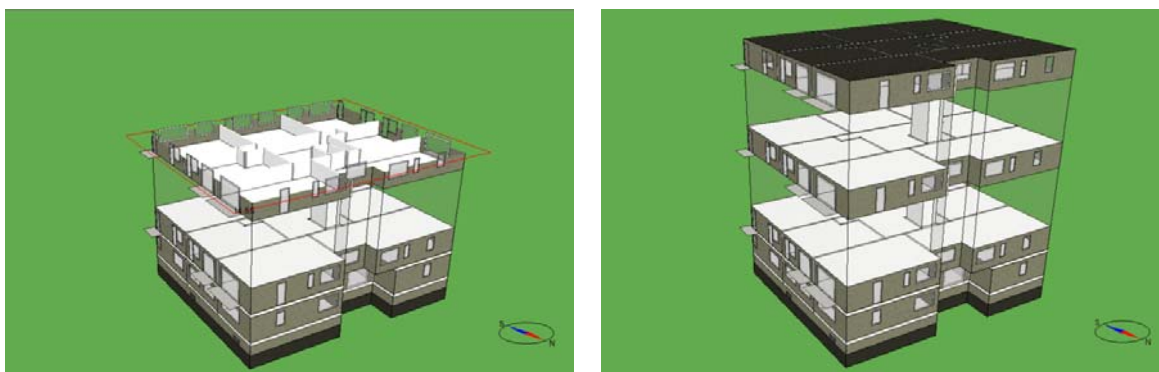
Tabel 14.5 3-korruselise 1 trepikojaga puitsõrestikhoone energiatõhususarvutuste pakettide andmed ja tulemused.

|  | Liginullenergiahoone<br>ETA=100 kWh/m <sup>2</sup> a |         | Madalenergiahoone<br>ETA=120 kWh/m <sup>2</sup> a |         | Algolukord<br>standard-<br>kasutusel |
|--|--|---------|---|---------|--------------------------------------|
|  | Var. 1   | Var. 2  | Var. 1  | Var. 2  |                                      |
| Soojuserikadu H/A, W/m <sup>2</sup> K  | 0,50   | 0,57    | 0,55  | 0,59    | 0,77                                 |
| Välisseina soojusjuhtivus<br>W/m <sup>2</sup> K                                    | 0,09   | 0,14    | 0,14  | 0,14    | 0,18                                 |
| Pööningu põranda<br>soojusjuhtivus W/m <sup>2</sup> K                              | 0,07   | 0,08    | 0,08  | 0,10    | 0,13                                 |
| Välisõhu/kütmata ruumi<br>kohal asuva põranda<br>soojusjuhtivus W/m <sup>2</sup> K | 0,07   | 0,08    | 0,10  | 0,10    | 0,13                                 |
| q <sub>50</sub> , m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )                               | 0,6  | 1,0     | 1,5   | 1,5     | 3,0                                  |
| Infiltratsiooni õhuvooluhulk,<br>l/s   | 15   | 26      | 39  | 39      | 77                                   |
| Akna soojusläbivus<br>klaas/raam (raami osakaal<br>20%) W/m <sup>2</sup> K         | 0,6/0,8  | 0,8/1,0 | 0,6/0,8   | 0,8/1,0 | 1,4/2,0                              |
| Päikesefaktor g  | 0,49   | 0,59    | 0,49  | 0,59    | 0,68                                 |
| Ventilatsiooni õhuvooluhulk,<br>l/s  | 710  | 710     | 710   | 710     | 840                                  |
| Temperatuuri suhtarv   | 0,85   | 0,8     | 0,8   | 0,8     | 0                                    |
|  | Netoenergia vajadus kWh/(m <sup>2</sup> a)           |         |   |         |                                      |
| Ruumide küte   | 12,2   | 17,5    | 21,5  | 24,5    | 98,0                                 |
| Ventilatsiooniõhu küte   | 12,8   | 13,2    | 5,2   | 5,2     | kaetakse<br>küttega                  |
| Soe tarbevesi  | 34,6   | 34,6    | 34,6  | 34,6    | 34,6                                 |
| Ventilaatorid, pumbad  | 8,3  | 8,3     | 7,5   | 7,5     | 6,8                                  |
| Valgustus  | 7,0  | 7,0     | 7,0   | 7,0     | 7                                    |
| Seadmed  | 22,5   | 22,5    | 22,5  | 22,5    | 22,5                                 |
| Netoenergia vajadus kokku  | 98   | 103     | 98  | 101     | 169                                  |

|   | Liginullenergiahoone<br>ETA=100 kWh/m <sup>2</sup> a |        | Madalenergiahoone<br>ETA=120 kWh/m <sup>2</sup> a |        | Algolukord<br>standard-<br>kasutusel |
|---|--|--------|---|--------|--------------------------------------|
|   | Var. 1   | Var. 2 | Var. 1  | Var. 2 |                                      |
| Päikeseenergiast kohapeal toodetud energia kWh/(m <sup>2</sup> a)     |  |        |   |        |                                      |
| Soe tarbevesi   | 17,3   | 17,3   | 17,3  | 17,3   | -                                    |
| Elekter   | 16,7   | 16,7   | -   | -      | -                                    |
| Energiatõhususarv kWh/(m <sup>2</sup> a) elektri kaalumisteguriga 1,5 |  |        |   |        |                                      |
| Soojusallikas:  |  |        |   |        |                                      |
| Kaugküte  | 68   | 73     | 96  | 99     | 172                                  |
| Gaasikatel  | 74   | 80     | 102   | 105    | -                                    |
| Pelletikatel  | 67   | 72     | 96  | 98     | -                                    |
| Maasoojuspump   | 52   | 55     | 82  | 83     | -                                    |
| Õhk-vesi soojuspump   | 60   | 65     | 90  | 92     | -                                    |
| Energiatõhususarv kWh/(m <sup>2</sup> a) elektri kaalumisteguriga 2,0 |  |        |   |        |                                      |
| Soojusallikas:  |  |        |   |        |                                      |
| Kaugküte  | 79   | 84     | 118   | 120    | 190                                  |
| Gaasikatel  | 85   | 91     | 123   | 126    | -                                    |
| Pelletikatel  | 78   | 83     | 117   | 119    | -                                    |
| Maasoojuspump   | 69   | 73     | 109   | 111    | -                                    |
| Õhk-vesi soojuspump   | 81   | 86     | 119   | 122    | -                                    |

## 8-korruseline 1 trepikojaga monteeritavast raudbetoonist hoone

Hoone arvutati 34-tsoonilise hoone mudelina nii, et iga korter, iga trepikoja korrus, liftisaht ja keldrikorrus moodustasid omaette tsooni, vt. Joonis 14.13.



Joonis 14.13 Hoone arvutusmudeli tsoonideks jaotus (vasakul) ja välisvaade (paremal).

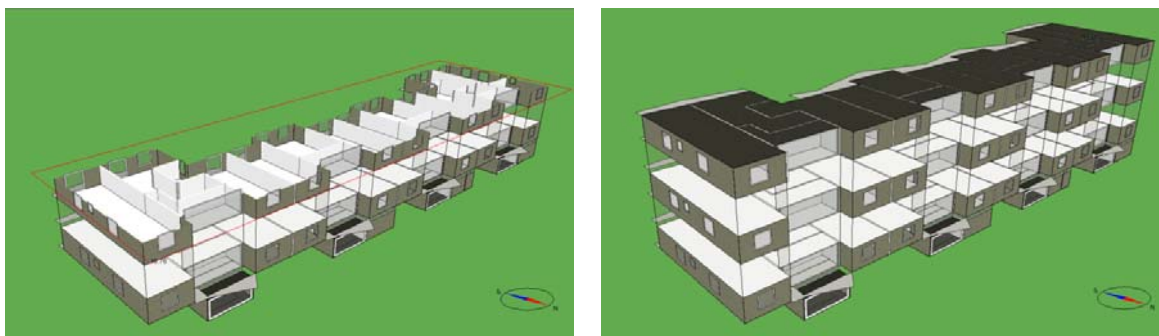
Keldrikorruse ruumid on arvestatud köetavateks ruumideks. Ventilatsioon lahendati keldrikorrusel ja trepikojas esimeses madalenergia pakettis soojustagastuseta ventilatsioonisüsteemiga, teises madalenergia pakettis ja liginullenergia pakettides soojustagastusega ventilatsioonisüsteemiga. Energiatõhususe pakettides on ka keldrikorruse piirdeid muudetud ja soojuse eriakao arvutamisel on keldrikorruse piirdeid sisse arvestatud. Arvutuste andmeid ja tulemusi vt. Tabel 14.6.

Tabel 14.6 Energiatõhususarvutuste pakettide andmed ja tulemused

|  | Liginullenergiahoone<br>ETA=100 kWh/m <sup>2</sup> a |         | Madalenergia hoone<br>ETA=120 kWh/m <sup>2</sup> a |         | Algolukord<br>standard-<br>kasutusel |
|--|--|---------|--|---------|--------------------------------------|
|  | Var. 1   | Var. 2  | Var. 1   | Var. 2  |                                      |
| Soojuserikadu H/A, W/m <sup>2</sup> K  | 0,19   | 0,23    | 0,23   | 0,26    | 0,40                                 |
| Välisseina soojusjuhtivus<br>W/m <sup>2</sup> K                                    | 0,09   | 0,12    | 0,12   | 0,15    | 0,22                                 |
| Pööningu pöranda<br>soojusjuhtivus W/m <sup>2</sup> K                              | 0,06   | 0,06    | 0,10   | 0,10    | 0,14                                 |
| Välisõhu/kütmata ruumi<br>kohal asuva pöranda<br>soojusjuhtivus W/m <sup>2</sup> K | 0,12   | 0,12    | 0,17   | 0,17    | 0,42                                 |
| q <sub>50</sub> , m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )                               | 0,6  | 1,0     | 1,5  | 1,5     | 3,0                                  |
| Infiltratsiooni õhuvooluhulk,<br>l/s   | 38   | 53      | 79   | 79      | 159                                  |
| Akna soojuslähivus<br>klaas/raam (raami osakaal<br>20%) W/m <sup>2</sup> K         | 0,6/0,8  | 0,8/1,0 | 0,6/0,8  | 0,8/1,0 | 1,4/2,0                              |
| Päikesefaktor g  | 0,49   | 0,59    | 0,49   | 0,59    | 0,68                                 |
| Ventilatsiooni õhuvooluhulk,<br>l/s  | 1580   | 1580    | 1580   | 1580    | 1890                                 |
| Temperatuuri suhtarv   | 0,85   | 0,8     | 0,8  | 0,8     | 0                                    |
| Netoenergia vajadus kWh/(m <sup>2</sup> a)   |  |         |  |         |                                      |
| Ruumide küte   | 6,3  | 9,7     | 9,4  | 22,1    | 87,8                                 |
| Ventilatsiooniõhu küte   | 5,7  | 5,7     | 5,8  | 4,6     | kaetakse<br>küttega                  |
| Soe tarbevesi  | 30,0   | 30,0    | 30,0   | 30,0    | 30,0                                 |
| Ventilaatorid, pumbad  | 6,3  | 8,1     | 6,3  | 6,2     | 5,3                                  |
| Valgustus  | 7,0  | 7,0     | 7,0  | 7,0     | 7,0                                  |
| Seadmed  | 22,5   | 22,5    | 22,5   | 22,5    | 22,5                                 |
| Netoenergia vajadus kokku  | 78   | 83      | 81   | 92      | 153                                  |
| Päikeseenergiast kohapeal toodetud energia kWh/(m <sup>2</sup> a)                  |  |         |  |         |                                      |
| Soe tarbevesi  | 11,2   | 11,2    | 15,0   | 15,0    | -                                    |
| Elekter  | 5,6  | 5,6     | -  | -       | -                                    |
| Energiatõhususarv kWh/(m <sup>2</sup> a) elektri kaalumisteguriga 1,5              |  |         |  |         |                                      |
| Soojusallikas:   |  |         |  |         |                                      |
| Kaugküte   | 71   | 77      | 83   | 92      | 157                                  |
| Gaasikatel   | 76   | 82      | 86   | 98      | -                                    |
| Pelletikatel   | 71   | 77      | 82   | 92      | -                                    |
| Maasoojuspump  | 60   | 64      | 74   | 78      | -                                    |
| Õhk-vesi soojuspump  | 66   | 71      | 79   | 85      | -                                    |
| Energiatõhususarv kWh/(m <sup>2</sup> a) elektri kaalumisteguriga 2,0              |  |         |  |         |                                      |
| Soojusallikas:   |  |         |  |         |                                      |
| Kaugküte   | 87   | 93      | 104  | 112     | 174                                  |
| Gaasikatel   | 91   | 98      | 107  | 118     | -                                    |
| Pelletikatel   | 86   | 93      | 103  | 112     | -                                    |
| Maasoojuspump  | 80   | 86      | 98   | 104     | -                                    |
| Õhk-vesi soojuspump  | 88   | 95      | 105  | 114     | -                                    |

## 6 korruseline 3 trepikojaga monteeritavast raudbetoonist hoone

Hoone arvutati 61-tsoonilise hoone mudelina nii, et iga korter, iga trepikoja korrus, panipaikade ruumid ja tehnoruumid moodustasid omaette tsooni, vt. Joonis 14.14.



Joonis 14.14 Hoone arvutusmudeli tsoonideks jaotus (vasakul) ja välisvaade (paremal).

Hoonealune parkla ei ole kinnine ja parkla piirdeid arvutusmudelis ei arvestatud. Energiatõhususe pakettides on muudetud ka 0 korrusel asuvate panipaikade ja tehnoruumide välispiirdeid ja soojuse eriakao arvutamisel on keldrikorruse piirdeid sisse arvestatud. Arvutuste andmeid ja tulemusi vt Tabel 14.7.

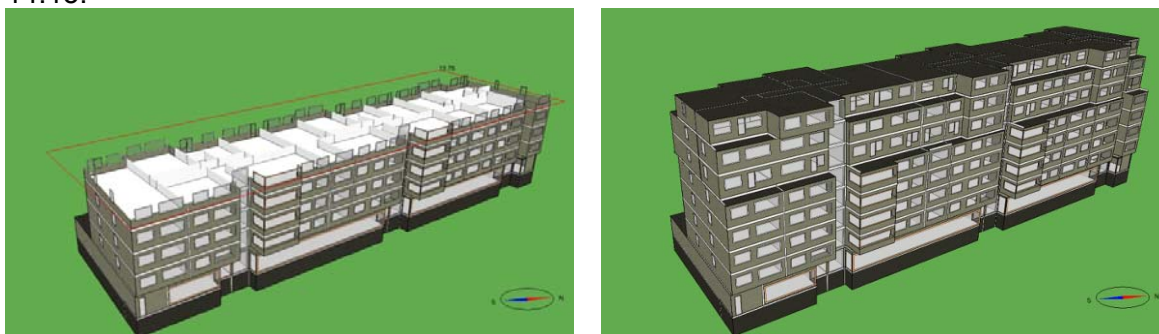
Tabel 14.7 6 korruselise 3 trepikojaga monteeritavast raudbetoonist hoone energiatõhususarvutuste pakettide andmed ja tulemused.

|  | Liginullenergiahoone<br>ETA=100 kWh/m <sup>2</sup> a |         | Madalenergia hoone<br>ETA=120 kWh/m <sup>2</sup> a |         | Algolukord<br>standard-<br>kasutusel |
|--|--|---------|--|---------|--------------------------------------|
|  | Var. 1   | Var. 2  | Var. 1   | Var. 2  |                                      |
| Soojuserikadu H/A, W/m <sup>2</sup> K  | 0,29   | 0,34    | 0,37   | 0,39    | 0,56                                 |
| Välisseina soojusjuhtivus<br>W/m <sup>2</sup> K                                    | 0,09   | 0,14    | 0,14   | 0,14    | 0,22                                 |
| Pööningu põranda<br>soojusjuhtivus W/m <sup>2</sup> K                              | 0,06   | 0,06    | 0,10   | 0,10    | 0,22                                 |
| Välisõhu/kütmata ruumi<br>kohal asuva põranda<br>soojusjuhtivus W/m <sup>2</sup> K | 0,10   | 0,10    | 0,18   | 0,18    | 0,18                                 |
| q <sub>50</sub> , m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )                               | 0,6  | 1,0     | 1,5  | 1,5     | 3,0                                  |
| Infiltratsiooni õhuvooluhulk,<br>l/s   | 50   | 83      | 124  | 124     | 248                                  |
| Akna soojusläbivus<br>klaas/raam (raami osakaal<br>20%) W/m <sup>2</sup> K         | 0,6/0,8  | 0,8/1,0 | 0,6/0,8  | 0,8/1,0 | 1,1/2,0                              |
| Päikesefaktor g  | 0,49   | 0,59    | 0,49   | 0,59    | 0,59                                 |
| Ventilatsiooni õhuvooluhulk,<br>l/s  | 1740   | 1740    | 1740   | 1740    | 2070                                 |
| Temperatuuri suhtarv   | 0,85   | 0,8     | 0,8  | 0,8     | 0                                    |
| Netoenergia vajadus kWh/(m <sup>2</sup> a)   |  |         |  |         |                                      |
| Ruumide küte   | 14,7   | 19,2    | 22,1   | 33,8    | 110,0                                |
| Ventilatsiooniõhu küte   | 5,9  | 5,9     | 6,0  | 5,1     | kaetakse<br>küttega                  |
| Soe tarbevesi  | 32,4   | 32,4    | 32,4   | 32,4    | 32,4                                 |
| Ventilaatorid, pumbad  | 6,3  | 6,3     | 6,3  | 6,1     | 5,3                                  |
| Valgustus  | 7,0  | 7,0     | 7,0  | 7,0     | 7,0                                  |
| Seadmed  | 22,5   | 22,5    | 22,5   | 22,5    | 22,5                                 |
| Netoenergia vajadus kokku  | 89   | 93      | 96   | 107     | 177                                  |

|  | Liginullenergiahoone<br>ETA=100 kWh/m <sup>2</sup> a |        | Madalenergia hoone<br>ETA=120 kWh/m <sup>2</sup> a |        | Algolukord<br>standard-<br>kasutusel |
|--|--|--------|--|--------|--------------------------------------|
|  | Var. 1   | Var. 2 | Var. 1   | Var. 2 |                                      |
| Päikeseenergiast kohapeal toodetud energia kWh/(m <sup>2</sup> a)    |  |        |  |        |                                      |
| Soe tarbevesi  | 16,2   | 16,2   | 16,2   | 16,2   | -                                    |
| Elekter  | 9,5  | 9,5    | -  | -      | -                                    |
| Energiaõhususarv kWh/(m <sup>2</sup> a) elektri kaalumisteguriga 1,5 |  |        |  |        |                                      |
| Soojusallikas:   |  |        |  |        |                                      |
| Kaugküte   | 71   | 75     | 95   | 104    | -                                    |
| Gaasikatel   | 74   | 79     | 99   | 109    | 193                                  |
| Pelletikatel   | 70   | 74     | 95   | 103    | -                                    |
| Maasoojuspump  | 57   | 59     | 81   | 85     | -                                    |
| Õhk-vesi soojuspump  | 64   | 68     | 89   | 95     | -                                    |
| Energiaõhususarv kWh/(m <sup>2</sup> a) elektri kaalumisteguriga 2,0 |  |        |  |        |                                      |
| Soojusallikas:   |  |        |  |        |                                      |
| Kaugküte   | 84   | 88     | 116  | 125    | -                                    |
| Gaasikatel   | 87   | 92     | 120  | 129    | 210                                  |
| Pelletikatel   | 83   | 87     | 116  | 124    | -                                    |
| Maasoojuspump  | 76   | 79     | 108  | 113    | -                                    |
| Õhk-vesi soojuspump  | 86   | 90     | 118  | 127    | -                                    |

### 8 korruseline 3 trepikojaga monteeritavast raudbetoonist hoone

Hoone arvutati 151-tsoonilise hoone mudelina nii, et iga korter, iga trepikoja korrus, 2 garaaži korrust, panipaikade ruumid, tehnoruumid moodustasid omaette tsooni, vt. Joonis 14.15.



Joonis 14.15 Hoone arvutusmudeli tsoonideks jaotus (vasakul) ja välisvaade (paremal).

Kuna hoone ei olnud sümmeetriline ning välispiirete omadused ja akende osakaal erines korruste kaupa, siis ei saanud antud korterelamu arvutusteks oluliselt lihtsustada ja arvutusmudel koosneb 151-est tsoonist. Garaažikorrused on arvestatud kütmata ruumidena, kuid energiaõhususe pakettides on garaaži välispiirded samuti muudetud ja soojuserikao arvutamisel on keldrikorruse piirded sisse arvestatud. Esimesel korrusel asuvad äripinnad on ka algolukorras soojustagastusega ventilatsioonisüsteemiga. Garaažide ja trepikodade ventilatsioon on madalenergia pakettides lahendatud soojustagastuseta ventilatsioonisüsteemiga ja liginullenergiapakettides soojustagastusega ventilatsioonisüsteemiga. Arvutuste andmeid vt Tabel 14.8.

Tabel 14.8 8 korruselise 3 trepikojaga monteeritavast raudbetoonist hoone energiatõhususmeetmete paketid.

|  | Liginullenergiahoone<br>ETA=100 kWh/m <sup>2</sup> a |         | Madalenergia hoone<br>ETA=120 kWh/m <sup>2</sup> a |         | Algolukord<br>standard-<br>kasutusel |
|--|--|---------|--|---------|--------------------------------------|
|  | Var. 1   | Var. 2  | Var. 1   | Var. 2  |                                      |
| Soojuserikadu H/A, W/m <sup>2</sup> K  | 0,39   | 0,42    | 0,46   | 0,49    | 0,66                                 |
| Välisseina soojusjuhtivus<br>W/m <sup>2</sup> K                                    | 0,09   | 0,09    | 0,14   | 0,14    | 0,26                                 |
| Pööningu pöranda<br>soojusjuhtivus W/m <sup>2</sup> K                              | 0,06   | 0,06    | 0,10   | 0,10    | 0,20                                 |
| Välisõhu/kütmata ruumi<br>kohal asuva pöranda<br>soojusjuhtivus W/m <sup>2</sup> K | 0,10   | 0,10    | 0,14   | 0,14    | 0,20                                 |
| q <sub>50</sub> , m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )                               | 0,6  | 1,0     | 1,5  | 1,5     | 3,0                                  |
| Infiltratsiooni õhuvooluhulk,<br>l/s   | 103  | 171     | 256  | 256     | 513                                  |
| Akna soojuslähivus<br>klaas/raam (raami osakaal<br>20%) W/m <sup>2</sup> K         | 0,6/0,8  | 0,8/1,0 | 0,8/1,0  | 1,0/1,3 | 1,1/2,0                              |
| Päikesefaktor g  | 0,49   | 0,59    | 0,59   | 0,59    | 0,35                                 |
| Ventilatsiooni õhuvooluhulk,<br>l/s  | 5300   | 5300    | 5300   | 5300    | 6310                                 |
| Temperatuuri suhtarv   | 0,85   | 0,8     | 0,8  | 0,6     | 0                                    |
| Netoenergia vajadus kWh/(m <sup>2</sup> a)   |  |         |  |         |                                      |
| Ruumide küte   | 21,2   | 23,4    | 33,5   | 36,4    | 109                                  |
| Ventilatsiooniõhu küte   | 6,8  | 6,8     | 5,3  | 5,3     | 0,5                                  |
| Soe tarbevesi  | 26,8   | 26,8    | 26,8   | 26,8    | 26,8                                 |
| Ventilaatorid, pumbad  | 7,6  | 7,6     | 7,3  | 7,3     | 6,8                                  |
| Valgustus  | 7,0  | 7,0     | 7,0  | 7,0     | 7,0                                  |
| Seadmed  | 22,5   | 22,5    | 22,5   | 22,5    | 22,5                                 |
| Netoenergia vajadus kokku  | 92   | 94      | 103  | 106     | 172                                  |
| Päikeseenergiast kohapeal toodetud energia kWh/(m <sup>2</sup> a)                  |  |         |  |         |                                      |
| Soe tarbevesi  | 10,2   | 10,2    | 11,9   | 11,9    | -                                    |
| Elekter  | 5,1  | 5,1     | -  | -       | -                                    |
| Energiatõhususarv kWh/(m <sup>2</sup> a) elektri kaalumisteguriga 1,5              |  |         |  |         |                                      |
| Soojusallikas:   |  |         |  |         |                                      |
| Kaugküte   | 84   | 86      | 104  | 107     | 176                                  |
| Gaasikatel   | 91   | 93      | 111  | 114     | -                                    |
| Pelletikatel   | 84   | 86      | 103  | 106     | -                                    |
| Maasoojuspump  | 68   | 69      | 86   | 87      | -                                    |
| Õhk-vesi soojuspump  | 77   | 78      | 96   | 98      | -                                    |
| Energiatõhususarv kWh/(m <sup>2</sup> a) elektri kaalumisteguriga 2,0              |  |         |  |         |                                      |
| Soojusallikas:   |  |         |  |         |                                      |
| Kaugküte   | 100  | 102     | 125  | 128     | 194                                  |
| Gaasikatel   | 107  | 109     | 132  | 135     | -                                    |
| Pelletikatel   | 99   | 101     | 124  | 127     | -                                    |
| Maasoojuspump  | 91   | 92      | 115  | 117     | -                                    |
| Õhk-vesi soojuspump  | 102  | 104     | 128  | 130     | -                                    |

### 14.2.3 Kokkuvõte

Arvutustulemuste kokkuvõttena saab välja tuua, et:

- madalenergia- ja liginullenergiaühenduspakettide puhul hoone netoenergia vajadus olulisel määral ei erine. Liginullenergiahoonet eristab madalenergia hoonest peamiselt kohapealne taastuvenergiast elektri tootmine;
- sooja tarbevee valmistamise soojusenergia ja elektrivajaduse osaliseks katmiseks tuleb hoone katusel ja välisseintel ja/või krundil taastuvenergiast soojusenergiat ja elektrit toota;
- tagamaks energiaühenduse kriteeriume ja vähendamaks energia lokaalse tootmise vajadust peavad hoone välispiirete soojuskaod peab olema väga väikesed;
- suurt erinevust välispiiretes madalenergia ja liginullenergiaühenduse võrdluses ei ole otstarbekas kavandada, sest hoone kütteenergia vajadus on väiksem kui hoone soojusenergia vajadus sooja tarbevee valmistamiseks ning seadmete ja valgustuse elektrivajadus;
- liginullenergiahoonete puhul on oluline osa lõpptulemusest hoone kompaktsusel ehk siis arhitektuurilisel lahendusel. Samasuguse soojusjuhtivusega välispiirete korral on soojuserikao väärtused erinevatel hoonetel 0,19–0,50 W/(m<sup>2</sup>·K). Soojuserikao väärtus erines olenevalt hoonete kompaktsusest 2,5 korda;
- elektri kaalumistegur 2,0 puhul on energiaühenduse arv pelletikatla kasutamisel kütteallikana väiksem, kui õhk-vesi soojuspumba kasutamisel,
- elektri kaalumisteguriga 2,0 ei ole üldjuhul võimalik ainult korterites soojustagastusega ventilatsiooniagregaate ja trepikodades värskeõhuklappe ning väljatõmbeventilaatoreid kasutades saavutada energiaühenduse arvu alla 120 kWh/(m<sup>2</sup>·a) ehk siis madalenergiahoone taset.



# 15 Hoonete keskkonnamõju hinnang LEED ja BREEAM meetodite alusel

## 15.1 Sissejuhatus

Uuringu raames on elamute keskkonnamõju hinnatud ka nn. „roheline märgi“ kriteeriumite alusel. Viimane on järjest rohkem populaarsust võitev ja teadvustatav hoonete hindamise võimalus. Maailmas on nüüdseks juba väga mitmeid hindamisprogramme välja töötatud. Enamik nendest on üldiselt riigi- või regioonipõhised, samas leidub ka selliseid, mis on mõeldud kasutamiseks ülemaailmselt.

Üldsõnaliselt on nende eesmärgiks tagada jätkusuutlik keskkond põhjendatud ja teaduslikult uuritud kriteeriumite kaasamisega hoonete kavandamisse ja konstrueerimisse. Tegemist on ennekõike projekteerimise faasis olevate hoonete kavandamise suunajatega, mis korrektsel jälgimisel toovad kasu nii hoone haldajale kui ka kasutajale. Lisaks keskkonna mõjule on tähelepanu all ka hoone kasutajate rahulolu hoonest ja selle kasutamisest. Seetõttu on hinnatavaid kriteeriume üldjuhul vahemikus 40–60, olenevalt hindamisprogrammist. See tähendab rohkem tööd ning arvestamist erinevate parameetrite mõjuga lõpptulemusele juba projekteerimise faasis. Samas on mitmetest uuringutest teada, et varajases faasis tehtud otsused ja muutused on odavamad ning ühtlasi suurima mõjuga. Kokkuvõtvalt kindlustatakse jätkusuutliku hoone hindamisprogrammi kasutades parim tulemus valminud hoone näol.

Hetkel on maailmas kaks kõige tuntumat ja konkreetset üleriigilise hindamisele keskendunud programmi LEED ja BREEAM välja töötatud vastavalt USA-s USGBC ([www.usgbc.org](http://www.usgbc.org)) ja Suurbritannias BRE ([www.bre.co.uk](http://www.bre.co.uk)) poolt. Kui enamik teisi hindamiskriteeriume on mõeldud pigem väljatöötava riigi siseseks kasutamiseks, siis nimetatud kahe turg on kogu maailm.

Olgugi et BREEAM ja LEED on ülemaailmseks kasutamiseks, on nende põhistruktuur ikkagi üles ehitatud väljatöötamisriigis kehtivatele standarditele ja nõudmistele. Seega tähendab nende kasutamine ikkagi, et kasutaja on kursis vastavas hindamisprogrammis viidatud standarditega. Viimane asjaolu ei lihtsusta hindamist, kuna üldjuhul on need standardid tasulised ning lisaks sellele viitavad tihti ka järgnevatele, üldjuhul tasulistele, standarditele.

Tuleb aga rõhutada, et „roheline märgi“ hindamisprogrammid ei konkureeri energiatõhususe miinimumnõuetega. Viimane võib moodustada ühe osa kogu jätkusuutliku hoone hindamisest, aga kindlasti mitte ainsa. Miinimumnõuded seavad tingimused energiatõhususele, millele hoone peab vastama. Jätkusuutliku hoone kavandamise programm on midagi enam kui miinimumnõuded. Eesmärgiks on kriteeriumites esitatud nõudmistega maailmas hetkel valitsevat standardtaset ületada ning hooneid ja nende projekteerijaid innovatiivsuse poole suunata.

### 15.1.1 LEED

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) on välja töötatud Suurbritannias ning tegemist on ühe esimeste hulgas olnud jätkusuutliku hoone hindamisprogrammiga. Nagu ka LEED, on BREEAM mõeldud ülemaailmseks kasutamiseks, seega tulevikus potentsiaalselt ka Eestis kavandatavate hoonete projekteerimiseks. Teemavaldkonnad jagunevad BREEAM-is järgnevalt: energia ja CO<sub>2</sub> eritus, vesi, materjalid, pinnavee äravool, prügi, saaste, tervis ja heaolu, haldamine ning ökoloogia. Kõik teemad sisaldavad täiendavaid täpsustavaid kriteeriume. Lisaks on BREEAM-il erinevad hindamisprogrammid olenevalt hoone tüübist. See tähendab, et kuigi teemavaldkonnad on samad, võivad nendes sisalduvad konkreetset kriteeriumid ja nende nõuded mõnevõrra erineda.

Uuringus on kasutatud hoonete hindamiseks *Code for Sustainable Homes 2010* (BRE, 2010) versiooni BREEAM-i hinnangu andmiseks, mis on sobilik hindamiseks korterelamuid.

Samuti nagu LEED-i korral, jagatakse ka siin punkte vastavalt kriteeriumi täitmise ulatusele. Erinevalt LEED-ist on aga BREEAM-i kriteeriumid lisaks teemavaldkondade alusel erinevalt kaalutud andmaks edasi valdkondade olulisust jätkusuutlikkusele. Seega tuleb saadud punktid läbi korrutada vastava teemavaldkonna olulisust näitava kaalumisteguriga saamaks väärtust, mida lõpptulemuses kasutada. Sama mõte on LEED-is edasi antud punktidega – rohkem võimalikke punkte kriteeriumi eest näitab selle olulisust võrreldes teistega.

BREEAM-i lõpptulemus on protsentuaalne väärtus, mis näitab, kui mitu protsenti on võimalikust maksimumist (100%) saavutatud. Sertifikaatide protsendilävendid BREEAM *Code for Sustainable Homes 2010* korral jagunevad järgnevalt: 36, 48, 57, 68, 84 ja 90 saamaks vastavalt ühe kuni kuus tähte. Mida rohkem tähti, seda kvaliteetsem hoone.

Antud töös on hinnatud 3 hiljuti ehitatud hoonet ja nende vastavust BREEAM-i kriteeriumitele. Tegemist on retrospektiivse hinnanguga ning ametlikku avaldust hoone sertifitseerimiseks esitatud ei ole.

### **15.1.2 BREEAM**

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) on välja töötatud Suurbritannias ning tegemist on ühe esimeste jätkusuutliku hoone hindamisprogrammiga. Nagu ka LEED on BREEAM mõeldud ülemaailmseks kasutamiseks, seega tulevikus potentsiaalselt ka Eestis kavandatavate hoonete projekteerimiseks. Teemavaldkonnad jagunevad BREEAM-is järgnevalt: energia ja CO<sub>2</sub> eritus, vesi, materjalid, pinnavee äravool, prügi, saaste, tervis ja heaolu, haldamine ning ökoloogia. Kõik teemad sisaldavad täiendavaid täpsustavaid kriteeriume. Lisaks on BREEAM-il erinevad hindamisprogrammid olenevalt hoone tüübist. See tähendab, et kuigi teemavaldkonnad on samad võivad nendes sisalduvad konkreetset kriteeriumid ja nende nõuded mõnevõrra erineda.

Antud uuringus on kasutatud hoonete hindamiseks *Code for Sustainable Homes 2010* (BRE, 2010) versiooni BREEAM hinnangu andmiseks, mis on sobilik hindamiseks korterelamuid. Samuti nagu LEED korral jagatakse ka siin punkte vastavalt kriteeriumi täitmise ulatusele. Erinevalt LEED-ist on aga BREEAM kriteeriumid lisaks teemavaldkondade alusel erinevalt kaalutud andmaks edasi valdkondade olulisust jätkusuutlikkusele. Seega tuleb saadud punktid läbi korrutada vastava teemavaldkonna olulisust näitava kaalumisteguriga saamaks väärtust mida lõpptulemuses kasutada. Sama mõte on LEED-is edasi antud punktidega – rohkem võimalikke punkte kriteeriumi eest näitab selle olulisust võrreldes teistega.

BREEAM lõpptulemus on protsentuaalne väärtus, mis näitab kui mitu protsenti on võimalikust maksimumist (100%) saavutatud. Sertifikaatide protsendilävendid BREEAM *Code for Sustainable Homes 2010* korral jagunevad järgnevalt: 36, 48, 57, 68, 84 ja 90 saamaks vastavalt ühe kuni kuus tähte. Mida rohkem tähti seda kvaliteetsem hoone.

Antud töös on hinnatud 3 hiljuti ehitatud hoonet ja nende vastavust BREEAM kriteeriumitele. Tegemist on retrospektiivse hinnanguga ning ametlikku avaldust hoone sertifitseerimiseks esitatud ei ole.

## **15.2 Tulemused**

### **15.2.1 Hoonete LEED hinnangud**

Tabel 15.1 toob kokkuvõtvalt ära hoonete 2420, 2510 ja 2530 LEED hindamisprogrammiga saavutatud punktid. Ühtlasi on selles kajastatud ka maksimaalselt saavutatavad punktid iga kriteeriumi kohta.

Tulemustest selgub, et hooned 2420 & 2510 saavutaks ligilähedaselt sama tulemuse, vastavalt 29 & 27 punkti. Need punktid on aga alla vajaliku minimaalse taseme, milleks on 40 punkti. Seega ei saaks antud hooned LEED-sertifikaati. Kolmas hoone, 2530, saavutas 20 punkti. Hoone 2530 ehitusprojekt, mis oli hindajale saadaval, oli ka kõige puudulikuma

sisuga. Mitmed tavaliselt dokumenteeritud andmed olid puudu. Viimane selgitab ka madalamat punktide hulka – raske on hoonet hinnata, kui vajalikku informatsiooni puudub. Puuduva informatsiooni korral on eeldatud kriteeriumi mittetäitmist.

Sertifitseerimisprotsessi mõistmiseks on oluline märkida, et Tabel 15.1-s esimeses veerus „Pre“-d sisaldavad ja veerus „Võimalik punktisaak“ „K“-ga tähistatud kriteeriumid on kohustuslikuks täitmiseks. Hoone ei saa taotleda LEED-sertifikaati, kui kõik kohustuslikud kriteeriumid ei ole täidetud. Olenemata ülejäänud kriteeriumide täitmise edukusest ei väljastaks USGBC sertifikaatu puudujääkide korral kohustuslike kriteeriumide osas.

Peamised põhjused kriteeriumide puudulikuks täitmiseks tulenevad ennekõike asjaolust, et Eestis ei leia LEED-I kriteeriumid üldises ehitusdokumentatsioonis kajastust. See avaldus selgelt kõigi uuritud kolme hoone korral. Lisaks muidugi LEED-i aluseks olevad USA standardid, mis ei ole üks-üheses vastavuses Eesti standarditega. Ühtlasi ei olnud hindajale saadavad kõik vajalikud LEED-is viidatud standardid. Sellest tulenevalt on osa kriteeriume hinnatud Eestis kehtivate, võrreldava sisuga, normide järgi ning viimaste baasilt hinnatud tinglikult kriteeriumi tingimustega kooskõlas olekut.

Tabel 15.1. Hoonete LEED hinnangu tulemused.

| Teema  |   | Võimalik punktisaak | Hoone 2420 | Hoone 2510 | Hoone 2530 |
|--|---|---------------------|------------|------------|------------|
| <b>KATEGORIA: JÄTKUSUUTLIK ASUKOHT (SS). Maksimaalselt 26 punkti.</b>    |   |                     |            |            |            |
| SS_Pre1  | Ehitustegevuse saaste ennetamine  | K                   | -          | -          | -          |
| SS_c1  | Ehituskoha valik  | 1                   | 1          | 1          | 1          |
| SS_c2  | Asustustihedus ja piirkonna ligipääsetavus  | 5                   | 0          | 5          | 0          |
| SS_c3  | Saastatud alade taaskasutamine  | 1                   | 0          | 0          | 0          |
| SS_c4.1  | Alternatiivne transport – ühistranspordi juurdepääs                                   | 6                   | 6          | 6          | 6          |
| SS_c4.2  | Alternatiivne transport – jalgrataste hoiustamine ja rietusruumid                     | 1                   | 0          | 0          | 0          |
| SS_c4.3  | Alternatiivne transport – säästliku kütusekasutuse ning vähese heitmega sõiduvahendid | 3                   | 0          | 0          | 0          |
| SS_c4.4  | Alternatiivne transport – parkimise mahutavus   | 2                   | 1          | 0          | 1          |
| SS_c5.1  | Ehituskruundi arendus – keskkonna kaitsmine ning taastamine                           | 1                   | 0          | 0          | 0          |
| SS_c5.2  | Ehituskruundi arendus – loodusliku keskkonna maksimaalne säilitamine                  | 1                   | 1          | 0          | 1          |
| SS_c6.1  | Sademevee projekteerimine – kvantiteedi kontroll                                      | 1                   | 0          | 0          | 0          |
| SS_c6.2  | Sademevee projekteerimine – kvaliteedi kontroll                                       | 1                   | 0          | 0          | 0          |
| SS_c7.1  | Soojussaare efekt – mitte katused   | 1                   | 1          | 1          | 1          |
| SS_c7.2  | Soojussaare efekt – katused   | 1                   | 0          | 0          | 0          |
| SS_c8  | Valgusreostuse vähendamine  | 1                   | 0          | 0          | 0          |
| <b>KATEGORIA: VEEKASUTUSE EFEKTIIVSUS (WE). Maksimaalselt 10 punkti.</b> |   |                     |            |            |            |
| WE_Pre1  | Veekasutuse vähendamine   | K                   | -          | -          | -          |
| WE_c1  | Veesäästlik maastikukujundus  | 2-4                 | 4          | 4          | 0          |
| WE_c2  | Uuenduslikud reoveetehnoloogiad   | 2                   | 0          | 0          | 0          |
| WE_c3  | Täiendav veekasutuse vähendamine  | 2-4                 | 0          | 0          | 0          |
| <b>KATEGORIA: ENERGIA JA ATMOSFÄÄR (EA). Maksimaalselt 35 punkti.</b>    |   |                     |            |            |            |
| EA_Pre1  | Hoone energiat tarbivate süsteemide ülevaatus   | K                   | +          | -          | -          |
| EA_Pre2  | Minimaalne energiakasutus   | K                   | -          | -          | -          |
| EA_Pre3  | Fundamentaalne külmainete haldamine   | K                   | +          | +          | +          |
| EA_c1  | Optimeerida energiakasutust   | 1-19                | 0          | 0          | 0          |
| EA_c2  | Kohapeal toodetud taastuvenergia  | 1-7                 | 0          | 0          | 0          |

| Teema  |   | Võimalik<br>punktisaak | Hoone<br>2420 | Hoone<br>2510 | Hoone<br>2530 |
|--|---|------------------------|---------------|---------------|---------------|
| EA_c3  | Täiendav ülevaatus  | 2                      | 0             | 0             | 0             |
| EA_c4  | Täiustatud külmainete haldamine   | 2                      | 2             | 0             | 2             |
| EA_c5  | Mõõtmise ja kinnitamine   | 3                      | 2             | 0             | 0             |
| EA_c6  | Roheline energia  | 2                      | 0             | 0             | 0             |
| <b>KATEGORIA: MATERJALID JA RESSURSID (MR). Maksimaalselt 14 punkti.</b> |   |                        |               |               |               |
| MR_Pre1  | Taaskasutatavate materjalide kogumine ning hoiustamine                                | K                      | +             | +             | +             |
| MR_c1.1  | Ehitise taaskasutamine – olemasolevate seinte, põrandate ning katuste säilitamine     | 1-3                    | 0             | 0             | 0             |
| MR_c1.2  | Ehitise taaskasutamine – olemasolevate mittekandvate interjöörielementide säilitamine | 1                      | 0             | 0             | 0             |
| MR_c2  | Ehitusprahi haldamine   | 1-2                    | 0             | 0             | 0             |
| MR_c3  | Materjalide taaskasutamine  | 1-2                    | 0             | 0             | 0             |
| MR_c4  | Ümbertöödeldud materjalide osakaal  | 1-2                    | 0             | 0             | 0             |
| MR_c5  | Piirkondlikud materjalid  | 1-2                    | 2             | 2             | 2             |
| MR_c6  | Kiiresti taastuvad materjalid   | 1                      | 0             | 0             | 0             |
| MR_c7  | Sertifitseeritud puit   | 1                      | 0             | 1             | 0             |
| <b>KATEGORIA: SISEKESKKONNA KVALITEET (IEQ). Maksimaalselt 15 punkti</b> |   |                        |               |               |               |
| IEQ_Pre1   | Siseõhu minimaalne nõutav kvaliteet   | K                      | +             | +             | +             |
| IEQ_Pre2   | Tubakasuitsu mõju kontroll  | K                      | -             | -             | -             |
| IEQ_c1   | Välisõhu tagamise jälgimine   | 1                      | 0             | 0             | 0             |
| IEQ_c2   | Täiendav ventilatsioon  | 1                      | 0             | 0             | 0             |
| IEQ_c3.1   | Hoone siseõhu kvaliteedi haldusplaan – ehituse vältel                                 | 1                      | 1             | 0             | 0             |
| IEQ_c3.2   | Hoone siseõhu kvaliteedi haldusplaan – enne hoone kasutusse võtmist                   | 1                      | 0             | 0             | 0             |
| IEQ_c4.1   | Vähese saasteeraldusega materjalid – sideained ja tihendid                            | 1                      | 1             | 1             | 1             |
| IEQ_c4.2   | Vähese saasteeraldusega materjalid – värvid ja katted                                 | 1                      | 1             | 1             | 1             |
| IEQ_c4.3   | Vähese saasteeraldusega materjalid – põrandaviimistlus                                | 1                      | 1             | 0             | 0             |
| IEQ_c4.4   | Vähese saasteeraldusega materjalid – komposiitpuit ja kiudmaterjalist tooted          | 1                      | 0             | 0             | 0             |
| IEQ_c5   | Siseruumide kemikaalide ja reostusallikate kontroll                                   | 1                      | 0             | 0             | 0             |
| IEQ_c6.1   | Süsteemide reguleeritavus – valgustus   | 1                      | 1             | 1             | 1             |
| IEQ_c6.2   | Süsteemide reguleeritavus – soojuslik mugavus   | 1                      | 1             | 1             | 1             |
| IEQ_c7.1   | Soojuslik mugavus – projekteerimine   | 1                      | 1             | 1             | 0             |
| IEQ_c7.2   | Soojuslik mugavus – kinnitamine   | 1                      | 0             | 0             | 0             |
| IEQ_c8.1   | Päevavalgus ja vaade – päevavalgus  | 1                      | 0             | 0             | 0             |
| IEQ_c8.2   | Päevavalgus ja vaade – vaade  | 1                      | 1             | 1             | 1             |
| <b>KATEGORIA: UUENDUSLIKKUS LAHENDUSES (ID). Maksimaalselt 6 punkti.</b> |   |                        |               |               |               |
| ID_c1  | Uuenduslikkus lahenduses  | 1-5                    | 1             | 1             | 1             |
| ID_c2  | LEED Akrediteeritud spetsialist   | 1                      | 0             | 0             | 0             |
| <b>KATEGORIA: PIIRKONDLIK PRIORITEET (RP). Maksimaalselt 4 punkti.</b>   |   |                        |               |               |               |
| RP_c1  | Piirkondlik prioriteet  | 1-4                    | 0             | 0             | 0             |
| <b>KOKKU</b>   |   | <b>110</b>             | <b>29</b>     | <b>27</b>     | <b>20</b>     |

## 15.2.2 Hoonete BREEAM hinnangud

Tabel 15.2 toob kokkuvõtvalt ära hoonete 2430, 2450 ja 2490 BREEAM hinnangu tulemused. Tabelist on näha, et hooned 2430 & 2490 saavutasid selgelt halvema tulemuse võrreldes hoonega 2450. Esimesed kaks saavutasid vastavalt 12 ja 11, viimane 25% võimalikust 100%. Hoonete saavutatud tulemused on väiksemad vajalikust minimaalsest nõudmisest, mis on vajalik saavutamaks sertifitseeritud hoone taset. Viimaseks on vaja hoonel saavutada vähemalt 36%. Hooned 2430 ja 2490 jäävad tasemest väga kaugele, samas hoone 2450 on märgatavalt paremas seisus. Hoone 2450 tulemus on võrreldav hoonete 2420 ja 2510 LEED-i tulemustega. Võrdluse aluseks on arvestatud saavutatud punktide/protsentide osakaalu võimaliku maksimum tulemusse.

Nagu LEED-i puhul nii on ka BREEAM-is kohustuslikud kriteeriumid. Kokku on neid 7. Erinevalt LEED-ist sõltub BREEAM-i korral kohustuslike kriteeriumite täitmine sellest, mis taset hoone hindamise tulemusena saavutada kavatakse. Lisaks sellele sisaldavad kohustuslikud kriteeriumid ka erinevaid tasemeid, mida on võimalik/vajalik saavutada. Kõrgemate sertifitseerituse tasemete juures on nõutud teatud tasemete ületamine vastavate kohustuslike kriteeriumite all. Madalaima sertifitseerituse, üks täht, saavutamiseks on vaja täita kohustuslikest kriteeriumitest järgnevad: 1) MAT 1, 2) SUR 1 ja 3) WAS 1. Kõrgemate sertifitseerituse tasemete juures lisanduvad ülejäänud kohustuslikud kriteeriumid koos vajalike tasemetega.

Peamised põhjused saavutatud madalaks protsendilävendiks on ennekõike tingitud asjaolust, et Eestis ei leia BREEAM-i kriteeriumeid katvad teemad üldises ehitusdokumentatsioonis kajastust. Lisaks veel BREEAM-i aluseks olevad UK standardid, millele ligipääs on raskendatud, kuna tegemist tasuliste standarditega. Viimane asjaolu raskendab ka võrdlust Eestis kehtivate standarditega..

Tabel 15.2. Hoonete BREEAM hinnangu tulemused.

| Teema  |  | Võimalik<br>kokku saada | Kohus-<br>tusik | Hoone<br>2430 | Hoone<br>2450 | Hoone<br>2490 |
|--|--|-------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>KATEGOORIA 1: ENERGIA NING SÜSINIKDIOKSIIDI EMISSIOONID</b> |  |                         |                 |               |               |               |
|  | <b>Kategooria kaalumistegur:</b>   | <b>36,40</b>            |                 |               |               |               |
|  | <b>Kategooria võimalik punktisaak:</b>   | <b>31</b>               |                 |               |               |               |
| ENE 1  | Hoone emmisioonide määr  | 11,74                   | JAH             | 0             | 0             | 0             |
| ENE 2  | Energiatõhusus   | 10,57                   | JAH             | 0             | 0             | 0             |
| ENE 3  | Energia kuvamise seadmed   | 2,35                    | EI              | 0             | 0             | 0             |
| ENE 4  | Pesu kuivatamise koht  | 1,17                    | EI              | 0             | 0             | 0             |
| ENE 5  | Energiaklassidega märgistatud kodumasinad                                      | 2,35                    | EI              | 0             | 0             | 0             |
| ENE 6  | Välisvalgustus   | 2,35                    | EI              | 2,35          | 2,35          | 2,35          |
| ENE 7  | Madala ning null süsiniku tehnoloogiad   | 2,35                    | EI              | 0             | 0             | 0             |
| ENE 8  | Jalgrataste hoidmine   | 2,35                    | EI              | 0             | 0             | 0             |
| ENE 9  | Kodukontor   | 1,17                    | EI              | 1,17          | 1,17          | 1,17          |
| <b>KATEGOORIA 2: VESI</b>                                      |  |                         |                 |               |               |               |
|  | <b>Kategooria kaalumistegur:</b>   | <b>9,00</b>             |                 |               |               |               |
|  | <b>Kategooria võimalik punktisaak:</b>   | <b>6</b>                |                 |               |               |               |
| WAT 1  | Sisemine veekasutus  | 5                       | JAH             | 1,50          | 1,50          | 1,50          |
| WAT 2  | Väline veekasutus  | 1                       | EI              | 0             | 0             | 0             |
| <b>KATEGOORIA 3: MATERJALID</b>                                |  |                         |                 |               |               |               |
|  | <b>Kategooria kaalumistegur:</b>   | <b>7,20</b>             |                 |               |               |               |
|  | <b>Kategooria võimalik punktisaak:</b>   | <b>24</b>               |                 |               |               |               |
| MAT 1  | Materjalidest tulenev mõju keskkonnale   | 15                      | JAH             | 2,40          | 1,26          | 1,58          |
| MAT 2  | Vastutustundlikest allikatest pärinevad materjalid – põhilised hoone elementid | 6                       | EI              | 0             | 0             | 0             |

| Teema  |  | Võimalik<br>kokku saada | Kohus-<br>tusik | Hoone<br>2430 | Hoone<br>2450 | Hoone<br>2490 |
|--|--|-------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| MAT 3  | Vastutustundlikest allikatest pärinevad materjalid – põhilised hoone elemendid | 3                       | EI              | 0             | 0             | 0             |
| <b>KATEGOORIA 4: PINNAVEE ÄRAJUHTIMINE EHTISTELT</b> |  |                         |                 |               |               |               |
| <b>Kategooria kaalumistegur:</b>                     |  | <b>2,20</b>             |                 |               |               |               |
| <b>Kategooria võimalik punktisaak:</b>               |  | <b>4</b>                |                 |               |               |               |
| SUR 1  | Pinnavee ärajuhtimine ehitistelt   | 2                       | JAH             | 0,55          | 0             | 0,55          |
| SUR 2  | Üleujutuste oht  | 2                       | EI              | 0             | 0,55          | 1,10          |
| <b>KATEGOORIA 5: PRÜGI</b>                           |  |                         |                 |               |               |               |
| <b>Kategooria kaalumistegur:</b>                     |  | <b>6,40</b>             |                 |               |               |               |
| <b>Kategooria võimalik punktisaak:</b>               |  | <b>8</b>                |                 |               |               |               |
| WAS 1  | Korduvkasutatava ning mitte korduvkasutatava olmeprügi ladustamine             | 4                       | JAH             | 0             | 3,20          | 0             |
| WAS 2  | Jäätmekäitlus ehitusplatsil  | 3                       | EI              | 0             | 0             | 0             |
| WAS 3  | Kompostimine   | 1                       | EI              | 0             | 0,80          | 0             |
| <b>KATEGOORIA 6: SAASTE</b>                          |  |                         |                 |               |               |               |
| <b>Kategooria kaalumistegur:</b>                     |  | <b>2,80</b>             |                 |               |               |               |
| <b>Kategooria võimalik punktisaak:</b>               |  | <b>4</b>                |                 |               |               |               |
| POL 1  | Soojustusmaterjalidest tulenevad kasvuhoonegaasid                              | 1                       | EI              | 0,70          | 0,70          | 0,70          |
| POL 2  | NO <sub>x</sub> emissioonid  | 3                       | EI              | 0             | 0,00          | 0             |
| <b>KATEGOORIA 7: TERVIS JA HEAOLU</b>                |  |                         |                 |               |               |               |
| <b>Kategooria kaalumistegur:</b>                     |  | <b>14,00</b>            |                 |               |               |               |
| <b>Kategooria võimalik punktisaak:</b>               |  | <b>12</b>               |                 |               |               |               |
| HEA 1  | Päevavalgus  | 3                       | EI              | 2,33          | 2,33          | 2,33          |
| HEA 2  | Helliisolatsioon   | 4                       | EI              | 0             | 4,67          | 0             |
| HEA 3  | Isiklik ruum   | 1                       | EI              | 0             | 1,17          | 0             |
| HEA 4  | Eluaegsed kodud  | 4                       | JAH             | 0             | 0,00          | 0             |
| <b>KATEGOORIA 8: HALDAMINE</b>                       |  |                         |                 |               |               |               |
| <b>Kategooria kaalumistegur:</b>                     |  | <b>10,00</b>            |                 |               |               |               |
| <b>Kategooria võimalik punktisaak:</b>               |  | <b>9</b>                |                 |               |               |               |
| MAN 1  | Kodu kasutusjuhend   | 3                       | EI              | 0             | 0             | 0             |
| MAN 2  | Arvestatav ehitajate kava  | 2                       | EI              | 0             | 0             | 0             |
| MAN 3  | Ehitusplatsi mõju  | 2                       | EI              | 0             | 0             | 0             |
| MAN 4  | Turvalisus   | 2                       | EI              | 0             | 0             | 0             |
| <b>KATEGOORIA 9: ÖKOLOOGIA</b>                       |  |                         |                 |               |               |               |
| <b>Kategooria kaalumistegur:</b>                     |  | <b>12,00</b>            |                 |               |               |               |
| <b>Kategooria võimalik punktisaak:</b>               |  | <b>9</b>                |                 |               |               |               |
| ECO 1  | Asukoha ökoloogiline väärtus   | 1                       | EI              | 0             | 0             | 0             |
| ECO 2  | Ökoloogiline parandamine   | 1                       | EI              | 0             | 0             | 0             |
| ECO 3  | Ökoloogiliste elementide kaitse  | 1                       | EI              | 0             | 0             | 0             |
| ECO 4  | Krundi ökoloogilise väärtuse muutmine  | 4                       | EI              | 0             | 2,67          | 0             |
| ECO 5  | Hoone jalajälg   | 2                       | EI              | 1,33          | 2,67          | 0             |
| <b>KOKKU</b>   |  | <b>100</b>              |                 | <b>12,0</b>   | <b>25,0</b>   | <b>11,0</b>   |

### 15.3 Kokkuvõte

Selles peatükis on uuritud Eestis hiljuti ehitatud hoonete sobitumist LEED- ja BREEAM-hindamisprogrammi. Eesmärgiks oli tuvastada hoonete punktisaak, mille baasilt hinnata nende vastavust jätkusuutliku hoone tingimustele. Ühtlasi leida ka põhjused puudujääkideks.

Kuigi tegemist on ülemaailmselt kasutatava skeemiga, ei ole neid uuritud hoonete projekteerimisel kasutatud. Seega antud uuringus on hooneid hinnatud tagantjärele pärast hoonete valmimist ja kasutusse võtmist.

Tulemustest selgub, et ükski hoone ei suutnud oma hindamisprogrammi skaalas täita ka kõige madalamaid tingimusi, et saavutada minimaalset sertifitseeritud taset. Peamised puudused tulenevad asjaolust, et Eestis ei leia vastavate hindamiskaalade kriteeriumid üldises ehitusdokumentatsioonis kajastust. Osa objektide puhul oli raskusi korraliku ehitusdokumentatsiooni leidmisega.

Korraliku tulemuse saavutamist raskendavad välisriikides kehtivad standardid, millega siinne ehitaja kursis ei ole. Välisriikide standardid ei ole täpses vastavuses Eesti vastavate standarditega. Raske on tuvastada osa valdkondade Eestis kehtivat standardit, milles hindamiskriteeriumis vaatlusalune teema oleks kaetud. Lisaks on raskusi võrrelda EVS standardeid ja Eestis kehtivaid juhendmaterjale LEED-is ja BREEAM-is nõutud standarditega. Kohati on nõudmised Eestis kehtivates standardites rangemadki kui vastavates välismaistes standardites. Sama ei saa seda väita kõigi valdkondade kohta.

Arvestades, et teatud Eestis kehtivad standardid on rangemate nõudmistega kui LEED-i või BREEAM-i hindamiskriteeriumites viidatud standardid, ei tohiks võimalik jätkusuutliku hoone hindamisprogrammi kasutusse võtmine LEED-i või BREEAM-i näol ületamatuid raskusi valmistada. Ennekõike on vaja projekteerijate teadlikkust vastavate hindamisprogrammide olemasolust ja nende sisust tõsta.

Oluline on rõhutada, et hooneid hinnati pärast kasutusse võtmist. Kui tegemist oleks projekteerimise järgus seatud eesmärgiga kasutada jätkusuutlikku hoone hindamisprogrammi ja ühtlasi ka sertifikaat saavutada, võiks oodata paremaid tulemusi. Lisaks motiveeritusele teaksid seatud pooled ühtlasi arvestada sisuga, mida vastavad hindamisprogrammid jälgivad ja hindavad.

Tuleb tõdeda, et LEED-i alusel hinnatud hooned saavutasid mõnevõrra paremaid tulemusi. Ei saa kindlalt väita, et põhjus on paremates hoonetes, kuigi ka see on võimalik. Küll saavutas üks BREEAM-i hinnangu saavutanud hoone ligilähedase tulemuse LEED-i hinnangu saavutanud hoonetega. Samas kinnitavad ka mitmed varasemad teaduslikud uuringud, et LEED-iga on korralikku tulemust lihtsam saavutada kui BREEAM-i hindamisprogrammi jälgides.

Lõppkokkuvõttes oli tegemist hindajate poolt oodatud tulemusega. Retrospektiivselt hoonet vastava hindamisprogrammiga hinnates on raske eeldada sertifikaadi kriteeriumitele vastavust. Tegelikult oli tulemus üllatavalt hea, vähemalt kolme hoone korral. Olenemata sellest, et minimaalne sertifitseerimiseks vajalik tase jäi kõigi hoonete puhul saavutamata. Rõhutada tuleb, et ei LEED-i ega BREEAM-i kriteeriumid ei olnud hoone kavandamisel käsitluses. See näitab, et tulevikus hoonet kavandades on võimalik saavutada sertifikaati, kui see eesmärgiks seatakse ning selle nimel ka projekteerimise faasis projekteerimismeeskonna poolt tööd tehakse. Selleks tuleb muidugi enne inimeste teadlikkust vastavate hindamisprogrammide olemasolust tõsta ning koolitada välja ka vastava valdkonna pädevusega inimesi

## 16 Korteriomanike hinnangud ja strateegilised hoiakud

Korteriomanike hinnangud ja strateegilised hoiakud selgitati välja sisekliima uuringus osalenud korterite elanikega läbiviidud kvantitatiivse ankeetküsitluse abil ning kvalitatiivsete süvaintervjuude abil kümnes juhuslikult valitud korteris.

### 16.1 Kvantitatiivne ankeetküsitlus

#### 16.1.1 Meetodid

Küsimustik põhineb samasugusel ankeedil nagu oli kasutusel ka varasemates suurpaneel-, tellis- ja puitkorterelamute uuringutes. Erinevalt eelmainitud uuringutest olid seekord vaatluse all kolm piirkonda, korterelamud Tallinnas, Tartus ning Pärnus.

Korteriomanike hinnangute ja strateegiliste hoiakute küsimused puudutasid korteri tehnilist seisundit, ruumide kasutust, rahulolu sisekliima ning soojusliku mugavusega. Lisaks olid küsimused suunatud kütte- ja ventilatsiooniprobleemide ning niiskusrežiimi väljaselgitamiseks, kuid vaadeldud oli ka müra- ja terviseprobleeme ning korteri remondivajadust. Osa küsimusi eeldas ja võimaldas täpset vastust millegi olemasolu või ilmumise kohta (ja-ei põhimõttel). Samas olid ka küsimused, kus vastused tuli asetada etteantud skaalale ühest äärmusest teise (näiteks soe-külm; värske-umbne õhk). Elanike käest ei küsitud mingeid 'rahalisi' andmeid ei leibkonna ega korteri ülalpidamiskulude kohta.

#### 16.1.2 Valim ja elamistingimused

Kokku oli selles uuringus vaatluse all 28 elamut mille ehitusaasta jäi vahemikku 2000...2009. Uuritud elamutest enamik oli kolme- kuni kaheksakorruselised ning lisaks kaks tornelamut Tallinnas (vastavalt 19- ning 30-korruselised). Kokku oli vaatluse all 57 korterit, mis esindas 90 % valimist (63 korterit) (vt. Tabel 16.1).

Tabel 16.1 Korterite jaotus.

| Asukoht | Arv, tk | Küsimustikke, tk | Täidetud küsimustikke | Protsentuaalne jaotus |
|---------|---------|------------------|-----------------------|-----------------------|
| Tallinn | 30      | 29               | 97%                   | 48%                   |
| Tartu   | 21      | 18               | 86%                   | 33%                   |
| Pärnu   | 12      | 10               | 83%                   | 19%                   |

Uuritud korterelamutes olid elanikeks valdavalt omanikud, vaid kolmes korteris (5%) olid küsimustikule vastajateks üürnikud. Uuritud korteritest 85% kasutusintensiivsus on nii suvel kui ka talvel enamjaolt sama, ülejäänutel on suvel elanikke vähem. Nende puhul on enamasti tegemist väikelastega peredega, kus suvel viibitakse maal ning ühes uuringus osalenud korteris elatakse vaid talvel.

Kütuse tüüpidest on uuritud majades enim kasutusel kaugküte (78%) ning gaasiküte (19%), ülejäänutes on kasutusel otsene elekterküte (3%).

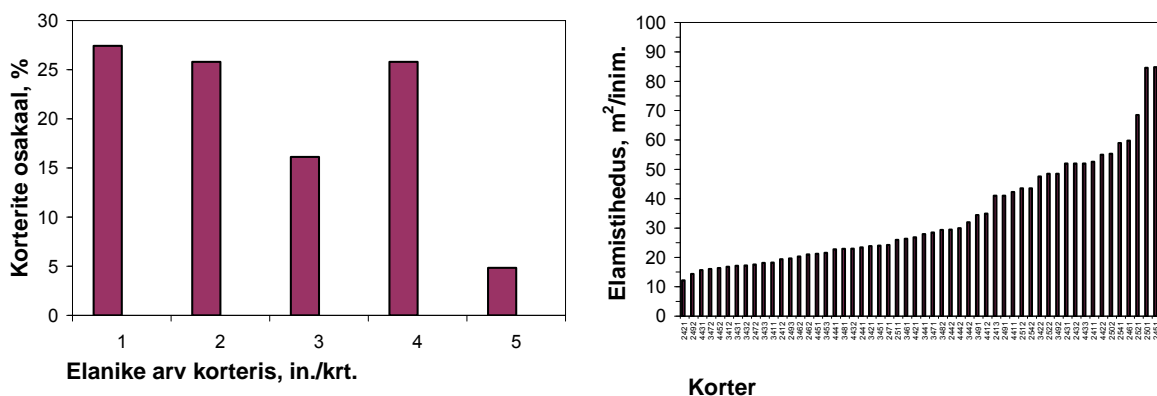
Keskmine elanike arv korteris on 2,5 (siin ja edaspidi on kasutatud aritmeetilist keskmist) mis on väiksem kui puit- ja telliskorterelamute uuringus, kus need näitajad olid 2,9 ja 2,8. Elanike arvu järgi korterite jaotust vt. Joonis 16.1 vasakul.

Elamispinda on keskmiselt 34 m<sup>2</sup> inimese kohta, mis on enam kui Eesti keskmine elamistihedus, 28 m<sup>2</sup>/inim. See asjaolu on kindlasti tingitud ka sellest, et antud uuringus osalenud korterite keskmine pindala on küllaltki suur, 85 m<sup>2</sup>. Joonis 16.1 paremal on välja toodud korterite jaotus elamispinna ruutmeetrite järgi inimese kohta.

Enim oli kortereid, kus keskmine elamispind on üle 35 m<sup>2</sup> inimese kohta ning kõige vähem kortereid, kus elamispinda on alla 15 m<sup>2</sup> ning vahemikus 30–35 m<sup>2</sup>. Põhiliselt oli üle 35 m<sup>2</sup>



elamispinnaga korterite puhul tegemist ühe või kahe elanikuga (v.a. üks 300 m<sup>2</sup> korter Tallinnas, kus elas neljaliikmeline pere) ning alla 15 m<sup>2</sup> elamispinnaga korterites elavad vähemalt neljaliikmelised pered.



Joonis 16.1 Elanike arv korteris (vaskul), elamispinna ruutmeetreid elaniku kohta (paremal).

Piirkondade järgi on suurim elamispind elaniku kohta Tallinnas, 30,4 m<sup>2</sup>. Keskmise elanike arv korteris on suurim Tartus ning madalaim Pärnus. Kõikide uuritud piirkondade elamispinna suurused ja keskmised elanike arvud on välja toodud tabelis Tabel 16.2.

Tabel 16.2 Piirkonniti jagunev elamispind inimese kohta ja keskmine elanike arv.

| Piirkond | Elamistihedus, m <sup>2</sup> /in | Keskm elanike arv |
|----------|-----------------------------------|-------------------|
| Tallinn  | 41                                | 2,5               |
| Tartu    | 26                                | 2,8               |
| Pärnu    | 31                                | 1,4               |

### 16.1.3 Aknad

Kuna tegemist oli valdavalt viimase kümne aasta jooksul ehitatud korterelamutega, siis akende vahetust pole siia maani vajalikuks peetud, v.a. ühel juhul. Tuleb arvestada ka, et sanitaarremondi on tehtud viimase viie aasta jooksul vaid 16% korteritest ning ka nendest juhtudest enamiku puhul on olnud tegemist pigem uue siseviimistluse või mõne ehitusveast tingitud probleemi parandusega.

Aknatüüpidest on enim levinud kahekordne klaaspakett ühes raamis (90 %). Vähemlevinud olid kolmekordne klaaspakett 4%, kahe raamiga, milles on üks klaaspakett (kokku kolm klaasi) 4%, ning ühe raamiga, milles on 2–3 klaasi 2%.

Aknaraami materjali järgi jagunevad korterid võrdselt puit- ning plastraamidega akende vahel ning puitakendest kolmandiku puhul on tegemist puit-alumiiniumaknaraamidega. Tallinnas asub ka kaks korterit ühes tornelamus, kus aknaraami materjaliks on metall ning need on ka ainukesed uuringus osalenud korterid, kus ei ole võimalik aknaid avada, ülejäänutes on igas toas vähemalt üks hõlpsasti avatav aken.

### 16.1.4 Niiskuskahjustused ning niiskusrežiim

Niiskuskahjustusi on viimase kümne aasta jooksul esinenud kolmandikul uuringus osalenud korterites, mis on kõrge näitaja, arvestades, et tegemist on sisuliselt uute elamutega, mis peaks esindama parimat ehituskvaliteeti. Siiski on võrreldes vanemate korterelamutega olukord mõnevõrra parem. Puitkorterelamutes esines niiskuskahjustusi 85 % ning telliskorterelamutes 70% uuringus osalenutest. Esinenud kahjustused olid põhiliselt torude lekked või katuse läbijooksud, mis garantiitööde käigus on ka parandatud. Harvematel juhtudel oli tegemist radiaatorite või pesumasinate leketega ning ka korstnast sisse tulnud veega. Murettekitav on, et viiendik uuritud korteritest väitsid olevat eluruumide sisepinnale tekkinud hallitust. Enamjaolt on tegemist akende silikoonile või märgade ruumide hermeetikule tekkinud hallitusega.

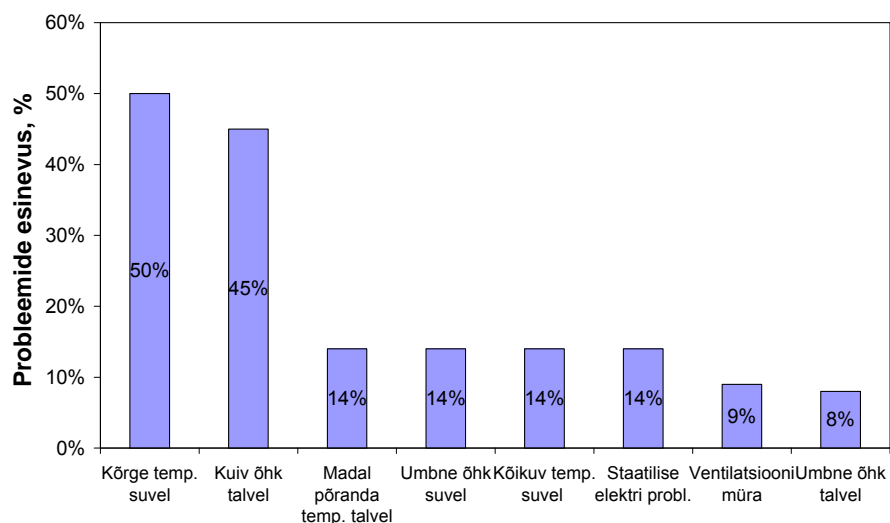
Vastanutest 1/3 on esinenud akende sisepinna uduseks muutumist kuid enamuse juhtudel vaid talvel väga külmade ilmadega. Akende sisepinnale on tekkinud härmatist 29 % küsitletutest, mis on sama mis puitkorterelamutel, kuid poole rohkem kui telliselamute puhul (13 %).

Pesemisvõimalusena on korterites kasutusel dušš (45%) ning dušš ja vann (23%), saun on sees pea veerandites korterites (23%). Kõikides korterites on märgades ruumides sein- ning põrandakattematerjalina kasutusel kiviplaatkate. Märgade ruumide niiskustõkke kohta enamikul elanikest andmed puudusid.

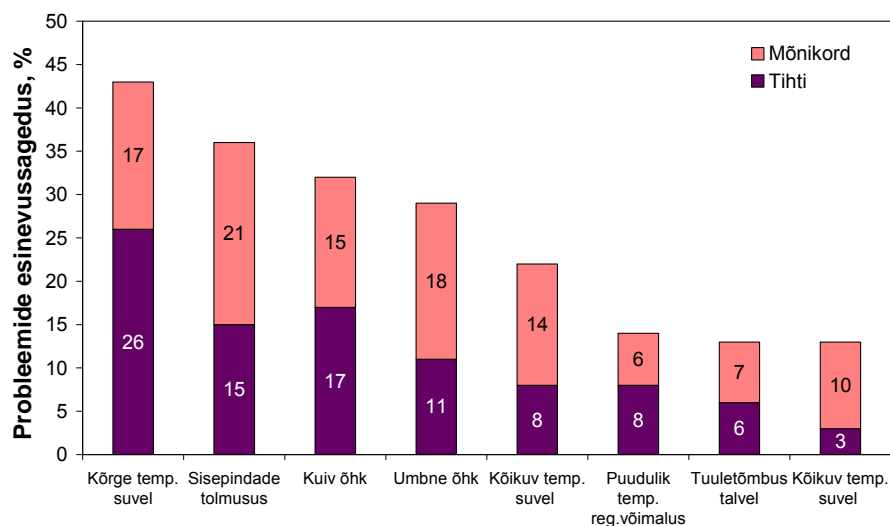
Muudest korteri niiskurežiimi mõjutavatest teguritest võib välja tuua, et vastanutest 56% kuivatab aastaringsest pesu toas, keskmiselt üks või kaks korda nädalas. 10% kuivatab pesu pesukuivatis ning ülejäänud kuivatavad pesu vastavalt ilmale nii toas kui ka õues. Tihemini kui kord nädalas pestakse veega põrandat vaid alla 2% korteritest ning vähemalt kaks korda päevas teevad sooja toitu 39% vastanutest. Duši või vanni kasutatakse kolm korda päevas või rohkem 28% korteritest, ning vähem kui kord päevas 7% korteritest. Kõikides korterites on kasutusel elektripliit ning õhuniisutit kasutatakse 10% korteritest talvisel ajal ning osa vastanutest kasutavad õhu niisutamiseks ka veeanumaid radiaatorite peal ning märgi rätikuid eluruumides. Niisutuse kasutamine on üheks põhjuseks suurele niiskuskooormusele.

### 16.1.5 Sisekliimaprobleemid

Kõige suuremaks ning sagedamini esinevaks probleemiks pidasid korterite elanikud liiga kõrget temperatuuri suvel. Samuti toodi esile kuiva siseõhku talveperioodil (ruumide ülekütmisega kaasnev probleem) ning kiiresti tolmuks muutuvaid sisepindu. Vähim probleeme tekitasid liiga madal temperatuur talvel ning niiskete ruumide ja köögi ventilatsiooni väljatõmbe ebapiisavus. Enim esinenud probleemid ja nende sagedus on välja toodud Joonis 16.2-l ja Joonis 16.3-l.

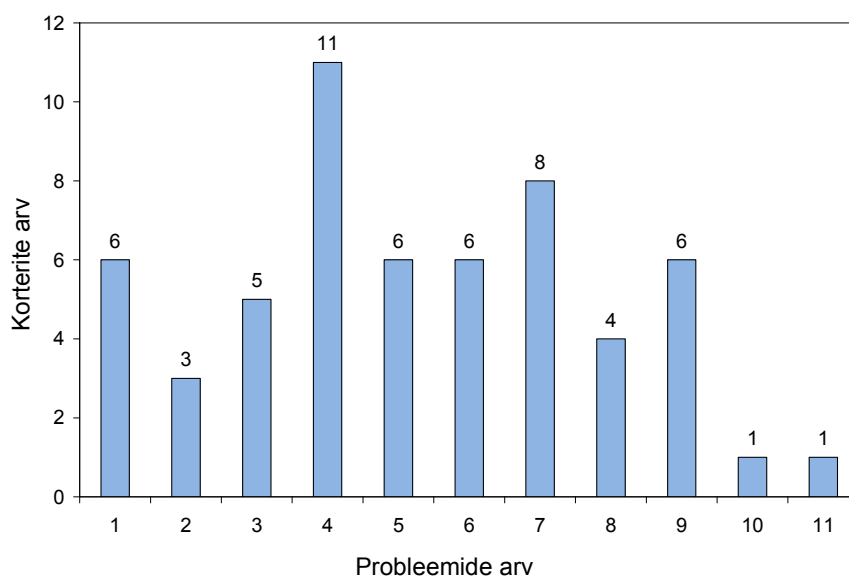


Joonis 16.2 Kütte- ja ventilatsiooniprobleemide esinevus.



Joonis 16.3 Kütte- ja ventilatsiooniprobleemide sagedus.

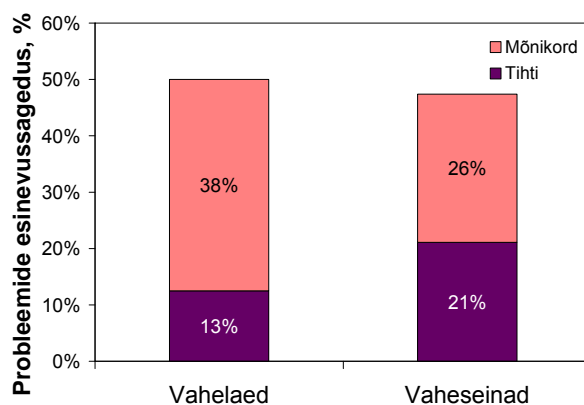
Üle 85% uuritud korterite elanikest hindas, et nende korteris on kolm või enam kütte või ventilatsiooniga seonduvat probleemi, vt. Joonis 16.4. Kõige enam oli kortereid, millel oli neli probleemi (19%). Mitmeprobleemseid (viis või enam probleemi) kortereid oli kõige rohkem Tallinnas (48%) ning kõige vähem Tartus (33%).



Joonis 16.4 Kütte- ja ventilatsiooniprobleemide esinevuse tihedus.

### 16.1.6 Müraga ja päevavalgusega seotud probleemid

Uuringus osalenud korterite elanikud pidasid vahelagedest kostuvat müra kõige enam esinevaks, kokku 50% vastanutest, kuid nendest vähem kui pooled pidasid seda probleemi iganädalaseks. Vaheseintest kostuvat müra pidasid probleemiks 47% vastanutest (vt. Joonis 16.5).



Joonis 16.5 Uuritud korterite müraprobleemid.

Tehnoseadmetest tulenevat ajutist või pidevat müra pidas probleemiks 25% vastanutest.

Vastanutest hindasid eluruumide päevavalgusega ebapiisavalt varustatuks 10%, trepikodade valgustusele andis negatiivse hinnangu üks vastaja.

### 16.1.7 Korterielanike märgitud terviseprobleemid

Terviseprobleemidest on kõige rohkem välja toodud kurgu kuivust, allergilist köha (38%), kuid vaid kolmandikul juhtudest on seda peetud tihti esinevaks probleemiks. Viiesandikul vastanutest esines allergilisi sümptomeid, harvem kaevati nahalöövete ning põhjendamatu peavalude üle kodus viibides.

Korterites, kus oli või on olnud probleeme hallitusega, oli terviseprobleeme kolmandiku võrra rohkem

### 16.1.8 Korterite sanitaarremont

Viimase kümne aasta jooksul on sanitaarremonti tehtud alla 20% korteritest ning enamik remonttöid on olnud garantiikorras parandustööd ehitusvigadest tingitud kahjustuste likvideerimiseks, milleks olid peamiselt praod seintes ja lagedes, valed vannitoakalded, probleemid akende ning radiaatoritega ja katuse läbijooksud ning muud niiskukahjustused.

## 16.2 Eluasemekvaliteet, heaolu ja eneseidentifikatsioon uutes kortermajades. Elamiskogemuslik analüüs: kvalitatiivsed süvaintervjuud

### 16.2.1 Meetod ja intervjueritavate valik

Uute elamute korteriomanike analüüs on osaks suuremast kvalitatiivsest uuringust, mille käigus viidi läbi 34 süvaintervjuud eritüübiliste kortermajade korteriomanikega, neist 10 uuselamutes. Uuringu eesmärgiks oli mõista eluasemekvaliteedile ja sellega seonduvale heaolutundele antavate hinnangute ja eluasemega samastumise (residentaalse identiteedi konstrueerimise) vastastoimeprotsessi olemust ning analüüsida seoseid elukvaliteedile antud hinnangute ja hoiakuliste käitumisstrateegiade vahel. Kvalitatiivse uuringu loogika lähtub vajadusest mõista, kuidas vaadeldav protsess, nähtus või käitumisstrateegia on kujunenud; üheks levinud andmete kogumise tehnikaks on süvaintervjuu, mida on kasutatud ka kõnesolevas uuringus. Kvalitatiivse uuringuga ei taotleta nähtuse ulatuse kindlakstegemist, küll aga võivad kvalitatiivse uuringu tulemused kujuneda vajadusel lähtepositsiooniks ulatuslikumale (ka statistilises mõttes esinduslikule) uuringule. Kvalitatiivne tekstiline andmestik, nagu ka selle uuringu intervjuude transkriptsioonid, ei ole kvantifitseeritavad. See uuring lähtus sotsiaalkonstruktivistliku

epistemoloogia<sup>1</sup> põhimõtetest, mille keskmes on keeles väljenduvad sotsiaalses kogemuses kujunenud tähendused ning nende mõtestamine indiviidide hoiakute ja käitumisstrateegiatega kujundajaina.

Intervjueeritavate valik hõlmas erinevates linnades mitmesuguse suuruse ja haldusvormiga maju, kus eelnevalt olid tehtud ehitustehnilised uuringud; vajadusel täiendati valimit intervjuudega lähipiirkonna samatüübilistes elamutes. Uute kortermajade puhul hõlmas valik järgmistes piirkondades asuvaid elamuid: Tallinnas kesklinna *City*<sup>2</sup> ja ajaloolised asumid, kesklinna piirkonna ääreala, kesklinna ja suurelamupiirkonna piiriala; Viimsi; Tartu kesklinna ja Pärnu Mai piirkond. Intervjueeritud uuselamuelanikud on vanuses 27–55 a, valik hõlmas 7 naist ja 3 meest. Andmemaht: 183 lehekülge teksti. Analüüs esitatakse kvalitatiivse uuringu tavade kohaselt argumentatsiooni toetavate toimetamata tsitaatidega intervjuudest; sulgudes on märges soo ja vanuse kohta.

## 16.2.2 Eluasemevalikute kujunemine ja elamispraktika

Eesti eluasememaastik, mis märkimisväärselt pika perioodi jooksul möödunud sajandi teisel poolel võimaldas väheseid isikupäraseid valikuid, on viimase kahe kümnendi jooksul uuselamuehituse tulemusena mõnevõrra siiski mitmekesisestunud. Sellest laienerunud valikust valdava osa eluasemeid koondavad linnade olemasolevat elamisruumi tihendavad uued korterelamud. Nii uued korterelamud kui ka marginaalsemad elamutena kasutuselevõetud endised tööstushooned<sup>3</sup> pakuvad linnäärsetesse piirkondadesse laienerunud eramuküladele tõsiseltvõetavat alternatiivi, eelkõige linnalist elustiili hindavatele elanikele.

Elustiilipõhine elamisviisi kujundamine on paradigmaatilisel uus suundumus eluasemevalikutes, mille kriteeriumiteks pole mitte üksnes elamutüüp (korteremaja – ühepereelamu) või vahetu elamisruumi kvaliteet (suurus, funktsionaalsus, planeering, esteetika jm), vaid ka elamisruumi sotsiofüüsiline kvaliteet laiemal skaalal (suhted, käitumiskultuur, kooskonnatunnetus, avalikud teenused, heakord jm naabruskonnas, linnajaos/-osas – nendevahelises ühenduses). Nagu osutab ka kõnesolev uuring, väljendavad inimeste eluasemevalikud uutes korterelamutes hinnanguid tervikule. Oluline erinevus uute kortermajade elanike ja vanemates kortermajades pikaajaliselt asunud elanike vahel on neile avanenud valikuvõimaluste olemasolu, nende piiratuses või puudumises eluaseme soetamisel. Kui tänased valikud nii uutesse kui ka vanematesse korterelamutesse asumisel on teadlikud ja kaalutletud ning seotud konkreetse oodatava kvaliteediga elamisruumi kõigil tasandil, siis korterelamusse asumise kogemust eelmises süsteemis iseloomustab pigem inimeste eelistustest sõltumatu juhuslikkus ja hilisem võime kohaneda oludega. Eluasemesektori korraldus eelmise sotsiaalse süsteemi tingimustes soodustas ka kohati tänaseni kehtvat rutiinsust elamisviisis – suhestumisel eluasemega, hinnangutes, ootustes ja rahulolus, mis on selgelt asendumas dünaamikaga nii eluasememaastiku kujundamise institutsionaalsel tasandil kui ka individuaalsetes eluasemekarjäärides.

Nüüdisaegsete eluasemetaotluste lõpptulemuses on oluliselt vähem juhuslikkust, sest üldjuhul lähtutakse valikutegemise hetkeks väljakujunenud eelistustest eluasemele.<sup>4</sup> Vähem rafineeritud ja juhuslikuma valikuga on pigem tegemist korteri üürimisel või ootamatult kasutamiseks saadud või päritud kinnisvara puhul. Paratamatult tingib aga majanduslike võimaluste piiratus kohanemisvajaduse eelistustele osaliselt vastava või isegi mittevastava eluasemega. Nagu selgub lähiminevikus vanematesse puit-, tellis- ja

<sup>1</sup> Teadusfilosoofiline küsimus, mille esitab iga uurimus teoreetilis-metodoloogiliste lähtekohtade kujundamiseks ja mis eelneb uurimismeetodite ja andmekogumistehnikate valimisele.

<sup>2</sup> Siin ja edaspidi – kõrghoonetega multifunktsionaalne äri- ja elamukvartal kesklinnas.

<sup>3</sup> Konverteeritud elamud.

<sup>4</sup> On tõenäoline, et teatakse, millist eluaset ei soovita soetada ning valik tehakse sellest kriteeriumist lähtuvalt, välistades näiteks paneel elamud Tallinna nõukogudeaegsetes suurelamupiirkondades. Eluaseme-eelistused muutuvad elamiskogemuses (maitse, vajadused) vastastikusel seoses teistel väljadel tegutsemisega (perekond, töö, suhtlusringkond jne).

paneelmajadesse korteri ostnud elanike intervjuudest, on nende valik erinevate elamutüüpide ja linnajagude või konkreetsete elamute ja korterite vahel olnud oluliselt määratud kinnisvara hinnaga (näiteks vastumeelne valik – paneelmaja; valik kehvema ehitusliku kvaliteedi või tehnilises seisundis korteri/korterimaja kasuks – eelistatud puitelamute piirkonnas). Samuti võivad valikud tugineda muudele ratsionaalsetele otsustustele, mille on tinginud mainitud eluetapi vajadused (näiteks laste haridusvõimalused lähipiirkonnas). Mõlemal juhul on võimalik, et valikuid käsitletakse vaheetapina kavandatavas eluasemekarjääris.

Elustiilipõhise elamisviisi taotluse juures ei ole põhjust alahinnata eluasemeturule sisenejate majanduslikku suutlikkust. Nagu näitab intervjuude analüüs, on suures plaanis sarnaste eelistustega uuselamute korterite omanike käsutada arvestatav, kuid suhteliselt erinevas suurusjärgus majanduslik kapital, mis määrab ka konkreetse korteri valiku kasuks otsustamise; võimalik, et teatud mõõndustega ideaalplaani suhtes.

*Algselt just nagu oma finantsi silmas pidades me mõtlesime, et me saame endale maksimaalselt kahetoalist korterit lubada (...), me vaatasime siis ka kolmetoalist (...). Ma ei tea, mingi ime läbi leidsime, et jah, see on nii-öelda maksimum, mis me saime võtta, täpselt niipalju laenu, kui selle korteri ostmiseks vaja oli. Ja see oli veel vahva (...), et kui me vaatasime maja plaani, siis me otsustasime, et see oli meie jaoks (...), mõtlesime, et kui me selle saame, siis me võtame kindlasti, kui midagi muud on, siis, kas jääme ootama midagi uut või siis teeme järeleandmisi (...), meil on ainult ühele poole aknad (...), õnneks ei ole põhja poole, teine variant oleks olnud läbi maja korter, aga enamasti need olid juba neljatoalised või suuremat sorti kolmetoalised, millest meil ei oleks hammas üle käinud. (N, 34)*

Põhimõtteline eluasemeturu strateegiate ümberorienteerimine nõudlustundliku (loe: eelistatavat elamisviisi arvestav) uuselamuehituse suunas võimaldab reaalseid valikuid märksa laiemal ostjate sotsiaal-majanduslike positsioneerumiste skaalal. Elustiilile ja elamisviisi eelistustele vastava eluaseme soetamise võimaldamine ka väiksema investeerimissuutlikkusega inimestele tõstab individuaalset eluasemega rahulolu, mis on oluline kriteerium elukvaliteedihinnangute kujundamisel.

## **Asukohavalikud ja rahulolu**

Uute korterelamute ehitamisega loodud arhitektuursed keskkonnad peaksid oma erinevuses vanematest korterelamupiirkondadest esinema peegelpildina elanike mitmekesisustavatest elukoha eelistustest ja ootustest elukvaliteedile. Kvalitatiivsete andmete analüüs lubab väita, et uute kortermajade loodetud isikupärane kvaliteet väljendub mõningate eranditega pigem koosmõjus paiknemisega konkreetsetes linnastruktuurides.

Vaatamata eesti linnade väikesemastaabilisusele, on uue eluaseme asukoht üks olulisemaid valikukriteeriume. Eelistatud on kesklinn või selle lähialad (ühtlasi hinnatud kvaliteet ka kõigis teistes elamutüüpides intervjueeritud elanike hulgas, kes sinna varem ja oluliselt juhuslikumalt on elama sattunud). Mainitud uuring toetab järeldust, et uutesse majadesse elama asunud kesklinnala iseloomustab mobiilne ja vanusest sõltumatu suhteliselt aktiivne elustiil, mida kerge teenuste ja kaupade kättesaadavus, kiire juurdepääs haridus-, kultuuri- ja meelelahutusasutustele ning töökohtadele nii aja- kui rahasäästlikult toetab. Erinevate sihtkohtade vahel jalgsi liikumise võimalust hindavad eriti tervislikke eluviise väärtustavad nooremad intervjueeritud, kes võimalusel astuvad vabal ajal läbi lähedalasuvast spordisaalist, tenniseklubist või sõidavad jalgrattaga, ka linnast välja. Selleks aga puuduvad intervjueeritute hinnangul piisavad turvalised tingimused, seda eriti Tallinnas.

Valdavalt teadaolevatele kesklinna mugavustele lisaks otsib kesklinna uuselamutesse suunduja erilist linlikku atmosfääri, mis keskkonna kvaliteedina ei võrdu niivõrd steriilse korrastatud uudsusega (kuid pole välistatud, näiteks Tallinna *City*) kui erinevate ajalooliste kihistustega keskkonna eripäraga või linnajaole iseloomuliku elamisviisiga, ka tugeva kooskonnakultuuri kuvandiga (näiteks Kalamaja, Uus-Maailm jt). Seega inspireerib valikuid kesklinnapiirkonda uuselamu vahetu naabruskond – ümbritseva keskkonna sotsiaalne, füüsiline ja ruumiline kuvand – esteetika, linnamaastikku kujundavate ehitiste

arhitektuur, ajalooline linnastruktuur, aga ka haljastus, parkide ja mere lähedus (Tallinn, Pärnu). Juhul kui korter kesklinnas soetatakse kodu loomise eesmärgil, püütakse üheaegselt saavutada nii turvalist vaikust (liiklusohutu ja autode mürast eemal) kui ka lühikese jalgsikäigu kaugusel asuvat mugavat teenindust või linnamelu.

*Ja siis ma (...) mõtlen inimesed lähevad (...) pärast tööd või lähevad koju ja see, et nad peavad tulema nagu linna. See oleks nagu maalt (viide Tallinna suurelamupiirkondadele) (...) Ma ei räägi Tabasalust või Tiskrest (...), see on veel hullem (...) kui sa oled nagu linnas, siis sa oled nagu linnas. (...) tulen õhtul kinost, siis ma jalutan koju, aga ma jalutangi ja selles on kvaliteet. Ma tulen mööda X puiesteed, mõtle, see on mu kodutee. Haa, see pole lihtsalt maja kuskil. Et see nagu tervik. Et ma jalutan, vaatan seda kirikut, iga kord vaatan, et see on (...) ilus (...) Ja siis ma tulen ja (...) eestiaegsed majad ja ja ja kuidagi see turvaline ja ja samas need majad on nagu natuke peidus ja ja noh ja samas nagu et see nagu pargi ääres. (M, 40)*

Kuigi nüanssides võib ootustes keskkonna kvaliteedi suhtes täheldada erinevusi, demonstreerib erinevas vanuses uuselamuelanike intervjuude analüüs kesklinnaavalikuid läbivaldt elustiilipõhistena. Tasub märkida ka elukohavalikuid mõjutavaid staatusekeskseid sümbolilisi kategooriaid, mis samuti vanusest sõltumatult seostuvad elaniku sooviga samastada end prestiižse piirkonnaga, mis ka mõnel üksikul juhul on intervjuudes selgelt artikuleeritud.

Valikud tehakse nii immanentselt kui ka teadlikult varasemale eluasemekogemusele toetudes, samuti elufaasi spetsiifikast (näiteks erinevates vanustes lastega pered; professionaalne tegevus jm) ja majanduslikest võimalustest lähtuvalt. Hind pole määravaks vaid väikesele osale jõukamasse ühiskonnakihti kuuluvatele inimestele, kellele kesklinna korter võib olla üks mitmest kasutatavast või ka väljaüritavatest eluasemest. Intervjueeritud uuselamuelanikud, kelle majanduslikud võimalused on piiratud, on teinud oma valikud teatud mõõndustega, kas eelistatud asukoha suhtes linnas (või näiteks Tallinna lähedastesse asumitesse) või korteri suuruse ja paiknemise suhtes konkreetses korrusmajas.

Elamispraktikas selgunud asukohavalikute puudused ja täielik rahulolematuse on seotud piirkonna planeeringute ja uusehitiste lisandumise ehk liigtihendamisega, mis kahandab nii psühholoogilist kui ka füüsilist heaolu õueala ja korterite kasutamisel (ajaveetmiseks kasutuskõlbmatud rõdud). Samuti kurdetakse odavate ja igavate uusmajade arhitektuursete lahenduste üle, mis olulise esteetilise puudujäägina madaldab elanike hinnangul elukeskkonna kvaliteeti. Üheks negatiivse hinnangu näiteks on Viimsi valla uus-elamuarendus, mis algselt looduslähedase elukvaliteedi lubadusele vaatamata on osutunud tihedaks ülerahvastatud kortermajade külaks.

*Sa pead sosistama seal, sest et see noh on nagu mingi kõlakoda, et ühesõnaga sa ei saa rääkida seal rõdul. (...) põhimõtteliselt need minu majad on veel päris kenad, et seal on (...) ikka päris õudseid (...) vaid nelinurksed karbid. Eesti need uusrajoonid näevad ju suht kõik siuksed välja (...) ei ole nagu siukest ühtset planeeringut minu meelest nendel asjadel ja ei ole mõeldud nendele kõnniteedele, see haljastus on olematu seal. Siis talvel on need teed läbimatud sellepärast, et kui niigi on seal need teed nii kitsad... Viimsi (...) meenutab siukset nõukogudeaegset rajooni. Et seal on täpselt samamoodi siuke special purpose (erilisele eesmärgile allutatud, toim.) siuke neighbourhood (naabruskond, toim.), et sa käid ja ta on siuke monotoonne. (M, 27)*

## **Elamuvalikud ja rahulolu**

Uuselamu valimise juures lähtutakse eelkõige elamiseks vajalike tingimuste hindamisest igapäevapraktikas, mis muudab elamise mugavaks. Nii näiteks peetakse mugavaks lahenduseks moodsaid liftiühenduse lahendusi parkla ja majakorruste vahel, mis kehvades ilmastikutingimustes hõlbustab laste ja raskete kandamitega liikumist. Samas kritiseeritakse kõrgelamutes liftide vähesusest tingitud kehvast kasutustõhususest (pikk ooteaeg). Kvaliteetsetena reklaamitud kortermajade puhul leitakse, et omanike investeeringud ületavad saadud kvaliteeti; klientidele antud lubadusi pole täidetud ega neid ka piisavalt maja lahenduste spetsiifikast informeeritud (inimesed ei tule selle peale, et nende uues kõrgelamukodus on mitteavatavad aknad või et keldriboksis võiks maksimaalse ruumikasutuse efektiivsust silmas pidades olla paigaldatud elektripistikuid,

kuhu nii mõnigi elanik laiendaks panipaika – harvemini kasutatavad kodumasinad, sügavkülmik – korteris piiratud ruumi tingimustes).

*Noh seal on kõvasti kortsukohti nendes lahendustes, noh, et liftid on sellised ... Oleks võinud näiteks rohkem olla (...) selle hinna juures on jäetud nagu palju pisidetaile, mis võiksid elu mugavamaks teha, ära, aga no see on arendaja töö. Aknad oleks võinud käia (...) meil on see puhas kokkuvõidlikkus (N, 44)*

Ühiskasutatavate ruumide juures hinnatakse avaraid planeeringuid, rafineerituma maitse puhul osatakse suhestuda ka hoone kui terviku arhitektuuriga. Võrreldes näiteks vanemate paneel- või tellismajade elanikega on uuselamute ja vanemate puitelamute elanikud arhitektuuritundlikumad, ka kriitilisemad, mis kõikidel juhtudel ei tähenda asjatundlikkust, vaid pigem väärtustunnetust (hind, prestiiž).

Vaieldamatult tähtis on parkimiskohtade olemasolu, laste mänguvõimalused jm ajaveetmisvõimalused õuealal, mis elamispraktikas on kohati osutunud ebarahuldavaks, sest puudub tasakaalustatud õueala kasutus. Seega on tegemist vanade kortermajadega sarnase probleemiga, mis viimaste juures leiab enam mõistmist kui uute eluasemearenduste puhul, kuna vanad planeeringud ei näinud ette suurt autode arvu kasvu.

Rahulolematust on põhjustanud projektides algselt ette nähtud, kuid arendajate poolt tegemata või lõpetamata poolikud lahendused nii majas kui ka majaümbruses (haljastus ja õueala kujundus), mis on nõudnud elanikelt lisainvesteeringuid, millega korterit ostes ei arvestatud. Tegematajätmistele kompenseerimine või garantiiremondid on mitmel juhul jäänud lahenduseeta seoses ettevõtte pankrotistumise ja arendajate vahetumisega.

*Meie majaga ongi nii, et paljud asjad me oleme ise pidanud kinni maksma. Noh, mis tegelikult olid projektis olemas, aga neid lihtsalt ei ehitatud. (...) Õuealaga ka tegeletakse, sest meil on õueala, haljastus jäi kunagi selliseks vähe, no ütleme jäi ära (...) Nagu midagi seal on ja midagi ei ole, aga see ei ole kindlasti lõplik ja see, mida me tahtsime. (N, 38)*

Drastilise tagasilöögi oodatud elukvaliteedile annavad ehitusbuumiaegse halva ehituskvaliteedi tagajärjed – katuste lekkimine, ebakvaliteetsete ehitusmaterjalide kasutamine, akende lekkimine, majade vajumine ja fassaadipraod, valesti paigaldatud torustik, valed kalded, kiiresti amortiseerunud rõdud (värv), rääkimata heliisolatsiooni puudumisest (välisseintest kostuv tänavamüra, korterite vaheseinad kostavad läbi).

*Katus hakkas meil juba üle-eelmine talv läbi laskma (...) me ei saa aru, miks on tehtud täiesti horisontaalne katus ilma igasuguse kaldeta, et väidetavalt on see katuse katematerjal selline, et siia võiks panna 70 cm nii-öelda veekihi või basseini, et ta peaks selle kõik kinni pidama, aga ennäe ei pea (...) ei ole välistatud, et keegi on kogemata kahjustanud seda katematerjali, et sealt kuskilt on immitsema hakanud, aga pigem tundub, et seal on tehtud mingi ehitusviga ikkagi (...) Vannitoast hakkas, jah, et õnneks oli laupäevane päev, me olime kodus ja me nägime, et hakkab niimoodi paneeli vahelt lae alt veenire tulema ja see oli lumerohke talv ja siis me läksime katusele ja hakkasime seda lund alla viskama ja ... (N, 35)*

Ebakvaliteetne ehitustööde juhtimine ja ehitustööliste madal kvalifikatsioon on põhjustanud elanikele suuri materiaalseid kahjusid (põranda väljavahetamisest mööbli vahetuseni), mida kogu kujundusele kulutatud aega ja energiat arvestades on teatavasti võimalik ainult osaliselt kompenseerida.

Vaatamata lootusele pääseda vanadele majadele tüüpilisest renoveerimistegevusest, kinnitavad intervjueeritute kogemused, et nende küsimustega on paratamatult kokku puutunud ning sümbioos psühholoogilis-majanduslikest ootustest uuele majale – säästab kohanemisvaevast sissetöötatud tavadega (nagu vanemates elamutes), võimaldab suhteliselt segamatult uude keskkonda sisse elada – ei leia praktikas kinnitust (vt ka osa Sotsiaalne suhtlus...).

## **Korterivalikud ja rahulolu**

Võrreldes vanemate korterelamutega on uute majade korterid suhteliselt avaramad (antud uuringu puhul 55–200 m<sup>2</sup>), ning lisamöödet annavad ka kõrgelt hinnatud suured rõdupinnad, mida, nagu eelnevalt väidetud, majade kõrge tiheloleku tingimustes



ajaveetmiseks kasutada pole võimalik. Uuselamutes, kus rõdusid ei ole, tuntakse nendest puudust. Seda hinnatumad on suured aknapinnad (kui just tuulega vesi läbi ei pressi, nagu Pärnu mereäärses uuselamus) ja nendest avanevad vaated just kõrgemate korruste korteritest. Klaasitud avatavad rõdud, mis võimaldavad vahelduvkasutust vastavalt aastaajale (lisatuba suvel) on kõrgelt väärtustatud. Rõdusid peetakse valdavalt funktsionaalseks beebide magamiskohana, grillimisruumina, pesukuivatamis- ja suitsetamiskohana ja kahtlemata panipaigana, kompenseerimaks majapidamisruumide puudust korterites. Peamise elanike kriitika osaliseks saavadki elanike huve ignoreerivad siseplaneeringud: abiruumide puudumine või ebafunktsionaalne paigutus; samuti arendajate poolt tellitud odavad arhitektuursed siselahendused, mis ei arvesta tänapäeva linnainimeste vajadustega või on lahendatud poolikult või täiesti läbimõtlematult.

*Siin majas on üks korrus, kus on panipaigad, mida oli võimalik osta omal ajal, aga need olid nii naljaka lahendusega, sellised kolmnurksed ja mida iganes, et ma ei pidanud üldse vajalikuks sinna nagu raha investeerida. Täielik totrus, et mida sa sinna kitsasse teravasse nurka paned – mitte midagi. (N, 44)*

*Reaalselt kasutaja seisukohast (...) planeeringud on nagu kohati väga veidrad (...) perekonna kasutusest langeks suhteliselt kiiresti välja tuba, mis on noh ütleme, et planeeritud näiteks magamistuba, mis on kahelt poolt käidav. Selles mõttes, või läbi käidav, kelle ma sinna tuppa panen? (...) isegi uuemates kortermajades ma olen seda näinud. (N, 27)*

Nagu väidavad intervjueeritud uuselamuelanikud, pole alati oluline korteri suurus, vaid pigem planeering, mistõttu on kõik intervjueeritud suuremal või väiksemal määral oma korterit ümber kujundanud juba ehitusjärgus, ennetades ebamugavusi ja renoveerimisvajadust enne korterisse sissekolimist. Seejuures ei käsitleta intervjuudes sellist ennetavat tegevust ehitusfaasis, nagu ka maja tasandil elamise käigus ilmsiks tulnud ehitustehniliste probleemide likvideerimist võrreldavalt renoveerimistegevusega vanades korterelamutes. Oma uuselamut kvalifitseeritakse olenemata probleemide raskusastmest oluliselt parema kvaliteediga hooneks, kui on seda vana kortermaja.

Uued korteriomanikud on korterite ehitusprotsessi sekkudes muutnud siseplaneeringuid ja täiendanud korteritesse planeeritud tehnoloogilisi lahendusi: seinte nihutamine avatud ruumide tekitamiseks ühenduses elutoaga või vannitubade laiendamiseks näiteks esiku arvelt, WC ja vannitubade kokkuehitamine/lahkuehitamine; elektrijuhtmete ja kaablite paigaldamine/peitmine igasse ruumi, arvestades perekonnaliikmete individuaalseid vajadusi; korteritevahelistele seintele heliisolatsioonide paigutamine koostöös naaberkorterite omanikega; loobumine sisustuspakettidest vannitubadele – sanitaartechnika täielik väljavahetamine; põrandakattematerjalide väljavahetamine – laminaadi asemel tammeparkett; vanni asendamine dušiga või vastupidi; saunast loobumine ja garderoobiruumi tekitamine.

Lisaks tehtud suurtele lisainvesteeringutele, mis olid vältimatud kvaliteetse eluaseme saamiseks, on intervjueeritud vajadusel kasutanud arhitektidest sõprade või palgatud sisekujundajate abi suuremate ümberkujundamiste projekteerimisel. Arhitekti palkamine on professionaalsete oskuste puudumise juures hädavajalik, eriti juhtumil, kui uus korter kujundatakse mitmest kokkuostetud korterist (nt kesklinna kõrgelamus).

Maja valmimise viibimine ja ebakvaliteetne ehitustöö (eriti arendajate ja ehitusettevõtjate vahetumisel), on viinud usalduse kaotuseni, mille tulemusena on korteriomanikud võimalusel isiklikult teinud ehitusjärelvalvet. Seetõttu on ehitaja kuvand isiklike ja intervjueeritute sotsiaalse ringkonna kogemuste najal kujunenud valdavalt negatiivseks. Intervjueeritavate kogemuses on ka positiivseid erandeid, näiteks väikelinna konkurentsi tingimustes, kus intervjueeritava hinnangul nii arendaja kui ka ehitaja üritavad pakkuda maksimaalselt kvaliteetset toodangut/teenust; seda seisukohta pole uuringu spetsiifikat ja ulatust arvestades võimalik laiendada väikelinnadele tervikuna, kuid arvamus väärrib tähelepanu edasiste uuringute kontekstis.

Ebameeldivad kogemused uutes kortermajades on elanikke sundinud arutlema ehitusega seotud probleemide olemuse üle. Leitakse, et arenguruumi on ka klientidel, kes peaksid õppima väljendama nõudlikkust ja osutama vastuseisu ebakvaliteetse toodangu või teenuse pakkujale. Teisalt peaks professionaalse enesearendamise kauduning erinevate

valdkonnas tegutsevate institutsioonide koostöös arendama vastutustundlikku ja kvaliteeti väärtustavat kinnisvaraäri- ja ehituskultuuri. Keskmisele tellijale ei ole ilmselt ka arusaadav, kuidas jaotub vastutus erinevate elamuehitusega seotud institutsioonide vahel.

*Einhoh, ehitajatele ennekõike see, et ma saan aru, et raha jah tuleb teenida, aga mõtleks ka nagu see, et inimesel oleks ikka hea seal elada. Ja mis Eesti arhitektide puhul on nagu väga paljude probleem see, et neil puudub, neist paljudel puudub tehniline nii-öelda ehituslik haridus, et nad oskavad teha nagu vägevaid maju, väga ilusaid, aga see praktiline know-how (oskusteave, toim.) puudub, et need nagu kaks võib-olla kuidagi omavahel paremini kokku saaksid (N, 29).*

Vaatamata ettenägematutele investeeringutele, asjatutele rahalistele kulutustele ja ajakulule on intervjuueeritud oma kodukujundamise resultaadiga pigem rahul kui rahulolematud. Uuselamu on igal juhul eelistatud vanemate korterelamutega võrreldes, sest korterid ja majad tervikuna on atraktiivsemad (mitte ilmtingimata arhitektuuriliselt, aga on uued, 'puhtad', kulumismärkideta, positiivse sümbolväärtusega võrreldes diskrediteeritud vanade sotsialismiaegsete suurelamutega, avaramad, valgusküllasemad jne) ja võimaldavad mitmes plaanis erinevaid valikuid ning paremal juhul ka positiivse identiteedi konstrueerimist elamisruumi kõigil tasandil. Praegune korteriomand uues elamus võib olla investeering tulevikku vaheetapina edasiliikumisel oma eluasemekarjääris, millega taotletakse paremat elukvaliteeti eelistatumas elamisruumis.

### **16.2.3 Üldised hoiakud ja praktika ühistegevuses osalemisel**

Erinevate elamutüüpide korteriomaniike hoiakuid analüüsid ilmneb, et kuigi isiklik osalus kortermaja korrashoiu ja renoveerimise korralduses ei ole endiselt kujunenud korteriomaniiku staatuse normatiivseks osaks (väärtustatud käitumisviisiks), on elanike seas kinnistunud seos korteriühistu tõhusa toimimise ja paraneva elukvaliteedi vahel. Eriti kriitiliseks teguriks peetakse seda vanema eluasemefondi juures, kus ühistu tegevuse tulemuslikkus seostub elanike hinnangul eelkõige majaelanike sotsiaal-majandusliku taustaga. Uuselamute korteriomaniike seas väljendub selline hoiak konkretiseerunud ootusena, et valik uuselamu kasuks võimaldab vältida pika aja vältel formeerunud heterogeense elanikkonnaga seostatavaid raskusi elamu korrashoiul ja renoveerimisel.

*Võimalusel, kui on variant, siis ma tahaksin [elada] uues majas. Et päris palju on kuulda neid lugusid, et kuidas ostetakse maja, vanasse maja, korter, et okei tal on oma siuke hõng ja hingus ja nii, aga noh ütleme niimoodi, (...) sa ei tea kunagi, kellega sa sinna kokku satud ja kas nad on nagu valmis noh ütleme, et seal täiendavalt midagi parandama või tegema. (N, 25)*

Seega, korter uuselamus on soetatud teadliku sooviga vältida renoveerimistegevuse kavandamise ja korraldamisega seostatavat probleemistikku. See on ka peamine põhjus, millega uuselamute elanikud selgitavad enda ja teiste majaelanike üldiselt passiivset hoiakut ühistu või ühisuse otsustusprotsessis osaleda.

*Üldiselt on rahvas passiivne. Probleeme ei ole ilmselt, et kui probleeme oleks, siis ma arvan, et siis käidaks rohkem ilmselt. (N, 55)*

Sellist üldist distantseerumist ühistegevusega kaasnevast läbirääkimisprotsessist toetab uuselamu elanike ootus võimalikult väheseks kokkupuuteks elamu korrashoiuga seonduvate küsimustega elamise käigus ja majanduslik valmisolek professionaalse „täisteenuse“ sisseostmiseks elamu halduse-hoolduse korraldamisel.

*See ei ole nagu eramaja, et vaatad, kas katlamajas lekib midagi, pigem on selleks omad inimesed, kes vastutavad, hoolitsevad selle eest. See ongi nagu hea, siis nagu funktsioneerib hästi see teenus, et sa ei pea sellega pead vaevama. (N, 44)*

*Kõigil on endal hommikust õhtuni tööd teha ja pere ja kõik muud asjad ja siis nagu see inimene, kelle jaoks see on ikkagi nagu töö, siis see asi võib-olla tundub nagu toimivam. (N, 27)*

Vastavad hoiakud tulenevad orienteeritusest eelkõige kasutusmugavusele (muuhulgas on sellest tulenenud ka teadlik valik korteri kasuks võrreldes nt eramuga), millele uuselamuelanike grupi siseselt antakse siiski mõnevõrra erinev tähendus. See sõltub varasemast kogemusest, ootustest eluaseme korrashoiu teenuse taseme osas ja ka majanduslikest

võimalustest ning võib varieeruda pelgalt koridoride koristamise korraldatusest kuni portjeeteenuseni.

*All on meil nagu selline portjee moodi inimene (...) kõik külalised peavad läbima nii öelda selle turvadetektori ja selle ülesanne on siis ka edasi tegutseda, registreerida, kes tuleb, kuhu ta läheb, kõigepealt küsida, kas need inimesed on kodus, kas see inimene, kes tuli, kas seda võib sisse lasta (...) See on selline turvateenus. (N, 44)*

*Minu jaoks oli ka muidugi mõnus muudatus see, et ma ei pidanud enam koridori pesema, et mõnes mõttes selleks, et kulusid kokku hoida ja pensionäride majas oleks jälle hakatud graafikuid tegema, aga siin käib kord nädalas koristaja. (N, 35)*

Uuselamute puhul on üsna levinud valitsemise vormiks korteriomanike ühisus. Erinevalt vanematest korterelamutest ei eristu uuselamute elanike osalusstrateegiad ühisuse ja korteriühistu puhul olulisel määral, pigem võib institutsionaalset vormi pidada nende korteriomanike jaoks üldiselt teisejärguliseks.

*Ma olen ise küll jurist, aga ma ei suuda nüüd meenutada, kas see on nagu korteriühistu [elamus] või on, teine variant oli vist ühisus. (N, 25)*

Nii ühistu kui ka ühisuse puhul on tegemist ühesuguse eelistatud valikuga: teenuse sisseostmine, mis võimaldab elanikul üldjuhul jääda suhteliselt passiivsesse arвете maksja rolli; korteriomanikud on teadlikud, kuhu pöörduda igapäevaste probleemide lahendamiseks (halduri e-mail või mobiili nr), kuid strateegilisemaid arutelusid korteriomanike ja halduri vahel elamu ja selle ümbruskonna kvaliteedi säilitamiseks-tõstmiseks tavaliselt ei toimu.

Teistsuguseks võib osutada kogemus majades, kus on ilmnenu tegelik vajadus omanike ühiste huvide eest seista, suhtluses ehitusfirma või arendusettevõtjaga ehituskvaliteedi puuduste likvideerimisel.

Ühe võimaliku arenguna sellises olukorras saab uuringu põhjal esile tuua näite, kus korteriomanike ühiskogemusest arendusettevõttega suhtlemisel kasvab välja toimiv korteriühistu.

*Me moodustasimegi kiirelt ühistu seal, et see asi hakkaks toimima (...) need tühjad korterid (...) siis me lihtsalt korjasime raha, et me saaks nagu edasi, et meil lülitataks uuesti sisse see asi. Muidu meie ei oleks saanud seal ka elada. (N, 38)*

Praegu ostab ühistu täisteenust kinnisvarahaldusettevõtelt, kuid juhatus ja ka osa teistest aktiivsetest majaelanikest osaleb aktiivselt otsuste tegemises ja haldaja tegevuse kontrollimises.

Teisalt on maju, kus korteriomanikud on samuti kogenu ehituskvaliteedi probleeme, kuid kus ühishuvides toimivat tegevust ei ole või kus ühistu on loodud, kuid pole suutnu osa majaelanike jaoks end kehtestada vajaliku ja tõsiseltvõetava tegevusvormina ja ehituskvaliteedi probleemide lahendamisel eelistatakse endiselt individuaalset tegevust.

Omaette rühmana eristuvad multifunktsionaalsed kortermajad, kus huvide ja eesmärkide erinevus on keskmisest suurem omandi- ja tegevusvormide mitmekesisuse tõttu (majas elavad korteriomanikud, üürnikud, bürood mitmesuguseks ettevõtluseks) ning maja tasemel suhtlus erinevate kinnisvaraomanike vahel praktiliselt puudub.

*Me ei saaks teha majaühistut, sellepärast et meil ei ole ju keegi, ühistu loomiseks on vaja kõikide nõusolekut, aga kuna ta on siuke segamaja, siis oleks see väga keeruline. (N, 44)*

Elanike suhet elamu halduse-hoolduse korraldamisega mõjutab ka üürnike osakaal, kes teiste majaelanike kogemusel pole üldjuhul huvitatud maja korrashoiuga seotud teemadest, nii nagu pole seda sageli ka eemalasuvad korteriomanikud, kelle puhul võiks eeldada huvi vähemalt kinnisvara väärtuse säilitamise aspektis. Uuring ei luba järeldada, et üürnikega seostatavad probleemid oleks uuselamutes teravamad või sagedasemad kui teistes elamutüüpides, pigem seostub see elamu asukoha ja üürituru aktiivsusega mainitud piirkonnas.

Üldiselt võib hinnata, et kuigi uuselamute puhul ilmnevad korteriomanikel individualiseeritud ja kasutusmugavusest lähtuvad eelistused ja valikud kinnisvara korrashoiu

korraldamisel, iseloomustab uuselamute korteriomanikke suurem üldine valmisolek vajaduse ilmnemisel aktiivseks tegutsemiseks, kas tööde tellimise ja nende eest tasumise, või – ühiste valikutega mittenoostumisel – ka eluasemevahetuse näol. See on seotud suurema majandusliku vabadusega eluasemevalikutel, mis sageli seonduvad ka aktiivse elufaasiga ja sellest tuleneva suurema valmisolekuga eluasememobiilsuseks.

#### 16.2.4 Kinnisvara korralduste teenuste hinnang

Kuivõrd uuselamute korteriomanikud ei ole seni üldjuhul pidanud osalema suuremate renoveerimistöde korralduses maja tasandil, saab kinnisvara korralduste teenustele antavatest rahulohinnangutest rääkida peamiselt igapäevase hoolduse organiseerimise ja tegemise kontekstis.

Kui vanemate suurkorterelamute puhul tuleb korteriühistu toimimise hindamisel võtmeteemana esile ühistusisese kommunikatsiooni mittetoimimine, siis uuselamu elanikud, eriti võrdluses oma varasemate kogemustega vanemas korterelamus, toovad esile peamiselt e-posti teel toimuva suhtluse efektiivsuse. Kuna kogemused elanike vahetust suhtlemisest üldkoosolekutel on väga napid (koosolekuid toimub harva ja väheste osalistega), nähakse e-posti teel toimivas suhtlemises tulemuslikumat alternatiivi üldkoosolekuga seostatavale juhitamatule ja mittekonstruktiivsele arutelule (e-posti teel koosolekute pidamist praktiseeritakse ka nt väiksemates puitelamutes).

*See on tore uutest majades, et noh elanikel on kõigil meiliaadressid ühises meililistis, et kui midagi on majas, ükskõik mis kellelgi mingi midagi toimub, siis saadetakse kohe meil mingisuguse asja kohta, kellelgi probleemi on või küsib teiste käest, et kas teil ka vett ei ole, et noh. Ühesõnaga info liigub hästi kiiresti. (N, 38)*

*Ma arvan, et tõenäosus mingite pingete tekkimiseks on suulisel kokusaamisel suurem, kui meili teel arutamisel (...) strateegiliselt oleks targem ajada neid asju e-meili teel, siis inimesed rahulikult mõtlevad asjade üle järele, enne kui nad midagi kirjutama hakkavad. (N, 35)*

Ühe võimaliku probleemina rutiinse e-posti-põhise suhtluskorralduse puhul tuleb esile võimalus, et kõik majaanikud, keda infovahetus tegelikult puudutab, ei ole reaalselt sellesse kaasatud. Näiteks, kui listi on kaasatud vaid korteriomanikud sõltumata tegelikust elukohast, sõltub üürnike puhul infovoogu kaasatus nende enda initsiatiivikusest. Samas, nagu kinnitavad ka varasemad uuringud, on elanike hea informeeritus oluline element eluasemega ja kinnisvara korralduste rahulolu (ning kaudsemalt ka elanike osaluse) kujunemises, sõltumata omandivormist (Paadam jt 2011, Paadam ja Ojamäe 2008, Paadam ja Ojamäe 2007).

Haldus-hooldusteenuse kvaliteedi osas on rahulolematuse – ja teatud juhtudel ka haldaja vahetamise – põhjused seotud peamiselt halduri poolt probleemide lahendamise kiirusega (sh ka e-posti teel esitatud päringutele vastamise kiirusega) ning ka teenuse maksumusele antavate hinnangutega.

*24 h tugi, mis noh paberil on olemas, aga tegelikult ei realiseeru enam hästi, sest noh all on ikkagi kiri, et palume halduri mobiilile helistada ainult tööaegadel. (N, 25)*

*Ega me rahul väga ei ole, eks me varsti hakkame jälle vahetama, me oleme juba ühe korra vahetanud. Et esimene firma ei teinud üldse mitte midagi ja siis ühistu otsustas, et me valime teise firma, et praegu teine firma on natuke krapsakam. (N, 38)*

Mitte alati ei vii rahulolematust haldusfirma vahetamiseni: see sõltub aktiivsete võtmeisikute olemasolust majas, kes oleks suutlikud mobiliseerida majaanike rahulolematust reaalseks tegevuseks. Selles osas ei ole põhimõttelist erinevust vanade ja uute kortermajade puhul. Samas, erinevalt vanematest korterelamutest, ei ole uuselamute elanike puhul seni osutunud keskseks probleemiks haldusfirma või korteriühistu poolt rahaliste ressursside kasutamise läbipaistmatus. Selline kulude aktsepteerimine seostub peamiselt elanike põhimõttelise valmisolekuga tasuda nende poolt kõrgelt hinnatud elukvaliteedi ja mugavuse eest, mida igapäevane haldus-hooldusteenus võimaldab, ja ka sellega, et ressursside kasutamine ei ole – veel – hõlmanud remondifondi vm suuremaid investeeringuid. Järgnev tsitaat ilmestab kõige markantsema juhtumina elaniku rahulolu ja usalduse püsimist haldaja vastu sõltumata sellest, et aruandlust elanikele ressursside

kasutamise kohta pole aastaid esitatud. Elaniku senine usaldus põhineb rahulolul teenuse kvaliteedi ja maksumusega ning eluaseme kasutusmugavusega, mida elanik oma seniste kogemuste pinnalt vanemates korterelamutes kõrgelt hindab.

*Selle 8 aasta jooksul meil ei ole kordagi toimunud mitte ühtegi koosolekut ja meil on kogu asi toiminud ja ma ei ütleks, et see oleks kunagi ka probleemiks olnud (...), kuna meil on need üldkulud minu arvates lausa üllatavalt madalad, siis meie jaoks ei ole see küsimusi tekitanud (...) tundub, et inimesed on piisavalt mugavad vist või piisavalt kodurahu armastavad, et nad ei ole tahtnud neid asju nagu neid asju üles tõmmata... (N, 35)*

Selles osas, et ühelt poolt eristuvad aktiivsema tuumikuga korterelamud, kus ollakse orienteeritud parema teenusepakkuja leidmisele ning teiselt poolt elamud, kus korteriomanikud eelistavad pigem stabiilse olukorra jätkumist (isegi kohatise rahulolematuse korral), ei erine uuselamute kogemus oluliselt vanematest korterelamutest. Erinevusena võib uute korterelamute elanike puhul esile tuua keskmisest paremast majanduslikust kindlustatusest tulenev vähesem hinnatundlikkus ja sellest tulenev väiksem motivatsioon haldusfirma poolt kogutud ressursside kasutust kontrollida.

Omaette rühmana eristuvad siinkohal suuremate ehituslike probleemidega kortermajad, kus on vajadus lahendada otseselt antud majas/korteris elamise võimalikkusega seotud probleeme ning kus toimuvad rohkem või vähem intensiivsed läbirääkimised korteriomanike, haldusfirma ja/või elamu arendaja vahel tööde organiseerimise ja finantseerimise võimaluste ja vastutuspiiride üle (mh garantiiremonditööd). Olenevalt elamust ja elanikest võib eristada erinevaid strateegiaid: kas delegeeritakse ka selliste läbirääkimiste osas vastutus lepingulisele haldusfirmale või peavad elanikud ise vajalikuks oma huvide eest seista. Uuritud majade põhjal võib väita, et oma eluaseme ja selle kvaliteediga rahulolu kujunemist toetab pigem see, kui probleemide lahendamiseks on vahetult seotud majaelanikud ise (ühistu juhatus elanike esindajana).

### **16.2.5 Elanike teadlikkus korteri mikrokliima kujundamisel**

Elanike teadlikkus kortermaja tehnilis-füüsilise seisukorra ja seda kujundavate elementide osas on üldiselt madal kõigi korterelamutüüpide korral, välja arvatud juhul, kui seda soodustab inimese professionaalne taust või ka kokkupuuted valdkonnaga ühistu juhtimistegevuse kaudu. Selles osas ei eristu ka uuselamute elanikud, kellel on oma harjumustest lähtuvaid korteri (maja) kasutusviiside mõju raske hinnata kinnisvara korrashoiu aspektist. Üks valdkond, kus elanike jaoks selline ebakindlus kõige selgemalt väljendub, on enda teadlikkuse ja kasutuskogemuse hindamine korteri (maja) mikrokliima kujundamisel, seostes kütte- ja ventilatsioonisüsteemi toimimise ja niiskustasakaalu säilitamisega ning laiemalt ka energiasäästuga.

Rutiinne harjumustest lähtumine korteri mikrokliima kujundamisel avaldub igapäevaelu valikutes, mille laiemale mõjule enamasti tähelepanu ei pöörata ja/või mille mõju osas elanikel selget hinnangut ei ole.

*See on meil väike omavaheline erinev arusaamine [peres], et kuidas on mõistlikum tuulutada, et kas hoida pidevalt natuke [akent] lahti või siis korralikult ära tuulutada ja siis kinni panna. (N, 35)*

Korteri tuulutamine akende-rõduuste kaudu on levinud praktika, sõltumata hinnangutest ventilatsioonisüsteemi toimimisele. Värske õhu „võtmise“ võimalust hinnatakse osana elukvaliteedist, mille nimel uuselamu elanik on nõus vajadusel ka küttekulude eest mõnevõrra enam maksma (selles kontekstis hindab nt Tallinna City's asuva kõrghoone elanik majas avatavate akende puudumist selge puudujäägina, arvestades korteri turuhinda ja sellega seostatavat kvaliteeditaset). Akende kaudu tuulutamist hinnatakse üldiselt parimaks meetodiks „normaalse“ niiskustasakaalu saavutamisel korteris. Erinevalt uuringuga hõlmatud puitelamu-elanikest hindavad keskküttega korterelamute (ka uues) elanikud suureks probleemiks kütteperioodiaegset õhukuivust, mida siis ühe võimaliku lahendusena väliskeskkonnast tuleva niiskusega tasakaalustada üritatakse. Käepärase meetodina kasutatakse ka traditsioonilist „märja käteräti“ meetodit või individuaalselt soetatud õhuniisutajaid, selliste teguviiside vajalikkust peavad keskküttega korteri puhul tavapäraseks ja „normaalseks“ ka uute kortermajade elanikud.

Teadlikkus suurematest probleemidest ventilatsioonisüsteemis tekib igapäevase kasutuskogemuse käigus, kui selgub, et uue korteri puhul eeldatud omadused omaenda korteris puuduvad: nt naaberkorterite lõhnade tungimine korterisse läbi ventilatsioonivahetuse, vajadus hoida vannitoa ust pidevalt lahti õhuvahetuse toimimiseks jm.

*Ventilatsioon jah, et see muidugi väga põhiteema, et see on üsna olematu. Selleks, et mul oleks vannitoas vähegi õhku, siis ma hoian seda enamus ajal nagu lahti. Kui ma lähen tööle, siis mul on koguaeg vannitoa uks lahti. Muidu ... see õhk nagu absoluutselt ei liigu, et siuke täielik läppand lõhn tekib, et ma hoian seda ust lahti jah, mis ei ole ka nagu väga ilus (N, 29)*

Esineb ka spetsiifilisemaid probleeme, nagu näiteks korterisse ettenähtud kamina puhul õhuvõtu kanali puudumine (mis tingib kaminaga kütmise ajal akende avamise vajaduse) või siis elanikupoolset regulaarset hooldust nõudvad ventilatsioonisüsteemi elemendid (nt filtrite vahetus), mille teostamise kohta elanikul puudub nii info kui ka oskused.

*Seal on mingi agregaat seal mis reguleerib ka et saad tegelikult omale sissepuhutava õhu temperatuuri reguleerida ... seda puhumiskiirust ka. Ja seal on mingid filtrid ... mina ei osand selle peale mõelda, et meil all paar korrust all elab üks ... mees ja siis see ütles, et kuule, et et ee kas sa oma filtreid oled vahetanud, ma mõtlesin mis, mis filtreid. (M, 40)*

Suure ürikkorterite osakaaluga elamutes (nt sesoonselt kasutatavad Pärnu „suvituskorterid“) on kogetud ka vajadust elamu kui terviku elukvaliteedi säilimise nimel eemalviibivatelt omanikelt teatud kulutuste taset nõuda, nt korteris miinimumtemperatuuri hoidmise näol.

Üldistusena avaldub elanike hinnangul korteri mikroklimega seotud probleemistik uuselamutes pigem ventilatsioonisüsteemi kui küttesüsteemi vigade kaudu; selles osas on erinevus vanematest korterelamutest, kus mikroklime probleemide tekkimisel hinnatakse olulisemaks pigem amortiseerunud küttesüsteemi ja elamu vähese soojustuse mõju. Ventilatsioonisüsteemi kvaliteediga ja ka laiemalt energiasäästuga seonduvaid probleeme ei ole uuselamute elanike poolt seni siiski nii oluliseks peetud, et see oleks motiveerinud realselt tegema täiendavaid investeeringuid ja renoveerimistöid, pigem eelistatakse kasutada harjumuspäraseid ja käepäraseid tuulutuse ja õhuniisutuse meetodeid.

*[meie maja] hääletas selle maha (...) need heatcatcherid (mõeldud on soojusvahetit, toim.), mis siis nagu püüavad sellest väljatõmmatud ventileeritumast õhust siis mingisuguse hulga soojusest kinni ja siis sellega soojendatakse siis tarbevett (M, 37)*

Kokkuvõtlikult võimaldab antud uuring järeldada, et korterelamu elanikud tajuvad ja mõtestavad korteri mikroklimega seonduvat ning optimaalse niiskustasakaalu säilitamise võimalusi pigem korteri ja individuaalse kasutuspraktika keskselt sõltumata konkreetsemast majatüübist ja elamu vanusest (sama tulemus vt ka Paadam jt 2011).

## **16.2.6 Sotsiaalne suhtlus ja ühine elamine uues kortermajas**

Kuigi uuselamute elanikud hindavad elamu korrashoidu ja kvaliteeti eelkõige individuaalsest mugavusest lähtuvalt, ei välista see valmisolekut anda teatud juhtudel individuaalne panus elamu ja selle ümbruse korrashoidu. Suhteliselt spontaanse koostegevuse näiteks on mittestandardised olukorrad, kus on vaja kiirelt tegutseda, nt viimaste aastate lumerohked talved, mis lamekatustega hoonete puhul töid kaasa elanike poolt aktsepteeritud vajaduse ise olukord lahendada.

*Haldur pani sildi üles, et sel laupäeval kõik, kellel võimalik, võiksid tulla lund katuselt alla viskama. Muidugi, valdavalt tulid neljanda korruse inimesed, aga tulid ka kolmanda korruse inimesed lihtsalt solidaarsusest. (N, 35)*

Olenevalt isiklikest eelistustest ja ka füüsilise keskkonna omapärast (kuivõrd üldse on majas ja maja ümber poolprivaatset ruumi, nt korter Tallinna City kõrgelamus) on kortermajale ja selle lähiümbrusele laienev omanikutunne küll erinev, samas hinnatakse elukeskkonna head kvaliteeti ja korrashoidu, mille kaudu uuselamu vanematest suurtorterelamutest visuaalselt eristub. Osa elanike jaoks soodustab see heaperemehelikku käitumist ning ka vastavate ootuste kujunemist kaaselanike käitumise osas.

*Ma arvan, et kõik kes näevad, et kellegi kuskil mingi paber on taskust välja kukkunud võtavad selle üles. (N, 35)*

Elanikevahelise suhtluse intensiivsus ja eesmärk tundub vähem olenevat nii elamu ehitusajast kui ka maja suuruselt ja laiemast elukeskkonnast, mis võib meelitada sarnaste eelistustega – mh sotsiaalse suhtluse osas – elanikke. Nii võib esile tuua Tallinna puitasumid (Uus-Maailm, Kalamaja), mis on atraktiivsemad kogukonnapõhiste eelistustega elanikele, sõltumata sellest, millistesse majadesse nad elama asuvad. Sellisel juhul avaldub majaelanike suurem motiveeritus ühistegevuses osalemiseks ja kompromisside leidmiseks üldiste eluaseme- ja elamisviisi-eelistuste kaudu.

Sellisele suhtlusele avatud hoiakule vastandub osa uuselamuelanikke iseloomustav soov naabritest võimalikult suure sõltumatuse saavutamiseks, mida loodetakse saavutada „probleemivabas“ uuselamus – ootus, millele annab sisu kontrast vanema eluaseme-fondiga ja selle elanikega seostatavate probleemidega.

*Nagu inglased ütlevad – high fences make good neighbours (mida vähem naabreid näed, seda parem, toim.). Nii et ei ausalt öeldes ei huvita ega ei ei suhtle selles suhtes üldse. Nad on normaalsed selles suhtes, et ei ole nagu konflikte. I suppose (ma eeldan, toim.) tänapäeval on see, nagu tänapäeval on see nagu suur asi. (M, 27)*

Samuti ilmneb, et uuselamu eelistus tugineb muuhulgas illusioonile, et kõrgem majanduslik väärtus toimib filtrina sarnaste väärtushinnangutega ja elamiskultuuriga elanike koondumisel ühte elamusse.

*Siin on ikkagi valdavalt võib-olla ka seetõttu, et ta oli ikkagi veidi kallim, siia ikkagi tulid sellised inimesed, kes oskavad teistega arvestada. (N, 35)*

Selline ootus ei ole päris põhjendamatu: peamiselt majanduslikest kriteeriumidest lähtuvate valikute osas on sarnase majandusliku taustaga elanikel suhteliselt lihtsam kokkuleppele jõuda. Siiski on see vastuolus uuselamute elanike intervjuudest kajastuva tegeliku mitmekesisusega, nii kortermajas elamisega seostatud normide ja igapäevaste elamiskogemuste osas kui ka osa elamutes juba kogetud eriarvamuste näol elamu hoolduse korraldamisel.

*Meie majas on hästi palju inimesi, kes on pensionil ja mind näiteks häirib see, et esimesel korrusel on asjad kriimutud ja ma tegin ettepaneku, et värvime kuni liftideni kõik üle, aga vanad inimesed ütlesid, et meid see ei häiri, me ei näe neid kriime. (M, 37)*

Võib öelda, et uusi ja vanemaid kortermaju ei erista niivõrd elanike sotsiaalne taust ja selle heterogeensuse tase, kui see, millised on olnud elanike võimalused soetada eelistustele vastav eluase, mis uuselamu elanikel on tavaliselt olnud paremad, kas isiklike või nt pereliikmete ressursside kasutamise kaudu (nt kui korteri on ostanud lapsed oma vanematele või vanemad lastele). Praegusel hetkel suhteliselt homogeensena tajutud majanaabrite kooslus võib teatud teemade osas osutada hoopis erinevalt meelestatuks. Erinevalt vanematest kortermajadest on uuselamute elanike senised kokkupuuted aruteludega investeeringute vajaduse ja suuruse üle, kus majaelanike hoiakute vastandumine avaldub kõige teravamalt, oma uues majas suhteliselt vähesed ja seega hetkel vaid ootuste tasandil hinnatavad. Seda, et uuselamuelanike arutelud investeeringute üle võivad tulevikus praegustest vanematest korterelamutest lihtsamaks osutada, toetab aga uuselamute algsete elanike võimalus osaleda ühiselt antud maja 'elamiskultuuri' kujundamisel, mis muuhulgas sisaldab norme ühiste otsuste tegemise vajaduste ja vormide osas. Kui majas on olemas teatud hulk elanikke, kes toetab ühiskasutuses oleva ruumi osas ühiste otsuste tegemist kui teadlikku strateegiat kinnisvara väärtuse hoidmisel (ühtne esteetika ja kvaliteet), on uuselamute puhul seni olnud suur tõenäosus, et ülejäänud passiivsem elanikkond tuleb ühishuvile vastavate otsustega kaasa. Erinevalt vanematest korterelamutest ei eristu uuritud uuselamute elanike seas praegu selliseid mõjukaid gruppe, kes ühisotsuseid oponeeriks isiklikest huvidest (või hirmudest, nt laenuvõtmise osas) lähtuvalt. Sõltuvalt elanikkonna vahetumise intensiivsusest võib selline olukord tulevikus muutuda ja võib arvata, et ka praegused uuselamud on tulevikus enam diferentseeritud oma majaelanike suutlikkuse ja valmiduse poolest ühishuvidest lähtuvalt maja korrashoidu ja renoveerimist korraldada.

## 16.2.7 Kokkuvõte

Intervjuude analüüs näitab, et uute kortermajade elanike elukohavalikud vastavad enam eelistustele võrreldes vanemate kortermajade elanike kogemusega. Vabamaid valikuid korteriturul võimaldab keskmisest kõrgem majanduslik suutlikkus. Kuid konkreetsete valikute puhul (kesk)linna kortermajade kasuks on siiski määravaks uuselamuelanike elustiilist lähtuv elamisviisi taotlus, mis eeldab kvaliteeti kõigil elamisruumi tasandil; seda nii korteris, majas kui ka lähipiirkonnas. Vaatamata sellele, et uuselamu elanikud moodustavad majandusliku kapitali, kultuuriliste hoiakute ja sotsiaalse kogemuse poolest diferentseeritud grupi erinevas vanuses ja eluasemekarjäärifaasis korteriomanikest, on nende uue eluasemega seonduvad ootused sarnased. Individuaaltasandil otsitakse isikupärast eluaset, mis arhitektuurselt selgelt eristub elamute masstoodangust, luues uue hinnatud sümbolilise kvaliteedi. Seda tendentsi täheldatakse nii linna üürimajade kui ka omanikukasutuses olevate uute kortermajade elanike hinnangutes, mida kinnitavad hiljutised uuringud Tallinnas (Paadam ja Ojamäe 2005) ning Põhjamaade, Eesti ja Leedu rahvusvahelised koostööprojektid (Gromark jt ilmumas).

Elanike perspektiivist nähakse uuselamusse korterit soetades lähitulevikku probleemi- vabalt, vajaduseta tegeleda maja renoveerimisega või liigse naabritega kohanemisega. Piisab, kui sekkuda ehitustegevusse oma korteri tasandil enne sissekolimist ja kujundada elamisruum oma maitsele vastavaks. Intervjueeritute kogemus näitab, et ootused pole korteri ja maja tasandil realiseerunud, seda uuselamuarendajate kohati vastutustundetu tegevuse, kehvade ehituskvaliteedi, ebarahuldava planeeringu ja pakutud sisekujunduslike lahenduste tõttu. Neist asjaoludest lähtuvalt on majaelanikud olnud sunnitud omavahel suhtlema ja ühisotsuseid vastu võtma. Ehitusvigade parandamine või realiseerimata arendustegevuse elluviimine majas ja õuealal ning teisalt isiklike soovide teostamine korteris on korteriomanikele kaasa toonud ettenägematu vajaduse lisainvesteeringuteks. Vaatamata kõigile neile lisakulutuste ja ajakuluga seotud ebameeldivustele ei ole illusioon probleemideta uuselamust kadunud. Positiivset samastumist elamisruumiga toetab peale saavutatud kvaliteeti korteris ka majaholduse korraldamine teenuse sisseostuga, mis tõstab kasutusmugavust ja mille eest vähem hinnatundlikud uuselamuelanikud on valmis maksma.

Uuselamu elanike eluasemekvaliteedi nõuded on kõrged elamisruumi terviktasandil ja seega ka ootused linnaruumi kvaliteedile laiemal skaalal. Elukohta valides on intervjueeritud lähtunud linnajaole/naabruskonnale iseloomulikest väärtustest, mille säilimist või jätkusuutlikkust nad igati toetavad, oodates vastavasisulisi konstruktiivseid strateegiaid ka linnapoliitikas. Intervjueeritud uuselamuelanikud toetavad linnaruumi tihendamist uute korterelamutega ent taunivad kinnisvaraärile allutatud linnaruumi liigtihendamist, mis oluliselt kahandab uuselamute kinnisvara- ja kasutusväärtust ning seega heaolutunnet kodukeskkonnas. Parkimisprobleemidele, mis ka uute majade juures on lahendamata, võiks leevendust tuua mõistliku hinnaga majadelähedase maa rentimine uuselamuelanikele. Linn aga peaks maa- ja majaomanikke enam survestama neile kuuluvat maa-ala pidevalt korrastama. Elanikud ootavad, et linn tegeleks parkide ja haljasalade maastikukujundusega ja paigaldaks pargimööbli, mis esteetilist kvaliteeti parandades võimaldaks ka nende alade kasutust naabruskonna elanike poolt.

Elamisruumi arendamine kvaliteetse tervikuna kindlustab uuselamute jätkuva atraktiivsuse erinevates eluasemekarjäärifaasides ja linlikku elustiili väärtustavatele inimestele, ja seega ka linnaelu jätkusuutlikkuse.



## 17 Erialaprofessionaalide vaatenurk 1990-2010 aastatel ehitatud korterelamutele

Lisaks uuritud elamute ehitustehnilisele analüüsile paluti kogemuspõhiselt hinnata 1990.–2010. aastatel kasutusse võetud korterelamute olukorda ja selle põhjuseid ka erialaspetsialistidel. Sellist uurimismeetodit kasutati põhjusel, et uuringu all olnud uutel elamute juures oli raskusi projekteerimis- ja ehitusprotsessi taastamisega ning erialaspetsialistidel on teadmisi, mis ei avaldu anonüümsena juhusliku valimiga valitud hooneid uurides.

Erialaspetsialistidel paluti peatuda järgmistel pidepunktidel:

- kuidas uute korterelamute valmis/kavandamise otsused sünnivad ehk projekteerimisprotsess (mis staadiumis tehakse olulisi otsuseid, kes teeb, kuidas ja millal kaasatakse teisi erialaspetsialiste jne.; mis staadiumis teevad otsuseid: lõppkasutaja, arendaja, tellija, arhitekt, ehitaja);
- milline projekteerimisvaldkond on kõige tugevam ja milline kõige nõrgem;
- variantide analüüs: kui palju variante analüüsitakse projekteerimisprotsessis (à la 3 välisseina, 3 katuse, 3 põranda, 3 akna tüüpi, millele lisatakse majandus-, toimivuse arvutused, kestvuse analüüs, arhitektuuri analüüs jne ning siis hinnatakse erinevaid lõpptulemusi) või lahendatakse enam-vähem ühte lõpptulemust?
- ehitusprotsess (ehitustehnoloogia, muudatused projektis ehituse käigus (miks tehakse, kes teeb jne), järelevalve, garantiitööd);
- kestvuse, sisekliima ja energiatõhususe küsimused, põhilised, kuidas tehtud jne.;
- millised on viimasel ajal peamised kestvuse, sisekliima, energiatõhususe probleemid, vead, riskid; projekteerija, ehitaja, arendaja võimekus lahendada kestvuse, sisekliima tagamise, energiatõhususega seotud probleeme;
- projekteerija, ehitaja, arendaja võimekus lahendada kestvuse, sisekliima tagamise, energiatõhususega seotud probleeme: defektid, avariid, ehitusvead, nende olemus, tekkepõhjused, tagajärjed, kuidas välja tulnud;
- kvaliteedikontroll (mis on aluseks olnud, mis etappides kontroll toimub, kes vastutab, peamised kvaliteediprobleemid, riskide realiseerumine jne);
- millised on peamised uue aja korterelamute vaeg- ja garantiitööd;
- kui ehitistele tuleb anda garantiiaeg 10 aastat (20% tüüpilisest kasutusajast: auto 10 a, garantii 2a), mida siis tuleks projekteerimise, ehitamise, järelevalve juures muuta?
- mis vallas teeb projekteerija, ehitaja, arendaja peamiselt uurimis- ja arendustegevust?
- missugune on ideaalne projekteerija, arendaja, lõpptarbija, alltöövõtja, pidades silmas hoonete kestvust, energiatõhusust, sisekliimat.

### 17.1 Arhitekti vaatenurk, Tõnu Laigu, QP Arhitektid OÜ

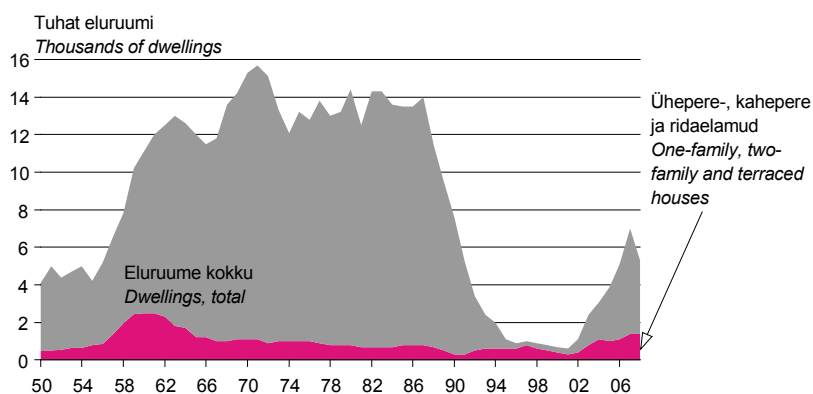
Viimase kahekümnendi Eesti elamuehitus oli pigem mitmete arengutendentside kogum, kui üks terviklik ja sujuv arenguprotsess. See oli tingitud ebaühtlastest rõhuasetustest arendustes, tellija või kasutaja nõuetes, ehitusreeglistikus, projekteerija ja ehitaja asjatundlikkuses, uute ehitusmaterjalide ja -tehnoogiate kasutuselevõttus, energia ja raha säästmises või pankade laenupoliitikas. Kirjeldatud ebaühtlus mõjutas uute korterelamute arhitektuuri, ruumilahendusi ja ehituskvaliteeti eri ajajärkudel ja arendustes erinevalt. Kuid jätkuvaks võtmeküsimuseks oli siiski elaniku ostujõud, millega arendajad ja ehitajad olid sunnitud arvestama ning sobitama ehituse omahinna karmi tegelikkusega, mida peamiselt oli võimalik teha korterite suuruse ja ehituskvaliteedi arvelt.

## 1990.–2010. aastate elamuehituse langus, tõus ja uus langus

Et siduda perioodi sujuvalt lähiminevikuga, peab meenutama, et nõukogude aja lõppemisega vähenes järsult korterelamute ehitamine, muutusid ehitustempo ja ehitatavate eluruumide tüübid. 1990. aastate algusest ei investeerinud riik enam elamuehitusse ja kohalike omavalitsuste võimalused ehitamiseks olid väikesed. Samas endised masselamute lahendused ei rahuldanud elanike uunenud vajadusi.<sup>[1]</sup> Tekkis nõudlus eluruumi järele, mis pakuks ehituskvaliteedilt, ruumilahenduselt ja linnaehituslikult uusi väärtusi ning vastavalt nõudlusele suurenes ka pakkumiste valik. Paljud inimesed sidusid oma soovunelma eluga uusarendatud väikeelamus linna tagamaal. Linnadest lahkus suur hulk inimesi.

Väikeelamuehitus oli valdav kuni 2001. aastani. Tagamaal elamise peamiseks puuduseks oli igapäevane sunnitud pendelränne linna ja maa vahel, sest töökohad ning tegelikele vajadustele vastav sotsiaalne infrastruktuur paiknesid endiselt linnas. Huvi linnaelu ja sellega seoses ka korteris elamise vastu sai hoo sisse alates 2002. aastast ja kestis 2007. aasta lõpus alanud majanduslanguseni. Seda lühikest ajajärku nimetatakse Eestis ehitusbuumiks. Buumile järgneva majanduslangusega kadus aktiivsus nii väikeelamu- kui ka kortermajaturul, mis kestab koos tagasihoidliku tõusuga kuni tänaseni.<sup>[2]</sup>

Järgnev graafik (vt. Joonis 17.1) kirjeldab elamuehituse ebaühtlaseid temposid ja oluliselt väiksemaid korterelamumahtusid viimasel kahel kümnendil võrreldes varasema 40-aastase perioodiga Eestis.



Joonis 17.1 Elamuehitus, 1950–2008, Allikas: Statistikaamet<sup>[3]</sup>

## 1990.–2010. aastate ehitusala regulatsioon

Ulatuslikke riiklikke regulatsioone ekstra elamute arendamisele pole Eestis kunagi koostatud, pealegi kallutas riiklik elamumajanduse poliitika juba algselt elamute arendamise valdavalt erasektori või kohalike omavalitsuste õlule. Perioodi elamuehituse lahendusi mõjutas Eesti ehitusseadustik eelkõige üldisemalt, millest aga on antud juhul asjakohane rääkida mõistmaks korterelamute positsiooni laiema ehitusturul.

Eesti omaenese ehitusseadustiku koostamine võttis aega. Näiteks planeerimis- ja ehitusseadus hakkas kehtima alles 1995. aastal, kuid projekteerimine ja ehitamine ei saanud ju selle järgi oodata. Eesti Ehitusteabe kartoteek (ET) hakkas tegutsema 1993. aastast, kuhu koondati projekteerimise ja ehitamisega seotud regulatsioon. Paralleelselt võeti kasutusele ka Soome RT kartoteegi Eesti versioon (ETF). Pööret Eesti ehituskvaliteedi arengus tähistas RYL 90-e „Ehitustööde üldised kvaliteedinõuded“ (1994) ilmumine. Insener Tiit Masso kirjutab väljaande eestinduse eessõnas: „Käesoleva raamatu ilmumine eesti keeles tähendab sisuliselt üleminekut läänemaisele, ehitise tulevase kasutaja huvidele orienteeritud kvaliteedinõuete tasandile. Ka Eesti tellijate nõudmised on juba selleni jõudmas, ehitajate oskused pahatihti veel mitte.“

Kui hoonete projekteerimine, ehituskonstruksioonide tugevus ja ohutus olid kirjeldatud hea ehitustavaga Venemaa, Soome või Eesti projekteerimismäärustega (SNiP, RT, EPN), siis spetsiaalsed eluruumidele esitatavad nõuded jõustusid üsna õhukese määrusena alles 1999. aastal. Üldjuhul tuginesid projekteerijad elamute kavandamisel Soome ehitusnormatiividele, projekteerimisjuhiste (RT) ja kvaliteediraamatutele (RYL). Nende järgimine ja kontrollimine oli pigem projekteerija enda tõlgendamise küsimus, kui omavalitsuse või veel vähem riigi teema. Osaline määramatus ehitusreeglistikus ning projekteerimiskorralduses andis võimaluse arendajatele ja ehitajatele projektlahendustes, materjalides ning ehitusvõtetes kokku hoida põhimõttel, et kui pole seaduses kirjas, siis järelikult on lubatud. Hoone projekteerimist ning ehitamist iseloomustas teatud vabadus tellija, projekteerija ning ehitaja otsustes, kannatada sai sageli lõppkasutaja. Hoonete soojusjuhtivuse ja sisekliima piirdusid reeglina sein, katuse ja põranda soojusjuhtivusteguri arvutamisega ning vähest ehituskulu nõudvate ventilatsioonüsteemide kasutamisega.

Teises kümnendis asendasid EPN-i mitmed Eesti standardid (EVS) või kohaldati meile sobivad Euroopa standardid (EVS-EN), mis määrasid hoonete, sh ka elamute mürataseme ja heliisolatsiooni, sisekliima, niiskusrežiimi või radoonikaitse tehnilised tingimused. Samuti käsitleti määrustega ehitusmaterjalide ja -toodete vastavust kestvusele ja tervisekaitse nõuetele. Buumiaeg sai just läbi, kui valmis loomuliku valgustuse standard ning määrus energiatõhususe miinimumnõuete kohta. Viimane tõi kaasa 2007. aastal hooneprojektide ehitusfüüsikaliste parameetrite määramisel paradigma muutuse, käsitledes hoone kehamiit koostoimes asukoha ning kõikide inseneritehniliste lahendustega ja ka vastupidi. Kuna uudse energiat säästva mõttemalli ja vastava meetodika juurutamine võtab aega, rakendusid energiatõhususe teemad kümnendi lõpus vaid väga vähesel määral ning väga ebaühtlasel tasemel.

Perioodi viimase viie aastaga arendati välja ja rakendati ehitusinseneride, arhitektide kutsesüsteemid ning poolele teele jõudsid maastikuarhitektid ja sisearhitektid oma kutsesüsteemide väljatöötamisega. Kutsetunnistuste olemasolu aitas liikuda parema projekteerimistööde kvaliteedi poole tegija taseme reguleerimise kaudu, mis ühtlasi korrastas projekteerimisturgu, surudes tagaplaanile asjatundmatud tegijad.

Kokkuvõtvalt tuleb aga tõdeda, et mida aeg edasi riigi algusajast, seda täpsemaks muutus projekteerimise, ehitamise, järelevalve ja kasutamise reeglistik, mis aitas kaasa hoonete kavandamise, ehitamise ja hooldamise parema kvaliteedi saavutamisele.

## **1990.–2010. aastate korterelamute arendamine, projekteerimine ja järelevalve**

Perioodi iseloomustasid erainvestorite arendused, kes olid üldjuhul ka projekti ja ehituse tellijad. Sageli polnud arendajal piisavat kogemust hinnata ja juhtida tellitud tööd. Seetõttu tekkisid uue ilminguna projektijuhtimise konsultatsioonifirmad, kes hakkasid esindama ehitusvaldkonnaga vähe kokkupuutunud tellijaid. See aitas parandada nii projektide kui ka ehituse kvaliteeti.

Elu edenedes tekkis elamuehitusturule nähtus, kus arendajaks hakkas kosunud ehitusettevõtte ise, võttes enda kanda nii projekteerimise, ehitamise kui ka järelevalve rolli. See viis olukorraneni, kus ehitaja ühes isikus saavutas kontrolli kogu ehitamise protsessi üle, määrates sellega ära temale soodsaimad lahendused alates arhitektuurist kuni viimase kruvini ehituses. Ehituse madala omahinna sihiks seadmine viis sageli vaese ilmega kastarhitektuurini ning konstruksioonide ja materjalide valikul lähtuti odavuse kriteeriumist. Suure käibega ehitusfirmade puhul oli aga tugevaks küljeks tööde juhtimine igas projekteerimise ja ehitamise etapis, mis väiksemate ehitusettevõtjate puhul toimus vabamas vormis ja kus tõsiseks läks arutelu projekti või ehitusvigade ilmnemise korral.

Eesti ehitusturule tulid ka välismaised ehitusfirmad, eelkõige Soomest ja Rootsist, mis sundis kohalikke ehitusettevõtjaid konkurentsist püsimeks kasutama sarnaseid kvaliteetjuhtimisvõtteid, millega oldi harjutud näiteks Soomes. Sellest tulenevalt muutus ehitustegevuses asjaajamine ning kõik ehitusega seotud dokumendid järjest

juriidilisemaks ja bürokraatlikumaks, kuid teisest küljest ka täpsemaks. Suurenev vastutus sundis ehitajale ja projekteerijatele peale uue ilminguna erialase vastutuskindlustuse, et maandada ehitus- ja projekteerimisriske.

Ehitusbuumi aastatel avastasid väga paljud ärimehed, et korteriäri on justkui väga hea äri ja turule ilmub suur hulk arendajaid, kes polnud varem ehitusvaldkonnaga üldse kokku puutunud. Selle seltskonna arendused ja nende tellitud projekteerimis- ja ehitustööd olid äärmiselt ebaühtlase kvaliteediga, kuna neil puudus igasugune kogemus valdkonnas tegutsemiseks ja seda kasutasid osavalt ära eelkõige buumiajal kiirelt kokku pandud ehitusettevõtted. Majandustõusu ajal hakkasid ka kohalikud omavalitsused ehitama nn sotsiaalkortereid, eelkõige Tallinnas. Kuna munitsipaalarendusi saab korraldada vaid riigihanke kaudu, siis sobivamaks vormiks pidasid kohalikud omavalitsused ühist projekteerimise ja ehitamise hanketüüpi. Sellel juhul on projekteerija allutatud ehitaja mõjuvõimu alla, mis viis sageli kehva arhitektuurse kvaliteedini.

Uuritaval perioodil olid Eesti projekteerimisturu valdavateks tegijateks kuni 10 inimesega väiksemad arhitektuuri- ja/või inseneribürood, kellest vaid osa paisus suuremaks kompleksprojekteerimise ettevõtteks. Üldjuhul aga koostati ühe projekti tarvis projekteerimismeeskond, mis koosnes erinevate firmade spetsialistidest. Sellisel juhul kulus palju lisaenergiat projekti erinevate tehniliste osade kooskõlla viimiseks. Projekteerimises toimus aja jooksul ka teatud spetsialiseerumine, kuid üksnes korterelamute kavandamisele keegi siiski ei keskendu.

Perioodile oli iseloomulik arvutitehnika ja uute projekteerimisprogrammide kasutamise tõus, mis viis projektijoonised väga täpseks ning muutis sülearvuti ehitusplatsi töödejuhataja igapäevaseks tööriistaks. Perioodi lõpus püüti juurutada projekteerimises ka BIM-tehnoloogiat, kuid seda hakkasid kasutama siiski vaid vähesed projekteerimisbürood. BIM-tehnoloogia levikut piiras ja piirab ka asjaolu, et ehitusplatsil ei saa BIM-süsteemis projekte kuidagi rakendada. BIM-i kasutuselevõttust Eestis oli huvitatud ennekõike AS Riigi Kinnisvara.

Ehituskvaliteedi tagamiseks hakati tegema ehitusplatsil omaniku- ja autorijärelevalvet. Omanikujärelevalve on kohustuslik ehitusseaduse kaudu. Kuid levinud oli arusaam, et autorijärelevalvet pole ehituse ajal vaja teha, kui projekti joonistel on ehitusdetailid kirjeldatud piisavalt täpselt. Kuid praktika on näidanud vastupidist. Alati tuleb ehitamise käigus ette olukordi, kus on vaja projekti kiirelt sisse viia muudatusi materjalide või sõlmede lahendustes või teha muudatusi ehitamise odavdamise eesmärgil. Sageli hoitakse projekteerimisraha kokku ja ei tellita tööjooniseid, sellisel juhul on autorijärelevalve ehitusplatsil möödapääsmatu, sest vastasel korral võtab ehitaja otsused vastu ilma autori või projekti koostanud insenerita – sageli nii ka toimiti, projekt ja lõplik ehitis erinesid üksteisest.

## **1990.–2010. korterelamute ehitamine, uued ehitusmaterjalid ja -tehnoloogiad**

Sama ebaühtlane kui perioodi ehitusala seadustiku kujunemine või uute arenduste realiseerimine oli ka ehitusmaterjalide turu tekkimine erinevate maaletootjate ja materjalitootjate poolt. Iga uue materjali tulekul taheti seda projektides ja ehitustes kohe kasutada. Perioodile oli iseloomulik ehitusmaterjalide kohapealse tootmise ja maaletoomise järkjärguline tõus, samuti ehitustehnika ja töövahendite kasutamisevõimaluste suurenemine. Nüüd sai ehitada kiiremini ja tellija soovidele vastavamalt. Materjalide ja ehitustehnoloogiate täiustumisega muutusid ka hooned oma ehituskvaliteedilt paremaks ning sarnasemaks arenenud riikide uushoonetele. Koos materjalidega tuli tootjatelt Eestisse ehitamise kogemus, mille kohalikud ehitusmeistrid kiirelt omandasid. Samas tulenesid paljud selle perioodi ehitusvead just uute tehnoloogiate ja materjalide oskamatust kasutamisest, kuid seda võib nimetada pigem „ehitamise lastehaiguseks“.

Suuremaks muudatuseks võib nõukogudeaegse massiivseinte ning katuselahendustega tehnoloogiaga võrreldes pidada hoonet, kus välispiirde puhul seina või katuslae soojustus lõppeb tuuletõkkega, millest välisõhu poole jääb tagant tuulutatav viimistluse konstruktsioon või katusekattematerjal. Kaldkatuste puhul hakati kasutama katuse aluskattekangast, et võimalik kondensaatvesi katusekattematerjali alumiselt pinnalt konstruktsioonist välja juhtida. Raudbeoonist vundamentides ja põrandates hakati kasutama väiksema soojusjuhtivuse tagamiseks laialdaselt vahtpolüstüreeni. Kirjeldatud lähenemine võimaldas muuta hoone arhitektuurset lahendust oluliselt paindlikumaks.

Kümnendi alguse korterelamuid iseloomustab rohke kipsplaatkonstruktsioonide kasutamine, sageli eelistati lisaks kergetele siseseintele ka kergeid välisseinu, mida täideti algul väga tihti klaasvillaga, veidi hiljem pisut kallima kivivillaga. Jõuliselt tuli ehitusturule profiil- ja kassetplekk, mille kasutamine võrreldes tellisvoodriga andis nii töömahult kui ka hinnalt arvestatava eelise, mistõttu see ka laialdaselt levis. Veidi tagasihoidlikumalt kasutati plastist välisvooderdust ja puistekattega tsementkiudplaati, kuid nende kasutamine tehniliku ja väga ajutise välimuse tõttu õnneks Eestis sügavalt ei juurdunud. Sama võib väita kõikvõimalike muude fassaadikatteplaatide osas, mille kasutamine oli ja on siiani tagasihoidlik. Uudse lahendusena hakati kasutama fassaadikattesüsteemi, kus vahtpolüstüroolist või mineraalvillast soojustusplaadile kantakse õhuke fassaadikrohvihiht. See ehituslahendus välisseina soojustamisel sai valdavaks Eesti korterelamuehituses ilmselt oma soodsama ehitushinna, heade ehitusfüüsikaliste omaduste ning ehitamise lihtsuse tõttu.

Uue ehitustootena jõudis turule plastist aknaraam ja fassaadisüsteem, mis pole oma positsiooni Eestis kuni tänaseni käest andnud. Paralleelselt plastiga, konkureerisid ka terasest, alumiiniumist, puidust ja puitaluiniiniumist raamidega avatäited või fassaadisüsteemid, kuid plast suutis hoida kõige odavamalt hinnataset, mistõttu levis see laialdaselt elamuehituses. Akende kvaliteet tõusis hüppeliselt mitmekordsete klaaspakettide kasutuselevõtuga võrreldes ühekordse klaasiga.

Eestis kohapeal arenesid ehitusplokkide ja betoontoodete tehased. Viimased tootsid välisseina jaoks kolmekihilisi raudbetoonpaneele, mille kasutamine andis uues kontekstis päris häid tulemusi. Soojustatud komposiitpaneelide kasutamine võimaldas ehitada massiivsemaid seinu, mis on ajas kestvad ja hooldust vähenõudvad. Avade kattedeks hakati tootma universaalse pikkusega õnespaneelid, mis võimaldasid suhteliselt paindliku arhitektuuri kasutamist ning kiiret ehitamist ehitusplatsil. Paneelide tootjatele pakkusid konkurentsi monoliitset raudbetoonist ehitajad, kuid nende puhul ümbritseti karkass ja vahelagede süsteem tavaliselt kergest tüüpi (näiteks termoprofiilist) välisseintega, kohapeal valatavad raudbetoonist kolmekihilised keskmise soojustusega seinad olid liialt kulukad. Odavam oli ehitada väikeplokkidest (kergekruusplokk, betoonplokk, poorbetoonplokk), plokivalik tehti sõltuvalt korruste arvust ja paiknemisest. Plokist välissein kaeti üldjuhul vahtpolüstürooli või mineraalvillast soojustusplaadiga, mis kaeti fassaadikrohvi süsteemiga. Ehitusplokkidest ei olnud otstarbekas ehitada kõrgemaid kortermaju. Puidu kasutamine korterelamuehituses oli vähene tuleterjendõuete tõttu, sest keerukaks muutub ehitamine 2. korrusest kõrgemal. Puitu kasutati peamiselt fassaadi viimistlusmaterjalina, eelkõige miljööaladel paiknevate kortermajade puhul, kuid mitte ainult. Kandvad teraskonstruktsioonid elamuehituses laialdaselt ei levinud ning neid kasutati oma kerguse poolest olemasolevate hoonetele lisakorruste rajamisel.

Rikkalikuks kujunes siseviimistlusmaterjalide valik alates keraamilistest plaatidest, põranda laminaatplaatidest kuni igasuguste värvide, lakkide, peitside, silikoonide, ehitusliimide ja tapeetideni välja. Esile võib tõsta klaaskiudtapeeti, mis perioodi algul oli vaieldamatuks siseviimistluse hitiks. Kahe kümnendi lõpus tõstis pead ka looduslike viimistlus- ja ehitusmaterjalide kasutamine, kuid see massehituses siiski poolehoidu ei võida oma hinna ja kestvuse poolest.

## 1990.–2010. aastatel ehitatud korterelamute arhitektuur-ehituslikud eripärad

Allpool on püütud loetleda levinumaid arhitektuur-ehituslikke lahendusi, mida kasutati 1990.–2010. projekteeritud ja ehitatud korterelamutes ja mida tänaste nõuete seisukohast võib lugeda puudusteks:

- liialt õhukesed vaheseinad ja vahelaed, läbikostvuse ja akustika probleemid;
- plastraamidega aknad, Eesti ehituskultuurile mitte iseloomulik materjal, soojuslähivuselt suhteliselt suuremad kui täna toodetud aknatüübid;
- kipsplaat-karkasskonstruktsiooni eelistamine ehitusplokk- või betoonkonstruktsiooni ning krohvi ees, kipsi paberkiht hakkab mittesobiva sisekliima korral kergesti hallitama;
- valdavaks fassaadiviimistluseks vahtpolüstüreensoojustus koos krohvisüsteemiga, krohv määrduv õhusaaste tõttu, fassaadipinna alt hakkavad paistma soojustusplaatide liitekohad, osa juhtudel tuleb ka krohvisüsteem soojustusplaatide küljest lahti, fassaadivärvid pleekuvad;
- akende suuruse ning orientatsiooni kohta ei tehtud otsese päikesevalguse simulatsiooni, sageli ei taga lahendus elamismugavust päikesest tingitud ülekuumenemise tõttu, vajadus lisada aktiivne jahutussüsteem;
- rohked ventilatsiooniavad fassaadidel, üldjuhul ei paiknenud need radiaatorite taga, muutes sisekliima tagamise energiakulukaks, ventilatsiooniavad muutsid elamu fassaadi täpiliseks.

<sup>[1]</sup> Eestis hakkas korterite arv kasvama nõukogudeaegse massehituse tõttu, millega kaasnesid nii tüüpprojektid kui ka korterelamute ühemõtteline eelistamine. Aastatest 1961–1990 pärines koguni 79% korteritest, kuid ainult veerand väikeelamutest. Eluruumid Eestis rahvaloenduste andmetel. Statistikaamet.

<sup>[2]</sup> Kriisi algusajaks Eestis võib H. Vitsuri sõnul lugeda seda, kui siin hakkas elamuehituses kinnisvaramull sisisema. «See oli siis umbes 10 kuud enne, kui Lehman Brothers [2008. aasta septembris] pankrotistus.» Heido Vitsur: majanduskriis kestab Eestis veel aastaid. E24 Majandus, 10.01.2011. <http://www.e24.ee/369510/vitsur-majanduskriis-kestab-eestis-veel-aastaid/>

<sup>[3]</sup> Elamuehitus- ja kinnisvaraturu areng viimasel kümnendil Olga Smirnova, Merike Sinisaar. Eesti statistika kvartalikirj 4/09.

## 17.2 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide projekteerija vaatenurk Teet Tark, Hevac OÜ

### 17.2.1 Ajaloost

Kui nn. nõukogude ajal projekteeriti korterelamutusse valdavalt ühetoru-küttesüsteem ja loomulik ventilatsioon, siis eesti taasiseseisvuse esimestel aastatel hakati osa elamutesse projekteerima ka mehaanilist väljatõmmet. Üldjuhul kas igasse korterisse oma kanaliventilaator ja ventilaatoriga köögikubu või tsentraalne mehaaniline väljatõmbesüsteem püstikute kaupa. Kompensatsiooniõhu jaoks tavaliselt välispiirettesse spetsiaalseid õhuklappe ei paigaldatud ja eeldati, et välisõhk tuleb majja läbi ebatiheduste.

90. aastate esimeses pooles oli Eesti enamikus piirkondades elektri hind odavam kaugkütte omast. Seetõttu oli arendajate (tellijate) poolt tõsine surve projekteerida elekterkütte elektriradiaatoritega. Elekterküttesüsteem oli lisaks madalamale energiahinnale ka alginvesteeringu seisukohast oluliselt odavam. Projekteerijatel oli palju selgitamist, et pikemas perspektiivis läheb elektritariif kaugkütte omast kallimaks, kuid sageli jäid projekteerijate arvutused ja selgitused arvestamata ning projekteeriti ikkagi elekterkütte. Elekterkütte kasuks rääkis tol ajal ka asjaolu, et kaugkütte teenuse kvaliteet oli madal (ei tagatud kvalitatiivse reguleerimise graafikut, suvel esinesid pikemaajalised katkestused jms.). Tagaside osas olid elekterkütte osas põhipretensioonideks radiaatorite termostaatide sisse- ja väljalülitamisel tekkiv häiriv müra ning järelturul, kui elektri hind oli oluliselt tõusnud, vähesem huvi elekterküttega korterite vastu. Oli juhtumeid, kus mitmed kaugkütet tarbivad korterelamud soovisid loobuda kaugküttest ja asendada see elekterküttega. Selle mõtte maha laitmiseks tuli teha palju rahvalalgustööd.

90. aastate keskel renoveeriti Soome-Eesti pilootprojekti raames Õismäe tee 5 korterelamu. Renoveerimise käigus soojustati otsaseinad, renoveeriti fassaadi vuugid, ehitati uus termostaatidega varustatud kahetoru-küttesüsteem, renoveeriti sooja tarbevesüsteem, paigaldati uus automaatselt reguleeritav soojussõlm ja ehitati mehaaniline väljatõmbeventilatsioon.

Alates 90. aastate teisest poolest projekteeriti korterelamutesse valdavalt kahetoru-küttesüsteeme ja mehaanilise väljatõmbega ventilatsioonisüsteeme. Värske õhu kompenseerimiseks hakati kasutama välisseintes paiknevaid spetsiaalseid klappe.

Viimasel kümnendil on hakanud levima ka nn kollektorküttesüsteemid ja vesipõrandküte. Üldjuhul korterelamutesse mehaanilist sissepuhet ja soojustagastust ei projekteeritud, välja arvatud mõned eksklusiivsed korterid. Harvadel juhtudel on prestiižikamatesse korteritesse projekteeritud ka jahutus või selle valmidus.

Tulenevalt 2009. a. teisest poolest täiel määral rakendunud energiatõhususe miinimumnõuete tõendamise määrusest (VV määrus nr 258 20.12.2007 Energiatõhususe miinimumnõuded) on hakatud projekteerima soojustagastusega sissepuhke-väljatõmbe süsteeme.

### **17.2.2 Projekteerimisprotsess**

Kuna korterelamute turg on suhteliselt hinnatundlik, siis üldjuhul toimus projekteerimine arendaja diktaadi all. Iga kroon, mis mõjutas ruutmeetri maksumust, oli tavaliselt tähtis. Osal arendajatel oli juba välja töötatud oma tüüplahendused ja nn standardid. Seetõttu tehnosüsteemide projekteerijatel sageli puudus oluline võimalus mõjutada lõpptulemust. Tavaliselt tehti olulised otsused süsteemide ja nende parameetrite osas juba projekteerimise algul. Tehnosüsteemide osas tavaliselt projekteerijalt autorijärelevalvet ei tellitud v.a. olukorrad, kus ehituse käigus tekkisid probleemid (näiteks kuskil oli tala ees ja mingi toru ei mahtunud ära, oli tellitud projektile mittevastavaid seadmeid jms).

Viimastel aastatel on osa arendajaid hakanud otsima nende poolt ehitatavate elamute jaoks mingit turueelist (näiteks parem energiaklass, parem sisekliima, targem maja jms) ja selles osas tehakse projekteerijatega koostööd. Kuid sageli on jäänud head lahendused realiseerimata liigse investeerimiskulu tõttu. Tehniliselt tänapäevasemad ja kvaliteetsed lahendused leiavad vahel realiseerimist eksklusiivsemate korterite korral.

### **17.2.3 Põhilised probleemid**

Levinuimad 1990–2010 projekteeritud ja ehitatud korterelamute probleemid kütte ja ventilatsiooni projekteerija nägemuses:

- Põrandküte on liiga kõrge temperatuuriga ja parkett on üles tõusnud (lainetab);
- Värskeõhuklapp ei paikne radiaatori taga või kohal ja seetõttu on külmade ilmade korral inimestel ebamugavustunne (külm õhk puhub peale, külm põrand). Inimesed sulgevad klapi ja ventilatsioon muutub olematuks.
- Kui igas korteris on oma väljatõmbeventilaator, mida saab korterist juhtida, siis energiakulude kokkuhoiu eesmärgil töötab ventilaator lühiajaliselt ja rikub sisekliima.
- Väljatõmbeventilaatori töö on seotud WC/vannitoa valgustiga ja ventilaator töötab ainult valgusti põlemise ajal ja korteris pole pidevalt tagatud vajalik õhuvahetus.
- Kui korteris on suitslõõrid (kaminad), siis ainult mehaanilise väljatõmbe ventilatsiooni korral võivad hakata lõõrid tagurpidi tööle.
- Mehaaniline väljatõmme ilma soojustagastuseta suurendab oluliselt küttekulusid.
- Müra levik ühest korterist teise ventilatsioonikanalite kaudu.
- Välismüra levik värskeõhuklapi kaudu korterisse.
- Tsentraalse soojustagastusega mehaanilise sissepuhke-väljatõmbeventilatsiooni lahenduse korral pole võimalik energiakulusid kokku hoida (õhuvahetust reguleerida) sõltuvalt konkreetse korteri kasutusest.
- Köögikubude väljatõmbesüsteemi on ehitatud/projekteeritud selliselt, et köögilõhnad levivad ühest korterist teise.

## **17.3 Ehitaja vaatenurk.**

**Andres Jakobi, Ingvar Sinka, Roman Fedosejev, AS YIT Ehitus**

### **17.3.1 Arenduse ja ehituse korraldus**

Suuremad arendajad, kes ise ehitavad, eelistavad olla peatöövõtja rollis ning projekteerija teenus ostetakse valdavalt alltöövõtuna sisse. Projekteerijaga suhtleb peatöövõtja projekteerimise projektijuht. Väiksemad arendajad, kellel pole oma projektosakonda, valivad projekteerija kui peatöövõtja või projekteerija koos ehitajaga ühe töövõtjana. Projekteerimise-ehituse töövõtus, kus ehitaja valikul ei ole veel ehitusprojekti, on arendajal väiksem võimalus lõpptulemust mõjutada, eriti olukorras, kus tellijal on väiksem kogemustepagas või/ja lähteülesanne on koostatud nõrgalt.

Reeglina valitakse projekteerija varasema kogemuse alusel, keda usaldatakse, kuna kvantitatiivsed näitajad ei taga alati sisulist kvaliteeti. Projekteerija valikul arvestatakse ka kavandatavat hoonet ja selle asukohta.

Projekteerijale antakse ette detailplaneering ja lähteülesanne, kus kirjeldatakse arenduse mahtu, korruselisust, korterite suurust ja toalisust, peamisi ehitusmaterjale, ja konstruktsioonide tüübid, tehnosüsteemide põhimõtteline lahendus jms. Arhitektuuri ja hoone kontseptsiooni osas jäetakse arhitektile võimalikult vabad käed. Seega sõltub suuresti arhitektist hoone väljanägemine, olemus, fassaad ning tingimused, kus hoone osad ja materjalid töötama hakkavad.. Arhitektide üldine pädevus lisaks arhitektuurile ja loomingule peaks üldisel tasandil katma energiatõhususe, sisekliima, materjalide kestvuse, ehitusfüüsika ning sõlmede/liitekohtade toimiva lahendamise.

Võimalusi ja tahet firma arendus- ja uurimistööks, mujal tehtavate uute lahendustega kursis olemiseks ja kvaliteedijuhtimise parandamisele justkui oleks, kuid kiire ja pingeline igapäevatöö seab sellele piirangud ja sunnib prioriteete valima. Samas muutub just see lähitulevikus seoses energiatõhususe parandamise, uute materjalide ja lahenduste, keerukamate tehnosüsteemide, kõrgemate sisekliima (sh. heliisolatsioon) nõuete ja kasutusmugavuse ning tehaselementide kasutamise suurenemisega palju olulisemaks.

Taasiseseisvumisel muutus ehitustehnoloogia oluliselt, lisandusid uued materjalid, mille kohta oli projekteerijatel ja ehitajatel vähe kogemusi. Nii mõnigi materjalitarnija oli müügi ja kasumi peal väljas. Kogemused tulid vigade ilmumisega. Välismaiseid lahendusi alati otse üle võtta ei õnnestu. Materjalid on erineva kestvuse ja kvaliteediga, kuigi nende deklareeritud omadused on sarnased.

### **17.3.2 Muudatused ning kliendi soovidega arvestamine**

Põhimõttelised tehnilised lahendused võetakse vastu projekti planeerides ja peaprojekteerijale lähteülesannet koostades ning need täpsustuvad projekteerimise faasis. Kliendil on võimalik kaasa rääkida teatud ulatuses ruumiplaneeringu osas, viimistlusmaterjalide valikul, sanitaartechnika valikul, valgustite ja muu sellisega, mis ühildub planeeritud tehniliste lahendustega.

Tehniliste lahenduste muutmine on kliendile kulukas ja ehitajale palju lisatööd ja ebamäärasust tekitav. Üldjuhul tehnosüsteeme muuta ei ole võimalik.

Mõistlik on läbi mõelda ja luua valmidus vähemalt kahele alternatiivsele valikule, näiteks vann või dušš, saun või mitte, avatud või suletud köök. See jätkaks kliendile valikuvabaduse ning vähendaks ühe või teise lahendusega kaasnevat probleemi ehitajale. Ehitajale on teinekord olnud probleemiks osa klientide ülikõrge ootus kõige nähtava nn steriilsuse järgi – absoluutne tasapindsus, siledus, kinnitus- ja jätkudetailide ning vuukide puudumine ja muu seesugune.



### 17.3.3 Üldehituslikud probleemid

Peamised tehnilised probleemid on seotud fassaadide, katuste, avatäidete ning tarindite liitekohtadega. Kriitilisemad sõlmed on katuse läbiviigud, parapeti sõlm ja akna-seina liitekoht.

Parapeti juures on probleemiks nõuetele vastavate lahenduste puudumine või mitteaktsepteerimine: parapetikõrgus on puudulik, ääre-, serva- ja katteplekkide ülekatted ei ole piisavad jne. Et parapetist vesi sisse ei valguks, peab parapeti pleki ülekate seina peale olema 10...15 cm, kuid on olnud juhtumeid, kus selline nõue on arhitektile vastuvõetamatu.

Fassaadide puhul oleme läinud seda teed, et kasutame peamiselt raudbetoon-suurpaneele. Krohvitud komposiitsoojustuslahendus on riskantne ja palju probleeme tekitanud lahendus. Tema toimivuse määravad materjalide koostis, liitekohtade lahendus ning korralik ehitustöö detailse järelevalve all. Toimivaid ja kestvaid krohvitud fassaade on kindlasti võimalik teha ja on ka tehtud, kuid võimalusi vigade tekkeks on palju. On olnud juhtmeid, kus terved fassaadid on tulnud uuesti ehitada.

Probleeme on olnud lamekatuse läbijooksudega. Viimased aastad oleme nõudnud lamekatusele kallet minimaalselt 1:40. Probleemaatilised kohad on läbiviikude, ülespöörete ja liitekohtade juures.

Projekteerijad soovivad teha peamiselt sisemise äravooluga lamekatuseid. Arusaamatult vähe on Eesti tänases arhitektuuris räästaga kaldkatust, mis vähendaks vihma, sh kaldvihma koormusi fassaadi ülaosale ning kaotaks vajaduse mõnikord problemaatilise sisemise sademevee äravoolu järele. Räästaga kaldkatusega oleks hoonetel kindlasti vähem probleeme. Sisemise äravooluga räästata lamekatust on meie kliimas tõsine probleem ja väga riskantne lahendus. Tahetakse teha kunsti, mitte töötavat lahendust ning sõlmede lahendamisega jännata eriti ei taheta.

Akendega seotud probleemid on selges seoses nende suuruse ning mõjuvate tuulekoormustega. Esineb kõrgete ja laiade akende äravajumist, ebatihedusi liitumisel välisseinaga, suuremate akende liigseid temperatuuri- ja niiskusdeformatsioone, ebakorrektselt töötavaid suluseid jne. Suurte akende tapid pole õhkupidavad ja lasevad tuult läbi. Kuigi aknatootja teeb omapoolsed vastavad arvutused, ilmneb hoonete ekspluatatsioonis mainitud probleeme. Positiivse muutusena on hakatud akende paigaldamisel välisseina liitekohas kasutama õhupidavust parandavaid linte ja teipe. Põrandani ulatuvate akende puhul on probleemiks soojusliku mugavuse tagamine.

### 17.3.4 Tehnosüsteemide ja sisekliima probleemid

Peamised probleemid on seotud kütte- ja ventilatsioonisüsteemidega.

Värskeõhuklappidega väljatõmbe ventilatsioon on **väga probleemne** lahendus. Külma õhu vool eelkõige seinas asuvast värskeõhuklapist, aga ka aknaraamis asuvast tuulutuspilust on teravalt esile kerkinud viimaste aastate külmade talvedega. Selle lahendusega on keeruline tagada ruumides soojuslikku mugavust miinustemperatuuridel, kuna normatiivsed õhuhulgad on suhteliselt suured. Soojustagastusega sissepuhke-väljatõmbe ventilatsiooniga hoonete juures pole selliseid probleeme olnud. Mehaanilise ventilatsiooniga võivad kaasneda „müraprobleemid“. Vanadest magalarajoonide hoonetest (kus mehaanilist ventilatsiooni ei olnud) tulnud inimesed ei oska oodata, et mehaanilise ventilatsiooniga kaasneb teatud müratase, mis vastab tegelikkuses normidele. Kuni tänase päevani ei ole paljud kilendid olnud valmis kallimat lahendust kinni maksma ning on lepitud mõnevõrra suurema energiakasutusega. Täna on olukord muutumas ja energiasäästu teadlikkus kasvamas.

### 17.3.5 Projekteerimine

Paljud tõsised probleemid saavad alguse projekteerimise algfaasis. Ehitusprojekti konstruktsiooniosa on kõige kvaliteetsem olnud.

Põhi- ja tööprojektis ei ole küllaldase detailsusega sõlmi ja liitekohti lahendatud. Eriti probleemne on tööprojekti staadium, mis ei ole piisavalt detailne. Kuigi tööprojekti tegemine kuulub projekteerija töövõttu, ei ole seal pahatihti toimivaid lahendusi ning see töö tuleb ehitajal üle teha või välja mõelda. Tihti ei kuulata ehitaja ettepanekuid ehitusprojekti muuta kartuses, et seda tehakse vaid lähtudes rahalistest kaalutlustest, kuigi tegelik eesmärk on ajas kestvam ja töökindlam lahendus, mis on praktikas ka tõestust leidnud.

Eriosade juures tuntakse puudust projekteerija initsiatiivist pakkuda välja erinevaid nüüdisegseid lahendusi. Puudu jääb analüüsist saamaks optimaalsemat ja taskukohasemat lahendust piirete, kütte- ja ventilatsioonisüsteemi edukaks koostoimeks. Variante läbi ei mängita, vaid tehakse ühte lõpptulemust. Kahetsusväärset vähe tunnevad paljud projekteerijad huvi enda tehtud lahenduste vastu, et saada nii vajalikku positiivset kui ka negatiivset tagasidet.

Tüüpiline probleem on, et iga projekteerija teeb oma valdkonda, ühisosa kattuvus on puudulik. Küsimusi on ehitusprojekti erinevate osade kattuvuse ja vastuoludega, eriti pärast mõne muudatuse tegemist. See probleem on eriti suur, kui peaprojekteerija ei ole oma ülesannete kõrgusel. Kui liginullenergia lahendused tulevad, ei teagi, kuidas siis hakkama saab. Kindlasti algus läheb untsu. Me ei räägi seda mitte halva pärast, aga on hirm. Arendustööd on vaja teha liginull- ja madalenergiאהoonete teemal. Sellest on ilus rääkida, aga ei ole ettekujutus, kuidas need lahendused töötama hakkavad.

## **17.4 Arendaja vaatenurk**

### **Tiit Kuusik, AS Merko Ehitus**

Merko Ehitus on tegelenud elamute rajamisega juba üle 10 aasta, selle aja jooksul on ehitatud ligi 2000 eluaset ja iga saadud kogemus on rakendatud uutesse elamuehitusprojektidesse. Firmas on loodud elamuehitusdivisjon, mis arendab ja ehitab nii terveid tänapäevaseid elamupiirkondi kui ka üksikelamuid, milleks on nii väikeelamud, ridaelamud kui ka korterelamud. Elamuehitusdivisjon tegevus hõlmab kõiki uue eluaseme arendustappe – kavandamist, projekteerimist, ehitamist ning müüki. Selline töökorraldus, kus ühes meeskonnas on nii arendus-, ehitus- kui ka müügipersonal, tagab meeskonna liikmete ühise huvi valmiva eluasemetoota kõrge müügiväärtuse saavutamiseks, kuna kõik on motiveeritud parima tulemuse nimel.

Kavandades uut arendust, on eesmärgiks luua piirkonnale arhitektuuriliselt sobilik, terviklikult kujundatud elukeskkonna, funktsionaalsete plaanilahenduste, kvaliteetsete siseviimistlusmaterjalide, optimaalse ehitusmaksumuse, hea heliisolatsiooniga nii sise- kui välismüra suhtes ja tervisliku sisekliima ning kõrge energiasäästlikkusega elamu.

Arendusprojektide puhul on üldjuhul arendaja ja tellija ühes isikus, nemad esindavad ka lõppkasutaja (korterioštja) eeldatavat eelistust (teave, mis on saadud eelnevate projektide müügi kaudu).

Uute alade planeerimisel korraldatakse detailplaneeringu eskiisi konkurss ning sellesse tuleb kaasata kogemustega ja koostöövalmid arhitektid. Planeeringu eskiisiga määratakse paljuski ära hoone olemus – tehakse lähilinnaruumi analüüs, planeeritakse piirkonnale sobiva sihtotstarbe, korruselisuse ja ehitusaluse pindalaga hoone, mille paigutus peab olema orienteeritud lähtuvalt ilmakaartest, vaadetest, kõrghaljastusest, mürast, juurdepääsust ja ümbritsevatest hoonetest, et tagada võimalikult paljudele korteritele parima väärtuse. Suurt tähelepanu pööratakse planeeritavate majade ja naabermajade omavahelistele kaugustele ja paigutusele, et vältida naabermaja akendes avanevaid lähivaateid, maksimaalselt säilitada olemasolevat kõrghaljastust ja rajada uut haljastust.

Pärast detailplaneeringu kehtestamist on võimalik koostada hoone ehitusprojekt, tehes koostööd tunnustatud arhitektide ja projekteerijatega, kellega koostöös luuakse tänapäevase planeeringuga, funktsionaalne, avar ja valgusküllane ning energiasäästlik elamu. Iga konkreetse elamu puhul määratakse hoone standard projekteerimise lähteülesandega, mis arvestab piirkonna eripära, kinnisvaraturu olukorda, varasemate

ostjate tagasisidet, garantiiperioodi tähelepanekuid jmt. Lähteülesanne koostatakse arendusjuhi, ehitusjuhi ja müügijuhi koostöös, seal esitakse soovid korterite ja äripindade suuruse, hoonekonstruktsiooni, tehnosüsteemide, kasutatavate ehitusmaterjalide, viimistlusmaterjalide jmt kohta. Koostöös projekteerijatega rakendatakse uusi innovatiivseid lahendusi tõstmaks hoone kvaliteeti, vastupidavust ajas ja energiasäästlikkust.

Projekteerimisprotsessis osalevad arendaja poolt arendusjuht, ehitusjuht ning eriosade spetsialistid, koostööpartneriteks on arhitekt, ehitusinsener, tehnosüsteemide-, elektri- ja nõrkvoolutööde projekteerijad – koostöös leitakse kõikide hoone oluliste osade optimaalsed lahendused. Üldjuhul kasutame projekteerimisel kõikide valdkondade pädevaid projekteerijaid, et tagada projekti taseme ühtlus tervikuna. Selline koostöö viib võimalike projekteerimisvigade tekke võimaluse miinimumini.

Korterite kujundamisel kaasatakse professionaalseid sisekujundajaid, et klient leiaks endale sobivaima lahenduse. Põhjalikult on läbi mõeldud mööbli paigutamise võimalused ning köögilahendused. Kasutame kvaliteetseid materjale ja seadmeid, mis jäävad püsima aastateks, tagades kinnisvara väärtuse tulevikus.

Oluline on, et elamuehitusel on heade oskustega ja kogemustega objektimeeskonnad. Ehituse kvaliteet saavutatakse, kasutades ajakohaseid ehitustehnoloogiad, materjale ja seadmeid koostöös pikaajaliste partnerite – alltöövõtjate ja tarnijatega. Senise tegevuse jooksul on meil välja kujunenud tarnijate ja alltöövõtjate võrgustik, kelle töö on kvaliteetne ja kes peavad kinni kokkulepitud tähtaegadest.

Ehitustööde kvaliteet tagatakse mitmeastmelise kvaliteedikontrolliga, mis saab alguse juba kvalifitseeritud omaniku- või tellijajärelevalve kaasamisest, millega paralleelselt tehakse pidevat järelevalvet objekti personali poolt ja täiendavalt konsulteerivad ning kontrollivad ehitustehnoloogia või kvaliteedinõuetest kinnipidamist ettevõtte enda kvaliteedispetsialistid.

Hoonete kestvusega ei ole erilisi probleeme olnud, pigem toimub elamute mõistlikul kasutamisel loomulik kulumine (parketid, värvitud seinad jmt). Sisekliima puhul on esinenud juhuseid, kus külmade ilmadega piiratakse värske õhu sissepääsu ruumidesse läbi värskeõhuklappide ja seetõttu ei toimu piisavat õhuvahetust (tekib veeauru kondensaat akendele, võimalik vannitoa nurkade hallitus jmt.). Uutes projektides on meil üldjuhul ventilatsioon lahendatud soojusvahetiga ventilatsiooniagregaadiga ehk puudub külma õhuvõtt otse ruumidesse, see on vajalik samuti energiatõhususe seisukohast. Erilisi probleeme liigse küttekuluga pole samuti olnud, võrreldes külmade kuude küttearveid näiteks Mustamäe paneelmajadega, on seal ca kahekordne vahe küttekuludes 1 m<sup>2</sup> kohta. Ehitustööde järjepidev kvaliteedikontroll tagab võimalike garantiiperioodil tekkivate probleemide minimaalse hulga, nende menetlemiseks on firmas rakendatud garantiitööde spetsialist.

Sõltuvalt piirkonna kinnisvara hinnatasemest, arhitektuurist, hoone asukohast ja suurusest, ehitushinnast ning varasemast kogemusest määratleme üldjuhul juba ette ära lahenduste põhitüübid – kas hoone on monteeritav, laotud seintega või karkasshoone; akende valikul on oluline müügihinnatase (äärelinnas plastaken, kesklinnas puit või puitaalumiiniumaken), müratase (soome või saksa tüüpi aken) jne. Täpsemat analüüsi tehakse valitud põhitüübi erinevate variantide vahel (näiteks laotud sein puhul ploki valik, soojustuse tüüp, paksus jmt).

Võrreldes tarbeesemete tüüpilist kasutusaega ja garantiiaega on ehitiste garantiiaeg (2 aastat) suhteliselt lühike. Kui ehitistele tuleks anda garantiiaeg 10 aastat (20% tüüpilisest kasutusajast: auto 10 a, garantii 2a), siis nii pikk garantiiaeg ei tundu mõistlik, kuna see tingib lihtsalt ehitushinna tõusu (ehitusfirmad maandavad ehitushinda oma riskid). Pikem võiks garantii olla hoone põhikonstruktsioonidel (näiteks katusel 5 a), kuid samas sisetöodel esineb pikema garantiiperioodi jooksul pigem materjalide loomulik kulumine ja määrdumine, võimalikud defektid avalduvad üldjuhul juba 1–2 aasta jooksul, lisaks ei anna materjalitootjad ja seadmete tarnijad üldjuhul nii pikka garantiid, tekib küsimus hoolduses (kas klient täidab kõiki juhiseid) jne. Merko on pakkunud 3 aasta pikkust

garantiid mõnes korterelamuprojektides, Leedus olev 5-aastane garantii on seadusega nõutud, kuid 10 aastane garantii oleks ebamõistlikult pikk.

Merko ise uurimis- ja arendustegevusega otseselt ei tegele, kuid teeme koostööd teadusasutustega. Arendustegevuses kasutame varasematest arendusprojektidest saadud teavet, jälgime arenguid ehitustehnoloogia ja materjalitootmise valdkonnas, hangime kogemusi teistelt arendajatelt ja ka naaberriikidest jne.

## **17.5 Kinnisvara hooldaja vaatenurk Jüri Juntson, Juntson Haldus OÜ**

Tavamõistes on enamik hooneid kestvad ja üldjuhul elavad kauem kui nende omanikud. Toimiva korrashoiustrateegia olemasolul püsivad hooned aga sajandeid. Et tagada elamu võimalikult pikk eluiga, tuleb tegeleda pidevalt tema füüsilise, juriidilise ning majandusliku säilitamisega. Selleks on oluline kinnisvarahoolduse ettevõtte kvaliteetne, operatiivne ja pädev teenuse osutamine kinnisvara haldajatele, omanikele ning kasutajatele.

Järgnevalt on kirjeldatud peamiseid probleeme kinnisvarahooldaja vaatenurgast, mis on ette tulnud 1990-2010 a. ehitatud elamutega:

- Rõdud ja terrassid:
  - Rõdude plaadid on valmistatud puidust (terrassilaudadest), nende hooldusele tuleb pöörata erilist rõhku, et ei hakkaks liiga ruttu mädanema. Muidugi on hooldus pisut keeruline, kuna tuleb seda teha, minnes läbi korteriomandi ja jälgida, et hooldustööde käigus ei määrita näiteks alumisel rõdul olevat mööblit või esemeid. Sageli puudub viimase korruse rõdu kohal varikatuse, mis vähendaks rõdule langevat vihmavett.
  - Ehitusvigadest on ette tulnud, et betoonist rõduplaadid ei ole õige kaldega (vesi kas seisab seal, või voolab fassaadi vahele kuna kalle on sissepoole). Rõdude metallist piirdekonstruktsioon kipub roostetama, kuna on rikunud värvimise tehnoloogiat. Tsingitud materjalide, puhul on probleeme tunduvalt vähem (probleemsed on ainult need kohad, mis on keevitatud objekti).
  - Terrasside hüdroisolatsiooni paigaldamisel tuleb olla väga hoolikas. Lekkekoha leidmine terrassilt alumisse korterisse tuleva vee puhul on keerukas. Äravooluavad peavad olema regulaarselt puhastatud, eriti piirkonnas, kus on lähedal palju puid (eriti näiteks paplite õitsemise aegu) Kui õigeaegset hooldust ei ole kipuvad terrasside ja katuse äravooluavad ummistuma.
- Uksed ja aknad:
  - On probleeme olnud suurte klaasidega rõduuste sulgemisega (klaas on raamis nii massiivne, et sulused ei pea vastu). Elanik teeb rõduukse lahti ja enam kinni ei saa ning helistab haldurile, et torm on tulemas, aga rõdu uks lahti.
  - Välisuste ja lukkudega reeglina probleeme ei ole. Trepikoja uste avamisel on rikete peapõhjus võtmega ukse lahtitõmbamises (ei kasutata ukselinki või käepidet), kus on kasutusel fonolukk ja avada saab magnetpuutevõtme ehk nõõbi abil, peavad lukud kauem vastu. Projekteerides lukusüsteemi, on mõistlik mõelda sarjastatud lukkudele. Vähenevad kulud võtmete valmistamisele ja ka kasutusmugavus on parem.
- Fassaad:
  - Kõige kiiremini laguneb krohvitud komposiitsoojustusega fassaadi viimistlus. Krohv hakkab lahti tulema soojustuskihilt ja on vaja kohtparandusi teha. Puitfassaadi tuleb samuti üle hakata värvima. Aga kui seda õigeaegselt ei tehta, on mädaniku oht suur ja tuleb mõelda laudise uuendamisele. Püstlaudise puhul on ohuallikaks sokli veepolek, mis on pandud liiga väikse kaldega ning laudise alumised otstel on niiskuskahjustused.
- Drenaažisüsteemist:
  - Ühel hoonel tuli pärast suurt vihma keldris asuvasse soojussõlme põrandatrapist vesi sisse, ning ujutas keldri üle. Ehitaja oli küll paigaldanud tagasilöögiklapid aga need ei olnud töökorras ja neid hooldada ei olnud võimalik, kuna nad olid

- betoneeritud põrandasse. Tuleb teha majaelanikel kulutus, et lõhkuda keldripõrand ja kontrollida klappide korrasolekut.
- Sadevee drenaažid on puudulikult projekteeritud või jäetud üldse lahendamata. Maja ehitatakse valmis ja pinnasevesi hakkab keldrisse tungima ja siis tuleb välja, et ei olegi drenaaži ümber maja. Ehitaja/arendaja vastus on, et ei olnud projekteeritud!? Tüüpilised vead on ka rasvapüüdurite andurite mittekorrasolekuga või ei ole neid ühendatud.
- Elektrisüsteem
    - On probleemiks olnud vale kaitsmete selektiivsus (kiirema reageerimisajaga on pandud peakaitse aga korteri kaitsmed on tuimamad). Lambipirni purunemisel ei reageeri mitte korteris asuva kilbi kaitse vaid keldris vooluarvesti ees olev korteri peakaitse.
  - Vee-, kütte- ja kanalisatsioonitorustik:
    - Vee ja küttepüstikute sulgemiskraanid on paigaldatud keldribokssidesse, kuhu ei ole ligipääsu „24/7“ võimalik avarii korral. Tuleb kutsuda korteriomaniik või uks lahti murda. Püstikute sulgemiskraanid tuleks paigaldada kättesaadavasse kohta.
    - Püstiku tsirkulatsiooni toru on liiga kaugel veevõtukohast korteris. Segistist tuleb sooja vett oodata mõnikümmend sekundit, kuna torustik on pikk ja vesi jahtub (mõnikord on torustiku osa, mis viib korteri veevõtukohani isoleeritud, mis küll leevendab probleemi).
    - Sooja vee torustik tsirkulatsioonist peaks olema võimalikult lühike, et tagada sooja vee võimalikult kiire kättesaadavus.
    - Küttesüsteem jäetakse tasakaalustamata kuna mõõdistamist ei tellita (hoitakse kokku rahaliselt). Heal juhul on tasakaalustusventiilidele keeratud projektist võetud seadearvud. Soojus ei jagune kõikide püstikute vahel võrdselt nii nagu teoorias paberil olema peaks. Pärast ehitamist tuleb teha mõõdistamised.
    - Küttesüsteemi õhueraldajad ülemisel korrusel on paigaldatud nn automaatsed aga kui süsteemis tase langeb või on võõriseid, siis kipuvad nad kinni kiiluma ja õhu asemel hakkab tulema vesi, mis tekitab päris suure kahju korteritele. Kui kasutatakse automaatõhuteid tuleks nende ette paigaldada kuulkraan sulgemise võimalusega ja õhutamine toimuks ikka käsitsi kraani avades. Automaatõhute töökindlus jätab soovida.
    - Veeavariide põhjusena võib nimetada aluplex torude pressimata jätmist või kasutatud on juba kulunud pressi, mis ei ole liidet kokku surunud. Tihti kasutatakse ka erinevate tootjate liiteid ja torusid, mis ei klapi omavahel. Kuidagi pannakse kokku ja objekt antakse üle. On olnud juhtumeid, kus soojusenergia katkestusega kaasneb torustiku liidete lekkimisi, kuna ühendus ei ole korralik ja temperatuuri langedes hakkab liidete vahelt tilkuma. Kui soojusenergia tagasi tuleb, siis on liited jälle korras aga seda ei saa pidada normaalseks.
    - Kanalisatsioonitorustiku paiknemine välisseinas ilma isolatsioonita on tekitanud probleeme talvel, mil on olnud külmumisi. Kuna torustik on paigutatud seina sisse on vaja olnud konstruktsioon avada, et torustik lahti sulatada või välja vahetada.
    - Tuleks projekteerimisel paremini läbi mõelda ligipääsud kanalisatsiooni torustiku ummistuste likvideerimise võimaldamiseks (puhastusluugid või kolmikud), paigaldada soovituslikult 45 kraadise nurgaga puhastuskolmik, mis hõlbustab ummistuse likvideerimise trossi sisenemist toru.
    - Reeglina ummistuse põhjuseks vale kaldega toru. Soovitus on kanalisatsiooni torustiku projekteerimisel/ehitamisel mitte kasutada 90 kraadiseid põlvi, mis soodustavad ummistuse tekkimist ja muudavad selle likvideerimise keeruliseks.
    - Oli ka juhul, kus soojussõlmes oli vaja pidevalt vett juurde lasta küttesüsteemi, kuna surve langes. Kuskilt leket näha ei olnud korterid ja keldrid kuivad. Samuti asusid kõik torud seinte sees ja põranda all. Lekkekoha leidmiseks kasutasime termokaamerat, mis tuvastas väljast fassaadi uurides tunduvalt soojema kohta. Esimesel korrusel oli põranda aluses torustikus leke. Põrand tuli lahti lõhkuda.

- Ventilatsioon:
  - Mehaanilise väljatõmbe korral wc-st ja vannitoast ei ole paigaldatud uste sisse reste või ukse alla ei ole jäetud ventilatsiooni pilu. Kui need puuduvad, tekib ruumi vaakum ja ventilatsioon ei toimi normide kohaselt.
  - Ventilatsiooni värskõhu klappe tuleb regulaarselt hooldada (puhastada mustusest ja tolmust), mida peavad tegema korteriomaniigid, kui seda ei teostata on probleemiks halb sisekliima.
- Elamu korrashoid:
  - Trepikoja aken on paigaldatud vahekorruse paneeli kõrvale ja ei ole avatav ega pestav, kuna avaneb ainult ca 5 cm. Akende paigaldamisel oleks hea mõelda nende edasise hoolduse (pesemise) teostatavuse peale.
  - Mittelahtikäivad trepikoja aknad on ehitades küll odavamad aga edaspidine hooldus on raskendatud. Kas kokkuhoid mitte lahtikäiva akna pealt on ikka kokkuhoid edaspidistele kasutajatele, kes peavad kaks korda aastas tellima töstuki akende pesuks?
  - Projekteerimisel tuleks mõelda ka hoone sisekoristuse ja välikoristuse töölisele eraldi ruum, kus asju hoida. Tihti ei ole lahendatud näiteks sisekoristajale veevõtu kohta trepikoja pesuks. Ei ole ka kanalisatsiooni kasutamise võimalust.
- Dokumentatsioon:
  - Dokumentatsiooni üleandmine ühistule või haldajale ehitajalt/arendajalt on tasemelt erinev. Reeglina peale "buumiaega" on dokumentatsioonile suuremat tähelepanu pööratud. Antakse üle juba süstematiseeritud kaustu, mis sisaldavad lisaks ehitusprojektile ka vastavussertifikaate materjalidele ja ka garantii- ning kasutusjuhendeid. Haldajal ja edaspidistel kasutajatel oleks hea teada näiteks trepikoja või üldruumide värvikoode, et teha vajadusel parandustöid. Peale maja valmimist leian küll keldrist hunniku poolikuid värvipotte aga mis kuhu on läinud tuleb võimalusel endal välja uurida ja kirja panna. Hooldust kergendab ka näiteks valgustites kasutatavate lampide mudelite/numbrite kirjelduse säilitamine ehituse ajal.
  - Kasutusjuhendid korteriomaniikele mõningatel juhtudel ka edastatakse, kuid paraku kõik korteriomaniigid ei loe neid ja korterit müües ei edastata järgmisele omanikule. Lihtne näide on radiaatoritele paigaldatud termostaatventiilide kasutamine. Keeratakse radiaatorid põhja ja aken lahti, et palav ei oleks. Olen haldurina palju selgitustööd pidanud tegema, milleks on termostaatventiilid ja kuidas neid kasutades vähendada küttearveid.
  - Puuduvad teostusjoonised elektrijuhtmete ja veetorude paiknemisest seinte sees. Puurides auku seinale on juhtumeid torustiku leketega kruviaugust.

Kokkuvõtteks võib öelda, et buumi ajal ehitati võimalikult suure ärikasumi nimel aga nüüd on järjest rohkem hakatud ehitama energiasäästlikumaid korterelamuid. Kindlasti ei ole unustatud ärikasumit aga kuna klient on teadlikum ei saa talle igasugust kinnisvara lihtsalt müüa.

Teretulnud on energiamärgise nõue, mida säästlikum elamu seda väiksemad kulud edaspidi. Samuti otsitakse haldajat ja hooldajat juba ehituse käigus, et ta tagaks maja parema korrashoiu juba enne uute elanike sissekolimist (toimiv korrashoid kohe peale maja valmimist-tegeletakse juba väli- ja sisekoristusega ning on loodud või kohe loodamas korteriühistu, raamatupidamine tegeleb kulude jagamisega jne.). Uued korteriomaniigid ei pea mööblit tassima läbi ehitustolmuse trepikoja. Arendaja saab tegeleda oma põhitegevuse korterite müügiga aga mitte kommunaalkulude jagamise ja muude korrashoiu küsimustega.

## 18 Järeldused

Ajavahemikul 1990–2010 kasutusele võetud korterelamute seas on palju korralikke ja kvaliteetseid hooneid. Samas leidub olulisel määral korterelamuid, mille alusel võib öelda, et praeguse seadusandluse kohane (kaheaastane) garantiiaeg ei ole hea ehitustava kohase hoone kestvuse (min. 50 aastat) tagamiseks piisav. Kui sarnane projekteerimise ja ehitamise kvaliteet on üle kantav ka teistele hoonetüüpidele, tuleb riigil tõsiselt üle vaadata ehitusvaldkonda suunatavad uurimis- ja arendusressursid. Ehitusvaldkonna sisulist kvaliteeti ainult juriidiliste õigusaktidega ei tõsta.

Projekteeritav ja ehitatav kvaliteet peab oluliselt paranema ning olema selline, et hoonele saaks anda vähemalt kümneaastase garanti. Ilma sisulise arendustegevuseta on pikem garantiiaeg katteta lubadus. Kui uurimis- ja arendusprojektide rahastajate peamised hindamiskriteeriumid on stiilis „*töökohad, käive, kasum, eksport*“ jääb arendustegevus selles siseriiklikus, kuid Eestile olulises, majandusvaldkonnas kiratsema ja kannatajaks on lõpptarbija sh. riik ise. Kortereelamute osas ei ole lõpptarbija tavaliselt erialaselt pädev hindamaks ostetava toote kvaliteeti ja kvaliteedi tõstmine toetab ka tarbijakaitse aspekti. Üldist poliitikat „*ehitame kvaliteetselt*“ tuleb edendada ja toetada riiklikul tasemel.

Oluliselt suuremat tähelepanu tuleb pöörata ehitusjärelevalve sisulisele kvaliteedile ja seda nii projekteerimise, ehitamise kui ka hoonete hoolduse vallas. Sellist teadmispõhist teenust nagu ehitiste projekteerimine ei saa tellida vaid odavaima hinna alusel (sageli peamine kriteerium riigihangetes). Projekteerimiseks tuleb varuda piisavalt aega.

### 18.1 Ehitusettevõtete kvaliteedijuhtimise süsteemid

Uuringus käsitletav 20-aastane ajavahemik on olnud ehitus- ja kinnisvaraturu jaoks väga muutlik. Esmalt on pidevalt muutunud õiguslik regulatsioon ning viimase kümnekonna aasta jooksul on kujunenud välja ehitussektori standardite süsteem. Samaaegselt on muutunud olukord turul – välja on kujunenud valdkonna institutsiooniline ja organisatsiooniline korraldus, kuid samaaegselt on turul toimunud äärmuslikud muutused nõudlusepakkumise vahekorras. Tulemuseks on, et paljude elamute kavandamist on alustatud ühtede nõuete alusel ning tingimustes, ehitise valmimise käigus on muutunud nõuded, kuid ka ehitamist mõjutavad eelkõige majanduslikud olud. Seetõttu on objektide valmimise käigu analüüsimisel tunda just ehitamisega kiirustamist, et maandada ajategurist tulenevaid riske, samas on igapäevasteks olnud ka muudatused tellijatepoolsetes soovides. Viimased on kaasa toonud vajaduse ümbertegemisteks, millelega on samas kaasnenud suurem ajakulu tööde tegemisele ning kõrgem maksumus.

Vaieldamatult on nii ühiskond kui ka ehitamisega seotud osapooled olnud huvitatud kvaliteetsest lõpptulemusest, so elamust, mistõttu on täpsustatud regulatsioone ning investeeritud kvaliteedijuhtimise süsteemidesse. Samas tõendab läbiviidud analüüs, et kehtivaid regulatsioone sageli ei järgita ning määravaks ehitamise korraldamisel on saanud just osapoolte majanduslikud huvid – kiiremini ning madalamate kuludega. Olulisemad puudused väljenduvad järgmises:

- projektdokumendid ei ole koostatud ei ettenähtud ega piisavas mahus ning dokumentides pakutud lahendused ei taga ehitise tarindite normaalset funktsioneerimist;
- tööde käigus rikutakse tehnoloogiat ning kasutatakse valesid töövõtteid ja konkreetsetes olukorras mittesobivaid materjale;
- ehituse projektijuhtimise protseduuride mittejärgimine: muudatuste puudulik dokumenteerimine ja projektide tervikliku lõppanalüüsi mittetegemine.

## 18.2 Ehituskorraldust ja ehitustehnoloogia analüüs

Ehituskorralduse ja -tehnoloogia analüüsi põhieelduseks on kontseptsioon, mis eeldab, et ehitustööde korralduse tase ja kasutatav ehitustehnoloogia avaldavad olulist mõju ehituse kvaliteedile ja selle kaudu ka ehitiste elueale. Sellise lähenemise eesmärgiks on leida preventiivseid meetodeid ehitiste eluea pikendamiseks, mõjutades ehitusprotsessi.

Ehitustehnoloogia ja -korralduse iseärasusteks võibki pidada asjaolu, et nende kohta saab infot hankida peamiselt vahetu kontaktvaatluse teel ehitusplatsil ehitamise ajal. Valmishitatud ja eksploatatsiooni antud elamute puhul saab tagantjärele tehnoloogiat ja nõuetest hälbimist tuvastada kaudsel viisil, tuginedes valmis ehitisel ilmnevate vigade uurimisele. Samas tuleb tõdeda, et ehitustehnoloogia ja -korralduse analüüs pelgalt ehitusdokumentide põhjal on meetodina ebasobiv usaldusväärse dokumentatsiooni puudumise tõttu, mis omakorda tuleneb tänase Eesti ehitusdokumentatsiooni regulatsioonide puudustest.

Ehitusplatsil valitseva tegeliku olukorra kirjeldamiseks kasutati ehitustööde monitooringut, mille käigus jälgiti ja fikseeriti tööde kulg ehitiste tüüpide ja tööliikide viisi ning toodi välja põhilised vead..

Peamisteks mõjuavaldajateks olid hälbimused hüdroisolatsiooni, pinnase tagasitäite, soojustuse, katuste ja kandvate konstruktsioonide ehitamisel. Väiksemat mõju ehitise elueale avaldavad kõrvalekalded töödes, kus vead on kergemini kõrvaldatavad ja põhjustavad enamasti perioodilist remondivajadust (nagu näiteks põrandad, avatäited, viimistlused jt). Kuigi tehnosüsteemide mõju ei uuritud, pöörati tähelepanu dreanaaži-süsteemi suhteliselt tähtsale rollile hoone eluea mõjurina.

Tuvastatud ehitusvead ja nende võrdlus viitavad vajadusele viia läbi laiahaardeline monitooring, süstematiseeritud klassifikaatorite ja hindamismetoodika küsimustike alusel.

## 18.3 Piirdetarindite ja kandekonstruktsioonide tehniline seisund ja defektid

Materjalikasutuse põhipuuduseks on arhitektuurse idee ja hoone ehitusliku lahenduse mittevastavus valitud ja kasutatud materjalide omadustega antud eksploatatsiooni- ja kliimatilistes tingimustes. Nähtusega kaasneb puudulik projekteerimis- ja ehitustööde tase.

Hoone kasutusea ja ehituslahenduste kestvuse analüüsi valikute põhjendamiseks pole tehtud.

Vähe pööratakse tähelepanu vuukimis- ja hüdroisolatsioonitöödele ning nendes kasutatavatele materjalide vastavusele ilmastikutingimustele.

Otseses kokkupuutes veega olevate ehitusmaterjalide puhul ei tehta valikuid nende omaduste, vaid mingite muude näitajate (välimus, hind) järgi. Ei arvestata kooskasutatavate materjalide veeimavust ja vee liikumist ega konstruktsioonelementide tüüpi.

Horisontaalsete eenduvate ja taanduvate konstruktsioonelementide ja -osade projekteerimisel ja ehitamisel tuleb nende kaitsmiseks vee eest ette näha kõrgetasemelised, läbimõeldud ja kallid hüdroisolatsioonitööd. Selleks tööks ettenähtud ja meie ilmastikus püsivate materjalide valik tuleb projekteerida vastavuses eksploatatsioonitingimustega ja nõuda ehitajatelt tööde tegemiseks nõutavat kvalifikatsiooni.

Klaaspakett-fassaadielementide kasutamine võimaldab kandekonstruktsiooni oluliselt kaitsta, mitmekesisemaks ning püsivamaks muuta, kuid seda ainult eeldusel, et konstruktsiooni eksploatatsioonis on tagatud ja säilib paketi servade hermeetilisus.



## 18.4 Külmasillad

Termografeerimise tulemuste põhjal võib öelda, et uuritud korterelamutes esinesid probleemsed külmasillad eelkõige avatäidete ümbruses, rõdukinnituse liitekohas, vahelae ja välisseina liitekohas, välisseinte liitekohas ja akende klaaspaketi ning aknaraami liitekohas. Avatäidete ümbruses olevad külmasillad ning ebatihedused on tingitud avatäidete ebakvaliteetsest paigaldusest.

Arvutustulemuste põhjal võib öelda, et hallituse ja kondensaadi vältimise kriteeriumite seisukohast on kõige kriitilisem avatäidete ümbrus ning klaaspaketi ja aknaraami liitekoht  $f_{Rsi}$ , ~ 0.43...0.47. Termografeerimisel tuvastati visuaalselt hallituse kasv kuues korteris.

Külmasildade vältimisele tuleb projekteerimis- ja ehitusprotsessis oluliselt suuremat tähelepanu pöörata. Uute elamute hoolikal projekteerimisel ja ehitamisel on külmasildade probleem välditav, sest lahenduste valikus ollakse vabad. Hoone arhitektuurne lahendus ei või olla halva tehnilise lõpptulemuse põhjuseks.

## 18.5 Hoonepiirete õhupidavus

Kõikide mõõdetud korterite keskmine õhulekkearv  $q_{50} = 1.7 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  (min.  $0.8 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ; maks.  $4.6 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ) ja õhuvahetuvus 50 Pa juures oli  $n_{50} = 2.3 \text{ h}^{-1}$  (min.  $0.9 \text{ h}^{-1}$ ; maks.  $6.6 \text{ h}^{-1}$ ). Hoonepiirete õhulekkearvu baasväärtus energiarvutusteks ja kvaliteedi tagamiseks 1990–2010 kasutusse võetud korterelamutel oli  $q_{50}=2,5 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  ja  $n_{50}=3,4 \text{ h}^{-1}$ . Seega on energiatõhususe miinimumnõuete määruuses korterelamutele esitatud õhulekkearvu baassuurus ( $q_{50}=3,0 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ) sobiva suurusega.

Uuritud hoonete peamised õhulekkekohad olid: aknad (tihendid, lengide ja seina vaheline liide), tehnosüsteemide läbiviigud, värskeõhuklappide ümbrus, välisseina liitumine vahelae ja vaheseinaga, välisseina liitumine katuse ja põrandaga.

Kuna uute korterelamute hoonepiirete õhulekked olid väiksemad, samas aga olid niiskuskooormused sama suured, viitab see asjaolule, et mingil juhul tohi ventilatsiooni õhuvooluhulkasid vähendada.

## 18.6 Välisseinte soojus- ja niiskustehniline toimivus

Selle uuringu raames mõõdeti katseliselt krohvitud mineraalvilla ja vahtpolüstüreeniga soojustuse soojus- ja niiskustehnilist toimivust betoontarindil esimesel kütteperioodil pärast soojustamist. Eelduslikult valitud lähteandmetega saadud tulemused langevad hästi kokku nii temperatuuri, veeaurusisalduse, suhtelise niiskuse kui ka soojusjuhtivuse arvutuslike tulemustega. Suhteline niiskus on selles tarindis kõrge vaid soojustuse välispinnal krohvi all, kus see on ca 90%. See seab suuremad nõuded krohvi tüübile, koostisele ja omadustele, kuna vajalik on suhteliselt suur veeaurueri juhtivus, arvestades koos sellega muutuma kipuvat veeimavust. Olukord oleks veelgi keerukam, kui betooni asemel oleks tarind, millel on oluliselt väiksem veeaurutakistus, põhjustades suurema difusiooni teel liikuva niiskusvoo. Tarindite mõõdetud soojusjuhtivused on  $0,15\text{--}0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . See annab kinnitust, et õigesti valitud materjalidega ja korralikult tehtud soojustuse komposiitsüsteemi soojus- ja niiskustehniline toimivus vastab eeldustele, vähemasti esimese kütteperioodi jooksul. Krohvitud komposiitsoojustuse sobivuse selgitamiseks tuleb jätkata uuringuid, keskendudes vihmapidavuse, koostisest tulenevalt krohvisüsteemide omaduste muutusele, külmakindlusele külmumis-sulamisüklite tingimustes, pragunemisele, määrdumisele, mikroorganismide kasvule, hoolduse/värvimise vajadusele ning muu kestvusega seonduvale.

## 18.7 Sisepiirdetarindite heliisolatsioon

Kõnesoleva uuringu raames tehtud korteritevahelistest õhumüra isolatsiooni  $R'_w$  mõõtmistulemustest ei vastanud kaks tulemust EVS 842:2003 nõuetele, samuti ei vastanud kaks löögimüra isolatsiooni  $L'_{n,w}$  mõõtmistulemust nõuetele (ületasid nõuet  $L'_{n,w} \leq 53$  dB ühe dB võrra). Kui arvestada kõiki analüüsitud korteritevahelisi heliisolatsiooni mõõtmistulemusi, siis EVS 842:2003 nõuetele ( $R'_w \geq 55$  dB,  $L'_{n,w} \leq 53$  dB) vastasid 51% õhumüra isolatsiooni ja 60% löögimüra isolatsiooni mõõtmistulemustest. Mõõtmistulemustest ~25% juhul on tegemist nõuete märkimisväärse ületamisega, mis ei taga korterite eluruumide vahel piisavat heliisolatsiooni ja on põhjustanud elanikepoolseid kaebusi.

Projekteeritavate ja ehitatavate eluhoonete olukorra parendamiseks on eelkõige vaja suurendada projekteerijate ja töövõtjate teadlikkust erinevate konstruktsioonitüüpidega saavutatavate tulemuste osas ning uurida, millised on peamised tegurid, mis vähendavad teoreetiliselt saavutatavat heliisolatsiooni.

Ühtseid lahendusi nõuetele mittevastavate konstruktsioonide parendamiseks ei ole võimalik välja tuua; need sõltuvad eelkõige probleemi põhjustest (üldjuhul on vajalik kas olemasolevate konstruktsioonide avamine või lisakihtide paigaldamine seinade või laekonstruktsioonidele). Kui projekteerimisel ja/või ehitamisel on eksitud oluliselt heliisolatsiooni tagamise põhimõtete vastu, siis võib osutuda, et tagantjärele parendamisel ei ole mõistlike kulutuste ja tehniliste lahendustega võimalik tagada EVS 842:2003 nõudeid.

Selle uuringu raames keskenduti peamiselt korterite eluruumide vahelisele heliisolatsioonile, kuid probleemideks on ka väliskeskkonna müra levik siseruumidesse ja tehnokommunikatsioonide töötamisest põhjustatud müratasemed eluruumides.

Tulevikus võiks kaaluda ka Eestis teiste riikide eeskujul akustilise klassifitseerimise põhimõtete rakendamise, mille abil on võimalik projekteerida erinevate akustiliste tingimustega hooneid. EVS 842:2003 toodud korterite eluruumidevahelised heliisolatsiooninõuded põhinevad Skandinaavia riikide analoogsetel nõuetel ja minimaalsete nõuete karmistamine ei ole põhjendatud; eesmärgiks tuleb seada, et kehtestatud nõudeid täidetakse.

## 18.8 Kortrite soojuslik ja niiskuslik olukord

Keskmine sisetemperatuur kütteperioodil  $+23$  °C (st. hälve  $1,8$  °C), viitas ruumide ülekütmisele. Erinevate korterite talveperioodi keskmine temperatuur oli vahemikus  $+19,8$  °C ja  $+27,8$  °C. Keskmine siseõhu suhteline niiskus oli 31% (st. hälve 10%) (korterite talveperioodi keskmise suhteline niiskus oli vahemikus 20–52%).

Keskmine sisetemperatuur suvel oli  $+25,2$  °C (st. hälve  $2,0$  °C) (korterite suveperioodi keskmine temperatuur oli vahemikus  $22,2$  °C ja  $+27,7$  °C). Keskmine siseõhu suhteline niiskus oli 51% (st. hälve 8%) (korterite suveperioodi keskmine suhteline niiskus oli vahemikus 17% ja 62%).

61% korterites (5% piirsuuruse lubatud ületusega) ei vastanud sisetemperatuur madalaima sisekliimaklassi III piirsuurustele eelkõige seoses ruumide ülekütmisega talvel. Sisetemperatuuride piirsuurustele mittevastavate kraadtundide arvu analüüsidest oli näha, et korterelamutes on probleem liiga kõrgete temperatuuridega kütteperioodil.

Korterelamutest on niiskuslisa arvutussuurus (90% tasemel) külmal perioodil ( $t_e \leq +5$  °C)  $+5 \dots 6$  g/m<sup>3</sup>. Soojal perioodil oli niiskuslisa  $+2$  g/m<sup>3</sup>. Üllatavalt on see on sarnane teiste vanemates korterelamutes (suurpaneelilamud, telliselamud, puitkorterelamud) tehtud mõõtetulemustega. Üllatav on tulemus seetõttu, et uutes korterelamutes võiks eeldada toimivat ventilatsioonisüsteemi. Seega ventilatsioonisüsteemi olemusolu ei taga veel väiksemat niiskuskoormust. Oluline on ventilatsiooni toimivus: õhuvooluhulk, müra, tõmbus, energiatõhusus jne. Ventilatsiooni õhuvooluhulkasid ei tohi kindlasti vähendada.

Üldistades niiskuskooormusi vanemates ja uutes korterelamutes, võib väita, et erinevused eri hoonetüüpide vahel ei ole suured. Seega võib kõikide korterelamute projekteerimisel niiskustaseme arvutussuuruseks (koormus 90% tasemel) võtta külmal perioodil ( $t_e \leq +5 \text{ °C}$ )  $+6 \text{ g/m}^3$  ja soojal perioodil ( $t_e \geq +20 \text{ °C}$ )  $+2 \text{ g/m}^3$ .

## 18.9 Ventilatsiooni toimivus ja siseõhu kvaliteet

Hoonete ventilatsioonisüsteemide olukorra hindamiseks mõõdeti nii suvel kui ka talvel korterite siseõhu  $\text{CO}_2$  sisaldust ja ventilatsiooni õhuvooluhulkasid. Suvel vastas siseõhu kvaliteet I sisekliima klassi tasemele 71%, II sisekliima klassi tasemele 87% ja III sisekliima klassi tasemele 99% mõõteperioodi ajast. Talveperioodil vastas siseõhu kvaliteet I sisekliima klassi tasemele 61%, II sisekliima klassi tasemele 76% ja III sisekliima klassi tasemele 96% mõõteperioodi ajast.

Arvutuste kohaselt jäi suvel korterite keskmine õhuvooluhulk inimese kohta vahemikku  $2,2\text{--}23,7 \text{ l/(s}\cdot\text{in)}$  ja keskmine tase oli  $6,9 \text{ l/(s}\cdot\text{in)}$ . Keskmise õhuvahetuse järgi inimese kohta vastas EVS-EN 15251 I, II ja III klassi nõuetele vastavalt 17,4%, 17,4% ja 26,1% uuritud korteritest. Talvel jäi korterite keskmine õhuvahetuskordsus vahemikku  $0,3\text{--}1,9 \text{ h}^{-1}$  ja keskmine tase oli  $1,0 \text{ h}^{-1}$ . Keskmise õhuvahetuskordsuse järgi vastas EVS-EN 15251 II ja III klassi nõuetele vastavalt 21,7% ja 39,1% uuritud korteritest.

Õhuvooluhulkade mõõtetulemuste põhjal jääb korterite õhuvahetus pinnaühiku kohta vahemikku  $0,1\text{--}0,8 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2)$ . Kortereelamute sisekliima II klassi üldõhuvahetuse tasemele vastab 12% korteritest. Õhuvahetuse kordarv jääb vahemikku 0,1 kuni  $1,1 \text{ h}^{-1}$ .

Ühe võimaliku lahendusena saab korterelamute mehaanilise väljatõmbe-ventilatsiooni renoveerida soojustagastusega süsteemiks, kasutades väljatõmbeõhu soojuspumpa. Vastavalt teostatud mõõtmistele jääb väljatõmbeõhu soojuspumba COP vahemikku 3–3,5.

## 18.10 Ehitusmaterjalide ja siseõhu mikrobioloogiline kahjustus

Korterite ülevaatusel tuvastati visuaalselt hallituse kasv kuues korteris. Eraldi märkimisväärseks probleemiks on hallituse esinemine akna klaasipakettide tihenduseks kasutatud läbipaistvatel silikoonidel. Enamik leitud seeneperekondadest kasvasid aknasilikoonide peal. Puitraamidega akendel hallitusseeni praktiliselt ei esinenud, üksikutel juhtudel oli hallitust rõduukse ümbruses ning mikrotuulutuse avade ümber. Viimaste ümber oli sadenenud ka palju tahma. Paljudel akendel oli näha kondentsvee jooksu jälgi, kuid hallituskahjustust seal ümber ei esinenud.

Avastatud seeneliikide osas leiti vaid kõige levinumaid õhusaasteseeni ning nendest ka vaid väheseid perekondi. Üheks erinevuseks teiste uuritud korterelamutega oli märkimisväärne tekstiilkiudude esinemine proovides – ka nendes, mida võeti elutoast.

Vannitubades olid paljudes korterites hiljuti täielikult vahetatud välja vanni ja seinavahele paigaldatud tihendus ja hallituskahjustust praktiliselt ei esinenud. Dušikabiinides, kus klaasid olid paigaldatud silikoonitihendusega, esines kohati hallitust.

## 18.11 Kortereelamute energiakasutuse analüüs

Uute kortereelamute keskmine elektrierikasutamine (valgustus ja elektriseadmete kasutamine) analüüsitud elamutes aastatel 2008–2011 oli  $42 \text{ kWh/(m}^2\cdot\text{a)}$  ( $22\text{--}51 \text{ kWh/(m}^2\cdot\text{a)}$ ), tsentraalse jahutussüsteemiga varustatud hoone keskmine elektrierikasutamine oli oluliselt kõrgem, olles  $95 \text{ kWh/(m}^2\cdot\text{a)}$  ning ka sooja tarbevee tootmine elektriboileritega tõstis üsna oluliselt keskmist elektrierikasutust ( $58 \text{ kWh/(m}^2\cdot\text{a)}$ ).

Aasta keskmine vee eritarbimine analüüsitud elamutes oli  $2,45 \text{ l/(m}^2\cdot\text{d)}$  (st. hälve  $0,97 \text{ l/(m}^2\cdot\text{d)}$ ),  $180 \text{ l/(krt}\cdot\text{d)}$  (st. hälve  $65 \text{ l/(krt}\cdot\text{d)}$ ) ja  $128 \text{ l/(in}\cdot\text{d)}$  (st. hälve  $21 \text{ l/(in}\cdot\text{d)}$ ). Keskmine sooja vee osakaal kogu veekulust oli 37%. Aasta keskmine sooja vee eritarbimine inimese kohta analüüsitud elamutes oli  $46 \text{ l/(in}\cdot\text{d)}$  (st. hälve  $10 \text{ l/(in}\cdot\text{d)}$ ) ja  $0,95 \text{ l/(m}^2\cdot\text{d)}$  (st. hälve  $0,31 \text{ l/(m}^2\cdot\text{d)}$ ).

Uuritud hoonete keskmine ruumide kütteks ja ventilatsiooniõhu soojendamiseks tarbitud soojusenergia eritarbimine köetava pinna ruutmeetri kohta oli 102 kWh/(m<sup>2</sup>·a) (st. hälve 22 kWh/(m<sup>2</sup>·a)). Hoonetes, mis olid varustatud soojustagastusega sissepuhke- ja väljatõmbeventilatsioonisüsteemiga, oli soojusenergia eritarbimine oluliselt madalam 65 kWh/(m<sup>2</sup>·a), ning klaasfassaadi ja soojustagastusega sissepuhke- ja väljatõmbeventilatsiooniga hoonetes aga kõrgem 107 kWh/(m<sup>2</sup>·a).

Vaid 16% uuringu all olnud hoonetest vastas tänapäevase energiatõhususe nõudele: energiamärgis C (energiatõhususarv või kaalutud energiaerikasutus <150 kWh/(m<sup>2</sup>·a)). Olemasolevatele, oluliselt rekonstrueeritud elamutele seatud energiatõhususe nõudele (energiamärgis D (energiatõhususarv või kaalutud energiaerikasutus <200 kWh/(m<sup>2</sup>·a)) vastasid 76% elamutest. Elamute keskmine energiatõhususarv oli 180 kWh/(m<sup>2</sup>·a) (st. hälve 35 kWh/(m<sup>2</sup>·a)).

Uute korterelamute kasutatud energiajaotus kaalutud koguenergiaerikamisest oli: ruumide kütteks ja ventileerimiseks tarbitud soojusenergia 50%, vee soojendamise soojusenergia 7% ja elektrienergia valgustuseks ja elektriseadmete kasutamiseks 43%.

Korterelamute väljapakutud energiatõhususe tasemed madalenergiahoonele ETA=120 kWh/m<sup>2</sup>a ja liginullenergiahoonele ETA=100 kWh/m<sup>2</sup>a koos elektri kaalumisteguriga 2,0 nõuavad teatud lahenduste muudatusi korterelamute kavandamises ja projekteerimises.

Liginullenergiahoonete kavandamisel on oluline osa lõpptulemusest hoone kompaktsusel ehk siis arhitektuurilisel lahendusel. Arvutustulemustest selgus, et samasuguse soojusjuhtivusega välispiirete korral erines soojuserikao väärtus olenevalt hoonete kompaktsusest 2,5 korda.

Välispiirete soojusjuhtivuse edasine vähendamine ei ole madalenergia- ja liginullenergiahoonete puhul enam esmatähtis, sest hoone kütteenergia vajadus on juba väiksem kui soojusenergia vajadus sooja tarbevee valmistamiseks ja olmeelektri vajadus. Sooja tarbevee saamise soojusenergia ja elektrivajaduse osaliseks katmiseks tuleb hoone katusel ja välisseintel ja/või krundil taastuenergiast soojusenergiat ja elektrit toota.

Madalenergia- ja liginullenergiahoonete energiatõhusustasemete puhul hoone netoenergiavajadus olulisel määral ei erine. Liginullenergiahoonet eristab madalenergiahoonest peamiselt kohapealne taastuenergiast elektri tootmine.

Ventilatsioonisüsteemi osas saab välja tuua, et elektri kaalumisteguriga 2,0 ei ole üldjuhul võimalik saavutada madalenergia taset ainuüksi korterites soojustagastusega ventilatsioonigregaatide ja trepikodades värskeõhuklappe ning väljatõmbeventilaatoreid kasutades.

## 18.12 Hoonete keskkonnamõju hinnang

Uuritud objektide (6 tk.) baasilt saab väita, et ükski vaatlusalustest hoonetest ei vasta keskkonnamõju vaatenurgast jätkusuutliku hoone hindamisprogrammi sertifitseerituse tasemele. Kolm objekti saavutasid suhteliselt korralikud tulemused 25–30% maksimaalsest võimalikust. Kahe objekti saavutatud tulemus jäi väga madalaks: ~10% piirimaile maksimaalsest võimalikust.

Peamised puudujärgid tulenevad asjaolust, et Eestis ehitatud hoonete ehitusprojektis ei käsitleta hoone jätkusuutlikkuse kriteeriumite valdkondi. Kindlasti tuleb tõdeda, et hoonete projekteerimise ja ehitamise hetkel ei olnud hoonete keskkonnamõju ja jätkusuutlikkuse teema veel sellisest teadvustatud, et seda oleks hoonete kavandamisel saadud põhjalikult arvesse võtta. Siiski ei ole alati tegemist ainult hindamisprogrammides viidatud standarditele ja normidele mitteviitamises, vaid ka sisulise vastavuse puudumises.

Kuigi uuritud hoonete arv oli väike, võib analoogset tulemuste ulatust oodata ka suurema valimi korral. Raske eeldada, et ükski hiljuti ehitatud hoonetest, mis ei seadnud endale spetsiaalselt eesmärgiks vastava sertifikaadi saavutamist, sertifikaatsiooni lävendi ületaks. Kuna ehitistele kehtestatud kuuete olulisele nõudele (mehaaniline tugevus, püsivus, tuleohutus, tervise- ja keskkonnaohutus, kasutusohutus, müratõrje ja heliisolatsioon ja

energiatõhusus (vt. Ehitusseadus, CPD 89/106 1988)) on alates 2013. aastast lisandunud nõue (CPR 305/2011) ka loodusressursside jätkusuutliku kasutuse kohta, tuleb seda oluliselt rohkem kinnisvara arenduses ja hoonete projekteerimises ning ehitamises arvesse võtta.

Tuleb välja töötada Eesti tingimustesse sobiv hoonete keskkonnamõju ja loodusressursside jätkusuutliku hindamise meetod. Esimese sammuna tuleb analüüsida, kui suur on Eestis kehtivate ning jätkusuutlike hindamisprogrammide aluseks olevate standardite erinevus. Need tegevused kinnitavad esiteks esialgsete tulemuste usaldusväärsusust ning teiseks aitavad mõista, kui palju erineb Eesti standardikohane hoone jätkusuutlikkust hoonest. Viimase baasilt saab hinnata jätkusuutlike hoonete hindamisprogrammide rakendatavust Eestis. Kindlasti tuleb tõsta arendajate, projekteerijate ja ehitajate teadlikust jätkusuutlike hindamisprogrammide olemasolust ning nende sisust. Kokkuvõtvalt on selles Eesti jaoks uues valdkonnas vaja teha olulist uurimis- ja arendustööd ning tulemustest teavitada asjaomaseid instantsse.

### **18.13 Korteriomaniike hinnangud ja strateegilised hoiakud**

Aastatel 1990 kuni 2010 ehitatud korterelamute elanike korteri kasutusintensiivsus ning harjumused olid sarnased eelnevalt uuritud vanemate korterelamute omadega.

Korteri niiskustasakaalu mõjutavate tegurite osas oli selgelt tunda elanike suuremaid ootusi ning nõudmisi oma korteri kvaliteedi ning sisekliima suhtes. Nii mõnedki elanikud jälgisid oma korteri temperatuuri ning niiskust. Ülekütmisest põhjustatud madala suhtelise niiskuse tõttu kasutati ka õhuniisutit.

Halvast ehituskvaliteedist tingitud kahjustustest ning puudustest olid korteriomaniikud enamjaolt teadlikud ning nende parandamisele garantiitööde korras pöörati suurt tähelepanu. Erinevalt eelnevatest uuringutest, pidas oma korterit mitmeprobleemseks märgatavalt enam elanikke.

Hoolimata ehitusaastast on erinevalt puitkorterelamutest kõikide seniste uuringute (suurpaneel-, tellis- ning uute kortermajade) elanike sisekliima probleemid olnud sarnased, suurimateks probleemideks peeti liiga kõrget sisetemperatuuri suvel, kuiva õhku talvel ning sisepindade tolmusust.

Eluasemekvaliteedi ja sellega seonduvale heaolutundele antavate hinnangute ja eluasemega samastumise vastastoimeprotsessi olemuse ning elukvaliteedile antud hinnangute ja hoiakuliste käitumisstrateegiate vahelise seoste uuringuks tehtud intervjuude analüüs näitab, et uute kortermajade elanike elukohavalikud on võrreldes vanemate kortermajade elanike kogemusega enam eelistustele vastavad, mida võimaldab keskmisest kõrgem majanduslik suutlikkus. Konkreetsete valikute puhul (kesk)linna kortermajade kasuks on määravaks uuselamuelanike linlikust elustiilist lähtuv elamisviisi taotlus, mis eeldab kvaliteeti kõigil elamisruumi tasandil, nii korteris, majas kui lähipiirkonnas. Otsitakse isikupärast eluaset, mis arhitektuurselt eristuks elamute masstoodangust. Elukohta valides on intervjuueeritud lähtunud linnajaole/naabruskonnale iseloomulikest väärtustest, mille säilimist või jätkusuutlikkust nad igati toetavad, oodates vastavasisulisi konstruktiivseid strateegiaid ka linnapoliitikas.

Elanike perspektiivist nähakse uuselamusse korterit soetades lähitulevikku probleemi- vabalt, vajaduseta tegeleda maja renoveerimisega või liigse naabritega kohanemisega. Intervjuueeritute kogemus näitab, et ootused pole korteri ja maja tasandil täielikult realiseerunud, seda uuselamuarendajate kohati vastutustundetute tegevuse, kehvade ehituskvaliteedi, ebarahuldava planeeringu ja pakutud sisekujunduslike lahenduste tõttu. Siiski on tegemist positiivse samastumisega elamisruumiga, mida toetab peale saavutatud kvaliteedi korteris ka majahoolduse korraldamine teenuse sisseostuga, mis tõstab kasutusmugavust ja mille eest on vähem hinnatundlikud uuselamuelanikud valmis maksma.

## 19 Kasutatud kirjandus

- Adan, O.C.G. 1994. On the fungal defacement of interior finishes. Doctoral thesis, Eindhoven University of Technology, pp. 224.
- Airaksinen, M., Pasanen, P., Kurnitski, J., Seppänen, O. Microbial contamination of indoor due leakages from crawl space. *Indoor Air* 2004;14(1):55–64.
- Annus, T. 2008. Tolmulestad põhjustavad allergiat. *Apteeker*, 14. jaanuar 2008.
- Arlian, L.G., Neal, J.S., Vyszynski-Moher, D.L. 1999. Reducing relative humidity to control the house dust mite *Dermatophagoides farinae*. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 1999; 104 4 Pt 1: 852-6.
- ASHRAE, Handbook of Fundamentals. American Society of Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Atlanta, GA, USA, 1993.
- ASHRAE, Handbook of Fundamentals. American Society of Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Atlanta, GA, USA, 2009
- ASHRAE, Handbook of HVAC Systems and Equipment. American Society of Refrigerating and Air- conditioning Engineers. USA, 2008.
- Astolfi, A., Pellerey, F. 2008. Subjective and objective assessment of acoustical and overall environmental quality in secondary school classrooms. *J Acoust Soc Am* 2008;123(1):163-73.
- Awbi, Hazim B. Ventilation systems, design and performance. Taylor&Francis 2008
- Ave Randviir, A. 2005. Majad: aasta viis õnnestumist ja viis ebaõnnestumist. *Eesti Päevaleht*, 31. detsember 2005.
- Backman, E., Hyvärinen, M., Lindberg, R., Reiman, M., Seuri, M. Kokotti H. The effect of air leakage through the moisture damaged structures in a school building having mechanical exhaust ventilation. In: Proceedings of the Healthy Buildings 2000 Conference. 6-10 August 2000, Helsinki, Finland.
- Batterman, S., Jia, C., Hatzivasilis, G. Migration of volatile organic compounds from attached garages to residences: a major exposure source. *Environmental Research* 2007;104(2):224-240.
- BBR BFS 1998:38. Building Regulations, BBR, of the Swedish Board of Housing, Building and Planning. Mandatory provisions and general recommendations. December 2001. P9:212.
- Bekö, G. , Lund, T. , Nors F. , Toftum J. , Clausen G. Ventilation rates in the bedrooms of 500 Danish children. Elsevier Ltd.2010
- Berntsson, T. Heat sources-technology, economy and environment. *International Journal of Refrigeration*, 2002.
- Binamu A. Integrating building design properties “air tightness” and ventilation heat recovery for minimum heating energy consumption in cold climates. Dissertation. Tampere University of Technology, 2002.
- Bornehag, C. G., Sundell, J., Bonini, S., Custovic, A., Malmberg, P., Skerfving, S., Sigsgaard, T., Verhoeff, A. 2004. Dampness in buildings as a risk factor for health effects, EUROEXPO: a multidisciplinary review of the literature 1998-2000 on dampness and mite exposure in buildings and health effects. *Indoor Air* 2004; 14 4: 243–257.
- Bornehag, C.G., Blomquist, G., Gyntelberg, F., Järholm, B., Malmberg, P., Nordvall, L., Nielsen, A., Pershagen, G., Sundell, J. 2001. Dampness in Buildings and Health. Nordic Interdisciplinary Review of the Scientific Evidence on Associations between

Exposure to "Dampness" in Buildings and Health Effects NORDDAMP. *Indoor Air* 2001; 11 2: 72-86.

- Bornehag, CG., Bonini, S., Custovic, A., Malmberg, P., Matricardi, P., Skerfving, S., Sigsgaard, T., Verhoeff, A. and Sundell, J. (2002) Dampness in Buildings as a Risk Factor for Health Effects, EUROEXPO: A multidisciplinary review of the literature (1998-2000) on dampness and mite exposure in buildings and health effects.
- Bornehag, CG., Sundell, J., Hägerhed, Janson S. and the DBH-study group (2002) "The healthy pet-keeping effect". Pet-keeping in early childhood as a risk or a protection for allergic symptoms alter in life. *Proc. of Indoor Air 2002, Monterey*, p. 398.
- Bornehag, CG., Sundell, J., Hägerhed, L., Spengler, J., Janson, S. and the DBH-study group (2002) Dampness in Buildings and Health (DBH). "Dampness" indicators in homes as risk factors for symptoms among 10 851 children in Sweden. *Proc. of Indoor Air 2002, Monterey*, pp. 431-436.
- Bornehag, CG., Sundell, J., Hägerhed, L. and the DBH-study group. (2002d) Differences in possible risk-factors for allergic diseases between children living on farms and other children. *Proc. of Indoor Air 2002, Monterey*, pp. 477-482.
- BRE, 2010. Code for sustainable homes. Technical guide.
- C3. Rakennuksen lämmöneristys. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Määräykset, 2007.
- Chauhan, R. B. Field test on an exhaust air heat recovery heat pump. Division of Building Research, Ottawa, 1985.
- Choi JH, Aziz A, Loftness V. Decision support for improving occupant environmental satisfaction in office buildings: The relationship between sub-set of IEQ satisfaction and overall environmental satisfaction. *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference Healthy Buildings, Syracuse, NY USA 2009*: paper 747.
- CR 1752. Ventilation for buildings: design criteria for the indoor environment / European Committee for Standardization. European Committee for Standardization. Brussels, 1998.
- CSN 73 0540-2. Requirements – Heat Energy Demand. Czech National Standard, 2006.
- D5. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet, 2007.
- Dietz, R. N., Goodrich, R. W. Measurement of HVAC system performance and local ventilation using passive perfluorocarbon tracer technology. Prepared in part for the State University of New York, College of Technology, Farmingdale, NY. Informal Report, BNL-61990, June 1995.
- Dimitroulopoulou, C. Ventilation in European dwellings: A review. Elsevier Ltd. 2011
- DIN 4108-7:2001-08. Thermal insulation and energy economy in buildings - Part 7: Airtightness of buildings, requirements, recommendations and examples for planning and performance.
- Emmerich, S.J., Gorfain, J.E., Howard-Reed, C. Air and pollutant transport from attached garages to residential living spaces - literature review and field tests. *The International Journal of Ventilation* 2003;2(3):265–76.
- EN-ISO 717-1 Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation. Eesti Standardikeskus, 1996.
- EN-ISO 717-2 Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 2: Impact sound insulation. Eesti Standardikeskus, 2004.
- EPN 11.1 Piirdetarindid. Osa 1: Üldnõuded. Eesti Ehitusteave (ET-1 0113-0108), 1995.
- EVS 837-1:2003. Piirdetarindid. Osa 1: Üldnõuded. Eesti Standardikeskus, 2003.
- EVS 839:2003. Sisekliima. Eesti Standardikeskus, 2003.

- EVS 842:2003. Ehitiste heliisolatsiooninõuded. Kaitse müra eest. Eesti Standardikeskus, 2003.
- EVS 845:2004 Hoonete ventilatsiooni projekteerimine (kehtetu). Eesti Standardikeskus, 2004
- EVS 885. Ehituskulude liigitamine. Eesti Standardikeskus, 2005.
- EVS EN 13829 "Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method". Eesti Standardikeskus, 2001.
- EVS-EN 12354 Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Eesti Standardikeskus, 2005.
- EVS-EN 12828. Hoonete küttesüsteemid. Vesiküttesüsteemide projekteerimine. Heating systems in buildings - Design for water-based heating systems. Eesti Standardikeskus, 2003.
- EVS-EN 13829. Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method. Eesti Standardikeskus; 2001.
- EVS-EN 15251. Sisekeskkonna algandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust mugavusest, valgustusest ja akustikast (Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. Eesti Standardikeskus, 2010.
- EVS-EN 15251:2007 Sisekeskkonna algandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust mugavusest, valgustusest ja akustikast (Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. Eesti Standardikeskus, 2010.
- EVS-EN ISO 10211-1. Külmasillad hoones. Soojusvood ja pinnatemperatuurid. Osa 1: Üldised arvutusmeetodid. Eesti Standardikeskus, 2001.
- EVS-EN ISO 13788. Hygrothermal performance of building components and building elements - Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation - Calculation methods. Eesti Standardikeskus, 2001.
- EVS-EN ISO 13790:2008. Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling.
- EVS-EN ISO 140-14. Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 14: Guidelines for special situations in the field. Eesti Standardikeskus, 2004.
- EVS-EN ISO 140-4:1999. Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms. Eesti Standardikeskus, 1999.
- EVS-EN ISO 140-7. Acoustics - Measurements of sound insulation in buildings and of building elements - Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors. Eesti Standardikeskus, 2000.
- F.McGrath, P. A Guide to the Use of Waterproofing, Dampproofing, Protective and Decorative Barrier Systems of Concrete. ACI manual of Concrete Practice. ACI 515.1R-79.
- Fang, L., Clausen, G., Fanger, P.O. 1998. Impact of Temperature and Humidity on Perception of Indoor Air Quality During Immediate and Longer Whole-Body Exposures. Indoor Air 1998; 8 4: 276-284.
- Fanger, P.O. 1971. Air Humidity, Comfort and Health. Technical University of Denmark, Lundby, Denmark, 1971.



- Fehrm, M., Reiners, W., Ungemach, M. Exhaust air heat recovery in buildings. *International Journal of Refrigeration*, 2002.
- Firth S.K., Lomas K.J., Wright A.J. 2010. Targeting household energy-efficiency measures using sensitivity analysis, *Building Research & Information* 2010; 38 (1), 25–41.
- Floren, A. , Kinnas, S. Ventilatsioonisüsteemide ja –parameetrite mõõdistamine. Tartu Ülikooli katsekoda, 2008.
- Forbes, L.H., Syed, M.A. *Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices*.2011; CRC Press, Taylor & Francis Group, pp. 490.
- Fracastoto, G. V., Serraino, M. Energy analyses of buildings equipped with exhaust air heat pumps. *Energy and Buildings*, 2010.
- Frontczak, M J., Wargocki, P. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment* 2011 46 (4): 922-937.
- Gromark, S., Paadam, K., Støa, E., Ilmonen, M. (toim). *Visions of Residential Futures - Housing in Transformation*, Ashgate, ilmumas 2013.
- Guo, L. & Lewis, O. J. Carbon dioxide concentration and its application on estimating the air change rate in typical Irish houses. *The International Journal of Ventilation*, 2007, 6, 3, 235-244.
- Hart, B.J. 1998. Life cycle and reproduction of house-dust mites: environmental factors influencing mite populations. *Allergy* 1998; 5 48: 13-17.
- Heidt, F.D. *Ventilation for Energy Efficient Buildings*. ISES Summer Workshop, 2006.
- Hens, H. (toim.). *Condensation and Energy, Guidelines and Practice*. Vol. 2, Annex 14, International Energy Agency, KU Leuven, 1990.
- Hill, M. *HVAC Engineering fundamentals: Part 1*.
- Hukka E., Viitanen H.A., 1999. A mathematical model of mould growth on wooden material. *Wood Science and Technology* 33, Springer-Verlag.
- Humphreys MA. Quantifying occupant comfort: are combined indices of the indoor environment practicable? *Build Res Inf* 2005;33(4):317-25.
- Husman, T., Koskinen, O., Hyvarinen, A., Reponen, T., Ruuskanen, J., and Nevalainen, A. (1993) Respiratory symptoms and infections among residents in dwellings with humidity problems or mold growth: In Jaakkola, JJK, Ilmarinen, R., Seppanen, O., editors. *Indoor air 93, Proceedings of the 6th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, vol., 1 (Health effects), Helsinki, Institute of Occupational Health 1993, 171–4.
- Husman, T., Roto, P., Seuri. M. *Sisäilma ja terveys – tietoa rakentajille*. Kansanterveyslaitos, Ympäristöepidemiologian yksikkö Suomen Terveystalo Oy Kuopion aluetyöterveyslaitos, Työlääketiede Kuopion yliopiston painatuskeskus. ISBN 951-740-329-1, 2002.
- Hägerhed, L., Bornehag, CG., Sundell, J. and the DBH-study group. Dampness in Buildings and Health (DBH). Buildings characteristics as predictors of "dampness" in Swedish dwellings. *Proc. of Indoor Air 2002*, Monterey, pp. 7-12.
- INSTA 122. The Nordic standard proposal: "Sound classification of dwellings", 1998; Investigation of Sick Buildings –Toxic Moulds. *Indoor Built Environ* 2010;19;1:40–47.
- IOM Institute of Medicine 2004. *Damp Indoor Spaces and Health*. National Academy of Sciences. Washington D.C: National Academies Press.
- ISO EN 7730. Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, 1994.

- ISO/FDIS 13789. Thermal performance of buildings -- Transmission and ventilation heat transfer coefficients -- Calculation method.
- Jaakkola, J.J.K., Heinonen, O.P., Seppänen, O. 1989. Sick building syndrome, sensation of dryness and thermal comfort in relation to room temperature in an office building: need for individual control of temperature. *Environmental International* 1989; 15: 163-168.
- Janssens A, Hens H. Interstitial condensation due to air leakage: a sensitivity analysis. *Journal of Thermal Envelope and Building Science* 2003;27(1):15–29.
- Johansson, D. The life cycle costs of indoor climate systems in dwellings and offices taking into account system choice, airflow rate, health and productivity. *Building and Environment*, 2009.
- Johansson, P., Samuelson, I., Ekstrand-Tobin, A., Mjörnell, K., Sandberg, P.I., Sikander, E. Kritiskt fuktillstånd för mikrobiell tillväxt på byggmaterial – kunskapsammanfattning. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. SP Energiteknik. SP RAPPORT 2005:11.
- Johansson, P., Tobin, A-E., Bok, G. Critical Moisture Conditions for Mould Growth on Building Materials, in proceedings of Indoor Air 2011 Conference 5-10 June 2011, Austin, USA.
- Jokisalo J, Kurnitski J. Simulation of energy consumption in typical Finnish detached house. Helsinki University of Technology, HVAClaboratory, Report B74; 2002.
- Jokl, M. V. Evaluation of indoor air quality using the decibel concept based on carbon dioxide and TVOC. *Building and Environment*, 1998, 35, 8, 677-697.
- Kalamees, T. Air tightness and air leakages of lightweight single-family detached houses in Estonia. *Building and Environment* 2007;42(6):2369-2377.
- Kalamees, T. Hygrothermal criteria for design and simulation of buildings. Doktoritöö. Tallinna Tehnikaülikool, 2006.
- Karlsson, F., Axell, M., Fahlen, P. Heat pump system in Sweden – Country report for IEA HPP Annex 28. Energy Technology Boras, 2003.
- Koiv, T.-A., and Toode, A. Trends in Domestic Hot Water consumption in Estonia apartment buildings. *Proc. Estonian Acad. Sci. Engng*, 12, 1, 2006, 72-80.
- Korsgaard, J. 1983. House-dust mites and absolute indoor humidity. *Allergy* 1983; 38 2: 85-92.
- Koski, T., Lindberg, R. & Vinha, J. 1997, 'Lisäeristettyjen hirsiseinién kosteustekninen kunto', Tampereen Teknillinen Korkeakoulu, Rakennustekniikan osasto, Julkaisu 78.
- L1A. The Building Regulations 2000. Conservation of fuel and power in new dwellings. 2006.
- L2A. The Building Regulations 2000. Conservation of fuel and power in new buildings other than dwellings. 2006.
- Lech, J.A., Wilby, K., McMullen, E., Laporte, K. The Canadian human activity pattern survey: Report of Methods and Population Surveyed, *Chronic Diseases in Canada*, 1996, 17.
- Lowe, R.J. Ventilation strategy, energy use and CO<sub>2</sub> emissions in dwellings - a theoretical approach. *Building Services Engineering Research and Technology*, 2000, 21, 179.
- Lu, T., Knuutila, A., Viljanen, M., Lu, X. A novel methodology for estimating space air change rates and occupant CO<sub>2</sub> generation rates from measurements in mechanically-ventilated buildings. *Building and Environment*, 2009, 45, 5, 1161-1172.

- Mattson, J., Carlson, O.E., Engh, I.B. Negative influence on IAQ by air movement from mould contaminated constructions into buildings. In: Proceedings of indoor air 2002, vol. 1. Monterey, California, USA, 2002. p. 764–9.
- Mehta., P. K. Concrete Structure, Properties, and Materials. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1986.
- Minenergie The MINERGIE®-Standard for Buildings. MINERGIE® Building .Agency.
- Minerit. 2001. Minerit fassaadid. paigaldusjuhend.
- Ngab, A. S.; Slate, F. O.; and Nilson, A. H., 1981, "Microcracking and Time-Dependent Strains in High-Strength Concrete," ACI JOURNAL, Proceedings V. 78, No. 4, July-Aug., pp. 262-268.
- NRCan 2004. R-2000 Standard.
- Ojamäe, L. Making Choices in the Housing Market: Social Construction of Housing Value. Tallinna Ülikool, Tallinn, 2009.
- Olesen, B. W. The philosophy behind EN15251: Indoor environmental criteria for design and calculation of energy performance of buildings. Energy and Buildings, 2007, 39, 7, 740-749.
- Paadam, K. and Ojamäe, L. Elanike hinnangud elukeskkonna muutustele – juhtumiuuring. INTERREG III B 'Baltic Energy Efficiency Network for the Building Stock', TTÜ, 2007. [http://www.kredex.ee/esk2/failid/BEEN\\_rahulolu\\_eesti.pdf](http://www.kredex.ee/esk2/failid/BEEN_rahulolu_eesti.pdf)
- Paadam, K. Constructing residence as home: homeowners and their housing histories. TPÜ Kirjastus, Tallinn, 2003.
- Paadam, K. ja Ojamäe L. Tallinna linna üüri- ja sotsiaalmajade elanike kvalitatiivne uuring, TTÜ, 2008.
- Paadam, K. ja Ojamäe, L. Elanike hinnangud elukeskkonna muutustele – juhtumiuuring. INTERREG III B 'Baltic Energy Efficiency Network for the Building Stock', TTÜ, 2007. [http://www.kredex.ee/esk2/failid/BEEN\\_rahulolu\\_eesti.pdf](http://www.kredex.ee/esk2/failid/BEEN_rahulolu_eesti.pdf)
- Paadam, K. ja Ojamäe, L. Ideological shifts and shifting relations of actors in the field of housing. Kogumikus: Social Aspect of Housing Redevelopment. Housing in Ideologies/Ideologies in Housing. Proceedings of CIB W069 – 21st and 22nd Housing Sociology Conference: 28 September –2 October 2005, Maribor and 7–10 October 2004, Helsinki. Rotterdam: International Council for Research and Innovation in Building and Construction, 2008, (CIB Publications), 2008, 208 - 222.
- Paadam, K., Rikmann, E., Siilak, K. Elanike hoiakud ja käitumismustrid elamisruumis Seminarit tänava piirkonna näitel. Urbenergy uuringuraportis: Integreeritud linnalise arengu kontseptsioon, 2011, 34-86.
- Pavlovas, V. Demand controlled ventilation. Chalmers University of Technology, Göteborg, 2003, 17-50.
- Pavlovas, V. Energy savings in existing Swedish apartment buildings. Chalmers University of Technology, Göteborg, 2006.
- prEN 15242 Calculation methods for the determination of air flow rates in buildings including infiltration; 2005.
- Reinikainen, L. M.; Jaakkola, J. J. K. Significance of humidity and temperature on skin and upper airway symptoms, Indoor Air 2003, 13 (4), 344-352.
- Roulet, C-A. Ventilation and airflow in buildings, methods for diagnose and evaluation
- Rowan, N.J., Johnstone, C.M., McLean, R.C., Anderson, J.G., Clarke, J.A. 1999. Prediction of Toxigenic Fungal Growth in Buildings by Using a Novel Modelling System. Applied and Environmental Microbiology 1999; 65: 4814-4821.

- RT 07-10946-et Sisekliima liigitus 2008 Sisikeskkonna sihtväärtused, projekteerimisjuhised ja totenõuded
- RT I 1999, 9, 38. Eluruumidele esitatavad nõuded. VV määrus nr. 38. (26. 01. 1999).
- RT I 2004, 75, 525. Ehitisele ja selle osale esitatavad tuleohutusnõuded. Vabariigi Valitsuse määrus nr. 315, 27. oktoober 2004.
- RT I 2007, 72, 445. Vabariigi Valitsuse määrus 258. Energiatõhususe miinimumnõuded. Vabariigi Valitsuse 20. detsembri 2007. a määrus nr. 258.
- RT 80-10974. Teolliselt valmistettujen asuinrakennusten ilmanpitävyyden laadunvarmistusohje. Rakennustieto.
- RTL 2002, 38, 511. Sotsiaalministri 4. märtsi 2002. a määrus nr. 42. „Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid”.
- Saarimaa, J., Krankka, J. & Sevon, J. 1985, 'Ulkoseinien lisälämmöneristäminen. Lisäeristettyjen rakenteiden kenttäseuranta.', VTT, research notes 420.
- Said, M.N.; Demers, R.G.; McSheffrey, L.L. 2003. 'Hygrothermal performance of a masonry wall retrofitted with interior insulation'. 2nd International Building Physics Conference (Leuven, Belgium 2003-09-14) pp. 445-454. 2003-09-01.
- Sakellari, D., Lundqvist, P. Modelling and simulation results for a domestic exhaust-air heat pump heating system. International Journal of Refrigeration, 2005.
- Sakulpipatsin, P., Cauberg, J. J. M., van der Kooi, H. J., Itard, L. C. M. Application of The Exergy Concept to Ventilation Using Heat Recovery from Exhaust Air. Proceedings of Clima 2007 WellBeing Indoors, 2007.
- Sanders, C. 1996. IEA-Annex 24 HAMTIE, Final Report, Volume 2, Task 2: Environmental conditions. Laboratorium Bouwfysica, K.U.-Leuven, Belgium.
- Seppänen, O. A. & Fisk, W J. Some quantitative relations between indoor environmental Quality and Work Performance or Health. Lawrence Berkeley National Laboratory, 2006.
- Seppänen, O. A. Estimated cost of indoor climate in Finnish buildings. Proceedings of Indoor Air 1999, 3, 13-18.
- SIA 180. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein: Wärmeschutz im Hochbau, Zürich. 1999.
- Singh J: Allergic reactions: occupational hygiene: Health and Safety, February 2000, pp.14–16.
- Singh J: Biological contaminants in the built environment and their health implications: Building Res Inform 1993;21(4):216–224.
- Singh, J., Singh, J., Yu, CWF., Kim, JT. Building Pathology, Investigation of Sick Buildings –Toxic Moulds. Indoor Built Environment 2010;19 (1): 40–47.
- Singh, J., Yu, CWFY., Jeong Tai Kim. J.T. (2010). Building Pathology, Investigation of Sick Buildings –Toxic Moulds. Indoor Built Environ 2010;19;1:40–47.
- Smith, N.J. Engineering Project Management. 2002; Blackwell Science Ltd, pp. 382.
- Sterling, E.M., Arundel, A., Sterling, T.D. 1985. Criteria for human exposure to humidity in occupied buildings. ASHRAE Transactions 1985; 91 1: 611-621.
- Sugarman, Samuel C. Hvac Fundamentals, second edition. The Fairmont Press 2007
- TLV-52. Tallinna linnavalitsuse määrus number 52 „Tallinna linna omandis oleva elamu soojusenergia teenustasu jaotus eluruumide vahel“ (30.06.2008).

- Tomson, L. Mustamäe. Kogumikus: K. Paadam (Toim.). Changing Neighbourhoods in Tallinn: Mustamäe, Kalamaja, Kadriorg, Tallinn Technical University Press, Tallinn, 2002, 26 – 51.
- Toode, A. and Koiv, T.-A. Domestic hot water consumption investigation in apartment buildings. Proc.Estonian Acad. Sci. Engng., 11, 3, 2005, 207-214.
- USGBC, 2009. LEED reference guide for green building design and construction.
- Wang, F., Ward, I.C. Radon entry, migration and reduction in houses with cellars Building and Environment 2002;37(11):1153-1165.
- Viitanen, H., Ritschkoff A.C. 1991. Mould growth in pine and spruce sapwood in relation to air humidity and temperature, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Products, Report No 221, Uppsala, Sweden.
- Winch, G.M., Managing Construction Projects. 2002; Blackwell Science Ltd, pp. 458.
- Vinha, J., Korpi, M., Kalamees, T., Eskola, L., Palonen, J., Kurnitski, Valovirta, I., Mikkilä, A., Jokisalo, J. 2005. Puurunkoisten pientalojen kosteus- ja lämpöolosuhteet, ilmanvaihto ja ilmatiiviys. Tutkimusraportti 131. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos.
- Wong LT, Mui KW, Hui PS. A multivariate-logistic model for acceptance of indoor environmental quality (IEQ) in offices. Build Environ 2008;43(1):1-6.
- WTA 2-9-04/D. Restoration render systems as a leveling and porous base render within the Porosan restoration render system. International Association for the Science and Technology in Maintenance of Structures and Protection of Monuments.
- VV määräus nr. 38. Eluruumidele esitatavad nõuded. 26.01.1999 (RT I 1999,9,38).
- Wyon, D.P., Fang, L., Mayer, H.W., Sundell, J., Weirsoe, C.G., Sederberg-Olsen, N., Tsutsumi, H., Agner, T., Fanger, P.O. 2002. Limiting criteria for human exposure to low humidity indoors. Proceedings of the 9th International Congress on Indoor Air Quality, July 2-6, Monterey, USA; IV: 400-405.

