Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa

Luonnos 1.11.2017

FINVAC ry

Ympäristöministeriö

**Esipuhe**

Tämä opas käsittelee ilmanvaihdon mitoittamista ympäristöministeriön asetusluonnoksen (16.2.2017) mukaisesti. Opas korvaa liitteen 1 säädöksessä: D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet 2012. Opas on tulos ympäristöministeriön kesällä 2017 käynnistämästä hankkeesta, jonka tekijä oli FINVAC (The Finnish Association of HVAC Societies). FINVAC-organisaation jäseniä ovat Suomen LVI-liitto SuLVI ry, VVS Föreningen i Finland rf, Sisäilmayhdistys ry ja Lämpöinsinööriyhdistys ry.

Hankkeen projektiryhmään kuuluivat Olli Seppänen, FINVAC, Jorma Railio, SuLVI, Tiina Strand, SuLVI, Siru Lönnqvist, VSF, Jorma Säteri, Sisäilmayhdistys ja Mervi Ahola, Sisäilmayhdistys.

Hankkeen asiantuntijaryhmän jäseniä olivat: Jari Hotokainen, Granlund Oy, Mika Reinikainen, Granlund Oy, Maarit Haakana, YM, Pekka Kalliomäki, YM, Ari Saarinen, YM, Risto Kosonen, Aalto yliopisto, Kimmo Liljeström, Optiplan Oy, Vesa Pekkola, STM, Juha Pentikäinen, Climaconsult Oy, Marianna Tuomainen, Helsingin kaupunki, Kaupunkiympäristön toimiala, Rakennetun omaisuuden hallinta.

Ympäristöministeriön puolesta työtä valvoivat rakennusneuvos Pekka Kalliomäki ja ympäristöneuvos Maarit Haakana.

Hankkeen tavoitteena oli tehdä ehdotus ilmanvaihdon ilmavirtojen ohjearvoiksi. Hankkeessa kuultiin satoja asiantuntijoita käyttäen työpajoja, nettikyselyä, sähköpostiviestintää ja haastatteluja. Lopputulos on synteesi asiantuntijoiden kokemuksista ja näkemyksistä sekä kansainvälisistä ilmanvaihtostandardeista. Selvityksessä käytettiin hyödyksi myös tärkeimpiä viime vuosina tehtyjä ilmanvaihtoa käsitteleviä tutkimuksia.

Hankkeessa määriteltiin erilaisten rakennusten tyypillisten huonetilojen ilmanvaihdon tarve, laitemitoituksen ja käytön kannalta, lähtien liikkeelle tilan tyypillisestä epäpuhtauskuormasta ja tavoitellusta sisäilman laadusta.

Hanke kohdistui pääasiallisesti ilmanvaihdon ulkoilmavirtojen valintaan ja mitoittamiseen, mutta ministeriön toivomuksesta mukaan otettiin sekä yleisiä että rakennustyyppikohtaisia, suunnitteluun ja ilmanvaihdon järjestelyyn liittyviä opastuksia. Hankkeessa ei käsitelty teknistä toteutusta, eikä ulkoilmavirtojen mitoitusta ja käyttöä, lämpöolojen tai erityisten epäpuhtauslähteiden kannalta.

Projektiryhmän puolesta

Helsinki, marraskuussa 2017

Olli Seppänen

Projektiryhmän puheenjohtaja

**Sisällysluettelo**

[1 Ilmanvaihdon mitoituksen yleiset periaatteet 4](#_Toc497402617)

[2 Veto 5](#_Toc497402618)

[3 Ilmanvaihdon ilmavirtoja rakennus- ja tilatyypeittäin 6](#_Toc497402619)

[3.1 Asuinrakennukset 6](#_Toc497402620)

[3.2 Toimistorakennukset 7](#_Toc497402621)

[3.3 Opetusrakennukset 8](#_Toc497402622)

[3.4 Sairaalat ja lääkärikeskukset 10](#_Toc497402623)

[3.5 Asumispalvelut (hoivakodit, palvelutalot, tuettu asuminen) 11](#_Toc497402624)

[3.6 Ravintolat 13](#_Toc497402625)

[3.7 Hotellit 13](#_Toc497402626)

[3.8 Myymälät 14](#_Toc497402627)

[3.9 Liikuntatilat ja uimahallit 14](#_Toc497402628)

[3.10 Puolustushallinnon rakennukset 16](#_Toc497402629)

[3.11 Teatterit ja muut julkiset tilat 18](#_Toc497402630)

[3.12 Työtilat (muut kuin toimistot tms) 19](#_Toc497402631)

[3.13 Keittiöt ja niiden aputilat 20](#_Toc497402632)

[3.14 Tiloja, joita on monessa rakennustyypissä kuten hygieniatilat 21](#_Toc497402633)

[3.15 Tekniset tilat 22](#_Toc497402634)

[4 Hiilidioksidin tuottoon perustuva ilmanvaihdon mitoitus 23](#_Toc497402635)

# Ilmanvaihdon mitoituksen yleiset periaatteet

Tämä opas selventää ympäristöministeriön asetusta rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta ilmanvaihdon mitoittamisen osalta. Opas on laadittu asetusluonnoksen 16.2.2017 mukaan. Esitetyt vähimmäisilmavirrat perustuvat hyvän sisäilmanlaadun ylläpitämiseen tiloissa, joissa on tavanomaista käyttöä vastaava määrä kosteus-, epäpuhtaus- ja hajulähteitä. Esitetyt ilmavirrat edellyttävät myös, että rakentamisessa on käytetty vähäpäästöisiä materiaaleja. Jos materiaalit eivät ole vähäpäästöisiä tai tilassa on poikkeuksellisia epäpuhtauslähteitä, ilmanvaihdon tulee olla tässä esitettyä suurempi.

Lämpötilan hallitseminen ja ylilämpenemisen estäminen edellyttävät yleensä tässä esitettyjä suurempia ilmavirtoja tai erillistä jäähdytystä. Ylilämpenemisen estämisestä on erillinen ympäristöministeriön opas1). On huomattava, että ulkoilmavirran lisääminen laskee keskimääräistä huonelämpötilaa, mutta ei huippulämpötiloja. Myös kosteuden määrä saattaa olla ilmanvaihdon suuruuden mitoittava tekijä.

Esitetyt ilmavirrat ovat ohjeellisia ja niiden lopullinen valinta on tehtävä kulloisenkin tapauksen mukaisesti. Mitoituksessa on otettava lisäksi huomioon rakennushankkeeseen ryhtyvän asettamat vaatimukset ja tavoitteet. Mitoituksen ohjearvot on annettu myös ilmavaihdon aiheuttamalle ilman liikkeelle vedontunteen estämiseksi. Ilmanvaihtolaitteet aiheuttavat aina ääntä, joka voidaan joskus kokea häiritsevänä. Meluhaittojen estäminen on otettava huomioon suunnittelussa. Ääniympäristöä on käsitelty ympäristöministeriön asetuksessa2) rakennuksen ääniympäristöstä ja sitä täydentävässä oppaassa.

Ilmanvaihtoon otettavan ulkoilman on oltava olosuhteisiin nähden mahdollisimman puhdasta. Ulkoilmavirta määräytyy ensisijaisesti henkilöperusteen mukaan. Jos henkilömäärää ei ole suunnitteluvaiheessa luotettavasti määritettävissä, käytetään huonekohtaista, pinta-alaan, laitteiden tai kalusteiden määrään perustuvaa mitoitusta. Tässä oppaassa esitetään ohjearvot käyttöajan ilmanvaihdon mitoitukseen rakennustyypeittäin.

Vähimmäisulkoilmavirta on 6 dm3/s,hlö. Joissakin rakennuksissa ja tiloissa voi olla käyttötarkoituksesta riippuvaa lisäilmavirran tarvetta, jolloin vähimmäisilmavirta on suurempi kuin 6 dm3/s,hlö. Suurempi epäpuhtauskuorma on näissä tiloissa verrannollinen henkilömäärään ja ilmanvaihdon tarve voidaan ilmaista henkilömäärän perusteella (esim. liikuntatilat, sairaalat ja hoitolaitokset ja eräät työtilat). Tiloissa, joissa oleskellaan vain lyhytkestoisesti, kuten käytävät, ulkoilman asemasta tai sitä osin korvaavana voidaan käyttää siirtoilmaa käyttökohdetta puhtaammista tiloista.

Pääsääntöisesti rakennuksen tai sen osan kokonaistulo- ja poistoilmavirrat mitoitetaan yhtä suuriksi siten, ettei rakennusvaipan yli synny haitallisia paine-eroja. Hormivaikutuksen synnyttämien haitallisten paine-erojen estäminen saattaa edellyttää myös ovien ja seinien käyttöä paine-erojen ja ilmavirtauksien pienentämiseksi. Alueen sisällä tulo- ja poistoilmavirtojen suuruus määritetään siten, että ilma virtaa puhtaammista tiloista likaisempiin päin. Tuloilmavirran on vastattava suuruudeltaan poistoilmavirtaa myös, kun tilassa käytetään ajoittain erillispoistoja. Suunnitelmissa on esitettävä, miten erillispoistojen korvausilma tuodaan (paikallispoistot, huuvat, liesikuvut, keskuspölynimuri jne). Myös takan palamisilman reitti on suunniteltava.

Ilmanvaihdon suuruutta määritettäessä on huomattava, että ilmanvaihdon suurentaminen ohjearvoista ei välttämättä paranna ilmanlaatua. Erityisesti talvella sisäilma kuivuu ilmanvaihdon kasvaessa. Suuri ilmanvaihto lisää myös veto- ja meluhaittoja. Ulkoilmassa on terveydelle haitallisia pienhiukkasia, joiden pitoisuus sisällä voi nousta ilmanvaihdon kasvaessa. Ilmanvaihdon tarpeeton kasvattaminen lisää energiankulutusta.

Rakennusten ja tilojen käyttö voi vaihdella ajasta riippuvana. Turhan ilmanvaihdon välttämiseksi ilmanvaihdon on oltava ohjattavissa tilan käytön ja ilmanvaihdon tarpeen mukaisesti, kun tilan käyttö vaihtelee merkittävästi (käyttöaste alle 50 %) esim. neuvotteluhuoneet, salit ja monet muut yleisötilat. Tarpeenmukainen ilmanvaihdon ohjaus saattaa tulla kysymykseen myös säätövyöhykekohtaisesti. Tarpeenmukaista ohjausta on käsitelty erillisessä oppaassa3). Ilmanvaihdon ohjaaminen tilan käytön mukaan on sitä tärkeämpää ja taloudellisempaa, mitä suuremmasta ilmavirrasta, henkilömäärästä ja sen vaihtelusta on kyse. Tilan ja ilmavirran ollessa pieni tarpeenmukainen ohjaus ei välttämättä ole kustannustehokasta. Tarpeenmukaisen säädön käyttöönottoa tai sen poisjättämistä tulisi arvioida elinkaarikustannusten perusteella. Tarkasteluajanjakso julkisen hallinnon rakennuksissa voisi olla 25 vuotta ja yksityisellä sektorilla 10 vuotta. Elinkaarilaskentaa on käsitelty tarkemmin muualla4). Käytön ohjaaminen on tehtävä käyttäjälle helpoksi ja ymmärrettäväksi.

Muun kuin asuinrakennuksen ilmanvaihto suunnitellaan ja rakennetaan siten, että suunnitellun käyttöajan ulkopuolella rakennuksen ulkoilmavirta on keskimäärin vähintään 0,15 dm³/s,m² ja että ilma vaihtuu kaikissa huonetiloissa.

Ilmanvaihdon suunnittelussa on pyrittävä siihen, että puhtain ilma tuodaan sinne, missä ihmiset oleskelevat ja työskentelevät sekä poistetaan ensisijaisesti ns. likaisista tiloista. Ilmanvaihdon ulkoilmavirta on tuotava tilaan niin, että se sekoittuu huoneilmaan tasaisesti oleskeluvyöhykkeellä (ilmanvaihdon tehokkuus ≥ 1). Poikkeuksena tästä ovat suuret tilat, joissa ilmanvaihdon ulkoilmavirta on tuotava pysyville työ- tai oleskelupisteille.

1. *Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen D3 laskentaopas*
2. *Ympäristöministeriö asetus rakennuksen ääniympäristöstä, luonnos 2017*
3. *Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon huomioiminen energiatehokkuuden vertailuluvun (E-luvun) laskennassa, Laskentaopas, 2017*
4. *Liljeström Kimmo, Kestävä kehitys ja elinkaarimittarit. Kirjassa Sandberg Esa, Ilmastointilaitoksen mitoitus. Ilmastointitekniikka, osa 2, 2014*

# Veto

Vedon tunne johtuu ihon paikallisesta jäähtymisestä. Ilmanvaihdon aiheuttamaan vetoon vaikuttavat ilman nopeus, lämpötila ja ilman liikenopeuden vaihtelu. Vedontunteeseen vaikuttavat lisäksi yksilölliset tekijät, fyysinen aktiviteetti, vaatetus, herkkyys vedon tunteelle sekä se kohon osa, johon ilman liike kohdistuu. Erityisesti asunnoissa ja vastaavissa, joissa ollaan suuri osa ajasta paikallaan, ihmiset ovat herkkiä vedolle. Ilmanvaihtoon liittyy usein ilman ja tilan jäähdytys. Tilan jäähdytystehon tarpeen kasvaessa kasvaa myös riski liian suurille ilman nopeuksille ja vedolle. Ilmanjakolaitteiden valinta ja sijoittelu onkin tehtävä erityisen huolellisesti vetoriskin torjumiseksi käyttäen apuna huoneilman nopeuksien laskentaa. Myös kylmät pinnat voivat aiheuttaa voimakkaita konvektiovirtauksia ja samalla lisätä vetoriskiä. Ilmanvaihto on suunniteltava siten, että tuloilmasuihkun nopeus laskee riittävästi ennen oleskeluvyöhykkeelle tuloa.

Ilmanvaihdon aiheuttaman ilman liikenopeus saa olla huoneen oleskelualueella suunnittelutilanteissa enintään taulukon 2.1 mukainen. Ilmanvaihdon tehostustilanteessa nopeus voi nousta 0,1 m/s taulukon arvoista, kun tehostus on suoraan käyttäjän säädettävissä ja 0,05 m/s, kun tehostus tapahtuu keskitetysti eikä ole käyttäjän suoraan säädettävissä.

Varmistusmittaukset tehdään standardin SFS-EN 12599 mukaisesti suuntariippumattomalla nopeusanturilla käyttäen nopeuden kolmen minuutin keskiarvoa, talvella ulkolämpötilan ollessa alle 0 °C, kesällä jäähdytystilanteessa, jos tuloilma on jäähdytetty. Mittauspisteet valitaan oleskeluvyöhykkeeltä siitä kohdasta, jossa on odotettavissa suurimmat virtausnopeudet tai joissa oleskelu on todennäköisesti pitkäaikaisinta. Mittauspisteiden valinnassa voidaan käyttää apuna merkkisavua.

Taulukko 2.1 Veto

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tilan kuvaus | Ilman suurin sallittu keskinopeus  (+20 °C) 1) | Ilman suurin sallittu keskinopeus  jäähdytystilanteessa |
| Kevyt työ tai vastaava  Kiinteät työpisteet, toimisto, kevyt liikunta, koululuokka, päiväkoti, aula, paikallan oleva seisomatyö, asuinhuoneet | 0,2 | 0,30 |
| Keskiraskas työ tai liike esim. käytävä, jossa ei oleskella ja/tai istuta | 0,25 | 0,35 |
| Raskas työ tai liike esim. urheiluhallit | 0,30 | 0,40 |

1. *Arvo ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmavaihdosta.*

# Ilmanvaihdon ilmavirtoja rakennus- ja tilatyypeittäin

Seuraavissa taulukoissa on annettu ilmanvaihdon vähimmäisarvoja ilmanlaadun ylläpitämiseksi. Jäähdytys- tai lämmitystarve saattaa johtaa huomattavasti suurempiin ilmavirtoihin. Myös kosteudenpoisto saattaa johtaa suurempiin ilmavirtoihin. Ulkoilmavirran suuruus on tilasta riippuen annettu tilaan parhaiten soveltuvalla tavalla joko lattiapinta-alaa, henkilöä, huonetta tai epäpuhtauslähdettä kohden. Ulkoilmavirta mitoitetaan suurimpaan ilmavirtaan johtavan kriteerin mukaan. Taulukoissa on annettu myös muita ohjeita ja viitteitä ilmanvaihdon mitoitukseen.

Tilat on ryhmitelty pääosin rakennustyypeittäin. Jollekin rakennustyypille tyypillisiä tiloja saattaa olla myös muissa rakennustyypeissä. Esimerkiksi teknisiä tiloja ja hygieniatiloja on lähes kaikissa rakennuksissa, samoin toimistoja ja neuvotteluhuoneita on myös muissa kuin toimistorakennuksissa. Näiden useissa rakennuksissa toistuvien tilojen ilmanvaihto suunnitellaan tyypillisen rakennuksen tilan mukaisesti, ellei tilan käyttö aiheuta muita perusteita. Hygieniatiloja ja muita eri rakennuksissa toistuvia tiloja on koottu viimeisiin taulukkoihin.

Autohalleista ja –talleista on oma ohje. Vankiloiden, putkien ym. ilmanvaihdon mitoittaminen tehdään Rikosseuraamuslaitoksen ohjeistuksen mukaisesti. Tässä ei käsitellä myöskään maatalouden tuotantorakennuksia. Uskonnolliset rakennukset on myös jätetty tämän oppaan ulkopuolelle. Erityisrakennuksissa on kuitenkin tiloja, jotka voi mitoittaa tämän oppaan taulukoiden mukaan.

## Asuinrakennukset

Asuinrakennusten ilmanvaihto on käsitelty erillisessä oppaassa.

## Toimistorakennukset

Toimistorakennusten tilojen käyttö ja henkilötiheys vaihtelevat tapauksesta riippuen. Henkilöhuonetoimiston rinnalle on tullut yhä enemmän uudenlaisia avoimia toimistotiloja, joissa ei enää ole erotettavissa olevia huoneita, käytäviä eikä taukotiloja. Tällöin ilmanvaihto on mitoitettava tilaa käyttävien tai siellä työskentelevien ihmisten kokonaismäärän mukaisesti. Yleensäkin ilmanvaihto mitoitetaan henkilömäärän perusteella, kuitenkin siten, että ulkoilmavirta on vähintään 1 dm3/s,m2.

Yleensä toimistorakennuksissa ulko- ja tuloilmavirrat määräytyvät vähimmäisarvoja suuremmiksi. Vähimmäisarvoja suurempi ilmanvaihtuvuus voi parantaa työn tehokkuutta (aina ilmavirtaan 10 -15 l/s,hlö saakka) ja viihtyvyyttä. Lämpöolosuhteiden hallitseminen voi edellyttää vähimmäisilmavirtoja suurempia ilmavirtoja tai koneellista jäähdytystä. Ilmanvaihtokanavien mitoituksessa saattaa olla tarpeen varautua muutoksiin tilojen käytössä, joka saattaa edellyttää ilmavirtojen suurentamista.

Ilmanvaihdon tulee olla tarpeenmukaisesti ohjattua yhtenäisissä tiloissa, joissa ilmanvaihdon ilmavirta on suuri (selvästi yli 100 dm3/s) ja kuormitus vaihtelee runsaasti (kuormitusaste alle 50 %, esim. yli 10 hengen neuvotteluhuoneet, koulutustilat ja auditoriot). Tarpeenmukainen ohjaus voidaan toteuttaa myös vyöhykekohtaisesti mm. avotiloissa. Tällöin on kuitenkin varmistauduttava kaikkien tilojen vähimmäisilmanvaihdosta, jonka on oltava noin 30 % käyttötilanteen mitoitusilmavirrasta, mutta vähintään 0,35 dm3/s,m2.

Käytävien ilmanvaihtoon voidaan käyttää ainakin osittain tuloilmana siirtoilmaa toimistoista.

Taulukko 3.2.1 Toimistorakennukset

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Huonetila | Ulko-ilmavirta  dm3/s,hlö | Ulkoilmavirta  dm3/s,m2 | Poisto-ilmavirta  dm3/s,m2 | Muita ohjeita |
| Toimistohuone | 6 | 1 |  | Suunnittelu suurempaan ilmavirtaan johtavan kriteerin mukaan |
| Avotoimisto tai kokonaan avoin työskentelyalue | 6 | 1,5 dm3/s,m2 |  | Suunnittelu suurempaan ilmavirtaan johtavan kriteerin mukaan, tilan kokonaispinta-alaa kohden |
| Neuvotteluhuone, kokoontumistila tai vastaava | 6 | 3 |  | Mitoitus suurempaan kokonaisilmavirtaan johtavan kriteerin mukaan. Tarpeen mukainen ohjaus, jos yli 10 hengelle |
| Käytävä, joka on tarkoitettu vain läpikulkuun |  | 0,5 |  | Ilmavaihtoon tarkoitettu ilma voi olla siirtoilmaa toimistohuoneista |
| Kahvio, taukotila |  | 2 |  | Kuten muissa rakennuksissa |
| Varasto |  |  | 0,35 |  |
| Tulostus-, kopiointi- yms. tilat |  |  | 2 | Mitoitus laitteiden mukaan, tuloilmana siirtoilmaa esim. käytävistä |

## Opetusrakennukset

Opetusrakennusten ilmanvaihdon mitoituksessa on otettava huomioon opetussuunnitelmien vaatimukset tiloille ja niiden käytölle. Opetusrakennuksissa on aikaisempaa enemmän monikäyttöisiä oppimistiloja, joiden ilmanvaihdossa on varauduttava vaihteleviin henkilömääriin tilan eri osissa. Opetusrakennuksen ilmanvaihdon mitoituksessa voidaan lähteä siitä, että kaikki tilat eivät ole koko aikaa enimmäiskäytössä. Tärkeää on mitoittaa ilmanvaihto siten, että koko rakennuksen ilmanvaihdon määrä riittää rakennuksen suunnitellulle oppilas- ja opettajamäärälle. Ulkoilmavirta on ohjattava sinne, missä sitä kulloinkin tarvitaan. On kuitenkin huolehdittava, että kaikille alueille johdetaan vähimmäisulkoilmavirta 0,35 dm3/s,m2. Ilmanvaihdon suunnittelussa on otettava huomioon myös opetusrakennusten tilojen käyttö varsinaisen opetusajan ulkopuolella erilaisiin kansalaisten toimintoihin, erityisesti salien osalta.

Opetusrakennuksissa käytetään yleisenä mitoitusperusteena ulkoilmavirtaa 6 dm3/s,hlö. Tämä on perusteltua myös lapsille, joiden ilmanvaihdon tarvetta voidaan pitää samana aineenvaihdunnan vilkkauden ja kehitysvaiheen johdosta. Selvä lisäilmanvaihdon tarve on liikuntatiloissa sekä taide- ja taitoaineiden tiloissa, joissa opetukseen käytettävät laitteet ja aineet voivat määrätä ilmanvaihdon tarpeen.

Opetusrakennusten ilmavirrat voidaan mitoittaa kahdella vaihtoehtoisella tavalla

1. Koko rakennus käsitellään kokonaisuutena, jolloin ilmavirran määrää ensisijaisesti henkilöperuste eli 6 dm3/s,hlö. Opetushallitus on antanut rakennuksen henkilömääristä (oppilaiden ja opettajien yhteismäärä) ohjeita, myös tilaajilla (kunnat ym.) on omia ohjeita. Rakennuksessa ilmavirtojen jakautuminen ohjataan tilojen kulloisenkin käytön mukaisesti. Poistot keskitetään ensisijaisesti hygieniatiloihin ja muihin ns. likaisiin tiloihin sekä sellaisiin opetus- ja muihin tiloihin, joiden toiminta ja haju-, epäpuhtaus- tai muu kuorma (esim- taide- ja taitoaineet) edellyttävät tilan alipaineisuutta.
2. Ilmavirrat mitoitetaan tilakohtaisesti taulukossa esitettyjä vähimmäisilmavirtoja käyttäen.

Molemmissa vaihtoehdoissa taide- ja taitoaineiden opetustilat (tekninen työ, tekstiilityö, kuvaamataito, kotitalous jne.) sekä keskiasteen ammattiopetustilat mitoitetaan opetuksen ja toiminnan mukaan. Näistä tiloista monet ovat verrattavissa teollisuuden työtiloihin, joissa haju- ja muut epäpuhtauslähteet määräävät ilmanvaihdon mitoituksen. Ulkoilmavirta on näissä aina vähintään 8 dm3/s,hlö. Paikallispoistojen edellyttämä lisäilmavirta voidaan tuoda siirtoilmana rakennuksen muista, ilman puhtaudeltaan samanarvoisista tai puhtaammista tiloista. Liikunta- ja juhlasaleissa suurimpaan ilmanvaihdon tarpeeseen johtava käyttö määrää ilmavaihdon mitoituksen. Rakennuskokonaisuuden ja rakennuksen osan, esimerkiksi taide- ja taitoaineiden opetustilojen, ulko- ja poistoilmavirrat mitoitetaan yhtä suuriksi. Paikallispoistolaitteiden käyttö ei saa johtaa paine-erojen merkittävään muuttumiseen rakennuksen vaipan yli. Opetushallituksella on suunnitteluohjeita taide- ja taitoaineiden opetustiloille mm. kotitalous, kuvataide, luonnontieteet ja musiikki.

Taulukko 3.3.1 Opetusrakennukset

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tila / käyttötarkoitus | Ulkoilma- virta  dm3/s,hlö | Ulkoilma- virta  dm3/s,m2 | Poistoilma- virta  dm3/s,m2 | Muita  ohjeita |
| Koulurakennus | 6 |  |  | oppilaiden ja opettajien kokonaismäärän perusteella |
| Opetustilat (luokkahuoneet, pienryhmätilat jne.) |  | 3 |  | Normaaliluokat dm3/s,hlö , taide- ja taitoaineet vähintään 8 dm3/s,hlö |
| Opettajainhuoneet |  | 2 |  |  |
| Käytävät ja aulat |  | 3 |  |  |
| Käytävä, joka on tarkoitettu vain läpikulkuun |  | 1 |  |  |
| Sali, liikuntakäyttö |  | 2 |  | Suurimpaan ilmanvaihtoon johtava kriteeri määrää mitoituksen, ilmanvaihdon on oltava ohjattavissa salin käytön mukaan |
| Sali, juhlasalikäyttö | 6 |  |  |
| Liikuntasali / katsomo | 6 dm3/s,katsomopaikka |  |  | Mitoitus ja ilmanvaihdon ohjaus katsojamäärän mukaan |
| Sali, urheilutapahtumat | 15-30 | 2-4 |  | LVI 06-10600; ohjearvot lajikohtaisesti, ks myös taulukko 4.1 |
| Luentosali | 6 dm3/s,paikka |  |  | Ilmanvaihdon ohjaus käytön ja tarpeen mukaisesti |
| Kirjastot, toimistotilat |  | 2 |  |  |
| Ruokailutilat | 6 | 3 |  | Ruokailutilat ovat ruokailuaikojen ulkopuolella opetuskäytössä |
| Ulkovaatteiden säilytystilat |  |  | 3 |  |
| Päiväkotien toimintatilat (ryhmätilat, lepohuoneet, salit, pienryhmätilat, eteistilat) | 6 | 3 |  |  |
| Päiväkotien henkilökuntatilat |  | 2 |  |  |
| Päiväkodin märkäeteinen |  |  | 5 |  |
| Keittiö | | | | ks. Taulukko 3.13.1 Keittiöt ja niiden aputilat |
| Hygieniatilat | | | | ks. Taulukko 3.14.1 Tiloja, joita on monessa rakennustyypissä kuten hygieniatilat |

## Sairaalat ja lääkärikeskukset

Sairaaloiden, terveyskeskusten ja lääkäriasemien tavanomaisten potilas- ja toimenpidetilojen ilmanvaihdon mitoituksessa käytetään ensisijaisesti henkilöperustetta, ottaen myös huomioon haju- ja epäpuhtauskuorma, joka mitoituksessa katsotaan olevan verrannollinen henkilömäärään. Mitoituksen perusilmanvaihtona käytetään 10 dm3/s,hlö. Leikkaussalit ja tukitilat (muutamin poikkeuksin) ovat erityistiloja, jossa mitoittavana tekijänä on muu kuin henkilöperuste ja jotka suunnitellaan tapauskohtaisesti (Suomen sairaalateknisen yhdistyksen, SSTY, ohjeistuksen mukaan). Tässä on esitetty ilmanvaihdon ohjearvoja vain joillekin usein toistuville tiloille, joita on lähes jokaisessa terveyskeskuksessa ja jokaisella lääkäriasemalla.

Potilashuoneen ilmanvaihto mitoitetaan vuodepaikkojen ja märkätilojen poistoilmavirtojen mukaan siten, että tulo- ja poistoilmavirrat (mukaan lukien WC ja kylpyhuone) ovat yhtä suuret.

Ilmanvaihdon mitoitus voi perustua myös suureen sairaalalaitteiden aiheuttamaan lämpökuormaan.

Taulukkoarvoja suurempaa ulkoilmavirtaa voidaan käyttää myös potilashuoneiden lämpötilojen alentamiseen.

Taulukko 3.4.1 Sairaalat ja lääkärikeskukset

Suunnittelu suurempaan ilmavirtaan johtavan kriteerin mukaan.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tila / käyttötarkoitus | Ulkoilma- virta  dm3/s | Ulkoilma- virta  dm3/s,m2 | Poistoilma- virta  dm3/s,m2 | Muita ohjeita |
| Potilashuone | 10 dm3/s,hoitopaikka | 2,5 | yhtä suuri kuin ulkoilmavirta |  |
| Potilashuone, jossa WC | yhtä suuri kuin poistoilmavirta, kuitenkin vähintään 10 dm3/s,hoitopaikka | Yhtä suuri kuin poistoilmavirta, kuitenkin vähintään 2,5 | vähintään 30 dm3/s,huone |  |
| Vastaanottohuone | 20 dm3/s,huone | 2 | yhtä suuri kuin ulkoilmavirta | 30 dm3/s jos mitoitus kolmelle hengelle |
| Tutkimushuone, toimenpidehuone | 25 dm3/s,huone | 2 | yhtä suuri kuin ulkoilmavirta | 40 dm3/s jos mitoitus neljälle hengelle, otettava huomioon myös laitteiden aiheuttama kuormitus |
| Laboratorio, näytteenottotila |  | 4 | 4 |  |
| Osastonkanslia |  | 3 |  |  |
| Odotustila | 6/paikka | 3 |  | Koskee myös käytävää, jota käytetään odotustilana, mitoitus suurempaan ilmavirtaan johtavan kriteerin mukaan |
| Käytävä |  | 1 |  | ei odotustilana, kuitenkin ilmanvaihdon tarve suurempi kuin esim. toimistorakennuksen käytävissä |
| Ruokailutilat |  | 3 |  |  |
| Varasto |  |  | 0,5 | Suurempi ilmavirta varastoitavan tavaran mukaan, esim likaiset vaatteet |

## Asumispalvelut (hoivakodit, palvelutalot, tuettu asuminen)

Asumispalveluihin kuuluu monen tasoisia asumismuotoja, joilla on vakiintumattomia nimikkeitä kuten palvelutalot, tuettu asuminen, hoitolaitokset jne). Hyväkuntoisten ihmisten palveluasunnot voidaan mitoittaa ilmanvaihdon osalta kuten asunnot, huonokuntoisten ihmisten palveluasuntojen ja hoitolaitosten ilmanvaihdon mitoitus on lähempänä sairaaloiden mitoitusta. Palveluasuntoja voi olla myös tavanomaisissa asuinrakennuksissa.

Palveluasunnoissa ja hoitolaitoksissa (avustetussa asumisessa) on usein keskimääräistä väestöä suurempi asumiseen ja mahdollisiin hoitoihin liittyvä epäpuhtaus- ja hajukuorma. Asumisväljyys on myös usein pienempi kuin tavanomaisissa asunnoissa. Näistä seikoista johtuen syntyy tarve suuremmalle ilmanvaihdolle henkeä kohden. Perusilmanvaihtona käytetään 10 dm3/s,hlö.

Palveluasunnoissa on kiinnitettävä erityistä huomiota vedottomuuteen, koska asukkaiden mukautumismahdollisuudet ovat usein keskimääräistä väestöä heikommat ja herkkyys vedon astimiselle suurempi. Palveluasunnoissa on myös vältettävä huonelämpötilan kohoamista liian korkeaksi (ikääntyneen väestön kuolleisuus nousee yleisesti hellejaksojen aikana).

Epäpuhtauksien leviämisen torjunta on otettava huomioon ilmavirtoja mitoitettaessa ottaen huomioon että asukkaat saattavat tupakoida omissa huoneissaan. Ilman mukana kulkeutuvien virusten ja muiden taudin aiheuttajien leviämistä on myös pyrittävä vähentämään ilmavaihdon ilmavirtojen avulla siten, että ilman jatkuva virtaus asuinhuoneesta toiseen vältettäisiin.

Taulukko 3.5.1 Hoitolaitokset ja palvelutalot

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Huonetila | Ulkoilmavirta  dm3/s | Ulkoilmavirta  dm3/s,m2 | Poistoilmavirta  dm3/s,m2 | Muita ohjeita |
| Palveluasunto jossa on omat saniteettitilat ja keittomahdollisuus | 15 dm3/s,asunto (yhden hengen asunto)  25 dm3/s,asunto (kahden hengen asunto) |  | Kylpyhuone: 15 dm3/s  WC: 10 dm3/s (jos erillinen)  Keittopiste ja keittiö: 10 dm3/s | Suunnittelu suurempaan ilmavirtaan johtavan kriteerin mukaan.  Keittiössä ja keittopisteessä ilmanvaihdon liesikupu ja tehostusmahdollisuus 25 dm3/s |
| Palveluasunto jossa ei ole keittiötä | 15 dm3/s,asunto (yhden hengen asunto)  20 dm3/s,asunto (kahden hengen asunto) |  | 15 dm3/s,asunto (yhden hengen asunto)  20 dm3/s,asunto (kahden hengen asunto) | Suunnittelu suurempaan ilmavirtaan johtavan kriteerin mukaan |
| Yhteistilat (seurustelu, ruokailu, TV-huone) |  | 3 | 3 |  |
| Käytävät, jotka vain läpikulkuun |  | 0,5 |  |  |
| Kahvio, henkilökunnan taukotila |  | 3 |  |  |
| Varasto (puhtaat vaatteet ja tavarat) |  |  | 1 | Kuitenkin vähintään 10 dm3/s |
| Varasto (likaiset vaatteet ja tavarat), siivoustila |  |  | 3 | Kuitenkin vähintään 10 dm3/s |
| Vaatehuolto |  | 5 | 5 |  |
| Lääkejakelu |  | 4 | 4 | Lääkejakelun lämpötilan hallinta jäähdytystarve otettava huomioon |
| Kerroskeittiöt (kotikeittiö) |  | 3 | 30 dm3/s |  |
| Henkilökunnan pukuhuone |  |  |  | Kuten muut rakennukset |
| Henkilökunnan sosiaalitilat |  |  |  | Kuten muut rakennukset |

## Ravintolat

Ravintoloiden ilmanvaihdon tarve riippuu ravintolassa tapahtuvista toiminnoista. Ilmanvaihdon ulkoilmavirrat on mitoitettava ravintolan käytön, asiakasmäärän ja tarjoilun mukaisesti ottaen huomioon asiakkaiden määrä ja ravintolan lattiapinta-ala. Ilmavaihto on pääsääntöisesti suunniteltava ravintolan asiakaspaikkojen mukaan. Jos tämä ei ole tiedossa, niin ilmanvaihdon mitoitus tehdään lattiapinta-alan perusteella. Ravintolan keittiön ilmanvaihto mitoitettava erillisen ”Keittiöt ja niihin liittyvät tilat” ilmanvaihtoa koskevan taulukon 1.13.1 mukaan. Ravintolasalin, siihen liittyvien muiden tilojen ja keittiön ilmanvaihdon on muodostettava toimiva kokonaisussa siten että ulkoilmavirrat ja poistoilmavirat ovat yhtä suuret. Ravintolatoiminta saattaa muuttua moneen kertaan tilan elinkaaren aikana. Tästä syystä on hyvä varautua muutoksiin elinkaaren aikana. Erityisesti muiden rakennusten yhteyteen tulevien ravintoloiden ilmanvaihtokanavat on hyvä mitoittaa ilmanvaihdolle 6 dm3/s,m2, vaikka ensimmäinen käyttötapa ilmanvaihdon osalta ei sitä vaatisikaan.

Ravintoloissa, joiden asiakaspaikkamäärä on yli 30, ilmanvaihto on oltava ohjattavissa asiakasmäärän ja käytön mukaisesti.

Taulukko 3.6.1 Ravintolat

Suunnittelu suurempaan ilmavirtaan johtavan kriteerin mukaan.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tila / käyttötarkoitus | Ulkoilmavirta  dm3/s,asiakaspaikka | Ulkoilma- virta  dm3/s,m2 | Poistoilma- virta  dm3/s,m2 | Muita ohjeita |
| Lounasravintola, työpaikkaravintola | 6 | 3 |  |  |
| Pizzeria tai pikaruokapaikka | 6 | 6 |  |  |
| Päivällisravintola (ruokaravintola) | 6 | 6 |  |  |
| Yökerho, tanssiravintola | 6 | 10 |  |  |
| Ruokailutila esim. sairaalaosaston tai hoitolaitoksen | 6 | 3 |  |  |
| Kahvila, anniskelutila (baari) | 6 | 3 |  |  |
| Varasto |  | 0,35-1,0 |  | Varastoitavasta tavarasta riippuen |

## Hotellit

Hotellihuoneen ilmanvaihto mitoitetaan vuodepaikkojen ja märkätilojen poistoilmavirtojen mukaan siten, että tulo- ja poistoilmavirrat (mukaan lukien WC ja kylpyhuone) ovat yhtä suuret. Hotelleissa saattaa olla myös keittiöllisiä tai keittotilallisia huoneita tai huoneistoja, joiden ilmanvaihdon suunnittelussa on otettava huomioon niille asetetut vähimmäisvaatimukset.

Taulukko 3.7.1 Hotellit

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tila / käyttötarkoitus | Ulkoilmavirta  dm3/s | Ulkoilma- virta  dm3/s,m2 | Poistoilma- virta  dm3/s,m2 | Muita ohjeita |
| Hotellihuone | 6 dm3/s,vuodepaikka kuitenkin vähintään poistoilmavirtojen suuruinen |  |  | Hotellihuoneen yhteenlaskettu (ml. WC ja suihku) ulkoilma- ja poistoilmavirta mitoitettava yhtä suuriksi |
| Hotellihuoneen KPH-WC |  |  | 15 |  |
| Aulat |  | 1,5 |  |  |
| Kokoustila |  |  |  | Kuten toimistojen neuvotteluhuoneet |

## Myymälät

Myymälöiden ilmavaihdon mitoituksessa on otettava huomioon myytävien tuotteiden epäpuhtaus- ja hajukuormitus, myymälän koko ja asiakasmäärä. Pienten myymälöiden ilmavaihto mitoitetaan pinta-alaan ja epäpuhtauskuormitukseen perustuen. Suurissa myymälöissä (selvästi yli 400 m2) otetaan huomioon myös henkilömäärä. Suurten myymälöiden ilmanvaihtoa on ohjattava henkilömäärään perustuen.

Taulukko 3.8.1 Myymälät

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tila / käyttötarkoitus | Ulkoilma- virta  dm3/s,hlö | Ulkoilma- virta  dm3/s,m2 | Poistoilma- virta  dm3/s,m2 | Muita ohjeita |
| Pieni myymälä, alhainen epäpuhtauskuorma |  | 1,5 |  | Esim. vaatemyymälä |
| Pieni myymälä, kohtalainen epäpuhtauskuorma |  | 2 |  | Esim. elintarvikemyymälä, kirjakauppa, parturi-kampaamo |
| Pieni myymälä, suuri epäpuhtauskuorma |  | 3 |  | Esim. kosmetiikkamyymälä, eläinkauppa, kukkakauppa |
| Suuri myymälä (selvästi 400 m2), market tms. | 6 | 1 |  | Mitoitus 6 dm3/s,hlö +1 dm3/s,m2 |
| Aulat ja myymäläkäytävät kauppakeskuksissa |  | 3 |  |  |
| Varasto |  | 0,35-1,0 |  | Varastoitavan tavaran mukaan |

## Liikuntatilat ja uimahallit

Sisäliikuntatilojen ilmavaihdossa on otettava huomioon liikunnan fyysinen rasittavuus ja tilojen liikuntapaikkojen määrä ja todennäköinen henkilömäärä suhteutettuna lattia-alaan ja ilmatilavuuteen. Hiilidioksidin ja muiden aineenvaihduntatuotteiden määrä kasvaa liikunnan fyysisen rasittavuuden mukana, jolloin tarvitaan suurempi ilmavirta henkeä kohden. Liikuntalajista riippuen henkilötiheys voi vaihdella paljon (m2/hlö tai m3/hlö). Suurten tilojen ilmavaihdon on oltava ohjattavissa henkilömäärän tai ilman laadun mukaisesti. Ilmanvaihto tulee suhteuttaa liikunnan arvioituun tehoon ja hiilidioksidituottoon, joka on verrannollinen aineenvaihdunnan tehoon (ks taulukko 4.1).

Uimahallien ilmanvaihdon mitoitus tehdään kosteuden tuoton ja poiston perusteella.

Liikuntatilojen katsomoalueiden henkilötiheys voi olla suurimmillaan jopa 1,5–2 henkilöä lattianeliötä kohden. Ilmanvaihdon ulkoilma­virran suunnittelu arvona voidaan pitää 6 dm3/s katsojaa kohden. Katsomon ilmanvaihtotarve lattianeliötä kohden on näin useita kertoja suurempi kuin tavanomaisen sisäliikuntatilan tai -hallin. Katsomon osuuden ollessa hallissa suuri on katsomo varustettava omalla katsojamäärän mukaan ohjatavalla ilmanvaihtokoneella.

Yksityiskohtaisia ohjeita sisäliikuntatilojen ilmanvaihdon mitoituksesta ja suunnittelusta on laadittu opetus- ja kulttuuriministeriön toimesta, niitä on julkaistu LVI-kortteina mm.

* LVI 06-10451 Uimahallien ja virkistysuimaloiden LVIA-suunnittelu
* LVI 06-10484 Keilahallin LVIA-suunnittelu
* LVI 06-10600 Sisäliikuntatilojen LVIA-suunnittelu

Taulukko 3.9.1 Liikuntatilat ja uimahallit

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tila / käyttötarkoitus | Ulkoilma- virta  dm3/s,hlö | Ulkoilma- virta  dm3/s,m2 | Poistoilma- virta  dm3/s,m2 | Muita ohjeita |
| Sisäliikuntatilat |  |  |  | Ulkoilmavirta dm3/s,m2 määräytyy lajin ja henkilötiheyden perusteella |
| Raskas liikunta, esim.  salibandy, koripallo, kuntosalien ryhmäliikuntatilat (yli 600 W/hlö) | 30 |  |  | LVI 06-10600  aineenvaihdunnan teho yli  6 met 1), eli aikuisella yli 600 W (vapaa ja sidottu lämpöteho) |
| Keskiraskas liikunta esim. tennis (400-­600 W) | 25 |  |  | LVI 06-10600 aineenvaihdunnan teho 4‑6 met, eli aikuisella yli 400‑600 W (vapaa ja sidottu lämpöteho) |
| kevyt esim. jooga (200‑300 W) | 15 |  |  | LVI 06-10600  aineenvaihdunnan teho 2-4 met, eli aikuisella yli 200‑300 W (vapaa ja sidottu lämpöteho) |
| Kuntosalit | 15-25 | 6 |  |  |
| Katsomo | 6 dm3/s,paikka |  |  | Oma säädettävä kone, mitoitus katsojamäärän mukaan |
| Käytävät/aulat, joissa oleskellaan |  | 3 |  |  |
| Pukuhuoneet |  | 3 |  |  |
| Käytävät, joissa ei oleskella |  | 1 |  |  |
| Liikuntatilojen suihkut/pesutilat |  | 5 | vähintään 16 dm3/s,suihku | Runsas käyttö; mitoitus pinta-alan mukaan  Vähäinen tai ajoittainen käyttö; mitoitus suihkujen lukumäärän mukaan |
| Uimahallien suihkutilat |  | 5 | vähintään 16 dm3/s,suihku |  |
| Uimahallit |  |  |  | LVI 06-10451  Ilmanvaihdon mitoitus kosteuden mukaan |

1. *Met on ihmisen aineenvaihdunnan tehon yksikkö, 1 met on 58 W/m2,ihoa, vastaten keskikokoisella ihmisellä noin 105 W, joka poistuu kehosta kuivana (konvektio ja säteily) ja märkänä lämpönä (vesihöyryyn sitoutuneena).*

## Puolustushallinnon rakennukset

Tässä käsitellään puolustushallinnon osalta vain varusmiespalveluun liittyviä tiloja, joiden käyttöön vaikuttaa kunkin palvelukseenastumiserän aikatauluttama käyttö ja kasarmialueen ulkopuolella tapahtuva koulutus. Puolustusvoimien miehistötilojen ja kouluttajien tilojen ilmanvaihdon suunnittelussa noudatetaan taulukon 3.10.1 arvoja.

Puolustushallinnon tiloissa käytetään perusilmanvaihtona 7 dm3/s,hlö keskimääräistä suuremman aineenvaihdunnan tehon sekä epäpuhtaus- ja kosteuskuorman vuoksi.

Varusmiesten kolutukseen liittyvän selkeän ja ennalta suunnitellun rytmityksen vuoksi ilmanvaihdon tulee olla tilaryhmittäin ohjattavissa. Kasarmien majoitustiloille (1-3 kerrosta) tulee oma erikseen ohjattava tulo- ja poistoilmakone. Myös kuivaus-, WC-, suihku-, sosiaalitiloille tulee oma tulo- ja poistoilmakone, samoin toimisto-, neuvottelu- ja kouluttajien tiloille. Näin voidaan ilmanvaihtoa ohjata tilojen käytön ja toiminnan mukaisesti. Tämän lisäksi jokaisella majoitusporrashuoneella tulee olla oma ilmanvaihtokone ja konehuone. Tämä mahdollistaa energiatehokkaan ilmanvaihdon käytön niin, että paikalla/pois-kytkimellä saadaan ilmanvaihdon tehokkuus ohjattua toiminnan mukaiseksi (paikalla oltaessa 100 % teholla, muulloin 30 % teholla). Tämä mahdollistaa tarpeen mukaisen ohjauksen yksiköittäin tai porrashuoneittain pitkien 1-7 päivän maastoharjoitusten aikana sekä lyhempienkin ulkoharjoitusten aikana selkeän päälle/pois kytkimen avulla.

Puolustushallinnon varustevarastot edellyttävät erityisen huolellista käytön mukaista ilmanvaihdon suunnittelua. Toiminnallinen varasto ja voimakkaat hajupäästöt varusteista, teltoista, kamiinoista ym. sekä likaiset palautettavat vaateet vaativat, jopa erillis- tai kohdepoistoja. Virka-aikaan edellytetään tehostettu ilmanvaihto varastoalueella, koska työntekijät kulkevat varastossa jatkuvasti. Ilmanvaihdon on oltavat tehostettavissa henkilömäärän mukaiseksi, kun varusteiden jako tai luovutus tapahtuu palvelukseenastumiserittäin.

Normaalin toimistohuoneen ilmanvaihto mitoitetaan taulukon 3.10.1 mukaisesti. Jos lämpökuormat ylittävät normaalin toimistohuoneen eli pöytätietokone + kannettava tietokone, vaaditaan jäähdytys. Jäähdytys pyritään toteuttamaan ilmanvaihdon avulla tuloilmalla ja jos sekään ei riitä, vaaditaan erillisjäähdytys.

Puolustusvoimien muiden tilojen ilmanvaihdossa noudatetaan Puolustushallinnon rakennuslaitoksen ohjeita.

Taulukko 3.10.1 Puolustushallinnon rakennukset

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tila / käyttötarkoitus | Ulkoilma- virta  dm3/s,hlö | Ulkoilma- virta  dm3/s,m2 | Poistoilma- virta  dm3/s,m2 | Muita ohjeita |
| Miehistötuvat | 7 | 0,35 |  | Ulkoilmavirta 7 dm3/s,hlö + 0,35 dm3/s,m2 |
| Varustevarastot  Kasarmit/varusvarasto | 7 | 3 | Kohdepoistojen käyttö harkittava  esim. pyykin  palautuspiste | Ulkoilmavirta myös pysyviin työ/palautuspisteisiin. Tehostus käytön mukaisesti esim. saapumiserät |
| Toimisto | 7 | 1 |  | Normaali lämpökuorma |
| Kuivaustilat/-huoneet |  | 3 | 3 | Varustettava kondenssikuivaajalla |
| Kouluttajien tilat | 7 |  | +1 dm3/s,hlö, jatkuva maastokoulutus | Maastokoulutus: Varusteiden kuivaus- kaappi/tila |
| Neuvottelutilat | 7 |  |  | Hetkellisesti henkilömäärä voi ylittyä |
| Ruokala |  | 3 |  |  |
| Opetustila | 7 |  |  | Hetkellisesti henkilömäärä voi ylittyä |
| Varusmiesten oleskelutila |  | 3 |  |  |
| Käytävä |  | 1 | +1 dm3/s,hlö, käskynjako | Hetkellisesti henkilömäärä voi ylittyä |
| Muut tilat |  |  |  | Puolustushallinnon rakennuslaitoksen ohjeiden mukaisesti |

## Teatterit ja muut julkiset tilat

Kokoontumis- ja näyttelytiloissa, joissa henkilömäärä voi vaihdella huomattavasti, on käytettävä tarpeenmukaista ilmanvaihtoa ohjattuna henkilömäärän (CO2 tms. mukaan). Mitoituksessa on otettava huomioon käytön jaksollisuus ja tilan korkeus. Ilmanvaihto ei saa käydä mitoitustehollaan jatkuvasti.

Teattereiden katsomon ilmanvaihdon on oltava ohjattavissa katsojamäärän mukaisesti. Teatterien lämpiöiden ilmanvaihto on oltava ohjattavissa käytön mukaisesti. Näyttämöiden ilmanvaihdon mitoituksessa on otettava huomioon valaistuksen ja muiden sähkölaitteiden aiheuttama lämpöteho sekä savun ja muiden epäpuhtauksien nopea poistaminen.

Korkeiden, ilmatilavuudeltaan suurten aulojen ilmanvaihdon mitoituksessa voidaan ottaa huomioon aulan lyhytaikainen käyttö ja suuri ilmatilavuus.

Taulukko 3.11.1 Teatterit ja muut julkiset tilat

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tila / käyttötarkoitus | Ulkoilma- virta  dm3/s,hlö | Ulkoilma- virta  dm3/s,m2 | Poistoilma- virta  dm3/s,m2 | Muita ohjeita |
| Näyttelytilat |  | 2 |  |  |
| Aulat (muut kuin teatterit) |  | 1,5 |  |  |
| Kirjastot yms. |  | 2 |  |  |
| Lukusalit, ryhmätilat ja vastaavat | 6 dm3/s,paikka |  |  |  |
| Teatterin katsomo, elokuva-, konsertti- yms. salit | 6 | 0,35 |  | Ohjattavissa yleisömäärän mukaisesti  6 dm3/s,hlö + 0,35 dm3/s,m2 |
| Teatterin näyttämö |  | 3 |  | Ilmanvaihdon mitoitus tarkistettava valaistuksen yms aiheuttaman lämpökuorman mukaan. Ohjattavissa käytön ja tarpeenmukaisesti (mm. tehostesavun ja yms. poistaminen) |
| Teatterisalin lämpiö | 6 |  |  | Ohjattavissa käytön mukaisesti, lyhytaikainen käyttö otettava huomioon |

## Työtilat (muut kuin toimistot tms)

Työtilojen ilmanvaihdosta säädetään työturvallisuuslaissa (738/2002, pykälä 33) ja edelleen valtioneuvoston asetuksessa työpaikkojen turvallisuus- ja terveysvaatimuksista (577/2003, pykälä 9). Ilmanvaihdon tulee olla riittävä. Työturvallisuusasetus velvoittaa pitämään ilmanvaihdon aina toimintakunnossa. Ilmanvaihdon suuruuden tulee perustua työpaikan epäpuhtauskuormaan. Ilman epäpuhtauksien tulee alittaa epäpuhtauksien haitallisiksi tunnetut pitoisuudet (HTP-arvot). Ilmanvaihdon mitoituksessa tulee ottaa huomioon epäpuhtauslähteisiin ja työskentelyyn (mm. työskentelypaikka ja ‑asento) liittyvät epävarmuustekijät.

Työtiloissa selvät rajatut epäpuhtauslähteet on varustettava paikallispoistolla kotelointeja ja huuvia yms. hyväksikäyttäen epäpuhtauksien poiston tehostamiseksi.

Työtiloissa syntyvien muiden kuin ihmisperäisten epäpuhtauksien johdosta mitoitusulkoilmaviran tulee olla vähintään 10 dm3/s työntekijää kohden työntekijän työskentelyvyöhykkeelle.

Taulukko 3.12.1 Työtilat (muut kuin toimistot)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tila / käyttötarkoitus | Ulkoilma- virta  dm3/s,hlö | Ulkoilma- virta  dm3/s,m2 | Poistoilma- virta  dm3/s,m2 | Muita ohjeita |
| Työpaikka, jossa on ihmisten ja rakennusmateriaalien lisäksi runsaasti muitakin epäpuhtauslähteitä | 6 | 2  kuitenkin vähintään yhtä suuri kuin kohdepoistojen yhteenlaskettu ilmavirta |  | Ilmanvaihto 6 dm3/s, hlö + 2 dm3/s,m2, kuitenkin vähintään 10 dm3/s,hlö Kohdepoistot selviin rajattuihin epäpuhtauslähteisiin |
| Työpaikka, jossa ei ole ihmisten ja rakennusmateriaalien lisäksi merkittävästi muita epäpuhtauslähteitä | 6 | 1 |  | Ilmanvaihto 6 dm3/s,hlö + 1 dm3/s,m2, kuitenkin vähintään 10 dm3/s,hlö |
| Kiinteä työpiste, palvelupiste tms. | 10 |  |  | Ulkoilmavirta tuotava suuressa tilassa työpisteeseen vedottomasti |
| Laboratoriot ja muut vastaavat tilat joissa käsitellään terveydelle haitallisia aineita | 6 | 2 |  | Ilmanvaihto 6 dm3/s, hlö + 2 dm3/s,m2  Paikallispoistot ja vetokaapit selviin epäpuhtauspäästölähteisiin, korvausilma järjestettävä, suunnittelussa otettava huomioon laitteiden käytön samanaikaisuus |
| Autokorjaamot ja katsastustilat | 6 | 2 |  | Ilmanvaihto 6 dm3/s, hlö + 2 dm3/s,m2  Kohdepoistot selviin rajattuihin epäpuhtauslähteisiin ja ajoneuvojen pakokaasuihin1) |
| Varastot | 6 | 0,35-1,0 |  | Varastoitavan tavaran mukaan  Ilmanvaihto 6 dm3/s, hlö + 0,35…1,0 dm3/s,m2 |

1. *Edellyttää paikallista pakokaasun poistoa, jonka suuruus on vähintään 100 dm3/s henkilöautoille ja 300 dm3/s kuorma-autoille. Jos käytetään pakokaasunpoistokiskoa, joihin ajoneuvot ovat liitettyinä koko ajan, voi ilmavirta olla 2 dm3/s,m². Poistoilmavirta mitoitetaan ottaen huomioon pakokaasunpoisto siten, ettei tila ole alipaineinen*

## Keittiöt ja niiden aputilat

Keittiöiden ilmanvaihto on mitoitettava keittiön käytön ja ruoan valmistusasteen mukaisesti. Jos keittiössä ei valmisteta ruokaa, on ilmanvaihto pienempi kuin niissä, joissa valmistetaan. Ammattikeittiöissä mitoitus on tehtävä laitteiden lämpö-, kosteus ja epäpuhtauskuorman mukaisesti. Keittiöiden ilmanvaihdon suunnittelun periaatteet on esitetty LVI-kortissa LVI 06-10304 Ammattikeittiöiden sisäilmaston suunnittelu. Keittiöiden ilmanvaihdon suunnittelussa lämpö- ja kosteuskuormien poistaminen tehokkaasti voi pienentää ilmanvaihdon tarvetta, toisaalta keittiön lämpötilan hallinta voi johtaa pelkästään ilman laadun hallintaa korkeampiin ilmavirtoihin tai erilliseen jäähdytykseen.

LVI-kortissa on annettu mm. viitteellisiä kosteus- ja lämpökuorman arvoja eri laitteille. Keittiöt on aina varustettava liesikuvulla tai huuvalla, jonka ilmanvaihtoa voidaan tehostaa käytön aikana. Keittiön tuloilmavirta voi olla osittain siirtoilmaa. Mitoitusohjeita on myös CEN standardissa 1).

Ammattikeittiöiden ilmavirrat määräytyvät viime kädessä keittiöön tulevien laitteiden ja niiden sijoituksen mukaisesti. Taulukossa 3.13.1 esitettyjä arvoja voidaan käyttää esisuunnittelussa. Erityiseen tärkeää on selvittää erillispoistoja vaativien laitteiden kanavointi (mm. rasvakanavat) ja ulospuhallusilman paikan määrittely.

Taulukko 3.13.1 Keittiöt ja niiden aputilat

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tila / käyttötarkoitus | Ulkoilma- virta  dm3/s,hlö | Ulkoilma- virta  dm3/s,m2 | Poistoilma- virta  dm3/s,m2 | Muita ohjeita |
| Keittiöt |  |  |  | LVI 06-10304 |
| Keskuskeittiö |  |  | 15 | Keskuskeittiöissä ruoka valmistetaan muualle kuljetettavaksi  LVI 06-10304 |
| Valmistuskeittiö |  |  | 15 dm3/s,m2 ,  koko keittiöalue  25 dm3/s,m2, kuuma keittiö | Ruoka valmistetaan yleensä esikäsitellyistä raaka-aineista  LVI 06-10304  Mitoitus laitteiden ja niiden sijoittelun mukaisesti, ahtaissa keittiöissä suurempi arvo väljissä pienempi, lopullinen mitoitus aina laitteiden mukaan1) |
| Komponenttikeittiö |  |  | 10 | Ruoka valmistetaan esivalmistetuista raaka-aineista  LVI 06-10304 |
| Kuumennuskeittiö |  |  | 10 | Ruoka kuumennetaan einesvalmisteista, pakasteista tai keskuskeittiön tuotteista  LVI 06-10304 |
| Jakelukeittiö esim. sairaalan osastokeittiö |  |  | 5 | Jakaa muualta tulleen lämpimän tai kylmän ruoan  LVI 06-10304 |
| Kahviokeittiö |  |  | 3 | Kuitenkin vähintään 30 dm3/s,keittiö |
| Astianpesutila |  |  | 10 |  |
| Ruoka-aineiden esikäsittely |  | 2-4 | 2-4 | Ruoka-aineesta riippuen |
| Kuivavarasto |  |  | 0,5 |  |
| Kylmävarastot >4 m2 |  |  | 0,35 |  |
| Jätehuone |  |  | 5 |  |
| Jäähdytetty jätehuone |  |  | 2 |  |

1. *EN 16282-1:2016 CEN/TC 156 Equipment for commercial kitchens — Components for ventilation in commercial kitchens — Part 1: General requirements including calculation method*

## Tiloja, joita on monessa rakennustyypissä kuten hygieniatilat

Hygieniatilojen ilmanvaihdon mitoituksessa on otettava huomioon niiden käyttö, käyttäjämäärät (esim. työntekijämäärä per paikka) ja mitoitusperusteet. WC-tilojen ilmanvaihdon mitoitus tehdään pääsääntöisesti WC-istuinten lukumäärän mukaan, suihkutilojen suihkujen lukumäärän mukaan. Hygieniatiloja ja niiden ilmanvaihdon mitoitusta on käsitelty tarkemmin LVI-kortissa LVI 06-10449 Pysyvien työpaikkojen puku-, pesu- ja WC-tilat. Kortissa on esitetty myös ilmanvaihdon järjestämiseen liittyviä käytännön ohjeita. Saunan ilmanvaihdon järjestelyä on käsitelty LVI-kortissa LVI 06-10604 Saunan ilmanvaihto, lämmitys, valaistus ja sähköasennukset.

Hygieniatilojen tuloilma voi olla pääosin muista, puhtaammista tiloista johdettua siirtoilmaa. Siirtoilmareitit on suunniteltava ilmavirtojen mukaisesti.

Puku- ja suihkuhuoneiden ilmanvaihdon ilmavirroissa on otettava huomioon tilojen käytön erot (kuten henkilökunnan tilat, liikuntatilat, uimahallit).

Taulukko 3.14.1 Tiloja, joita on monessa rakennustyypissä kuten hygieniatilat

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tila / käyttötarkoitus | Ulkoilma- virta  dm3/s,hlö | Ulkoilma- virta  dm3/s,m2 | Poistoilma- virta  dm3/s,m2 | Muita ohjeita |
| Käytävät/aulat, jotka toimivat myös odotustilana ja joissa oleskellaan, odotustilana toimivat käytävät (julkinen hallinto, terveydenhuolto, sosiaalihuolto, sairaalat jne.) |  | 3 |  |  |
| Käytävät, joita käytetään pääasiallisesti vain läpikulkuun |  | 0,5 |  | Suurempi ilmanvaihto jos käytävässä muuta toimintaa (kuten koulut, lääkärikeskukset, sairaalat, julkiset palvelut) |
| WC (yleisötilat, työpaikat, henkilökunta, asiakkaat, koulut, kasarmit jne.) |  |  | 20 dm3/s,wc-istuin |  |
| Suihkutilat, runsas käyttö, kuten liikuntatilat |  | 5 | 16 dm3/s,suihku | Suunnitellaan suuremman vaihtoehdon mukaan. Tuloilma osittain tai kokonaan siirtoilmaa  LVI 06-10449 |
| Suihkutilat, vähäinen käyttö kuten henkilökunnan tilat |  |  | 16 dm3/s,suihku | Tuloilma osittain tai kokonaan siirtoilmaa  LVI 06-10449 |
| Henkilökunnan pukuhuoneet |  |  | 4 dm3/s,hlö | Pukuhuonetta käyttävien henkilöiden lukumäärä arvioidaan pukukaappien lukumäärän perusteella (1 tai 2 kpl/hlö, työvaatteet ja siviilivaatteet)  LVI 06-10449 |
| Yleisön pukuhuoneet |  | 3 |  |  |
| Henkilökunnan taukotila |  | 2 |  |  |
| Porrashuone |  | 0,5 1/h | 0,5 1/h |  |
| Tupakointitila |  |  |  | LVI STM-00361 1) |

1. *LVI STM-00361 Ravintolan ja muun ravitsemisliikkeen tupakointitila. Opas suunnittelijoille, kiinteistönomistajille, ravintoloitsijoille ja viranomaisille*

## Tekniset tilat

Teknisten tilojen ilmanvaihdon mitoitus perustuu pääasiassa niissä olevien laiteiden lämpö- ja epäpuhtauskuormaan tai räjähdysvaaran torjuntaan. Lämpötilarajat määräytyvät laitteiden mukaan. Ilmanvaihto voi olla ohjattu myös lämpötilan perusteella. Ilmastointikonehuoneiden ilmanvaihdon suunnittelussa on otettava huomioon myös kylmäaineiden käsittelyyn ja mahdollisiin vuotoihin liittyvä tekijät.

Porrashuoneen ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmavirrat mitoitetaan yhtä suuriksi. Tuloilma on yleensä edullista tuoda porrashuoneen yläosasta ja poistaa alaosasta. Korkeiden rakennusten porrashuoneiden väliovet ja ilmanvaihto on järjestettävä siten, ettei rakennuksen toimintaa haittaavia paine-eroja pääse syntymään.

Ryömintätilan (tila jossa on maapohja) tuloilmana voidaan käyttää teknisten tilojen poistoilmaa. Ryömintätilan ulkoilmavirran lisääminen kesällä voi tuoda ryömintätilaan kosteutta, joka tiivistyy kylmille pinnoille.

Taulukko 3.15.1 Tekniset tilat

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tila / käyttötarkoitus | Ulkoilma- virta  dm3/s,hlö | Ulkoilma- virta  dm3/s,m2 | Poistoilma- virta  dm3/s,m2 | Muita ohjeita |
| Hissikuilu | 4 |  | 8 |  |
| Hissikonehuone |  |  | 17 | LVI 30-10468 |
| Muuntamotila |  |  |  | LVI 06-10342 |
| Akkuhuone ja varaamotilat |  |  |  | LVI 06-10573 |
| Sähkö- ja elektroniikkatilat |  |  |  | Poistettavan lämpötehon ja lämpötilavaatimuksen mukaisesti  LVI 30-10236 |
| Ilmanvaihtokonehuone |  |  | 0,35 |  |
| Lämmönjakokeskus |  |  | 0,35 | Lämpötilan hallinta saattaa vaatia suurempaa ilmanvaihtoa |
| Valvomo talotekniikka tms. | 10 |  |  |  |
| Ryömintätila |  | 0,5 1/h | 0,5 1/h | Ilmanvaihtuvuus 0,5 1/h, LVI 06-40064 |

*Teknisten tilojen ilmanvaihtoa on käsitelty LVI-korteissa*

* *LVI 06-10342 Muuntamotila rakennuksessa*
* *LVI 06-10573 Akkuhuoneet ja varaamotilat*
* *LVI 30-10236 Sähkö-ja elektroniikkatilojen ilmastointi*
* *LVI 30-10468 Hissitilojen ilmanvaihto*
* *LVI 06-40064 Toimiva ryömintätila*

# Hiilidioksidin tuottoon perustuva ilmanvaihdon mitoitus

Hiilidioksidipitoisuuteen perustuvaa mitoitusta voidaan käyttää täydentämään ilmanvaihdon mitoitusta ja käytön suunnittelua. Hiilidioksidipitoisuus soveltuu myös painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilmanvaihdon mitoituksen ja toiminnan tarkkailuun. Sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta annettu asetus antaa hi8ilidioksidipitoisuuden nousun enimmäisarvoksi käyttöaikana 800 ppm. Laskennan avulla voidaan selvittää suunnitellun ilmanvaihdon riittävyyttä, mahdollista lisäilmanvaihdon tarvetta ja ulkoilmavirtoja säädön toimintaa. Tilan hiilidioksidipitoisuus riippuu monesta tekijästä, jotka on otettava laskennassa huomioon. Tarkastelussa on otettava huomioon todennäköinen henkilöiden määrä, aineenvaihdunnan teho ja oleskeluajan pituus sekä tilan tilavuus. Ihmisen hiilidioksidituotto muuttuu suoraan verrannollisena aineenvaihdunnan tehoon. Istuvan ihmisen (aineenvaihdunnan teho 1 met vastaa 105 W).

Hiilidioksidipitoisuus tasapainotilassa (jonka saavuttamiseen menee noin 2/n tuntia, missä n on ilmanvaihtokerroin, 1/h) saadaan kaavasta

ΔCCO2 (ppm)= 1000x(qCO2/qiv)/3,6

missä

ΔCCO2 on hiilidioksidipitoisuuden nousu ulkoilmapitoisuuden (noin 400 ppm) yli, ppm

qiv on tilaan johdettu ulkoilmavirta, dm3/s

qCO2 on tilassa vapautuvan hiilidioksidin määrä, dm3/h (taulukko 4.1)

Hiilidioksidituotto riippuu mm. henkilön aineenvaihdunnan tehosta (toiminnan fyysisetä rasittavuudesta) ja henkilön koosta. Suunnittelussa voidaan käyttää taulukon 4.1 mukaisia keskimääräisiä arvoja. Epäjatkuvassa käytössä olevan tilan hiilidioksidipitoisuuden laskenta on esitetty tarkemmin erillisessä oppaassa 2).

Taulukko 4.1 Aineenvaihdunnan tehosta riippuva hiilidioksidin tuotto tyypillisissä tilanteissa

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Huonetila/toiminta | Aineenvaihdunnan teho  met 1) | Aineenvaihdunnan teho = kokonaislämpöteho  (kuiva ja kostea)  W | CO2-tuotto,  dm3/h |
| nukkuminen | 0,8 | 85 | 12,4 |
| rauhallinen istuminen | 1,0 | 105 | 15,4 |
| toimistotyö, seisominen | 1,2 | 135 | 18,5 |
| opetustyö | 1,4 |  | 21,6 |
| rauhallinen liikkuminen | 1,6 | 165 | 24,7 |
| myymälätyö | 1,8 | 189 | 21,6 |
| kävely (3,2 km/h) | 2,0 | 210 | 30,9 |
| kävely (5 km/h) | 3,0 | 315 | 46,2 |
| kävely (6,5 km/h) | 4,0 | 410 | 61,6 |
| reipas kävely (8,0 km/h), sulkapallo | 6,0 | 630 | 92,4 |
| squash, koripallo | 7,0 | 735 | 107,8 |

1. *Met on ihmisen aineenvaihdunnan tehon yksikkö, 1 met on 58 W/m2,ihoa, vastaten keskikokoisella ihmisellä noin 105 W, joka poistuu kehosta kuivana (konvektio ja säteily) ja märkänä lämpönä (vesihöyryyn sitoutuneena).*
2. *Tilan ulkoilmavirran mitoitus hiilidioksidikuormituksen perusteella, Kimmo Liljeström, Optiplan. 2017.*