

OSA 4 – VENTILATSIOON

Välja töötatud koostöös MTÜga Eesti Kütte- ja Ventilatsiooniinseneride Ühendus

SISUKORD

4.1.	KASUTATAV ALUSDOKUMENTATSIOON	28
4.2.	ÕHUVAHETUSSÜSTEEMIDE PROJEKTEERIMISE JA EHTAMISE ÜLDPÕHIMÕTTED	29
4.2.1	Üldised nõuded	29
4.2.2	Õhuvahetussüsteemide valik	29
4.2.2.	Õhuvõtt ja heitõhu väljavise	29
4.2.3.	Õhuvõtukambrid	30
4.2.4	Automaatika ja süsteemide juhtimine	30
4.2.5	Erinõuded	31
4.3.	NÕUDED ÕHUVAHETUSSEADMETELE JA MATERJALIDELE	31
4.3.1	Ventilatsiooniseadmed	31
4.3.2	Erisüsteemid (kohtväljatõmbed)	35
4.3.3	Mürasummutid	35
4.3.4	Ventilatsioonitorustik	35
4.3.5	Reguleerklapid	38
4.3.6	Tuletõkkeklapid	38
4.3.7	Puhastusluugid	38
4.3.8	Lõpuelemendid (õhujagajad, restid ja plafoonid)	39
4.3.9	Kuumkõõgi õhuvahetus	39
4.3.10	Õhkkardinad	39
4.4.	KVALITEEDI JA EHTUSTEGEVUSE LÕPETAMISE NÕUDED	39
4.4.1	Ventilatsioonitorustike puhtus	39
4.4.2	Möödistamine ja seadistamine	40

4.1. KASUTATAV ALUSDOKUMENTATSIOON

Juhul, kui antud juhendi nõuded ja alusdokumentatsiooni nõuded on vastuolus, tuleb järgida rangemaid nõudeid.

Kvaliteedinõuded:

- Hoone Tehnosüsteemide RYL 2002 I osa
- LVI 12-10370 Soome juhendmaterjal 2004 „Torustike ja kanalite kinnitamine“
- D2 Soome Ehitusnormide kogumiku osa D2 Ehitiste sisekliima ja ventilatsioon, Määrused ja suunised 2012
- E7 Soome Ehitusnormide kogumiku osa E7 Ventilatsiooniseadmete tuleohutus 2012

Standardid:

- EVS 932 „Ehitusprojekt“
- EVS-EN 16798-1:2019+NA:2019 „Hoonete energiatõhusus. Hoonete ventilatsioon. Osa 1: Sisekeskkonna lähteandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust keskkonnast, valgustusest ja akustikast. Moodul M1-6“
- EVS-EN 16798-3 Hoonete energiatõhusus. Hoonete ventilatsioon. Osa 3: Mitteeluhoonete ventilatsioon. Üldnõuded ventilatsiooni- ja ruumiõhu konditsioneerimise süsteemidele”
- EVS 906 Mitteeluhoonete ventilatsioon. Üldnõuded ventilatsiooni- ja ruumiõhu konditsioneerimissüsteemidele. Eesti rahvuslik lisa standardile EVS-EN 16798-3:2017
- EVS 812-2 „Ehitiste tuleohutus. Osa 2: Ventilatsioonisüsteemid“
- EVS-EN 12236 „Hoonete ventilatsioon. Ventilatsioonikanalite riputid ja toed. Nõuded tugevusele“
- EVS-EN 12237 „Hoonete ventilatsioon. Ventilatsioonikanalid. Ümmarguste spiraalõhukanalite tugevus ja tihedus“
- EVS 860-1 „Tehniliste paigaldiste termiline isoleerimine. Osa 1: Torustikud, mahutid ja seadmed. Isolatsioonimaterjalid ja -elemendid“

4.2. ÕHUVAHETUSSÜSTEEMIDE PROJEKTEERIMISE JA EHTAMISE ÜLDPÕHIMÕTTED

4.2.1 Üldised nõuded

Hoone õhuvahetussüsteemide eesmärk on tagada energiatõhusalt, nõuetekohane, tervislik, ohutu ja sobiv sisekliima lähtuvalt hoone või ruumi kasutusotstarbest.

Hoonesse tuleb üldjuhul rajada mehaaniline soojustagastusega sissepuhke- ja väljatõmbeventilatsioon. Sõltuvalt ruumi/süsteemi otstarbest tuleb energiatõhususe suurendamise eesmärgil võimalusel kasutada õhu taaskasutuse (retsirkulatsiooni) süsteeme. Sõltuvalt ruumide kasutamisest ja kasutusintensiivsusest tuleb süsteeme vajaduspõhiselt juhtida (muutuva õhuvooluhulgaga süsteemide projekteerimine peab olema majanduslikult põhjendatud).

Projekteerimisel tuleb lähtuda sisekliima nõuetest, mis on toodud „Lisa nr 7, Ruumikaardid“, täpsemate lähteandmete puudumisel tuleb juhendada enamlevinud valdkonna standarditest ja heast ehitustavast.

Ruumidesse suunatav värske õhk tuleb tolmust puhastada ja töödelda - soojendada, jahutada, erandjuhtudel (erihooned, eriotstarbelised ruumid) ka niisutada ja/või kuivatada. Kõik sissepuhkesüsteemid tuleb varustada soojustagastiga (mittekasutamine peab olema majanduslikult ja tehniliselt põhjendatud).

Ruumide väljatõmme toimub soojustagastusega üldväljatõmbesüsteemidega, vastavalt spetsiifilisele vajadusele kasutada ka lokaalseid väljatõmbesüsteeme. Lokaalsete kohtväljatõmbesüsteemide projekteerimisel tuleb jälgida, et töötsoonis oleks tagatud saasteainete piirkontsentratsioon, mis on eraldi defineeritud kas seaduses, standardis või tellija lähteülesandes. Kohtväljatõmbesüsteemide töö ei ole üldjuhul pidev ning vastavalt nende süsteemide kasutamisele tuleb väljatõmmatav õhk kompenseerida sissepuhkesüsteemiga.

Ühe hoone (hoonekompleksi) piires tuleb tootegruppide lõikes kasutada ühe tootja tooteid (erisused tuleb kooskõlastada tellijaga).

Ventilatsioonisüsteemide juhtimine peab olema automaatikaga lahendatud (vt peatükk 4.2.4).

Ventilatsioonisüsteemide käivitamisel peab ehitusobjekt olema tolmuvaba. Tolmuwabaks loetakse objekti, kus on täielikult lõpetatud kõik puurimis- ja viimistlustööd ning koristatud objekt vastavalt ETF Sisekliimaliigitus 2008 RT 07–10946-et alapunkt 2.3.5 puhtusklassile P1.

4.2.2 Õhuvahetussüsteemide valik

Hoonesse tuleb projekteerida eraldi ventilatsioonisüsteemid lähtuvalt hoone mahust, ruumide kasutusotstarbest ja kasutusaegadest ning hoone paiknemisest ilmakaarte suhtes. Näiteks eriotstarbelisi, erinevate kasutusaegadega ja erinevate sisekliimanõuetega ruume või hooneosaid tuleb teenindada eraldi ventilatsioonisüsteemidega, et süsteemide kasutamise paindlikkus ja energiatõhusus oleks tagatud. Tehnoruumide ja õhuvahetussüsteemide valikul on oluline jälgida ventilatsioonitorustiku rõhukadu ja torustiku ehitamise keerukust (süsteem peab olema võimalikult lihtne ja optimaalse rõhukaoga, et suurendada energiatõhusust ja tagada optimaalne ehitus- ning hooldusmaksumus).

4.2.2. Õhuvõtt ja heitõhu väljavise

Ventilatsioonisüsteemide värske õhu võtmine väliskeskkonnast peab toimuma läbi õhuvõtukambri viisil, mis tagab võimalikult puhta õhu. Seda tuleb teha võimalikult kõrgelt ning saasteallikate kaugus tuleb valida lähtuvalt standardist EVS 906. Välisõhuresti peab saama liigitada standardi EVS-EN 13030

järgi. Ilma erisüsteemita (lumerest vms) ei tohi õhu kiirus (õhuvool jagatud resti vaba pindalaga) restis olla suurem kui 1,5 m/s. Välisõhurestitid peavad olema kuumvärvid ja tehtud tsingitud terasplekist. Resti ehitus peab normaalingimustes takistama vee ja lume läbipääsu, vihmatakiustus peab olema vähemalt 98%. Resti tagaküljel peab olema ilmastikukindel kaitsevõrk, mille silma suurus on ligikaudu 10 mm. Resti eemaldamine peab olema võimalik ainult tööriistu kasutades.

4.2.3. Õhuvõtukambri

Õhuvõtukambrite konstruktsiooni eesmärgiks on välistada lume ja vee sattumine ventilatsiooniagregaadi filtritesse. Õhu kiirus õhuvõtukambri ristlõikes ei tohi ületada 1 m/s.

Õhuvõtukambri ehitamine on soovitatav, kui ventilatsioonimasina(-te) summaarne õhuhulk õhuvõtukambri on 350-500 l/s. Õhuvõtukamber tuleb ehitada, kui ventilatsioonimasina(-te) summaarne õhuvõtt õhuvõtukambri ületab 500 l/s.

Õhuvõtukambri põrand ja seinte alaosa tuleb teha veetihedaks välistingimustele sobiva hüdroisolatsiooniga, mille ülespööre seinale peab olema vähemalt 200 mm. Õhuvõtukambri tulle paigaldada tehases valmistatud kuivtrapp, haisulukk peab paiknema kergesti hooldatavas kohas ning soojas ruumis. Kanalisatsioonisüsteemi kavandamisel tuleb vältida kanalisatsiooniõhu sattumist õhuvõtukambri. Õhuvõtukambri hooldamiseks tuleb paigaldada normaalmõõdus hooldusuks. Tellijaga kirjalikul kokkuleppel võib ukse mõõde vähendada kuni mõõtmeteni 0,6x1,2 m. Uks peab olema metallist $U \leq 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, hingedel avanev, lukuga, soojustatud, ilmastikukindel (tsingitud või pulbervärvid) ja tihendiga. Ust peab saama seestpoolt avada tööriistu kasutamata. Õhuvõtukambri laius peab olema vähemalt 800 mm ja seespoolsel viimistlusel tuleb välistada mistahes kips- ja puittoodete kasutamine.

Õhuvõtukambri mürasummutav konstruktsioon projekteeritakse igal konkreetsel juhul eraldi, arvestades ventilatsiooniseadme(te) poolt tekitatud mürataset ning selle levikut läbi õhuvõtukambri ümbritsevasse väliskeskkonda. Kõik õhuvõtukambri peavad olema käidavad ning põrandad taluma koormust 300 kg/m². Õhuvõtukambri varustatakse valgustusega. Keskmise valgustatus peab olema 50 lx. Õhuvõtukambri piirdekonstruktsioon peab välistama kondensaadi ja hallituse tekke ning tagama, et kogunev niiskus pääseb konstruktsioonist välja. Õhuvõtukambri piirete (sein, lagi ja põrand) soojusjuhtivus peab olema $U \leq 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Külmasildasid tuleb vältida. Õhuvõtukambri välisõhuresti alumine serv peab paiknema katusepinnast vähemalt 700 mm kõrgusel ja fassaadist õhuvõtu korral peab paiknema vähemalt 2000 mm kõrgusel maapinnast.

4.2.4 Automaatika ja süsteemide juhtimine

Ventilatsiooniagregaadid tuleb ühendada tsentraalse hooneautomaatikaga, mille kaudu toimub jälgimine, juhtimine ning häirete ja trendide töötlemine. Ventilatsiooniseadmed, mis teenindavad tavaruume ja kus toimub lisaks õhuvahetusele veel kuni kaks õhutöötlust (kütmine ja jahutamine), on lubatud tehaseautomaatika kasutamine juhul, kui tehaseautomaatika tagab piisava ja vajaliku funktsionaalsuse (kooskõlas „Osa 11, Hooneautomaatika“) ning võimaldab ventilatsioonisüsteemi tööd hooneautomaatika kaudu juhtida. Juhul kui seadmes on rohkem õhutöötlemist (nt kuivatus ja niisutus) ja/või seade teenindab eriruume, tuleb kasutada vabalt programmeeritavat kontrolleri, mis võimaldab süsteemi tööprogrammi maksimaalselt vajaduspõhiselt programmeerida. Vajalik funktsionaalsus tuleb kokku leppida tellijaga ja selle kirjeldab projekteerija. Kõigi süsteemide töö peab olema lokaalselt juhitav (lokaalne pult, operaatorpaneel, tahvelarvuti vms). Tehases paigaldatud automaatikaga ventilatsiooniseade peab omama võrgukaarti ja olema varustatud hooneautomaatikas kasutatava protokolliga (eelistatult Bacnet või Modbus) ning selle peab defineerima projekteerija (nii ventilatsiooni- kui ka automaatikaprojekterija).

Ebaregulaarse kasutuse ning eriotstarbeliste ruumide õhuvahetuse juhtimine peab olema lahendatud vajaduspõhiselt (nt CO₂, °C, RH) vastavalt ruumide tegelikule kasutusele, kasutusintensiivsusele ja vajadusele. Lähtuvalt ruumi kasutusotstarbest, peab ka hoone lõppkasutajal olema võimalus õhuvahetust lühiajaliselt sisse lülitada (nt aula, spordisaal jne). Konkreetse vajaduse peab projekteerija täpsustama tellija.

Tööprogrammide kirjeldamisel peab olema tagatud sisekliima võimalikult hea kvaliteet (niistussüsteemi puudumisel tuleb õhuvahetuse tööprogrammis välistada liigne ruumide kuivatamine madalate välistemperatuuride tingimustes) ja energiatõhusus.

4.2.5 Erinõuded

Ventilatsiooniga tuleb tagada, et happeliste akude laadimise ruumis tekkiva vesiniku kontsentratsioon ruumis või akukapis ei ületaks 4%.

4.3. NÕUDED ÕHUVAHETUSSEADMETELE JA MATERJALIDELE

4.3.1 Ventilatsiooniseadmed

Ventilatsiooniseadmetena tuleb kasutada kompleksseid, standarditele vastavaid ventilatsiooniseadmeid, mis on testitud vähemalt vastavalt standarditele EVS-EN 1886 „Hoonete ventilatsioon. Ventilatsiooni keskseadmed. Mehaanilised omadused” ja EVS-EN 13053 „Hoonete ventilatsioon. Ventilatsiooni keskseadmed. Seadmed, komponendid ja sektiioonid ning omadused” ning nende kohta peab olema piisav tehniline dokumentatsioon. Seadmed peavad omama kehtivat EUROVENT sertifikaati.

Ventilatsiooniseadmed koosnevad isoleeritud kestast, sissepuhke- ja väljatõmbeventilaatoritest, soojendus- või jahutuskalorifeerist, niisutus- või kuivatussektiioonist, hooldussektiioonidest, soojustagastist, sissepuhke- ja väljatõmbeõhu filtritest, vedrutagastusega ajamiga soojustatud klappidest ja juhtimisautomaatikast. Ventilatsiooniseadmed peavad omama CE-märgist ja vastama 2006/42/EC nõuetele.

Ventilatsiooniseadmete tehniliste parameetrite valikul on üheks oluliseks kriteeriumiks seadmete poolt tarbitav aastane soojus- ja elektrienergia kulu. Rootor- ja plaatsoojustagastiga ventilatsiooniagregaadid peavad vastama energiatõhususe klassile A ja vahesoojuskandjaga soojustagastiga vähemalt energiatõhususe klassiga B vastavalt EUROVENT-i juhendmaterjalile.

Ventilatsioonisüsteemi SFP

Kogu hoone ventilatsioonisüsteem tuleb projekteerida ja ehitada nii, et selle erielektritarve SFP (ingl *specific fan power*), ei tohi ületada soojusvahetiga mehaanilise sissepuhke-väljatõmbe korral renoveerimisel $SFP \leq 2,0 \text{ kW/m}^3/\text{s}$ ja uuel hoonel $SFP \leq 1,8 \text{ kW/m}^3/\text{s}$ (v.a erisüsteemid ja eriotstarbelised hooned nagu näiteks muuseumid, arhiivid jne). Kogu hoone $SFP = \frac{N}{V}$, kus

N - kõikide õhujaotussüsteemide ventilaatorite käitamiseks vajalik võimsus koos kõikide kadudega (näiteks: kaod sagedusmuunduri(-te)s)

V - hoone summaarne õhuvahetuse suurus arvutuslikel koormustingimustel.

Tabel 4.1 Üksikute süsteemide SFP väärtused

Tingimus	Süsteemi SFP _v väärtus (uus hoone)	Süsteemi SFP _v väärtus (renoveerimine)
Ainult mehaaniline väljatõmme	≤0,6 kW/m ³ /s	≤0,8 kW/m ³ /s
Kui ventilatsioonisüsteemis on ainult veeküttekalorifeer	≤1,6 kW/m ³ /s.	≤1,8 kW/m ³ /s.
Mistahes konfiguratsiooniga ventilatsiooniseade, mis töötab ööpäevaringselt	≤1,6 kW/m ³ /s	≤1,8 kW/m ³ /s
Kui ventilatsioonisüsteemis on veeküttekalorifeer ja jahutuskalorifeer	≤1,8 kW/m ³ /s.	≤2,0 kW/m ³ /s.
Kui seade sisaldab kütte-, jahutus-, niisutus- ja kuivatuskalorifeere	≤2,3 kW/m ³ /s	≤2,5 kW/m ³ /s
Lühiajaliselt töötav seade (kuni 2 h ööpäevas)	≤2,3 kW/m ³ /s	≤2,5 kW/m ³ /s

Paigaldamise asukoht

Ventilatsiooniseade tuleb paigaldada köetavatesse ventilatsioonikambritesse. Ventilatsiooniagregaadi paigaldamine välistingimustesse on lubatud üksnes rekonstrueeritava hoone puhul, kui puudub võimalus agregaat siseruumidesse paigutada. Antud lahendus tuleb tellijaga kooskõlastada ning lahenduseks tuleb kasutada spetsiaalselt välispaigalduseks mõeldud agregaat. Agregaadi juhtimisautomaatika tuleb paigaldada köetavasse ruumi.

Ventilatsiooniagregaadi kest ja alusraam

Ventilatsiooniseadme kest peab vastama vähemalt klassile D2, et seade ei deformeeruks ka ventilaatori töötades suletud klappide (k.a tuleklapid) korral. Kesta tihedus peab vastama vähemalt klassile L2, soojajuhtivus klassile T3 ja külmasildade näitaja klassile TB3 (vastavalt standardile EVS-EN 1886 „Hoonete ventilatsioon. Ventilatsiooni keskseadmed. Mehaanilised omadused”). Ventilatsiooniseadmes kasutatav isolatsioon peab olema mittepõlevast materjalist.

Ventilatsiooniagregaat paigaldatakse korrosioonikindlale (näiteks kuumtsingitud) profiilsest metallist alusraamile, mis on varustatud reguleeritavate jalgadega. Jalgade alla paigaldatakse mürasummutavad kummipadjad. Alusraami kõrgus koos reguleeritavate jalgadega peab olema vähemalt 100 mm (RYL 2002 I osa G3200.16). Ventilatsiooniagregaat ühendatakse alusraamiga poltühendustega.

Ventilaatorid

Ventilaatorid tuleb ühendada seadme korpusega vibratsioonitõkestuspukside kaudu. Erilist tähelepanu tuleb pöörata masinate isoleerimisele hoone konstruktsioonidest. Ventilaatori käitamiseks tuleb valida vähemalt IE3 klassi kuuluv mootor.

Manomeetrite, andurite ja õhuhulgaandurite ühendamiseks vajalikud mõõteotsikud- ja osad peavad olema tehases paigaldatud. Kõik ventilaatorid peavad olema turvalülititega varustatud.

Kalorifeerid ja jahutuspatareid

Soojenduskalorifeerina tuleb kasutada veekalorifeeri. Kalorifeeri soojusväljastust reguleeritakse soojuskandja temperatuuri reguleerimisega pumbasõlmes. Tsirkulatsioonipump peab asetsema tagasivoolul. Kalorifeeri kaitsmiseks külmumise eest peab see olema varustatud spetsiaalse keermestatud külmakaitse anduri väljaviigu taskuga. Külmumisrisi vähendamiseks ei tohi soojuskandja temperatuurilang kalorifeeris olla suurem kui 20°C. Soojuskandja voolutakistus peab olema kuni 25 kPa. Küttekalorifeeri mustumise kompenseerimiseks tuleb võimsuse valikul arvestada 5°C reserviga (kalorifeeri sisenev temperatuur peab olema 5°C madalam kui soojustagastist väljuv temperatuur). Antud võimsuse reservi ei arvestata küttesüsteemi soojusallika dimensioneerimisel.

Kõik ventilatsiooniseadmetes paiknevad jahutuspatareid tuleb varustada segamissõlmedega. Külmakandja voolutakistus võib olla kuni 25 kPa. Jahutuskalorifeeri võimuse reservi valikul tuleb arvestada mittetöötava soojustagastiga - kalorifeeri siseneva välisõhu parameetrid tuleb üldjuhul valida +27°C, RH=50% ning kondensaadivabade süsteemide korral +27°C, RH=60%. Jahutuspatarei valikul tuleb võtta arvesse ka kondenseerumiseks vajalik energia.

Niisutus

Eriotstarbelistele ruumidele (nt hoidlad, näitusesaalid jne) või hoonetele (arhiivid, muuseumid, teatrid jne) tuleb ette näha õhu niisutamine. Tavahoonetes tuleb kasutada passiivset niisutust ruumiõhu temperatuuri ja värske õhu koguste reguleerimisel (st perioodil, mil välisõhk on ekstreemselt kuiv, vähendada ventilatsioonisüsteemide tööaega ning piirata ruumiõhu temperatuuri). Täpsem lahendus tuleb kirjeldada ja tellijaga kokku leppida.

Niisutusseadmete paigaldamisel tuleb järgida valmistaja juhendeid. Kärgniisutid tuleb varustada tilgapüüduriga. Niisutite survestatud torustiku ja toruosade kvaliteedinõuded peavad vastama nendega ühendatud vee toitetorustikule seatud nõuetele [RYL 2002, G3150.10].

Niisutusseadmetes kasutatavad tihendusmaterjalid ei tohi siduda niiskust [RYL 2002, G3152]. Niisutite valikul tuleb arvestada niisutusvee lubatud keemilise ja bioloogilise koostisega. Kui niisutusvee keemiline koostis ületab soolade ja raua sisalduse osas lubatavaid kontsentratsioone, tuleb niisutusvett eelnevalt töödelda, et vee näitajad vastaksid tootja juhendile. Oluline on kindlustada niisutite pikaajaline töö. Niisutusvee bakterisisalduse piirväärtused on toodud standardis EVS-EN 13053:2006+A1:2011. Niisutusvee võtmisel niisutusseadme põhjavannist tuleb ette näha abinõud niisutusvee saastumise (nt bakterid) ja soolade kontsentratsiooni tõusu vältimiseks.

Aurustusniisuti (kärgniisuti) aurustuspind peab töötamisel olema üleni märg. Niisutusvõimsust reguleeritakse kastepunkt-reguleerimisega. Mikroorganismide paljunemise tõkestamiseks ei tohi vee temperatuur aurustusniisutis tõusta üle 15°C. Aurustusniisuti varustatakse ülevooluvee-, tühjendus- ja ülevooluseadmetega. Ülevooluvee kogus reguleeritakse valmistaja juhendite kohaselt ja/või lubatud vee temperatuuri alusel. Kogumisvanni tühjendusühendus varustatakse vesilukuga RYL 2002, G3151.

Aurustusniisuti sektsioon ei tohi ventilatsiooniseadmes olla vahetult filtrite või mürasummuti ees (standard EVS-EN 13053:2006+A1:2011). Niisutuskanal, kuhu aurniisuti on ühendatud peab olema valmistatud vastupidavast materjalist ning omama kondensaadi äravoolu. Aurniisuti puhul peab ventilatsiooniseadme ventilaator pärast niisuti seiskumist töötama nii kaua, kui on niisuti seiskumise järel tekkinud auru väljumiseks ventilatsiooniseadmest vaja [RYL 2002, G3152].

Filtrid

Ventilatsiooniseadme mustumise vastu tuleb kasutada filtreid. Filtrid peavad olema kas metall- või plastramis, olema testitud vastavalt ISO 16890 standardile ja omama EUROVENT, VTT või analoogset sertifikaati. Sissepuhkeõhu filtri klass on PM_{2,5} 65% (F7), vajadusel kasutatakse PM₁₀ 40%, (G4) eelfiltrit, väljatõmbel kasutada vähemalt PM₁₀ 50% (M5) klassi filtrit. Filtri pindala peab olema arvutatud järgmiselt:

$$\frac{\text{õhuhulk m}^3/\text{s}}{\text{õhu liikumiskiirus filtri pinnal 0,1m/s}} = \frac{\text{filtri pindala}}{\text{m}^2}$$

Kõik filtrisektsioonid tuleb varustada filtri rõhukadu näitavate manomeetritega. Manomeetrite ja andurite ühendamiseks vajalikud mõõteotsikud peavad olema tehases paigaldatud. Töövõtja peab ventilatsioonitööde lõpetamisel tellijale üle andma ühe komplekti puhtaid filtreid.

Soojustagasti

Töö- ja õpikeskkonna ventilatsiooniseadmetes tuleb üldjuhul kasutada niiskustagastust võimaldavat sorptsioon-rootortagastit. Võrdsete õhuhulkade korral peab hügrokoopse rootorsoojustagasti niiskuselekande kasutegur talvisel perioodil olema vähemalt 75%. Ebavõrdsete õhuhulkade korral peab niiskustagastuse kasutegur olema võrdne temperatuurikasuteguriga. Kui väljatõmme toimub ruumidest, kus eksisteerib kõrgendatud saaste ja/või terviseohtlike ainete esinemise võimalus, tuleb kasutada kas plaatsoojustagastit või vahesoojuskandjaga soojustagastit.

Soojustagastite temperatuurikasutegur peab võrdse sissepuhke- ja väljatõmbeõhu hulga korral olema:

- Vahesoojuskandja - vähemalt 68%
- ristivoolu plaatsoojustagasti - vähemalt 73%
- vastuvoolu plaatsoojustagasti - vähemalt 80%
- rootorsoojustagasti - vähemalt 80%.

Antud kasutegurid on talviste olude arvestusega - piirkondlik välisõhutemperatuur vastavalt EVS 906, välisõhuniiskus Rh=90%, väljatõmbeõhu temperatuur +21°C, õhuniiskus siseruumides Rh=20%.

Suvised siseõhu parameetrid on +25°C ja Rh=40%.

Suvised välisõhuparameetrid on +27°C ja Rh=50%, kondensaadivabade süsteemide korral +27°C ja RH=60%.

Ventilatsiooniagregaadi automaatika peab hoidma soojustagasti talvisel perioodil jää- ja härmatisevaba. Härmatisest hoidumise funktsioon peab rakenduma ainult reaalse vajaduse puhul. Plaat- ja vahesoojuskandja puhul tuvastatakse see kastepunkti järgi. Plaatsoojustagasti puhul tuleb kasutada sektsioonsulatust. Soojustagasti härmatisest vältimise tõttu lisanduv küttevõimsuse ja -energia vajadus võetakse küttesüsteemi arvutuses arvesse.

Kõik soojustagastid tuleb varustada rõhukadu näitavate manomeetritega (v.a väikesed süsteemid, kus õhuvooluhulk on $\leq 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$). Manomeetrite ja andurite ühendamiseks vajalikud mõõteotsikud peavad olema tehases paigaldatud. Soojustagasti automaatika peab võimaldama sujuvat soojustagastuse juhtimist, tööoleku kontrolli ja tööolekust kõrvalekalde häire väljundit. Vahesoojuskandjaga soojustagasti korral tuleb rõhuandur paigaldada kontuuri kõrgeimasse punkti.

Reguleer- ja sulgklapid

Ventilatsiooniseadme värske õhu ja väljaviske klapid peavad olema varustatud vedrutagastusega ajamiga ja asendikontaktiga. Need tuleb paigaldada välispiirde ja seadme vahele nii, et seadme mittetöötamisel ei tungiks külm välisõhk seadmesse. Klapi soojusjuhtivustegur $\leq 3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja klapi lekke klass CEN3, klapi kesta lekkeklass C (vastavalt standardile EVS-EN 1751 „Hoonete ventilatsioon. Lõppelemendid. Klappide ja ventiilide aerodünaamiline katsetamine”). Välisõhuga kokkupuutuvate reguleerklappide labad peavad olema soojustatud.

Hooldamine

Ventilatsiooniseadme hooldust või puhastamist vajavate osade juurde pääsemiseks jäetakse kuni 800 mm sügavatesse seadmesse ligikaudu 300 mm ja sügavamate seadmete korral ligikaudu 500 mm laiused hooldussektioonid. Hooldussektioonid peavad olema soojustagasti ja kalorifeeri vahel, kalorifeeri ja jahutuspatari vahel ning mõlemal pool niisutit/kuivatit. Kõik hooldussektiooni ukSED peavad olema varustatud hingede ja linkkäepidemetega (v.a väikesed ventilatsiooniseadmed, mille õhuvooluhulk on $\leq 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$). Soojustagasti-, filtri- ja ventilaatorisektioonid peavad olema eraldi avatavad. Kõrvuti paiknevate seadmete ette hoolduspoolele peab jääma vähemalt suurema seadme laiune teenindusala.

4.3.2 Erisüsteemid (kohtväljatõmbed)

Kui väljatõmbeks ei kasutata kompleksseid sissepuhke-väljatõmbeseadmeid (näiteks erisüsteemide väljatõmbed), tuleb kasutada ruumi paigaldatavaid ventilaatoreid või katuseventilaatoreid. Nendele esitatavad nõuded on samad, mis ventilatsiooniseadmetes olevatel ventilaatoritel (v.a ventilaatorid, mille tööaeg on $\leq 4 \text{ h}$ ööpäevas). Ventilaatorid, mis töötavad alla 4 h ööpäevas, võivad töötada sagedusmuundurita. Kohtväljatõmmete ventilaatorid peab ühendama hoone automaatikasüsteemiga (olek, ajaline juhtimine ja häire).

Katuseventilaatori puhkeava kõrgus katusepinnast ei tohi olla madalam kui 900 mm. Samuti tuleb jälgida, et katuseventilaator ei põhjustaks lume sulamist katusel. Katuseventilaatorid peavad olema varustatud turvalülitiga (RYL 2002 I osa G3113).

4.3.3 Mürasummutid

Mürasummutid ja ventilatsioonitorustiku lahendus tuleb kavandada nii, et ventilatsioonitorustikus leviv ja/või ventilatsiooniseadmete poolt tekitatud müra ei põhjustaks teenindatavates ruumides ja seadme suhtes ümbritsevas keskkonnas lubatust suuremat mürataset ning ventilatsioonisüsteem ei halvendaks piirdekonstruktsioonide minimaalselt vajalikku mürapidavust. Kasutada võib nii toru- kui ka plaatmürasummuteid. Painduvate mürasummutite kasutamine on lubatud vaid erandkorras, tellijaga eelnevalt kooskõlastatuna - üldjuhul on painduvate mürasummutite kasutamine keelatud. Mürasummutid peavad olema testitud ja omama mürasummutuskarakteristikuid oktaavribade kaupa. Mürasummutid peavad olema valmistatud mittepõlevatest materjalidest.

4.3.4 Ventilatsioonitorustik

Ventilatsioonitorustik tuleb reeglina ehitada tsinkplekist spiraalvaltsiga ümartorudest. Vajadusel kasutatakse kandilise ristlõikega torustikku. Kasutatavate torude materjali valik, ehitus ja seinapaksused

peavad vastama standardile EVS 812-2 „Ehitiste tuleohutus. Osa 2: Ventilatsioonisüsteemid.” nõuetele. Paindivate ventilatsioonitorude kasutamine on lubatud vaid erandkorras, eelnevalt tellijaga kirjalikult kooskõlastades. Torustiku pikaajaliseks säilimiseks mehaanilise vigastusohuga ruumides (nt võimlad ja spordisaalid) või ka keemilise ohuga (nt ujulad) ruumides tuleb rakendada erimeetmeid.

Ventilatsioonitorustiku ühendamisel on oluline vältida detailide vigastamist. Kanaliosade paigalpüsimine tuleb tagada tõmbeneetide, mitte puurkruididega (nende kasutamine on keelatud). Nii haru kui ka magistraalitorustiku ühendamise korral tuleb kasutada tööstuslikult toodetud tihenditega kanaliühendusi. Sadulate kasutamine on lubatud vaid põhjendatud juhtudel ja kokkuleppel tellijaga juhul, kui harukanali läbimõõt on $\leq 0,5$ peakanali läbimõõdust. Õhukanalite üleminekul väiksemale ristlõikele tuleb kasutada sujuvaid üleminekuid.

Õhukanalite isoleerimine

Ventilatsioonitorustiku isoleerimine peab tagama, et soojuskaod ei ole optimaalsest suuremad, vältida niiskuse kondenseerumist ventilatsioonikanali pinnale ning tagada tuleohutus. Isoleerimine peab vastama Soome LVI 50-10344, LVI 50-10345 või standardi EVS 860 nõuetele.

Isolatsioon teostatakse fooliumkattega mineraalvillaga, v.a šahtides, kus fooliumkate ei ole vajalik. Isolatsioon tuleb kaitsta välistingimuste või mehaaniliste vigastusohuga kohtades plekiga. Välisõhu käes (katusel, fassaadidel jne) paiknevad õhukanalid tuleb katta veetihedalt (kandilised kanalid topelt valtsimisega ja ümarkanalid sikete teel) tsinkplekiga. Kütmata kuivades ruumides olevad kanalid ei pruugi vajada ilmastikukindlat katet, kuid nad võivad vajada mehaanilist kaitset – nt kütmata pööningud. Kui kattepleki läbimõõt/küljepikkus on $D < 500$ mm, on kattepleki paksus 0,5 mm ja kui katte läbimõõt $D \geq 500$ mm, peab kattepleki paksus olema 0,7 mm. Tsingi paksus katteplekil peab olema vähemalt 275 g/m². Katteplekkide ühendused peavad olema needitud vähemalt 7 tk/jm. Arhitektuursetest nõuetest tulenevalt võivad katteplekid olla värvilised, sellisel juhul tuleb eelistada PVC-ga kaetud tsingitud terasplekke. Heliisolatsiooni paksus õhukanalitel määratakse akustiliste arvutustega.

Õhukanalite soojusisolatsiooni paksus sõltuvalt kanalisisese ning ümbritseva õhu temperatuuride vahest.

Tabel 4.2 Õhukanalite soojustuse paksus

Kana li Ø(m m)	Soojustuse paksus mm					
	ΔT 5° C	ΔT10° C	ΔT2 0°C	ΔT3 0°C	ΔT40°C	ΔT5 0°C
100	-	20	30	50	50	60
125	-	20	30	50	50	80
160	-	20	30	50	60	80
200	-	20	30	50	60	80
250	-	20	30	50	60	80
315	-	20	30	50	80	80

400	-	20	30	50	80	100
500	-	20	50	60	80	100
630	-	20	50	60	80	100
800	-	20	50	60	80	100
1000	-	20	50	80	100	120
1250	-	20	50	80	100	120

Jahutatud õhuga torudest ei isoleerita õhujaatajaga samas ruumis olevaid ühendustorusid kuni 6 m ulatuses. Tuletõkkeisolatsiooni paksuse valikul tuleb lähtuda kehtivatest nõuetest.

Õhukanalite kinnitamine

Ventilatsioonitorustiku kinnitused tuleb teha vastavalt standardile EVS-EN 12236 „Hoonete ventilatsioon. Ventilatsioonikanalite riputid ja toed. Nõuded tugevusele.” ja LVI 12-10370 Soome 2004.a juhendmaterjalile „Torustike ja kanalite kinnitamine” ning tootja nõuetele. Kinnituste dimensioneerimisel tuleb lisaks torustiku kaalule arvesse võtta ka muud koormused nagu torustiku või konstruktsioonide vibratsioon ja torustiku puhastamisest tulenev koormus. Suuremõõtmeliste torustike ja kambrite puhul lisandub ka seal puhastustöid teostava inimese kaal. Ventilatsioonitorustiku kinnituste tulepüsivusaeg peab olema vähemalt sama pikk kui torustiku tulepüsivusaeg.

Tabel 4.3 Õhukanalite kinnituse nõuded

Kanali Ø(mm)	Kinnituste ja toestuste max vahemaa (m)	Min läbiviigu ava Ø (mm)	Min neetide arv kanali ja kanaliosade kinnitamisel (tk)
100	3	125	3
125	3	160	3
160	3	200	3
200	3	250	3
250	3	315	3
315	3	400	4
400	3	500	4
500	3	630	4
630	3	800	8

Ventilatsioonisüsteemide tiheduse nõuded

Ventilatsioonitorustiku tihedusklass peab olema vähemalt ATC3 (EVS-EN 16798-3). Kui paigalduse käigus esineb tehnilisi puudujääke, peab läbi viima ventilatsioonikanalite survekatsetused vastavalt standardile SFS 4699 „Ilmastointi. Ilmastointilaitosten tiiviysvaatimukset.” Õhukanalite tihedus määratakse rõhukatsega, kus mõõdetakse lekkeõhu hulka kanalite välispinna ruutmeetri kohta.

Kui ventilatsioonisüsteem on koostatud tootesertifikaadiga kanaliosadest, võib tihedust kontrollida pisteliselt. Pistelise kontrolli ulatus on 20% väljaspool ventilatsiooniseadme ruumi olevate peakanalite pindalast. Kui õhukanalite hulgas on tootesertifikaadita detaile, suurendatakse valikkatse ulatust nende pindala võrra. Kui selliseid osi on üle 25% õhukanalite kogupinnast, tuleb mõõta kogu kanalitesüsteemi tihedust.

Juhul, kui õhukanalid on täies ulatuses valmistatud ATC3-tihedusklassile vastavatest kontrollitud kvaliteediga ja katsetatud osadest, võib üht ruumi või ruumigruppi teenindava ventilatsioonisüsteemi tiheduskatse asendada paigaldusülevaatuslega.

Õhukanalite tihedust peab mõõtma täies ulatuses järgmistel juhtudel:

- kui nende kaudu liigub radioaktiivseid, mürgiseid või söövitavaid gaase sisaldavat või muud tervist kahjustavat õhku
- kohtades, kus õhukanaleid ei ole võimalik ilma ehitustarindeid rikkumata hiljem remontida
- kui õhukanaleid on vigastatud

Tiheduskatse

Tiheduskatse puhul luuakse ventilaatori abil katsetatavas õhukanalis nõutud üle- või alarõhk (katserõhk). Seejärel mõõdetakse lekkeõhu hulk. Ventilatsioonisüsteemide tihedusklassid vastavad standardile EVS-EN 12237 „Ventilation for buildings-Ductwork-Strength and leakage of circular sheet metal ducts”.

4.3.5 Reguleerklapid

Reguleerklapp on vajalik õhuvahetussüsteemi seadistamiseks. Kasutada tuleb ainult testitud (reguleerimis- ja mürakararakteristikutega) IRIS-tüüpi reguleerklappe, mis on varustatud mõõtotsikutega ja mille paigaldus peab võimaldama sealt õhuhulga mõõtmise. Ümarad reguleerklapid tuleb valida sellised, mis ei ole ventilatsioonikanalite puhastamisel takistuseks. Kandiliste õhukanalite puhul tuleb kasutada kandilisi reguleerklappe. Kanalites ristlõike pindalaga üle 0,1 m² kasutatakse mitmelabalisi reguleerklappe.

4.3.6 Tuletõkkeklapid

Kõik tuletõkestid peavad vastama Siseministri 07. aprill 2017. a määrusele nr 17 „Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded ja nõuded tuletõrje veevarustusele“. Kõik paigaldatud tuletõkestid peavad olema hooldatavad ja ligipääsetavad. Erihoonete tuletõkestite sidumine ja kontrollimine teostada tuleohutusautomaatikasüsteemiga. Tuletõkkeklapil peab olema kontrolli teostamiseks väljaspoolt käsitsi käepidemega avatav ja suletav klappilaba.

4.3.7 Puhastusluugid

Puhastusluuk on vajalik süsteemi pikaajaliseks toimivuseks ja selle regulaarseks puhastamiseks. Puhastusluugi suurus tuleb valida lähtuvalt standardist EN 12097:2006. Puhastusluugid tuleb paigaldada minimaalselt:

- sissepuhke- ja väljatõmbetorustikele vastavalt standardile EVS 821-2;
- tuletõkestite juurde;
- armatuuri ja seadmete juurde, kui armatuur või seade ei ole kergelt eemaldatav või selle konstruktsioon ei võimalda torustiku puhastamist läbi selle;
- püstikute ülemistesse ja alumistesse otstesse;
- õhujaotuskambritele;

- väljatõmbetorustikul sirgetele torulõikudele, kui puhastusluukide või muude puhastamist võimaldavate seadmete vahekaugus on üle 15 m. Vahekaugus võib olla pikem, kui vahepeal puuduvad puhastamist takistavad asjaolud. Sissepuhkatorustikel võib puhastusluukide vaheline kaugus olla kuni 15 m.

4.3.8 Lõpuelemendid (õhujagajad, restid ja plafoonid)

Lõpuelemendid tuleb valida ja paigutada nii, et kogu viibimistsooni ulatuses on tagatud efektiivne ja nõuetekohane õhuvahetus, õhu liikumisest läbi lõpuelemendi ei teki lubatust suuremat müra, lõpuelemendid summutavad ventilatsioonitorustikust levivat müra piisavalt ja omavad piisavat reguleerimisvõimet. Juhul kui reguleerimisulatus ei ole piisav, siis tuleb enne lõppelementi paigaldada täiendav reguleeriv element. Lõpuelemendi tuleb valida lähtuvalt õhujoa profiilist, mis tuleb simuleerida nii kütteperioodi kui ka jahutusperioodi kohta eraldi ja lisada projekti juurde. Oluline on välistada töösoonis õhukiirus üle 0,2 m/s.

Jahutust nõudvates ruumides tuleb põhjendatult valida sobivaim õhujahutusseade (nt aktiiv-jahutustala, ventilaatorkonvektor või kiirgusjahutus). Valik peab olema põhjendatud nii sisekliima kvaliteedi, energiatõhususe kui maksumuse osas. Valikul tuleb arvestada võimalikku tulevast ruumiplaneeringu muutmise vajadust ja võimalust.

Lõpuelemendid peavad olema testitud ja valmistatud mittepõlevatest materjalidest. Lõpuelemente peab saama vastava simulatsiooniprogrammiga või valiku diagrammiga kontrollida. Lõpuelementide valikul tuleb arvestada sisekujundusprojekti või töökohtade paigutusega.

4.3.9 Kuumköögi õhuvahetus

Kuumköörides (kõögiseadmete summaarne võimsus on 20 kW või enam), tuleb kasutada väljatõmbesüsteemi, mille rasvaeraldus $4\mu\text{m}$ rasvaosakese puhul on vähemalt 80%. Kuumköögi heitõhk tuleb suunata katusele, et saastunud õhu jõudmine tagasi töösooni või läheduses paiknevate naaberhooneteni oleks minimaalne. Köögikubu järel tuleb paigaldada osoonigeneraator või põhjendatud juhul UV-filtri ja väljatõmbeseadmesse PM_{10} 50% (M5) filter. Kasutada tuleb soojustagastiga ventilatsioonisüsteemi. Kuumutusseadmete kohale jäävates kubudes peavad kasutatavad valgustid olema temperatuuritaluvusega $\geq T_{a40}$, kaitseastmega $\text{IP}\geq 54$, soovitatavalt happekindel roostevaba - või alumiinium/tsink-korpusega ja mehaanilise vastupidavusega $\text{IK}\geq 08$.

4.3.10 Õhkkardinad

Õhkkardinad tuleb valida ruumi kasutusotstarbest, kasutusajast ning ava kõrgusest ja laiusest lähtuvalt. Oluline on jälgida ka õhkkardina õhuvoolukiirust õhkkardina all oleval põrandapinnal, mis peab reeglina olema $\geq 3,0$ m/s. Erandjuhtudel, kui tingimused ei ole täidetavad või täitmine ei ole mõistlik ja põhjendatud, tuleb nii õhuvooluhulk kui ka õhukiirus põrandapinnal tellijaga kooskõlastada.

4.4. KVALITEEDI JA EHTUSTE GEVUSE LÕPETAMISE NÕUDED

4.4.1 Ventilatsioonitorustike puhtus

Ehituse ajal tuleb ventilatsioonitorustik hoida suletuna, et vältida ehitustolmu jms sattumist torustikku. Enne objekti tellijale üleandmist on töövõtjal kohustus ventilatsioonitorustikud puhastada ja esitada tellija soovil torustike ülevaatusvideoreport tellija näidatud kohtadest. Torustike puhastusaste peab vastama Soome standardile Suomen Sisäilmayhdistys „Sisäilmastoluokitus 2018” visuaalsele puhtusklassile $\text{P1}\leq 0,7$ g/m².

4.4.2 Mõõdistamine ja seadistamine

Pärast ventilatsioonisüsteemi õhuhulkade tasakaalustamist peab töövõtja mõõtma õhuvooluhulgad ja seadistama kõik õhujaotajad. Mõõdistusprotokollile tuleb lisada mõõdistusaegne filtrite algrõhk.

Projektitjärgne õhuhulk peab olema tagatud kuni filtrite lõpprõhuni. Vajalik on teostada tehnosüsteemide müra ja õhuliikumiskiiruse kontrollmõõtmised inimeste viibimistsoonis üldjuhul vähemalt kümnes ruumis (ruumide valik tuleb tellijaga kokku leppida). Töövõtja peab täiendavalt protokollima ja tellijale esitama järgmised mõõteprotokollid:

- müra;
- kogu hoone SFP, ventilatsioonisüsteemide SFP_v,
- ventilatsiooniagregaadis olev rõhkude vahe õhuvõtu- ja väljapuhkesektsioonide vahel (kontrollimaks puhtakspuhumissektori toimivust).