

POISTOILMANVAIHDOLLA VARUSTETUN
ASUINKERROSTALON ENERGIATEHOKKUUDEN JA
ASUMISVIIHTYVYYDEN PARANTAMINEN
ILMANVAIHTOSANEERAUKSELLA

Kumpula Ari

Opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

2021

Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Ari Kumpula	Vuosi	2021
Ohjaaja(t)	Maria Tikka		
Toimeksiantaja	As. Oy Haastajanpuisto		
Työn nimi	Poistoilmanvaihdolla varustetun asuinkerrostalon energiatehokkuuden ja asumisviihtyvyyden parantaminen ilmanvaihtosaneerauksella		
Sivu- ja liitesivumäärä	68 + 14		

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää parhaiten soveltuva korjausratkaisu As. Oy Haastajanpuiston ilmanvaihdon toiminnan parantamiseksi, niin energiatehokkuuden kuin asumisviihtyvyyden osalta. As. Oy Haastajanpuisto sijaitsee Sodankylässä ja on tyypillinen 1991 valmistunut poistoilmanvaihdolla varustettu kerrostalo. Lisäksi opinnäytetyön tavoitteena oli kertoa lukijalle sisäilmanlaatuun liittyvistä tekijöistä, ilmanvaihdosta ja erilaisista asuinkerrostaloissa käytetyistä ilmanvaihtojärjestelmistä.

Opinnäytetyön alussa kerrotaan yleistietoa asuinkerrostalojen sisäilmasta, ilmanvaihdosta, ilmanvaihtojärjestelmistä, ilmastointikoneista ja ilmavirtojen mitoituksista. Työn loppuosa keskittyy tutkittavaan kohteeseen sisältäen kohteen esittelyn, korjausratkaisun vaihtoehdot ja valinnan, ilmamäärien mitoituksen, laitteiden ja materiaalien valinnan, kanaviston mitoituksen ja reitityksen, vanhan kanaviston purkuun liittyvät tekijät, ilmanvaihdon energiankulutus ennen ja jälkeen korjauksen ja suuntaa antavan arvion korjauskustannuksista ja takaisinmaksuajasta.

Kirjallisuuslähteet olivat pääasiallinen tiedonhankintamenetelmä työn alussa olevaan yleistieto-osioon, verkkolähteiden ollessa pienemmässä osassa. Kohteen tutkimuksessa tiedonhankintamenetelminä olivat työn alkuosa, kiinteistössä paikalla tehdyt tarkastelut, kuvaukset ja mittaukset ja rakennuksen alkuperäinen LVI-luovutuskansio. Työn tekemistä edesauttoi tekijän aiempi lähes 11 vuoden työkokemus LVI-asentajana ja luonnollisesti myös koko työn ajan tietolähteenä toimineet As. Oy Haastajanpuiston hallituksen puheenjohtaja Aki Pikkuhookana ja opinnäytetyötä ohjannut opettaja Maria Tikka.

Tuloksena saatiin aikaan kattava kokonaisuus tietoa asuinkerrostalojen ilmanvaihdosta ja kohteen osalta selvisi siihen parhaiten soveltuva korjausratkaisu suunniteltuihin.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että toimivan korjausratkaisun toteuttaminen on mittava ja kustannuksiltaan suuri.

Avainsanat Ilmanvaihto, sisäilmaolosuhteet, ilmavirrat, lämmöntalteenotto

Study Programme in Construction
Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Ari Kumpula	Year	2021
Supervisor	Maria Tikka		
Commissioned by	As. Oy Haastajanpuisto		
Subject of thesis	Improving the Energy Efficiency and Living Comfort of a Residential Apartment Building with Ventilation Renovation		
Number of pages	68 + 14		

The purpose of this thesis was to find out the most suitable repair method to improve ventilation in As. Oy Haastajanpuisto, both in terms of energy efficiency and living comfort. As. Oy Haastajanpuisto is located in Sodankylä and is a typical apartment building with exhaust air ventilation system completed in 1991. In addition the aim was to inform the reader about indoor air quality factors, ventilation and various air exchange systems used in apartment buildings.

At the beginning of the thesis study general information on indoor air, ventilation, ventilation systems, air conditioning machines and air flow dimensioning of residential apartment buildings was studied. Literary sources were the main method of gathering information. The rest of the study focused on the object under investigation, including the options and selection of the site's presentation, repair solution, air volume dimensioning, choice of equipment and materials, dimensioning and routing of the ducts, factors related to the dismantling of the old ducts, energy consumption of ventilation before and after repair and indicative estimate of repair costs and repayment time. In the site investigation, the methods of data acquisition were the first part of the study, on-site examinations, descriptions and measurements of the property, and its original HVAC handover folder of the building.

The result of the study was a comprehensive set of information on the ventilation of apartment buildings and the most suitable repair solution with plans was found for the site. In conclusion, the implementation of a workable repair solution is extensive and costly.

Key words Ventilation, Indoor air quality, Air flows, Exhaust heat recovery

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	SISÄILMASTO	9
2.1	Ilman laatu	9
2.2	Lämpöolot	11
2.3	Ääniolot	15
3	ILMANVAIHTO	16
3.1	Ilmanvaihdon tehtävät ja ilmavirroille käytettävät nimet	16
4	ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT	18
4.1	Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien eroavaisuus	18
4.2	Asuinkerrostalojen ilmanvaihtojärjestelmät	19
4.2.1	Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä	19
4.2.2	Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä	20
4.2.3	Tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä	22
4.2.4	Keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä	22
4.2.5	Hajautettu tulo- ja poistoilmajärjestelmä	24
5	ILMASTOINTIKONEET	26
5.1	Pienet ilmanvaihtokoneet	26
5.2	Keskusilmastointikone	29
6	ASUINRAKENNUKSEN ILMAVIRTOJEN MITOITUSPERUSTEET	32
6.1	Asuinrakennuksen ilmavirtojen vähimmäisvaatimukset	32
6.2	Huonekohtaiset ilmavirrat	33
6.3	Veto	35
7	TUTKITTAVAN KOHTEEN ESITTELY JA NYKYTILA	36
8	KOHTEESEEN SOVELTUVIN KORJAUSRATKAISU	38
8.1	Keskitetyn tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän soveltuvuus	38
8.2	Hajautetun tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän soveltuvuus	39
8.3	Korjausratkaisun valinta	40
9	ILMAMÄÄRIEN MITOITUS	41
10	LAITTEIDEN JA MATERIAALIEN VALINTA	42

10.1	Ilmanvaihtokone	42
10.2	Kanavisto ja päätelaitteet.....	44
11	KANAVISTON MITOITUS JA REITITYS	46
11.1	Kanavakokojen valinta.....	46
11.2	Kanaviston reititys huoneistoissa.....	47
11.2.1	Huoneisto 1. (H + KK + SH 26 m ²).....	47
11.2.2	Huoneistot 2., 3., 12., 13., 19. ja 20. (H + KK + S 32,5 m ²).....	48
11.2.3	Huoneistot 4., 7., 10., 11., 14., 17., 18 ja 21. (2H + KT + S 43 m ²)	49
11.2.4	Huoneistot 6., 9. ja 16. (2H + KK + S 49,5 m ²).....	50
11.2.5	Huoneistot 5., 8., ja 15.....	51
11.3	Kanaviston reititys porraskäytävä ja LJH.....	52
12	VANHAN KANAVISTON PURKU	55
13	ILMANVAIHDON ENERGIANKULUTUS	56
13.1	Ilmanvaihdon energiankulutus korjauksen jälkeen	56
13.2	Ilmanvaihdon energiankulutus ennen korjausta.....	60
14	KUSTANNUSARVIO JA TAKAISINMAKSUAIKA	62
14.1	Kustannusten suuruusluokka.....	62
14.2	Takaisinmaksuaika	63
15	POHDINTA.....	65
	LÄHTEET.....	67
	LIITTEET	68

ALKUSANAT

Kiitokset ripeästä ja asiaan keskittyvästä avunannosta tarpeisiini opinnäytetyötä tehdessäni As. Oy Haastajanpuiston puheenjohtaja Aki Pikkuhookanalle ja opinnäytetyötä ohjanneelle opettaja Maria Tikalle.

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

IV	ilmanvaihto
LJH	lämmönjakohuone
LTO	lämmöntalteenotto

1 JOHDANTO

As. Oy Haastajanpuisto on Sodankylän kirkonkylässä sijaitseva yhden asuinkerrostalon kokoinen taloyhtiö. Rakennuksen valmistumisvuosi on 1991 ja se on kooltaan 935 m². Kerrostalossa on 21 huoneistoa kolmessa asuinkerroksessa, yksi porraskäytävä ja varastotilat ullakolla. Ilmanvaihtotapa on poistoilmanvaihto, joka on rakennettu yhteiskanavajärjestelmänä. Poistoventtiilit on sijoitettu huoneistojen keittiöihin, pesuhuoneisiin ja saunoihin. Huoneisiin johdettava korvausilma tulee ikkunoiden yläpuolella olevien korvausilmaventtiileiden kautta.

Poistoilmasta ei oteta ollenkaan lämpöä talteen, hukkaan menevä lämpöenergia on kaukolämmöllä tuotettua. Ilmanvaihto on osin riittämätöntä ja aiheuttaa kuitenkin osin myös vedontunnetta, kuten tällaiselle järjestelmälle on usein tyypillistä. Talvipakkasella kylmän korvausilman sekoittuminen huoneilmaan ei useinkaan toteudu täysin halutulla tavalla, mikä voi aiheuttaa vedontunnetta tilan käyttäjille. Suodattamaton korvausilma on myös tällaisen järjestelmän puute. Liesikupujen ilmavirta on alhainen, mikä aiheuttaa ruoanvalmistuksessa syntyvien hajujen leviämistä huoneistoissa ja usein hajuja päätyy myös porraskäytävään.

Kiinteistön energiatehokkuutta ja asumisviihtyvyyttä halutaan parantaa paremmin toimivalla ilmanvaihtoratkaisulla. Tämän opinnäytetyön tehtävänä ja tavoitteena oli vertailla ja valita kohteen tarpeita parhaiten vastaava ilmanvaihtojärjestelmä. Lisäksi tehtävänä oli mitoittaa ilmavirrat ja kanavakoot, suunnitella ja piirtää kanavien reititys kattaen kaikki rakennuksen tilat. Myös IV-tarvikeluettelon ja suuntaa antavien kustannus- ja takaisinmaksuaika-arvion laatiminen kuului tehtävään.

Tavoitteena oli myös herättää lukija sisäilmanlaatuun liittyvissä asioissa ja kertoa yleistietoa asuinkerrostalojen ilmanvaihdosta, ilmanvaihtojärjestelmistä, ilmastointikoneista ja ilmavirtojen mitoituksesta.

2 SISÄILMASTO

2.1 Ilman laatu

Sisäilma ei saa sisältää terveydelle haitallisia määriä hiukkasmaisia, fysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia epäpuhtauksia, eikä viihtyisyyttä heikentäviä pitkäaikaisia hajuja (Ympäristöministeriö 1009/2017 5§).

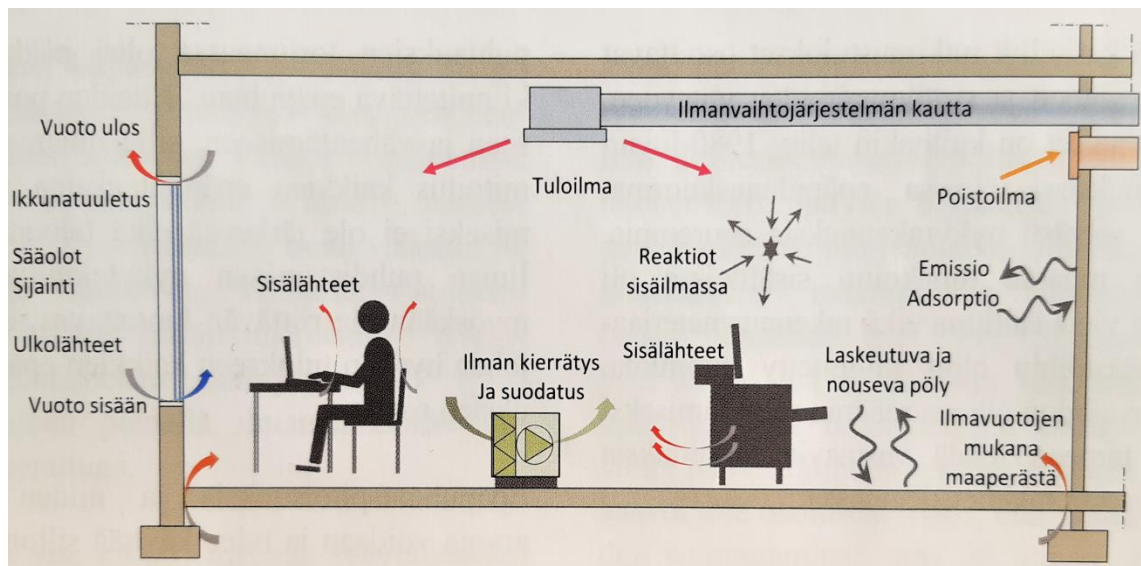
Ihmiset viettävät sisätiloissa keskimäärin 90 % ajastaan ja vuorokautinen hengitettävän sisäilman määrä on 15–20 m³. Ilman mukana kulkevista epäpuhtauksista aiheutuu huomattavia terveyshaittoja ihmisille. Suomessa huonon sisäilman arvioidaan aiheuttavan noin 13000 terveen elinvuoden menetyksen vuositasolla, joka tarkoittaa noin miljardin euron kustannuksia. Suomessa aiheutuu arviolta yli 1300 ennen aikaista kuolemantapausta vuodessa pienhiukkasaltistusten vuoksi ja 200–300 keuhkosityöpää radonaltistuksen vuoksi vuodessa. (Sandberg 2014, 56.)

Terveyden kannalta on erityisen tärkeää ulkoilman hiukkasten ja radonin sisäilmaan pääsyn estäminen. Hiukkasaltistumisen vähentämiseksi hyvä keino on tehokas ja toimiva tuloilman suodatus. Radonin pysymiseksi rakennuksen ulkopuolella on rakennuksen perustuksen ilmatiiveyden ja ilmanvaihdon painesuhteiden oltava kunnossa. Sääolosuhteiden vaikutuksen hallitsemiseksi on koko rakennuksen vaipan tiiveyden ja ilmanvaihdon painesuhteiden oltava niin ikään kunnossa. (Sandberg 2014, 56.)

Ilmanvaihdolla on tärkeä rooli terveyshaittojen vähentämisessä, koska se vaikuttaa epäpuhtauksien pitoisuuksiin ja liikkeisiin hengitysilmassa. Ilmanvaihdolla ei voida poistaa kaikkia epäpuhtauksia ilmasta, jolloin myös epäpuhtauslähteiden poistaminen on tärkeää. Tällaisia epäpuhtaushaittoja voi aiheutua esimerkiksi ulkoilmanlaadusta, tupakoinnista, kosteus- ja homevaurioista ja rakennusmateriaaleista. Ilmanvaihdolla on kuitenkin aina merkittävä vaikutus ihmisperäisten epäpuhtauksien poistamisessa. (Sandberg 2014, 57.)

Ihmisen toiminta ja useat olosuhdetekijät vaikuttavat ajasta riippumatta sisäilman epäpuhtauksien määrään. Koska useat epäpuhtauslähteet ovat peräisin ulkoilmasta, ihmisestä tai muusta tilan käyttöön kiinteästi liittyvästä toiminnasta, ei

kaikkien epäpuhtauslähteiden poistaminen ole mahdollista, ilmanvaihdon, suodatuksen ym. keinojen käyttö on tällöin ainoa mahdollisuus parantaa sisäilmanlaatua. Koska ilmanvaihdon mitoitus kaikkien epäpuhtauksien poistamiseen ei ole kuitenkaan kustannustehokasta eikä järkevää, niin tulisi kuitenkin kaikki mahdolliset eliminoitavissa olevat epäpuhtauslähteet pyrkiä poistamaan ja vähentämään mahdollisimman tehokkaasti. On huomioitavaa myös, että nykyteknikalla ei voida puhdistaa ilmasta kaikkia epäpuhtauksia riittävän tarkasti. (Sandberg 2014, 59.)



Kuvio 1. Sisäilman epäpuhtauslähteitä ja ilmanlaatuun vaikuttavia asioita (Sandberg 2014, 60)

Terveysvaikutusten haitallisuus johtuu hiukkasten kyvystä tunkeutua hengitysteiden kautta aina verenkiertoon asti. Sisäilman pienhiukkaset ovat pääosin peräisin ulkoilmasta. Pienhiukkasia syntyy myös sisätiloissa tapahtuvissa toiminnoissa (Kuvio 1). Lähteitä ovat esimerkiksi kotieläimet, ruoanlaitto, paperitavara, iho, vaatteet ja sisustusmateriaalit. Ennen myös tupakanpolto oli yleinen ja merkittävin pienhiukkaslähte. Ulkoilman merkittäviä hiukkaslähteitä ovat liikenne, lämmön- ja sähköntuotanto ja kasvien siitepölyt. Noin puolet Suomen ulkoilman pienhiukkasista tulee ulkomailta kaukokulkeutumana. Liikenne ja puun pienpolto ovat merkittävimmät kotimaiset pienhiukkaslähteet. (Sandberg 2014, 60.)

Tuloilman suodatuksella ja/tai ilmanpuhdistimien avulla pystytään vähentämään haitallisia terveysvaikutuksia. Sydänsairauksiin liittyvää riskiä voidaan pienentää

vähentämällä altistusta ulkoilman hiukkasille, jolla on huomattava kansanterveydellinen vaikutus. Allergia- ja astmaoireita saadaan vähennettyä hyvällä ilmanpuhdistuksella erityisesti asunnoissa, joissa on lemmikkieläimiä. Tuotaessa puhdas ilma suoraan hengitysvyöhykkeelle vaikutus tehostuu. (Sandberg 2014, 61.)

2.2 Lämpöolot

Suunniteltuna käyttöaikana rakennuksen sisäilman lämpötilan on oltava viihtyisä, ilman liikkeitä, lämpösäteilyä, ulkolämpötilan vaihtelu, lämpötilaerot ja pintalämpötilojen vaihtelu eivät saa sitä heikentää (Ympäristöministeriö 1009/2017 4§).

Ihmisen viihtyisyyden, terveyden ja tuottavuuden perustana ovat lämpötilan puolesta sopivat olosuhteet eli lämpöolot. Myös ilmastointisuunnittelun kannalta lämpöolosuhteet ovat yksi tärkeimmistä tekijöistä. Jotta rakennuksiin saavutettaisiin sopivat lämpöolosuhteet, niin tarvitaan katto, seinät sekä lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmät. Rakennuksessa käytettävästä energiasta suurin osa kuluu näiden olosuhteiden tuottamiseen. (Sandberg 2014, 37.)

Jos ympäröivän ilman lämpötila nousee lähelle ihmisen kehon lämpötilaa, lämmön siirtyminen kehosta ympäristöön heikentyy. Kesällä sisäilman lämpötilan optimitaso on 22–24 °C. Ihminen sopeutuu lämpötilan nousuun keventämällä vaatetusta, laskemalla aktiviteettitasoa ja hikoilemalla. Tämä puolestaan vähentää viihtyisyyttä aiheuttaen epämiellyttäviä tuntemuksia. Seurauksena voi olla tarkkaavaisuuden heikkenemistä, suorituskyvyn ja keskittymisen alenemista, jotka voivat johtaa onnettomuus- ja loukkaantumisriskien kasvamiseen niin työpaikalla kuin kotonakin. Pitempiaikainen altistuminen liian korkealle lämpötilalle aiheuttaa helposti nestetasapainon vajetta ihmisen elimistössä. Liian korkeassa lämpötilassa sydän ja verenkierto- ja hengityselinten sairauksien oireet lisääntyvät. (Sandberg 2014, 40.)

Ilmastointitekniikan näkökulmasta terveyden ja korkean ulkolämpötilan yhteys on merkittävä, koska erityisesti sisätiloissa ihmiset altistuvat liialle kuumuudelle. On usein todennäköistä, että keskimääräinen sisälämpötila on kesällä korkeampi kuin keskimääräinen ulkolämpötila, jos rakennuksessa ei ole koneellista jäähdytystä. Syynä tähän ovat auringon säteilyn lämmittävä vaikutus ja sisäiset lämpökuormat. (Sandberg 2014, 41.)

Sisäilman lämpötilan kohotessa optimitasosta (21–22 °C) talviaikana ihmisten tuntemat sisäilmaoireet lisääntyvät voimakkaasti. Lämmityskaudella on syytä välttää yli 23 °C:n lämpötiloja, koska työteho laskee ja sairaspöissaolojen määrä kasvaa oireiden lisääntyessä. Lämpötilalla on monenlaisia vaikutuksia sisäilmanlaatuun. Ihmisen omat hajuemissiot ja monien materiaalien epäpuhtauspäästöt lisääntyvät lämpötilan noustessa. Ilma koetaan kuivemmaksi ja tunkkaisemmaksi ilman lämpötilan kasvaessa, koska tällöin suhteellinen kosteus alenee. Koetun ilmanlaadun parantamiseksi merkittävä keino on ilman jäähdyttäminen. Puolestaan liian matalan lämpötilan vaikutus voi huonontua merkittävästi ilman liikkeen tai kylmien pintojen lämmönsiirtoa voimistavan vaikutuksen seurauksena. (Sandberg 2014, 41–42.)

Ilman liikkeen vaikutuksella on oleellinen merkitys henkilön kokemaan lämpöaistimukseen, eli millaisena henkilö kokee lämpöviihtyisyyden. Olon ollessa viileä tai sopiva, voi aika pienikin ilman liike aiheuttaa epämiellyttävää vedon tunnetta. Vastaavasti tuntemuksien ollessa lämpimän puolella, liikkuva ilma voi tuntua miellyttävän viilentävältä. Ihmisen lämpöaistimuksen ollessa viileä, tai muuttuessa viileän suuntaan tai olosuhteiden muuttuessa nopeasti ihminen kokee epämiellyttävää vedontunnetta. Ilman lämpötila, ilman liike ja lämpösäteily vaikuttavat vedon tunteen voimakkuuteen. Vedon tunne syntyy ilman keskinopeuden kasvaessa, koska lämmönsiirtyminen tehostuu. Mitä enemmän ilman liike vaihtelee, sitä helpommin vedon tunne kasvaa. Ilmavirtauksen lämpötila vaikuttaa oleellisesti vedon tunteen suuruuteen. (Sandberg 2014, 47.)

Lämpöolosuhteet eivät juurikaan ole paikan ja ajan suhteen tasaiset. Ulkosään, sisäisten kuormien vaihtelun, lämmityksen ja jäähdytyksen ohjaustavat ja säätöjärjestelmän reagointiaika aiheuttavat ajallista vaihtelua lämpöoloihin. Ikkunoilla on merkittävä vaikutus ilman ja pintojen lämpötiloihin, lisäksi eri lämmitys- ja jäähdytystapojen seurauksena tiloissa on erilaisia lämpötilaprofiileja. Epätasaisia lämpöoloja voivat aiheuttaa esimerkiksi kylmät tai kuumat ikkuna- tai seinäpinnat, paikalliset säteilylämmittimet tai jäähdyttimet. Suuret pystysuuntaiset lämpötilaerot ovat myös mahdollisia ja aiheutuvat erityisesti ilmalämmityksestä tai syrjäytävästä ilmanjaosta. Ihminen kokee liiallisen lämpötilaeron pään ja nilkkojen välillä epämiellyttäväksi. (Sandberg 2014, 51.)

Jokaisella ihmisellä on oma optimilämpötilansa, joka johtuu henkilökohtaisista ominaisuuksista, kuten aktiviteetista ja vaatetuksesta. Jo pelkästään tästä syystä ei voida löytää yksiä lämpöolosuhteita, jotka olisivat kaikille käyttäjille sopivia. Henkilön aiempi altistus ja siihen sopeutuminen sekä psykologiset tekijät vaikuttavat myös koettuihin lämpöolosuhteisiin. Oman ympäristönsä hallinta on psykologisista kokemuksista keskeinen. Tarpeeksi kattavalla yksilöllisellä säätömahdollisuudella on periaatteessa mahdollista saada kaikki käyttäjät tyytyväisiksi, koska ihminen on usein tyytyväinen omiin päätöksiinsä. Samaa tilaa käyttävien muiden henkilöiden olosuhdetoiveet ja teknisten järjestelmien rajoitukset kuitenkin rajoittavat kaikkien käyttäjien tyytyväisyyttä lämpöoloihin. Erityisen merkittävää on ilman liikkeen yksilöllinen säätömahdollisuus. Sen avulla voidaan liian korkeaksi koettua lämpötilaa alentaa ja saavuttaa kullekin henkilölle sopiva taso lähelle neutraalia lämpöaistimusta. Esimerkiksi tuloilman määrää ja suuntaa muuttamalla ja ikkunoita avaamalla voidaan säätää ilman liikettä. (Sandberg 2014, 53.)

Investointikustannuksien vuoksi useinkaan ei ole mahdollista tehdä parasta mahdollista ilmanvaihtoratkaisua, vaikka hyvä sisäilmasto tunnetaankin tarkoin. Usein liian suuriksi nousevien kustannuksien vuoksi joudutaan tinkimään lopputuloksen tasokkuudesta. Tästä syystä myös sisäilmasto on jaettu laatuluokkiin, joita on kolme S1, S2 ja S3. (Sandberg 2014, 54.)

Luokan S1 (yksilöllinen sisäilmasto) sisäilman laatu on erittäin hyvä ja hajuton. Lämpöolosuhteet ovat viihtyisät, vetoa tai yllämpöä ei esiinny. Tilan käyttäjällä on yksilöllinen lämpöolojen säätömahdollisuus. Luokan S2 (hyvä sisäilmasto) sisäilman laatu on hyvä ja tiloissa ei ole häiritseviä hajuja. Lämpöolosuhteet ovat hyvät. Vetoa voi esiintyä kohtuullisissa määrin toisinaan ja kesäpäivinä voi toisinaan esiintyä yllämpöä. Luokka S3 (tydyttävä sisäilmasto) puolestaan vastaa rakennusmääräysten ja terveydensuojelulain vähimmäisvaatimuksia. (RT 07-11299, 5.)

Taulukko 1. Lämpötilan tavoitearvot eri sisäilmastoluokissa (RT 07-11299, 6)

	S1	S2	S3
Operatiivinen lämpötila t_{op} [°C]			21
$t_u \leq 0$ °C	21,5 ¹⁾	21,5	
$0 < t_u \leq 20$ °C	$21,5 + 0,15 \times t_u$ ¹⁾	$21,5 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 20$ °C	24,5 ¹⁾	25,5	
Lämpötilan sallittu vaihteluväli [°C] poikkeama ylöspäin			
$t_u \leq 0$ °C	< 22,5	< 23	
$0 < t_u \leq 15$ °C	$< 22,5 + 0,166 \times t_u$	$< 23 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 15$ °C	< 25	< 26	
Lämpötilan sallittu vaihteluväli [°C] poikkeama alaspäin			
$t_u \leq 0$ °C	> 20,5	> 20,5	
$0 < t_u \leq 20$ °C	$> 20,5 + 0,075 \times t_u$	$> 20,5 + 0,025 \times t_u$	
$t_u > 20$ °C	> 22	> 21	
Operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo [°C]			
$t_u \leq 0$ °C	< 23	< 23	
$0 < t_u \leq 20$ °C	$< 23 + 0,2 \times t_u$	$< 23 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 15$ °C	< 27	< 27	
$t_u \leq 10$ °C			< 25 (26) ²⁾
$t_u > 10$ °C			< 27 (32) ²⁾
Operatiivisen lämpötilan vähimmäisarvo [°C]	> 20	> 20	> 20 (18) ²⁾
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjasta]			
toimi- ja opetustilat	90 %	90 %	
asunnot	90 %	80 %	

¹⁾ S1-luokassa operatiivisen lämpötilan on oltava tila/huoneistokohtaisesti aseteltavissa välillä $t_{op} \pm 1,5$ °C. Jos samassa huoneessa on useita henkilöitä, käytetään lämpötilan tavoitetasona taulukossa esitettyjä tavoitearvoja.

²⁾ Suluisissa asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat.

Ulkolämpötilalla t_u tarkoitetaan lähimmällä säähavaintopaikalla mitattua ulkolämpötilan 24 tunnin liukuvaa keskiarvoa (Taulukko 1). Sisälämpötilan voidaan antaa laskea tai nousta tavoitetasosta, mikäli käyttäjä niin haluaa. (RT 07-11299, 6.)

Taulukko 2. Sisäympäristön laadun tavoitearvot (RT 07-11299, 7)

	S1	S2	S3
Hiilidioksidipitoisuus [*] [ppm]	< 350	< 550	< 800
Radonpitoisuus [Bq/m ³]	< 100	< 100	< 200
PM _{2,5} [µg/m ³]	< 10	< 10	< 25
PM _{2,5} sisällä/ulkona	< 0,5	< 0,7	–
Ilman suhteellinen kosteus [% RH]	–	–	–
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjasta]			
toimi- ja opetustilat	90 %	90 %	–
asunnot	90 %	80 %	–

^{*}suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus.

Hiilidioksidipitoisuudella tarkoitetaan ihmisperäistä hiilidioksidia (Taulukko 2). Hiilidioksidipitoisuutta tarkastellaan yhden tunnin liukuvan keskiarvon perusteella. Pienhiukkasten keskimääräistä pitoisuutta sisäilmassa tarkastellaan 24 tunnin mittauksen perusteella. (RT 07-11299, 7.)

2.3 Ääniolot

Ihmiset kokevat äänen ja melun yksilöllisesti hyvin eri tavoin. Äänen ollessa tarpeettoman voimakasta tai häiritessä ihmisen meneillään olevaa toimintaa, ääni voidaan määritellä ei toivotuksi meluksi. Ajankohta ja tilanne voivat vaikuttaa koetaanko ääni miellyttäväksi vai epämiellyttäväksi. Hetkellinen melu, kuten kolahdus, junan ohitus, veden laskeminen hanasta koetaan häiritsevämpänä kuin jatkuva tasainen melu, kuten esimerkiksi koko ajan käyvän puhaltimen aiheuttama ääni. Melua syntyy ilmastointilaitoksen varusteissa, kuten puhaltimissa, kanavissa, päätelaitteissa ja jäähdytyskoneissa, jonka vaimentaminen on erittäin tärkeää, jotta melu ei häiritsisi rakennuksen käyttäjiä liiallisesti. (Sandberg 2014, 68.)

Ääntä syntyy kanavissa ilmavirran pyörteilyn vuoksi aina. Ääntä syntyy sitä enemmän mitä suurempi nopeus, turbulenssi tai paineen aleneminen on. Puhaltimet, säätöpellit, päätelaitteet, venttiilit ja suuret virtausnopeudet ovat meluntorjunnan kannalta tärkeitä tekijöitä. Koska kanava on sileäpintainen ja tiivis sen ilmatila välittää hyvin ääniä. Äännet voivat siirtyä kanavistoa pitkin tilasta toiseen. Esimerkiksi puheääni voi kuulua asuinhuoneistojen välillä venttiilien ja yhteisen kanaviston kautta. Äänenvaimentimet laskelmineen ovat äänitekniikan suunnittelun keskeinen osa (Kuvio 2). (Halme & Seppänen 2002, 2.)

Ilmanvaihtokoneita käytetään asuinrakennuksissa toisinaan liian pienellä teholla, syynä käyttövirheeseen on haitalliseksi koettu melu, määräysten mukaisen äänitasorajoitusten alittumisesta huolimatta. Asuinrakennuksissa tulee asettaa ääniohjelmien tavoitteet riittävän korkealle ja perehtyä äänitekniikkaan erittäin hyvin. (Sandberg 2014, 68.)



Kuvio 2. Tyypillisiä äänenvaimentimia (FläktGroup 2021)

3 ILMANVAIHTO

Ilmanvaihdolla on saavutettava terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilman laatu oleskelutiloihin. Ilmanvaihtojärjestelmän tulee pystyä tuomaan rakennukseen riittävä määrä ulkoilmaa ja on pystyttävä poistamaan sisäilmasta terveydelle haitallisia aineita, ylimääräistä kosteutta, viihtyisyydelle haitallisia hajuja ja ihmisistä, rakennusmateriaaleista ja tilassa tapahtuvasta toiminnasta sisäilmaan syntyviä epäpuhtauksia. (Ympäristöministeriö 1009/2017 8§.)

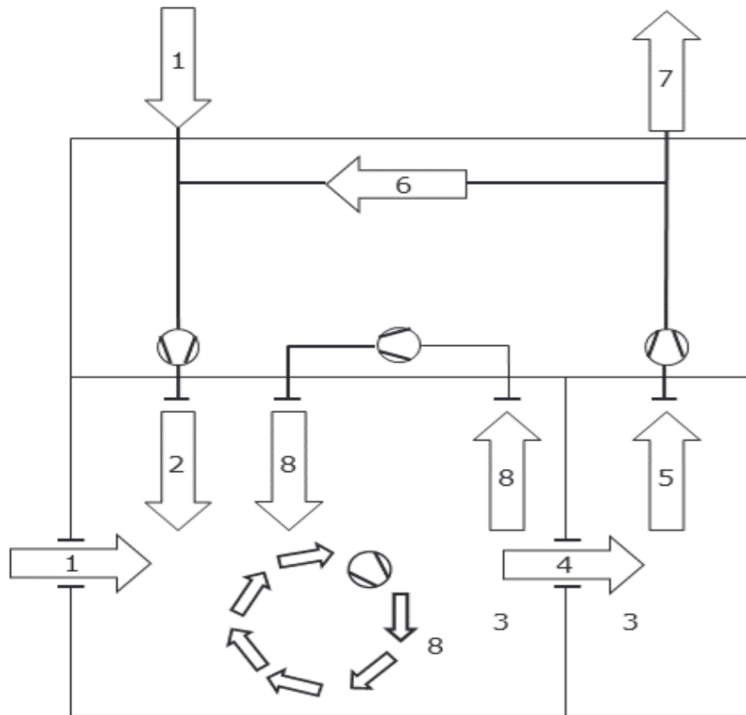
3.1 Ilmanvaihdon tehtävät ja ilmavirroille käytettävät nimet

Ilmanvaihdolla huoneisiin tuodaan puhdasta ilmaa ja huoneista poistetaan niin sanotusti likaista ilmaa. Ilmanvaihdolla tuloilmasta poistetaan epäpuhtauksia. Tilassa muodostuviin epäpuhtauksiin nähden ilmanvaihdon tulee olla riittävän runsasta. Suurin epäpuhtauslähde määrää eniten tarvittavan ilmanvaihdon suuruudesta. Asuinrakennuksissa tulee olla jatkuvatoiminen ilmanvaihto, joka on tarpeen mukaan tehostettavissa. Ilman tulee vaihtua kaikissa huoneissa, erityisesti makuuhuoneissa. (Seppänen & Seppänen 1996, 160.)

Ilmanvaihto voidaan toteuttaa koneellisesti tai painovoimaisesti. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilma liikkuu sisä- ja ulkolämpötilojen eron ja tuulen vaikutuksesta. Koneellisella ilmanvaihdolla saadaan kaikkiin tiloihin tasaisempi ilmanvaihto ja poistoilmasta voidaan ottaa lämpöä talteen. Hyvän ilmanvaihdon pitää olla helposti säädettävä, vedoton ja meluton. (Seppänen & Seppänen 1996, 160.)

2000-luvulla rakennusten ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät ovat kehittyneet huomattavasti, koska tarve puhtaammille ja energiatehokkaammille järjestelmille kasvaa jatkuvasti (Sandberg 2014, 7).

Eri ilmavirrat on nimetty ja määritelty tarkoin, jotta esimerkiksi määräyksiä ja asetuksia voidaan tulkita yksiselitteisesti ja helposti (Kuvio 3).



Kuvio 3. Ilmavirrat (Talotekniikkainfo 2021)

Määritelmät ilmavirroille (Kuvio 3):

1. ilmanvaihdon avulla ulkoa sisälle tuotua **ulkoilmaa**
 2. huoneisiin tuotavaa **tuloilmaa**
 3. rakennuksessa vaikuttavien kemiallisten, fysikaalisten ja mikrobiologisten olosuhteiden muodostamaa kokonaisuutta kutsutaan **sisäilmastoksi**
 4. tilasta toiseen siirrettävää **siirtoilmaa**
 5. huoneista poistettavaa **poistoilmaa**
 6. Palautettaessa poistoilmaa kahdesta tai useammasta eri huonetilasta pois tuloilmana tai osana sitä kutsutaan **siirtoilmaksi**
 7. rakennuksesta ulos vietävää **ulospuhallusilmaa** (aiempi nimitys jäteilma)
 8. samaan huonetilaan tai asuntoon palautettavaa **kierrätysilmaa**
- (Ympäristöministeriö 1009/2017 2§.)

4 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT

Ilmanvaihtojärjestelmä tulee suunnitella ja rakentaa niin, että se mahdollistaa edellytykset turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle normaaleissa sääoloissa ja käyttötilanteissa rakennuksen suunnitellun käyttötarkoituksen ja käytön mukaisesti (Talotekniikkainfo 2021).

4.1 Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien eroavaisuus

Poikkeavuus ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien välillä on usein niin vähäinen, että ammattilaistenkin keskuudessa termejä käytetään vaihtelevasti. Järjestelmien välillä on tuloilman käsittelyssä ja ilmapirran mitoituksessa periaatteellinen ero. Usein ei tunneta jonkun rakennuksen järjestelmän toimintaa ja mitoitusta, jonka vuoksi termejä käytetään sekaisin. (Sandberg 2014, 113.)

Ilmanvaihtojärjestelmillä tuotetaan laadukas puhdas ja tarvittaessa lämmitetty sisäilma, jolloin ilmapirta mitoitetaan tarvittavan puhtaan tuloilman perusteella. Ilmaa myös poistetaan tuloilmaa vastaava määrä. Kyseessä ei ole ilmastointijärjestelmä, vaikka ilmanvaihtoa voidaan säätää tarpeen mukaan (Sandberg 2014, 113).

Ilmastointijärjestelmillä puolestaan hoidetaan tarvittaessa myös sisäilman jäähdytys, jolloin tuloilmapirta mitoitetaan jäähdytyskuorman perusteella tai ilmanvaihtoilman, jos ilmanvaihtoilman jäähdytyksen lisäksi jäähdytystä on toteutettu erillisillä huonelaitteilla. Jälkimmäisessä tapauksessa huoneilmaa kierrätetään aina huonetilassa jonkin verran, riippuen järjestelmästä. Sisään otettavaa ulkoilmaa myös kuivataan jäähdytyksen yhteydessä tarvittaessa, riippuen ulkoilmaolosuhteista. Tällä estetään huoneilman suhteellisen kosteuden liiallinen nousu. Ilmastointijärjestelmään voi liittyä myös muita ilmankäsittelytoimenpiteitä kuten kostutus. (Sandberg 2014, 113.)

Asuinrakennuksissa on perinteisesti käytetty ilmanvaihtojärjestelmiä. Nykyisin asuinrakennuksiinkin suunnitellaan ja rakennetaan ilmastointijärjestelmiä. (Sandberg 2014, 113.)

4.2 Asuinkerrostalojen ilmanvaihtojärjestelmät

Kerrostalojen ilmanvaihdon hallintaa vaikeuttavia tekijöitä:

- Huoneistojen ja porraskäytävän välillä aiheutuu painesuhteiden vaihdellessa ilmavirtaa molempiin suuntiin. Ulko- ja sisäilman lämpötilaeroilla ja porraskäytävän ilmavirtojen säädöllä on merkityksensä tähän.
- Porraskäytävä toimii hätäuloskäyntinä palotilanteissa ja huoneistot ovat aina omia paloteknisiä osastoja. Ilmanvaihtojärjestelmä ei saa huonontaa rakennuksen paloturvallisuutta, joka on huomioitava tarkkaan suunnittelussa ja toteutuksessa.
- Huoneistoilla on usein yhteinen ilmavirtojen ohjaus, koska ne on usein kytketty samaan ilmanvaihtojärjestelmään. Pääsääntöisesti huoneistoissa on ajallisesti hyvin erilaiset tehostettujen ilmavirtojen tarpeet, joten ilmavirrat eivät käytännössä ole tarpeenmukaisia.
- Jos useita tai kaikki huoneistot on kytketty samaan ilmanvaihtojärjestelmään, on mahdollista ja usein yleistä, että asukkaat säätelevät venttiileitä kiinni tai auki. Tämä voi vaikuttaa painesuhteisiin, jolloin vaikutus voi näkyä muidenkin huoneistojen ilmavirroissa.

(Sandberg 2014, 120)

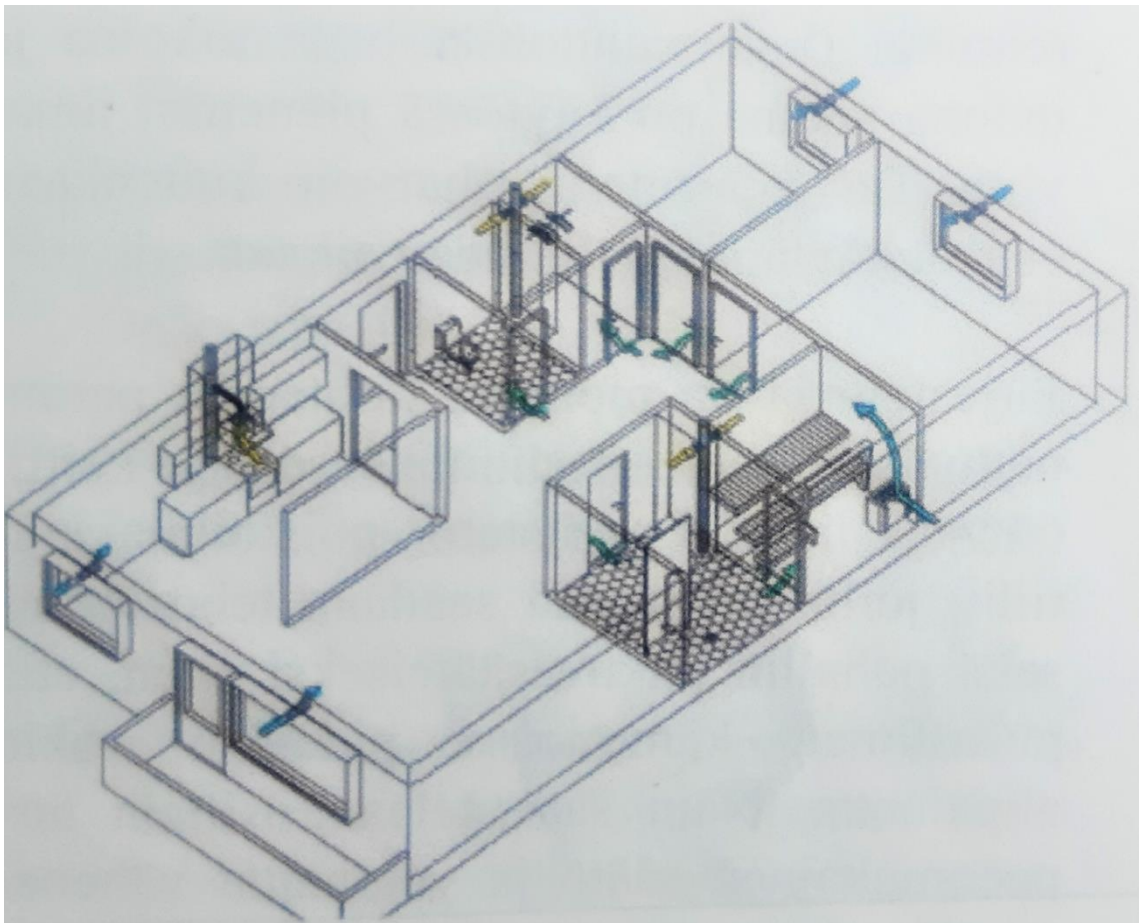
4.2.1 Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä

Suuremmista korkeuseroista johtuen painovoimaisella ilmanvaihdolla on paremmat edellytykset toimia kerrostaloissa kuin matalammissa rakennuksissa. Talvipakkasilla suuresta ulko- ja sisäilman lämpötilaerosta johtuen korkeissa rakennuksissa ilmavirrat voivat nousta hyvinkin suuriksi, jos asukas ei säädä venttiileitä pienemmälle. Epäpuhtaudet ja hajut kulkeutuvat ilmavirtojen matkassa helposti huoneistosta toiseen, koska vanhojen rakennusten ulkovaipan ja ovien ilmatii-veydet ovat usein puutteellisia. Tuulen vaikutus tehostaa vuotoja huoneistoista toiseen. Painovoimaisia ilmanvaihtojärjestelmiä rakennettiin 1960-luvulle saakka. (Sandberg 2014, 120.)

Eri huoneistojen välillä ei ole paloteknisesti ilmayhteyttä, eivätkä palokaasut pääse kulkemaan huoneistosta toiseen ilmanvaihtojärjestelmän kautta, koska kullakin huoneistolla on oma tiilihorminsa. Hormien yläpäähän on asennettu tuulen voimasta pyöriviä puhaltimia useissa rakennuksissa. Painovoimaisia ilmanvaihtojärjestelmiä on myöhemmin muutettu erillishormein toimiviksi koneelliseksi poistoilmanvaihtojärjestelmiksi hormien yläpäähän asennetulla puhaltimella. (Sandberg 2014, 120–121.)

4.2.2 Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä

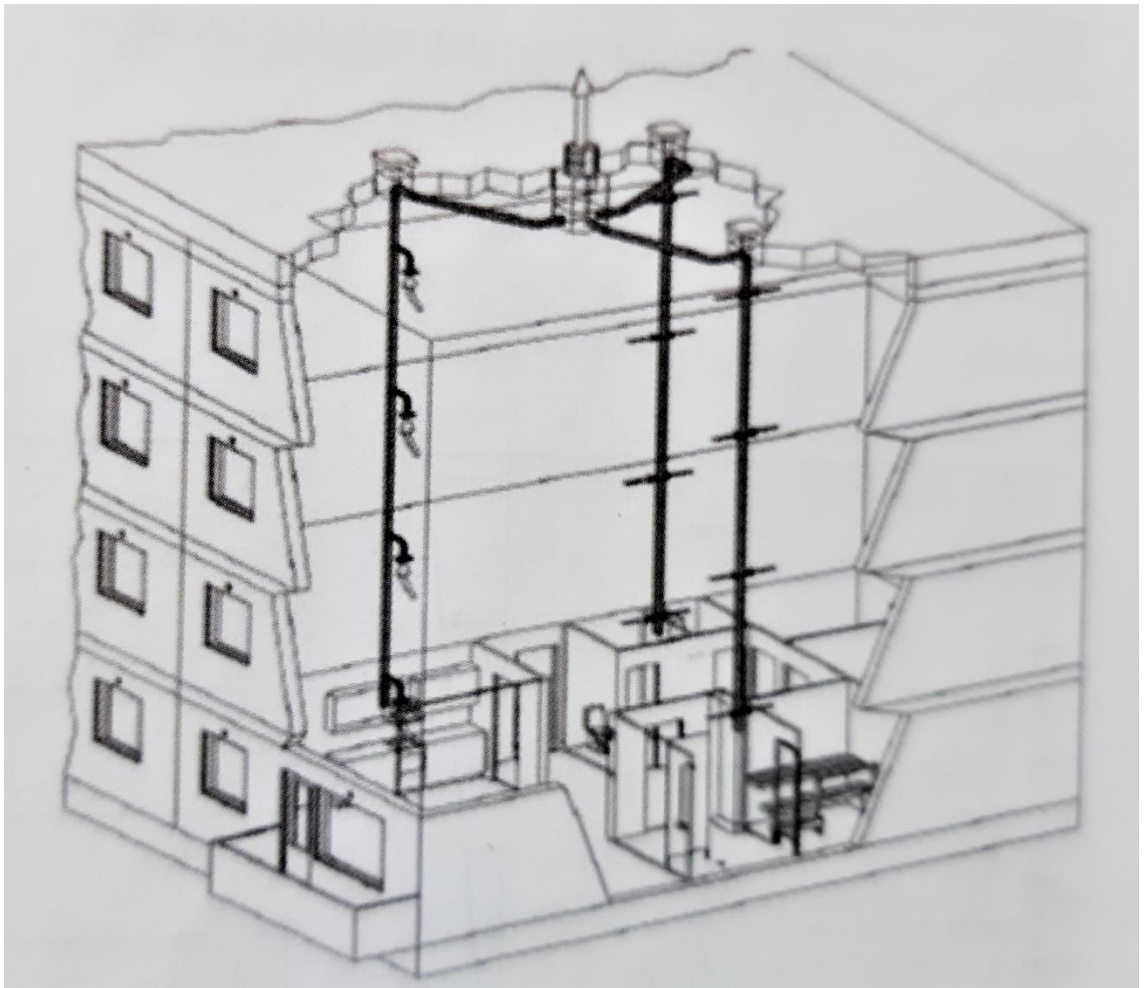
Järjestelmässä poistoventtiilit on sijoitettu yleensä keittiöön, pesuhuoneeseen, WC-tilaan, vaatehuoneeseen ja saunaan (Kuvio 4), joiden kautta poisto johdetaan yhteiskanavajärjestelmää pitkin ulos. Puhdistamaton korvausilma tuodaan yleisimmin ikkunoiden yläpuolella olevista korvausilmaventtiileistä ja saunan kiu-kaan yläpuolelle. (Sandberg 2014, 115.)



Kuvio 4. Yhden asunnon tyypillinen koneellisen poiston yhteiskanavajärjestelmä (Sandberg 2014, 121)

Erilliskanavajärjestelmän kaltaiset hormit korvattiin yhteisillä peltikanavilla edullisen hankintakustannuksen ja vähäisen tilantarpeen vuoksi. Poistoilmaventtiilit nimettiin ”yhteiskanavaventtiileiksi”, jotka on hyväksytty paloteknisiltä ominaisuuksiltaan kuristimina kyseiseen käyttötarkoitukseen. Venttiilin tulkitaan tiukkuutensa (max. 42 l/s painehäviöllä 100 Pa) vuoksi estävän palokaasujen pääsyn huoneistosta toiseen. Koneellisia poistoilmanvaihtojärjestelmiä rakennettiin 1990-luvulle asti. (Sandberg 2014, 116,121.)

Keittiön poistokanavat kulkevat aina omina erillisinä kanavina ylhäällä olevaan kokoojakanavaan saakka (Kuvio 5). Yhteiskanavapuhaltimet on asennettu yleisimmin vesikatkon eristeissä olevaan kammioon.



Kuvio 5. Asuinkerrostalon koneellisen poiston yhteiskanavajärjestelmän periaatekuva, jossa oma erilliskanava liesikuvuilta kammioon (Sandberg 2014, 121)

Puhaltimien moottorit ovat yleensä 2-nopeuksisia, jolloin pienemmällä kierrosnopeudella saadaan noin 2/3 ilmavirta täydestä nopeudesta. Normaalisti käytössä

on pienempi ilmavirta ja kello-ohjattuna suurempi ilmavirta oletettujen tehostustarpeiden aikana. Kuten jo aiemmin mainittu, tarve ja tehostus eivät useinkaan satu samaan aikaan. (Sandberg 2014, 121–122.)

Pesuhuoneeseen ja keittiöön on monessa kohteessa asennettu ajastimella toimivat poistoilmaventtiilit ilmavirran tehostamiseksi, jolloin järjestelmän toimintaa saadaan parannettua. Lisäksi puhaltimen kammiossa pidetään jatkuvaa alipainetta asettamalla puhallin jatkuvasääteiseksi. Näillä keinoilla saavutetaan veto Haittojen vähenemistä ja osittain tarpeenmukainen säätö. Putkistoremontteja tehdään runsaasti vuosina 1960–1990 rakennetuissa asuinrakennuksissa, mutta ilmanvaihtojärjestelmää ei yleensä uusita. Muun remontin jälkeen kynnyksien ilmanvaihtojärjestelmän uusimiseen kasvaa entisestään, joten näissä rakennuksissa tullaan käyttämään vaatimatonta järjestelmää vielä pitkään. (Sandberg 2014, 122.)

4.2.3 Tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä

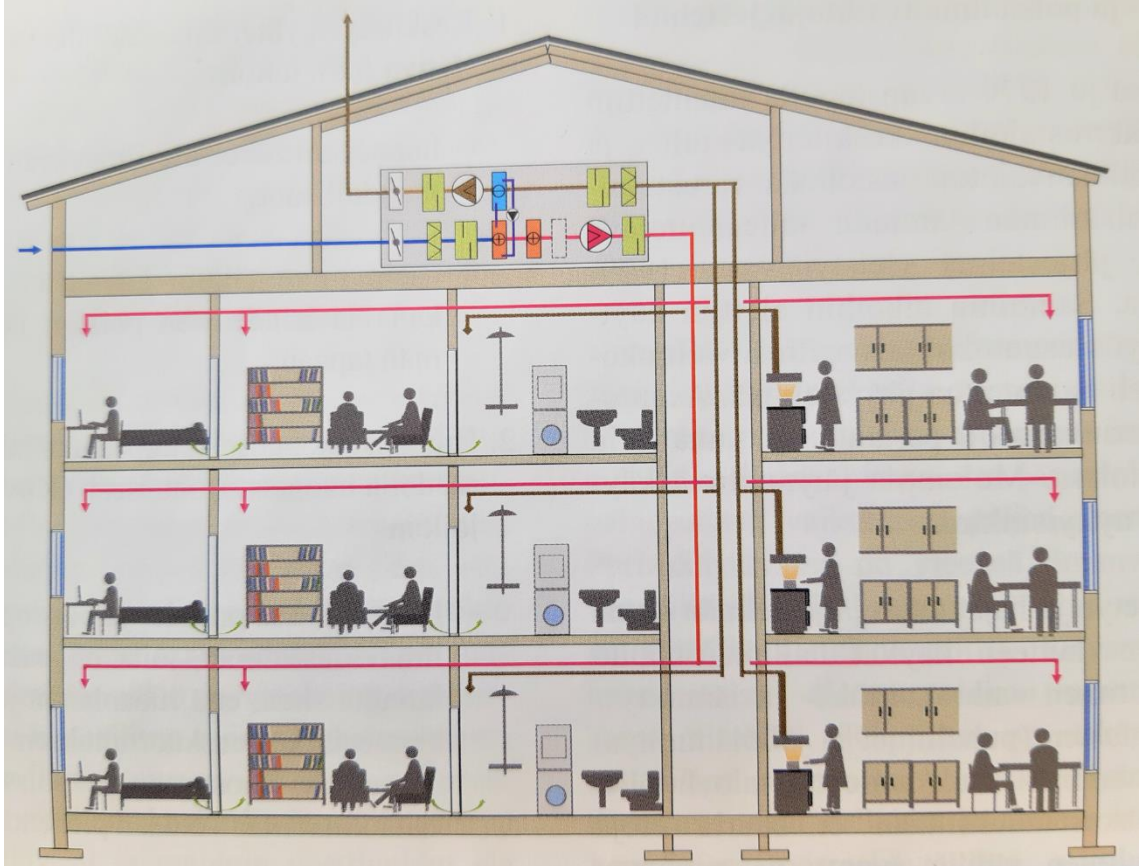
Kyseinen järjestelmä yleistyi vasta 1990-luvulla, vaikka jo 1970-luvun lopulla rakennettiin asuinkerrostaloihin keskitettyä tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmää varustettuna lämmöntalteenotolla. Asuntokohtaisia ilmanvaihtokoneita eli hajautettua järjestelmää, jossa ilmanvaihdon periaate on sama kuin pientaloissa alettiin myös käyttää jonkin verran jo 1990-luvulla. Nykyisin asuinkerrostaloissa käytetään molempia järjestelmiä. (Sandberg 2014, 123.)

Hajautetun ja keskitetyn järjestelmän erona ovat huolto (suodattimien vaihto), sähkökustannusten (puhaltimet ja jälkilämmityspatteri) suuntaaminen asukkaalle tai taloyhtiölle ja laitteen käytön hallinta. Järjestelmien välillä ei ole suuria energiakustannus eroja. Laittevalinnat ja kanavien ja laitteiden mitoitus vaikuttavat niinkin kustannuksiin. Molempiin järjestelmiin on mahdollista asentaa ilmanvaihtoilman jäähdytys eli viilennysjäähdytys. (Sandberg 2014, 123.)

4.2.4 Keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä

Yleensä keskitetyn tulo- ja poistoilmajärjestelmän rakentamiseen käytetään kahta toteutustapaa. Ensimmäisessä vaihtoehdossa järjestelmä toteutetaan keskitetysti yhteisellä säädöllä, jolloin yksittäisissä huoneistoissa ei ole ilmavirran

säätömahdollisuutta (Kuvio 6). Yleisimmin tällaisessa tapauksessa käytetään yhteiskanavia, kuten koneellisessa poistossa, mutta lisäksi tarvitaan myös tuloilmakanavisto. (Sandberg 2014,123.)

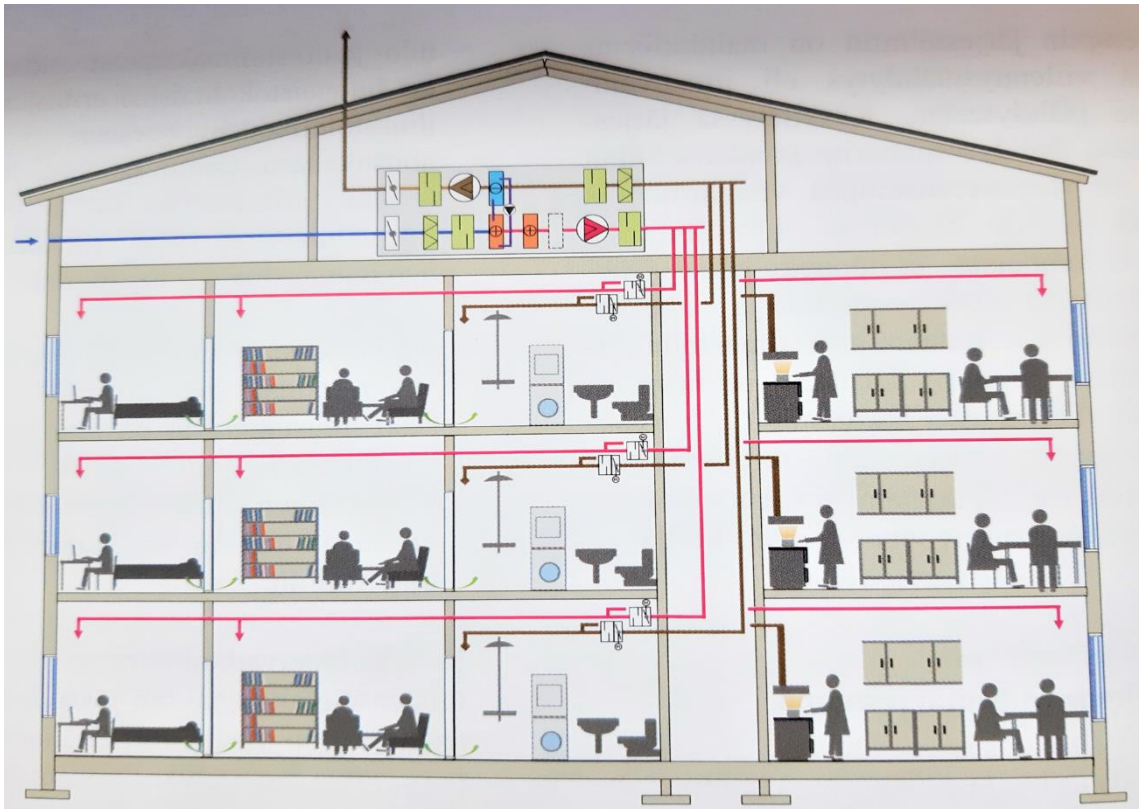


Kuvio 6. Keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä varustettuna yhteisellä ilmavirran säädöllä (Sandberg 2014, 124)

Keskitetyn tulo- ja poistoilmajärjestelmän toisessa toteutusvaihtoehdossa on huoneistokohtainen tarpeenmukainen säätö. Ilmavirtaa tehostetaan ruoanlaiton ja pesutilojen käytön aikana ja poissaoloaikana ilmavirtaa voidaan pienentää. Säätö tapahtuu kussakin huoneistoissa tulo- ja poistokanavassa olevien ilmavirtasäätimien avulla. Säätimiä ohjataan liesikuvulta. Vastaavasti puhaltimien kierrosnopeutta ohjataan kanavapaineen perusteella. (Sandberg 2014, 123.)

Tulo- ja poistoilmakanavat voidaan rakentaa huoneistokohtaisina erilliskanavina ilmastointikonehuoneeseen, jolloin erilliset nousukanavat rajoittavat mahdollisen palon leviämistä (Kuvio 7). Ylimmässä kerroksessa voi tarvita lisäksi esimerkiksi palopeltejä. Yksittäisten huoneistojen ilmavirran säätö ei vaikuta muiden huoneistojen ilmavirtoihin. (Sandberg 2014, 123.)

Jos tulo- ja poistoilmakanavisto rakennetaan yhteisillä nousukanavilla, joihin huoneistojen kanavat yhdistetään, on nousukanavat mitoittava virtausteknisesti riittävän väljiksi, jotta huoneistokohtainen ilmavirran säätäminen ei vaikuta muiden huoneistojen ilmavirtoihin. Lämmöntalteenotto on toteutettu keskusilmastointikoneessa levysiirtimellä (ristivirta tai vastavirta) tai liuospatteriparilla, jossa kierrätetään vesi-glykoliliuosta patterien kautta, jolloin lämpöä saadaan siirrettyä poistoilmaasta tuloilmaan. (Sandberg 2014, 123.)

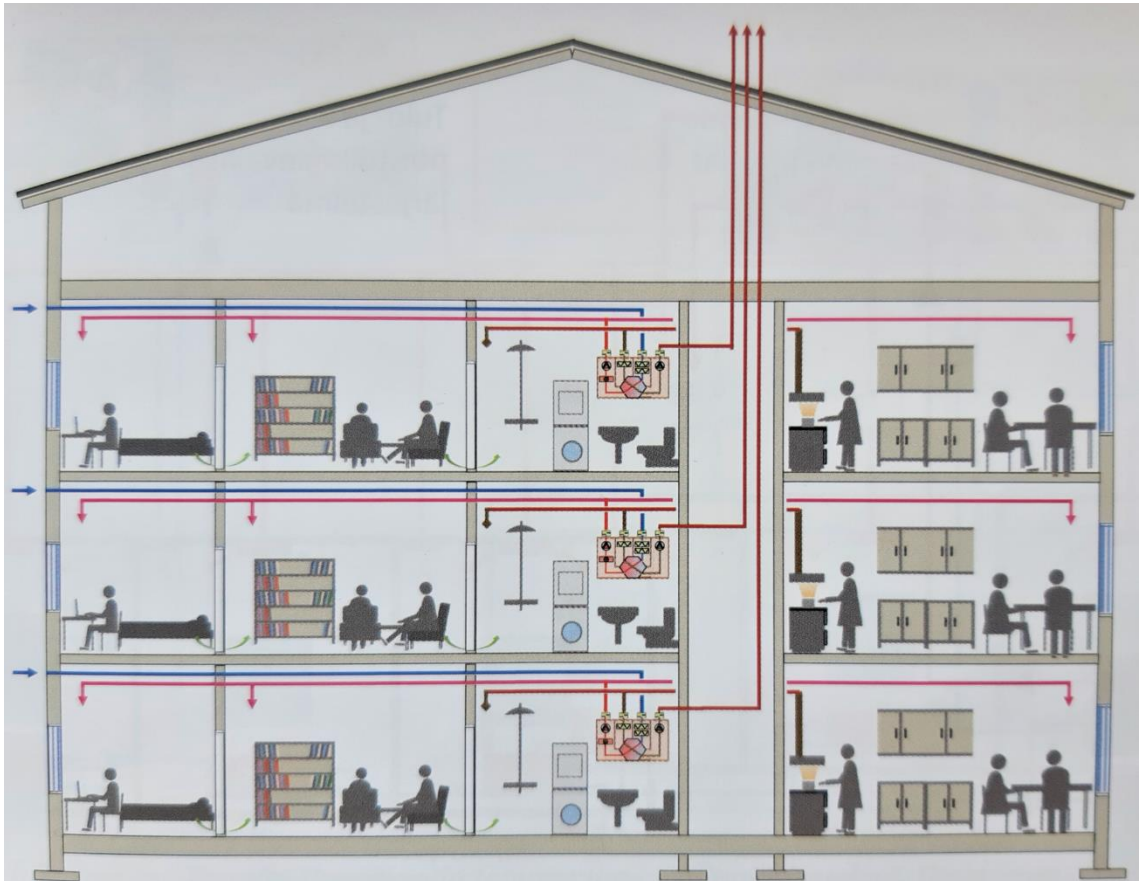


Kuvio 7. Keskitetty tulo- ja poistoilmajärjestelmä varustettuna huoneistokohtaisella ilmavirran säädöllä ja huoneistokohtaisin erilliskanavin (Sandberg 2014, 124.)

4.2.5 Hajautettu tulo- ja poistoilmajärjestelmä

Tällaisessa järjestelmässä ilmanvaihto toteutetaan samalla tavalla, kuten pientaloissa. Ulkoilma tuodaan huoneiston ulkoseinän kautta kanavaa pitkin ilmanvaihtokoneelle, ulkoilmakanava on lämpöeristettävä. Ilmanlaadusta johtuen kaupunkialueilla alakerroksien osalta saattaa olla haasteita sijoittamisen kanssa. Ilmanotto ei myöskään saa sijaita parvekkeella. (Sandberg 2014, 125.)

Poistoilmakanavat voidaan rakentaa huoneistokohtaisina erilliskanavina ilmastointikonehuoneeseen, jolloin erilliset nousukanavat rajoittavat mahdollisen palon leviämistä (Kuvio 8). Ylimmässä kerroksessa voi tarvita lisäksi esimerkiksi palopeltejä. Jos kuitenkin halutaan käyttää yhteiskanavaa, tulee kanavamitoituksen ja alipaineisuuden olla riittävät, jotta yksittäisten huoneistojen ilmavirran säätö ei vaikuta muiden huoneistojen ilmavirtoihin. (Sandberg 2014, 125.)



Kuvio 8. Asuinkerrostalon hajautettu tulo- ja poistoilmavaihtojärjestelmä (Sandberg 2014, 125)

Viime vuosina varsinkin saneerauskohteissa on yleistynyt ulospuhallusilman sijoittaminen ulkoseinään. Usein käytetään yhdistettyä ulospuhallus- ja ulkoilma laitetta. Tavallisesti ilmanvaihtokone sijoitetaan pesuhuoneeseen, koska koneen tuottaman melun vuoksi ei huoneistossa yleensä ole muuta mahdollista sijoituspaikkaa. Vastikään ainakin Vallox on tuonut markkinoille liesituulettimen/liesikuvun tilalle maustekaappitilaan asennettavan ilmanvaihtokoneen, jossa lämpöä otetaan talteen myös liesituuletinta käytettäessä. Tupakeittiöllä varustetuissa huoneistoissa kyseisen koneen melu voi ylittää sallitun ylärajan vaaditulla ilmavirralla.

5 ILMASTOINTIKONEET

Koska vuosikymmenien aikana on ollut käytössä runsaasti erityyppisiä koneita ja laitteita, voidaan ilmastointikoneet jaotella monella eri perusteella (Taulukko3; Sandberg 2014, 155).

Taulukko 3. Ilmastointikoneiden karkea jaottelu (Sandberg 2014, 155)

Ilmastointikoneiden jaottelu			
<p>Pienet ilmanvaihtokoneet</p> <p>Pientalot ja muut asunnot Hajautetut järjestelmät Pienet kohteet</p> <p>Asennusvalmiita yksiköitä, joissa sähkö- ja automaatio valmistajakohtainen.</p>	<p>Koteloidut ilmastointikoneet</p> <p>Sisäasennus Keskitetyt järjestelmät Moduulivaihtoehtoja</p> <p>Moduulitoimitus kohteen tarpeen mukaan. Sähkö- ja automaatio erikoisurakoitsijalta. Koneen sisäinen sähköistys mahdollisesti tehtaalla.</p>	<p>Toimintavalmiit ilmastointikoneet</p> <p>Sisäasennus Ulkoasennus (kattokoneet) Yhtenä tai kahtena osana</p> <p>Sähköistys, automaatio ja pumppuryhmät asennettu tehtaalla. Automaatio erikoisurakoitsijalta tai omaa valmistusta. Nopeaan asennukseen.</p>	<p>Erilliset puhaltimet</p> <p>Huippumurit Aksiaali- ja kanavapuhaltimet Keskipakoispuhaltimet</p> <p>Yksittäisiin tarpeisiin - jäte- ja tuloilmapuhallin - suuntapainepuhallin - savunpoistopuhallin - siirtoilmapuhallin - prosessipuhallin.</p>

5.1 Pienet ilmanvaihtokoneet

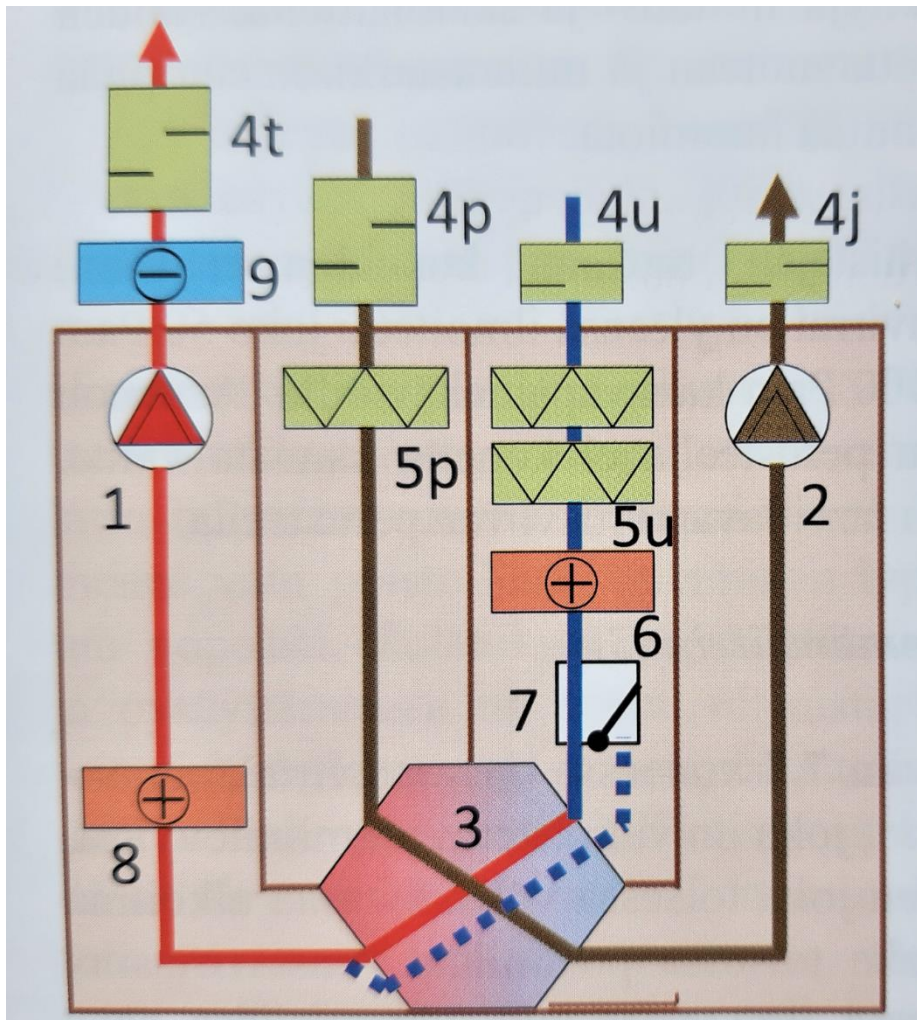
Lähinnä pientaloja ja rivitaloja sekä myös hajautetun ilmanvaihtojärjestelmän asuinkerrostaloja varten on suunniteltu pieniä ilmanvaihtokoneita. Pienissä myymälöissä ja toimistotiloissa käytetään myös samoja ilmanvaihtokoneita. Pienten ilmanvaihtokoneiden toimitusajat ovat yleensä lyhyitä, koska koneet ovat standardituotteita. Näiden koneiden nimellisilmavirta-alue on noin 50–500 l/s. Asunnon koosta riippuen ilmavirrat ovat yleensä 20–200 l/s ja muun tyyppisissä tiloissa koko alueelta. (Sandberg 2014, 156.)

Pienet ilmanvaihtokoneet ovat runkorakenteeltaan useimmiten kaappimallisia, ulkokuoreltaan ja osittain väliseiniltään lämpöeristettyjä. Eristeet ovat koneen runkopeltien sisäpuolella. Ulkopinnoiltaan koneet ovat maalattuja tai sinkittyä peltiä. Koneen etupelti toimii huolto-ovena tai huoltoluukkuna ja on useimmiten maalattu. Kanava-, putki- ja kaapeliliitännät ovat kaappimallisissa koneissa yleensä koneen yläpuolella. Kondenssivesiliitännät on puolestaan koneen alaosassa. (Sandberg 2014, 157.)

Konemalleja ja toimintaperiaatteita on runsaasti erilaisia. Poistoilman lämmöntalteenottotavassa on selkeimmät erot erityyppisten koneiden välillä. Lämmönsiirtiminä voivat olla esimerkiksi:

- ristivirtalevyllämmönsiirtimet
- kaksi ristivirtalevyllämmönsiirintä sarjassa
- vastavirtalevyllämmönsiirtimet
- pyörivä roottorilämmönsiirrin

(Sandberg 2014, 157)



Kuvio 9. Tyypillinen pieni ilmanvaihtokone (Sandberg 2014, 157)

Koneen toiminnalliset osat ovat (Kuvio9):

- 1 ja 2 ovat tulo- ja poistoilmapuhallin. Nykyisin moottorit ovat yleisimmin hyvän hyötysuhteen ja tehokkaan säädettävyyden omaavia EC-moottoreita. EC-moottori on elektronisesti kommutoitu (electronically commutated) kestopagneetilla varustettu hiiliharjaton tasavirtamoottori. Aiemmin moottorit olivat yleisesti muuntajasäätöisiä 1-vaihemoottoreita. (Sandberg 2014, 158,174.)
- 3 on ohuista alumiinilevyistä valmistettu vastavirtalämmönsiirrin, levyjen joka toisessa välissä virtaa poistoilma ja joka toisessa ulkoilma. Ilmavirrat kulkevat toisiinsa nähden vastavirtaan ja osittain ristivirtaan vastavirtasiirtimessä. Alumiinilevyjen vahvuus on suuruusluokkaa 0,2–0,4 mm ja levyvälien suuruusluokkaa 2–4 mm. (Sandberg 2014, 158.)
- 4t, 4p, 4u ja 4j ovat äänenvaimentimia. Joihinkin konemalleihin on saatavilla äänenvaimennusyksikkö, joka asennetaan koneen päälle, yleensä kuitenkin äänenvaimentimet asennetaan erillisinä kanaviin. Koneen ja huoneiston välille eli tuloilma 4t ja poistoilma 4p tarvitaan tehokkaammat vaimentajat kuin koneen ja ulkoilman välille eli ulkoilma 4u ja ulospuhallusilma 4j. (Sandberg 2014, 158.)
- 5p ja 5u ovat suodattimia. Ulkoilman suodatukseen (5u) tulee käyttää vähintään F7 suodatinluokan suodatinta varustettuna suodatinluokan G4 esisuodattimella. Poistoilmasuodatin suojaa likaantumiselta lämmöntalteenottoa, poistopuhallinta ja jäteilmakanavaa, yleensä käytetään suodatinluokan G4 suodatinta. (Sandberg 2014, 158–159.)
- 7 on lämmöntalteenoton ohituspelti. Ohituspeltiä tarvitaan kesäajan ohitukseen ja huurteen sulatukseen talviaikana (Sandberg 2014, 159). Nykyisin yleisimmin pelti on varustettu moottorilla ja toimii automaattisesti, pellin toimintaa ja tiiveyttä on kuitenkin syytä seurata toisinaan.
- 8 on jälkilämmityspatteri. Käytettäessä ristivirtasiirrintä ja/tai käytettäessä siirtimen ohitusta tuloilmaa täytyy vielä lämmittää lämmöntalteenoton jälkeen. Liiallisen vedontunteen välttämiseksi

tuloilman lämpötilan tulee olla säädettävissä välillä 15...20 °C. Patteri voi olla sähkö- tai vesipatteri. (Sandberg 2014, 159–160.)

- 9 on erillinen jäähdytyspatteri. Erillisellä lämmönsiirtimen jälkeen, joko koneen sisällä tai tuloilmakanavassa sijaitsevalla patterilla voidaan jäähdyttää tuloilmaa. Patteri on varustettava kondenssivesialtaalla ja vesilukollisella viemäröinnillä. (Sandberg 2014, 160.)

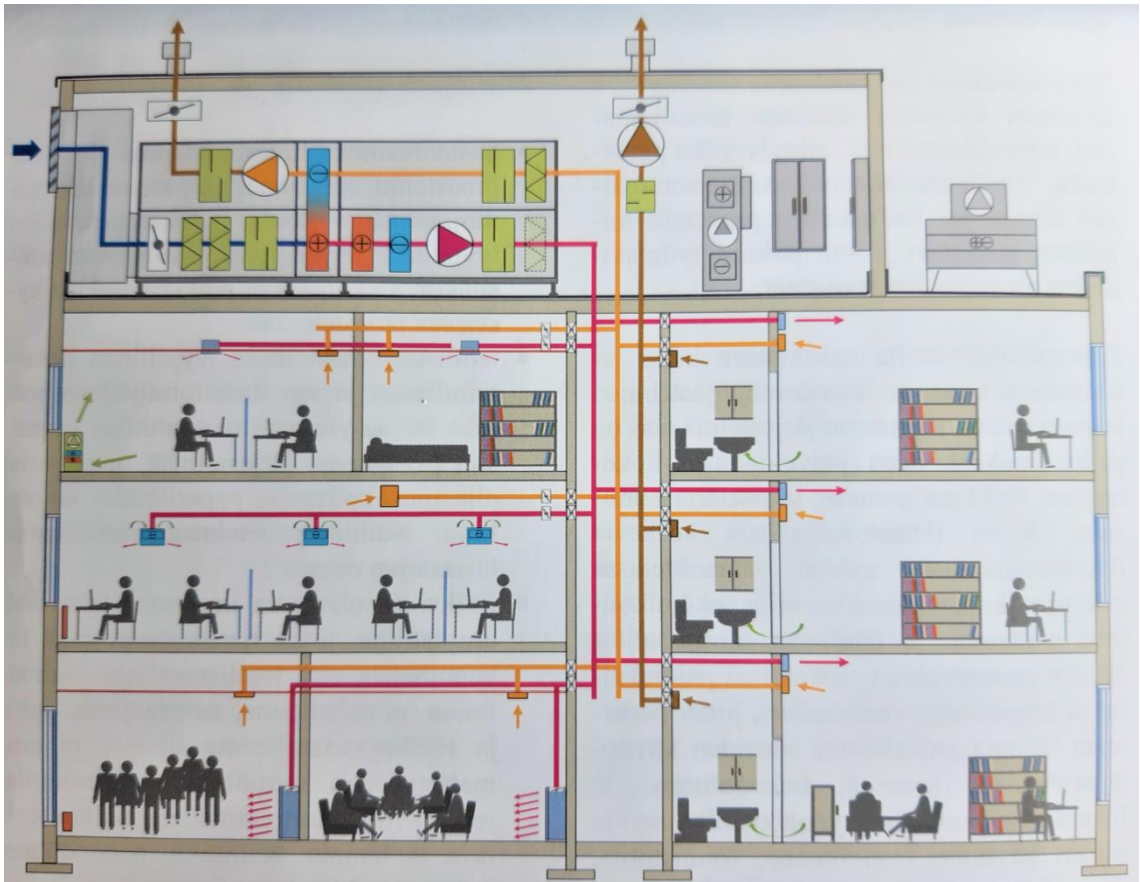
Pienissä ilmanvaihtokoneissa on ohjauskeskus, jolla voidaan säätää ilmavirta ja tuloilman lämpötila. Ilmavirran säätö voidaan myös asettaa perustumaan CO₂- tai kosteusanturin mittaukseen. Nykyisin koneissa on yleensä myös kotona, poissa, tehostus ja takkakytkin toiminnot, joilla ilmavirtoja voidaan säätää käyttötarkoituksen mukaisiksi helposti ja nopeasti.

5.2 Keskusilmastointikone

Keskusilmastointikoneet ovat yleensä kompakteja yksiköitä, joissa tulo- ja poistoilmakone ovat päällekkäin, koska poistoilman lämmöntalteenotto (LTO) yhdistää koneet toisiinsa (Kuvio 10). Keskusilmanvaihtokoneina käytetään pääsääntöisesti tehdasvalmisteisia koteloituja koneita (Kuvio 11). Ilmankäsittelyssä tarvittavat komponentit sijoitetaan vakiomittaisen lämpöeristetyin kotelon sisälle. Haluttujen ilmankäsittelytoimenpiteiden mukaan koteloituja komponentteja liitetään yhteen moduuleina. Koneen ulkovaipan materiaali on yleensä sinkittyä teräslevyä. Ilmatiiveys on ulkovaipparakenteen tärkeä ominaisuus. Asennustyö vähenee, koska koneet pyritään valmistamaan suurempina kokonaisuuksina sisältäen useita toiminto-osia. Myös liitosten määrä vähenee ja päästään hyvään ilmatiiveyteen. Koneen maksimikoon määräävät asennuspaikan kuljetusreitit ja nostomahdollisuudet. (Sandberg 2014, 22–23, 164–165)

Ilmastointilaitoksen keskusilmastointikoneille otollisin sijoituspaikka on palveluvien tilojen yläpuolella oleva yhtenäinen konehuone. Yläpuolinen sijoitus on paloteknisesti turvallisin ja pääsääntöisesti ulkoilman sisäänoton ja ulospuhallusilman sijoittamiset ovat yksinkertaisempia. Jos rakennuksessa on käyttötaparyhmältään erilaisia tiloja, joita ei voi yhdistää samaan keskusilmastointilaitokseen, täytyy muodostaa useampia konehuoneita. (Sandberg 2014, 22.)

Myös koteloidut ilmankäsittelykoneet asennetaan pääsääntöisesti ilmastointikonehuoneeseen. Huoltotilantarve on huomioitava konetta sijoitettaessa. Ilmankäsittelykoneen viereen täytyy jäädä koneen levyinen vapaa tila komponenttien vaihtoa varten ja koneen taakse vähintään 400 mm vapaata tilaa. Koneet asennetaan aina vähintään 150 mm korkean palkkialustan päälle, ei suoraan lattialle. Palkkialusta on useimmiten koneen toimituksessa tuleva varuste (Kuvio 11). (Sandberg 2014, 165.)



Kuvio 10. Tavanomaisen ilmastointilaitoksen osat (Sandberg 2014, 22)

Ilmastointilaitoksessa on roottorilämmönsiirrin, joka yhdistää yläpuolella olevan poistoilmakoneen ja alapuolella olevan tuloilmakoneen (Kuvio 10). (Sandberg 2014, 22–23.)

Tuloilmakoneen toiminto-osat ilman virtaussuunnassa (Kuvio 10):

- ulkoilmasäleikkö ja ulkoilmakammio
- moottorilla varustettu sulkupelti
- ilmansuodattimet

- äänenvaimennin, estää puhallinmelun siirtymisen ulkoilma-aukon kautta
- poistoilman LTO, jolla suurin osa poistoilman lämmöstä siirretään tuloilmaan
- lämmityspatteri, jolla tuloilmaa lämmitetään tarvittaessa
- jäähdytyspatteri, jolla tuloilmaa jäähdytetään ja/tai kuivataan tarvittaessa
- tuloilmapuhallin
- äänenvaimennin, estää puhallinmelun siirtymisen tuloilmakanavaan

Tuloilmakoneen toiminto-osat ilman virtaussuunnassa (Kuvio 10):

- poistoilmasuodatin, koneen osien puhtauden vuoksi kuten LTO
- äänenvaimennin, estää puhallinmelun siirtymisen poistoilmakanavaan
- poistoilman LTO, jolla suurin osa poistoilman lämmöstä siirretään tuloilmaan
- poistoilmapuhallin
- äänenvaimennin, estää puhallinmelun siirtymisen ulkoilma-aukon kautta
- moottorilla varustettu sulkupelti
- jäteilma-aukko ja ulospuhallushajotin

(Sandberg 2014, 23)



Kuvio 11. Nykyaikainen koteloitu ilmankäsittelykone (FläktGroup 2021)

6 ASUINRAKENNUKSEN ILMAVIRTOJEN MITOITUSPERUSTEET

6.1 Asuinrakennuksen ilmavirtojen vähimmäisvaatimukset

Seuraavat vähimmäisvaatimukset tulee toteutua koko asunnon ulkoilmavirtojen mitoituksessa:

- ulkoilmavirta on oltava vähintään $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}$, m^2 koko asuinpinta-alaa kohden laskettuna, joka vastaa ilmanvaihtokerrointa $0,5 \text{ 1/h}$ $2,5 \text{ m}$ huonekorkeudella
- ulkoilmavirta on oltava vähintään $18 \text{ dm}^3/\text{s}$ kokonaisessa asunnossa
- ulkoilmavirta on oltava vähintään $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}$, m^2 kaikissa asuinhuoneissa
- ulkoilmaa on tuotava vähintään $8 \text{ dm}^3/\text{s}$ jokaiseen asuinhuoneeseen ja yli 11 m^2 makuuhuoneisiin vähintään $12 \text{ dm}^3/\text{s}$
- kokonaisilmavirtaan on lisättävä $6 \text{ dm}^3/\text{s}$, jos asunnossa on sauna

(FINVAC 2019, 5)

Taulukko 4. Asunnon vähimmäisulkoilmavirta (normaalikäyttö) (FINVAC 2019, 5)

Pinta-ala m^2	Ulkoilmavirta dm^3/s					
	1 ah	2 ah	3 ah	4 ah	5 ah	6 ah
20	18					
30	18					
40	18	20				
50	18	20				
60		21	28			
70		25	28			
80		28	28	36		
100			35	36	44	
120			42	42	44	52
150				53	53	53

Asunnon ensimmäisen asuinhuoneen ulkoilmavirran tulee olla vähintään $12 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja seuraavien vähintään $8 \text{ dm}^3/\text{s}$. Jos asunnossa on enemmän kuin yksi yli

11 m² kokoinen makuuhuone, tulee ulkoilmavirtaa suurentaa. Olohuoneet, makuuhuoneet ja muut vastaavat tilat ovat asuinhuoneita. Jos asunnossa on sauna, taulukon kokonaisilmavirtoihin tulee lisätä 6 dm³/s (Taulukko 4). Aiemmin esitettyjä vähimmäisvaatimuksia tulee noudattaa muiden pinta-ala- ja huonemääräyhdistelmien osalta. (FINVAC 2019, 5.)

Ulko- ja ulospuhallusilmavirrat mitoitetaan käyttötilanteessa niin, ettei ylipaineen vuoksi aiheudu rakenteita vahingoittavaa pitkäaikaista kosteusrasitusta eikä alipaineen vuoksi epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan. Hormivaikutuksen, tuulen ja paine-erojen vuoksi rakennuksen vaipan sekä asuntojen ja porraskuilun välisiin tiiveyksiin tulee kiinnittää huomiota varsinkin korkeissa rakennuksissa. (FINVAC 2019, 6.) Asuinrakennuksen ulko- ja ulospuhallusilmamäärät mitoitetaan ja säädetään nykyisin yleisimmin tasapainoon. Ilmavirtoja säädettyä kokonaistulo- ja poistoilmavirrat saavat kuitenkin poiketa mitoituksesta tai toisistaan enintään 10 %. Aiemmin pitkään asuinrakennukset mitoitettiin 5–10 % alipaineiseksi, eli kokonaispoistoilmavirta oli tuloilmavirtaa suurempi.

Asunnon ilmanvaihtoa pitää pystyä tehostamaan 30 % normaalin käyttötilanteen ilmanvaihtoa suuremmaksi. Liesituuletinta käytettäessä voi olla tarvetta suuremmalle kokonaisilmavirralle. Asunnon ollessa tyhjiällä ja ilman erityisiä kosteus- ja epäpuhtauslähteitä voidaan ilmanvaihtoa pienentää enintään 60 % käyttötilanteen mitoituksesta. (FINVAC 2019, 6.)

6.2 Huonekohtaiset ilmavirrat

Asunnon ulko- ja ulospuhallusilman tasapainoon pääsemiseksi ja minimiulkoilmavirran määrän toteutumiseksi on huonekohtaisia ilmavirtoja tarvittaessa kasvatettava. Asunnon eri huonetiloille on asetettu huonekohtaiset minimi-ilmavirrat (Taulukko 5). Huonekohtaiset minimi-ilmavirrat saavat poiketa mitoituksesta enintään 20 %. Erillispoiston, kuten liesituulettimen, tulisijan tai keskuspölynimurin tarvitsemasta korvaavan ulkoilman saanti on varmistettava (FINVAC 2019, 7.)

Taulukko 5. Asunnon huonetilojen normaalin käyttötilanteen ilmavirrat (FINVAC 2019,7)

Huonetila	Ulkoilma- virta dm ³ /s	Poistoilma- virta dm ³ /s	Huomautus
Suurin tai ainoa makuuhuone tai yli 11 m ² makuuhuone	12		
Muut makuuhuoneet	8		
Muut asuinhuoneet kuten olohuone alle 22 m ² , ei kuitenkaan keittiö	8		Ulkoilma voidaan osittain korvata siirtoilmalla makuuhuoneesta.
Muut asuinhuoneet kuten olohuone yli 22 m ² , ei kuitenkaan keittiö	0,35 dm ³ /s,m ²		Ulkoilma voidaan osittain korvata siirtoilmalla makuuhuoneesta.
Keittiötila, keittiö, keittokomero, saarekekeittiö (KT)		8 (25)	Liesikuvun/keittiötilan ilmavirran tulee tehostustilanteessa olla vähintään 25 dm ³ /s. Ulkoilman saannista tehostuksen aikana on huolehdittava. Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta
Kylpyhuone WC:llä tai ilman (KPH)		10	Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Erillinen WC (WC)		7	Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Vaatehuone (VH)		6	Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Varasto		6	Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Huoneistos sauna (S)	6	6	
Kylpyhuoneesta erillään oleva kodinhoitohuone		8	Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Tekninen tila		3	Mitoitetaan lämpökuorman mukaan, vähintään 3 dm ³ /s.

Huonetilakohtaiset ilmavirrat saattavat poiketa tehostustilanteessa normaalitilanteen määristä myös alaspäin. Tehostustilanteen ilmavirroille ei ole tarvetta mitoitaa tarkkoja määriä, koska tilojen ilmavirrat säätävät suhteessa (FINVAC 2019, 8.)

Asuinkerrostalon yhteistiloille on myös asetettu tilakohtaiset ilmavirrat (Taulukko 6).

Taulukko 6. Asuinkerrostalon yhteistilojen normaalin käyttötilanteen ilmavirrat (FINVAC 2019,8)

Huonetila	Ulkoilmavirta dm ³ /s,m ²	Poistoilmavirta dm ³ /s,m ²	Huomautus
Porrashuone	0,5 1/h	0,5 1/h	Ilmavirtoja voidaan säätää pienemmäksi talvella.
Varastot	0,35	0,35	
Talosaunan löylyhuone	2	2	
Talosaunan pesuhuone	16 dm ³ /s,suihku tai siirtoilma	16 dm ³ /s,suihku	
Talosaunan pukuhuone	2	2	
Talopesula	1	1	Ilmavirrat voidaan mitoittaa myös lämpökuorman mukaan.
Kuivaushuone	2	2	Ilmavirrat voidaan mitoittaa pienemmäksi, jos käytetään ilmankuivainta.
Kerhotila ja muut yhteiset oleskelutilat	1	1	Kuitenkin vähintään 12 dm ³ /s.
Aulat ja käytävät	0,35	0,35	

6.3 Veto

Ilmanvaihdon synnyttämä ilman liikenopeus ei saa ylittää normaalissa käyttötilanteessa kolmen minuutin mittausjakson aikana 0,2 m/s asuinhuoneen oleskeluvyöhykkeellä. Vastaavasti tehostustilanteessa (30 %) ilman liikenopeus ei saa ylittää 0,25 m/s. Ilman liikenopeus mitataan suuntariippumattomalla nopeuden mittauslaitteella. (FINVAC 2019, 9.)

Oleskeluvyöhykkeeksi kutsutaan aluetta huonetilasta, joka alkaa lattiasta yläpinnan rajoituksessa 1,8 metrin korkeudelle ja rajoittuu sivusuunnissa 0,6 metrin etäisyydelle ulko- tai sisäseinistä.

7 TUTKITTAVAN KOHTEEN ESITTELY JA NYKYTILA

As. Oy Haastajanpuisto on Sodankylän kirkonkylässä sijaitseva yhden asuinkerrostalon kokoinen taloyhtiö (Kuvio 12). Rakennuksen valmistumisvuosi on 1991 ja se on kooltaan 935 m², josta asuinpinta-alaa on 890,5 m². Kerrostalossa on kolme asuinkerrosta ja lisäksi varastotilat ullakolla. Rakennus on kasattu valmiista sandwich-elementeistä. Ainoa porraskäytävä sijaitsee rakennuksen keskivaiheilla. Huoneistoja on yhteensä 21, kolme 3H + K + S 59 m², kolme 2H + KK + S 49,5 m², kahdeksan 2H + KT + S 43 m², kuusi H + KK + S 32,5 m² ja yksi H + KK + S 26 m².



Kuvio 12. As. Oy Haastajanpuisto

Rakennus on liitetty kaukolämpöön ja siinä on patterein toteutettu vesikeskuslämmitys. Ilmanvaihtotapa on poistoilmanvaihto, joka on rakennettu yhteiskänaväjärjestelmänä. Poistoventtiilit on sijoitettu huoneistojen keittiöihin, pesuhuoneisiin ja saunoihin. Keittiön poistoventtiilit on sijoitettu liesikupuihin. Lisäksi poistoventtiileitä on lämmönjakohuoneessa ja porraskäytävässä kummassakin yksi. Poistoventtiilit ovat äänenvaimennuspatruunoin varustettuja syväkartioollisia ”pa-

lonrajoitusyhteiskanavaventtiileitä”. Huoneisiin johdettava korvausilma tulee ikkunoiden yläpuolella olevien korvausilmaventtiileiden kautta. Myös saunoihin johdetaan kiukaiden yläpuolelle korvausilmaa.

Poistoilmasta ei oteta ollenkaan lämpöä talteen, hukkaan menevä lämpöenergia on kaukolämmöllä tuotettua. Ilmanvaihto on osin riittämätöntä ja aiheuttaa kuitenkin osin myös vedontunnetta, kuten tällaiselle järjestelmälle on usein tyypillistä. Talvipakkasella kylmän korvausilman sekoittuminen huoneilmaan ei useinkaan toteudu täysin halutulla tavalla, joka voi aiheuttaa vedontunnetta tilan käyttäjille. Suodattamaton korvausilma on myös tällaisen järjestelmän puute. Porraskäytävän korvausilma johdetaan alhaalta pääoven läheisyydestä yhden 80 mm lautaventtiin ja tiivisteettömän metallirunkoisen oven ilmavuotojen kautta.

Liesikupujen ilmavirta on alhainen, mikä aiheuttaa ruoanvalmistuksessa syntyvien hajujen leviämistä huoneistoissa ja usein hajuja päätyy myös porraskäytävään. Liesikupujen ilmavirroiksi on mitoitettu normaalikäytön aikana yksiöihin $-12 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja suurempiin huoneistoihin $-18 \text{ dm}^3/\text{s}$. Suoritin koemittauksen huoneistoon 12 ($32,5 \text{ m}^2$ yksiö) ja sain mittaustulokseksi normaalikäytön aikana $-10,5 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja tehostuksen aikana $-14,7 \text{ dm}^3/\text{s}$. Arvot ovat vaatimattomia eli ei ihme, että edellä mainittuja ongelmia esiintyy. Tehostus tapahtuu kello-ohjatusti kaikissa huoneistoissa samoina ajankohtina, jolloin tarve ja tehostus eivät läheskään aina toteudu yhtä aikaa.

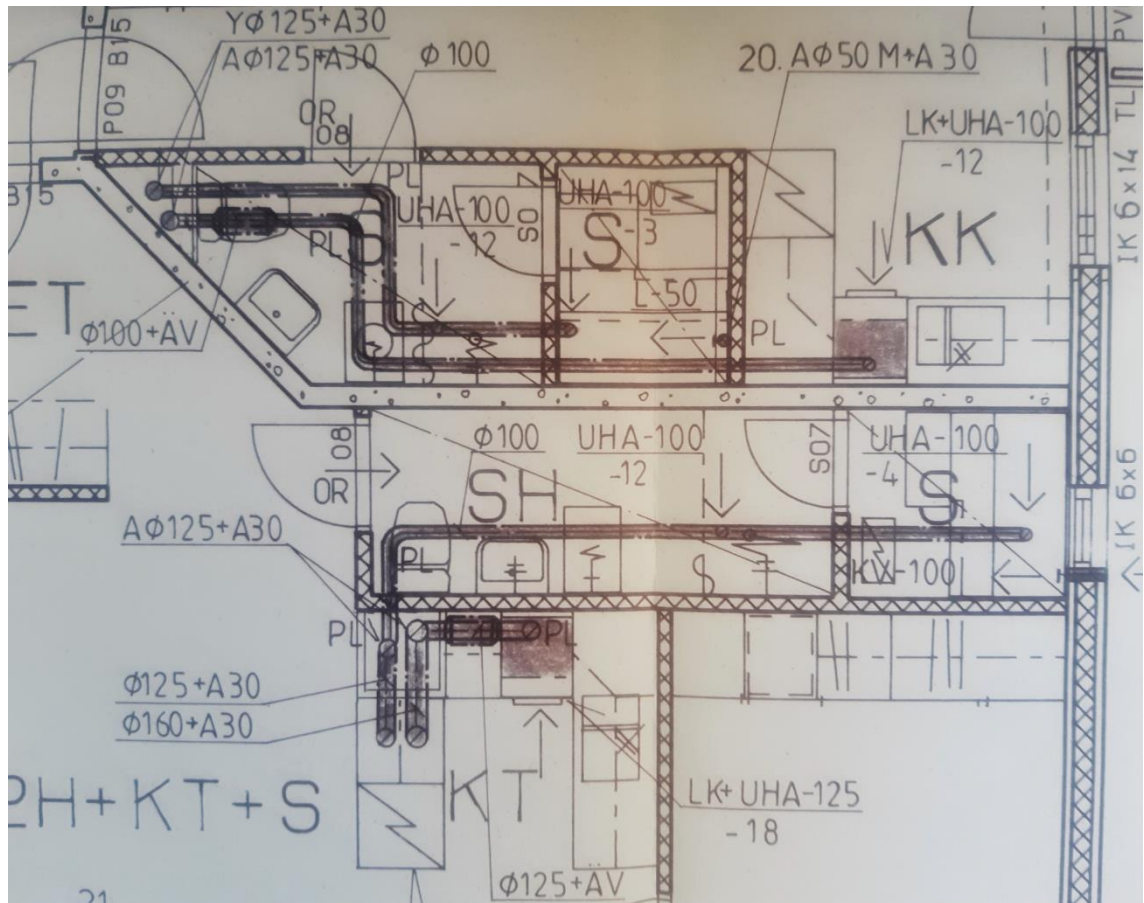
8 KOHTEESEEN SOVELTUVIN KORJAUSRATKAISU

Tavoitteena on parantaa merkittävästi asumisviihtyisyyttä ja energiatehokkuutta, sisäilmaolosuhteita parantamalla ja ottamalla suurin osa poistoilman lämmöstä talteen. Tavoitetta ei voida tällaisessa tapauksessa saavuttaa pienimuotoisilla korjauksilla. Kustannussyistä on kuitenkin pysyttävä ilmanvaihtojärjestelmässä, eli ei jäähdytystä ym. ilmankäsittelyprosesseja. Alueen pohjoisen sijainnin ja vuokra-asuntojen yleisen alueellisen tason sekä vuokrien alueellisen hintatason perusteella ei ole tässä tapauksessa kustannustehokasta rakentaa ilmastointijärjestelmää.

Tavoitteen toteuttamiseksi vaihtoehdoiksi jää nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän muuttaminen keskitetyksi tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmäksi tai hajautetuksi tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmäksi.

8.1 Keskitetyn tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän soveltuvuus

Keskitetty tulo- ja poistojärjestelmä tulisi varustaa huoneistokohtaisella ilmavirran säädöllä, jotta liesikupujen toimivuutta saataisiin parannettua. Olemassa oleva yhteiskanavisto on oletettavasti mitoitukseltaan liian tiukka huoneistokohtaisen ilmavirran säädölle. Tällöin koko kanavisto pitäisi rakentaa uusiksi erilliskanavajärjestelmänä. Kanaviston uusiminen aiheuttaisi kanaviston purkamisen ja uudelleen rakentamisen lisäksi myös huomattavia pintarakenteiden purkuja ja uudelleenrakentamisia kaikissa huoneistoissa erityisesti ylösnousujen osalta. Roiloja jouduttaisiin todennäköisesti suurentamaan ainakin ylimmän kerroksen osalta (Kuvio13). Asuminen suuressa osassa huoneistoja tai mahdollisesti koko rakennuksessa estyisi huomattavan pitkäksi aikaa näin laajamittaisen saneerauksen vuoksi.



Kuvio 13. Kolmannen kerroksen roiloja

Rakennuksen ullakolla on käyttämätön kerhotila, joka olisi otollinen sijoituspaikka keskusilmastointikoneelle. Tilaan pitäisi rakentaa viemäröinti ja konetta palvelevat lämpöjohtolinjat alhaalta lämmönjakohuoneelta asti. Kaukolämmön alajakokeskus tulisi uusita tai lisätä olemassa olevaan IV-vaihdin toimintoineen. Keskitehtyn tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän rakentaminen vaatisi yhtäaikaaisesti useita erittäin ammattitaitoisia asentajia ja työnjohdon, jotta lopputulos olisi laadultaan hyvä ja asuinkäytön katkos olisi kestoaltaan kohtuullinen.

8.2 Hajautetun tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän soveltuvuus

Hajautetun tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän rakentaminen olisi mahdollista toteuttaa yksi tai yksittäisiä huoneita kerrallaan, käyttämällä yhdistettyä ulko- ja ulospuhallusilman seinäasennuslaitetta sekä liesikuvulla varustettua ilmanvaihtokonetta. Hajautetussa tulo- ja poistojärjestelmässä huoneistokohtainen säädettävyys toteutuisi hyvin. Porraskäytävän ja lämmönjakohuoneen osalta ilmanvaihtojärjestelmän toteutus olisi ratkaistava erikseen.

Vesijohtoihin, viemäriin, lämpöjohtoihin ja kaukolämmön alajakokeskukseen liittyviä asennuksia ei sisältyisi ollenkaan hajautetun tulo- ja poistojärjestelmän asennukseen, pois lukien IV-koneiden kondenssiviemäröntien asennus, mikä ei olisi kustannuksiltaan kovin merkittävä. Kunkin huoneiston kanavisto olisi huoneistokohtainen, eikä kulkisi eri kerroksien tai muiden tilojen kautta, jolloin kanavisto olisi myös paloteknisesti toimiva ja yksinkertainen.

8.3 Korjausratkaisun valinta

Toimeksiantajan kannalta huoneistojen korkea käyttöaste on erityisen tärkeä tekijä vuokratulojen vuoksi. Lisäksi tilapäisasunnon järjestäminen yhtäaikaan usean huoneiston asukkaille on erittäin vaikeaa. Saneerauksesta koituvien kulojen jakautuminen useammalle vuodelle on myös toivottavaa. Huoneistoja on muiltakin osin tarkoitus remontoida yhtä–kahta kerrallaan, jolloin kaikki huoneistot käydään läpi neljässä vuodessa.

Myös hajautetun tulo- ja poistojärjestelmän rakentaminen vaatii ammattitaitoa, mutta on täysin selvää, että keskitetyn tulo- ja poistojärjestelmän rakentaminen vaatii huomattavasti enemmän ja useammalla osa-alueella. Työvoiman saataavuus on paljon helpompaa hajautetun tulo- ja poistojärjestelmän toteuttamiseen, jolloin myös työstä aiheutuvat kustannukset ovat oletettavasti pienemmät.

Vaihtoehtojen vertailua ei jatketa enempää, koska jo tässä vaiheessa on selvää, että kyseisen kohteen tilanteeseen ja tarpeisiin ainoa mahdollinen toteutusvaihtoehto on hajautettu tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä. Rakenteellisista haasteista huolimatta myös porraskäytävän ja LJH:n osalta pyritään toteuttamaan tulo- ja poistoilma lämmöntalteenotolla.

9 ILMAMÄÄRIEN MITOITUS

Mitoitusperusteena olen käyttänyt asuinrakennuksen ilmavirtojen vähimmäisvaatimuksia, jotka on esitelty aiemmin kappaleessa kuusi. Mitoitus on hieman vähimmäisvaatimusta suurempi, koska esimerkiksi kaksioiden olohuoneisiin on järkevämpää tuoda esimerkiksi 10 dm³/s tai 12 dm³/s riippuen huoneiston koosta, mi-
nimin 8 dm³/s sijasta (Taulukko 7).

Taulukko 7. As. Oy Haastajanpuisto normaalin käyttötilanteen ilmavirrat

Huoneistot	Tila	Tulo dm ³ /s	Poisto dm ³ /s
1 (26 m ²)	OH	2 x 10	
	PH		-12
	K		-8
	S	6	-6
	yht.	26	-26
2,3,12,13,19,20 (32,5 m ²)	OH	2 x 10	
	PH		-12
	K		-8
	S	6	-6
	yht.	26	-26
4,7,10,11,14,17,18,21 (43 m ²)	OH	10	
	MH	12	
	PH		-12
	K		-10
	S	6	-6
	yht.	28	-28
	6,9,16 (49,5 m ²)	OH	12
MH		12	
PH			-12
K			-12
S		6	-6
yht.		30	-30
5,8,15	OH	10	
	MH 1	12	
	MH 2	8	
	PH		-12
	K		-10
	S	6	-6
	ET		-8
	yht.	36	-36
Porraskäytävä		20	-20
Lämmönjakuhuone		8	-8
yht.	632	632	

10 LAITTEIDEN JA MATERIAALIEN VALINTA

10.1 Ilmanvaihtokone

Huoneistokohtaisena ilmanvaihtokoneena käytetään liesikuvulla varustettua Vallox 51 K MV:tä (Kuvio 14). Porraskäytävän ja LJH:n ilmanvaihtoon käytetään samanlaista konetta ilman liesikupua, joka on malliltaan Vallox 51 MV. Huoneistokohtaisen koneen asennuspaikka sijaitsee keittiössä maustekaapin ja liesikuvun paikalla. Kyseinen konemalli soveltuu käytettäväksi kohteen kaikissa huoneistoissa, jolloin tarvitaan vain yhdenlaisia suodatinpaketteja sekä huollon ja käytönopastuksen toteuttaminen on yhteneväistä. Vallox 51 K MV ja 51 MV on suunniteltu ja valmistettu Suomessa (Vallox 2021).



Kuvio 14. Vallox 51 K MV ilmanvaihtokone (Vallox 2021)

Koneen energialuokitus on A (2018 sertifikaatti) ja lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 70 %, pohjoisen olosuhteen vuorokauden testauksessa -38 °C keskiulkolämpötilalla on saatu 66 % hyötysuhde. LTO on toteutettu ristivastavirtakennolla (Kuvio 15). Myös liesikupua käytettäessä otetaan liesikuvun imemästä

ilmasta lämpöä talteen. Suodattimien vaihto on helppoa ja kokonaisena irrotettava sähkökoonpano parantaa huollettavuutta (Kuvio 15). Vallox 51 K MV on metallirunkoinen ja paloturvallinen keittiöasennukseen. (Vallox 2021.)



Kuvio 15. Vallox 51 K MV ilman etupeltiä (Vallox 2021)

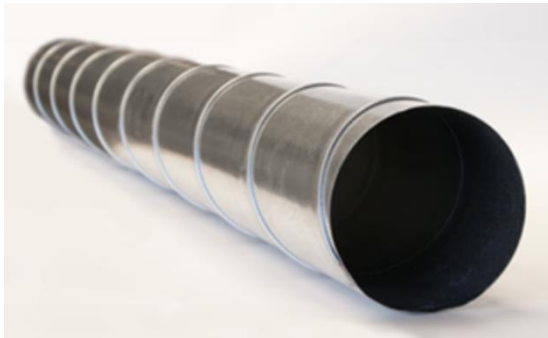
Ilmanvaihtoa pystyy säätämään huoneistokohtaisesti liesikuvun etupaneelissa olevista ikonisista painikkeista (Kuvio 16). Koneen mukana tulevasta ohjainlaitteesta kone voidaan asettaa säätymään myös hiilidioksidi- ja/tai kosteuspitoisuuden perusteella. Toinen ohjausmahdollisuus on koneen liittäminen taloautojärjestelmään (Modbus ja KNX), jolloin konetta voidaan säätää etänä. (Vallox 2021.)



Kuvio 16. Liesikuvun etupaneeli (Vallox 2021)

10.2 Kanavisto ja päätelaitteet

Ilmanvaihtokanaviston materiaaleina käytetään tavanomaista pyöreää kierresaumakanavaa. Kanavan materiaali on sinkitty teräs (Kuvio 17). Kanavaosina käytetään tehdasvalmisteisia kumirengastiivisteliitoksellisiä vakio-osia. Äänenvaimentimina käytetään niin ikään tehdasvalmisteisia valmiita vaimentimia. Ulko- ja ulospuhallusilmakanava eristetään Armaflex solukumieristeellä, joka on vahvuudeltaan 19 mm.



Kuvio 17. Pyöreä kierresaumakanava (FläktGroup 2021)

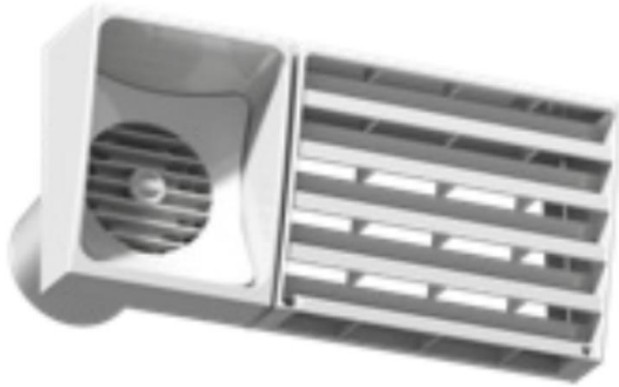
Päätelaitteina käytetään tavanomaisia lautasventtiileitä, KTS-tuloilmaventtiili ja KSO-poistoventtiili (Kuvio 18). Lautasventtiilit asennetaan kanavistoon kumirengastiivistesteellisin KKT-kiinnityskehyksin. Oikosulkuvirtauksen estämiseksi tai vähentämiseksi voidaan joissakin tapauksissa joutua käyttämään erityyppisiä tuloilmaventtiileitä. Oikosulkuvirtauksella tarkoitetaan tilannetta, jossa huoneilmaan sekoittumatonta tuloilmaa kulkeutuu suoraan poistoilmana tilasta pois.



Kuvio 18. KSO-poistoilmaventtiili (FläktGroup 2021)

Huoneistokohtaisen ulkoilman ottamiseen ja ulospuhallusilman poistamiseen käytetään Vallox Out/In Vario seinäpuhallus ja ilmanottolaitetta (Kuvio 19). Lait-

teen rakenne mahdollistaa ulospuhallusnopeuden säädön eri ilmavirroille sopivaksi. Laitteen kätsisyys on vaihdettavissa ja tarvittaessa ulko- ja ulospuhallusilmaosa voidaan sijoittaa eri paikkaan. Vallox Out/In Varion rakenne on suunniteltu vedenerottelukyvyltään hyväksi, jolloin se ei ole myöskään altis jäätymiselle. (Vallox 2021.)



Kuvio 19. Vallox Out/In Vario seinäpuhallus ja ilmanotto-laite (Vallox 2021)

11 KANAVISTON MITOITUS JA REITITYS

11.1 Kanavakokojen valinta

Kohteessa on viittä erilaista ja erikokoista huoneistoa, jotka ovat kooltaan 26 m², 32,5 m², 43 m², 49,5 m² ja 59 m². Alkuperäiset IV-piirrokset (liitteenä 1). Ilmanvaihtokoneen Vallox 51 K MV kanavalähdöt ovat 125 mm, joten pyritään pysymään maksimissaan siinä kanavakoossa. Pää-/kokoojakanavien suurin virtausnopeus halutaan melun välttämiseksi pitää alle 5 m/s. Suurimman huoneistokohtaisen ulkoilmavirran ollessa 36 dm³/s, on virtausnopeus tällöin 2,9 m/s 125 mm kanavakokoa käytettäessä kaavalla (1) laskettuna, jolloin missään huoneistossa ei ole tarvetta käyttää 125 mm suurempaa kanavaa. Liitäntäkanaville virtausnopeus halutaan pitää alle 3 m/s. Suurimman ilmavirran ollessa 12 dm³/s, on virtausnopeus tällöin 1,5 m/s 100 mm kanavakokoa käytettäessä kaavalla (1) laskettuna, jolloin käytetään kaikkien liitäntäkanavien ja päätelaitteiden kokona huoneistoissa 100 mm. Ainoastaan Vallox Out/In Vario seinäpuhallus ja ilmanottolaitteen ulkoseinäläpiviennit tehdään kaikissa huoneistoissa 160 mm kanavalla, koska laitteen liitännät ovat 160 mm. Porraskäytävän poiston ja tulon liitäntäkanavan ja päätelaitteen kokona käytetään 125 mm ja LJH:ssa vastaavasti 100 mm.

$$q_v = vA \quad (1)$$

missä

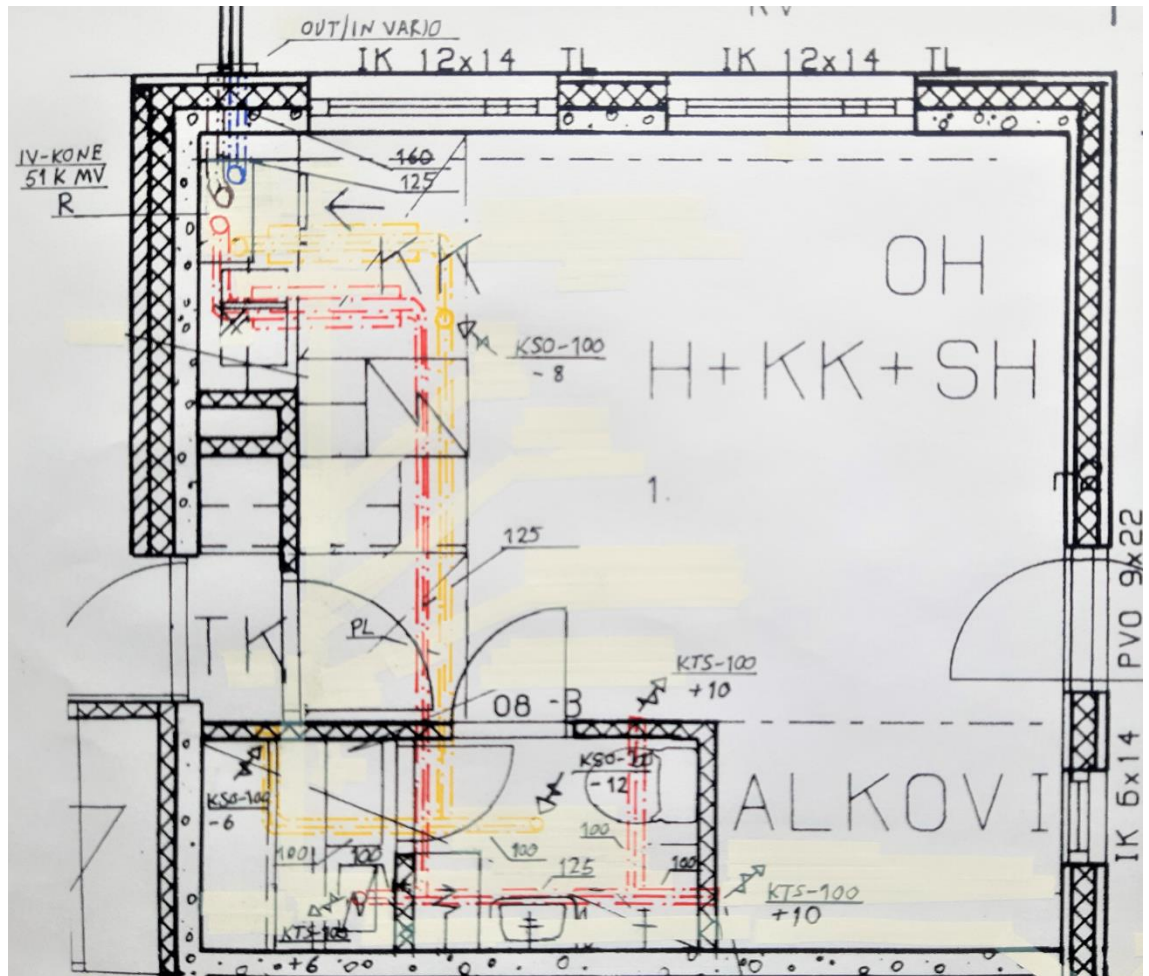
q_v	on	ilman tilavuusvirta [m ³ /s]
v	on	virtauksen nopeus [m/s]
A	on	virtauksen poikkipinta-ala [m ²]

Kokemusperäisesti tiedän, että painehäviölaskentaa ja säätöpeltejä ym. kanavavarusteita ei tarvita tämän kokoisia huoneistokohtaisia järjestelmiä varten. Vallox 51 K MV ilmanvaihtokoneen puhallinnopeuksien portaaton säätö helpottaa ilmavirtojen säätöä oleellisesti. Kohteen kanavistot tasapainotetaan päätelaitteiden avulla.

11.2 Kanaviston reititys huoneistoissa

11.2.1 Huoneisto 1. (H + KK + SH 26 m²)

Kuva on muokattu alkuperäisestä IV-piirroksesta, koska pelkkiä pohjakuvia ei ollut käytettävissä. Rakennuksessa ei ole muita samanlaisia huoneistoja.

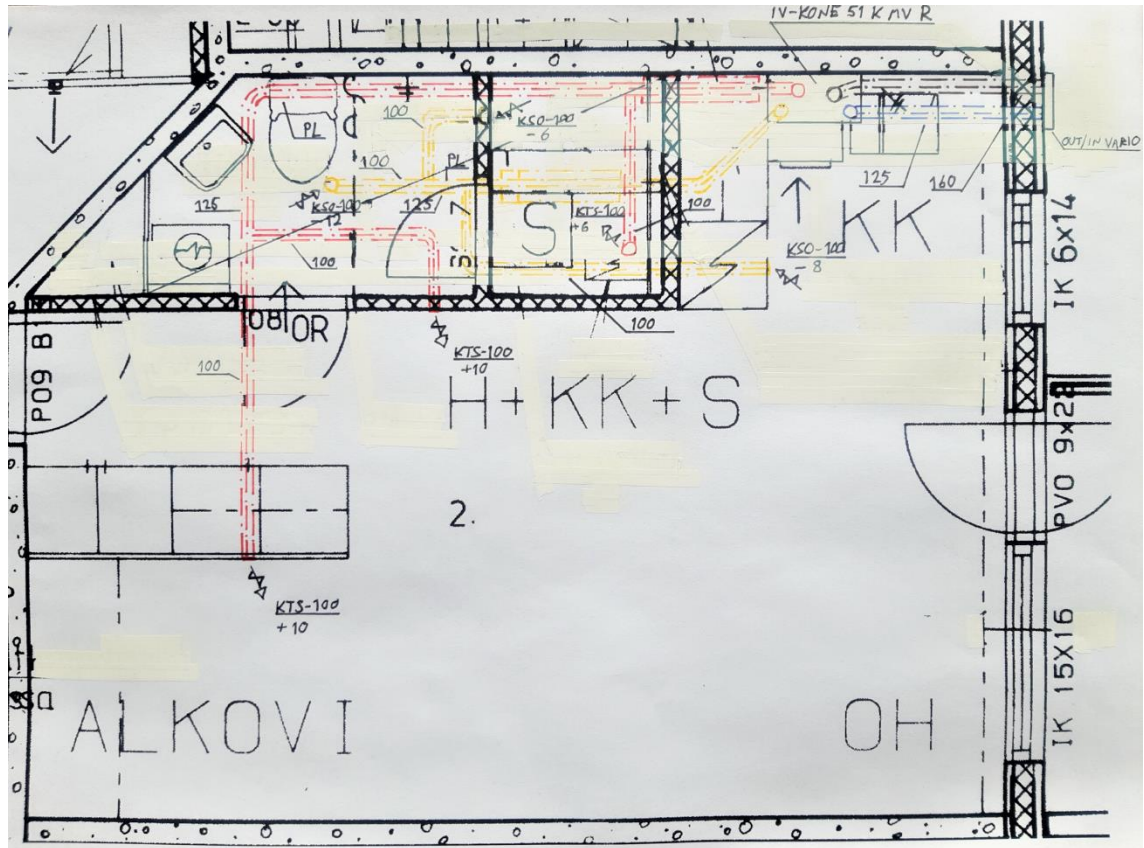


Kuvio 20. Huoneiston 1. kanavisto

Alas laskettua kattoa ei tarvita nykyisellään olemassa olevaa pinta-alaa enempää (Kuvio 20). Ulko- ja ulospuhallusilmakanava eristetään 19 mm Armaflex solukumieristeellä. Saunan poistoilman kytkennässä käytetään seinärakenteeseen asennettavaa suorakaiteen mallista "saunakanavaa". IV-koneen kondenssivesi johdetaan pesualtaan viemärointiin.

11.2.2 Huoneistot 2., 3., 12., 13., 19. ja 20. (H + KK + S 32,5 m²)

Kuva on muokattu alkuperäisestä IV-piirroksesta, koska pelkkiä pohjakuvia ei ollut käytettävissä. Huoneistot 2., 12., ja 19. ovat täysin samanlaisia (Kuvio 21), 3., 13., ja 20. ovat peilikuvia, joten niissä IV-koneen tulee olla vasenkätinen (L).

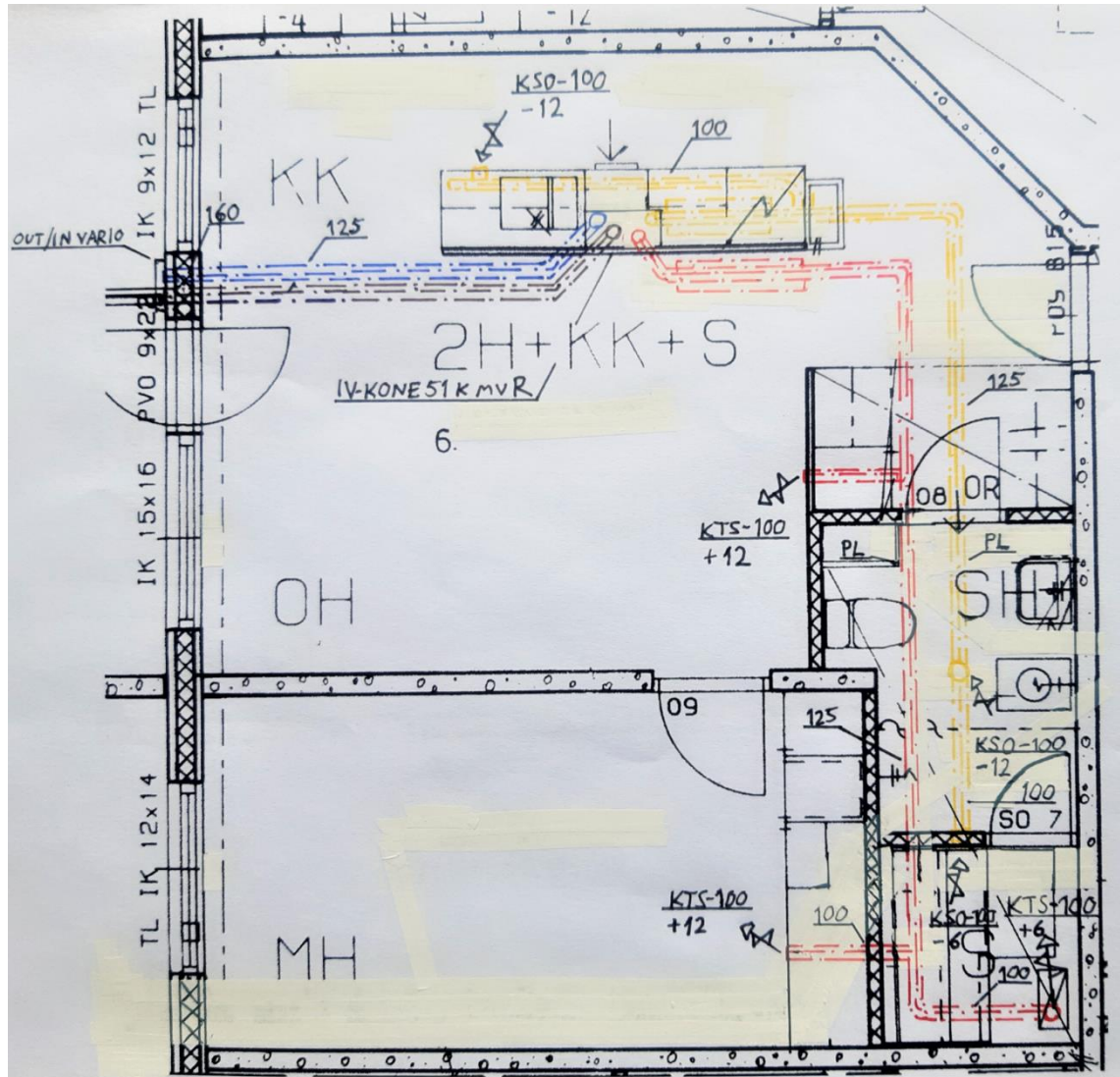


Kuvio 21. Huoneiston 2. kanavisto

Alas laskettua kattoa tarvitaan nykyisellään olemassa olevan pinta-alan lisäksi pesuhuoneen ja alkovin väliselle kanavalle, kotelointi on myös mahdollinen vaihtoehto (Kuvio 21). Ulko- ja ulospuhallusilmakanava eristetään 19 mm Armaflex solukumieristeellä. Saunan poistoilman kytkennässä käytetään seinärakenteeseen asennettavaa suorakaiteen mallista "saunakanavaa". IV-koneen kondenssivesi johdetaan pesualtaan viemärointiin.

11.2.4 Huoneistot 6., 9. ja 16. (2H + KK + S 49,5 m²)

Kuva on muokattu alkuperäisestä IV-piirroksesta, koska pelkkiä pohjakuvia ei ollut käytettävissä. Huoneistot 6., 9. ja 16. ovat täysin samanlaisia (Kuvio 23)

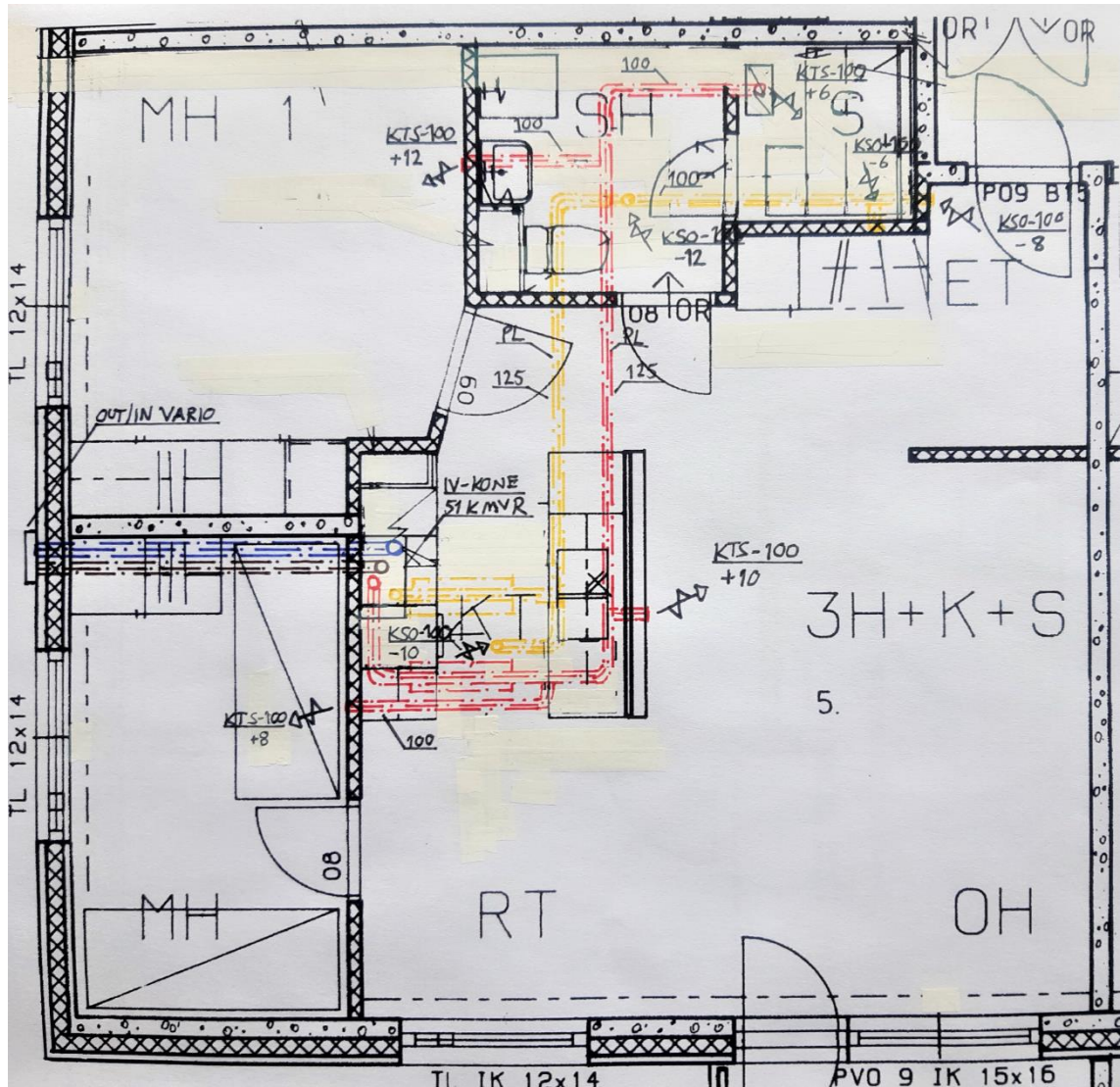


Kuvio 23. Huoneiston 6. kanavisto

Alas laskettua kattoa tarvitaan nykyisellään olemassa olevan pinta-alan lisäksi keittiön ja olohuoneen osalta, kotelointi on myös osittain mahdollinen vaihtoehto. Ulko- ja ulospuhallusilmakanava eristetään 19 mm Armaflex solukumieristeellä. Saunan poistoilman kytkennässä käytetään seinärakenteeseen asennettavaa suorakaiteen mallista "saunakanavaa". IV-koneen kondenssivesi johdetaan pesualtaan viemäröintiin.

11.2.5 Huoneistot 5., 8., ja 15.

Kuva on muokattu alkuperäisestä IV-piirroksesta, koska pelkkiä pohjakuvia ei ollut käytettävissä. Huoneistot 5., 8. ja 15. ovat täysin samanlaisia (Kuvio 24)

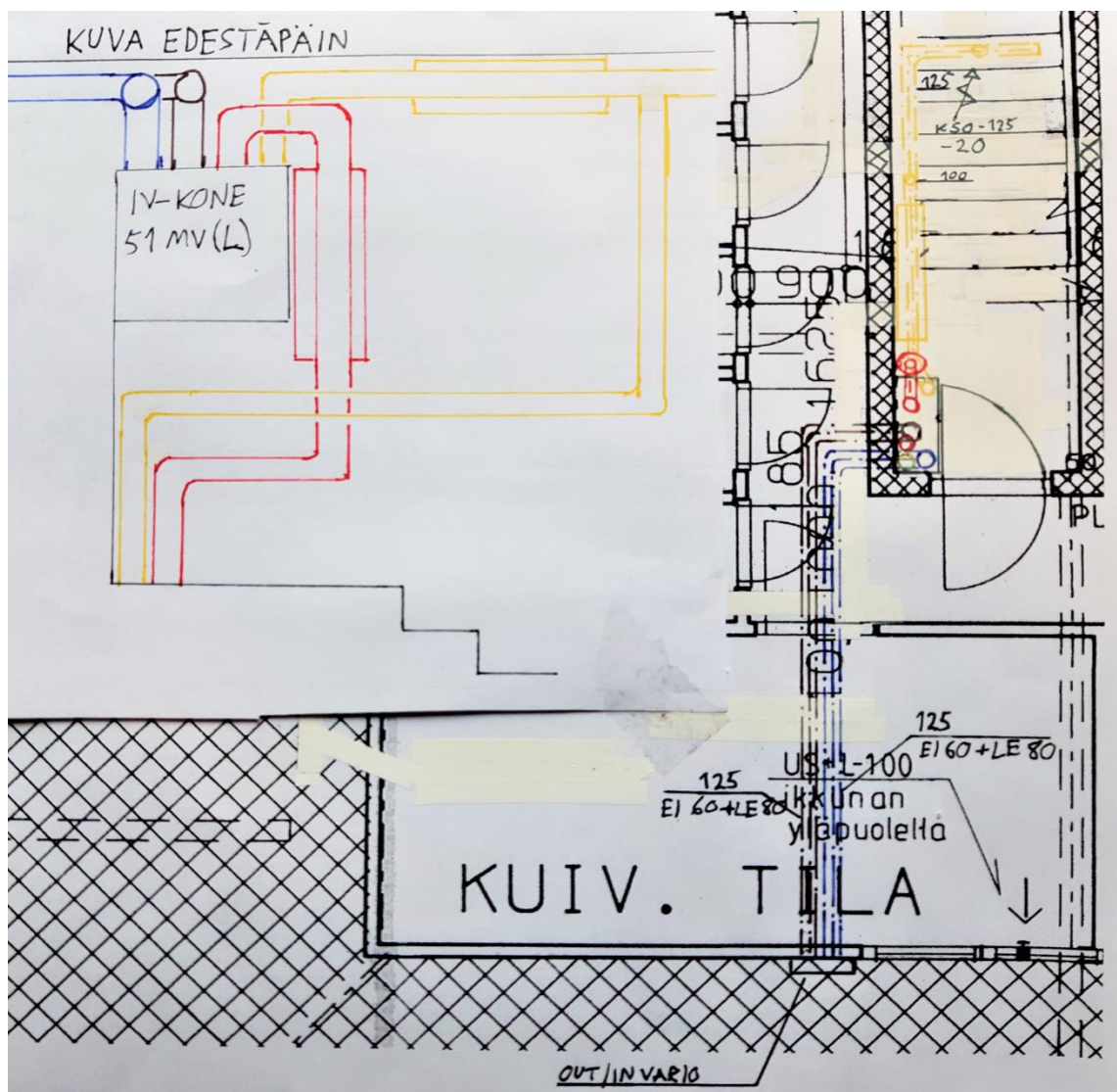


Kuvio 24. Huoneiston 5. kanavisto

Alas laskettua kattoa tarvitaan nykyisellään olemassa olevan pinta-alan lisäksi keittiön ja olohuoneen osalta, kotelointi on myös osittain mahdollinen vaihtoehto. Makuuhuoneessa kanavat koteloidaan. Ulko- ja ulospuhallusilmakanava eristetään 19 mm Armaflex solukumieristeellä. Saunan poistoilman kytkennässä käytetään seinärakenteeseen asennettavaa suorakaiteen mallista "saunakanavaa". IV-koneen kondenssivesi johdetaan pesualtaan viemärointiin, jonka vuoksi lattiaan on tehtävä roilo viemärin asennusta varten.

11.3 Kanaviston reititys porraskäytävä ja LJH

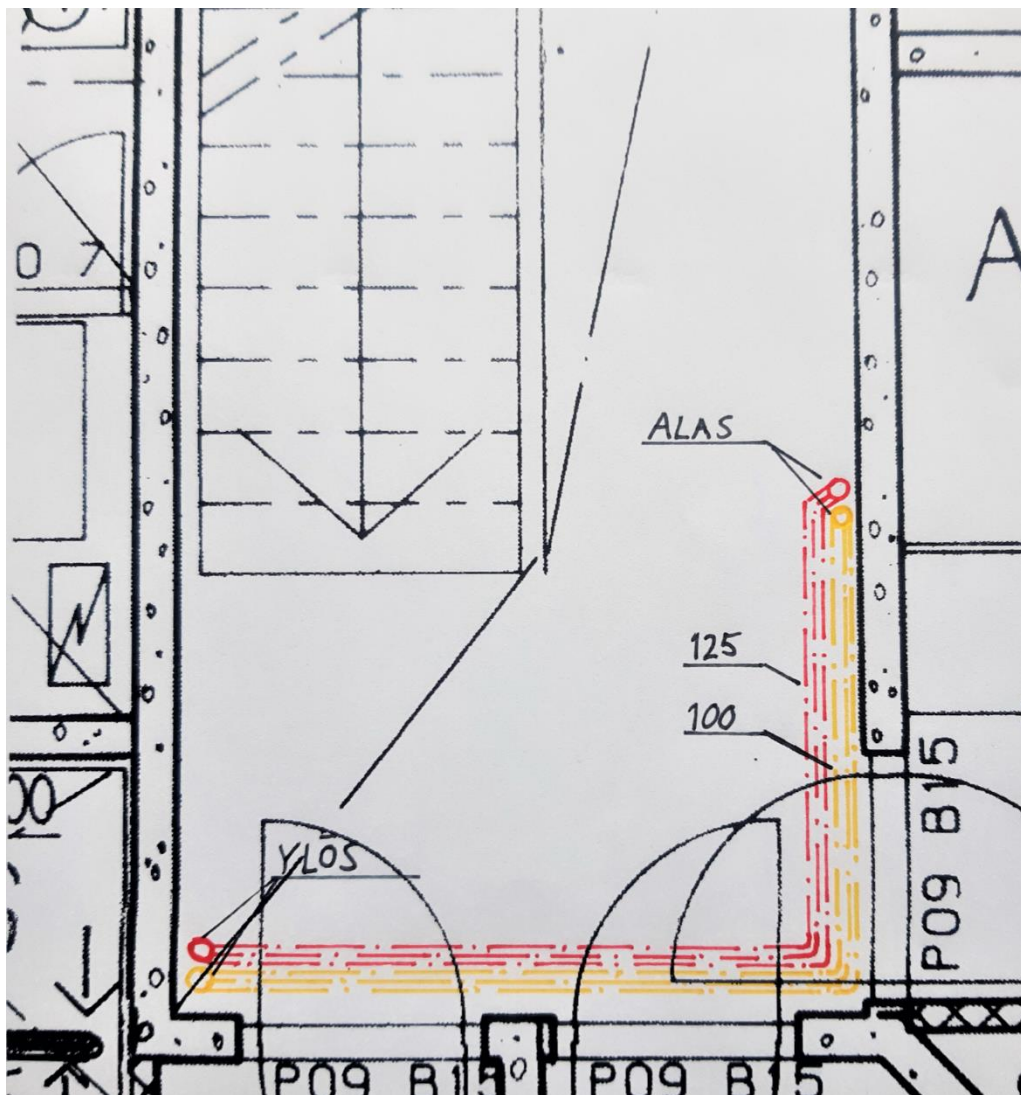
Porraskäytävää ja LJH:ta palvelevan Ilmanvaihtokoneen ulkoilmansaannin toteutuksen suunnittelu osoittautui haastavaksi. Pääsisäänkäynnin yhteydessä ei ole tilaa ulkoilmakanavalle, eikä se ulkokäytäväsijainnin vuoksi olisi muutenkaan hyvä sijoituspaikka. Muualla kaikki ulkoseinät ovat asuintilojen seiniä. Ullakolla puolestaan aumakatto laskeutuu hyvin lähelle ylimmän asuinkerroksen kattoa. Ullakon kuivatus tilaksi nimetyssä huoneessa on ulkoseinää, johon ulkoilmanto voidaan asentaa, mikä myös määräsi koneen sijoituspaikaksi porraskäytävän ylimmän porrashuoneen ullakon tasalla (Kuvio 25). Koneen tulee myös sijaita lämpimässä tilassa. Kuva on muokattu alkuperäisestä IV-piirroksesta, koska pelkkiä pohjakuvia ei ollut käytettävissä.



Kuvio 25. Ullakon kanavisto

Yhteneväisyyden vuoksi ulkoilman ottamiseen ja ulospuhallusilman poistamiseen käytetään tässäkin tapauksessa Vallox Out/In Vario seinäpuhallus ja ilmanottolaitetta. Kotelointia ei tarvita porraskäytävän yläosassa, eikä kuivatus tila nimisessä varastokäytössä olevassa tilassa. Porraskäytävän poistoilma otetaan tilan yläosasta (Kuvio 25). Tulo- ja poistoilmakanava johdetaan IV-koneelta alas porrastasanteen läpi.

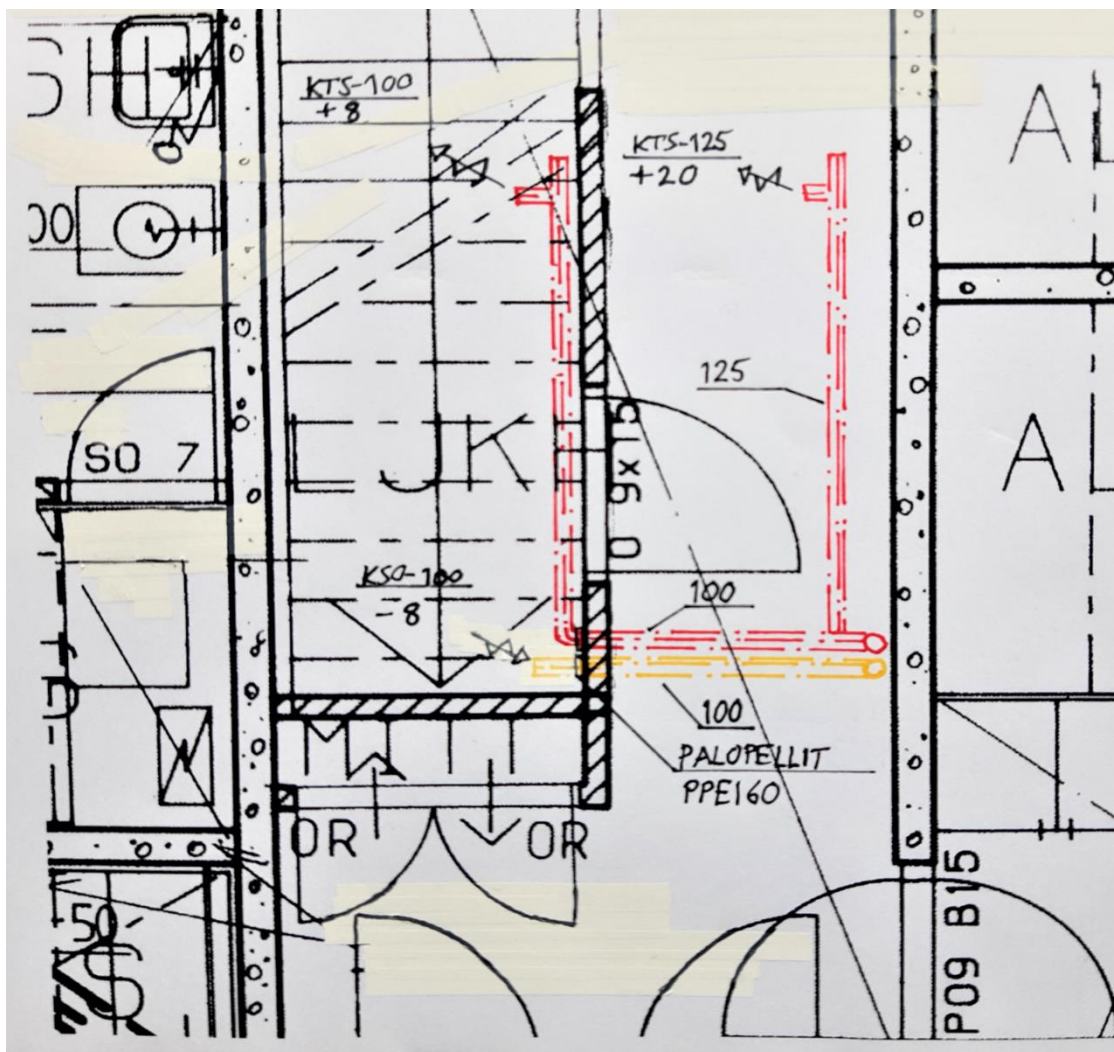
Kolmannessa kerroksessa kanavat johdetaan katon läheisyydessä haluttuun sijaintiin (Kuvio 26.), josta ne johdetaan pystysuorana ensimmäiseen kerrokseen saakka. Porraskäytävän ensimmäisessä, toisessa ja kolmannessa kerroksessa kanavat tulee koteloida. Kuva on muokattu alkuperäisestä IV-piirroksesta, koska pelkkiä pohjakuvia ei ollut käytettävissä.



Kuvio 26. Porraskäytävän kolmannen kerroksen kanavisto

Porraskäytävän ensimmäisestä kerroksesta johdetaan kanavat katon läheisyydessä LJH:n tulo- ja poistoilmaa varten sekä porraskäytävää palvelevalle tuloilmalle (Kuvio 27). IV-koneen kondenssivesiviemäröinti johdetaan koneelta kanavien läheisyydessä porraskäytävätilassa porrastasanteiden läpi alas LJH:ssa olevaan lattiakaivoon.

Pääsisäänkäynnin ulomman oven korvausilmaventtiili poistetaan, reikä paikataan ja ovi tiivistetään. Sisemmän ovirakenteen yläosaan asennetaan 100 mm korvausilmaventtiili ja oven alaosassa oleva säleikkö jätetään paikoilleen. Kuva on muokattu alkuperäisestä IV-piirroksesta, koska pelkkiä pohjakuvia ei ollut käytettävissä.



Kuvio 27. Porraskäytävän ensimmäisen kerroksen kanavisto

Kohteen saneerauksen IV-tarvikeluettelo on liitteenä (Liite 2).

12 VANHAN KANAVISTON PURKU

Huoneistojen kanavistot puretaan pystynousujen läheisyyteen, jossa ne tulpataan ja paloeristetään. Samalla estetään äänien siirtyminen huoneistoista toisiin. Kun pää- tai kokoojakanavassa ei ole kytkettynä yhtään huoneistoa, tulee kanava purkaa ullakolta ja eristää ullakon ja ylimmän asuinkerroksen rajassa. Tällä estetään kosteuden syntyminen kylmän ja lämpimän rajapinnalla, sekä mahdollisen palon leviäminen. Kun kaikki huoneistot on saneerattu ullakolle ei jää vanhaa kanavistoa ja huippuimuri kammioineen puretaan. Korvausilmaputket tulpataan ja eristetään tarvittavilta osin, jolla estetään lämmön, äänen ja palon siirtyminen.

Koska huoneistoja remontoidaan yksi tai yksittäisiä kerrallaan tulee vanhaa järjestelmää säätää tarpeen mukaan. Ilmavirtojen säätö tapahtuu pää- tai kokoojakanavien vanhoilla säätöpelleillä ja tarvittaessa on suoritettava huoneistokohtaista tarkastusta ja säätöä.

13 ILMANVAIHDON ENERGIANKULUTUS

13.1 Ilmanvaihdon energiankulutus korjauksen jälkeen

Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteena käytetään valmistajan ilmoittamaa 70 %, keskimääräisinä ilmamäärinä normaalikäytön 632 dm³/s ja Sodankylän ulko- lämpötilojen kuukauden keskiarvoa vuosilta 1981–2010 (Taulukko 8). Oletetaan LTO:n olevan tarvittaessa käytössä myös kesäkuukausina. Tuloilman lämpötilana käytetään 17 °C.

Taulukko 8. Kuukausien keskilämpötilat Sodankylässä

Kuukausien keskilämpötilat Sodankylässä 1981-2010	
Kuukausi	Lämpötila °C
Tammi	-13,5
Helmi	-12,7
Maalis	-7,6
Huhti	-1,4
Touko	+5,1
Kesä	+11,4
Heinä	+14,3
Elo	+11,4
Syys	+6,1
Loka	-0,1
Marras	-7,2
Joulu	-11,8

LTO:n kuukauden keskimääräinen teho lasketaan kaavalla (2).

$$\phi_{lto} = \eta_{a,ivkone} t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} (T_s - T_u) \quad (2)$$

missä

ϕ_{lto}	on	LTO:n kuukauden keskimääräinen teho [W]
$\eta_{a,ivkone}$	on	LTO:n vuosihyötysuhde
t_d	on	vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24 h
t_v	on	viikottainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
ρ_i	on	ilman tiheys [kg/m ³]
c_{pi}	on	ilman ominaislämpökapasiteetti [J/kgK]
$q_{v,poisto}$	on	poistoilmavirta [m ³ /s]
T_s	on	sisäilman lämpötila [°C]
T_u	on	ulkoilman lämpötila [°C]

Esimerkkilasku LTO:n tammikuun keskimääräinen teho:

$$\phi_{lto} = 0,70 * (24 \text{ h}/24 \text{ h}) * (7 \text{ vrk}/7 \text{ vrk}) * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ J/kgK} * 0,632 \text{ m}^3/\text{s} * [21 \text{ }^\circ\text{C} - (-13,5 \text{ }^\circ\text{C})] = 18315 \text{ W} = 18,3 \text{ kW}$$

Ilmanvaihdesta talteen otettava energia lasketaan kaavalla (3).

$$Q_{lto} = \phi_{lto} \Delta t \quad (3)$$

missä

Q_{lto}	on	ilmanvaihdesta talteen otettu energia [kWh]
ϕ_{lto}	on	LTO:n kuukauden keskimääräinen teho [W]
Δt	on	ajanjakson pituus, h

Esimerkkilasku tammikuun talteen otettava energia:

$$Q_{lto} = 18,315 \text{ kW} * 24 \text{ h} * 31 \text{ d} = 13626 \text{ kWh}$$

Taulukko 9. Talteen otettava energia

Kuukausien keskilämpötilat, LTO:n keskiteho ja talteen otettava energia			
Kuukausi	Lämpötila °C	kk. Keskiteho kW	Talteen otettava energia kWh
Tammi	-13,5	18,3	13626
Helmi	-12,7	17,9	12023
Maalis	-7,6	15,2	11296
Huhti	-1,4	11,9	8562
Touko	+5,1	8,4	6280
Kesä	+11,4	7,3	3669
Heinä	+14,3	3,6	2646
Elo	+11,4	7,3	3669
Syys	+6,1	7,9	5885
Loka	-0,1	11,2	8065
Marras	-7,2	15	11138
Joulu	-11,8	17,4	12537
		yht.	99396

Vuotuinen talteen otettavan energian määrä 99396 kWh on merkittävä, esimerkiksi sähköenergiana sen hinta olisi noin 10000 €. (Taulukko 9). Koska käytettävät IV-koneet on varustettu automaattisella LTO:n ohitus pellillä, lämpöä otetaan talteen myös kesäkuukausien viileinä ajankohtina.

Lämpötila LTO:n jälkeen lasketaan kaavalla (4).

$$T_{lto} = T_u + \frac{\phi_{lto}}{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo}} \quad (4)$$

missä

T_{lto}	on	lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen [°C]
T_u	on	keskimääräinen ulkoilman lämpötila [°C]
ϕ_{lto}	on	LTO:n kuukauden keskimääräinen teho [W]
t_d	on	vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24 h
t_v	on	viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
ρ_i	on	ilman tiheys [kg/m ³]
c_{pi}	on	ilman ominaislämpökapasiteetti [J/kgK]
$q_{v,tulo}$	on	tuloilmavirta [m ³ /s]

Esimerkkilasku tammikuun keskimääräinen lämpötila LTO:n jälkeen:

$$T_{lto} = -13,5 \text{ °C} + 18315 \text{ W} / [(24 \text{ h}/24 \text{ h}) * (7 \text{ vrk}/7 \text{ vrk}) * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ J/kgK} * 0,632 \text{ m}^3/\text{s}] = 10,65 \text{ °C}$$

IV-koneen sähköpatterilla tapahtuvan ilman lämmityksen lämmitysenergian tarve lasketaan kaavalla (5).

$$Q_{iv} = t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} ((T_{sp} - \Delta T_{puhallin}) - T_{lto}) \Delta t \quad (5)$$

missä

Q_{iv}	on	ilmanvaihdon lämmityksen energiantarve [kWh]
t_d	on	vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24 h
t_v	on	viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
ρ_i	on	ilman tiheys [kg/m ³]
c_{pi}	on	ilman ominaislämpökapasiteetti [J/kgK]
$q_{v,tulo}$	on	tuloilmavirta [m ³ /s]
T_{sp}	on	sisäänpuhallusilman lämpötila [°C]
$\Delta T_{puhallin}$	on	lämpötilan nousu puhaltimessa [°C], (arvio 0,3 °C)

Esimerkkilasku tammikuun sähköpatterilla tapahtuvan ilman lämmityksen lämmitysenergian tarve:

$$Q_{iv} = (24 \text{ h}/24 \text{ h}) * (7 \text{ vrk}/7 \text{ vrk}) * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ J/kgK} * 0,632 \text{ m}^3/\text{s} * [(17 \text{ °C} - 0,3 \text{ °C}) - 10,65 \text{ °C}] * 24 \text{ h} * 31 \text{ d} = 3414 \text{ kWh}$$

Tuloilman lämpenemiseen tilassa kuluva energia lasketaan kaavalla (6)

$$Q_{iv,tuloilma} = t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t \quad (6)$$

missä

$Q_{iv,tuloilma}$	on	tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen energiantarve [kWh]
t_d	on	vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24 h
t_v	on	viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
ρ_i	on	ilman tiheys [kg/m ³]
c_{pi}	on	ilman ominaislämpökapasiteetti [J/kgK]
$q_{v,tulo}$	on	tuloilmavirta [m ³ /s]
T_s	on	sisäilman lämpötila [°C]
T_{sp}	on	sisäänpuhallusilman lämpötila [°C]
Δt	on	ajanjakson pituus, h

Esimerkkilasku tuloilman lämpenemiseen tilassa kuluva energia tammikuussa:

$$Q_{iv,tuloilma} = (24 \text{ h}/24 \text{ h}) * (7 \text{ vrk}/7 \text{ vrk}) * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ J/kgK} * 0,632 \text{ m}^3/\text{s} * (21 \text{ °C} - 17 \text{ °C}) * 24 \text{ h} * 31 \text{ d} = 2257 \text{ kWh}$$

Taulukko 10. Lämpötila LTO:n jälkeen, tuloilman lämpenemiseen tilassa kuluva energia ja sähköpatterin energiantarve

Kuukausien keskilämpötilat, LTO:n jälkeinen lämpötila, tuloilman lämpenemiseen tilassa kuluva energia ja sähköpatterin energiankulutus				
Kuukausi	Lämpötila °C	Lämpötila LTO:n ja puhaltimen jälkeen °C	Tuloilma tilassa kWh	Sähköpatteri kWh
Tammi	-13,5	11	2257	3414
Helmi	-12,7	11,2	2039	2956
Maalis	-7,6	12,7	2257	2426
Huhti	-1,4	14,6	2184	1311
Touko	+5,1	16,5	2257	282
Kesä	+11,4	18,4	1420	0
Heinä	+14,3	19,6	790	0
Elo	+11,4	18,4	1420	0
Syys	+6,1	16,7	2257	169
Loka	-0,1	15	2184	1092
Marras	-7,2	12,6	2257	2483
Joulu	-11,8	11,4	2184	3058
		yht.	23506	17191

Vallox ilmoittaa puhaltimien tehoksi 0,035 kW (Vallox 2021). Vuotuinen keskimääräinen teho on tällöin noin 0,025 kW. Puhaltimia on yhteensä 44 kappaletta, jolloin vuotuinen energiankulutus on $44 * 0,025 \text{ kW} * 24 \text{ h} * 365 \text{ d} = 9636 \text{ kWh}$.

Ilmastoinnin kuluttama sähköenergia muodostuu jälkilämmityspattereiden ja puhaltimien kulutuksesta, joka on yhteensä 17191 kWh + 9636 kWh = 26872 kWh. Tuloilman lämpenemiseen tilassa kuluva energia on kaukolämmöllä tuotettua ja sen tarve on 23506 kWh (Taulukko 12). Vuodessa IV:n kuluttaman sähköenergian hinta on 26872 kWh * 0,10 €/kWh = 2687,20 € ja kaukolämpöenergian 23506 kWh * 0,062 €/kWh = 1457,4 €, yhteensä **4144,60 €**.

13.2 Ilmanvaihdon energiankulutus ennen korjausta

Poistoilmanvaihdon ilmamäärä on 0,646 m³/s ja tehostuksen aikana noin 0,970 m³/s. Tehostuksen ajankohdat ovat maanantaista perjantaihin kello 6.30-9.00, 10.30-12.00 ja 15.30-17.00, sekä lauantaista sunnuntaihin kello 7.30-9.30, 11.00-13.00, 15.00-17.00 ja 19.00-21.30. Arkisin normaalikäyttöä on 18 h 30 min ja tehostuskäyttöä 5 h 30 min. Viikonloppuisin normaalikäyttöä on 15 h 30 min ja tehostuskäyttöä 8 h 30 min. Tällöin keskiarvoksi muodostuu 17 h 40 min normaalikäyttöä ja 6 h 20 min tehostuskäyttöä vuorokaudessa ja ilmamäärän keskiarvoksi 731 m³/s.

Korvausilman lämpenemiseen tilassa kuluva energia lasketaan kaavalla (7)

$$Q_{iv,korvausilma} = t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,korvausilma} (T_s - T_u) \Delta_t \quad (7)$$

missä

$Q_{iv,korv.}$	on	tilassa tapahtuvan korvausilman lämpenemisen energiantarve [kWh]
t_d	on	vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24 h
t_v	on	viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
ρ_i	on	ilman tiheys [kg/m ³]
c_{pi}	on	ilman ominaislämpökapasiteetti [J/kgK]
$q_{v,korv.}$	on	korvausilmavirta [m ³ /s]
T_s	on	sisäilman lämpötila [°C]
T_{sp}	on	sisäänpuhallusilman lämpötila [°C]
Δ_t	on	ajanjakson pituus, h

Esimerkkilasku korvausilman lämpenemiseen tilassa kuluva energia tammi-kuussa:

$$Q_{iv,korvausilma} = (24 \text{ h}/24 \text{ h}) * (7 \text{ vrk}/7 \text{ vrk}) * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ J/kgK} * 0,731 \text{ m}^3/\text{s} * [(21 \text{ °C} - (-13,5 \text{ °C})) * 24 \text{ h} * 31 \text{ d} = 22516 \text{ kWh}$$

Taulukko 11. Korvausilman lämpenemiseen tilassa kuluva energia

Kuukausien keskilämpötilat ja korvausilman lämpenemiseen kuluva energia		
Kuukausi	Lämpötila °C	Korvausilman lämpeneminen tilassa kWh
Tammi	-13,5	20264
Helmi	-12,7	17879
Maalis	-7,6	16799
Huhti	-1,4	14147
Touko	+5,1	10377
Kesä	+11,4	6063
Heinä	+14,3	4373
Elo	+11,4	6063
Syys	+6,1	9724
Loka	-0,1	13326
Marras	-7,2	18404
Joulu	-11,8	18644
		156063

Tammi-, helmi-, maalis- ja joulukuun energiasta on vähennetty 10 %, koska IV:n tehostusta ei tapahdu lämpötilan ollessa -20 °C tai kylmempi (Taulukko 11).

Huippumurin teho on 0,37 kW ja puoliteholla oletettavasti vähän pienempi. Arvio vuotuiseksi keskimääräiseksi tehoksi kello-ohjauksineen ja toimineen 0,3 kW. Vuotuinen sähköenergian kulutus on $0,3 \text{ kW} * 24 \text{ h} * 365 \text{ d} = 2628 \text{ kWh}$. Korvausilman lämpenemiseen tilassa kuluu 156063 kWh kaukolämmöllä tuotettua energiaa. Vuodessa IV:n kuluttaman sähköenergian hinta on $2628 \text{ kWh} * 0,10 \text{ €/kWh} = 262,80 \text{ €}$ ja kaukolämpöenergian $156063 \text{ kWh} * 0,062 \text{ €/kWh} = 9675,90 \text{ €}$, yhteensä **9938,70 €**.

14 KUSTANNUSARVIO JA TAKAISINMAKSUAIKA

14.1 Kustannusten suuruusluokka

Kohteen IV-saneeraukseen liittyy useita kokonaiskustannukseen vaikuttavia tekijöitä, joten **kustannusarvio on karkea ja suuntaa antava**. Aiemmin esille tulleilla suunnitelmilla, kuten luvut 10 ja 11 voidaan haluttaessa pyytää tarjouksia eri osa-alueiden toteutuksista. Koska IV-saneeraus on tarkoitus tehdä huoneistoremontin yhteydessä, huomioidaan arvioituihin kustannuksiin vain juuri IV-saneerauksesta johtuvat kustannukset. Saunan ja pesuhuoneen kattojen aukaiseminen ja takaisin panelointi kuuluvat muun huoneistoremontin kustannuksiin, kuten myös keittiön ja muiden kaapistojen uusiminen. Laskelmissa on huomioitu eri koosten huoneistojen, porraskäytävän ja ullakotilan tilakohtaiset materiaali- ja työaikatärpeet.

IV-tarvikkeiden kustannukset ilman Vallox tuotteita ovat 25741 € (Liite 3). Tämä hinta ei sisällä myöskään kannakointitarvikkeita, ruuveja, niittejä, teippejä ja kondenssivesiviemärointiä eikä purkamisen yhteydessä tarvittavia tulppaus- ja eristystarvikkeita mukaan lukien ullakotila. Näille kokemusperäisesti keskiarvo on 250 €/huoneisto, myös porraskäytävä huomioidaan tässä huoneistona, eli yhteensä $250 \text{ €} \cdot 22 = 5500 \text{ €}$. Vallox Out/In Vario hinta on 81 € kappale (Vallox Oy 21.5.2021), eli yhteensä $81 \text{ €} \cdot 22 = 1773 \text{ €}$. Vallox 51 K MV hinta on 1922 € ja Vallox 51 MV 1550 € (Vallox Oy 21.5.2021), eli yhteensä $1922 \text{ €} \cdot 21 + 1550 \text{ €} = 41912 \text{ €}$. IV-tarvikkeet yhteensä $25271 \text{ €} + 5500 \text{ €} + 1773 \text{ €} + 41912 \text{ €} = \mathbf{74926 \text{ €}}$. IV-asennustyöhön kuluu kokemusperäisesti keskimäärin 30 tuntia huoneistoa kohti sisältäen ullakolla tapahtuvat purkutyöt ja aiheutuvat säätötyöt, reiänteko kuuluu rakennustöihin. IV-asennustyön kustannukset yhteensä ovat $30 \text{ h} \cdot 70 \text{ €/h} \cdot 22 = \mathbf{46200 \text{ €}}$.

IV-asennuksista johtuvan ylimääräisen koteloinnin ja poistuvan kammion paikkauksen materiaalit huoneistoa kohti ovat kokemusperäisesti keskimäärin 400 €, myös porraskäytävä huomioidaan tässä huoneistona, eli yhteensä $400 \text{ €} \cdot 22 = \mathbf{8800 \text{ €}}$. Keskimääräinen rakennustyöaika huoneistoa kohti sisältäen koteloinnin tasoituksineen, maalauksineen ja listoituksineen, sekä reiänteon ja kammion

kohdan paikkauksen vesikatolla ovat kokemusperäisesti 28 tuntia. Rakennustyön kustannukset ovat yhteensä $28 \text{ h} * 65 \text{ €/h} * 22 = 40040 \text{ €}$.

IV-asennuksia varten tarvittavat sähkötarvikkeet huoneistoa kohti ovat kokemusperäisesti keskimäärin 150 €, myös porraskäytävä huomioidaan tässä huoneistona, eli yhteensä $150 \text{ €} * 22 = 3300 \text{ €}$. IV-saneerauksen osalta keskimääräinen sähköasennustyö huoneistoa kohti on kokemusperäisesti 4 tuntia sisältäen vanhan huippuimurin purkamisen ohjauksineen. Sähköasennustyön kustannukset ovat yhteensä $4 \text{ h} * 70 \text{ €/h} * 22 = 6160 \text{ €}$. Kohteen olemassa olevat pääsulakkeet ja huoneistokohtaiset varokkeet ovat kooltaan riittävät, eikä niitä tarvitse muuttaa IV-saneerauksen seurauksena. IV-koneet kytketään huoneistojen mittaukseen, porraskäytävän kone kytketään rakennuksen yleissähköön.

Kokonaiskustannusarvio on $74926 \text{ €} + 46200 \text{ €} + 8800 \text{ €} + 40040 \text{ €} + 3300 \text{ €} + 6160 \text{ €} = 179426 \text{ €}$, kaikki hinnat sisältävät arvonlisäveron. Kustannusarvio koskee vain tätä yksittäistä kohdetta.

14.2 Takaisinmaksuaika

Kohteen IV-saneeraukseen liittyy useita kokonaiskustannukseen vaikuttavia tekijöitä, joten **arvio takaisinmaksuajasta on karkea ja suuntaa antava**. Lisäksi rahoitus- ja verojärjestelyt sekä energianhinnanmuutokset voivat vaikuttaa huomattavasti takaisinmaksuajan pituuteen. Kaukolämmön hinnalla on suurella todennäköisyydellä huomattavaa nousupainetta lähitulevaisuudessa, koska turpeenkäytöstä pyritään luopumaan ja samaan aikaan metsäteollisuuden puun kysyntä kasvaa. Sähkön hintakaan ei todennäköisesti laske, ainakaan kovin merkittävästi.

Huoneistojen IV-koneiden vuotuinen sähkönkulutus on keskimäärin 120 € huoneistoa kohti ja kustannus suunnataan huoneiston käyttäjälle. Suodattimien vaihdosta ja LTO-kennon puhtaanapidosta koituvat kulut kuuluvat taloyhtiölle. Suodattimet vaihdetaan kerran vuodessa loppusyksystä ja samalla kertaa LTO-kennon pestään. Suodatinpakkauksen hinta on luokkaa 30 € ja kiinteistöhuoltotyö kokemusperäisesti puoli tuntia IV-konetta kohti, yhteensä $30 \text{ €} * 22 + 25 \text{ €} * 22 = 1210 \text{ €}$.

Ilmanvaihdon taloyhtiölle aiheuttama vuotuinen energiakustannus ennen remonttia on 9938,70 €. Remontin jälkeen kustannus on 1457,4 € + porraskäytävän IV-koneen sähkönkulutus noin 180 € + suodattimien vaihdosta ja LTO-kennojen pestusta koitua 1210 €, eli yhteensä 2847,4 €. Vuotuinen säästö remontin jälkeen on $9938,70 \text{ €} - 2847,4 \text{ €} = 7091,3 \text{ €}$.

Toteutettaessa saneeraus neljän vuoden ajanjaksolla voisi kulut mahdollisesti saada jyvitettyä perusparannuksena neliöperustaisesti ja saada vuokraustoiminnassa poistoon pääomaveron suuruisen 30 % ja 30000 € pääomatulon ylittävältä osalta 34 %. Tällöin 30 % perusteella takaisinmaksuaika voisi olla $179426 \text{ €} * 0,70 / 7091,3 \text{ €} = 17,7$ vuotta, eli noin **20 vuotta**, toteutettaessa saneeraus neljän vuoden ajanjaksolla. Voisi olettaa kaukolämmön hinnan nousevan lähitulevaisuudessa Sodankylän nykyisestä 62 €/MWh:sta noin 80 €/MWh tasolle. Tämä tarkoittaisi vuotuiseksi säästökseen remontin jälkeen 9477,4 € ja takaisinmaksuajaksi vastaavalla tavalla laskettuna noin **15 vuotta**. Mahdolliset rahoituskulut ja vero-suunnittelu on huomioitava tarkoin lopullista takaisinmaksuaikaa arvioitaessa, suuruusluokan kuitenkin ollessa **15–25 vuotta**.

15 POHDINTA

Saneerauksen laajuus ja kustannukset kasvoivat huomattavan suuriksi. Jo varhaisessa vaiheessa oli kuitenkin selvää, ettei tämäntyppisessä kohteessa ole kevyttä ja yksinkertaista korjausratkaisua olemassa olevien vikojen ja puutteiden parantamiseksi. Korjauskustannusten suuruus ei valitettavasti kaikelta osin palvele vuokraustoimintaa oikein hyvin, koska korjauksen takaisinmaksu pitää vuokratulot alhaisina huomattavan pitkään.

Toisaalta kiinteistö on tullut 30 vuoden ikään ja huoneistoremontit alkavat olla ajankohtaisia. IV-saneerauksen toteuttaminen huoneistoremontin yhteydessä olisi kuitenkin käytännöllistä ja järkevää. Sijoitustoiminnassa huoneistoremontin ja IV-remontin toteuttaminen ennen huoneiston tai huoneistojen myyntiä voisi olla kannattavaa ja tuottaa voittoa lyhyellä aikavälillä.

Tämänkaltaisia saneerauksia kuitenkin tehdään ja tullaan tulevaisuudessa tekemään myös kohteisiin, joissa toiminta ja tavoitteet eivät perustu sijoitus ja/tai vuokraustoimintaan. IV-saneeraukseen ryhtymisen syy voi myös olla pääpainoltaan taloudellisten tekijöiden sijaan asumisviihtyvyyden parantaminen ja energiatehokkuuden parantumisesta johtuva ympäristöystävällisempi ratkaisu.

Kohteen tarpeita parhaiten palveleva korjausratkaisu ja soveltuvin ilmanvaihtojärjestelmä saatiin selvitettyä. Toteutettaessa suunnitelma poistoilman lämmöstä suurin osa saadaan talteen, tuloilma on suodatettua, liesituuletin imee oikein ja ilmanvaihdon huoneistokohtainen säätäminen on mahdollista. Eri tilojen ilmavirtojen ja kanavakokojen mitoitus, kanavien reitityksen suunnittelu ja piirtäminen kattaen kaikki rakennuksen tilat on tehty kattavasti. Myös IV-tarvikeluettelon ja suuntaa antavien kustannus- ja takaisinmaksuaika-arvion laatiminen on tehty.

Opinnäytetyön alkuun ennen varsinaisen kohteen tutkimusta on kirjoitettu kattava kokonaisuus sisäilmanlaatuun liittyvistä asioista ja yleistietoa asuinkerrostalojen ilmanvaihdosta, ilmanvaihtojärjestelmistä, ilmastointikoneista ja ilmavirtojen mitoituksesta.

Kokonaisuudessaan työ on kattava, onnistunut ja vastaa hyvin toimeksiantajan esittämiin tarpeisiin. Tätä opinnäytetyötä voidaan hyödyntää soveltaen myös

muissa samankaltaisissa tapauksissa, joita on mittava määrä odottamassa ennemmin tai myöhemmin tapahtuvaa saneerausta.

LÄHTEET

FINVAC 2019. Opas asuinrakennuksen ilmanvaihdon mitoitukseen. 6–9. Viitattu 19.5.2021 https://finvac.org/wp-content/uploads/2020/06/Opas_asuinrakennusten_ilmanvaihdon_mitoitukseen_2019.pdf

FläktGroup 2021 Tuotteet. Viitattu 15.5.2021. <https://www.flaktgroup.com/fi/tuotteet/>

Halme, A. & Seppänen, O. 2002. ILMASTOINNIN ÄÄNITEKNIikka. 2. Jyväskylä: Gummerus.

Rakennustieto 2018. RT 07-11299. Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. 5–7.

Sandberg, E. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointitekniikka osa 1. 7, 22–23, 37, 40–42, 47, 51, 53–54, 56–57, 59–61, 68, 113, 115–116, 120–125, 155–160, 164–165. Tampere: Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Seppänen, O. & Seppänen, M. 1996. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. 160. Jyväskylä: Sisäilmayhdistys ry.

Talotekniikkainfo 2021. SISÄILMASTO JA ILMANVAIHTO -OPAS, PÄIVITETTY 10.6.2010. Viitattu 11.5.2021 <https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>

Vallox 2021. Tuotteet. Vallox Ilmanvaihtokoneet. Vallox 51 K MV. Viitattu 15.5.2021 https://www.vallox.com/tuotteet/vallox_ilmanvaihtokoneet/vallox_51_mv.html

Ympäristöministeriö 20.12.2017/1009.

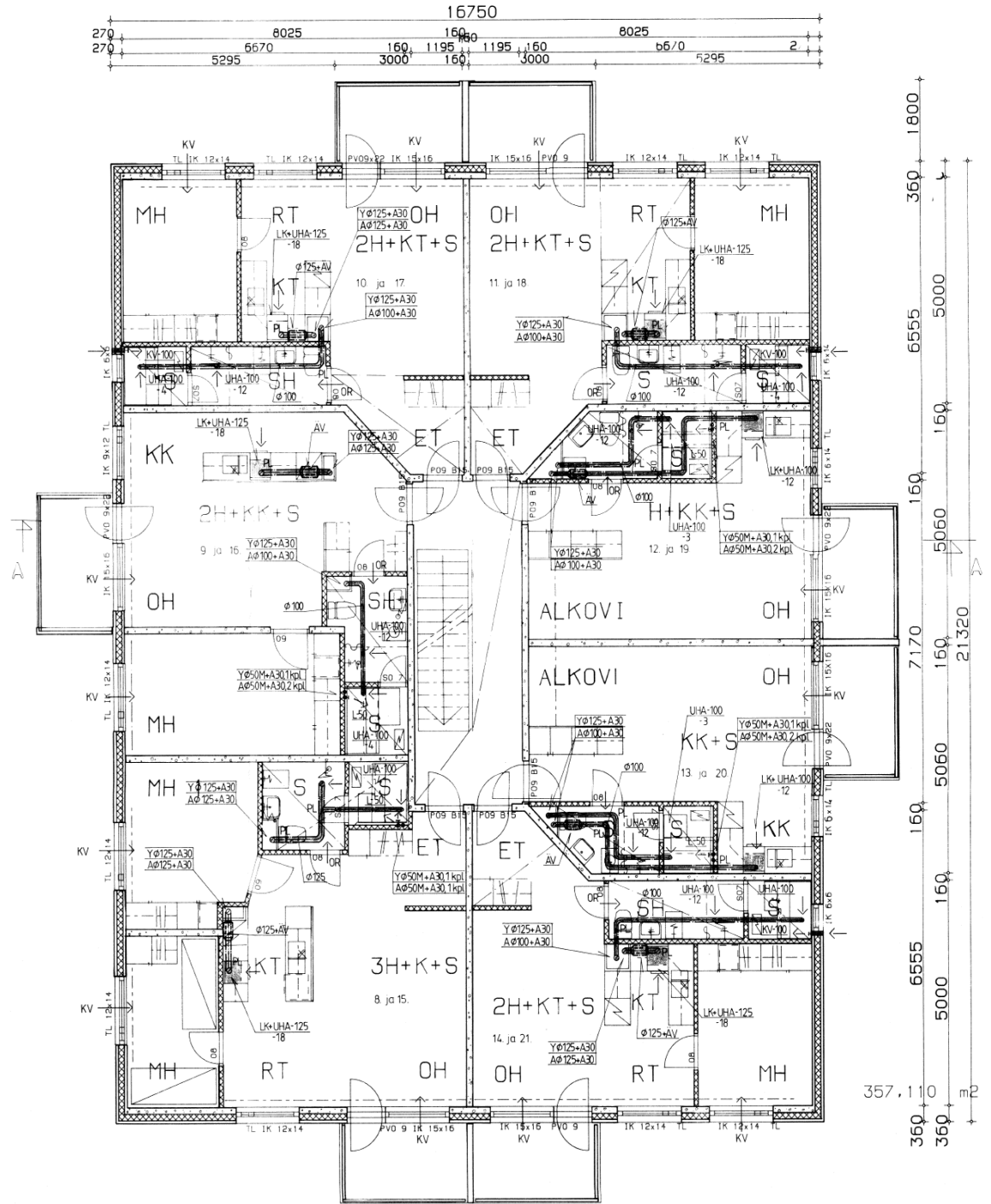
LIITTEET

Liite 1. Alkuperäiset LVI-piirrokset

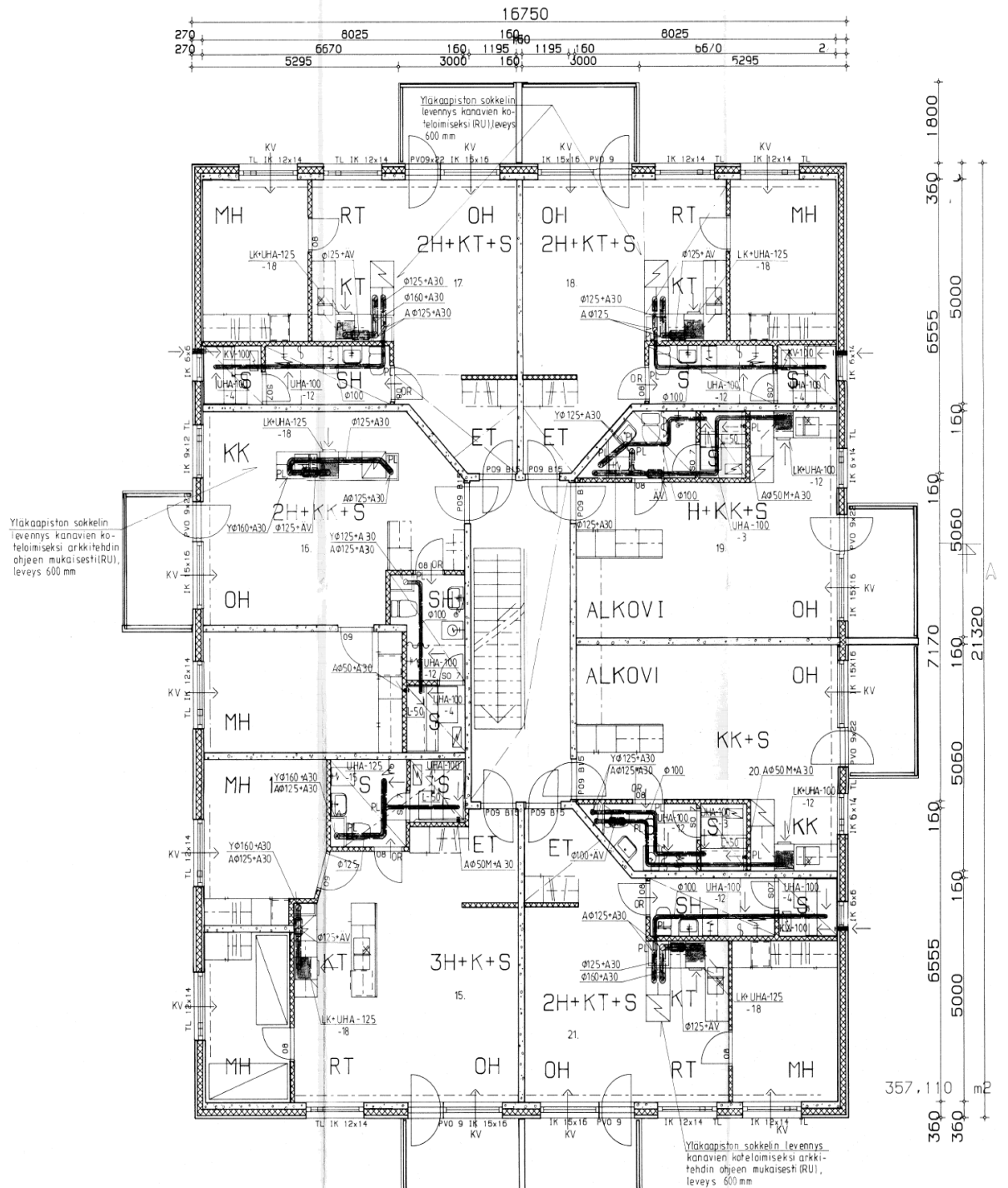
Liite 2. IV-tarvikeluettelot

Liite 3. IV-tarvikkeiden hinta (ei sisällä Vallox tuotteita, ne löytyvät sivulta 62)

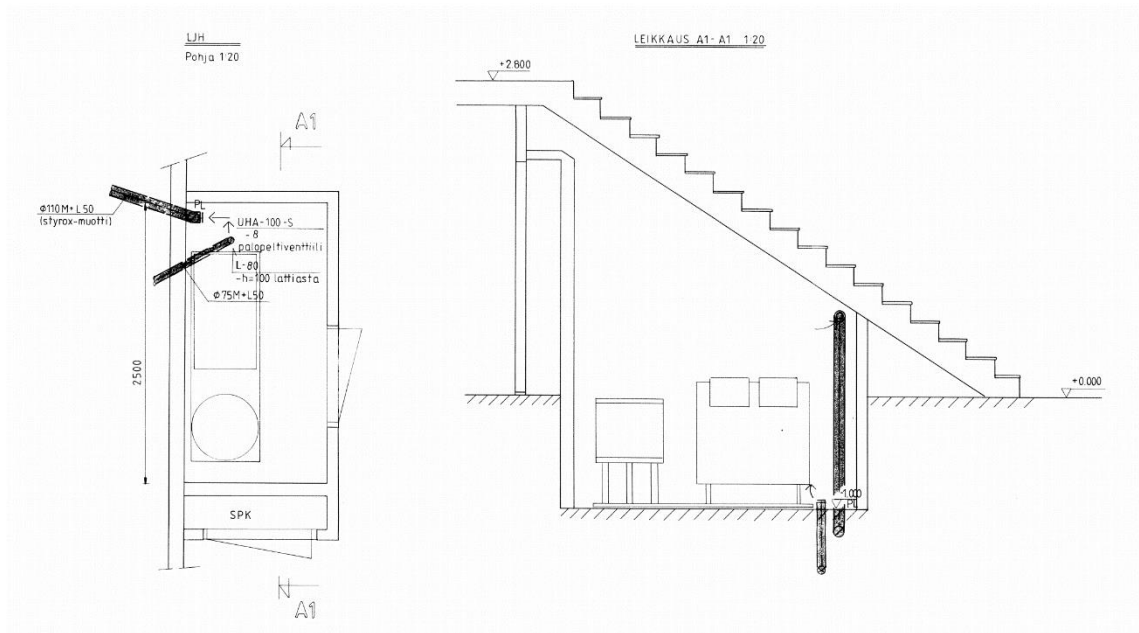
Liite 1 2(5) 2-kerros



Liite 1 3(5) 3-kerros



Liite 1 4(5) LJH



Liite 2 1(8)

IV-tarvikkeet huoneisto 1.		
Tuote	Koko	Määrä
Kierresaumakanava	-010	7,0 m
Kierresaumakanava	-012	12,0 m
Kierresaumakanava	-016	1,0 m
Sisäliitin	-012	4
Muuntoliitin kesk.	-016-012	2
Muuntoliitin kesk.	-012-010	5
Käyra 90	-010	1
Käyrä 90	-012	7
Käyrä 45	-012	4
T-kappale	-010-010-010	2
T-kappale	-012-010-012	1
T-kappale	-012-012-012	3
Päätty	-010	2
Puhdistus luukku	-012	2
Äänenvaimennin M-1 päästöl.	-40-012-090	2
Saunakanava	-010	1
Solukumieriste Armaflex XG	19 mm/168 mm	1,0 m
Solukumieriste Armaflex XG	19 mm/133 mm	3,0 m
Solukumikäyrä 90 Armaflex XG	19 mm/133 mm	2
Solukumikäyrä 45 Armaflex XG	20 mm/133 mm	1
Wallox 51 K MV R + liesikupu		1
Wallox Out/In Vario valk.		1
KKT kiinnityskehys	-010	6
KTS-tuloilmaventtiili	-010	3
KSO-poistoilmaventtiili	-010	3

Liite 2 2(8)

Huoneistot 2., 3., 12., 13., 19., 20.							
Yhden huoneiston IV-tarvikkeet			Huoneistojen 2., 3., 12., 13., 19., 20. IV-tarvikkeet				
Tuote	Koko	Määrä	Määrä				
Kierresaumakanava	-010	12,0 m	72,0 m				
Kierresaumakanava	-012	12,0 m	72,0 m				
Kierresaumakanava	-016	1,0 m	6,0 m				
Sisäliitin	-012	5	30				
Muuntoliitin kesk.	-016-012	2	12				
Muuntoliitin kesk.	-012-010	2	12				
Käyrä 90	-010	4	24				
Käyrä 45	-010	4	24				
Käyrä 90	-012	6	36				
Käyrä 45	-012	4	24				
T-kappale	-010-010-010	2	12				
T-kappale	-012-010-012	2	12				
T-kappale	-012-012-012	2	12				
Pääty	-010	2	12				
Puhdistus luukku	-012	2	12				
Äänenvaimennin M-1 päästöl.	-40-012-090	2	12				
Saunakanava	-010	1	6				
Solukumieriste Armaflex XG	19 mm/168 mm	1,0 m	6,0 m				
Solukumieriste Armaflex XG	19 mm/133 mm	4,0 m	24,0 m				
Solukumikäyrä 90 Armaflex XG	19 mm/133 mm	2	12				
Solukumikäyrä 45 Armaflex XG	20 mm/133 mm	1	6				
Wallox 51 K MV R /L + liesikupu			1	6	(3 x R+ 3 x L)		
Wallox Out/In Vario valk.			1	6			
KKT kiinnityskehys	-010	6	36				
KTS-tuloilmaventtiili	-010	3	18				
KSO-poistoilmaventtiili	-010	3	18				

Liite 2 3(8)

Huoneistot 4., 7., 10., 11., 14., 17., 18., 21.

Yhden huoneiston IV-tarvikkeet

Huoneistojen 4., 7., 10., 11., 14., 17., 18., 20. IV-tarvikkeet

Tuote	Koko	Määrä	Määrä					
Kierresaumakanava	-010	13,0 m	104,0 m					
Kierresaumakanava	-012	17,0 m	136,0 m					
Kierresaumakanava	-016	1,0 m	8,0 m					
Sisäliitin	-012	5	40					
Muuntoliitin kesk.	-016-012	2	16					
Muuntoliitin kesk.	-012-010	4	32					
Käyrä 90	-010	5	40					
Käyrä 45	-010	2	16					
Käyrä 90	-012	6	48					
Käyrä 45	-012	2	16					
T-kappale	-010-010-010	2	16					
T-kappale	-012-010-012	3	24					
T-kappale	-012-012-012	2	16					
Pääty	-010	2	16					
Puhdistus luukku	-012	2	16					
Äänenvaimennin M-1 päästöl.	-40-012-090	2	16					
Saunakanava	-010	1	8					
Solukumieriste Armaflex XG	19 mm/168 mm	1,0 m	8,0 m					
Solukumieriste Armaflex XG	19 mm/133 mm	12,0 m	96,0 m					
Solukumikäyrä 90 Armaflex XG	19 mm/133 mm	2	16					
Solukumikäyrä 45 Armaflex XG	20 mm/133 mm	1	8					
Wallox 51 K MV R /L + liesikupu		1	8 (6 x R+ 2 x L)					
Wallox Out/In Vario valk.		1	8					
KKT kiinnityskehys	-010	6	48					
KTS-tuloilmaventtiili	-010	3	24					
KSO-poistoilmaventtiili	-010	3	24					

Liite 2 4(8)

Huoneistot 6., 9., 16.							
Yhden huoneiston IV-tarvikkeet				Huoneistojen 6., 9., 16. IV-tarvikkeet			
Tuote	Koko	Määrä	Määrä				
Kierresaumakanava	-010	18,0 m	54,0 m				
Kierresaumakanava	-012	25,0 m	75,0 m				
Kierresaumakanava	-016	1,0 m	3,0 m				
Sisäliitin	-012	10	30				
Muuntoliitin kesk.	-016-012	2	6				
Muuntoliitin kesk.	-012-010	2	6				
Käyrä 90	-010	2	6				
Käyrä 45	-010	2	6				
Käyrä 90	-012	6	18				
Käyrä 45	-012	5	15				
T-kappale	-010-010-010	2	6				
T-kappale	-012-010-012	4	12				
T-kappale	-012-012-012	0	0				
Päätty	-010	2	6				
Puhdistus luukku	-012	2	6				
Äänenvaimennin	-40-012-090	2	6				
Saunakanava	-010	1	3				
Solukumieriste Armaflex XG	19 mm/168 mm	1,0 m	2,0 m				
Solukumieriste Armaflex XG	19 mm/133 mm	10,0 m	30,0 m				
Solukumikäyrä 90 Armaflex XG	19 mm/133 mm	2	6				
Solukumikäyrä 45 Armaflex XG	20 mm/133 mm	3	9				
Wallox 51 K MV R + liesikupu		1	3				
Wallox Out/In Vario valk.		1	3				
KKT kiinnityskehous	-010	6	18				
KTS-tuloilmaventtiili	-010	3	9				
KSO-poistoilmaventtiili	-010	3	9				

Liite 2 5(8)

Huoneistot 5., 8., 15.						
Yhden huoneiston IV-tarvikkeet			Huoneistojen 5., 8., 15. IV-tarvikkeet			
Tuote	Koko	Määrä	Määrä			
Kierresaumakanava	-010	9,0 m	27,0 m			
Kierresaumakanava	-012	20,0 m	60,0 m			
Kierresaumakanava	-016	1,0 m	3,0 m			
Sisäliitin	-012	8	24			
Muuntoliitin kesk.	-016-012	2	6			
Muuntoliitin kesk.	-012-010	3	9			
Käyrä 90	-010	2	6			
Käyrä 45	-010	2	6			
Käyrä 90	-012	6	18			
Käyrä 45	-012	4	12			
T-kappale	-010-010-010	3	9			
T-kappale	-012-010-012	4	12			
T-kappale	-012-012-012	1	3			
Pääty	-010	2	6			
Puhdistus luukku	-012	2	6			
Äänenvaimennin	-40-012-090	2	6			
Saunakanava	-010	1	3			
Solukumieriste Armaflex XG	19 mm/168 mm	1,0 m	3,0 m			
Solukumieriste Armaflex XG	19 mm/133 mm	6,0 m	18,0 m			
Solukumikäyrä 90 Armaflex XG	19 mm/133 mm	2	6			
Solukumikäyrä 45 Armaflex XG	20 mm/133 mm	1	3			
Wallox 51 K MV R + liesikupu		1	3			
Wallox Out/In Varjo valk.		1	3			
KKT kiinnityskehys	-010	8	24			
KTS-tuloilmaventtiili	-010	4	12			
KSO-poistoilmaventtiili	-010	4	12			

Liite 2 6(8)

IV-tarvikkeet porraskäytävä		
Tuote	Koko	Määrä
Kierresaumakanava	-010	27 m
Kierresaumakanava	-012	21 m
Sisäliitin	-010	5
Sisäliitin	-012	10
Muuntoliitin kesk.	-012-010	1
Käyrä 90	-010	8
Käyrä 90	-012	12
Käyrä 45	-012	2
T-kappale	-010-010-010	1
T-kappale	-012-010-012	1
T-kappale	-012-012-012	1
Pääty 100	-010	1
Pääty 125	-012	2
Puhdistus luukku	-012	2
Äänenvaimennin	-40-012-090	2
Solukumieriste Armaflex XG	19 mm/133 mm	2 m
Solukumikäyrä 90 Armaflex XG	19 mm/133 mm	2
Solukumikäyrä 45 Armaflex XG	20 mm/133 mm	1
Wallox 51 MV		1 (L)
KKT kiinnityskehys 100	-010	2
KKT kiinnityskehys 125	-012	2
KTS-tuloilmaventtiili 100	-010	1
KTS-tuloilmaventtiili 125	-012	1
KSO-poistoilmaventtiili 100	-010	1
KSO-poistoilmaventtiili 125	-012	1
Palopelti ETPR-100-02-0 EI60	-010	2

Liite 2 (7)8

IV-tarvikkeet ullakko		
Tuote	Koko	Määrä
Kierresaumakanava	-012	20 m
Kierresaumakanava	-016	1 m
Sisäliitin	-012	4
Muuntoliitin kesk.	-016-012	2
Käyrä 90	-012	2
Puhdistus luukku	-012	2
Paroc HVAC Aircoat	125/133-100	10
Paroc HVAC Aircoat K90	125/133-100	2
Paroc Ventimat Alu	100x1000x3000	4 (12 m ²)
Wallox Out/In Vario valk.		1

Liite 2 8(8)

IV-tarvikkeet koko rakennus			
Tuote	Koko	Määrä	
Kierresaumakanava	-010	291 m (l = 3 m)	
Kierresaumakanava	-012	396 m (l = 3 m)	
Kierresaumakanava	-016	22,0 m (l = 3 m)	
Sisäliitin	-012	142	
Sisäliitin	-010	5	
Muuntoliitin kesk.	-016-012	44	
Muuntoliitin kesk.	-012-010	65	
Käyrä 90	-010	76	
Käyrä 45	-010	56	
Käyrä 90	-012	143	
Käyrä 45	-012	75	
T-kappale	-010-010-010	46	
T-kappale	-012-010-012	63	
T-kappale	-012-012-012	37	
Päätty 100	-010	43	
Päätty 125	-012	2	
Puhdistus luukku	-012	46	
Äänenvaimennin	-40-012-090	44	
Solukumieriste Armaflex XG	19 mm/168 mm	22,0 m	
Solukumieriste Armaflex XG	19 mm/133 mm	194,0 m	
Solukumikäyrä 90 Armaflex XG	19 mm/133 mm	44	
Solukumikäyrä 45 Armaflex XG	20 mm/133 mm	28	
Paroc HVAC Aircoat	125/133-100	10	
Paroc HVAC Aircoat K90	125/133-100	2	
Paroc Ventimat Alu	100x1000x3000	4 (12 m ²)	
Wallox 51 MV		1 (L)	
Wallox 51 K MV		21 (16 R + 5 L)	
Wallox Out/In Vario valk.		22	
KKT kiinnityskehys 100	-010	134	
KKT kiinnityskehys 125	-012	2	
KTS-tuloilmaventtiili 100	-010	67	
KTS-tuloilmaventtiili 125	-012	1	
KSO-poistoilmaventtiili 100	-010	67	
KSO-poistoilmaventtiili 125	-012	1	
Palopelti ETPR-100-02-0 EI60	-010	2	

Liite 3

Vesioli Oy:n tarjous 26.5.2021

Koodi	Tuotenimike	Määrä	Yks	A-hinta			Yhteensä	
				Veroton	Verollinen		Veroton	Verollinen
8103322	3M 100/0,5MM IV-KIERRESAUMAKANAVA	291.00	M	9.30	11.53	-30.00 %	1894.41	2349.07
8103323	3M 125/0,5MM IV-KIERRESAUMAKANAVA	396.00	M	10.50	13.02	-30.00 %	2910.60	3609.14
8103324	3M 160/0,5MM IV-KIERRESAUMAKANAVA	22.00	M	13.20	16.37	-30.00 %	203.28	252.07
8100674	LYPN D 100 IV-SISÄLIITTIN	5.00	KPL	4.40	5.46	-30.00 %	15.40	19.10
8100676	LYPN D 125 IV-SISÄLIITTIN	142.00	KPL	4.40	5.46	-30.00 %	437.36	542.33
8100522	MYN-3 D 160/125 IV-MUUNTOLIITTIN PUTKI/PU	44.00	KPL	8.10	10.04	-30.00 %	249.48	309.36
8100518	MYN-3 D 125/100 IV-MUUNTOLIITTIN PUTKI/PU	65.00	KPL	7.80	9.67	-30.00 %	354.90	440.08
8100094	KYN 90 D 100 IV-KÄYRÄ	76.00	KPL	8.00	9.92	-30.00 %	425.60	527.74
8100124	KYN 45 D 100 IV-KÄYRÄ	56.00	KPL	7.00	8.68	-30.00 %	274.40	340.26
8100096	KYN 90 D 125 IV-KÄYRÄ	143.00	KPL	9.00	11.16	-30.00 %	900.90	1117.12
8100126	KYN 45 D 125 IV-KÄYRÄ	75.00	KPL	7.20	8.93	-30.00 %	378.00	468.72
8100184	TYN D 100/100 IV T-KAPPALE	46.00	KPL	12.70	15.75	-30.00 %	408.94	507.09
8100188	TYN D 125/100 IV T-KAPPALE	63.00	KPL	14.30	17.73	-30.00 %	630.63	781.98
8100190	TYN D 125/125 IV T-KAPPALE	37.00	KPL	14.40	17.86	-30.00 %	372.96	462.47
8319623	TUTL D 100 IV-TULPPA KANAVAAN KAHVALLA	43.00	KPL	9.25	11.47	-30.00 %	278.42	345.25
8319624	TUTL D 125 IV-TULPPA KANAVAAN KAHVALLA	2.00	KPL	9.59	11.89	-30.00 %	13.43	16.65
8319304	OPTL-1-012 125MM JÄLKIASENNUS IV-PUHDIST	46.00	KPL	21.70	26.91	-30.00 %	698.74	866.44
8398140	PVD 125-900-50 ONNLINE ÄÄNENVAIMENNIN PY	44.00	KPL	83.70	103.79	-30.00 %	2577.96	3196.67
3198334	19X168 SOLUKUMIERISTE ONNLINE	22.00	M	24.41	30.27	-30.00 %	375.91	466.13
3198333	19X133 SOLUKUMIERISTE ONNLINE	194.00	M	19.16	23.76	-30.00 %	2601.93	3226.39
8335216	19 MM -125- 90 SOLUKUMIKULMA ONNLINE	44.00	KPL	20.00	24.80	-30.00 %	616.00	763.84
8335211	19 MM -125- 45 SOLUKUMIKULMA ONNLINE	28.00	KPL	17.20	21.33	-30.00 %	337.12	418.03
8334906	125/133-100 1,2/1,2M KANAVAERISTE HVAC A	10.00	M	61.50	76.26	-30.00 %	430.50	533.82
8334946	BEND 90 125-100 KÄYRÄ HVAC AIRCOAT	2.00	KPL	37.30	46.25	-30.00 %	52.22	64.75
3110286	100X1000X3000MM 3,0M2 IV-LÄMPÖVM HVAC VE	12.00	M2	39.30	48.73	-30.00 %	330.12	409.35
8798540	KKT-100-ON KIINNITYSKEHYS ONNLINE	134.00	KPL	4.43	5.49	-30.00 %	415.53	515.26
8798545	KKT-125-ON KIINNITYSKEHYS ONNLINE	2.00	KPL	4.93	6.11	-30.00 %	6.90	8.56
8798500	KTS-100-ON TULOILMAVENTTIILI ONNLINE	67.00	KPL	27.30	33.85	-30.00 %	1280.37	1587.66
8798505	KTS-125-ON TULOILMAVENTTIILI ONNLINE	1.00	KPL	27.70	34.35	-30.00 %	19.39	24.04
8798515	KSO-100-ON POISTOILMAVENTTIILI ONNLINE	67.00	KPL	15.20	18.85	-30.00 %	712.88	883.97
8798520	KSO-125-ON POISTOILMAVENTTIILI ONNLINE	1.00	KPL	17.00	21.08	-30.00 %	11.90	14.76
8424400	ETPR-100-02-0 EI PALOPELTI FLÄKTGROUP	2.00	KPL	388.00	481.12	-30.00 %	543.20	673.57

Veroton hinta	20759.39
ALV	4982.25
Yhteensä	25741.64

Hinta ei sisällä Vallox tuotteita eikä kannakointitarvikkeita, ruuveja, niittejä, teippejä ja kondenssivesiviemärointiä eikä purkamisen yhteydessä tarvittavia tulpapaus- ja eristystarvikkeita. Niistä tarkemmin sivulla 62.