



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

KESKKONNATEHNIKA INSTITUUT

**ELAMUFONDI JÄTKUSUUTLIKKUSE SÄILITAMINE LÄBI
VENTILATSIOONI PROBLEEMIDE TÜÜPLAHENDUSTE
VÄLJATÖÖTAMISE**

TTÜ keskkonnatehnika instituudi direktor prof. E.Loigu30.03.2007

TTÜ kütte ja ventilatsiooni õppetooli juhataja prof. T.-A.Kõiv.....30.03.2007



SISUKORD

	Lk.
Eessõna.....	3
1. Sissejuhatus.....	4
2. Sisekliima ja hallitusprobleemid.....	5
2.1. Sisekliima.....	5
2.2. Hallituskahjustused.....	7
3. Ventilatsioon ja küte.....	8
3.1. Ventilatsioon.....	8
3.2. Küttesüsteem.....	10
4. Uurimisobjekt.....	11
4.1. Sütiste tee 41 korterelamu.....	11
4.2. Uuritav korter (korter A).....	12
4.2.1. Küttesüsteem.....	12
4.2.2. Küttekehade soojusväljastuse määramine.....	13
4.2.3. Korterite soojuskadude arvutus.....	14
4.2.4. Korterite soojusbilanss.....	14
4.3. Termograafia.....	15
4.4. Elanike küsitlus.....	25
4.5. Hinnang olukorrale.....	26
5. Ventilatsioonisüsteemi rajamine.....	28
6. Sisekliima monitooring.....	34
7. Ventilatsioonilahendused korteritele ja energiakulu.....	40
7.1. Energiatarve määramine õhu soojendamiseks.....	40
7.2. Energiakulude võrdlus erinevatel õhuvahetuse lahendustel.....	40
7.3. Järeldused.....	42
8. Kokkuvõte.....	44
Kirjandus.....	45
Lisad.....	46

Eessõna

Käesolev uurimistöo on tehtud vastavalt Tallinna Tehnikaülikooli ja EKÜL' vahel sõlmitud lepingule 670L.

1. Sissejuhatus

Uurimistöö oli ajendatud tüüpkorterimajade ülemiste korruste sisekliima probleemidest, eriti 9. korruse korterites.

Vastavalt Tallinna Tehnikaülikooli ja EKÜL'i vahel sõlmitud lepingule oli uurimistöö eesmärgiks:

- Tüüpkorteri ventilatsiooni renoveerimislahenduse väljatöötamine ja kavandamine;
- Tüüpkorteri renoveerimise korraldamine;
- Sisekliima kontrollmõõtmiste läbiviimine renoveeritud tüüpkorteris ja referentskorterites;
- Tulemuste analüüs ja järeldused.

2.Sisekliima ja hallitusprobleemid

2.1.Sisekliima

Sisekliima ühendab endas õhu füüsikalised parameetrid (temperatuur, niiskus, õhuliikumise kiirus, müra), mikrobioloogilised tegurid (hallitusseened ja nende laguproduktid), keemilised tegurid (lenduvad orgaanilised ühendid, tolm, süsihappegaas jms.) aga ka psühhosotsiaalsed faktorid.

Aspektid, mis mõjutavad elamute sisekliima kvaliteeti:

- Hoone kasutus ja hooldus
- Inimtegevus (sellest tulenevad gaasid ja aineosakesed)
- Kahjulike ainete emissioon ehitus- ja viimistlusmaterjalidest
- Vahendid, mida kasutatakse puhastuseks ja hoolduseks
- Mööbel
- Kasutatav seadmestik
- Põlemisprotsessidest, kui neid kasutatakse hoones
- Välisõhu parameetrid ja õhu kvaliteet (õietolm, seente eosed, bakterid, võimalik suits jm) [1].

Olulisemad tegurid, mis mõjutavad ruumide sisekliimat ja inimese hinnangut sisekliimale on

1. Siseõhu temperatuur
2. Õhu liikuvus
3. Ümbritsevate pindade keskmine temperatuur (nn kiirgustemperatuur)
4. Õhu niiskussisaldus
5. Õhu puhtus (seega õhuvahetus)

Ruumi õhutemperatuuri ja ümbritsevate pindade keskmise temperatuuri poolsumma, õhu liikuvus ja niiskussisaldus on tegelikult need suurused, mis just olulisemalt mõjutavad inimese hinnangut ruumi soojuslikule sisekliimale.

Külmal aastaajal on lubatud õhu liikumise kiiruseks kuni 0,2 m/s. See piir võib vahel probleemiks olla sundventilatsiooni või aktiivse tuulutamise korral.

Tõmbustunde mõju saab vähendada kõrgema siseõhu temperatuuriga, vt. Joon.1.

Eesti sisekliima standardi EVS 839 - 2003 kohaselt on talvetingimustes optimaalseks siseõhu temperatuuriks 22 °C, lubatud kõikumised vastavalt mugavusklassile

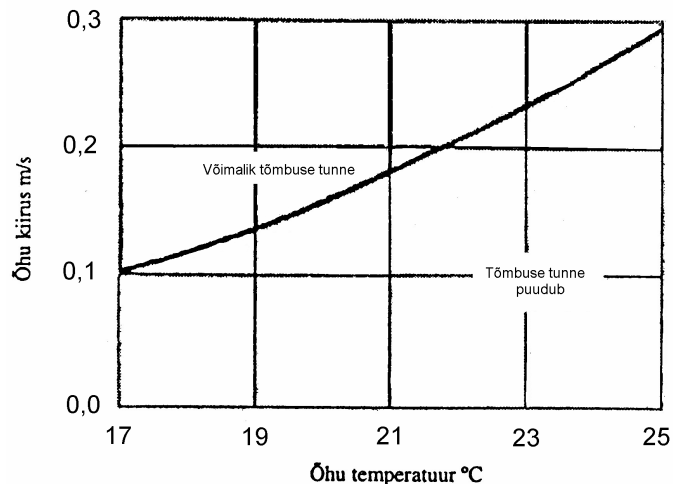
A (suurepärase)	21 ... 23 °C
B (hea)	20 ... 24 °C
C (rahuldav)	19 ... 25 °C

Suhteline niiskus

talvetingimustes	25...45%
ning soojal aastaajal	30...70% .

Süsihappegaasitase kuni 1500 ppm (klass C).

Kortermajade alumistel korrustel esineb sageli kaebusi põrandate madala temperatuuri üle. Vaipkatete korral on sobivaks põranda temperatuurivahemikuks 21...23 °C.



Joon.1. Tõmbuse tunnetamine olenevalt siseõhu temperatuurist ja õhu liikumise kiirusest [3, 4]

Õhu puhtus

Ruumiõhu kvaliteeti mõjutab oluliselt õhuvahetus ja ruumi saastekoormus.

Näit. süsihappegaasi saab viia normi (kontsentratsioon < 1500 ppm) õhuvahetusega 5 l/s in.

Oluline on märkida, et ruumides, kus saasteallikaks on inimesed, iseloomustab just CO₂ sisaldus õhu kvaliteeti, kuna ka teiste inimtegevusega seotud kahjulike ainete toodang on proportsionaalne CO₂-ga.

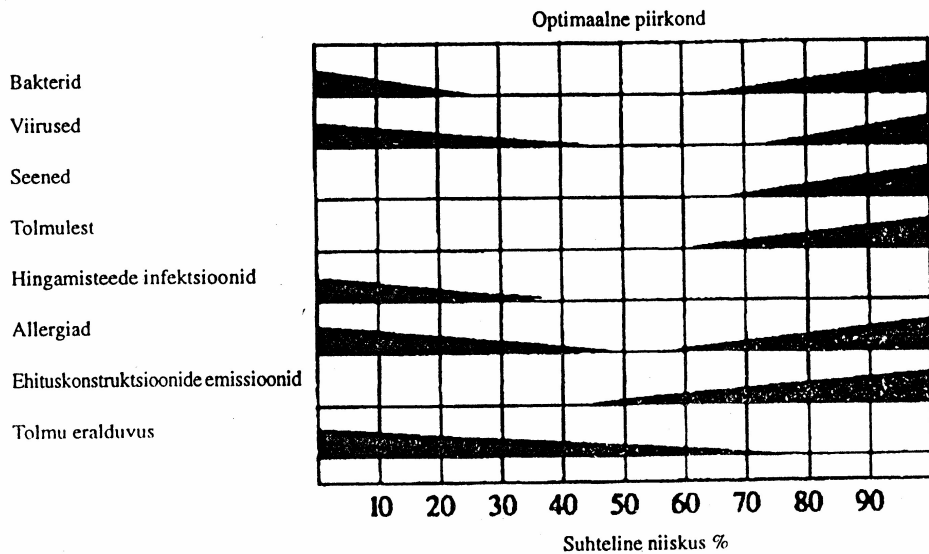
Ruumi õhu kvaliteeti mõjutavad oluliselt ka formaldehüüdide, tolmu, tubakasuitsu, gaasi põlemisproduktide tase.

Õhu niiskus

Olgugi, et inimesel otsene niiskuse tunnetamise meel puudub, mõjutab ka siseõhu niiskus inimese mugavustunnet.

Madal suhteline niiskus soodustab õhu tolmutumist, suurendab staatilist elektrit. Kõrge suhteline niiskus mõjutab mikroobide kasvu ja levikut. Kõrge suhtelise niiskuse korral suureneb ehitusmaterjalidest õhku erituvate saasteainete hulk. Erinevate kahjulike emissioonide sõltuvust õhu suhtelisest niiskusest iseloomustab joon.2. Kõrget suhtelist niiskust aitab vältida õhuvahetuse suurendamine.

Kuigi niisket õhku peetakse meeldivamaks kui kuiva, tuleb siseõhu niisutamisse suhtuda ettevaatlikult, kuna sellega võib ilmned mikroobide ja hallituseoste siseõhku sattumine.



Joon.2. Kahjulike emissioonide sõltuvus õhu suhtelisest niiskusest [3, 4]

2.2. Hallituskus kahjustused

Hallitusseente eoseid (spore) on kõikjal meie ümber. Nad on vähenõudlikud – vajades vaid niiskust, toitu ja soojust (arenguks väga head tingimused on temperatuur 25°C ja suhteline õhuniiskus 70%). Hallitusseened hakkavad kasvama nii puidul kui ka betoonil. Pole vahet, kas tegemist on kodu-, kooli- või kontoriruumidega. Eriti meeldivad hallitusseentele looduslikud materjalid: puupinnad, paber, tekstiil, mõned liimid ja lihvimispestad jms. Peale hallitusseente arenevad niiskes keskkonnas bakterid ja viirused, aga samuti tolmulestad, mis tekitavad allergiat.

Hoonetes kasvavaid hallitusseeni on mitut liiki, tervisehädasid võivad põhjustada kõik ruumiõhus suures koguses esinevad hallitusseente eosed. Mõned hallitusseened on eriti ohtlikud seetõttu, et eritavad mürgiseid toksine, mis võivad jõuda hingamisteedesse ning sealtsiis verrega.

Niisuguses keskkonnas tunneb inimene väsimust, peavalu, teda võivad vaevata pidev nohu ja köha, palavikuhood, silmade, kurgu ja naha ärritus, sageneb haigestumine ülemiste hingamisteede viirusnakkustesse, tihti kimbutab kopsu-, põskkoopa- ja keskkõrvapõletik, väga tundlikel kipub välja kujunema allergia, isegi astma [5].

Hallituskahjustust likvideerima:

- Tuleb asuda kohe pärast hallituskahjustuse avastamist. Pindmist kahjustust on kerge kõrvaldada. Riidekiu sisse pugunud hallitust on vahel võimatu eemaldada;
- Esmalt tuleb leida niiskusallikas ja see kõrvaldada;
- Kõige parem hallitustõrjevahend on majas valitsev puhtus ja kuivus.

Hallituskahjustuse likvideerimise ja kahjulikkuse kohta saab täpsemat teavet prof. U.Kallavuse artiklist „Kas hallitus võib ka mürgine olla?“ [6].

Niiskunud ja peale kütteperioodi algust kuivavad puitlaastplaadid (mööbel, põrandad) toovad ruumi ka saasteained (näit formaldehüüdid).

Gaasi põlemisproduktid sisaldavad ka kantserogeense toimega ühendeid. Kui nad halva ventilatsiooni tõttu satuvad ruumi, siis võivad nad kahjustada pidevalt seal viibivate inimeste tervist.

Kui ruumis on talvetingimustes õhu suhteline niiskus 60% lähedal, siis üksikutel külmadel pindadel on võimalik juba hallitusseente teke.

Antud kontekstis tuleb hallituskahjustuste põhjusena märkida eeskätt

- õhuvahetuse puudulikkust;
- ehitusvigu ja konstruktsiooni puudujääke, vahel ka hoone halba hooldust;
- madalat ruumiõhu temperatuuri.

Õhuvahetuse puudulikkus on tingitud loomulikust õhuvahetusest, mis viimastel korrustel töötab väga halvasti. Tavaliselt halveneb olukord drastiliselt pärast akende vahetust.

Madala õhutemperatuuri põhjuseks on halvasti toimiv küttesüsteem, suvaline küttesüsteemi ümberehitamine, ebaõige küttegaafik ja ebaõiged küttevee vooluhulgad.

Ehitusvigu ja ehituse halba kvaliteeti iseloomustavad hästi 9. korruse korterite termografeerimine, vt. alapunkt 4.3.

Probleemi lahendamiseks on vaja komplekselt likvideerida kõik põhjused.

3. Ventilatsioon ja küte

3.1. Ventilatsioon

90-ndate aastate alguseni kasutati elamutes loomulikku ventilatsiooni.

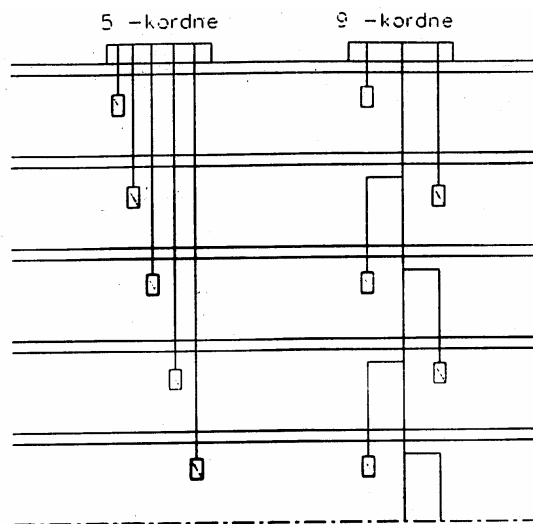
Loomuliku ventilatsiooni liikumapanev jõud on seda suurem, mida kõrgem on kanal ja mida suurem on välisõhu ja siseõhu temperatuuride vahe.

Seega loomuliku ventilatsiooniga õhuvahetus on seda suurem, mida külmem on ilm ja mida pikem (kõrgem) on õhukanal. Õhuvahetust mõjutab tuule tugevus.

Kuna loomuliku ventilatsiooni korral on õhuvahetus suurel määral mõjutatud välistemperatuurist, siis on külmade ilmadega õhuvahetus liialt suur, soojematel päevadel aga liialt väike.

Loomuliku ventilatsiooni tingimustes oli värske õhu juurdevool algselt ette nähtud eeskätt läbi akende ebatiheduste.

Tüüpajade enamlevinud loomuliku ventilatsiooni kanalite skeemid on joon.3.

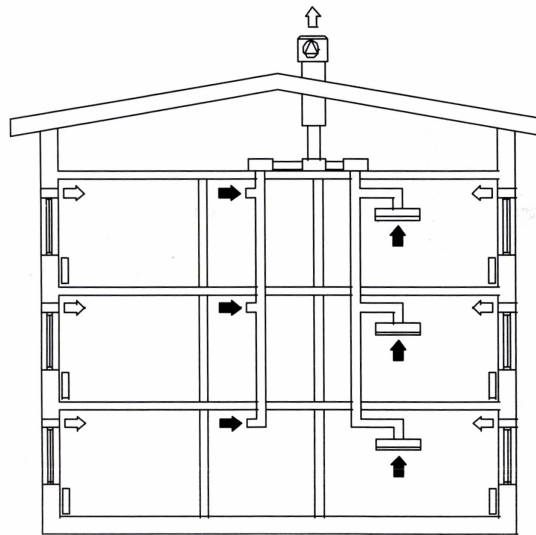


Joon.3. Loomuliku ventilatsiooni kanalite skeemid 5- ja 9-korruseliste tüüpajadele.

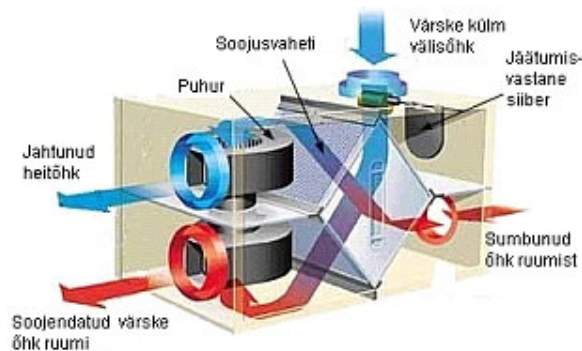
Viimasel kümnendil kasutatakse uutes elamutes sund väljatõmbe-ventilatsiooni, joon.4. Väljatõmme on põhiliselt köökidest, WC-dest, vannitubadest nn mustadest ruumidest. Värske õhk siseneb spetsiaalsete klappide kaudu välisseinas või aknaplokis. Tuleb märkida, et niisuguste süsteemide korral soojuse kulu õhu soojendamiseks on väga suur. See moodustab ligi poole küttesüsteemiga antud soojusest.

Meil kasutatakse suhteliselt harva sissepuhke-väljatõmbe süsteeme. Nende suureks eeliseks on see, et väljatõmmatava õhu soojust saab kasutada sissepuhkeõhu soojendamiseks vastava soojustagasti kasutamisel. **Soojustagasti** kujutab endast soojusvahetit, mis koosneb õhukestest alumiinium-plaadikestest. Moodustunud kanalites voolab vaheldumisi välis- ja väljatõmbe õhk.

Sissepuhke-väljatõmbe süsteemi soojustagastussüsteem on näidatud joon.5.



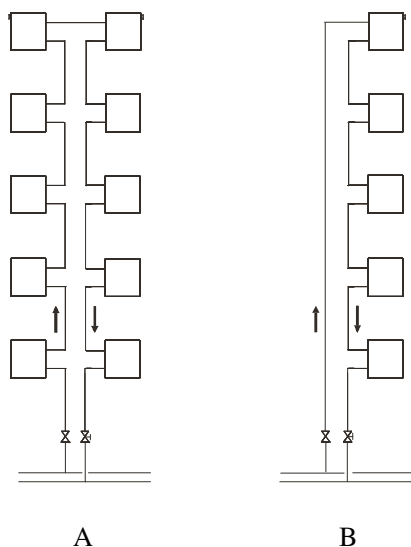
Joon.4. Sund väljatõmbe-ventilatsioon



Joon.5. Sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioonisüsteemi soojustagasti üks võimalikest lahendustest (www.popularmechanics.com).

3.2. Küttesüsteem

Alates möödunud sajandi kuuekümnendate teisest poolest ehitatud tüüpelamutes on reeglina kasutusel ühetoru küttesüsteemid, joon.6. Ühetoru küttesüsteemi omapäraks on see, et vesi läbib järjestikku kõik püstikuga ühendatud küttekehad. Teatud erinevusi võib olla küttekehade ühendusviisis püstikuga, kuid üldpõhimõte jääb samaks. Meil kasutatakse põhiliselt alumise jaotusega süsteeme, vt joon.6. Ülemise jaotusega süsteemid leiavad kasutamist pööningu olemasolul.



Joon.6. Alumise jaotusega ühetoru küttesüsteemi põhimõtteline skeem

Tuleb märkida, et ühetoru küttesüsteemi püstiku soojuslik tasakaal on tagatud ainult küttevee õige temperatuurigraafiku ja vooluhulga korral. Kui soojuskaod muutuvad on vajalik nii uus temperatuurigraafik kui ka uus arvutuslik vooluhulk – st, et on vajalik süsteemi ümberseadistamine.

4. Uurimisobjekt

Uurimisobjektiks olev korter valiti EKÜL'i poolt. Valituks osutus Tallinna Sütiste tee 41 elamu 9. korrusel paiknev 3-toaline korter.

4.1. Sütiste tee 41 korterelamu

Sütiste tee 41 elamu on 9-korruseline paneelmaja, ehitatud aastal 1972, korterite üldpindala 11203 m². Elamus on 3- ja 2-toalised korterid, lisaks üks 1-toaline korter. Majas on ühetoru küttesüsteem ja loomulik ventilatsioon. Passijärgne küttesüsteemi võimsus on 828 kW ja sooja tarbevee süsteemi võimsus 734 kW. Aastal 2002 maja soojusvarustus rekonstrueeriti, mindi üle küttele lokaalsest gaasikatlamajast. Katusel paiknevasse katlamajja on paigaldatud 2 gaasikatelt *BAR-655* võimsusega 600 kW. Gaasikatlamaja ehitusega ehitati ümber küttesõlm: soojusvahetiga ühenduselt segamissõlmeks, joon.7. Soojussõlme temperatuuriregulaator töötab soojavee valmistamise eelistusega. See tähendab, et esmajärjekorras kaetakse soojaveekoormus ja teises järjekorras küttekoormus. Niisugune režiim eeldab tavalisega võrreldes mõnevõrra kõrgemat kütte pealevoolu vee temperatuurigraafikut. Elamu gaasi, soojuse ja veetarbimise, aga samuti erisoojustarbimise näitajad on toodud tabelis 1.

Küttesüsteemi pealevoolu ja tagasivoolu vee temperatuuri kontrollmõõtmised soojussõlmes näitasid, et küttevee vooluhulk on ca 15% väiksem optimaalsest ja küttegraafik madalam taolisele majale eeldatavast. Niisugune olukord põhjustab aga hälbeid küttesüsteemi töös. Maja teatavale alaküttele viitab ka madal aastane soojuse erikulu.

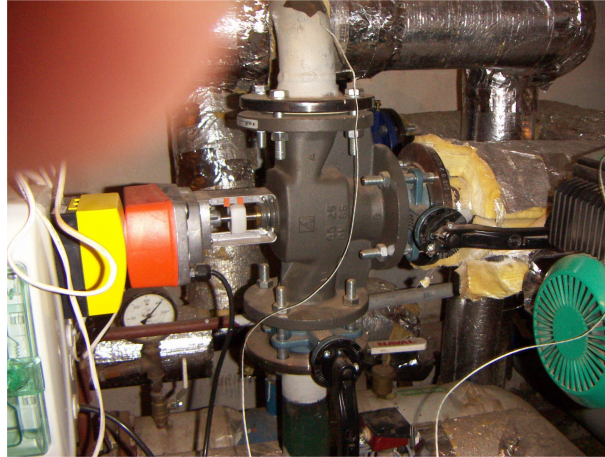
Tabel 1. Elamu gaasi ja soojustarve aastal 2006

Kuu	Gaasi kulu, m ³	Hoone soojustarve, MWh	Sooja-vee tarve, m ³	Soojuse kulu vee soojendamiseks, MWh	Küttekulu, Q _k MWh	Katla kasutegur	Soojuse erikulu kWh/m ²
jaan	38774	340	553,6	32,1	307,9	0,94	30,4
veebr	38006	331	691,57	40,1	290,9	0,93	29,6
märts	37097	322	728,56	42,3	279,7	0,93	28,7
aprill	20925	179	606,54	35,2	143,8	0,91	16,0
mai	8751	76	558,74	32,4	43,6	0,93	6,78
juuni	6754	58	518,79	30,1	27,9	0,92	5,2
juuli	4149	35	424,6	24,6	10,4	0,90	3,1
august	5384	46	456,53	26,5	19,5	0,91	4,1
sept	6097	53	524,47	30,4	22,6	0,93	4,7
okt	19090	165	625,65	36,3	128,7	0,92	14,7
nov	25884	225	596,77	34,6	190,4	0,93	20,1
dets	17528	151	600,78	34,8	116,2	0,92	13,5
Aasta	228439	1981	6886,6	399,4	1581,6	0,93	176,8

Arvestades normaalaasta 4220 °Cd-ga ja aasta 2006 kraadpäevade arvuga 3800, saame leida erisoojustarve normaalaastale üleviiduna

$$(1581,6 \cdot 4220 / 3800 + 399,4) / 11203 \cdot 10^{-3} = 192,4 \text{ kWh/m}^2$$

Tulemus on madalam Mustamäe tüüpajade keskmisest suurusest.



Joon.7. Sütiste tee 41 segamissõlm

4.2. Uuritav korter (korter A)

4.2.1. Küttesüsteem

Küttekehad. Elutuppa ja magamistuppa on paigaldatud malmseksioon radiaatorid (M140AO), vastavalt 8 ja 7 ribi, vt joon.8. Köögis ja köögi kõrval olevas lastetoas on paneelradiaatorid (PCT) pikkusega vastavalt 1300 ja 1200 mm, vt joon. 9. Küttesüsteem on ühetorusüsteem. Köögi ja lastetoa radiaatorid paiknevad ühel ja samal püstikul, seega järjestikku on paigaldatud 18 küttekeha (püstiku A variant). Elutoa radiaator on püstiku esimene, selles toas on kasutusel püstiku B variant. Magamistoa püstikul on radiaatoreid nii tõusval kui langeval suunal. Tuleb märkida, et küttekehade asendamisel on ära jäetud reguleerventiilid. **Korteri A kontrollarvutused näitavad, et ainult hoonele algselt projekteeritud küttegraafiku (95-70) kasutamisel on korteris paigaldatud küttekehadega võimalik tagada vajaliku õhuvahetuse tingimustes ettenähtud temperatuurirežiim.**



Joon.8. Magamistoa radiaator ja ühendustorud



Joon.9. Köögi radiaator (PCF) ja ühendustorud

4.2.2. Küttekehade soojusväljastuse määramine

Küttekeha soojusväljastus on määratud käsiraamatute [7, 8] järgi.

Malmseksioonradiaatorid.

Ühe seksiooni (ribi) tegeliku soojusväljastuse konkreetsel vee ja ruumiõhu temperatuuridel saab leida valemitega (1) ja (2)

$$\Phi_{ribi} = \Phi_{ribi}^* \cdot \left(\frac{\Delta t_k}{70} \right)^{1,3} \cdot a \quad \text{W} \quad (1)$$

kus

Φ_{ribi}^* – ühe seksiooni nominaalne soojusväljastus, vene küttekehadele on määratud temperatuuride vahele $\Delta t_k = 70^\circ\text{C}$,

$\Delta t_k = t_{kesk} - t_s$ – arvutuslik temperatuuride vahe $^\circ\text{C}$,

t_{kesk} - soojuskandja keskmine temperatuur küttekehas $^\circ\text{C}$,

t_s - ruumiõhu temperatuur $^\circ\text{C}$,

a - parandustegur.

Küttekeha soojusväljastus

$$\Phi_{rad} = \Phi_{ribi} \cdot n \cdot \beta_1 \quad \text{W} \quad (2)$$

kus n – seksioonide arv.

β_1 - parandustegur.

Paneelradiaatorid

Küttekeha soojusväljastus määratakse valemiga (3)

$$\Phi_{rad} = \Phi_{rad}^* \cdot \left(\frac{\Delta t_k}{70} \right)^{1,3} \cdot \beta_2 \quad \text{W} \quad (3)$$

kus

Φ_{rad}^* – radiaatori nominaalne soojusväljastus,

β_2 - parandustegur.

4.2.3. Korterisoojuskadude arvutus

Õhuvahetus

Korteris õhuvahetus on kontrollitud välisõhu temperatuuril 2°C siseõhu süsihappegaasi kontsentratsiooni muutuse alusel. Korteris õhuvahetuse kordarvuks on saadud 0,1 1/h.

Seda võiks lugeda korteris keskmiseks õhuvahetuse kordarvuks.

Piirdetarindid

Korteris aknad on vahetamata, arvutustes on U-arvuks võetud $U = 2,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{°C})$.

Välisseinte U-arvuks on arvutustes $U = 0,97 \text{ W}/(\text{m}^2\text{°C})$.

Katuslae U-arv on arvutustes $U = 0,73 \text{ W}/(\text{m}^2\text{°C})$.

4.2.4. Korterisoojusbilanss

Korterisoojusbilansi kontroll on tehtud välisõhu temperatuuril -3,0°C ja siseõhu arvutuslikule temperatuurile 21°C, seega arvutuslikul temperatuuride vahel $\Delta t = 24\text{°C}$.

Arvutuslikud soojuskaod (keskmisel õhuvahetusel)

	Arvutuslikud soojuskaod Φ_{sk} , W
Elutuba, esik	800
Köök, vannituba	470
Lastetuba	580
Magamistuba	600
Kokku	2450 W

Erisoojuskaod, $H = \Phi_{\text{sk}} / \Delta t$ 102,1 W/°C

Soojuse juurdevool

	Φ_{rad} , W
Küttekehade ja torustiku arvutuslik soojusvool	
Elutuba, esik	382
Köök, vannituba	286
Lastetuba	293
Magamistuba	229
Kokku	1190 W

Õöpäeva keskmine vabasoojus ja soojusvool
8-ndalt korruselt 875 W

Kõik kokku **2065 W**

Soojuskadude ja soojuse juurdevoolu vahe:

$$\Delta\Phi = 2450 - 2065 = 385 \text{ W}$$

Soojuskadude ja soojuse juurdevoolu erinevusest tingitud korteri õhutemperatuuri keskmine erinevus arvutuslikust:

$$\Delta t = \Delta\Phi/H = 385/102,1 \approx 3,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

Korteri siseõhu temperatuuri monitooring ja kontrollmõõtmised olukorras, kus ventilatsiooniagregaat ja sooja õhu puhur ei töötanud näitas, et uuritud korteri sisetemperatuur oli ca 3,5...4°C madalam, kui arvutuslik.

Madalatel välisõhu temperatuuridel olukord halveneb veelgi, seda kinnitasid ka uuritava korteri elanikud.

4.3. Termograafia

Katuslae ja katuslae-seinte seisukorra hindamiseks on tehtud piirdetarindite termograafiline uuring. Uuring tehti välisõhu temperatuuril -9°C.

Termopildid on tehtud 9. korruse korterite A, B ja E lagedest, seintest. Uurimisel kasutatud meetodika/standard: EVS-EN 13187:2001 "Thermal performance of buildings. Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes. Infrared method".

Termograafilise uuringu viis läbi TTÜ ehitusfüüsika ja arhitektuuri õppetool.

Mõõtmine toimus 25.01.2007.

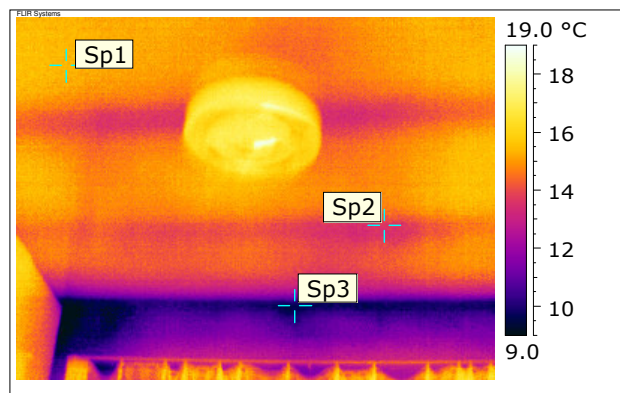
Uuringu iseloomulikud tulemused on näidatud joonistel 10 kuni 18.

Uuring viitab ehituse kvaliteedi selgetele puudustele katuslae, aga eriti katuslae ja välisseina kokkupuute osas.

Olukorda aitab parandada lisasoojustamine ja ventilatsiooni parandamine ning kütterežiimi korrastamine.

Kõige problemaatilisemate välisseinte alade võimalikku lisasoojustamist iseloomustab joon.19. Fotodelt on näha, ei välisseinte ülaserv on soojustatud.

Termopilt



IR Text Comment	Value
Välistemperatuur, -° C	9.0
Sisetemperatuur, +°C	17.2
Label	Value
Sp1	15.4 °C
Sp2	13.6 °C
Sp3	9.6 °C

Foto

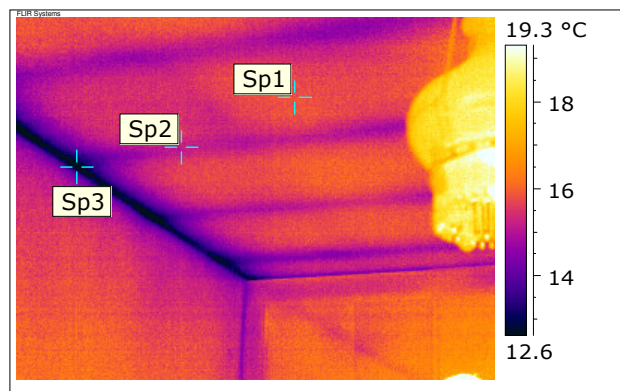


Kommentaar:

Katuslae ja seina nurgas on otsene külmasild, mis talve tingimustes viib seal temperatuuri kuni 9 kraadini. Aga 9 kraadi ja kõrgenenud niiskus tähendab juba kastepunkti, mis põhjustab hallituse tekke.

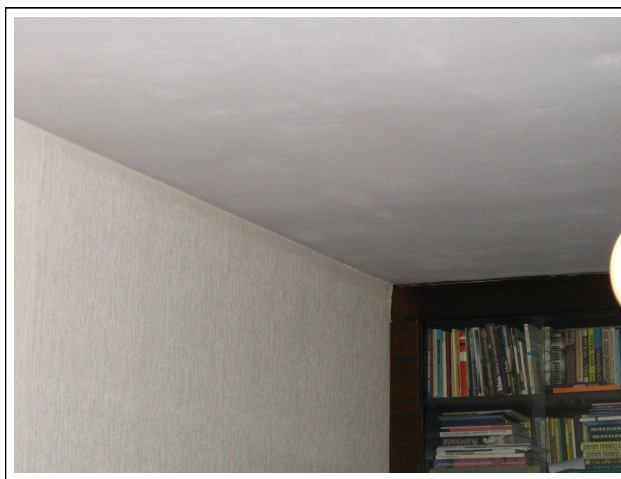
Joon. 10. Korter E, köök

Termopilt



IR Text Comment	Value
Välistemperatuur, -°C	9.0
Sisetemperatuur, +°C	17.2
Label	Value
Sp1	15.8°C
Sp2	15.3°C
Sp3	12.5 °C

Foto

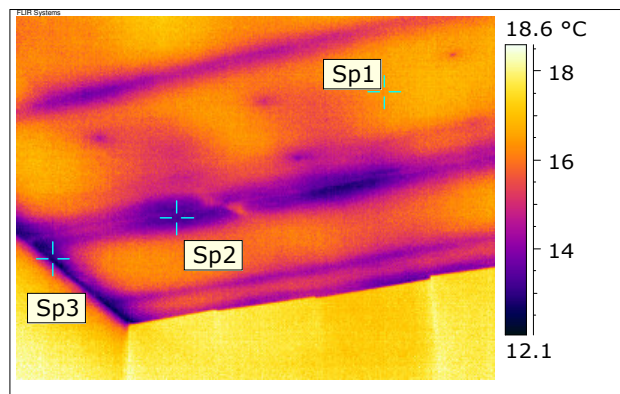


Kommentaar:

Pilt näitab selgeid puudusi katuse ehitamisel.

Joon.11. Korter E, elutuba

Termopilt



IR Text Comment	Value
Välistemperatuur, -°C	9.0
Sisetemperatuur, +°C	17.2
Label	Value
Sp1	16.5 °C
Sp2	13.0 °C
Sp3	12.6 °C

Foto

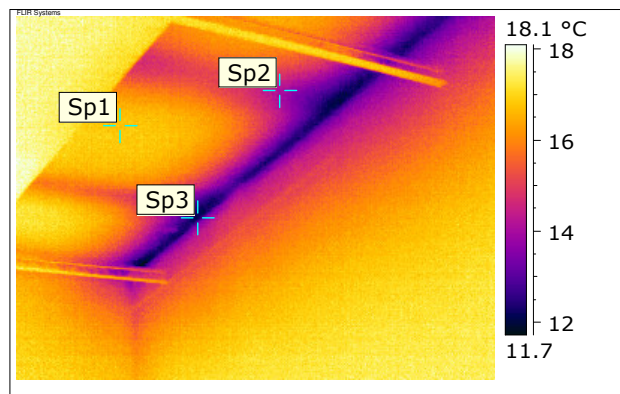


Kommentaar:

Pilt näitab, et soojustuse paigutus katuse ehitamisel on olnud ebakvaliteetne.

Joon.12. Korter E, magamistuba

Termopilt



IR Text Comment	Value
Välitemperatuur, -°C	9.0
Sisitemperatuur, +°C	17.2
Label	Value
Sp1	16.7 °C
Sp2	14.0 °C
Sp3	12.1 °C

Foto

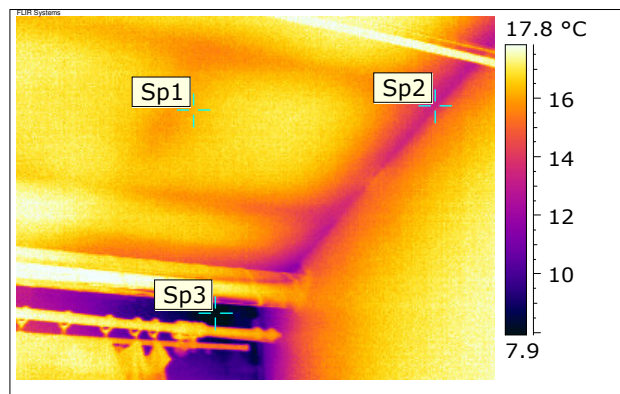


Kommentaar:

Külmasild lae ja siseseina kokkupuutel.

Joon.13. Korter A, lastetuba (1)

Termopilt



IR Text Comment	Value
Välitemperatuur, -° C	9.0
Sisitemperatuur, +°C	17.2
Label	Value
Sp1	16.2 °C
Sp2	13.2 °C
Sp3	7.3 °C

Foto

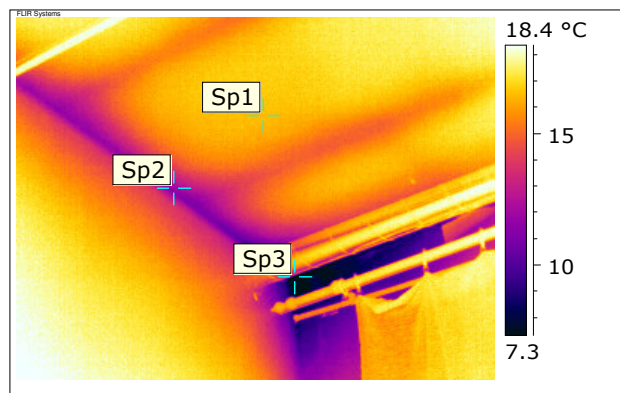


Kommentaar:

Katuslae ja seina nurgas on külmasild, kus pinnatemperatuur on 7 °C. Niisuguses olukorras niiskuse kondenseerumine talvetingimustes on täiesti ilmne.

Joon.14. Korter A, lastetuba (2)

Termopilt



IR Text Comment	Value
Välistemperatuur, -° C	9
Sisetemperatuur, +°C	18
Label	Value
Sp1	16.4 °C
Sp2	11.7 °C
Sp3	6.1 °C

Foto

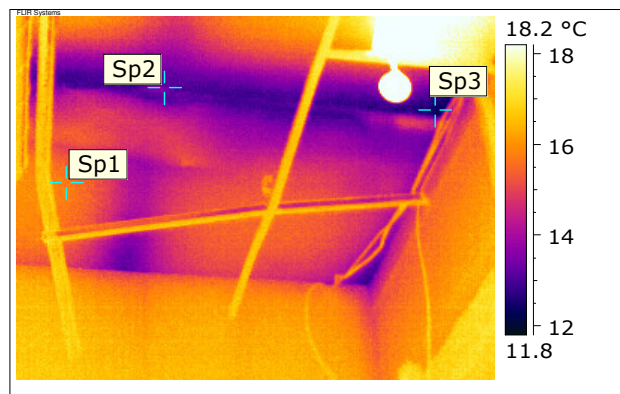


Kommentaar:

Katuslae ja sein nurgas on ohtlik külmasild, kus pinnatemperatuur on 6 °C. Talvetingimustes niiskuse kondenseerumine on täiesti ilmne.

Joon.15. Korter A, lastetuba (3)

Termopilt



IR Text Comment	Value
Välitemperatuur, -°C	9.0
Sisitemperatuur, +°C	18.0
Label	Value
Sp1	15.8 °C
Sp2	13.4 °C
Sp3	12.2 °C

Foto

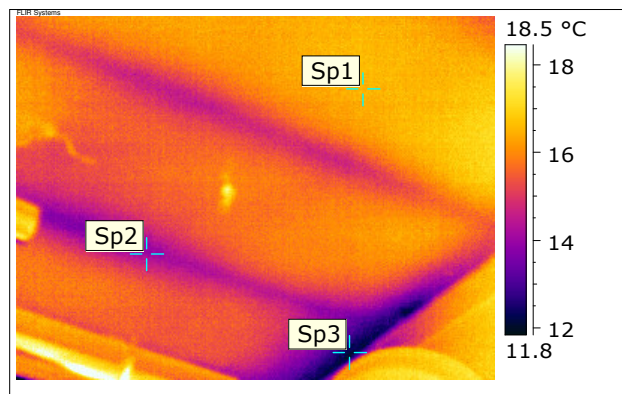


Kommentaar:

Katuslae soojustus on tehtud ebakvaliteetselt.

Joon.16. Korter A, koridor

Termopilt



IR Text Comment	Value
Välitemperatuur, -° C	9.0
Sisitemperatuur, +°C	17.0
Label	Value
Sp1	16.4 °C
Sp2	14.1 °C
Sp3	12.0 °C

Foto

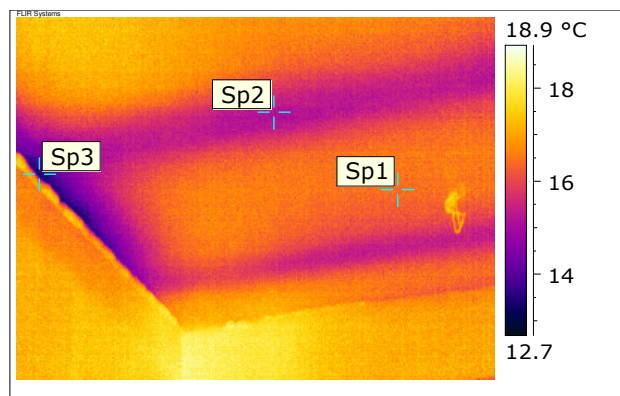


Kommentaar:

Puudused katuslae soojustamisel.

Joon.17. Korter A, köök (1)

Termopilt



IR Text Comment	Value
Välitemperatuur, -°C	9.0
Sisitemperatuur, +°C	17.0
Label	Value
Sp1	16.4 °C
Sp2	15.0 °C
Sp3	13.3 °C

Foto



Kommentaar:
Puudused katuslae soojustamisel.

Joon.18. Korter A, köök (2)



Joon.19. Piltidelt on näha välisseinte ülemiste osade lisasoojustamise alad

4.4. Elanike küsitlus

2007 aasta kevadel viidi läbi elamu 3-trepikoja elanike küsitlus. Küsitlusankeet vt Lisa 1. Tagasisidena saadi **25** korteri vastused küsimustele.

25 korterist 15-l on aknad vahetatud.

Täiendavat elekterkütet kasutasid 11 korterit 25-st, seejuures 6-st vastanud 9-korruse korterist kasutasid lisakütet 5. Ühes 9-korruse korteris oli aga rakendatud tõhusaid meetmeid külmasildade mõju elimineerimiseks.

Õhu kvaliteeti hindas heaks 5 korterit, halvaks 1, väga halvaks 1, ülejäänud 9-korterit hindasid õhu kvaliteeti rahuldavaks. Tuleb märkida, et vahetatud akendega korterites oldi rohkem rahul õhu kvaliteediga: halba ja väga halba hinnangut ei olnud. Niisugune reageering on üllatav, kuna akende vahetusega õhuvahetus kindlasti halveneb. Ilmselt mõtles osa elanikest õhu kvaliteedi all sisekliimat laiemalt.

Ruumiõhu temperatuur oli talvel 13 korteris alla 20 °C, ka kevad-sügisperioodil oli 10 korteris õhutemperatuur liialt madal. 2 korterit märkisid madalaimaks temperatuuriks isegi 13°C.

Elanike küsitlus kinnitas, et maja on alaköetud ja küttesüsteem toimib halvasti. Ebahütlane õhutemperatuur on osaliselt tingitud sellest, et umbes pooltes korterites on aknad vahetatud. Madalaim õhutemperatuur oli 9. korrusel, ka 1. korrusel võis täheldada väga madalat siseõhu temperatuuri.

4.5. Hinnang olukorrale

Reas korterites, eriti 9. korrusel, on sisekliima tingimused väga halvad.

Katuslae piirkonna külmasildade (vt termograafia) ja väga kehvade õhuvahetuse tulemuseks on hallituse teke, vaata korteri A lae piirkonna fotod joonistel 20 ja 21.

Niisugusele olukorrale aitavad kaasa puudused küttesüsteemi töös: alandatud temperatuurigraafik ja vooluhulgad, tasakaalustamata küttesüsteem, aga samuti lokaalkatlamajast tingitud iseärasuste mitteametamine küttegaafiku kujundamisel.

Tulemuseks on väga tõsised kõrvalekalded normaalsest eksploatatsioonirežiimist.

Niisugune olukord teeb teatud inimeste grupile – allergikud – praktiliselt võimatuks elamise mõningates korterites.



Joon.20. Foto välis- ja sisešina ning katuslae kokkupuute kohast korteri A lastetoas



Joon.21. Foto siseseinte ning lae kokkupuute kohast korteri A elutoas

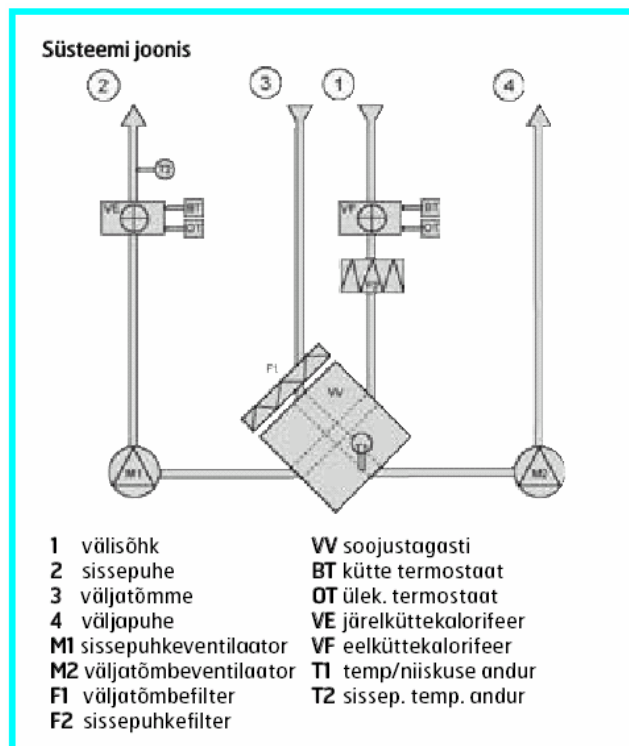
5. Ventilatsioonisüsteemi rajamine

Uuritavas korteris A vajaliku õhuvahetuse tagamiseks rajati sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioon. Rajatava ventilatsioonisüsteemi aluseks oli osaihingus Aksiaal OÜ valminud ventilatsiooniprojekt, vt. Lisa 2, mis baseerus plaatsoojustagastiga ventilatsiooniagregaadil FLEXIT S3X.

Ventilatsiooniagregaadi FLEXIT S3X põhimõtteline skeem on toodud joon. 22 ja vaated/lõiked joon. 24, Ventilatsiooniagregaadi tehnilised andmed on esitatud tabelis 2.

Tabel 2. Ventilatsiooniagregaadil FLEXIT S3X tehnilised andmed

Elekterküttekeha	1200 W
Ventilaatorite võimsus	2x165 W
Eelsoojendi võimsus	700 W
Ventilaatori tüüp	F-tiivik
Filter (sissepuhke/väljatõmme)	F7/G3
Seadme kaal	40 kg
Ühendustorude läbimõõt	125 mm
Kõrgus	700 mm
Laius	598 mm
Sügavus	280 mm



Joon. 22. Ventilatsiooniagregaadi FLEXIT S3X põhimõtteline skeem

Kasutatud siseõhk imetakse läbi väljatõmbeplafoonide. Õhk läbib filtri ja plaatsoojustagasti, ning seejärel puhutakse see ventilaatori abil läbi olemasoleva väljatõmbekanali välja. Värske välisõhk imetakse sisse läbi välisseinas oleva restiga kaetud ava. Õhk läbib filtri ja plaatsoojustagasti, kus ta soojeneb väljatõmbeõhu soojuse ülekandmise teel.

Sisepuhke- ja väljatõmbeõhu omavaheline kokkupuude plaatsoojustagastis on tänu selle erisuunalistele lamellidele praktiliselt välistatud.

See tagab ka, et väljatõmbeõhus sisalduda võivad kahjulikud ained ei pääse saastama sisepuhkeõhku.

Elektrooniliselt kontrollitava järelküttekalorifeeri abil on võimalik sisepuhkeõhku täiendavalt soojendada. See tagab sobiva sisepuhkeõhu temperatuuri ka siis, kui õhutemperatuur väljas langeb. Peale agregaadist väljumist läbib sisepuhkeõhk mürasummuti, enne, kui ta juhatakse ruumidesse laiali läbi sisepuhkeplafoonide. Agregaadil esiküljel on teenindusüksus, mis võimaldab kergesti ligi pääseda soojustagastile, ventilaatoritele ja filtritele.

Pidevaks siseneva õhu temperatuuri reguleerimiseks on seadmele sisse ehitatud elektriline järelküttekalorifeer. Kalorifeer hakkab tööle, kui siseneva õhu temperatuur langeb allapoole seadistatud väärtust. Soovitava sisepuhkeõhu temperatuuri seadistamine toimub termostaadi potentsiomeetri abil. Elektrikalorifeeri võimsus on 1200 W. Järelküttekalorifeerid on paigaldatud agregaati peale soojustagastit. Väga madala välisõhu temperatuuri korral võib lisaks sisse lülitada ka eelküttekalorifeeri. Eelküttekalorifeer on mõeldud kasutamiseks sulatusrežiimis jäätekket õhu korral. Eelküttekalorifeeri võimsus on 700 W.

Soojusvahetit tuleb puhastada vähemalt üks kord aastas.

Selleks tuleb võtta kassett ettevaatlikult välja ja seejärel pesta sooja vee ja seebiga, soodast ei tohi kasutada. Edasi tuleb lasta soojustagastil kuivada ja ettevaatlikult asetada oma kohale tagasi. Seadme juhtpaneelil, joon.23, asuva kahe nupu abil on võimalik valida kolme erineva ventilaatorite kiiruse vahel, samuti lülitada sisse/välja järelküttekalorifeeri.

Paneel on varustatud indikaatorlampidega, mis näitavad valitud kiirust, järelkütte valmidust ja tööd. Punane indikaatorlamp näitab häiret, mis võib tekkida ülekuumenemisest, tuletõrjealarmi rakendumisest või liigselt saastunud filtrite tõttu. SP30-ga on kergesti võimalik ühendada erinevaid lisaseadmeid, nagu näiteks nädalataimerit, taimerit õhuvooluhulga ajutiseks suurendamiseks ja spetsiaalset välist distantsjuhtimismoodulit.



Joon. 23. Juhtpaneel SP30

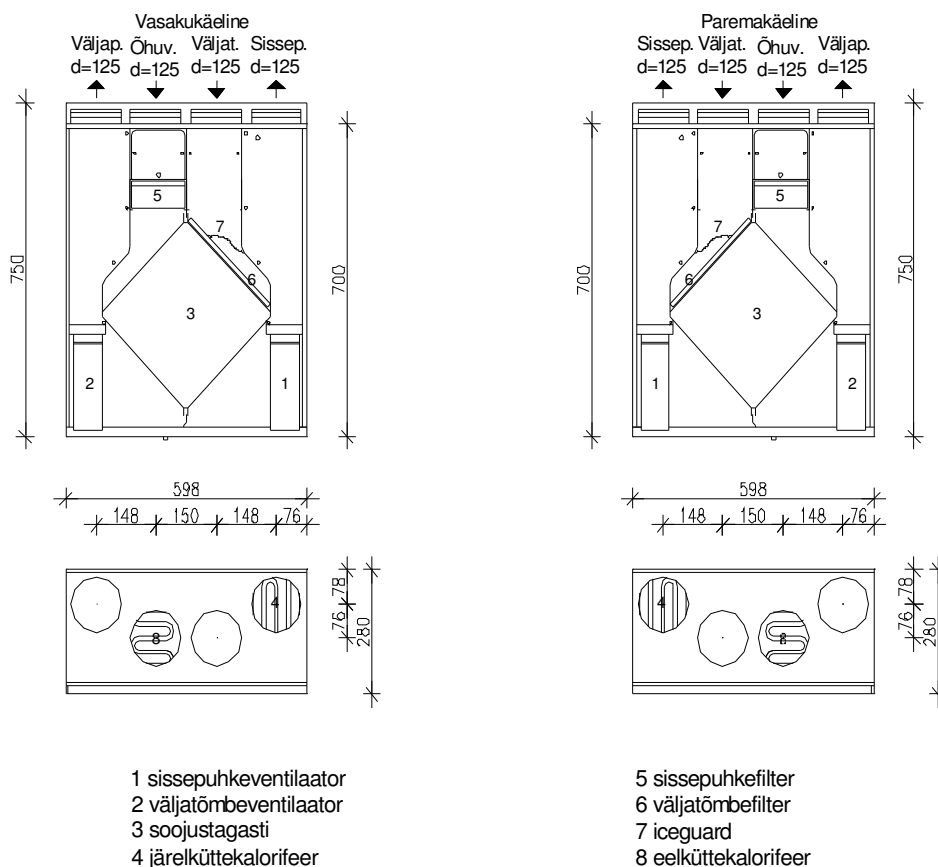
Tabelis 3 on toodud vastavalt valmistajatehasest saadud täiendavatele andmetele ventilatsiooniagregaadil FLEXIT S3X soojustagasti temperatuurikasutegurid ja ventilaatorite võimsustarve tootlikkustel 45 ja 29 l/s.

Tabel 3. Ventilatsiooniagregaadi FLEXIT S3X soojustagasti temperatuurikasutegurid ja ventilaatorite võimsustarve

Suurus	Tootlikkusel 45 l/s	Tootlikkusel 29 l/s
Temperatuurikasutegur, %	63	69
Ventilaatorite võimsustarve, W	110	70

Ventilaatorite karakteristikud on toodud joonisel 25 ja 26.

Ventilatsioonisüsteemi rajas AS Klik. Fotod rajatud ventilatsioonisüsteemist on toodud joonistel 27, 28, 29 ja 30.

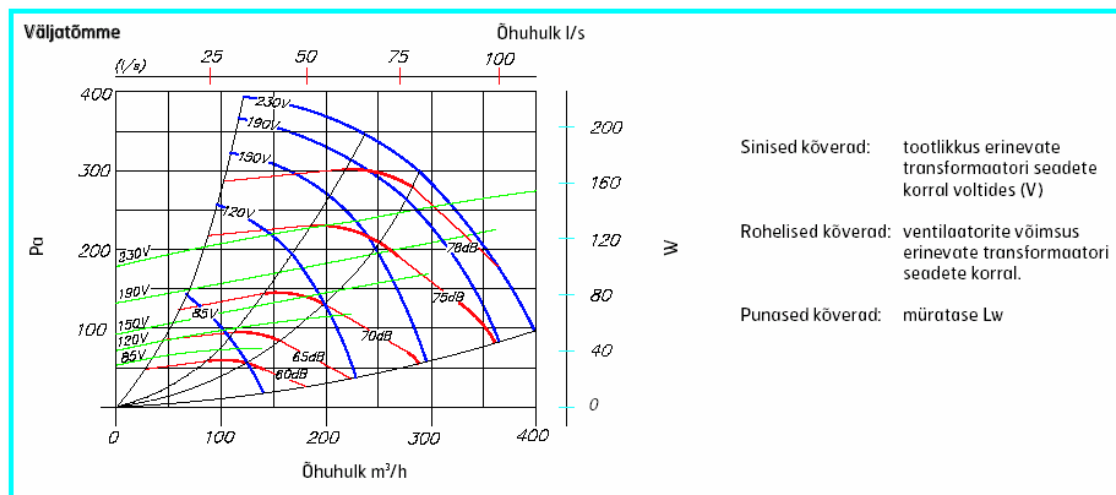


Joon. 24. Ventilatsiooniagregaadi FLEXIT S3X vaated

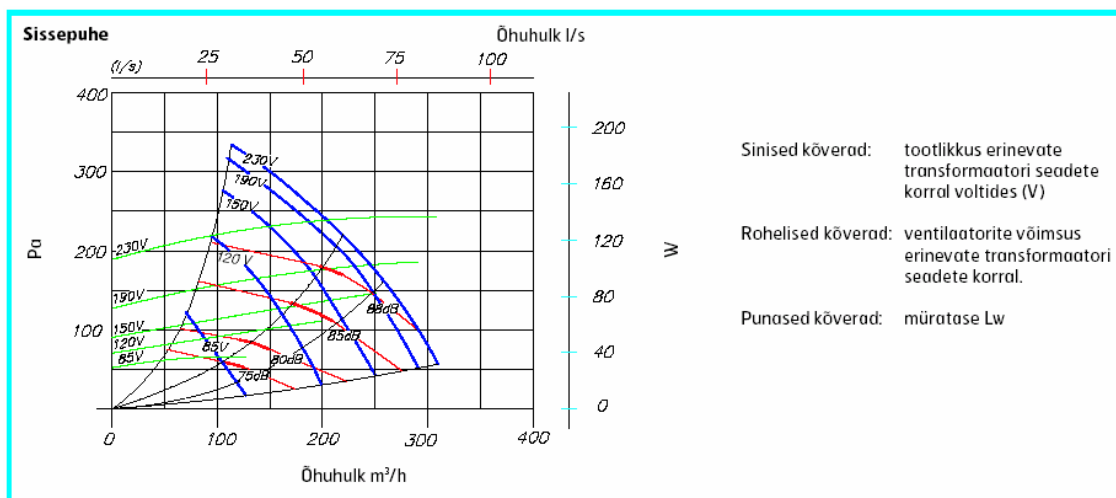
Ventilatsioonisüsteemi seadistamise tegi Amecon OÜ septembris 2007. Vaata Tabel 4 ja korteri seadistuslaan, Lisa 3.

Tabel 4. Seadistatud ja projekteeritud õhuvooluhulgad

Ruum	SP/VT	Mõõtepunkt	Plafoon	Asend	Mõõdetud, l/s	Projekteeritud,
901	sissepuhe	901	ULA100	6	14	13
902	sissepuhe	902	ULA100	9	13	10
	väljatõmme	903	URH100	-15	3	3
903	sissepuhe	904	ULA100	6	14	12
	väljatõmme	905	URH100	-15	3	3
904	väljatõmme	906	ULA100	9	21	20
905	väljatõmme	907	URH100	12	14	15



Joon. 25. Väljatõmbe ventilatori karakteristikud



Joon. 26. Sissepuhke ventilatori karakteristikud



Joon.27. Ventilatsiooniagregaat ühenduskanalite ja mürasummutitega (köök).



Joon.28. Elutoa sissepuhe



Joon.29. Magamistoa sissepuhe



Joon.30. Köögi väljatõmme

6. Sisekliima monitooring

Sisekliima uuringud tehti uuritavas sundventilatsiooniga korteris (korter A), aga samuti 9. korruse võrdluskorterites B, C, D ja F. Korteriid A, B ja C on sama trepikoja korterid. Korteri B on renoveeritud akendega 2-toaline korter, õhuvahetus eriti kehv. Korteri lakke on kleebitud polüstürool viimistlusplaadid. Vannitoas/WC-s väljatõmbekanal puudub, ventileeritakse köögi kaudu (rest köögi seinas), köögis on 2 väljatõmbe resti. Halvale ventilatsioonile viitavad niiskuskahjustused magamistoas ja magamistoa akende sage „higistamine“.

Korter C on samuti 2-toaline korter, elutubades on aknad renoveeritud, köögis mitte, korterit kasutati monitooringuks lühiaegselt.

Ka korter F on kahetoaline, osaliselt renoveeritud akendega korter V trepikojas.

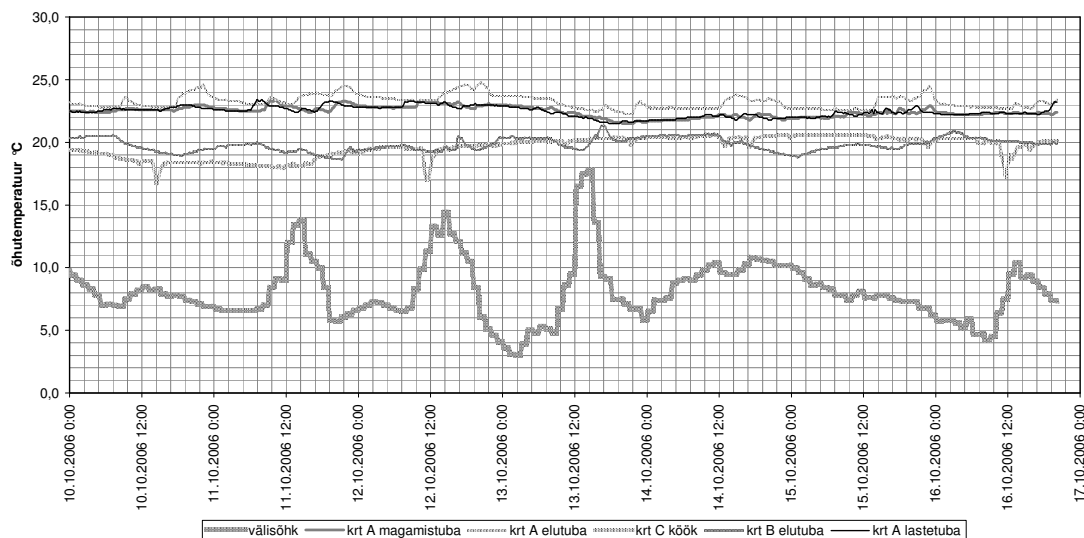
Korter D on renoveerimata akendega 3-toaline korter naabertrepikojas. Termograafiline uuring tehti korteri D asemel sama trepikoja korteris E.

Sisekliima monitooringuga alustati oktoobris 2006. Lisaks korterile A toimus pikaajaline sisekliima monitooring korterites B ja D, lühiaegselt ka korterites C ja F.

Siseõhu temperatuuri ja suhtelise niiskuse monitooringuks kasutati Hobo ja Comark logereid, süsihappegaasi taseme registreerimiseks TelAire mõõturit koos Hobo logeriga. Temperatuuri registreerimiseks kasutati Testo 4-kanalisi logereid TESTO 177-4.

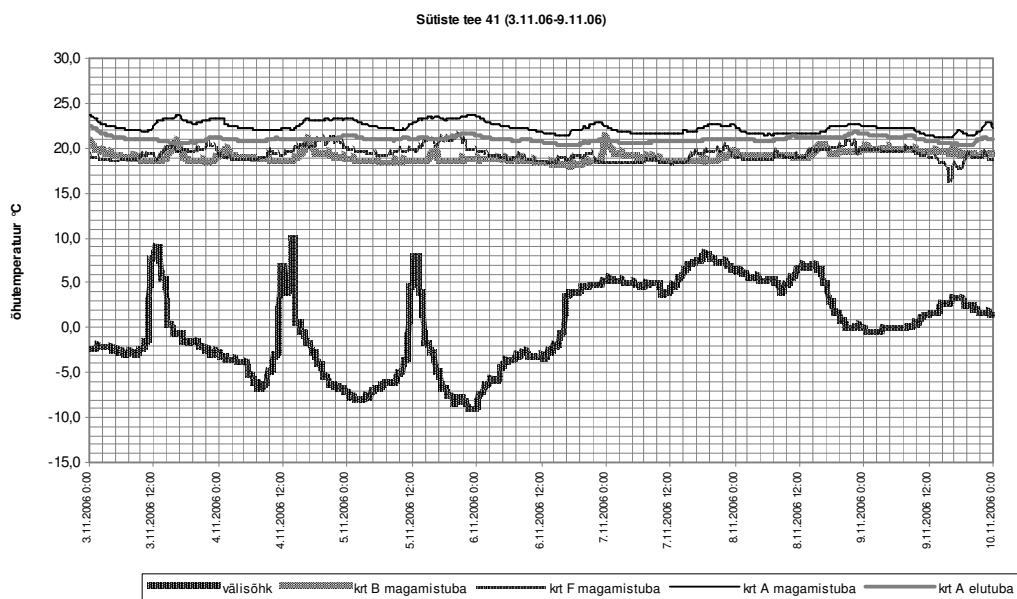
Iseloomulike perioodide monitooringu tulemused on esitatud joonistel 31 – 38.

Sütiste tee 41 (10.10.06-16.10.06)



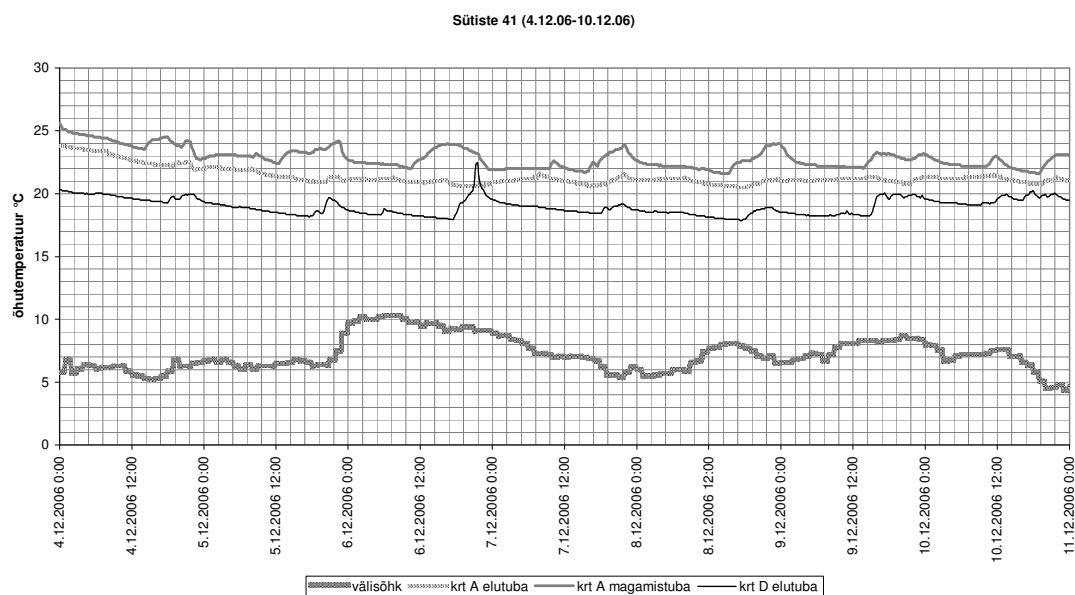
Joon. 31. Siseõhu temperatuur korteri A magamis-, elu- ja lastetoas ning korteri B elutoas ja korteri C köögis ajavahemikul 10-st kuni 16-nda oktoobrini.

Jooniselt 31 on näha, et sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioonisüsteemiga korteris A (tänu järelkütte kalorifeeri kasutamisele) on õhutemperatuur suhteliselt kõrge 22-23°C ja on 2-3°C kõrgem kui võrdluskorterites B ja C.



Joon. 32. Siseõhu temperatuurid korteri A elu- ja magamistoas ning korterite B ja F magamistubades 3-ndast kuni 9-nda novembrini.

Jooniselt 32 on näha, et ka novembris madalamate välistemperatuuridega oli korteri A, õhutemperatuur tänu ventilatsiooniagregaadi kasutamisele, ca 2°C kõrgem kui võrdluskorterites B ja D.

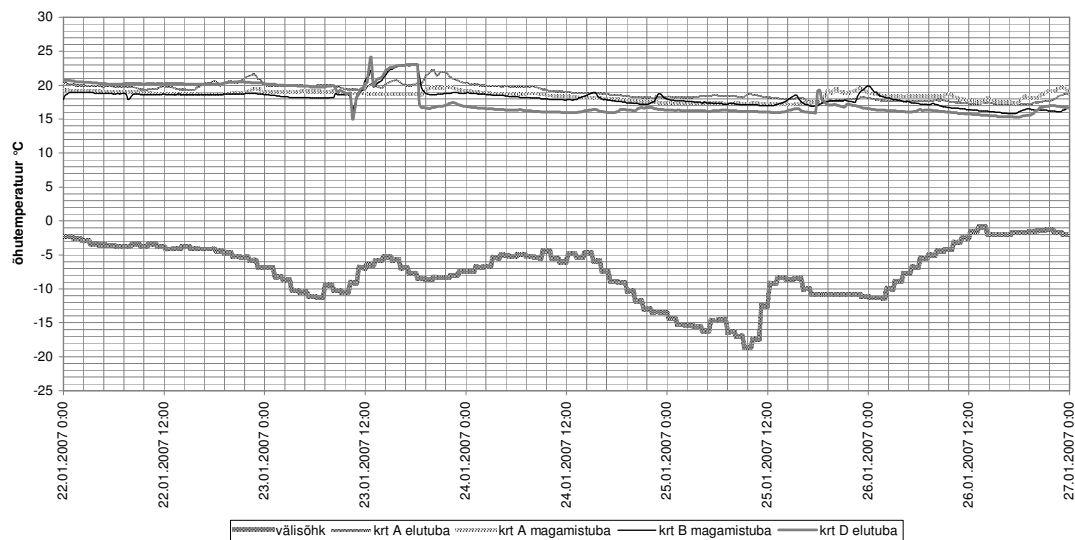


Joon.33. Siseõhu temperatuurid korteri A elu- ja magamistoas ning korteri D elutoas 4-dast kuni 10-nda detsembrini.



Detsembrikuus ca 5°C välisõhu temperatuuri juures olid korteris A (ventilatsiooniagregaat oli kasutusel) elu- ja eriti magamistoas õhutemperatuurid 2-3°C kõrgemad kui referentskorteris D.

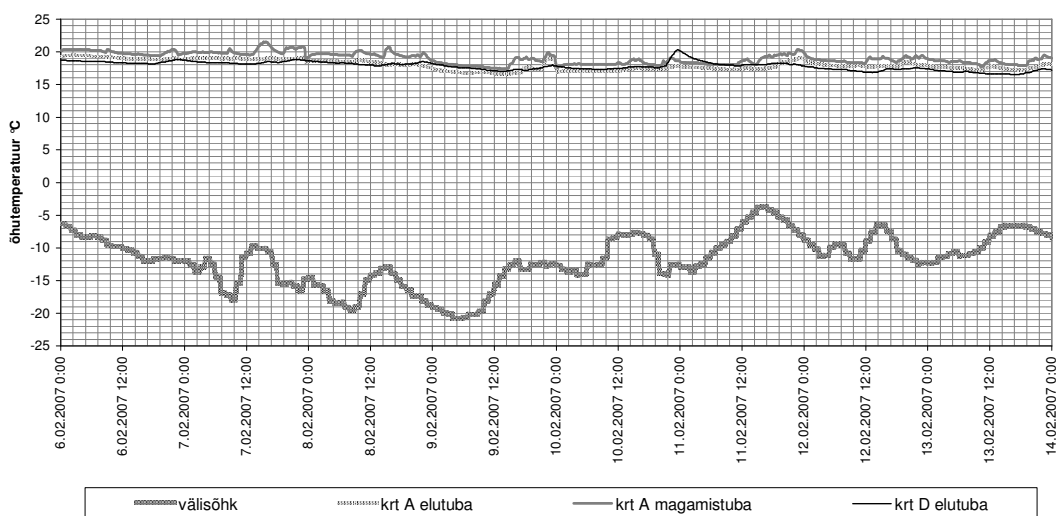
Sütiste tee 41 (22.01.07-26.01.07)



Joon.34. Siseõhutemperatuurid korteri A elu- ja magamistoas ning korterite B magamistoas ja korteri D elutoas 22-st kuni 27-nda jaanuarini.

Jaanuari lõpu madalatel välisõhu temperatuuridel oli korteri A ventilatsiooniagregaat töös ainult episoodiliselt (suure elektrikulu vältimiseks). Selles olukorras oli korteri A elu- ja magamistoas ning võrdluskorterite B ja D siseõhu temperatuuride erinevused tühised.

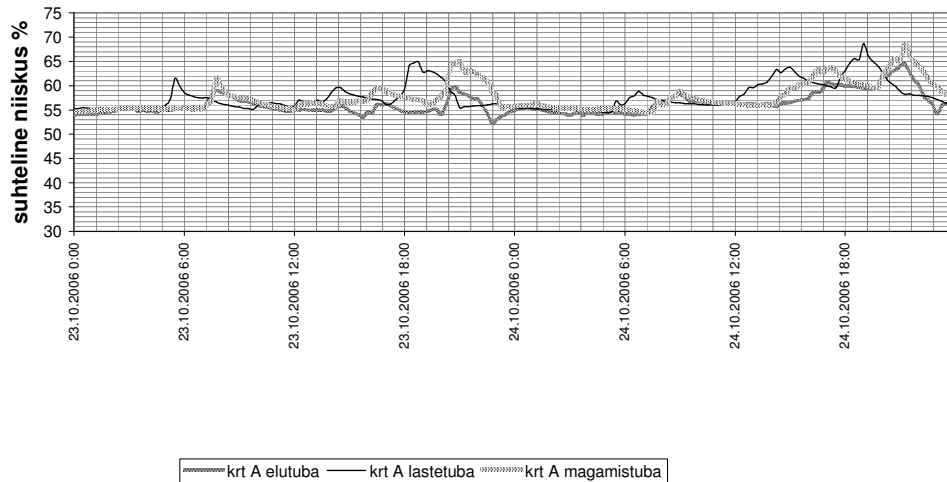
Sütiste tee 41 (06.02.07-13.02.07)



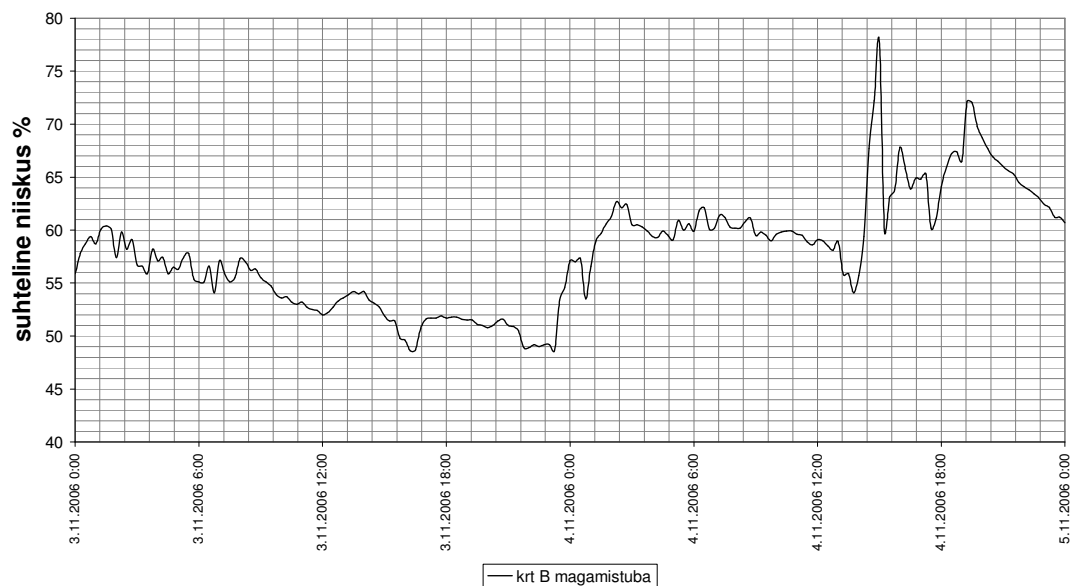
Joon.35. Siseõhutemperatuurid korteri A elu- ja magamistoas ning korteri D elutoas 6-st kuni 13-nda veebruarini.

Ka veebruari madalatel välisõhu temperatuuridel oli korteri A ventilatsiooniagregaat töös ainult episoodiliselt (suure elektrikulu vältimiseks). Erinevused korteri A elu- ja magamistoa ning võrdluskorteri D siseõhu temperatuurides olid tühised.

Joonistel 36 kuni 39 on toodud korterite suhtelise niiskuse tase.

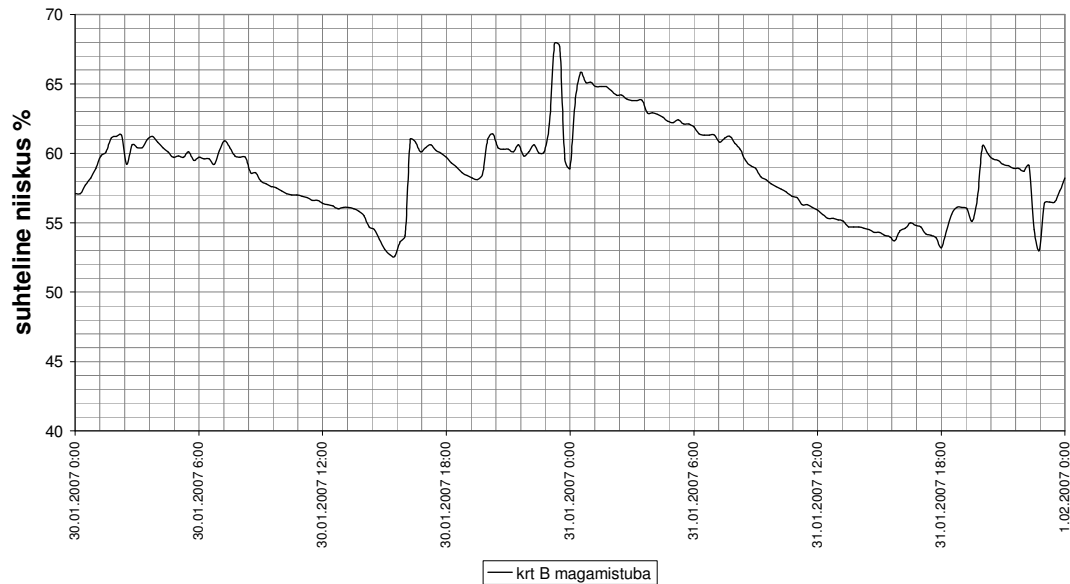


Joon. 36. Koteri A elu-, laste- ja magamistoa suhtelised niiskused 23. oktoobri kella 00.00-st kuni 24. oktoobri kella 24.00-ni.



Joon. 37. Korter B magamistoa suhteline niiskus 3-da novembri kella 00.00-st kuni 4-nda novembri 24.00-ni.

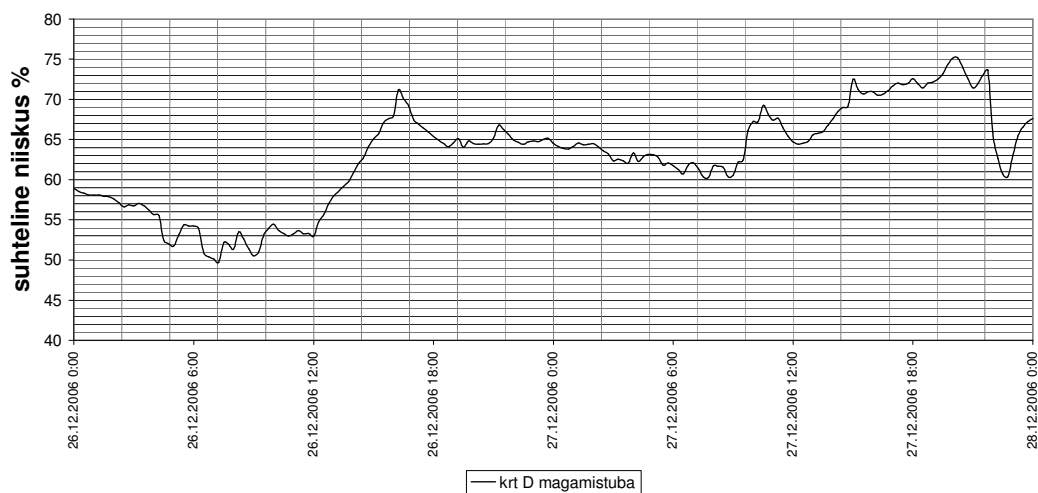
Jooniselt 36 on näha, et üldise normaalse suhtelise niiskuse taseme – 55% taustal tõuseb õhtul laste- ja magamistoas suhteline niiskus 65-67%-ni (perioodi välisõhu temperatuur oli 11-14 °C ja niiskussisaldus ca 7 g/kg_{kõ}). Järelikult ruumide intensiivse kasutamise ajal peaks ventilatsiooniagregaat I kiiruse asemel töötama II kiirusel, et intensiivistada õhuvahetust. Jooniselt 37 on näha, et korteri B magamistoas oli suhteline niiskus kõrge ulatudes kuni 72%-ni. Perioodi välisõhu niiskussisaldus oli ca 2 g/kg_{kõ} ja välisõhutemperatuur miinuskraadides (va 4-nda novembri keskpäev).



Joon. 38. Korteri B magamistoa suhteline niiskus ajavahemikul 30-ndast kuni 31-se jaanuarini 2006.

Jooniselt 38 on näha, et isegi südatalvel madalatel välisõhu temperatuuridel (-3 kuni -14 °C) ja välisõhu niiskussisaldusel ca 1-2 g/kg_{kõ} on siseõhu suhteline niiskus selgelt ülemäära kõrge (vastavalt sisekliima standardile on talvine ülemine piir 45%). Niisuguses olukorras on reaalsete oluliste külmasildadega piirdetarindite korral niiskuse kondenseerumine piirdetarinditel ja hallituse teke paratamatud. Seda näitas ka tegelik olukord korteris.

Jooniselt 39 on näha, et ka vahetamata akende korral tõuseb õhtusel ajal, kui inimesed on kodus, suhteline niiskus väga kõrgele tasemele kuni 75%-ni. Vaatlusperioodi välisõhu temperatuur oli +5-st kuni -3 °C-ni, niiskussisaldus 2-4 g/kg_{kõ} kohta. Ka selles korteris on niiskuse kondenseerumine külmasildadele ja hallituse teke ilmne.



Joon. 39. Korterid D magamistoa suhteline niiskus ajavahemikul 26-dast kuni 27-da detsembrini 2006.

7. Ventilatsioonilahendused korteritele ja energiakulu

Korteri ventilatsioonilahenduste väljatöötamisel on põhitähelepanu pööratud järgmistele lahendustele ja nende variatsioonidele:

- sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioonisüsteem soojustagastiga:
 - korter A lahendus vt Lisa 2
 - ilma ripplae vahelise väljatõmbeta vt Lisa 4
- ruumi ventilatsiooniagregaadiga sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioon koos sund väljatõmbega köögist, WC/vannitoast, vt Lisa 5
- köögi kuhu kahe täiendava väljatõmbega: köögist ja WC/vannitoast, vt Lisa 6
- sundväljatõmme köögist ja WC/vannitoast vt Lisa 7.

7.1. Energiatarve määramine õhu soojendamiseks

Korteri õhusoojendamise erisoojuskaod saab leida seosega

$$H = 0,28 \cdot L \cdot c \cdot \rho \quad \text{W/}^\circ\text{C} \quad (4)$$

Kus

L – õhuvahetus m^3/h ,

c – õhu erisoojus $\text{kJ}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$,

ρ – õhu tihedus kg/m^3 .

Soojuse kulu õhu soojendamiseks saab piisava täpsusega määrata kraadpäevade alusel [12].
Soojuse kulu õhu soojendamiseks agregaadide pideval töötamisel saab leida

$$Q = H \cdot S \cdot 24 \cdot 10^{-6} \cdot (1 - \Psi) \quad \text{MWh} \quad (5)$$

kus

S – kraadpäevade arv $^\circ\text{C} \cdot \text{d}$,

Ψ – soojustagastuse tegur. Kui soojustagasti puudub $\Psi = 0$.

Ψ määratakse soojustagasti temperatuurikasuteguri, sissepuhketemperatuuri ja väliste kliimatingimuste alusel. Kui temperatuurikasutegur 60%, sissepuhketemperatuuril 20°C on soojustagastustegur ca 0,7 ja sissepuhketemperatuuril 18°C on soojustagastustegur ca 0,75

7.2. Energiakulude võrdlus erinevatel õhuvahetuse lahendustel

Õhuvahetuse energiakulu määramise aluseks erinevatel korteri ventilatsioonilahendustel on 9. korruse 3-toaline korter (korter A).

Võrdluses on ligikaudselt välja toodud 15 aasta energiakulud koos süsteemi maksumusega korteri ventilatsiooni erinevatele variantidele. Aluseks on keskmised õhuvahetuse suurused. Perioodi elektrienergia keskmiseks arvestuslikuks hinnaks on võetud 1,5 kr/kWh.

Analüüsitud on järgmisi korteri õhuvahetuse variante.

1. Sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioon FLEXIT S3X agregaadiga

Variant A, vt Lisa 2

Arvestatud on, et ventilatsiooniagregaat FLEXIT S3X töötab pidevalt keskmisel tootlikkusel

30 l/s. Sellel kiirusel võib köögis paikneva ventilatsiooniagregaadi tekitatud müra taset lugeda enam-vähem vastuvõetavaks. Arvestades kontrollmõõtmistel saadud mõnevõrra madala-ma temperatuurikasuteguriga kui tehase andmed, on energiaarvestustes võetud soojustagastusteguriks 0,75, keskmiseks õhuvahetus 108 m³/h (õhuvahetuse kordarv n=0,7). Sellest tulenev aastane soojuse kulu on 0,9 MWh, mis kaetakse elektrikalorifeeriga. Aastane elektrienergia kulu ventilaatoritele ja eelsoojenduse kalorifeerile on ca 0,7 MWh. Koos õhu soojendamise oleks aastane elektri kulu 1,6 MWh. Agregaadi aastased ekspluatatsioonikulud (filtrite vahetus) on ca 820 krooni – kokku kulud koos elektriga 3,2 tuh kr aastas. Lisandub agregaaadi ja süsteemi ning ehituse maksumus ca 55 tuh kr. 15 aasta kulud kokku moodustavad 103 tuh kr. Lisandub ripplae ja selle paigalduse maksumus ca 8 tuh kr. Kõik kokku ca 111 tuh kr.

Variant B

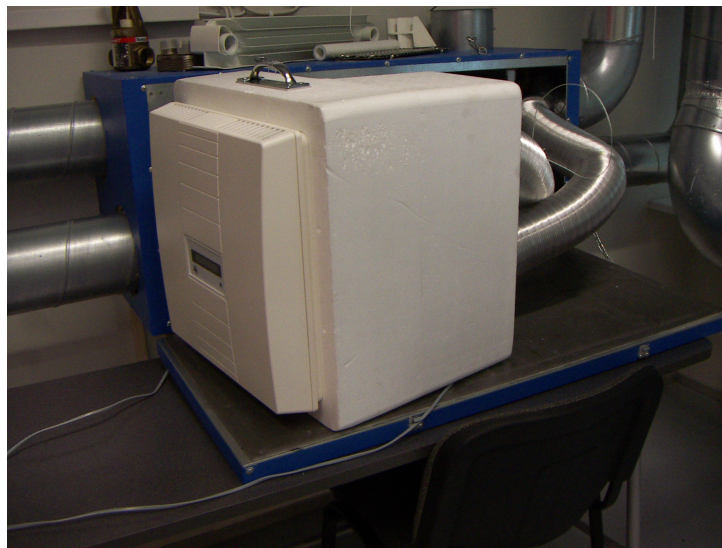
See on variant, mis sageli praktikas välja kujuneb: kodunt lahkudes lülitatakse ventilatsiooniagregaat välja. Vaatamata sellele, et min õhuvahetus, ca 9-10 l/s, peaks olema tagatud ka tühja korteri korral.

Sama lahendus kui variant A FLEXIT S3X baasil, ainult tööaeg on 16 h ööpäevas, keskmisel õhuvahetusel 108 m³/h (n=0,7). Koos õhu soojendamise aastane elektri kulu moodustab ca 1,1 MWh. Aastased ekspluatatsiooni kulud kokku ca 2,5 tuh kr, 15 aasta kulud kokku koos süsteemi ja ehituskuludega 100 tuh kr.

Variant C (vt Lisa 4)

Nagu variant A, puudub ainult ripplagi ja lae ning ripplae vaheline väljatõmme. Seetõttu agregaaadi ja süsteemi ning ehituse maksumus on väiksem, ca 52 tuh kr. 15 aasta kulud kokku 100 tuh kr.

2.Sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioon ruumi ventilatsiooniagregaadiga (nt *Meltemi* välisseinale paigaldatav agregaat), vt Lisa 5 ja joon.40, tehnilised andmed on toodud Lisas 8.



Joon.40. Ruumi ventilatsiooniagregaat

Korter A

Ette on nähtud 3 agregaat (üks igasse tuppa), mis töötaksid 2. kiirusel jõudlusega ca 30 m³/h. Ühe agregaadiga elektri tarbimisvõimsus on ca 13 W (vastavalt mõõtmisandmetele), soojustagastustegur on ca 73%.

Lisaks on ette nähtud väljatõmbe ventilaatorid WC/vannituppa ning kööki.

Korteri keskmine õhuvahetus on 110 m³/h ja õhuvahetuse kordarv 0,7.

Aastane elektrikulu ventilaatoritele ja õhu soojendamiseks (lisaküttekehadega) on ligi 1,3 MWh, so 2,0 tuh kr.

Lisandub filtrite maksumus ca 1,0 tuh kr, kokku 3,0 tuh kr. Agregaatide ja ventilaatorite ning paigaldamise maksumus ca 43 tuh kr. 15 aasta kulud kokku 88 tuh kr.

Korter B (2-toaline), õhuvahetuse kordarvul n=0,5 15 aasta kulud oleksid ca 58 tuh kr.

3. Köögi kuhu kahe täiendava väljatõmbega (köögist ja WC/vannitoast) koos värskes õhu juurdevooluga tubadesse, vt Lisa 6

Keskmine väljatõmme 74 m³/h (n=0,5). Elektri kulu ventilaatorile ja õhu soojendamiseks (lisaküttekehad) 2,85 MWh aastas. Kokku elektrikulu 4,3 tuh kr aastas, arvestatud on, et seade töötab 2-3 kiirusega. Seadmete, materjalide ja paigalduse maksumus ca 10,5 tuh kr. 15 aasta kulud 75 tuh kr. Õhukvaliteet tubades võib jätta soovida, olulise tähtsusega on värskes õhu juurdevoolu korraldamine. **Sellel variandil ventilaator peab töötama pidevalt.**

4. Sundväljatõmbega WC/vannitoast ja köögist koos värskes õhu juurdevooluga tubadesse, vt Lisa 7

Keskmine väljatõmme 74 m³/h (n=0,5). Elektri kulu ventilaatorile ja õhu soojendamiseks (lisaküttekehad) 2,7 MWh aastas. Kokku elektrikulu 4,0 tuh kr aastas. Seadmete maksumus ca 4 tuh kr. 15 aasta kulu 64 tuh kr. Ventilaatori näide vt Lisa 9.

Õhukvaliteet tubades võib jätta soovida. Väga oluline tähtsus on värskes õhu juurdevoolu klappidel ja nende asukohtadel.

Sund väljatõmbeventilatsioon katusventilaatoritega. Kasutatav, kui rakendatakse kogu hoone (või trepikoja) korterite ventilatsiooni renoveerimist. Sobib hästi siis, kui kasutatakse soojustagastust, näiteks soojuspumbal baseeruvat. Käesolevas töös ei käsitata.

Loomulik ventilatsioon

Täiesti ebapiisav **9. korruse korteritele, näit korteris A oli** enne renoveerimata keskmine õhuvahetus - 15 m³/h.

Enamvähem vastuvõetav olukord (n≈0,4-0,5) on tagatud alumistel ja keskmistel korrustel keskmistel kliimatingimustel, miinimum-maksimum olukorras võib õhuvahetus siiski erineda kuni 4 korda.

0,5 kordse keskmise õhuvahetuse korral on aasta energiavajadus õhu soojendamiseks väga ligikaudselt 2,5 MWh.

7.3. Järeldused

Analüüsitud on ülemise korruse korterite ventilatsiooni lahendusi.

Õhu kvaliteedi poolest on parimad korteri sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioonisüsteemi variandid. Kuid tuleb märkida, et korterite õhuvahetuse renoveerimisel on niisugust lahendust

küllaltki raske realiseerida, eeskätt korterite madala kõrguse tõttu. Ka selle lahenduse maksumus on suurim.

Esimese lahenduse paigaldusprobleemide tõttu on igati arvestatavaks sissepuhke-väljatõmbe ventilatsiooni lahendus seinale paigaldatavate **soojusagastiga ruumi ventilatsiooni-agregaatidega ja väljatõmbeventilaatoritega nn mustadest ruumidest**. Sisekliima kvaliteedi poolest on lahendus sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioonisüsteemiga võrreldes siiski tagasihoidlikum, ka lisaküttekehad on vajalikud. Maksumuse poolest on lahendus konkurentsivõimeline, eriti väiksematele korteritele. Näiteks 2-toalisele korterile on kindlasti eelistatum kui köögikubu kahe täiendava väljatõmbega, kuna ligikaudselt samasuurte kulutuste juures on õhukvaliteet **oluliselt** parem.

Sund väljatõmbeventilatsiooni variant ventilaatoritega köögist ja WC/vannitoast on lihtne realiseerimise poolest ja ka maksumuselt konkurentsivõimeline. Tuleb siiski märkida, et sund-väljatõmbe ventilatsiooni variandid on sisekliima poolest tagasihoidlikumad, talvisel ajal on raskem ellimineerida värske külma õhu juurdevoolu mõju.

8. Kokkuvõte

Uuring näitas, et tüüpmaja ülemise korruse korterite sisekliima üldjuhul jätab tõsiselt soovida. Kuna loomulikust ventilatsioonist tingituna on õhuvahetus väga kehv, tõuseb korteri intensiivse kasutamise ajal õhu suhteline niiskus kuni 75%-ni. Sageli võimendab olukorda halvasti funktsioneeriv küttesüsteem. Uuritud elamu 9. korruse korteritest oli ankeedile vastanuist 83% olulisi märkusi sisekliima, eeskätt siseõhu temperatuuri osas. Tingituna puudustest ehituse kvaliteedi osas ja suhtelise niiskuse kõrgest tasemest on sageli tulemuseks hallituse tekkimine.

Väga halva ehituse kvaliteedi korral (otsesed külmasillad), mida illustreerivad joonised 10, 14 ja 15 toodud termopildid, ainult õhuvahetuse parandamisest niiskuse kondenseerumise vältimiseks ei piisa. Vajalik on külmasildade likvideerimine ja siseõhu temperatuuri tõstmine.

Õhuvahetuse parandamise parimaks teeks on sissepuhke-väljatõmbe ventilatsiooni rajamine korterisse. Kuid tuleb märkida, et korterite õhuvahetuse renoveerimisel on niisugust lahendust suhteliselt raske realiseerida, eeskätt korterite madala kõrguse tõttu.

Igati arvestatavaks sissepuhke-väljatõmbe ventilatsiooni lahenduseks on seinale paigaldatavad **ruumi ventilatsiooni-agregaadid** koos väljatõmbe ventilaatoritega. Sisekliima poolest on lahendus sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioonisüsteemiga võrreldes küll tagasihoidlikum, kuid lihtsama lahenduse tõttu igati arvestatav.

Realiseerimise lihtsuse poolest on märkimisväärne korteri sundväljatõmbe ventilatsioon, ventilaatoritega köögis ja WC-s, vannitoas. Sisekliima kvaliteedi poolest aga kõige tagasihoidlikum. Olulise tähtsusega on värske õhu korterisse juhtimise lahendus. Värske õhu juurdevoolu klapid peavad olema ruumi ülemises tsoonis või paigaldatud küttekeha taha (viimasel juhul on paigaldus keeruline).

Mugava ja tervisliku sisekliima saab korterites kindlustada ainult siis, kui piirdetarindid on heal tasemel ja kütte-ventilatsioonisüsteem funktsioneerib hästi.

Ülemiste korruste sisekliima parandamiseks tüüpmaajades on vaja:

- kasutusele võtta sundventilatsioon
- kõrvaldada piirdetarindite puudused kriitilistes osades (välisfassaadi ülemine serv, katus jm) soojustamise teel
- seadistada küttesüsteem sobivale temperatuurigraafikule ja vooluhulgale ning läbi viia küttesüsteemi tasakaalustamine.

Kirjandus

1. Charles J. Kibert. Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery. John Wiley & Sons, 2005, 434 pp.
2. Eesti standard EVS 839 – 2003: Sisekliima.
3. T.-A.Kõiv. Õhu konditsioneerimine I. Õhutöötlemisprotsessid. TTÜ Kirjastus, Tallinn, 2006, 75 lk.
4. Venilatsioonitööd. Ehitame, Tallinn, 1998, 172 lk. (tõlge soome keelest).
5. A. Jürgens. Hallitus. Tervisekaitseserver - Hallitus.htm
6. U. Kallavus. Kas hallitus võib ka mürgine olla?
http://www.keskkonnatehnika.ee/arhiiv/2001/6_2001/hallit.htm
7. Spravotshnik projektirovshika. I Otoplenije. Moskva, Stroizdat, 1990, 343 lk.
8. Spravotshnik projektirovshika. I Otoplenije, vodoprovod i kanalizatsija. Moskva, Stroizdat, 1976, 429 lk.
9. prEN 15251 Criteria for the Indoor Environment including thermal, indoor air quality, light and noise. European Standard. Brussels, 2006.
10. EVS-EN 13187:2001 "Thermal performance of buildings. Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes. Infrared method", 2001.
11. EVS 829:2003 „Hoonete soojuskoormuse määramine“, 2003.
12. V.Pavlovas. Energy savings in existing Swedish apartment buildings. Chalmers University of Technology, Göteborg Sweden 2006.

LISAD

Küsitlusleht**Lugupeetud majaanik**

Seoses uurimistööga, mis on suunatud korterite sisekliima parandamisele korterites palub Tallinna Tehnikaülikooli kütte ja ventilatsiooni õppetool Teil täita käesolev ankeet.

- Korteri nr..... Korrus.....
1. Missugune oli õhu temperatuur Teie korteris külmal perioodil, jaanuari II pool, veebruar 2007.....°C
 2. Missugune oli õhu temperatuur Teie korteris sügis/kevad perioodil 2006/2007°C
 3. Kas kasutasite talvel täiendavalt elekterkütteseadmeid (puhurit) jah / ei
 4. Kas Teie korteri aknad on vahetatud jah / ei
 5. Kas Teil on väljatõmbe ventilaatorid: **WC-s** jah / ei **vannitoas** jah / ei
köögis jah / ei
 6. Kuidas hindate korteri õhu kvaliteeti: Hea / Rahuldav / Halb / Väga halb

Kommentaariid.....

Palume täidetud ankeet panna korteri 34 poatkasti hiljemalt 22.03.07. **Suur tänu!**

УВАЖАЕМЫЙ КВАРТИРОСЪЁМЩИК!

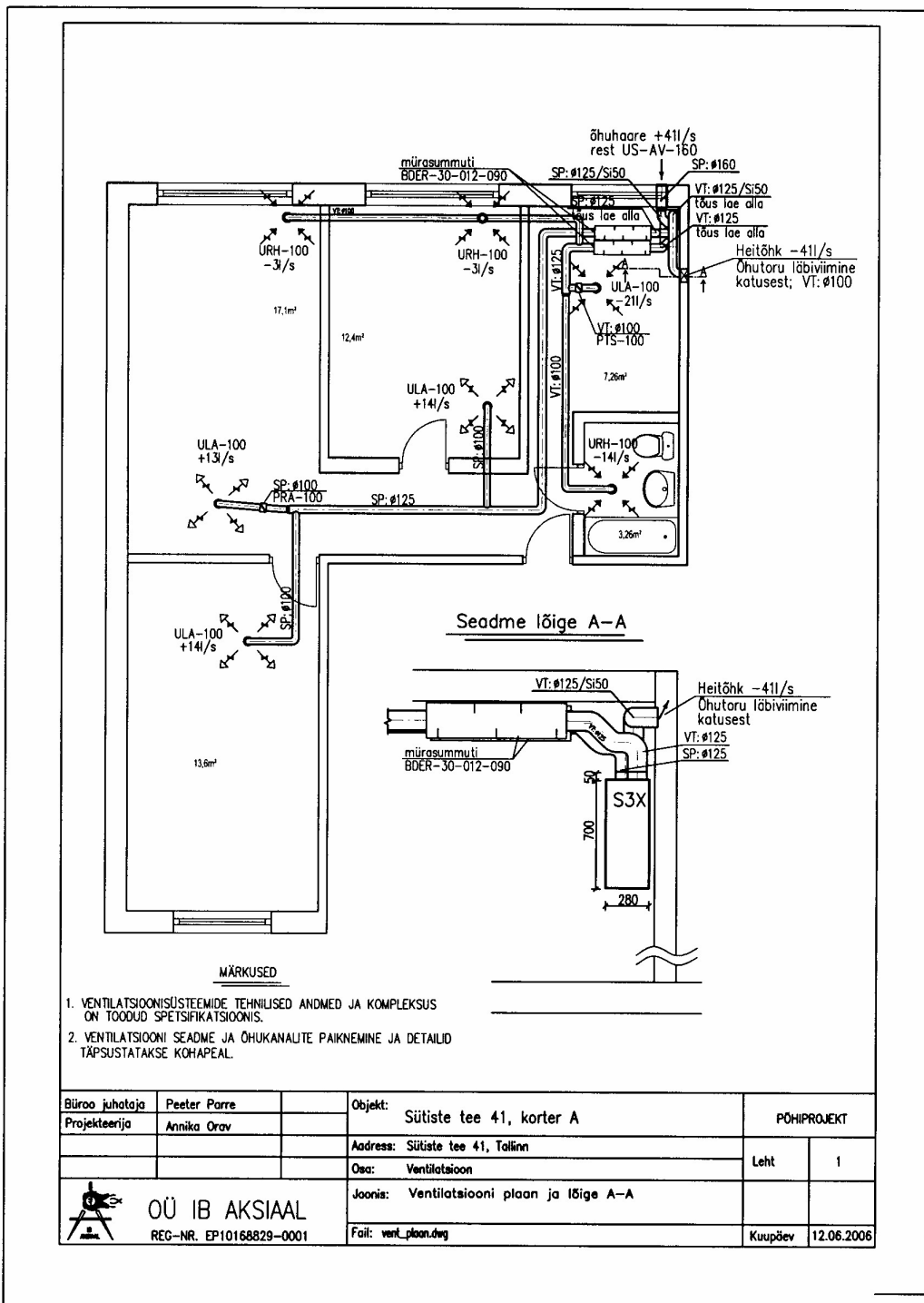
В связи с проведением исследовательской работы, направленной на улучшение внутреннего климата в квартирах, Отделение отопления и вентиляции ТТУ просит Вас заполнить ниже приведенную анкету.

- N квартиры..... Этаж.....
1. Какая была внутренняя температура в Вашей квартире в холодный период- 2 половина января, февраль 2007°C
 2. Какая была внутренняя температура в Вашей квартире в осенне\весенний период 2007.....°C
 3. Использовали ли Вы дополнительно приборы электроотопленияДа \нет.
 4. Заменены ли окна в Вашей квартире..... Да \нет.
 5. Имеете ли Вы вытяжные вентиляторы в туалете.....Да \нет.
ваннойДа \нет; кухне.....Да \нет.
 6. Как Вы оцениваете качество воздуха в Вашей квартире
хорошее/удовлетворительное / плохое /очень плохое
- Комментарии.....

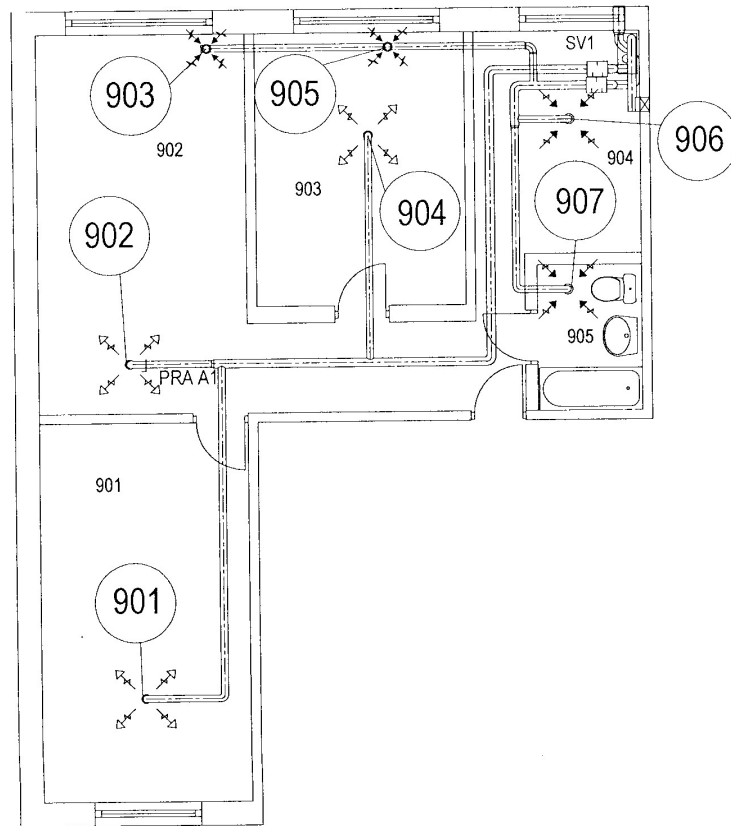
Просим заполненную анкету опустить в почтовый ящик кв. 34. (22.03.07)


Большое спасибо!

Korteri ventilatsioonisüsteem (korter A)

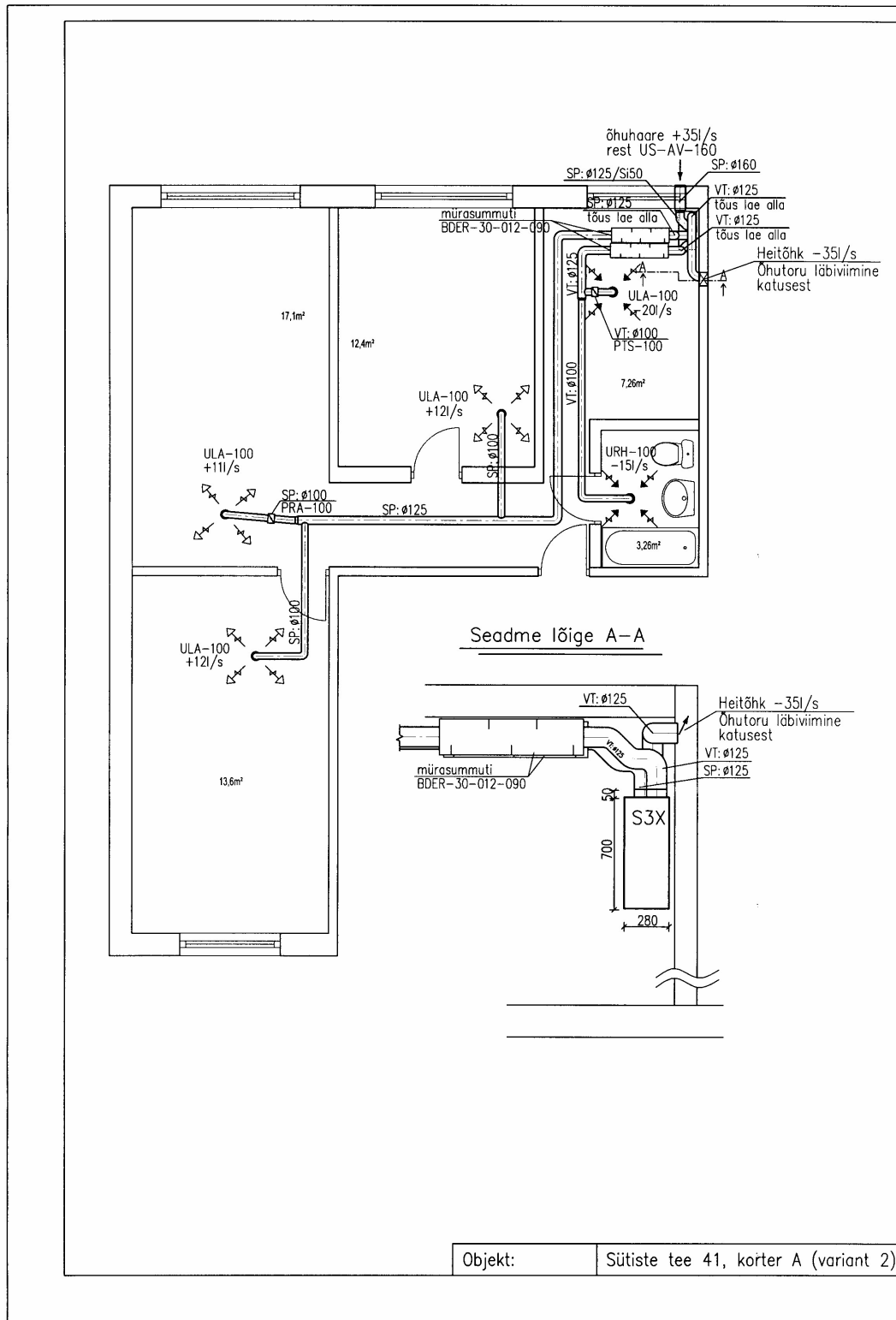


Seadistusplaan

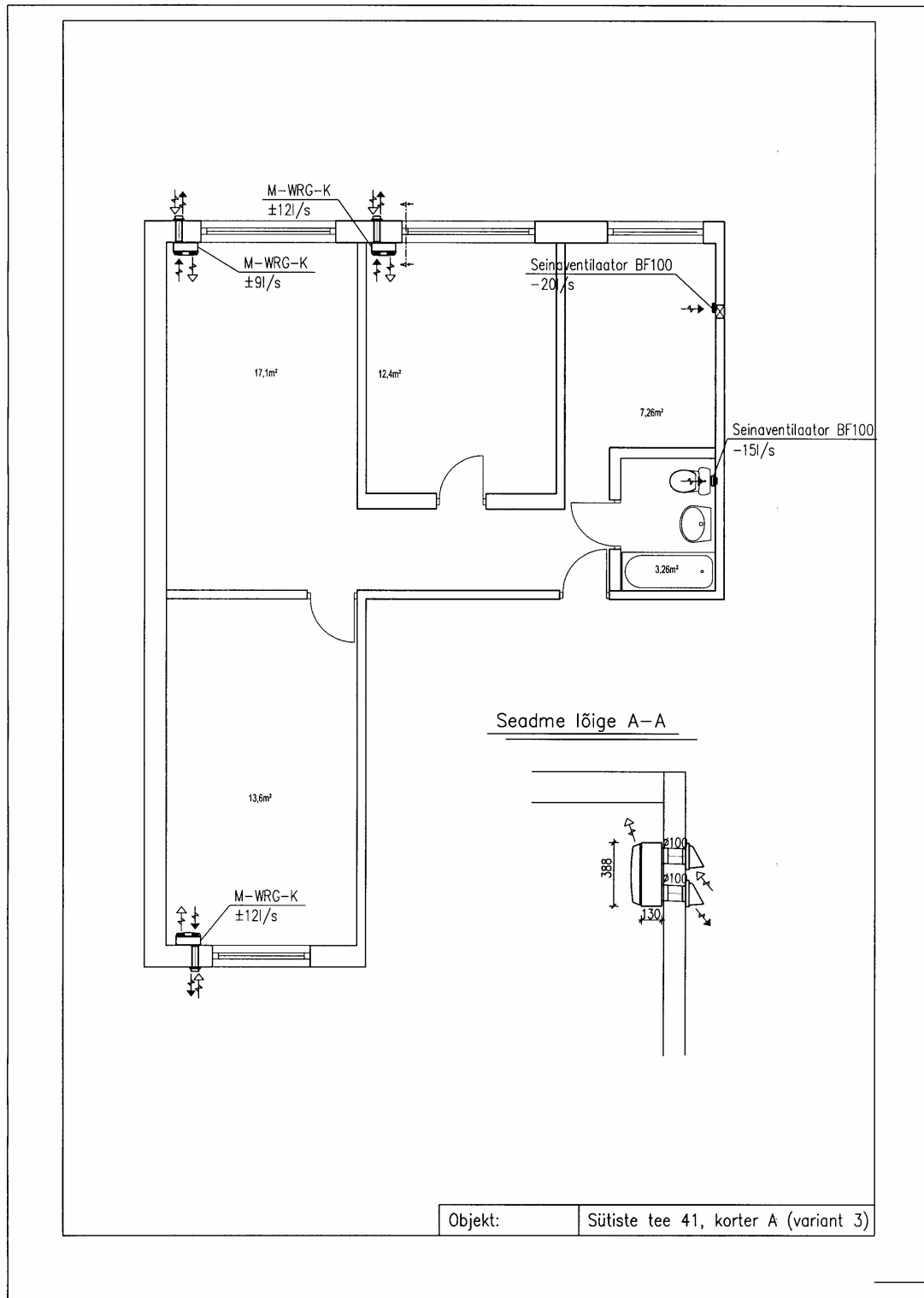


			Korter Sütiste tee 41-		TÖÖ 061324	
			1. korruse ventilatsiooniplaan ja mõõtepunktid		Leht 7	Lehti 7
Mõõlis	Margus Pong	10.2006				

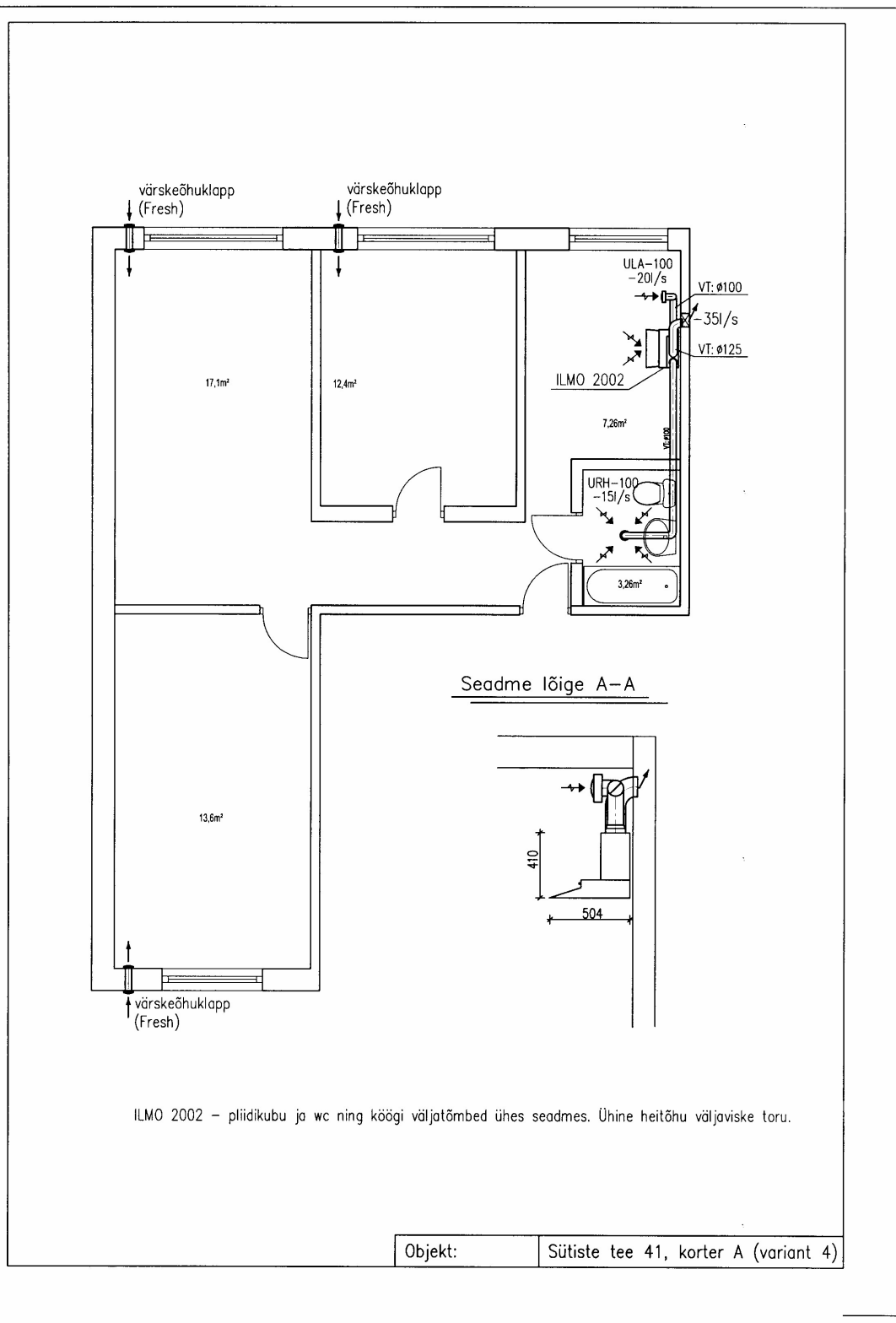
Korteri ventilatsioonisüsteem, ilma ripplae vahelise väljatõmbeta



Ruumi ventilatsiooniagregaatidega sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioon koos sund väljatõmbega köögist, WC/vannitoast

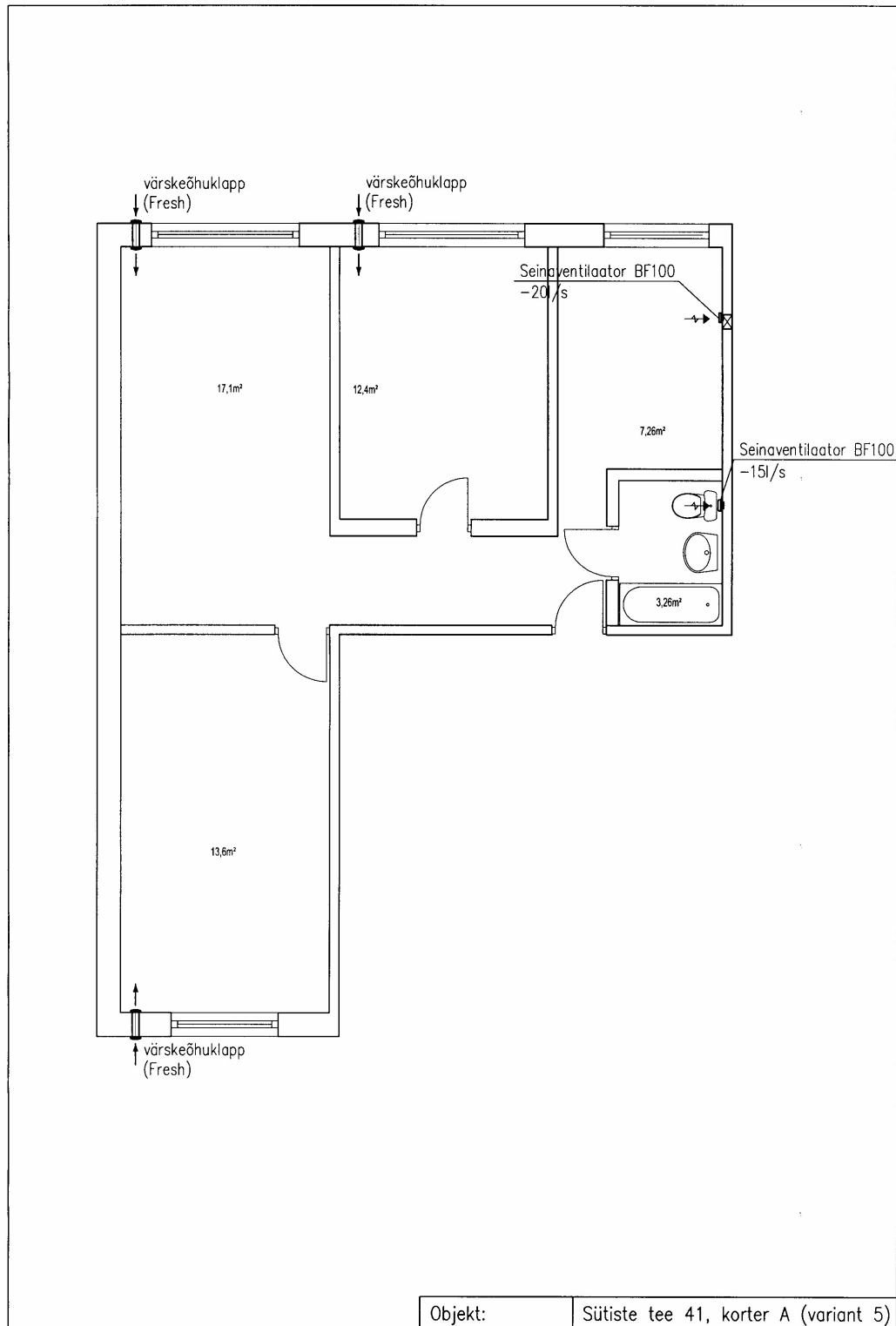


Pliidikubu ja WC ning köögiväljatõmbed ühes seadmes, välisõhk läbi värskes õhu klappide



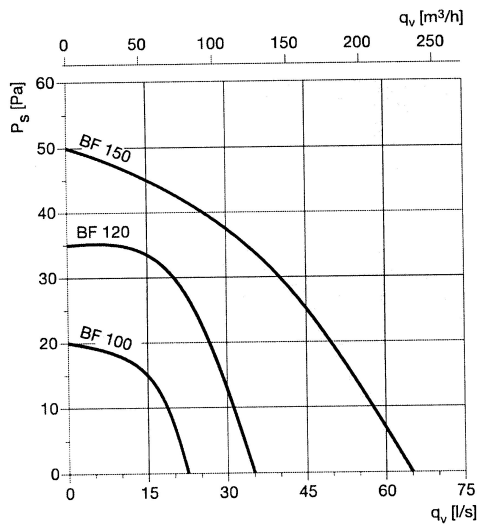
ILMO 2002 - pliidikubu ja wc ning köögi väljatõmbed ühes seadmes. Ühine heitõhu väljaviske toru.

Sundväljatõmme köögist ja WC/vannitoast, välisõhk läbi värsked õhu klappide

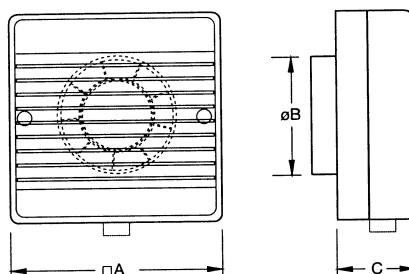


Unit Type	M-WRG Standard	M-WRG Komfort
Air delivery (m ³ /h) ^{*1)}	15/ 30/ 60	15 to 100
Delivery control	3-stage	10-stage
Heat transfer	Cross-flow heat exchanger	Cross-flow heat exchanger
Heat recovery efficiency (%) ^{*1)}	76	76
Leakage in % ^{*1)}	0.1	0.1
Motors/	EC-DC	EC-DC
Inlet/Outlet ventilator	Radial	Radial
Power consumption (W) ^{*1)}	3.8/5.2/ 12.5	3.8 to 34
Max. current consumption of ventilators ^{*1)}	0.06 A	0.16 A
Power connection cable	3 x 1.5mm ² or 2 x 1.5mm ²	3 x 1.5mm ² or 2 x 1.5mm ²
Operating voltage (V/Hz)	230/50	230/50
Noise level flush-mounted (Lp in dB (A) 10m ²) ^{*1)}	15.5/ 24/ 36	15.5 to 46.5
Noise level surface-mounted (Lp in dB (A) 10m ²) ^{*1)}	19/ 24/ 35	19 bis 46
Norm. noise level diff. flush-mounted/surface-mounted (D n,e,W in dB) [unit switched off] ^{*1)}	56/53	56/53
Norm. noise level diff. flush-mounted/surface-mounted (D n,e,W in dB) [unit switched on] ^{*1)}	50/50	50/50
Weight (kg)	approx. 11.5	approx. 11.5
External air/External outlet air pipe stubs	DN100	DN100
Unit dimensions (H/W/D flush-mounted)	409 x 388 x 66	409 x 388 x 66
Unit dimensions (H/W/D surface-mounted)	409 x 388 x 196	409 x 388 x 196
Inlet air filter (filter quality/filter surface area in m ²)		
Standard ^{*1)}	G 4/0.36	G 4/0.36
Allergy filter (optional) ^{*1)}	F 7/0.32	F 7/0.32
Active charcoal filter (optional) ^{*1)}	F 6/0.12	F 6/0.12
Outlet air filter (filter quality/filter surface area in m ²)		
Standard	G 4/0.36	G 4/0.36
Filter replacement indicator (via motor output power)	Yes	Yes
Condensate emptying necessary	No	No
Automatic closure on power fail	Yes	Yes
Operation indicator	Yes	Yes
Frost prevention ^{*1)}	Yes	Yes
Humidity control	No	Yes
Temperature control	No	Yes
Different ventilation programmes (day/week)	No	Yes
Remote control	No	Yes
LCD display	No	Yes
Building Authority Approved (DIBt) ^{*1)}	Z-51.3-138	Z-51.3-138
Fully automatic shutter valve control incl. safety closure on emergency power-off	Yes	Yes
Technically approved according to new EnEv regulations ^{*1)}	Yes	Yes

Ventilaatorite BF karakteristikud ja andmed



BF 100-150



	BF 100	BF 120	BF 150
A	163	182	203
B	98	118	150
C	60	40	81