

OSA 5 – KÜLMAVARUSTUS JA JAHUTUS

Välja töötatud koostöös MTÜga Eesti Kütte- ja Ventilatsiooniinseneride Ühendus ja MTÜga Eesti Külmalülit

SISUKORD

5.1.	KASUTATAV ALUSDOKUMENTATSIOON	42
5.2.	ÜLDNÕUDED JAHUTUSSÜSTEEMILE	43
5.3.	KÜLMAVARUSTUS.....	44
5.3.1	Kaugjahutus	44
5.3.2	Lokaaljahutus.....	44
5.3.3	Kohtjahutus (otseaurustusega <i>split</i> -süsteem).....	45
5.4.	KÜLMAVARUSTUSE- JA JAHUTUSSÜSTEEMI AUTOMAATIKA.....	45
5.5.	JAHUTUSSÜSTEEMILE JA MATERJALIDELE ESITATAVAD NÕUDED.....	46
5.5.1	Ventilaatorkonvektor	46
5.5.2	Külmaine.....	46
5.5.3	Torustik.....	46

5.1. KASUTATAV ALUSDOKUMENTATSIOON

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

Seadused ja määrused

- MKM-i määrus nr 49 „Ehitusmaterjalidele ja -toodetele esitatavad nõuded ja nende nõuetele vastavuse tõendamise kord“
- Ehitusseadustik (EhS)
- Siseministri määrus nr 17 „Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded ja nõuded tuletõrje veevarustusele“
- Sotsiaalministri määrus nr 42 „Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid“

Kvaliteedinõuded

- Hoone tehnosüsteemide RYL 2002 “Ehitustööde üldised kvaliteedinõuded. Osa 1“
- LVI 20-10348 Soome juhendmaterjal 2004 "Torustike paigaldamine"
- LVI 12-10370 Soome juhendmaterjal 2004 „Torustike ja kanalite kinnitamine
- EN 12735-1: „Õhu konditsioneerimise ja jahutuse vasktorud“
- EÜ määrus nr 2037/2000: „Osoonikihti vähendavate ühendite kasutamine“.

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 906 „Mitteeluhoonete ventilatsioon. Üldnõuded ventilatsiooni- ja ruumiõhu konditsioneerimissüsteemidele. Eesti rahvuslik lisa standardile EVS-EN 13779“

EVS-EN 13779 Mitteeluhoonete ventilatsioon. Üldnõuded ventilatsiooni- ja ruumiõhu konditsioneerimissüsteemidele

EVS 844 „Hoone kütte projekteerimine“

EVS 860-1 „Tehniliste paigaldiste termiline isoleerimine. Osa 1: Torustikud, mahutid ja seadmed. Isolatsioonimaterjalid ja -elemendid“

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“

5.2. ÜLDNÕUDED JAHUTUSSÜSTEEMILE

Ruumidesse, mida kasutatakse ka suveperioodil ja kus esineb ülekuumenemise oht, tuleb rajada jahutussüsteem (eelistada tuleb passiivset jahutust). Ruumide sisekliima vajadused ja täpsustatud nõuded on kirjeldatud „Lisa 7, Ruumikaardid“.

Jahutuskooormus tuleb arvutada dünaamilise arvutusprogrammiga, mis vastab Majandus- ja taristuministri 5. juuni 2015. a määruses nr 58 „Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika“ § 29 toodud nõuetele.

Tsentraalse jahutussüsteemi külmakandjaks on vesi või etüleenglükooli vesilahus, erijuhtudel võib tellija nõusolekul kasutada muid lahendeid. Mainitud jahutussüsteemi korral tuleb jälgida, et külmakandja temperatuur ei langeks alla 0°C. Jahutustorustikule tuleb projekteerida ja paigaldada vajalikud filtrid, et tagada süsteemi pikaajalisus.

Arvutuslikud välisõhu parameetrid jahutussüsteemi projekteerimisel on +27°C ning RH=50%, kondensaadivabade süsteemide korral välisõhu niiskussisaldus RH=60%. Arvutuslik ruumiõhu temperatuur tuleb valida ruumikaartide põhjal ning see on tavapärares töö- ja õpiruumides +24°C. Vedelikjahuti ja välispaigaldusega külmajaama dimensioneerimisel tuleb arvestada välisõhu temperatuuriga +35°C.

Juhul, kui jahutussüsteemi maht on külmamasina stabiilse töö tagamiseks liiga väike, tuleb lisada akumulatsioonipaak. Akumulatsioonipaagi mahu arvutamiseks tuleb lähtuda valitud või tarnitud külmamasina tootja nõudest, täpsema info puudumisel peab akumulatsioonimaht olema 24 liitrit madalama astme külmamasina võimsuse kohta (kW). Juhul, kui hoones esineb jahutusvajadus ka madalatel välisõhu temperatuuridel (alla +10 °C), tuleb ehitada vabajahutuskontuur. Väikse võimsusega süsteemidel (kuni 100 kW) tuleb teha vabajahutuse tasuvusanalüüs, mille alusel oleks tellijal võimalik otsustada vabajahutuse vajadus.

Vedelikjahuti nimivõimsuse puhul peab lähtuma tingimusest:

$$N_{vnt} \geq N_{kjt} + N_{ket},$$

kus

N_{vnt} – vedelikjahuti nimivõimsus

N_{kjt} – kompressori jahutusvõimsus

N_{ket} – kompressori elektriline võimsus

Vedelikjahuti nimivõimsus peab olema võrdne vähemalt kompressori jahutusvõimsusega, millele on lisatud kompressori elektriline võimsus.

Nõrkvoolu- ja serveriruumide jahutussüsteemidele esitatavad nõuded on välja toodud „Osa 13, Nõrkvoolu- ja serveriruumid“. Vedelikjahuti alune osa katusekattest tuleb värvida valgeks, et langetada katusepinna temperatuuri ja tõsta vedelikjahuti efektiivsust.

Keskkonna- ja ohutusnõuded

Projekteerimisel tuleb arvestada standardis EVS-EN 378-1:2016 sätestatud ohutusnõudeid ruumi suurusele, sõltuvalt külmaine tüübist ja kogusest. Seadmete ja külmutusagendi valikul tuleb lähtuda Euroopa Liidu ja Eesti projekteerimise ja ehitamise hetkel kehtivatest nõuetest, et välistada välis- ja sisekeskkonna reostus kasvuhoonegaasidega.

Projekteerimisel ja paigaldamisel tuleb eelistada seadmeid, mis oleksid võimalikult keskkonnasäästlikud ning mille puhul on külmainele nõutava jahutussõlme ruumi kubatuur minimaalne.

5.3. KÜLMAVARUSTUS

5.3.1 Kaugjahutus

Kaugjahutuse projekteerimisel tuleb lähtuda kaugjahutuse pakkuja tehnilistest tingimustest ja Eesti Jõujaamade ja Kaugkütteühingu juhendmaterjalist „Soojussõlmed. Juhised ja eeskirjad“.

5.3.2 Lokaaljahutus

Jahutussüsteem on lahendatud lokaaljahutussüsteemiga, kus külmaallikaks on külmamasin ning külmaajautuseks hoones kasutatakse jahutussüsteemi, kus külmakandja on vesi või külmumisohu vältimiseks näiteks vee ja glükooli segu.

Külmamasin

Külmamasin peab üldjuhul olema vesijahutusega, kus külmamasin asub köetavas ruumis ning vedelikjahuti (ingl *dry-cooler*) paikneb väliskeskkonnas. Erijuhtudel võib kokkuleppel tellijaga kasutada kompaktselt vabajahutusfunktsiooniga õhkjahutusega külmamasinat. Projekteeritud ja paigaldatud külmamasin peab omama kehtivat EUROVENT sertifikaati ja olema vähemalt A-klassi energiatõhususega (erisused tuleb tellijaga kooskõlastada). Külmamasin peab olema varustatud inverterjuhtimisega kompressoriga.

Jahutussüsteemi projekteerimisel ja ehitamisel tuleb silmas pidada, et õhkjahutusega külmamasina EER (jahutusvõimsuse suhe tarbitavasse elektrivõimsusesse) koos kompressoriga, pumbasõlme ja kondensaatoriga ei tohi kogu võimsusskaalas olla väiksem kui $EER \geq 3,5$ ja ESEER (jahutusseadmete tootja poolt antud jahutusperioodi keskmine jahutustegur) $ESEER \geq 5,0$ ning vesijahutusega külmamasinal $EER \geq 4$ ja $ESEER \geq 6,0$.

Külmamasin peab olema varustatud elektri-automaatikakilbiga ja autonoomse digitaalse juhtimispaneeliga, kust peab olema võimalik saata juhtimise ja häire signaale tsentraalsesse hooneautomaatikasüsteemi. Külmamasina kompressorid summaarse elektrilise võimsusega $\geq 100\text{kW}$ tuleb tarnida koos kompensatsiooni kondensaatoritega ja sagedusmuundurite või pehmekäivititega.

Vältimaks müra levikut konstruktsioonidesse, tuleb külmamasin paigaldada spetsiaalsetele vibroalustele.

Vedelikjahuti

Vedelikjahutid (ingl *dry-cooler*) peavad omama kehtivat EUROVENT sertifikaati ja olema üldjuhul A-klassi energiatõhususega (valik peab olema majanduslikult põhjendatud ja langetatud kokkuleppel tellijaga). Vedelikjahuti müra ei tohi ületada Sotsiaalministri määruses nr 42 „Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid“ toodud parameetreid. Vedelikjahuti kõik ventilaatorid peavad olema varustatud turvalülititega. Vedelikjahuti ventilaatoreid juhitakse sagedusmuunduri(te)ga. Külmamasina ja vedelikjahuti vaheline torustik on üldjuhul täidetud 35% vee-glükooli lahusega, mis peab sisaldama inhibiitorlisandit ja omama 7-aastast tootja garantiid ja sertifikaati. Õhu paremaks ärastamiseks vee-glükooli ringist peab enne vedelikjahutit olema torustiku kõrgemas punktis voolurahustina toimiv ekstsentriline kahekordne toru laiendus, millel on ülevalpool kaks väljundit: üks automaatseks õhutamiseks ja teine käsitsi õhutamiseks, mille 1/2" toru on kaarega juhitud katuse poole.

Otseaurustusega jahutussüsteem (nn multisplit ja VRV ning VRF)

Autonoomsete multisplit- või VRV/VRF jahutussüsteemide kasutamine on otstarbekas, kui hoone jahutuskoormus on madal ning vesijahutusega jahutussüsteem osutub ebamõistlikult kulukas. Reeglina tuleb kasutada inverterkompressoriga süsteemi, mille $EER \geq 4,0$ ja $ESEER \geq 5,0$.

Inimeste pideva viibimisega ruumis tuleb jahutusseadmete siseosade nimivõimsus arvestada keskmisel kiirusel ja sel juhul ei tohi siseosade müratase koos hoone üldventilatsiooniga ületada 35 dB(A). 3-toru VRV süsteemi paigaldamisel tuleb jälgida, et ühendusboks ei paikneks elu- või tööruumis.

Seadmete valikul tuleb arvestada, et ka kütmiseks ette nähtud süsteemide sulatusrežiimiks vajalikku soojusenergiat ei tohi soojusliku mugavuse tagamiseks võtta köetavast ruumist.

Süsteemi kondensaadi äravool peab olema võimalusel isevoolne. Selle paigaldamisel tuleb kasutada jäika, vajaliku kaldega monteeritud plastmasstoru.

Kõik ühendused üldkanalisatsiooni tuleb teha vesiluku kaudu, soovitatavalt kraanikausside all. Kui kraanikausside all asuvaid vesilukke ei ole võimalik kasutada, peavad vesilukud olema eraldi veega täidetavad ja ligipääsetavad. Pärast kondensaaditorustike väljaehitamist tuleb kõik lõigud eraldi katsetada.

Suurema töökindluse saavutamiseks peavad *split*-süsteemide välisosad olema varustatud karteri soojendusega, kondensaator pööreteregulaatoriga rõhu baasil (*cut-off* versioon), välisosa tuulekaitseplekkidega ja muude töökindlust tagavate meetmetega. Samuti peab välisosa olema paigaldatud maaraamile minimaalse kõrgusega 400 mm.

5.3.3 Kohtjahutus (otseaurustusega *split*-süsteem)

Autonoomsete *split*-jahutussüsteemide kasutamine on otstarbekas, kui jahutamist vajavad ainult üksikud ruumid (nõrkvooluruum, arvutiklass, UPS-i ruum, peakilbiruum ja arhiiviruum). Reeglina tuleb kasutada inverter tüüpi õhk-õhk soojuspumpa, mille $EER \geq 4,0$ ja $ESEER \geq 5,0$.

Inimeste pideva viibimisega ruumis tuleb jahutusseadmete siseosade nimivõimsus arvestada keskmisel kiirusel ja sel juhul ei tohi siseosade müratase koos hoone üldventilatsiooniga ületada 35 dB(A). Tehnilisi ruume teenindavad *splitid* peavad töötama välisõhutemperatuurimi $-15\text{ °C} - +35\text{ °C}$, kusjuures siseõhutemperatuur ei tohi tõusta kõrgemaks kui $+24\text{ °C}$. Kriitilistel ruumidel tuleb ette näha jahutusvalmidus ka madalamatel välisõhutemperatuuridel (nt jahutamine välisõhuga vms).

Split-süsteemide kondensaadi äravool peab olema võimalusel isevoolne. Selle paigaldamisel tuleb kasutada jäika, vajaliku kaldega monteeritud plastmasstoru.

Kõik ühendused üldkanalisatsiooni tuleb teha vesiluku kaudu, soovitatavalt kraanikausside all. Kui kraanikausside all asuvaid vesilukke ei ole võimalik kasutada, peavad vesilukud olema eraldi veega täidetavad. Pärast kondensaaditorustike väljaehitamist tuleb kõik lõigud eraldi katsetada.

Suurema töökindluse saavutamiseks peavad *split*-süsteemide välisosad olema varustatud karteri soojendusega, kondensaator pööreteregulaatoriga rõhu baasil (*cut-off* versioon), välisosa tuulekaitseplekkidega ja muude töökindlust tagavate meetmetega. Samuti peab välisosa olema paigaldatud maaraamile minimaalse kõrgusega 400 mm.

5.4. KÜLMAVARUSTUSE- JA JAHUTUSSÜSTEEMI AUTOMAATIKA

Jahutussüsteemi automaatika tuleb ühendada tsentraalse hooneautomaatikaga, jahutuskompressorid ja täppiskonditsioneerid tuleb tarnida koos Bacnet kaardiga ja visualiseerida hooneautomaatika süsteemis.

Väikesed, kuni 8 kW otseaurustusega jahutussüsteemid tuleb tarnida kas Bacnet või Modbus kaardiga ning siduda hooneautomaatika süsteemiga. Kõik külmavarustusseadmed peavad olema hooneautomaatika süsteemi abil juhitavad ja jälgitavad. Külmasõlme vajalikud mõõtepunktid on välja toodud „Osa 11, Hooneautomaatika“ tabelis „Parameetrite ja häirete prioriteetide tabel“.

5.5. JAHUTUSSÜSTEEMILE JA MATERJALIDELE ESITATAVAD NÕUDED

Jahutussüsteemi külmatarbijateks on ventilatsiooniseadmetes paiknevad jahutuspatareid ja/või ruumidesse paigaldatavad kohtjahutid. Soojusliku mugavuse tagamiseks tuleb eelistada kõrgema külmakandja temperatuuriga mittekondenseerivaid kohtjahuteid (nt aktiivseid ventilatsiooniga läbipuhutavaid jahutuspalke). Suurte jahutuskooormuste korral või kui mittekondenseeruv süsteem pole mõistlik ega võimalik, tuleb võimalik lahendus tellijaga kooskõlastada.

Kohtjahutite valikul tuleb arvestada nii ruumi soojuseralduste suuruse ja muutumiskiiruse kui ka piirdekonstruktsioonide inertsiga.

Jahutusvõimsuse reguleerimine toimub ruumikontrolleri poolt juhitava reguleerventiili abil, mis omakorda välistab samaaegse kütmise ja jahutmise.

Kohtjahutitele lisaks tuleb jahutada ka hoone õhuvahetuseks kasutatavat värsket õhku.

Ventilatsiooniseadmetes paiknevad jahutuspatareid tuleb varustada segamissõlmedega. Külmakandja voolutakistus jahutuspatareis võib olla kuni 25 kPa.

5.5.1 Ventilaatorkonvektor

Suure jahutuskooormusega ruumides tuleb kasutada ventilaatorkonvektoreid (ingl *fan-coil*) . Nende valikul on oluline jälgida nii soojuslikku mugavust kui kehtivaid müranõudeid. Kondenseeruva süsteemi korral peab ventilaatorkonvektorite valikul arvestama tuntava jahutusvõimsusega (ingl *sensible cooling capacity*). Seadme valik peab toimuma keskmisel kiirusel arvestusega, et ruumis paiknevate tehnoseadmete summeeritud müratase (*sound pressure*) ei ületa lubatud väärtust ja seadme võimsuse reserv on tagatud.

Ruumi kohtjahutid tuleb paigaldada ja seadistada selliselt, et töökohtadele ja viibimistsoonidele pealepuhumine on välistatud, st õhu liikumise kiirus töötsoonis peab olema väiksem kui 0,2 m/s (vastavalt standardile EVS-EN 15251).

Ventilaatorkonvektorid tuleb kasutada eelkõige ruumides, kus soojuskooormus võib kiiresti tõusta (nt konverentsiruumid, nõupidamisruumid jms).

5.5.2 Külmaine

Külmaine valikul tuleb lähtuda heast tavast ja kehtivatest nõuetest.

5.5.3 Torustik

Jahutussüsteemide projekteerimisel ja ehitamisel tuleb välistada erinevate materjalide kasutamisel tekkida võiv toru sisepeindade elektrokeemiline korrosioon - süsteemis olevad torud, fittingud, soojusvahetid ja kalorifeerid, võivad olla nii pronksist, roostevabast metallist, aga ka nii alumiiniumist, vasest kui ka tsingitud.

Vesi- ja vesi-glükooli jahutussüsteemi külmakandja torustik tuleb valmistada mustadest keevitatavatest terastorudest, kasutades keevisliitmikke ja mille paigaldusnõuded on samad, mis kütte- ja soojavarustustorustike puhul. Mittenähtava paigalduse korral (ripplaed) võib viimase ühenduse jahutuselemendini teostada 1 meetri ulatuses komposiitoruga. Kõik keevised peavad olema tehtud vastavalt standardile EVS-EN ISO 5817 (klass D).

Freonisüsteemide külmaainetorustik tehakse standardile EN 12735-1 vastavatest puhastatud, kuivatatud ja suletud vasktorudest. Jootmistöid tehakse lämmastikukeskkonnas.

Kõik automaatõhueraldajad peavad olema ühendatud sulgarmatuuriga, et tagada nende hilisem hooldatavus ja vahetatavus.

Torustik tuleb väljastpoolt puhastada ja vähemalt kaks korda korrosioonivastase värviga värvida. Siseruumides paikneva torustiku värvikihi paksus on minimaalselt 80 µm, välistingimustes 200 µm.

Pärast torustiku väljaehitamist, kuid enne süsteemi käivitamist tuleb teostada torustiku läbipesu ja survestamine, mis on omanikujärelevalve poolt kooskõlastatud ja dokumenteeritud.

Manomeetrid

Manomeetrid tuleb paigaldada manomeetrisillaga filtritele ja pumbasõlmedele rõhulangude mõõtmiseks. Manomeetrid peavad olema varustatud manomeetriventiliga, olema läbimõõduga ~100 mm ja minimaalse täpsusklassiga 2,5. Kõik kasutatud manomeetrid peavad olema kalibreeritud.

Isoleerimine

Külmad torustikud tuleb kondensaadi ja ülemäärase külmakao vältimiseks isoleerida. Isolatsiooniks tuleb kasutada veeauru difusiooni kindlat ($\mu \geq 7000$) ja tuleohutusnõudeid täitvat poorkummisolatsiooni. Mittepõleva isolatsiooni vajaduse korral tuleb kasutada aurutõkkega mineraalvillkoorikuid. Külmakandja torustike isolatsioon peab konstruktsiooni läbiviikudes olema paigaldatud katkematult.

Siseruumide isolatsioonikihi paksused peavad minimaalselt vastama tabelis 5.1. toodule (pealevoolutemperatuuril +7 °C).

Tabel 5.1 Torude isolatsioonikihi paksus

<i>Torustik (mm)</i>	<i>Isolatsioonikihi paksus (mm)</i>
$\varnothing \leq 32$	9
$\varnothing \leq 125$	13
$\varnothing > 125$	19
Mahutid	23

Jahutussüsteemi kõrgetemperatuuriliste torustike isoleerimisel tuleb kasutada mineraalvillkoorikuid. Isoleerimine peab vastama Soome LVI 50-10344, LVI 50-10345 või EVS 860 nõuetele.

Isoleeritud torustiku katmine kaitsepleki või PVC-kattega on nõutav sisetingimustes kohtades, kus on mehaanilise vigastuse oht. Kattepleki paksus on minimaalselt 0,5 mm. Tsingi paksus kattplekil 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.

Reguleer- ja sulgarmatuurid

Torustik peab olema varustatud vajaliku arvu reguleer- ja sulgarmatuuridega selliselt, et süsteemi saab häälestada projektijärgsetele veehulkadele ja sulgeda süsteemi osi selliselt, et kõigi seadmete vahetused oleks võimalik teha võimalikult väikese veekaoga.

Püstakute ja haruliinide reguleerarmatuur peab olema rõhust sõltumatu tasakaalustus - reguleerventiil koos peale- ja tagasivoolu sidestusega (kapillaartoruga) ning sellel peavad olema mõõtotsikud. *Fan-*

coilide ja jahutuspalkide reguleerimiseks tuleb kasutada rõhust sõltumatuid kahefunktsioonilisi reguleeriventiile.

Kõik sulgarmatuurid $DN \leq 200$ peavad olema täisavaga kuulkraanid. Kõik reguleer- ja sulgarmatuurid tuleb paigaldada selliselt, et nende kasutamine ei oleks takistatud ja oleks võimalikult mugav.

Pumbad

Tsirkulatsioonipumpadena tuleb üldjuhul kasutada energiatõhusaid IE4 klassi kuuluvaid pumпасid. Kuiva rootoriga pumpade (*inline* pumbad) ja torustike vahel peavad olema vibratsiooni ja müra leevendavad lõdvikud.

Peenfiltrid

Lisaks mudapüüduuri paigaldamisele tuleb kõigis ringisüsteemides kasutada peenfiltreid ning pidevas filtreerimises peab olema ≥ 10 % ringlevast veest.