

# 10

## 10 ÕHU KONDITSIONEERIMINE

Õhu konditsioneerimine tähendab siseõhu omaduste, temperatuuri, niiskuse ja puhtuse hoidmist õhutöötuse abil. Õhu konditsioneerimise süsteemi koosseisu kuuluvad konditsioneer, õhukanalid ruumidesse ja seadmetesse ning ruumiseadmed. Konditsioneeris puhastatakse õhk filtris, soojendatakse küttepatareis ja jahutatakse jahutuspatareis. Õhku saab ka niisutada ja kuivatada. Väljatõmbeõhu sooja kasutatakse sissepuhkeõhu soojendamiseks. Konditsioneeris töödeldud õhk suunatakse õhukanalite kaudu ruumidesse. Külma ja sooja õhu kanalid isoleeritakse. Väljatõmbeõhk kogutakse väljatõmbekanalitesse ja juhitakse üle katuse. Ruumides jaotatakse õhk ühtlaselt inimeste viibimistsooni ja eemaldatakse sealt, kus õhk on saastunud. Õhku jaotatakse õhujaoetusseadmete abil, tekitamata ruumides tõmbust ja müra. Ruumide soojakoormust tuleb püüda vähendada ka päikesekiirguse mõju vähendamise teel.

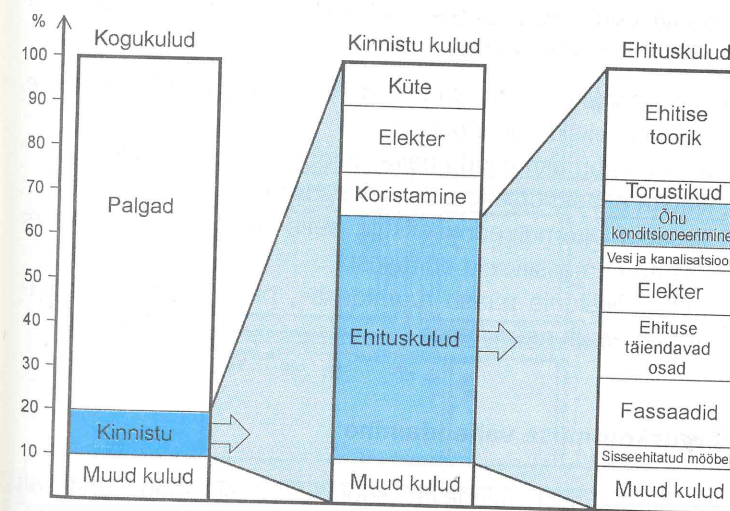
### Lugened läbi selle peatüki,

- tead õhu konditsioneerimise põhimõtteid
- tead õhu konditsioneerimise süsteeme
- tead õhu konditsioneerimise õhuhulkade määramise aluseid
- tead konditsioneerimisseadme koostisosi ja nende otstarvet
- oskad õhu konditsioneerimise seadet hoonesse paigutada
- tead konditsioneerimise õhukanalite paigutuse põhimõtteid
- oskad paigutada hoonesse peakanali ja jätta neile ruumi
- tead erinevaid õhujaoatusviise ja nende omadusi
- oskad paigutada õhujaoatusseadmeid ruumidesse nii, et ei teki tõmbust

### Eesmärgid ja nõuded

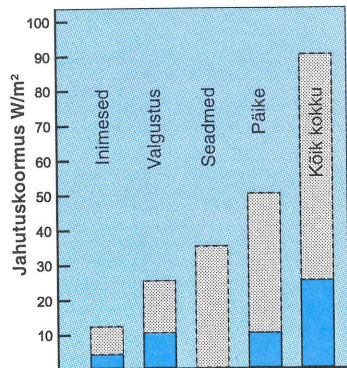
Õhu konditsioneerimise eesmärgiks on luua hoones temperatuuri, õhu kvaliteedi ja niiskuse poolest mugav sisekliima. Selleks juhitakse ruumidesse sobiv hulk soojendatud, jahutatud, kuivatatud või niisutatud õhku vastavalt iga ruumi vajadusele. Jahutuse või soojenduse põhjal määratud õhuhulk on üldiselt küllalt suur, et rahuldada ka ruumi ventilatsiooni vajadust. Niisiis on õhu konditsioneerimisel samaaegselt mitmeid ülesandeid.

*Konditsioneerimisel puhastatakse, soojendatakse, jahutatakse, niisutatakse või kuivatatakse õhku vajaduse järgi.*



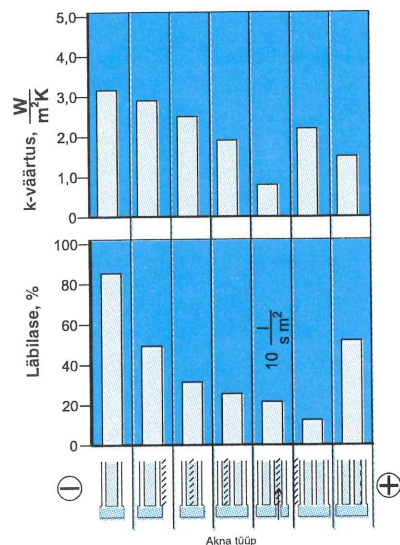
Joonis 10.1. Büroohoone kasutuse kogukulude moodustumine ja õhu konditsioneerimise osa selles.





Joonis 10.2. Jahutuskoormus moodustub inimeste, valgustuse, seadmete ja päikesekiirguse toimest. Tulbad kujutavad tüüpilisi kõikumisi.

Õhu konditsioneerimise üks tähtsaim ülesanne on liigsooja eemaldamine ruumidest.



Joonis 10.3. Erinevate akna-konstruktsioonide soojajuhtivus (U-väärtus) ja päikesekiirguse läbilase.

Hoone õhu konditsioneerimist tuleb kasutada maksimaalse efektiivsusega. See tähendab madalaid kogukulusid, mille määramisel on vaja arvesse võtta nii halvast sisekliimast tulenevad kulud kui ka õhu konditsioneerimise süsteemi hankimise ja kasutamise kulud. Neist viimased on väikesed, võrreldes hoone teiste kasutuskuludega (joonis 10.1). Õhu puuduliku konditsioneerimise tõttu tekkinud halb sisekliima põhjustab inimeste rahulolematust ja haigestumisi, mis veelgi suurendab kulusid. Hankimiskuludest moodustavad põhiosa konditsioneerimiseseadmed ja õhukanalid. Kasutuskuludest on suurim osa kütte ja elektri maksumusel.

## Õhu jahutusvajaduse määramine

### Soojakoormused

Õhu konditsioneerimise üks tähtsamaid ülesandeid on ruumides tekkinud liigsooja eemaldamine, st. jahutus. Liigsooja mõjul tõuseb ruumide temperatuur kiiresti ülemäära kõrgeks. Hoonete hea soojustus ja samaaegne suurenenud elektritarve on viinud selleni, et näiteks büroohooned vajavad jahutust isegi talvel. Liigsooja teket ei saa täielikult vältida, kuid seda saab mõjutada mitmete ehituslike meetmetega. Talvel saab ruume jahutada külma välisõhuga.

Liigsoe tekib ruumides päikesekiirguse, elektriseadmete kasutamise ning inimeste eneste soojaerituse tagajärjel. Päikesekiirgus on selles kõige olulisem. Elektritarbijaks on valgustusseadmed, büroomasinad ja muud elektriseadmed vastavalt ruumi varustatusele nendega. Inimeste poolt tekitatud soe on oluline seal, kus on koos palju inimesi, nagu klassi- ja koosolekuruumid. Soojakoormuste suurusjärgud ja tüüpilised kõikumised nähtuvad jooniselt 10.2.

Soojakoormust ja ühtlasi jahutustarvet saab vähendada järgmiste meetmetega:

- suure soojakoormusega ruumid projekteerida nii, et nende aknad asuksid põhja pool
- vältida suuri aknapindu päikesepoolsetel fassaadidel
- kaitsta aknaid otsese päikesekiirguse eest
- liigsooja akumulatsiooniks ja selle mõju tasandamiseks kasutada massiivseid ehitusosi
- vältida liigsooja pääsu ruumidesse, paigaldades liigsooja-allikad eraldi ruumidesse

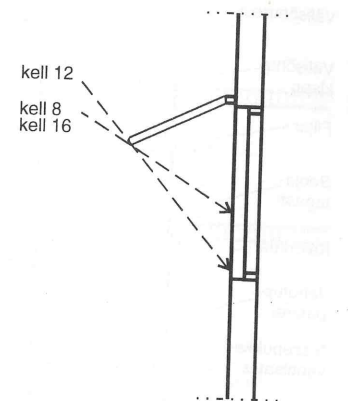
### Kiirguskoormuse vähendamine

Päikesekiirgusest tulenevat soojakoormust saab tunduvalt vähendada aknavarjude abil. Spetsiaalsed akna-konstruktsioonid vähendavad päikesekiirguse läbilaset harilikku klaasiga võrreldes ligikaudu järgmiselt:

- absorbeeriv klaas — 40 %
- valge žalusiikardin aknaklaaside vahel — 70 %
- peegeldav klaas — 80 %

Ei tohi muidugi unustada, et värvilised klaasid vähendavad valguse läbipääsu ja tingivad tehisolukohade vajaduse. Mitmesuguste akna-konstruktsioonide mõned soojatehnilised omadused on üksikasjalikumalt esitatud joonisel 10.3.

Päikesevari (sirm) akna kohal on efektiivne siis, kui päike paistab kõrgelt, kusjuures sirm on soovitatav paigaldada lõuna-, edela- ja kagufassaadidele (joonis 10.4). Et sirm varjaks suvel akna täielikult otsese päikesekiirguse eest, peab sirmi horisontaalne väljaulatus olema umbes 80 % akna kõrgusest. Sirmi horisontaalasendist allapoole kallutades saab varjutust suurendada.

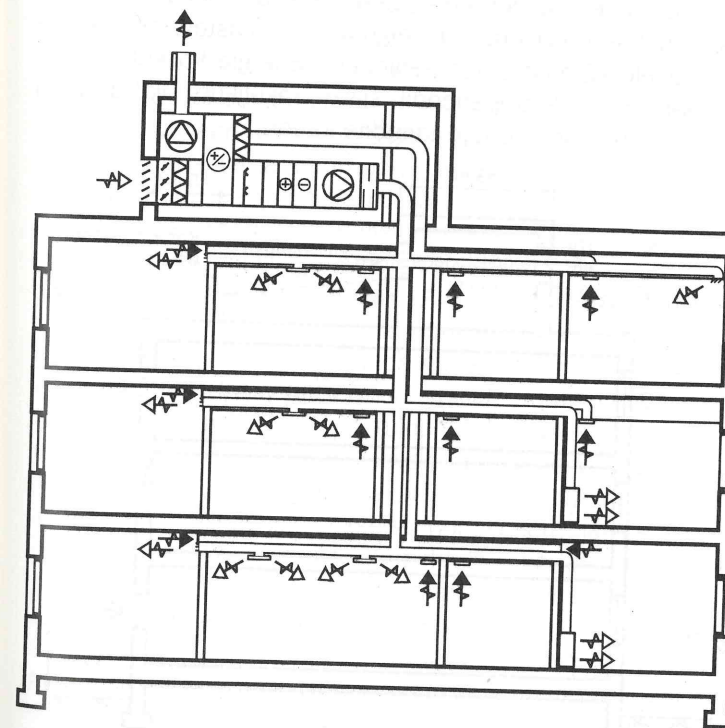


Joonis 10.4. Kõrgelt paistva päikese eest kaitstva sirmi pikus peab olema 60–80% akna kõrgusest. Kallet muutes saab varjutust suurendada.

## Õhukonditsioneerid

### Õhukonditsioneereri osad

Õhu konditsioneerimise süsteem (joonis 10.5) koosneb alati põhimõtteliselt samadest osadest. Kõige olulisem neist on õhukonditsioneer, kust õhk juhitakse kanalite kaudu ruumidesse ja jaotatakse seal jaotusseadmete abil ruumi osadesse ühtlaselt laiali. Konditsioneereri ülesanne on töödelda õhku nii, et saadaks soovitud temperatuuri ja niiskusega õhk.



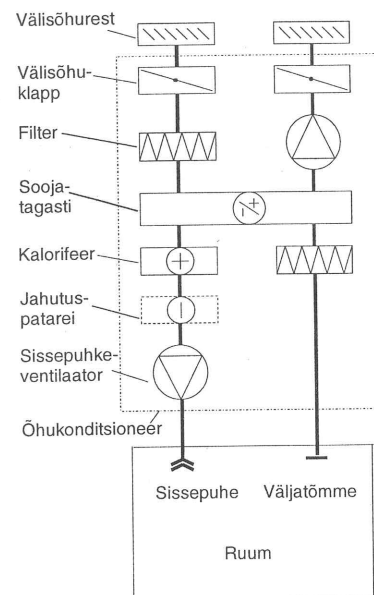
Joonis 10.5. Õhu konditsioneerimise süsteem koosneb konditsioneerist, õhukanalitest ja ruumide õhujaoitusseadmetest.

Õhu konditsioneerimise süsteem koosneb konditsioneerist, õhukanalitest ja ruumide õhujaoitusseadmetest.

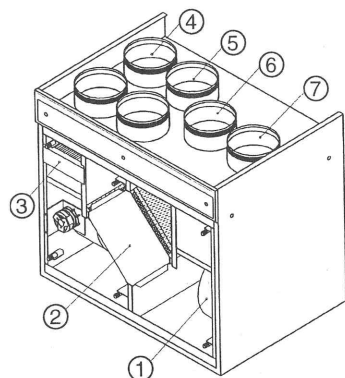
### Õhukonditsioneereri koostisosad.

- välisõhurest
- õhukamber
- välisõhuklapp
- segunemisosa
- filter
- soojatagasti
- I astme kalorifeer
- niisutusosa
- jahutuspatari
- II astme kalorifeer
- ventilaator
- mürasummuti





Joonis 10.6. Öhukonditsioneeris keem.



Joonis 10.7. Väike tehases valmistatud öhukonditsioneer: 1) ventilaator, 2) soojagasti, 3) filter, 4—7) toruliited.

Sõltumata konditsioneerimissüsteemist on konditsioneeris põhikomponendid samasugused. Konditsioneer turustatakse tehasevalmiduses, valmis elementidest kohapeal koostatavana. Öhukonditsioneer ja konditsioneerimissüsteem on skeemiliselt kujutatud joonisel 10.6.

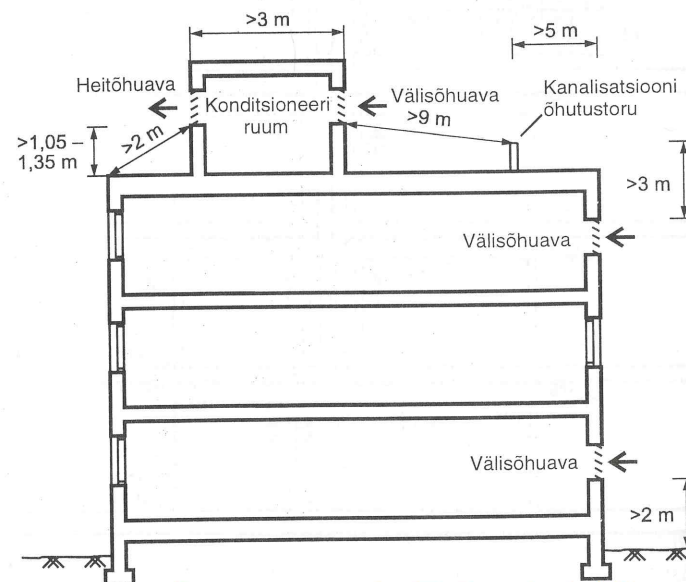
Teadagi ei vajata alati kõiki osi. Tehases valmistatud moodulmõõtmelistest elementidest on lihtne koostada vajalike osi sisaldav konditsioneer. Väiksemad lihtsa toimega seadmed on juba tehases üheks tervikuks liidetud (joonis 10.7).

### Välisõhuavad ja -restid

Välisõhurestid tuleb paigutada sinna, kus välisõhk on võimalikult puhas. Avade asukoha valikul tuleb arvestada kohalike oludega ja saasteallikate asukohaga. Välisõhuava ei tohi asuda liiklusmagistraalide, korstnate, kanalisatsiooni õhutustorude ega keske ventilatsiooni heitava läheduses. Projekteerimisel nõutud minimaalsed vahekaugused on toodud joonisel 10.8. Välisõhuava peab olema

- üle 2 meetri kõrgusel maapinnast
  - üle 9 meetri kaugusel kanalisatsiooni õhutustorust
  - üle 3 meetri kaugusel samal horisontaalpinnal olevast heitõhuavast
- Samas ei tohi heitõhuava olla akendele liiga lähedal.

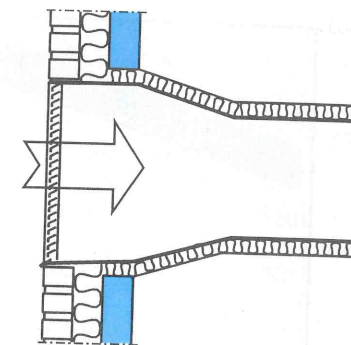
Välisõhuava tuleb paigutada nii, et päikesekiirgus tarindite vahendusel ei soojendaks sissevõetavat õhku tarbetult. Seetõttu tuleb välisõhuava paigutada varjulistele seintele ja küllaldasele kõrgusele katusepinnast. Energia kokkuhoiu seisukohalt oleks kütteperioodil siiski kasulik võtta õhku päikese poolt soojendatud tarindite kaudu.



Joonis 10.8. Öhukonditsioneeris välisõhu- ja heitõhuavade paigutuse minimaalsed vahekaugused.

Õhu kiirus välisõhurestis ei tohi olla liiga suur (mitte üle 2,5 m/s), et vihmapiisad, mustus ja lumi ei tungiks koos õhuga konditsioneeris. Välisõhuava tuleb teha nii kõrgele katusepinnast, et lumi ei saaks seda ummistada. Välisõhuava põhi tuleb teha kaldega väljapoole, et sulav lumi, mille pääsu kanalitesse ei saa täiesti takistada, voolaks välja veena (joonis 10.9).

Eriti rannikul ja suurte veekogude lähedal, teatud ilmastikutüüpide puhul, võib välisõhurestis kõigest ettevaatusabinõudest hoolimata ummistuda jää ja lumega. Peab ette nägema võimaluse resti puhastamiseks ja lume sulatamiseks. Selleks võib välisõhuresti varustada elektrisulatusseadmega.



Joonis 10.9. Välisõhuava varustatakse žalusiirestiga ja laiendatakse, et vihm ja lumi ei tungiks sisse koos õhuga.

### Puhta õhu kambrid

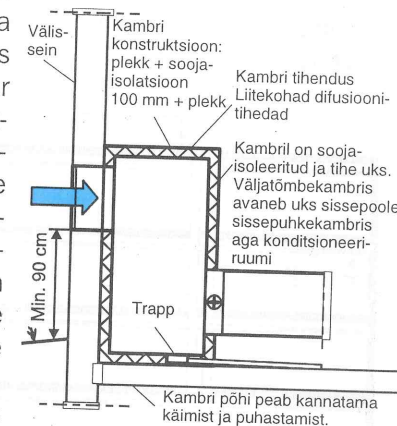
Suurtes õhu konditsioneerimise seadmetes asub välisõhuresti ja -klapi järel eraldi kamber, kust õhk juhitakse ühe või mitme konditsioneeris juurde. Kambril ülesanne on eraldada vesi, lumi ja saast õhuvoolest. Vee ärajuhtimiseks peab kamber olema ühendatud kanalisatsiooniga, kusjuures kambril konstruktsioon peab vastama tavalistele tihedusnõuetele ja olema soojustatud (joonis 10.10). Soojustust tuleb kaitsta märgumise eest.

### Ruumivajadus ja konditsioneeride paigutamine

Reeglina paigutatakse konditsioneerid hoone katusel asuvasse eraldi ruumi. Konditsioneeriruum võib asuda ka mujal, kuid siis tulevad nii välisõhu- kui ka heitõhukanalid pikemad ja nõuavad rohkem ruumi. Konditsioneeriruumid peavad olema piisavalt suured nii konditsioneeride paigutamiseks kui ka hooldustööde tegemiseks. Konditsioneeriruumi peab olema ohutu sissepääs nii teenindaval personalil kui ka materjalide transportijail.

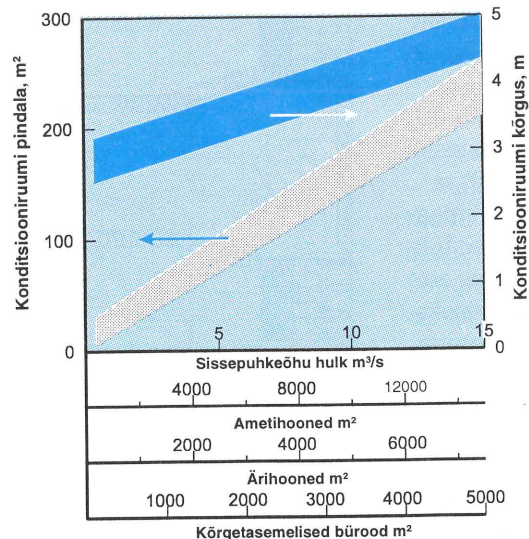
Konditsioneerimisseadmetele vajalike ruumide reserveerimine peab algama juba hoone projekteerimisest. Konditsioneeriruumide paigutus mõjutab kogu hoone arhitektuuri. Selleks peab teadma konditsioneeride arvu ja õhukoguseid. Ainult hoones vajaliku õhuhulga arvutamisest ei piisa, kuna konditsioneeride arv mõjutab oluliselt ruumivajadust. Kaks väikest konditsioneeris vajavad rohkem ruumi kui üks suur konditsioneer, ehkki õhuhulk on mõlemal juhul sama. Konditsioneeriruumis tuleb jätta ruumi kõikide komponentide vahetamiseks. Näiteks õhufiltrit tuleb tihti vahetada. Kui ei ole küllaldaselt hooldusruumi, jäävad hooldustööd lihtsalt tege-mata. Seetõttu tuleb meele pidada, et soojatagasti paigutamine konditsioneeris koosseisu nõuab normaalsest rohkem ruumi. Konditsioneeriruumide pindala võib arvutada nende õhuhulga kaudu. Joonis 10.11 annab konditsioneeriruumide esialgsed pinnavajadused. Tähtis on ka ruumi kõrgus, et konditsioneerid ja õhukanalid sinna ära mahuksid. Minimaalseks kõrguseks on 3,5 meetrit, suuremates konditsioneeriruumides 4 meetrit (joonis 10.11). Ruum ei tohi olla mis tahes kujuga, sobivaim kuju on ristkülik, mille lühema külje pikkus on vähemalt 4 meetrit.

Konditsioneeriruumid paigutatakse üldiselt katusele.

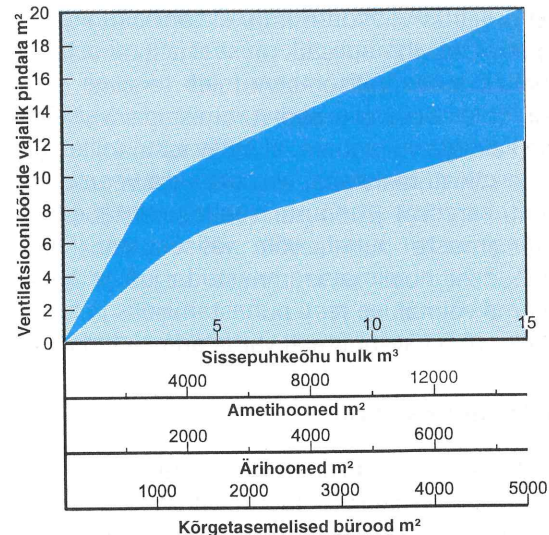


Joonis 10.10. Puhta õhu kamber, kust välisõhk juhitakse ühte või mitmesse

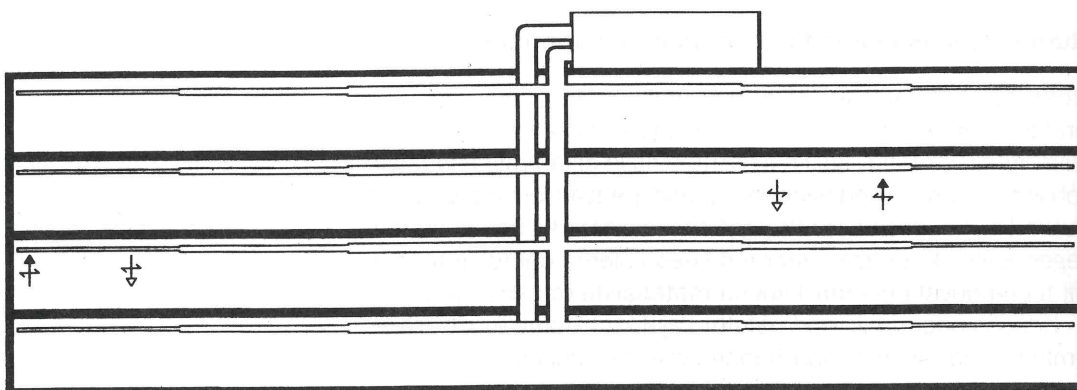




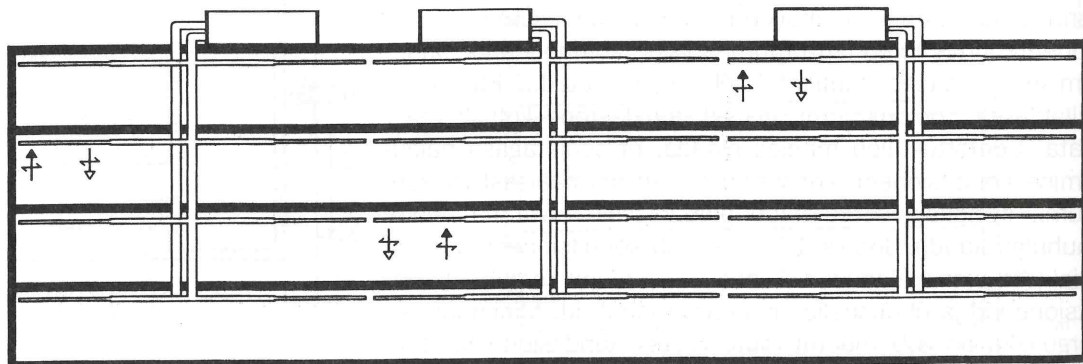
Joonis 10.11. Konditsioneeriruumi pindala ja kõrgus, sõltuvalt hoone liigist ja üldpindalast.



Joonis 10.12. Ventilatsioonilõõride kogupind, sõltuvalt hoone liigist.



Joonis 10.13. Üks konditsioneeriruum ja vertikaalšaht nõuab suuri ja pikki horisontaalkanaleid.



Joonis 10.14. Mitme konditsioneeriruumi ja mitme vertikaalšahti puhul tuleme toime väiksemate ja lühemate horisontaalkanalitega kui üht vertikaalšahti kasutades.

Tabel 10.1. Õhu konditsioneerimise vertikaalkanalite ruumivajadusi büroohoonetes.

Teenindavate korruste pindala m <sup>2</sup>	Õhuhulk 2 l/s m <sup>2</sup> Kanalid mm	Õhuhulk 5 l/s m <sup>2</sup> Kanalid mm
100	2xØ250	2xØ400
150	2xØ315	2xØ400
200	2xØ315	2xØ500
300	2xØ400	2xØ500
400	2xØ400	2xØ630
500	2xØ500	2xØ630
1000	2xØ630	2xØ800

Tabel 10.2. Õhu konditsioneerimise šahti ruumivajadus, sõltuvalt kanalite suurusest. Sissepuhkekanal on soojustatud (50 mm).

Kanalid, mm	Šaht, cm
2xØ250	40x70
2xØ315	50x90
2xØ400	50x110
2xØ500	70x130
2xØ630	90x150
2xØ800	100x200

Konditsioneeritavad õhuhulgad ja konditsioneeriruumide pindalad võib arvutada konditsioneeritavate korruste pindala ja sissepuhkeõhu hulga järgi, teades, et vajalik õhuhulk on:

- lihtsates hoonetes, nagu ametihooned jms. 1–2 l/s m<sup>2</sup>
- keskmise tasemega büroohoonetes 2–3 l/s m<sup>2</sup>
- kõrgetasemelistes büroohoonetes 3–5 l/s m<sup>2</sup>

Konditsioneeriruumi pindala ja kõrgus sõltuvad konditsioneeride suurusest ja arvust.

Eiruumides, nagu köökides, sööklates, saalides ja koosolekuruumides on sissepuhkeõhuhulk eespool nimetatutest oluliselt suurem. Vastavalt sellele peavad ka konditsioneeriruumid olema suuremad.

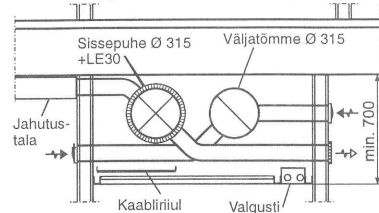
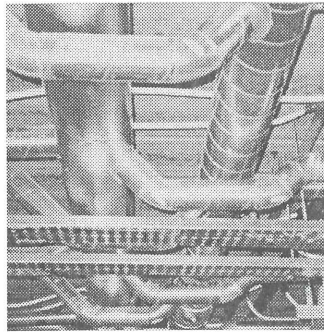
Hoone õhu konditsioneerimine on otstarbekas jagada mitme konditsioneeride vahel. Seadmed võib paigutada kas ühte või mitmesse ruumi. Õhukanalite paigutusest lähtudes on soodus need ruumid projekteerida võimalikult hoone keskele. Lõplik konditsioneeriruumide paigutus sõltub hoone otstarbest ja kujust ning on seotud horisontaal- ja vertikaalkanalite paigutusega. Hoone konditsioneerimise vertikaalšahtide pinna vajaduse võib sõltuvalt hoone liigist ligikaudselt leida jooniselt 10.12.

Kui hoones on üks konditsioneeriruum, eeldab see üht suurt vertikaalšahti ja pikki horisontaalkanaleid. Pikas hoones kujunevad horisontaalkanalite ristlõikepindalad suurteks ja nende paigutamine korrustele võib valmistada raskusi. Seetõttu on tihti kasulik jätta hoonesse mitu vertikaalšahti ja konditsioneeriruumi, mistõttu horisontaalkanalite mõõtmed vähenevad ja neid on kergem korrustele paigutada. Mõned nendest variantidest on esitatud joonistel 10.13 ja 10.14. Joonisel 10.13 näidatud hoones on üks seadmeruum ja vertikaalšaht, kust suured horisontaalkanalid lähevad korrustele. Joonisel 10.14 näidatud hoones on mitu seadmeruumi ja vertikaalšahti, mistõttu horisontaalkanalid on väiksemad ja lühemad.

Horisontaalkanalite pikkus on ka ruumide kõrgusest. Mida kaugemale konditsioneeridest ja vertikaalšahtidest tuleb kanaleid paigaldada, seda suuremad nad on ja seda rohkem ruumi nad vajavad. Tihti paigutatakse kanalid koridori lae alla, kust sissepuhke- ja väljatõmbeõhk juhatakse mõlemal pool

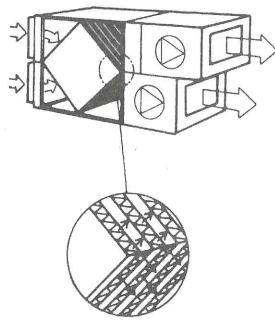
Konditsioneeriruumide arv ja asend sõltuvalt hoone kujust ja kanalite paigaldusvõimalustest.





**Joonis 10.15.** Sissepuhke- ja väljatõmbekanalid paigutatuna koridori ripplae vahele.

Väljatõmbeõhust tagastatud soojaga soojendatakse sissepuhkeõhku.



**Joonis 10.16.** Õhukonditsioneeriga paigaldatud plaat-soojatagasti, milles toimub õhu ristvool.

Kaudsel sooja tagastamisel suunatakse soe vedelikuringluse abil heitõhult sissepuhkeõhule.

olevatesse ruumidesse. Ristumised ja sissepuhkekanalite soojaisolatsioon, samuti elektriseadmed nõuavad oma paigaldamiseks ruumi (joonis 10.15). Vertikaalšahtide ja horisontaal kanalite ruumivajadust võib hinnata ka tabelite 10.1 ja 10.2 abil. Neis on näidatud kanalite suurused, sõltuvalt hoone tüübist ja kanalite paigutamiseks vajalike šahtide mõõtmetest.

Mida rohkem on hoones konditsioneer, seda kergem on neid paigaldada, kuna vajalikud ruumid on nüüd väiksemad. Ka kanaleid on võimalik lühendada. Väikesi konditsioneer on ka parem juhtida, vastavalt hoone vajadustele.

### Sooja tagastamine

Suure osa heitõhu soojast saab tagastada hoone õhukonditsioneeriga soojatagasti abil. Soojaülekanne on seda efektiivsem, mida suurem on temperatuuri erinevus sooja loovutava ja sooja vastuvõtva õhuvoolu vahel. Seetõttu on soodsam kasutada ventilatsiooniõhu soojendamiseks heitõhku. Soe võib heitõhust siirduda sissepuhkeõhku otse läbi õhuvoole eraldava plaadi. Sellisel juhul on tegemist rekuperatiivse soojaülekannega. Kui sooja ülekandev mass vaheldumisi akumuleerib sooja soojas ja loovutab külmas õhuvoos, on tegemist regeneratiivse, sooja akumuleeriva soojavahetiga.

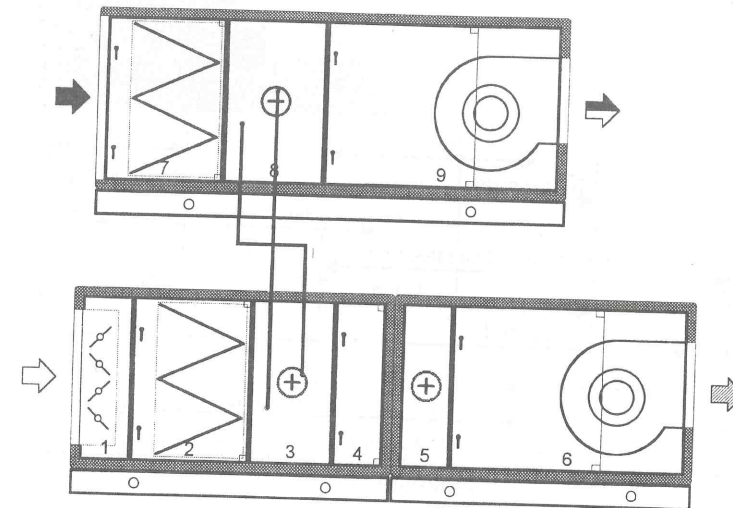
Sooja tagastamine otse heitõhust eeldab, et sissepuhke- ja väljatõmbekanalid tuuakse samasse soojatagastisse konditsioneeriruumis. See eeldab ka küllalt suurt ruumi, kuhu õhukanaleid saab paigutada.

Soojatehniliselt on soojavahetis parim vastuvoolumoodus. Kaasavoolu puhul ei saavutata väiksema keskmise temperatuurierinevuse tõttu niisama efektiivset soojavahetust. Praktilistel põhjustel on aga kõige enam levinud ristvool (joonis 10.16).

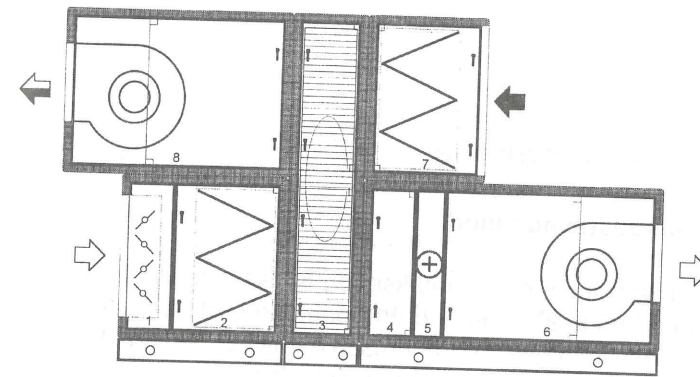
Võimsus oleneb väga suure osas soojavaheti pindalast. Üldiselt püütakse saada võimalikult suuri soojaülekandepindu väikese mahu kohta. Tavaliselt on soojaülekandepinnad kujundatud kas plaat- või torukonstruktsioonina. Soojaülekanne saab parandada ribide abil.

Vedelikuringlusega süsteemis (joonis 10.17) ei ole vaja suuri heitõhu- ja välisõhukanaleid tuua ühte kohta. Seetõttu sobib antud süsteem ka hoonete renoveerimise puhul. Vedelikuringlusega soojatagastussüsteemis ei ole kasutegur niisama suur kui plaat-soojavahetis. Vedelikuringlusega süsteemis kasutatakse ringleva vedelikuna peamiselt 30–40-protsendilist etüleenglükooli vesilahust ja soojavahetina plaat-kalorifeeri.

Pöörlevas akumuleerivas soojavahetis jahtub sooja ülekandev mass välisõhuvoos ja soojeneb heitõhuvoos (joonis 10.18). Efektiivse soojaülekanne saamiseks on vooluteed tehtud väikseks ja materjal õhukeseks. Akumuleeriv soojavaheti



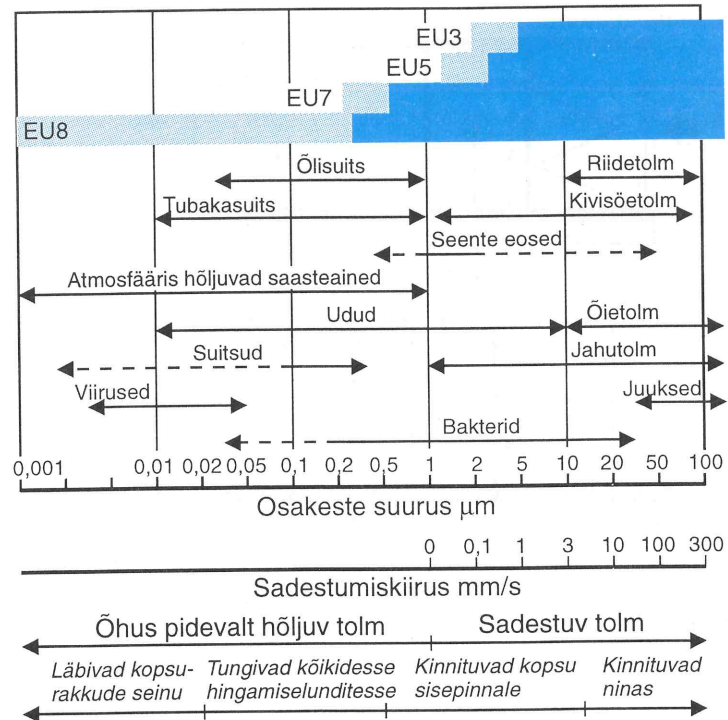
**Joonis 10.17.** Vedelikuringlusega soojatagastuse põhimõte. Soe juhatakse ülemisest väljatõmbeseadmest vedeliku ringluse abil alumisse sissepuhkeseadmesse.



**Joonis 10.18.** Sooja akumuleeriv pöörlev kärjetaoline soojatagasti annab väljatõmbeõhu sooja edasi sissepuhkeõhule.

võib üle kanda ka niiskust ja saasteaineid, nagu tubakasuitsu, ühest õhuvoos teise. Soojavaheti omadusi saab muuta pöörleva osa materjali valikuga.





Joonis 10.19. Õhus enamlevinud osakeste suurus ja sadestumiskiirus ning filtrite tüüpilised kasutuspiirkonnad.

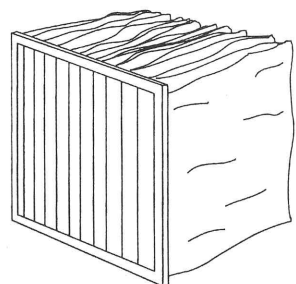
## Õhu puhastamine

### Õhku saastavad ained

Puhastamisega eemaldatakse õhust saasteained vastavalt esitatud nõuetele. Nõuded õhu puhtuse kohta tulenevad tervisekaitsest, ohutusest, puhtusepidamisest, seadmete tööst, kulumisest ja toodete riknemisest. Õhufiltri tavaline paigalduskoht on välisõhuvoolus konditsioneeris esimese elemendina ja heitõhus enne soojatagastit.

Saasteosakeste omadusi iseloomustab nende suurus. Sellest sõltub osakeste käitumine nii hingamiselundites kui ka õhupuhastusseadmetes. Tervisele kõige kahjulikumad on alla 2 µm suurused osakesed. Suuremad osakesed jäävad kinni ülemistes hingamisteedes ega liigu edasi kopsu. Üle 10 µm osakesed sadestuvad suhteliselt kiiresti ja neid leidub üksnes tekkekoha lähedusest. Üle 10 µm osakesed on soodsates tingimustes nähtavad. Väiksemad osakesed on nähtavad vaid suure kontsentratsiooni puhul. Näiteks tubakasuitsu osakeste keskmine suurus on 0,5 µm. Enamlevinud osakeste suurus selgub jooniselt 10.19.

Õhu filtreerimisega püütakse vältida konditsioneeris kaloreeride mustumist. Koos õhuga liikuv tolmu ummistab seadmeid, näiteks soojendus- ja jahutuspatareid, vähendab nende võimsust ja puhastatava õhu hulka.



Joonis 10.20. Filtreerimispinna suurendamiseks valmistatakse filtrimaterjalist kotid. Konditsioneeris õhufilter koosneb üldiselt 60x60 cm moodulitest.

Filtrid jaotatakse vastavalt puhastusastmele jäme-, peen- ja mikrofiltriteks. Jämfiltrid püüavad kinni peamiselt jämedat, nähtavat tolmu, peenfiltrid aga ka väikesi, tervisele kahjulikke osakesi.

Jämfiltrid on pressitud kiudainest. Kui kiudainena on kasutatud metallniiti, saab filtrit ka pesta. Jämedaid kiude võib töödelda osakeste kinnipüüdmist hõlbustavate ainetega. Jämfiltrid võivad olla kas tasapinnalised või volditud.

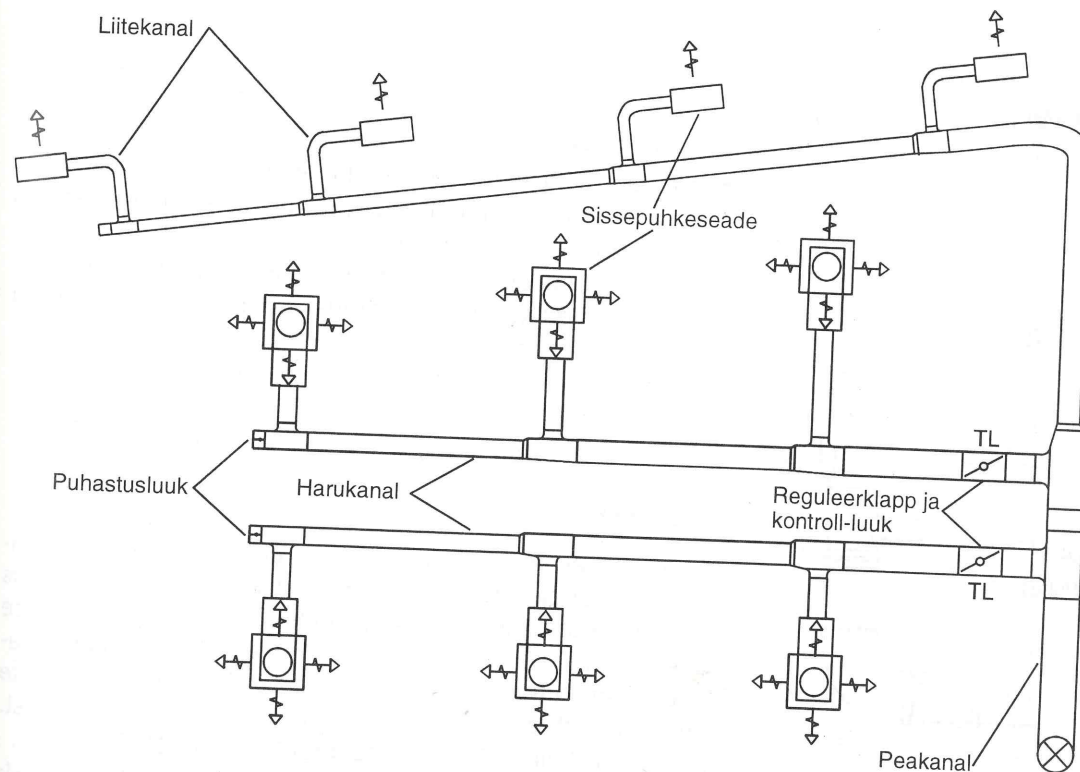
Peenfiltrid on harilikult samuti kiudainest. Selleks sobib ükskõik milline küllalt tugev kiud, mille läbimõõt on mõne mikromeetri piires. Kiudude vahekaugus on umbes 10 µm. Puhastusaste sõltub kiu paksusest, materjali pingusest ja õhu kiirusest. Materjali puhastuspinna suurendamiseks valmistatakse peenfiltrid tavaliselt kotitaolistena (joonis 10.20). Sel viisil vähendatakse rõhukadu ja suurendatakse filtreerimise tõhusust.

Elektrifilter eemaldab õhust peenimadki osakesed. Niiskusest tulenevate häirete tõttu ei saa neid kasutada temperatuuril alla 0 °C. Eelnimetatu ja kõrge hinna tõttu neid üldiselt ei kasutata õhu konditsioneerimisel.

Õhu filtreerimisega hoitakse ära konditsioneerimise seadmete ja ruumide saastumine.

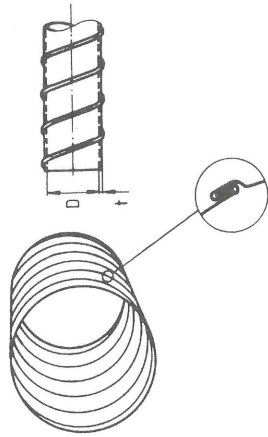
Konditsioneeris kasutatakse jäme-, peen- ja mikrofiltrid.

## Kanalite süsteem



Joonis 10.21. Konditsioneerimise õhukanalite nimetusi ja seadmeid.





Joonis 10.22. Spiraalõmb-lusega kanal.

## Kanalid

Ehitusmaterjalidest õhukanalid on nüüd asendatud peamiselt metallkanalitega. Need on hermeetilised, odavamad ja kergemini paigaldatavad kui ehitusmaterjalidest tehtud kanalid. Õhu konditsioneerimise kanalitena püütakse kasutada võimalikult palju standardseid ümarristlõikega kanaleid. Ümarkanalid on õhuvoolu, müra tekke, hermeetilisuse ja maksimuse poolest ristkülikkanalitest kasulikumad. Õhu konditsioneerimise kanalite süsteem moodustub sirgetest kanalitest, üleminekutest ja hargnemistest, lõppelementidest, reguleerklappidest ja muudest osadest (joonis 10.21).

Kõige rohkem on kasutusel ümmargune, tsingitud plekist spiraalõmb-luse teel valmistatud kanal (joonis 10.22). Kanali mõõtmed on standardiseeritud selliselt, et iga järgmise mõõtme ristlõike suhe eelmisele on umbes 1,6. Standardkohased ümarkanalite läbimõõdud millimeetrites on 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 ja 1250.

Kanalitele reserveeritud ruum peab alati olema tunduvalt suurem kui kanali välisläbimõõt, sest muidu ei ole kanalit võimalik paigaldada. Sisepuhkekanalid on tihti soojustatud, mistõttu nende paigaldusruum peab olema suurem kui soojustamata kanalite puhul. Müra vähendamiseks vooderdatakse metallkanalid seestpoolt müra summutava materjaliga, näiteks mineraalvillaga, mis kiudude eraldumise vältimiseks kaetakse perforatsiooniga. Selline müraisooleeritud kanal nõuab ka rohkem paigaldusruumi kui tavaline kanal.

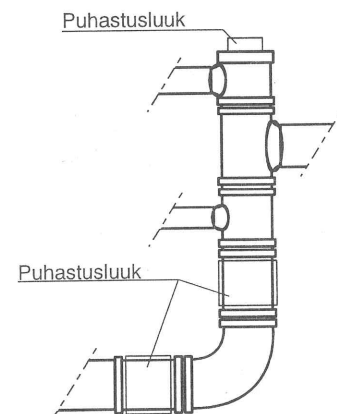
Kanalid peavad olema õhutihedad, sest nende ebatihtedusest võib tekkida palju ebameeldivusi:

- lekkiv kanal võib põhjustada müra
- lekkivate kanalite puhul peab konditsioneeritootlikkust suurendama, sest muidu ei satu ruumidesse enam vajalikku õhuhulka
- lekete tõttu tuleb paigaldada võimsamad ventilaatorid
- kanali lekkes võivad põhjustada ka saasteainete levimist ruumi.

## Paigaldus

Kanalite liitekohad peavad olema hermeetilised ja vastupidavad. Ümarkanalite liides kasutatakse erilisi otsakuid, mis sobituvad kanali sise- või välispinnale. Liiteosad valmistatakse sirgest kanaliosast erineva läbimõõduga, et neid saaks omavahel vahetult ühendada. Liide tuleb hoolikalt tihendada. Liite ümber mähitud kleppriba ei taga piisavat hermeetilisust. Ümarkanalite paigutusviise on näidatud joonisel 10.23.

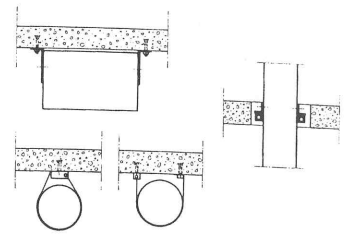
Ristkülikkanalite peamised liitemoodused on äärik- ja liistühendus. Mõlemad ühendused tuleb varustada tihendiga.



Joonis 10.23. Ümarkanalikoostamine elementidest ja puhastusluukide paigutamine.

Kanalite liitekohtades tuleb hoolt kanda selle eest, et kanalisse ei jääks õhuvoolu takistavaid servi.

Kanalid tuleb üles riputada ja toetada nii tugevalt ja nii-suguste vahemaade tagant, mis väldib kanali allalangemise või läbipaindumise ohu ka paigaldus-, hooldus- ja puhastustööde ajal. Kanalite erinevad riputus- ja kinnitusviisid on esitatud joonisel 10.24. Kanalite paigalduseks peab piirdes olema kanali välisläbimõõdust (koos soojustusega) umbes 10 cm suurem läbiviiguava.



Joonis 10.24. Kanalite riputus.

## Kanalite puhastamine

Kanalite projekteerimisel ja paigaldamisel tuleb pöörata tähelepanu ka nende puhastamise võimalustele. Selleks peavad sisepuhke- ja väljatõmbeseadmed olema lahivõetavad ning kanalid varustatud puhastusluukidega nende regulaarseks puhastamiseks. Sisepuhkekanalite puhastamisega säilitatakse kvaliteetne sisepuhkeõhk. Kanalite puhtana püsimisele võib kaasa aidata õhu hoolikas filtreerimine. Õhukanalitele tuleb puhastusluuke paigaldada nii tihedalt (umbes iga 8 m tagant), et see võimaldaks eranditult kõiki kanaliosi puhastada.

## Õhujaotus

### Üldpõhimõtted

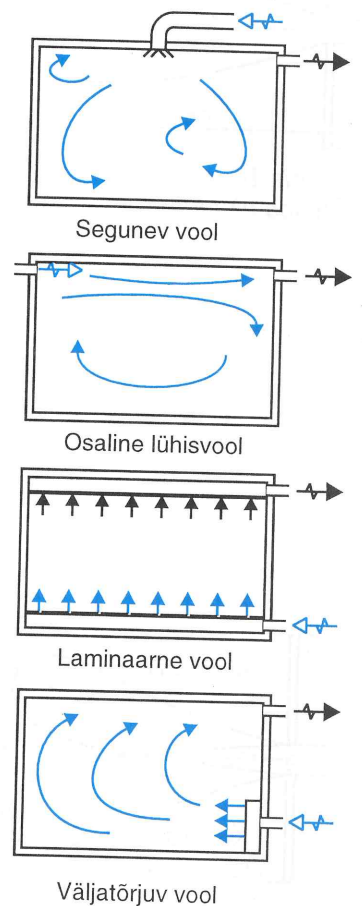
Õhujaotuse all mõistetakse sisepuhkeõhu juhtimist ruumi ja heitõhu eemaldamist ruumist. Õhujaotuse hulka kuuluvad sisepuhke- ja väljatõmbeseadmed ning nende poolt tekitatud õhuvoolud ruumis. Praktiliselt on õhu konditsioneerimine nii hea, kui hea on õhujaotus. Halva õhujaotusega võib ära rikkuda muidu hea konditsioneerimise seadme. Õhujaotus moodustab keskse osa nii ventilatsioonis kui ka õhu konditsioneerimises.

- Hea õhujaotus saavutatakse sellega, et
- ruumis tekkivaid saasteaineid ei lasta laiali levida samas ruumis ega tungida teistesse ruumidesse
- saasteained eemaldatakse ruumist võimalikult kiiresti
- inimeste viibimise tsoonis vahetub õhk kiiresti
- õhuvoolu suund on saasteainete tekkekohast tõmbeseadmetesse

Hea õhujaotuse abil taotletakse ka soovitud temperatuuritingimuste loomist inimeste viibimise tsoonis. Jahutusrežiimil võib lubada suuremaid temperatuurierinevusi ruumi ülaosa ja inimeste viibimise tsooni vahel. Kütterežiimil peab kogu ruumi ulatuses olema ühtlane temperatuur.

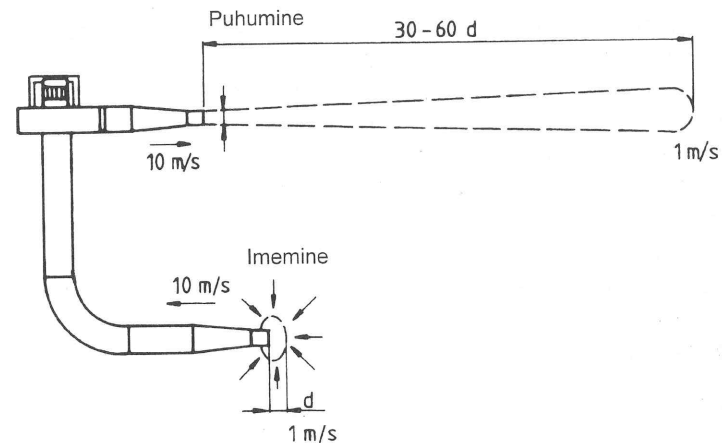
Õhujaotuse võib jagada nelja eri kategooriasse (joonis 10.25). Kõige tavalisem on **segunev õhujaotus**, kus sisepuhkeõhk kiiresti ja ühtlaselt segatakse ruumi õhuga.

**Väljatõrjuva õhujaotuse** puhul tuuakse jahe puhas sisepuhkeõhk inimeste viibimise tsooni. Soe saastunud õhk tõuseb



Joonis 10.25. Õhujaotuse neli põhimoodust.





Joonis 10.26. Sissepuhkeõhujoa mõju ulatub 30—60 korda kaugemale väljatõmbeõhu imemistsoonist.

üles. Ruumis tekib sellisel juhul temperatuuri ja puhtuse erinevusi.

**Laminaarne vool** eeldab suuri õhuhulki. Seda kasutatakse operatsioonisaalides ja muudes ruumides, kus on nõutavad suured õhuhulgad.

**Lühisvoolu korral** juhitakse osa sissepuhkeõhust otse väljatõmbeaadmesse. Seda peab alati vältima.

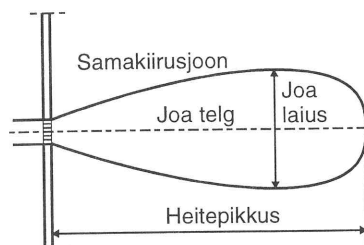
### Segunev õhujootus

Seguneva õhujootuse puhul püütakse sissepuhkeõhku efektiivselt segada ruumi õhku. See saavutatakse, kasutades õhujugasid, mille kiirus vahetult pärast sissepuhkeaadet on suur, ulatudes mitme meetrini sekundis. Juga suunatakse sügavale ruumi. Samaaegselt imetakse ruumi õhku õhujooasse ning toimub ruumi õhu intensiivne segunemine sissepuhutava õhuga. Tulemuseks on ühesugune olukord kogu ruumis.

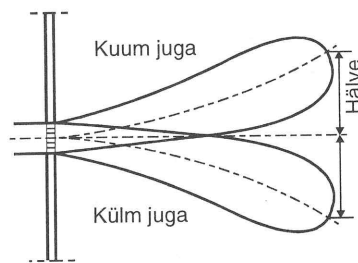
Ruumi vooluväli moodustub peamiselt sissepuhkeaadmete toimel. Sissepuhkeõhujoa mõju ulatub ruumis kaugele, väljatõmberestist imev mõju aga mitte. Seda näitlikustab joonis 10.26. Kiirus väljatõmberestis väheneb ühe kümnendikuni juba ühe läbimõõdu kaugusel restist. Sissepuhkeõhujoa kiirus langeb aga samapalju alles 30—60 läbimõõdu kaugusel sissepuhkeavast.

Segunevaid õhuvoole tekib ka temperatuurierinevuste tõttu. Intensiivseid konvektsioonivoole tekitavad näiteks küttepatareid, aknad, halvasti isoleeritud seinapinnad, elektriseadmed jm. Sellest tingituna seguneb õhk intensiivselt näit. eluruumides. Segunev õhujootus sobib eriti neisse ruumidesse, kus ei ole suuri kohtsaasteallikaid.

Õhujuga kujutatakse tavaliselt sissepuhkeõhu samakiirusjoonena (joonis 10.27). Heitepikkus on kaugus sissepuhkeavast kohani, kus õhujoa suurim kiirus on langenud valitud piirkirruseni, mis tavaliselt on 0,2 või 0,25 m/s. Õhujoa laius ja kõrgus sõltub sissepuhkeaadme omadustest.



Joonis 10.27. Sissepuhkeõhujoa elemente.



Joonis 10.28. Ruumi õhust külmem juga paindub allapoole, soojem ülespoole.

Temperatuuri erinevuste tõttu paindub õhujuga üles- või allapoole. Häive on joa kesktelje ja sissepuhkeaadme kesktelje vaheline kaugus heitepikkuse kohal (joonis 10.28).

### Sissepuhkeaadmete paigutus väikeruumides

Sissepuhkeaadmete paigutus ja puhumissuund mõjutavad oluliselt ruumis tekkivat õhuvooluvälja. Nende seadmete paigutamisel tuleb arvestada ka ruumis akende ja küttepatareide juures tekkivaid õhuvoolusid, samuti tõenäolist töökohta. Ehitustehnika mõjutab seda, kuhu saab sissepuhkeaadmed paigaldada. Õhujootuse eesmärk ongi ühtlase temperatuuriga ja ilma tõmbuseta töötsooni loomine.

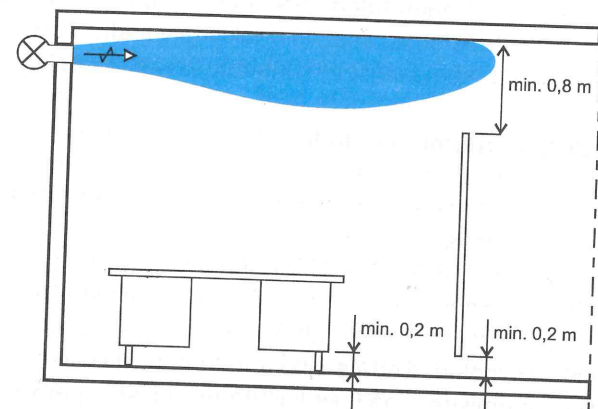
Teisalt võib ruumi kuju häirida sissepuhkeõhu ühtlast levikut ruumis. Tavaliselt mõjutavad voolu kuju talad, postid, valgustid ja mööbliesemed, kontoriruumides ka teiseldatavad vaheseinad. Õhujootuse projekteerimisel peab alati arvestama ruumis olevate esemetega. Sissepuhkeõhu õigel suunamisel on siin esmajärguline tähtsus. Juba ainuüksi lakke paigaldatud päevavalgusarmatuur võib põhjustada õhuvoolu pöördumise. Valgusti peab rippuma küllaldaselt kaugusel laest, et see ei põhjustaks õhuvoolu häireid, või peab olema küllalt kaugel sissepuhkeaadmest.

Ka mööbel ja teiseldatavad vaheseinad segavad õhuvoolusid. Seetõttu tuleb büroosaalides nende ja lae- ning põrandapindade vahele jätta küllalt suured vahemaad (joonis 10.29). Aknaaluste sissepuhkeaadmete kasutamisel mõjutavad fassaadipoolsele seinale jäänud takistused õhujuga ja pööravad selle alla. Külm juga pöörduv takistuse mõjul kergemini kui ruumi temperatuuriga juga.

### Õhujootus väikeruumis

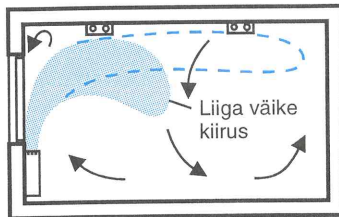
Sissepuhkeaadmete paigalduskohad ja tüübid on:

- põrand või aknaalune kapp
- koridorisein (tagaserv)
- välissein (eesserv)
- lagi
- põranda- või aknaaluse kapi puhe

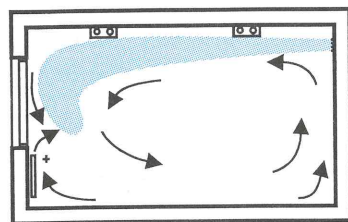


Joonis 10.29. Teiseldatavad vaheseinad ja mööbel ei tohiks takistada õhujootust ruumis.

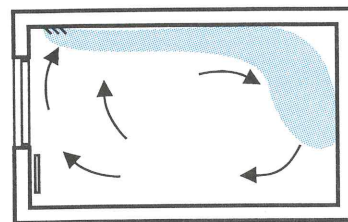




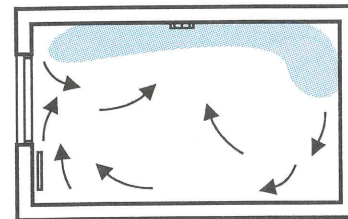
**Joonis 10.30.** Õhujaoitus akna alt elimineerib efektiivselt akna poolt põhjustatud külmavoolu talvel, suvel peab õhu kiirus olema küllaldaselt suur.



**Joonis 10.31.** Koridori seinalt puhumine põhjustab kergesti tõmbust.



**Joonis 10.32.** Välisseina juurest puhumine annab üldiselt tõmbuseta lõpptulemuse.



**Joonis 10.33.** Õhujaoitus ruumi keskelt on jahutuse seisukohalt efektiivne, kuid võib põhjustada akna läheduses tõmbust.

**Põranda ja aknaaluse kapi puhe.** Ejektor- ja ventilaator-konvektorisüsteemides jaotatakse õhk hoone välisperimeetri ulatuses tavaliselt akna all asuvast kapist. Selline õhujaoitusviis elimineerib madalate välistemperatuuride puhul efektiivselt akna poolt põhjustatud külmavoolu. Õhujaoitusviisi ruumitõstmise ulatus ja voolupilt muutuvad vastavalt joa temperatuurile, kusjuures siseseina lähedal võib tekkida häirivaid õhuvoolusid. Eriti siis, kui joa algkiirus on liiga väike, langeb õhuvool töötsoonile. Sissepuhkeseadme heitepikkus peab olema nii suur (ruumi kõrgus + sügavus), et õhujaoitus ulatuks ka ruumi siseosadeni (joonis 10.30). Seda meetodit saab kasutada ruumi sügavuseni umbes 6 m. Kui joa heitepikkus ei ole küllaldane, siis on eriti jahutusrežiimi puhul oht, et õhujaoitus langeb alla liiga vara, otse töökohale.

Kui õhku antakse ruumi aknaaluse kapi kaudu, on parim viis juhtida õhujaoitust kaldrestide abil akna suunas. Sel viisil välditakse talvel külma õhu võimalik valgumine aknast alla ning suvel saavutatakse õhu tungimine kaugele ruumi.

**Paigutus koridoriseinale.** Koridoriseina kasutades võib sissepuhkeseadmeid paigutada koridori kahekordse lae vahele ja juhtida õhku otse läbi koridoriseina ruumi. Liitekanalid jäävad lühikeseks. Selline õhujaoitusviis põhjustab akna läheduses asuvatel töökohtadel kergesti tõmbust. Sissepuhkeseadme ja küttepatarei konvektsioonivoolude ühismõju tekitab kergesti tõmbust keset ruumi. Jahutusrežiimi puhul tekitab see aknapind konvektsioonivoolu, mis pörgates vastu sissepuhkeseadme võib pöörata mõlemad voolud alla ja põhjustada sellega tõmbust. Kütteperioodil võib aga sissepuhkeseadme abil võimaldada külma õhuvoolu piki aknapinda ja põhjustada põranda lähedal tõmbust (joonis 10.31).

**Paigutus välisseinale.** Õhu puhumine välisseinalt sissepoole tekitab ühtlase õhuvoolu kogu ruumis. Selline õhujaoitusviis sobib kütmiseks ja jahutamiseks (joonis 10.32). Heitepikkus tuleb valida selline, et see ulatuks kuni siseseinani, nii et kütterežiimilgi toimiks õhu piisav segunemine. Aknast tulevat külma voogu välditakse akna alla paigaldatud küttepatarei või spetsiaalse aknakonstruktsiooni abil. Sissepuhkeseadme juhtimine välisseinale tuleb ette näha juba hoone projekterimise algstaadiumis, sest võib tekkida vajadus kahekordse lae või ruumide spetsiaalsete konstruktsioonide järele.

**Paigutus ruumi keskele.** Paljudes õhukonditsioneerimissüsteemides saab kasutada keset ruumi paiknevat õhujaoitust (joonis 10.33). See õhujaoitusviis sobib väga hästi külma õhu andmiseks ruumi ning ka suhteliselt suurte jahutusvõimsuste puhul. Sooja õhu sissepuhkamine tavaliste lae-õhujaoituste abil põhjustab kergesti õhu kihistumist. Välisseinte piirkonnas võivad suurte jahutuskooormuste puhul tekkida tugevad õhuvoolud. Seda saab vähendada välispiirete soojustuse parendamisega, näiteks kasutades väliseid päikesevarje.

Seda meetodit kasutatakse ennekõike suurte ruumide puhul, nagu büroosaalides, restoranides, hallides, nõupidamisruumides jne. Sissepuhkeseadmete paigaldamine ruumi keskele eeldab kahekordse lae olemasolu.

### Sissepuhkeseadmed

Sissepuhkeseadmed tuleb valida selliselt, et nad ei põhjustaks tõmbust ega segavat müra. Saadaval on soovitud pinnaviimistlusega eri vajadusi rahuldavaid seadmeid. Üldjuhul on sissepuhkeseadmed värvitud vastavalt arhitekti ettekirjutusele.

**Ventilatsiooniretid.** On olemas peamiselt nelja tüüpi ventilatsioonireste:

- liikumatute ühesuunaliste varbadega. Nende abil ei saa muuta õhujaoitust suunda
- õhu suunamist võimaldavate liikumatute labadega restid
- reguleeritavate labadega restid. Nende abil saab muuta õhu liikumissuunda
- reguleerrest, mis koosneb liikuvatest labadest ja reguleerklapist.

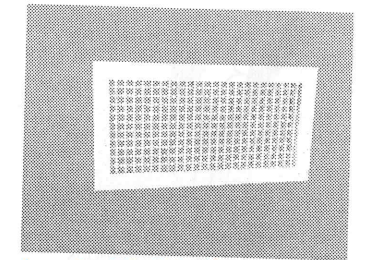
**Õhujaoituriid.** Kasutatakse lae- ja seinajaoituriid. Nad võivad õhku puhuda 1–4 suunda. Koonus-õhujaoituriid koosneb üksteise sisse asetatud koonustest. Mitmepilulisi õhujaoituriid valmistatakse nii ümmarguste kui kandilistena. Nende heitepikkus on väike. Sissepuhkeseadme õhk seguneb aktiivselt ruumi-õhuga, mistõttu ruumi saab ilma tõmbuseta sisse anda üsna suuri jahutusõhuhulki.

Lakke paigaldatavaid perforatsioonireste õhujaoituriid on nii ümmargusi kui kandilisi. Neid kasutatakse seal, kus on vajalik õhu hea segunemine ja lühike heitepikkus. Õhujaoituriid küljel on õhuvooluavad. Otspinna moodustab perforatsioonireste plaat, millest osa on kinni kaetud.

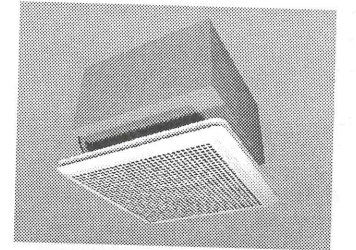
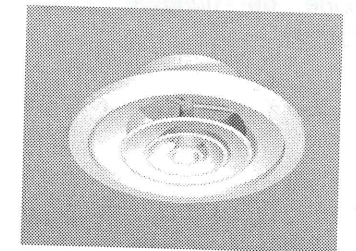
**Otsakud.** Otsak on lõpuelement, millest õhk puhutakse sisse ühtlase suure kiirusega (joonis 10.36). Neil on suur heitepikkus (vähene segunemine). Õhujaoitus on pikk ja kitsas. Kuna temperatuuri erinevused tasanduvad sellises joas aeglaselt, paindub horisontaalne külm või kuum õhk kergesti.

**Pilu-lõpuelement.** Pilu-lõpuelementi heitepilt on tasapinnaline, kahemõõtmeline. Neid võib paigaldada kas lakke või seinale.

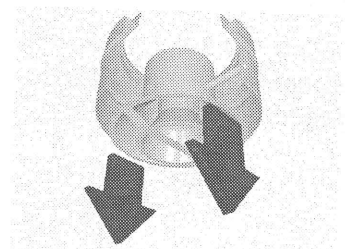
**Istmepuhe.** Kohtkindla õhujaoitusega tagab see suure ruumi kohaliku sisekliima. Sissepuhkeseadmed võib ühitada mööbli- või muude esemetega. Selle näiteks on joonistel 10.37 ja 10.38 kujutatud sissepuhkeseadmed. Nende abil võib sissepuhke õhuhulka, võrreldes lae sissepuhkusega 10–15 m<sup>3</sup>/h inimese kohta, vähendada 7–9 m<sup>3</sup>/h inimese kohta, kusjuures õhu kvaliteet hingamistsoonis jääb samaks.



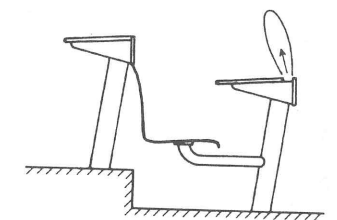
**Joonis 10.34.** Sissepuhkeseadme rest.



**Joonis 10.35.** Õhujaoituriid.

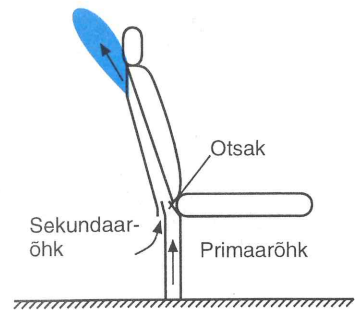


**Joonis 10.36.** Õhujaoituseks kasutatav otsak.



**Joonis 10.37.** Õhu sissepuhke on ühitatud koolipingiga.





Joonis 10.38. Õhu sissepuhe on ühitatud saali-tooliga.

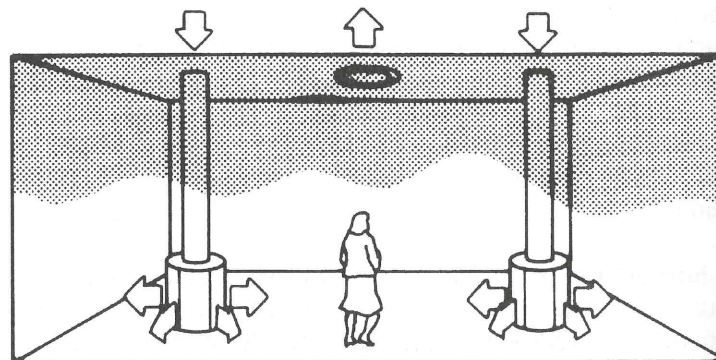
## Väljatõmbeseadmed

Vastavalt nimetusele kasutatakse neid õhu väljatõmbamiseks ruumidest (joonis 10.39). Väljatõmbeseadmeid on lihtsam valida kui sissepuhkeseadmeid, sest nende kuju ei mõjuta nimetamisväärselt vooluvälja seadme läheduses. Seevastu nende paigutus mõjutab otsustavalt ventilatsiooni efektiivsust. Väljatõmbeseadmed tuleb paigutada sinna, kus õhk on saastunud. Nende valikut mõjutavad õhuhulk ja soovitud rõhukadu. Rõhukao kasvades aga tõuseb müratase.

## Väljatõrjuva õhujaotus

Väljatõrjuva õhujaotuse puhul püütakse tekitada saasteainete ja temperatuuri kihustumist. Eesmärgiks on saavutada head tingimused inimeste viibimise tsoonis. Muudes hoone osades võib lubada suuremaid saastekontsentratsioone ja erinevaid temperatuure (joonis 10.40). Väljatõrjuva ventilatsiooni puhul juhitakse õhk ruumi väikese kiirusega, vältides õhu segunemist. Nii tõrjutakse saastunud õhk sissepuhkeõhu abil välja. Puhas õhk voolab saastunud õhu asemele. Sissepuhkeadmete omadustest lähtudes tarvitatakse antud juhul ka nimetust väikese kiirusega õhujaotus. Sissepuhkeõhk peab olema ruumiõhust natuke külmem, et saavutada soovitud efekti. Soe sissepuhkeõhk tõuseb üles, liiga külm õhk aga valgub laiali mööda põrandat ja tekitab kergesti tõmbust. Sissepuhkeadmed on suured ja õhuandepinnad varustatud tiheda perforatsiooniga.

Väljatõrjuvat õhujaotust kasutatakse eriti neis ruumides, kus tekib palju kahjustavaid aineid või sooja ning mida ei taheta segada viibimistsooni õhku. Väljatõrjuvat õhujaotust kasutatakse kõige rohkem tööstushallides ja teistes kõrgetes ruumides.



Joonis 10.40. Väljatõrjuva õhujaotuse puhul tuakse puhas sissepuhkeõhk inimeste viibimise tsooni, soe saastunud õhk tõuseb ruumi ülaossa.

Väikese kiirusega õhujaotusseadmete kuju ja suurus valitakse vastavalt konkreetsele vajadusele (joonis 10.42). Muu hulgas on saadaval

- kastitaolisi lakke või seinale paigaldatavaid õhujaotureid
- silindrilisi või poolsilindrilisi vabalt seisvaid või seinale äärde asetatavaid seadmeid

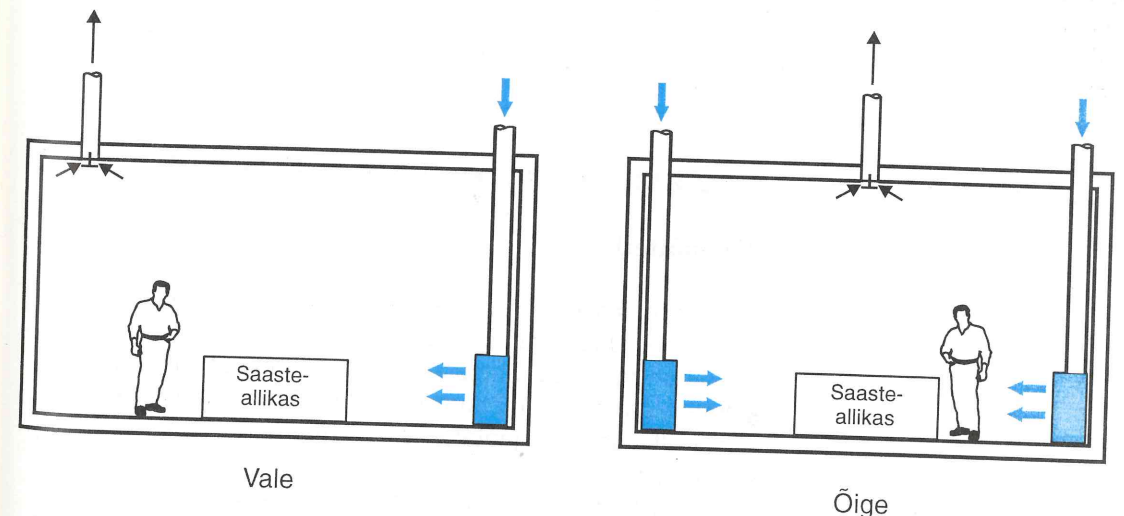
Sissepuhkeõhu lähtekiirus seadme enda sees on väike. Õhku püütakse hajutada laiale alale. Seetõttu õhu kiirus sissepuhkeadme vahetus läheduses langeb kiiresti. Väikese kiiruse tõttu ei teki seadmes müra ja selle võib paigutada tööstsooni vahetusse lähedusse.

Vabalt seisvate seadmete puhul tuleb arvestada koristustöödega, seadme kaitsmisega vigastuste eest ja puhastusvõimalustega. Soovitavad paigalduskohad on ruumi nurgad, seinääred ja piilarite ümbrus. Seadme paigutamine ruumi nurka ei ole lõpptulemusena nii kasulik, kui selle asetamine seinale keskele või piilari kõrvale.

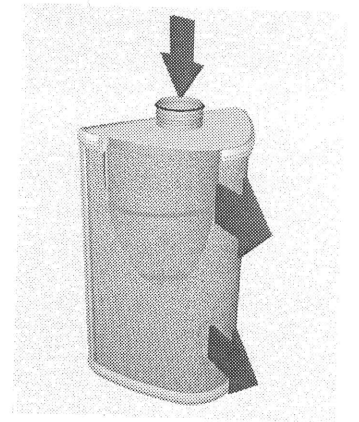
Väljatõrjuva õhujaotuse projekteerimisel tuleb arvestada muude õhuvooludega ventileeritavas ruumis. Õhuvool tuleb ruumis muuta selliseks, et kõrvalised voolud ei seguneks sissepuhkeõhuga, vaid tugevdaksid selle edasilikumist ruumis.

## Jahutusvõimsused

Paljudes hoonetes on õhujaotust ja õhuvoolusid määravaks teguriks suvine maksimaalne jahutustarve. Erinevate õhujaotusseadmete abil saab luua erinevaid jahutusvõimsusi.



Joonis 10.42. Õigesti ja valesti paigutatud väljatõrjuva ventilatsiooni seadmed.



Joonis 10.41. Väljatõrjuva ventilatsiooni väikese kiirusega õhujaotusseade.



Tabel 10.3. Erinevate õhujaotusviiside maksimaalseid jahutusvõimsusi.

Õhujaotusviis	Jahutusvõimsus W/m <sup>2</sup>	Tüüpiline rakendus
Puhumine koridoriseinalt (tagaserv)	30	Ametihoone
Puhumine välisseinalt (eesserv)	40	Kontor
Väljatõrjuv õhujaotus	50	Aula
Põranda- või aknaaluse kapi puhe	60	Kontor
Koonus-õhujaoturid laes	100	Restoranisaal
Perforeeritud paneelid	140	ATK-ruum
Perforeeritud kanalid	190	Elektriseadmete ruum
Laminaarne vool	250	Operatsioonisaal

Segunemisventilatsiooni puhul piirab jahutusvõimsust tõmbus.

Väljatõrjuva ventilatsiooni puhul ei tohi sissepuhkeõhk olla nii külm kui segunemisventilatsiooni puhul.

Osa ruumi soojakoormusest salvestub tarindites ja muudab jahutustarbe pikaajalisemaks, kuid väiksemaks.

Segunemisventilatsiooni abil püütakse külma sissepuhkeõhku võimalikult efektiivselt segada, nii et sel töötsooni saabudes oleks ruumi keskmine temperatuur. Väljatõrjuva ventilatsiooni puhul aga saab kasutada õhu temperatuuri kihistumist. Siis on efektiivsus suur ja võime kasutada soojemat õhku kui segunemisventilatsiooni puhul, saavutamaks töötsoonis sama temperatuuri.

Segunemisventilatsiooni puhul sobivad jahutuseks eriti need seadmed, mille abil saavutatakse õhu efektiivne segunemine: perforeeritud lae-õhujaoturid, koonus-õhujaoturid, pilu-õhujaoturid, perforeeritud kanalid jne. Jahutusvõimsused, mida võib kasutada ilma ruumis tõmbust tekitamata, on toodud tabelis 10.3. Neid võib kasutada normaalse kõrgusega ruumides. Kui ruumis võib lubada normaalsest suuremaid õhu kiirusi, võib kasutada ka suuremaid jahutusvõimsusi. Dimensioneerimisel tuleb meeles pidada, et arvutuslik jahutuskoormus on üldiselt alati suurem kui vajalik jahutusvõimsus, kuna osa koormusest akumuleerub tarindites, muutes jahutusvõimsuse väiksemaks, kuid pikaajalisemaks.

## Õhu konditsioneerimise süsteemid

### Põhimõtted

Õhu konditsioneerimise ülesandeks on luua hoones mugav sisekliima. Õhu konditsioneerimise õhuhulkade ja seadmete valikul on määrava tähtsusega suvine jahutusrežiim. Vajaliku külmahulga võib ruumi tuua kas külma õhu või külma vee abil. Vastavalt sellele jaotatakse süsteemid õhu- ja vee-süsteemideks.

Õhusüsteemides jahutatakse õhk keskses seadmes ja juhitakse soojustatud kanalite kaudu ruumidesse. Külma õhu hulk on nii suur, et see katab ka ruumi ventilatsioonivajaduse.

Ruume võib jahutada ja heda õhu või vee abil.

Õhusüsteem valitakse sõltuvalt vajadustest ja kasutus tingimustest. Süsteemi tähtsamaid omadusi on see, kui suurt erirežiimiga tsooni suudab süsteem teenindada ning kas süsteem võimaldab nii jahutamist kui ka kütmist.

Veesüsteem on selline õhu konditsioneerimise süsteem, kus sissepuhkeõhu temperatuuri ei reguleerita vastavalt ruumi jahutus- või küttevajadusele, vaid vajalikud võimsused juhitakse ruumi külma või kuumade vee abil. Vesi jahutab ruumi õhku spetsiaalses konvektoris või paneelis. Veesüsteemis tuleb ventilatsioon projekteerida eraldi. Veesüsteemi õhukanalid ja veetorud võtavad märgatavalt vähem ruumi kui õhusüsteemi kanalid, kuid seadmete paigaldamiseks on vaja rohkem ruumi ning nende projekteerimisele tuleb pöörata suuremat tähelepanu.

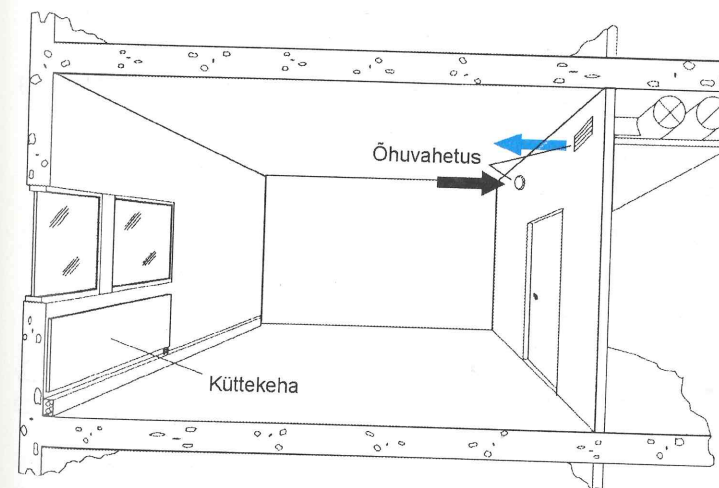
Jahutatud õhu abil rahuldatakse ka ruumi ventilatsioonitarve.

Veesüsteemis ruumi jahutatakse veega ja ventilatsioon lahendatakse eraldi.

### Konstantse õhuhulga süsteem

Konstantse õhuhulga süsteemi puhul juhitakse konditsioneeris töödeldud õhk kanalite kaudu ühe tsooni poolt teenindatavatesse ruumidesse. Tsooni ulatus kõigub alates ühest ruumist kuni terve hooneni. Konditsioneeris olevaid elemente muudetakse vastavalt vajadusele. Kõige lihtsamal juhul koosneb see ainult filtrist, kalorifeerist ja ventilaatorist, täielikumal kujul lisanduvad niisutus-, jahutus- ja segunemisosaad (joonis 10.43). Konstantse õhuhulga süsteem sobib hoonetesse, kus ruumide jahutus- ja küttevajadus muutub ühtemoodi.

Mitme tsooni süsteemis jaotatakse õhk konditsioneerist kahe või enama tsooni vahel, kusjuures igale tsoonile omaette kanali kaudu antava õhu temperatuuri reguleeritakse eraldi. Mitme tsooni süsteemis töödeldakse õhku konditsioneeris nii, et selle temperatuur pärast ventilaatorit on umbes 15 °C.



Konstantse õhuhulgaga konditsioneerimissüsteemi saab kasutada siis, kui ruumide jahutusvajadus muutub ühtemoodi.

Joonis 10.43. Konstantse õhuhulga süsteemi seadmed.



Õhu konditsioneerimisel kasutatakse jahutamiseks välisõhku.

Temperatuuri reguleerimiseks kasutatakse välisõhku. Kui välisõhuga ei ole enam võimalik küllaldaselt jahutada, lülitatakse töösse külmaseadme kompressoriid. Pärast ventilaatorit juhitakse õhk läbi kütte- või jahutuskalorifeeride. Pärast kalorifeere jaotatakse õhk eri tsoonide vahel.

Mitme tsooni süsteem sobib hoonetesse, kus on palju suuri ruume või ruumirühmi, kus õhu konditsioneerimise koormus muutub ühtmoodi. Tavalisteks ehitustüüpideks on siin väikebüroodega hooned, kaubamajad ja üldkasutatavad hooned, kus on suuri samalaadseid teenindustsoone.

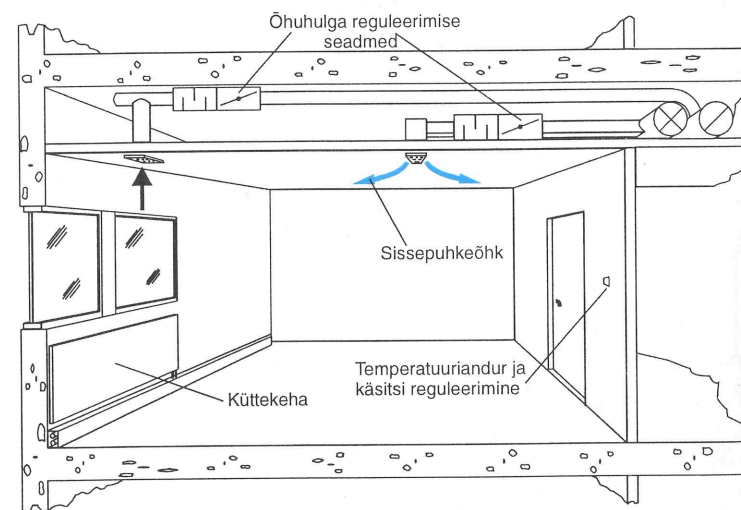
### Reguleeritava õhuhulgaga süsteem

Reguleeritava õhuhulgaga süsteemis reguleeritakse jahutusvõimsust ruumi antava õhuhulga muutmisega.

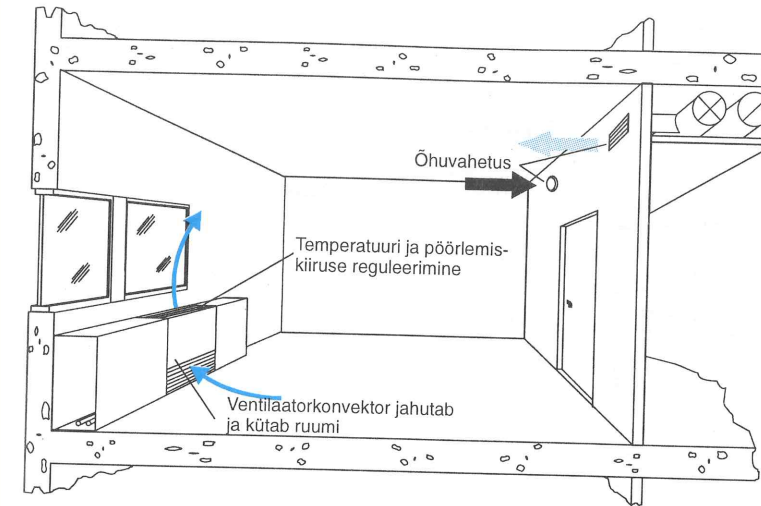
Reguleeritava õhuhulgaga süsteemi puhul (joonis 10.44) sõltub võimsus ruumi antava õhuhulga suurus. Sisepuhkeõhu temperatuur hoitakse konstantsena. Konditsioneerist väljuva õhu temperatuur määratakse kõige suuremat jahutusvõimsust vajava ruumi järgi. Jahutusvõimsust reguleeritakse ruumi antava õhuhulga muutmisega. Kogu tsooni köetakse kõigi ruumide jaoks konstantse õhuhulga abil või küttekehadega.

Õhuhulga reguleeriseadme koosseisu kuulub ka müra-summuti.

Ruumi sisepuhkeõhu hulga muutmiseks kasutatakse reguleeriseadet, mille koosseisu kuulub peale regulaatori enda ka mürasummuti. Kanalid kuni ruumi reguleeriseadmeni võivad olla kõrgrõhulised ja pärast seadet madalarõhulised. Üks reguleeriseade võib teenindada mitut ruumi. Seadmes on sageli ka järelküttekeha, mis Soomes on üldiselt liidetud keskküttevõrku. Ruumi vajalikud seadmed paigaldatakse kahekordse lae vahele. Sisepuhe toimub kahekordse lae kaudu. Välis-tsoonis asuvasse ruumidesse on harilikult paigaldatud küttekehad, mistõttu neid saab kasutada hoone ehitusaegseks kütmiseks.



Joonis 10.44. Reguleeritava õhuhulgaga õhukonditsioneerimise süsteem (muutuva õhuhulgaga süsteem).



Joonis 10.45. Ventilaator-konvektorsüsteem, kus konvektor on paigaldatud aknaalusesse kappi.

Sisepuhkeseadmete valikul tuleb erilist tähelepanu pöörata tõmbuse ohule. Väikeste õhuhulkade puhul voolab külm õhk liiga kiiresti inimeste viibimise tsooni ja põhjustab tõmbust. Süsteemile sobivad pilu-õhujaoiturdid ja spetsiaalselt reguleeritava õhuhulgaga süsteemi jaoks ettenähtud sisepuhkeseadmed.

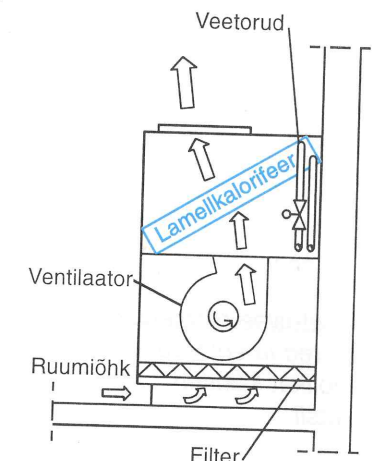
### Ventilaator-konvektorsüsteem

Ventilaator-konvektorsüsteemi puhul (joonis 10.45) jahutatakse ruumi ja mõnikord ka köetakse ventilaatorikonvektori õhuringluse abil (joonis 10.46). Ventilaatorikonvektor paigaldatakse harilikult aknaalusesse kappi. Võimalik on ka paigutus topeitlae vahele. Ruumi ventileeritakse konditsioneeriruumist tulevate omaette kanalite abil. Kütte- ja jahutusvesi tuuakse ventilaatorikonvektorisse teras- või plasttorudega. Kasutatakse ka Fan-Coil-nimelist (ventilaatoripatarei) süsteemi.

Ruumi kasutajal on võimalus reguleerida temperatuuri ja ventilaatori pöörlemiskiirust. Lülitid paigaldatakse aknaaluse asetuse puhul otse seadmesse ja kahekordse lae vahele asetuse puhul elektrikilpi. Jahutuspatareid arvutatakse büroo- hoonete puhul kondensatsiooni mittetektivateks, see tähendab, et jahutava vee temperatuur on nii kõrge (min. +15 °C), et see ei lase siseõhu niiskusel jahutuspatarei pinnale kondenseeruda. Kohtades, kus tarvitatakse suuri jahutusvõimsusi, on kasutusel niiskust kondenseerivad ventilaatorikonvektorid. Sel juhul juhitakse kondensveetoru lähimasse pörandakaevu.

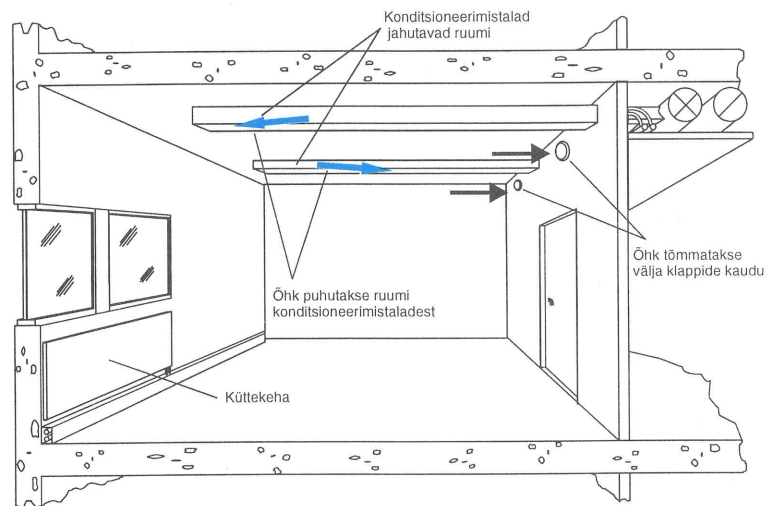
Ventilaatoripatarei ja seda ühendavate kütte- ning jahutus- torustike paigaldamine ja sobitamine aknaalusesse kappi nõuab projekteerijate vahel head koostööd, kuna torustike juurdetoomine aknaalusesse kappi on tihti keeruline ülesanne.

Ventilaator-konvektorsüsteemi puhul saab kasutada ise reguleerida konvektori võimsust.



Joonis 10.46. Ventilaator-konvektor.





Joonis 10.47. Jahutuslae-süsteem.

Juhul kui ventilaatorikonvektor paigaldatakse lakke, kasutatakse esteetilistel kaalutlustel topeltlage. Aknaaluseid ventilaatorikonvektoreid tuleb ehitustööde ajal hoolikalt kaitsta. Kui kütte on ette nähtud ventilaatorikonvektorite abil, siis ei tohi nendega ehitusperioodil kütta.

### Jahutuslae-süsteem

Jahutuslae-süsteemi puhul (joonis 10.47) jahutatakse ruumi lakke paigaldatud jahutustalade abil. Soojavahetus toimub peamiselt loomuliku konveksiooni ja kiirguse teel. Sissepuhkeõhk tuuakse ruumi kas eraldi või jahutustala kaudu. Ruumi kütetakse küttekehadega. Erandina võib kasutada ka küttekehadega varustatud talasid. Ruumi temperatuuri reguleeritakse termostaadi abil, mis paigaldatakse elektrikilpi. Jahutustalad tuleb arvestada mittekontendseeruvatena, mistõttu nad eeldavad sissepuhkeõhu jahutamist (kuivatamist). Ruum ei tohi olla niiske. Süsteemi nimetatakse ka konditsioneerimistala- ehk paneelisüsteemiks.

Õhukanalid ja jahutusveetorud paigaldatakse koridori lakke. Talad on ligikaudu niisama pikad kui ruum, mistõttu nende transpordile ja ladustamisele tuleb omistada erilist tähelepanu. Talad tuleb paigaldada õigesse kohta enne vaheseinte ehitamist, et nad ei saaks vigastada. Talad tuleb täpselt kohale asetada, kuna nad moodustavad osa ruumi kujundusest. Sissepuhkeõhu hulk arvutatakse vastavalt ventilatsioonivajadusele, mitte aga jahutusvõimsuse järgi, mistõttu ka tõmbuse oht on siin väiksem kui üksnes õhkjahutust kasutavas süsteemis.

*Jahutuslae-süsteemi puhul jahutatakse ruumi lakke paigaldatud talade või plaatide abil.*

*Jahutuslae elemendid on suured ja eeldavad nende hoolikat käsitlemist ehitusplatsil.*

## Tehisjahutus

### Põhimõte

Tehisjahutuse saamiseks kasutatakse külmaseadmeid, milles põhikomponendiks on külmakompressor. Külmaseadmes toimub külmaaine ringprotsess, kus külmaaine aurustudes neelab sooja ja kondenseerudes annab sooja ära vastavalt joonisel 10.48 toodud skeemile. Aurusti ja kondensaatori vahel on kompressor, mille abil tõstetakse külmaaine rõhku enne kondensaatorit. Enne aurustit alandatakse rõhku reguleeriventiili abil. Aurustis külmaaine aurustub ja neelab sooja aurustist läbivoolavalt veelt või õhult, mida saab kasutada ruumide jahutamiseks. Soe eemaldatakse süsteemist kondensaatoris, kus külmaaine veeldub. Kondensaatorist äravõetav soojahulk on suurem kui aurustis neelduv.

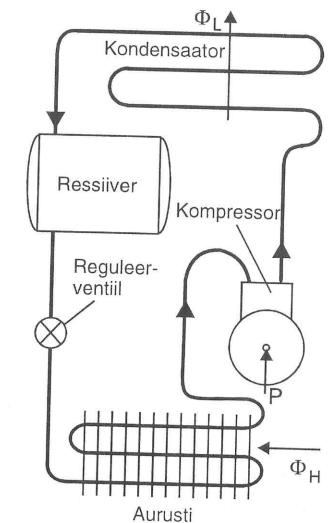
Külmaseadme külmaainena kasutatakse peamiselt klooreritud süsivesinikke, CFC- ja HCFC-ühendeid, mis aitavad kaasa atmosfääri osoonikihi hävimisele ja kasvuhooneefekti tekkele. Õhu konditsioneerimise külmaseadmetes kasutatakse külmaainet R22, mille osoonikihti hävitav mõju on kõigest 5% senini tavalise külmaaine R12 mõjuga võrreldes.

Külmaaine R12 kuulub CFC-gruppi. Selle tootmine ja maaletoomine on Soomes juba lõpetatud. Külmaaine R22 kuulub HCFC-gruppi. Selle kasutamine kestab aastani 2015. Sellest hoolimata on välja töötatud ja käiku antud uusi jahutusmeetodeid kompressorjahutuse asendamiseks. Neist võib mainida niisutusjahutust, kus õhku jahutatakse vee aurustamise teel, ja ööjahutust, kus hoonet jahutatakse öise jaheda õhu abil. Tähtsaim tegur tehisjahutuse vähendamiseks on siiski hoonete soojakoormuse vähendamine, muu hulgas akende kaitsmine päikesekiirguse eest.

### Jahutussüsteemi osad

Tehisjahutust saab teostada põhimõtteliselt kahel eri viisil. Kas otseaurustusega, kus külmaaine aurustub otse konditsioneerijahutuspatareis, või vesijahutusega, kus jahutatakse konditsioneerijahutuspatareid läbivat vett. Viimati mainitud meetod on kasutusel suurtes seadmetes, kuna patareide jahutusvõimsust on lihtne reguleerida. Veega saab konditsioneeritavat õhku jahutada keskseadmes või tuleb vesi viia ruumide õhu konditsioneerimise seadmetesse.

Kondensaatoris eemaldatakse süsteemist sinna konditsioneerist tulnud soe. Kondensaator võib olla kas õhk- või vesijahutusega. Jahutusprotsessis on oluline, et kondenseerumistemperatuur oleks võimalikult madal. Soomes on seoses madala välistemperatuuriga kasutusel põhiliselt kondensaatori õhkjahutus. Vesijahutuse abil saadakse külmaaine madalam temperatuur, kuid vee kasutamine tingib muude kulude kasvu. Vett võidakse võtta veevõrgust või ringleva vee süsteemist läbi jahutustorni.



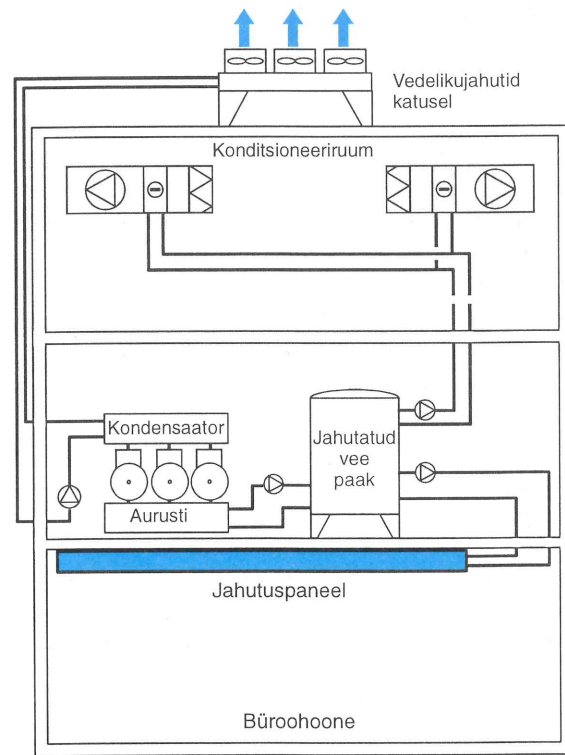
Joonis 10.48. Külmutuse ringprotsessi seadmed. Aurustis neeldub soojavool  $\Phi_H$  ja toimub jahutamine. Kondensaatorist eemaldatakse soojavool  $\Phi_L$ .

*Külmaseadme abil saab õhku jahutada kas otse aurustis või kaudselt külma vee abil.*

*Külmaseadme kondensaatoris eemaldatakse külmaprotsessis neeldunud soe.*



Külmaprotsessi kondensaator paigaldatakse reeglina niiviisi katusele, et see ei häiriks ümbruskonda oma müraga.



Joonis 10.49. Büroohoone jahutussüsteemi skeem.

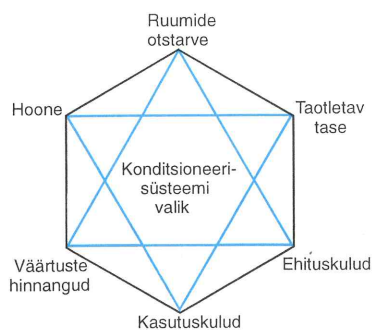
Õhkjahutusega kondensaator paigutatakse harilikult katusele. See tuleb paigaldada niiviisi, et ventilaatori müra ei mõjuks häirivalt ning asuks seda teenindava kompressori läheduses võimalikult jahedas kohas. Teine võimalus on kasutada vedelikuringlusega kondensatsioonisüsteemi, kusjuures vedeliku jahutusseade paigutatakse samuti katusele. Büroohoone tüüpiline jahutussüsteem ja seadmete paigutus on toodud joonisel 10.49.

### Konditsioneerimissüsteemi valik

Konditsioneerimissüsteemi valik on mitmetahuline, hoone projekteerimise kõiki olulisi osi haarav integraalne protsess (joonis 10.50).

Kõige optimaalsema süsteemi valikul tuleb lähtuda sisekliima nõuetest ehk nn. soovitud tasemest. Juba projekteerimise algstaadiumis tuleb selgitada, kas hoones vajatakse külmaseadmeid, niisutust või iga ruumi temperatuuri reguleerimist.

Viimati mainitud mõjutab oluliselt koormuse muutus eri ruumide vahel. See selgub jahutus- ja küttevõimsuse arvestustest. Koormuste erinevused määravad, milline on kõige väiksem eraldi reguleerimist vajav tsoon. Kui koormuste eri-



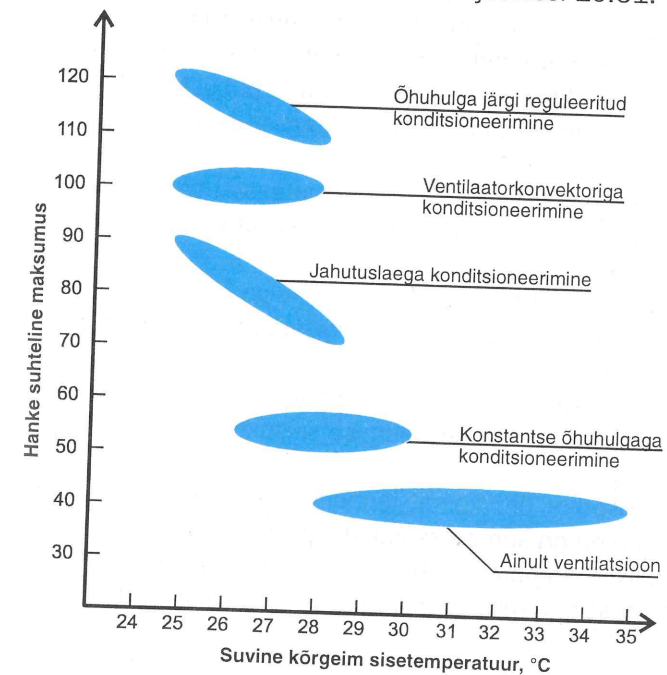
Joonis 10.50. Konditsioneerimissüsteemi valikut mõjutavad tegurid.

Tabel 10.4. Õhu konditsioneerimise süsteemide liigitus, lähtudes hoone otstarbest ja tellija nõuetest.

Hoone otstarve ja nõuded	Õhu konditsioneerimise süsteem	Väikseim reguleerimispiirkond
Kõrged nõuded sisekliima kohta, suured koormuste kõikumised. Hoones vajatakse üheaegselt kütet ja jahutust.	Jahutuslagi või -tala 3-toru-ventilaatorkonvektorid. Reguleerimine õhuhulkade järgi. Igas ruumis täiskomplektne seade.	Moodul või ruum
Kõrged nõuded sisekliima kohta, väikesed koormuste kõikumised. Hoones vajatakse kas kütet või jahutust.	2-toru-ventilaatorkonvektorid. Reguleerimine õhuhulkade järgi. Tsoonireguleerimine.	Ruum või tsoon
Madalad nõuded sisekliima kohta, suured koormuste kõikumised. Tsooni piires vajatakse kas kütet või jahutust.	Jahutusega varustatud mitmetsoonisüsteem.	Tsoon
Madalad nõuded sisekliima kohta, väikesed koormuste kõikumised. Hoone vajab kütet või piiratud määral jahutust.	Välisõhu temperatuuri abil reguleeritavad konstantse õhuhulga süsteemid, varustatud jahutusega.	Hoone
Madalad nõuded sisekliima kohta. Hoone ei vaja jahutust.	Konstantse õhuhulga süsteemid, reguleerimine näiteks välisõhu temperatuuri järgi.	Hoone

nevused on suured, on vaja igat ruumi omaette reguleerida. Kui need erinevused on väikesed, piisab tsooni või isegi kogu hoonet haaravast reguleerimisest. Büroohonetes mõjutavad süsteemi valikut ja kulutusi jahutuskoormused ja suurim lubatud suvine sisetemperatuur. Ligikaudsed hinnangud eri süsteemide maksumuse kohta on antud joonisel 10.51.

Sisekliima nõutav tase määrab konditsioneerimissüsteemi valiku.



Joonis 10.51. Õhu konditsioneerimise süsteemide hanke suhtelised maksumused ja nende abil suvel saavutatav madalaim siseõhu temperatuur (1990. aastate alguses  $100 = 1000 \text{ mk/m}^2$ ).



**Ruumide soojakoormuste muutumise väljaselgitamine on tähtis tegur konditsioneerimissüsteemi valikul.**

Kokku võttes tuleb õhu konditsioneerimise süsteemi valikul arvesse võtta järgmisi tegureid:

1. Koormuste ebahühtlus ja nõuded temperatuuri reguleerimiseks. Need määravad reguleerimisala suuruse.
2. Võimalik samaaegne jahutuse- ja küttevajadus hoone eri osades.
3. Hoone suurusest ja kasutusviisist tingitud hajutus ja konditsioneerimisruumide arv.
4. Nõuded niiskuse reguleerimise kohta.
5. Konditsioneeride ja jaotuskanalite ruumivajadus ja nende sobitamine hoonesse.
6. Õhujaotus ruumis, olenevalt mööbli, teisaldatavate vahesteinte, valgustite ja töökohtade paigutusest.
7. Süsteemi ümberkujundamise võimalused ruumide otsuste ja koormuste muutumisel.
8. Ehitus- ja kasutuskulud.
9. Töökindlus ja hooldus.
10. Tasakaalustamine ja reguleerimise hõlpsus.

### Kordamisküsimusi

- Millised on õhu konditsioneerimise ülesanded?
- Millistest osadest koosneb konditsioneer?
- Kuidas saab õhu konditsioneerimisel jahutuskoormust vähendada?
- Millega peab arvestama konditsioneeril välisõhuavade paigutamisel?
- Milline on konditsioneeril ruumivajadus?
- Kuhu on kasulik konditsioneer paigaldada?
- Millised raskused tekivad õhukanalite paigutamisel ainult ühe konditsioneeril ja ühe õhušahti puhul?
- Millised on ventilatsiooni soojatagastuse alternatiivsed meetodid?
- Millised eelised on kaudse soojatagastuse meetodil?
- Millal ei pea kasutama akumuleerivat soojatagastit (pöörlevat ketast)?
- Kui suured saasteosakesed on kõige ohtlikumad?
- Millised on seguneva ja väljatõrjuva õhujaotusviisi erinevused?
- Kuidas saab vältida õhujaotuse poolt tõmbuse tekitamist?
- Milline on tõmbuse vältimise seisukohalt parim õhujaotusviis?
- Millised on õhu konditsioneerimise tavalisemad süsteemid?
- Millised on kompressorjahutussüsteemi osad?
- Milline kompressorjahutuse seade paigaldatakse harilikult katusele ja millega tuleb seejuures arvestada?

### Kasutatud kirjandus

- Aittomäki, A. (toim) Kylmäteknikka. Kylmätuki Oy, Helsinki, 1992.
- Ilmanvaihto ja ilmastointijärjestelmät. RT-kortti 56-10591. Rakennustietosäätiö, 1995.
- Muuttuvilmavirtaiset ilmastointijärjestelmät. Suunnitteluohje. KTM, energiaosasto. Projekti 850343.
- Päiväkotirakennusten ilmanvaihto. Suunnitteluohje. KTM, energiaosasto. Raportti D:174. Helsinki, 1989.
- RT-kortti. RT 07-10564 Rakennuksen sisäilmasto.
- Rt-kortti. RT 56-10592 Huonetilojen jäähdytysjärjestelmät liike- ja toimistorakennuksissa.
- RT-kortti. RT 56-10593 Ilmastointi- ja jäähdytysjärjestelmien tilantarve ja asennusreitit.
- RT-kortti. RT 92-10478 Ilmastointikonehuoneiden tilantarve toimisto- ja liikerakennuksissa.
- Seppänen, O. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Suomen LVI-yhdistysten liitto ry., 1994.