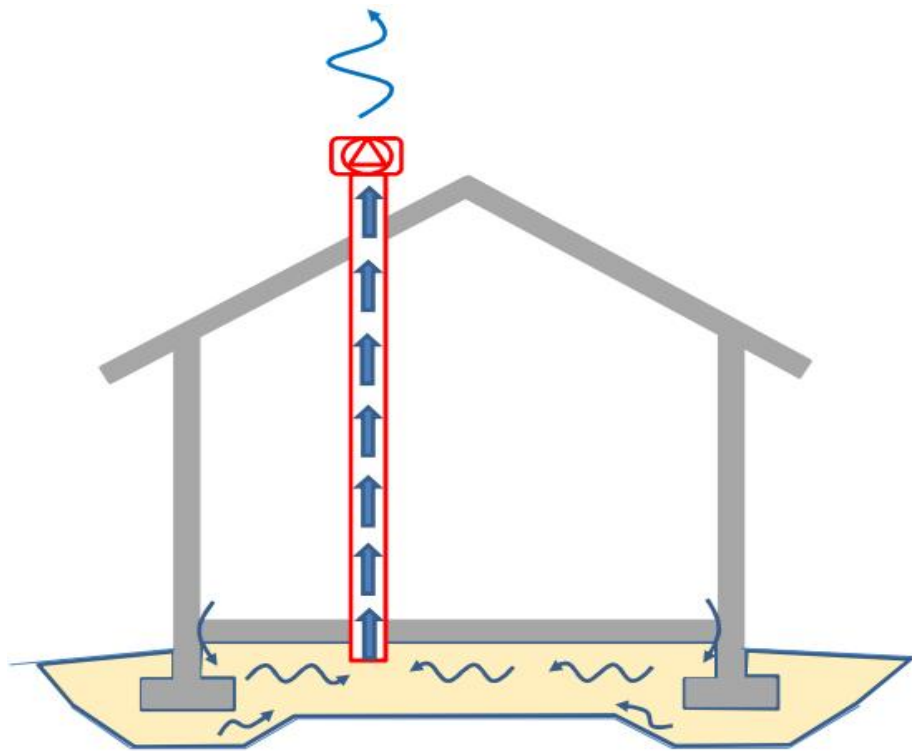


KOSTEUS- JA HOME TALKOOT



**Alipaineistusjärjestelmän soveltuvuuden
määrittäminen
ja järjestelmän toteuttaminen**

Johdanto

Mikrobivaurioituneen rakenteen parhaana korjaustapana pidetään usein vaurioituneen rakenteen purkamista. Rakenteen purkaminen ja korvaaminen uudella ei kuitenkaan aina ole ainoa ratkaisu, jolla epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan voidaan luotettavasti estää. Tässä ohjeessa käsitellään painesuhteiden hallintaan perustuvaa ja usein kohtuullisin kustannuksin toteutettavaa korjausratkaisua, jossa rakenteiden sisältämien epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan estetään koneellisen alipaineistusratkaisun avulla.

Painesuhteiden hallintaan perustuvia ratkaisuja käytetään yleisesti esim. radonin hallinnassa, sairaaloiden leikkaussaleissa tai teollisuuden puhdastiloissa. Samoihin ilmiöihin perustuvia ratkaisuja voidaan käyttää myös ns. tavanomaisissa rakennuksissa rakenteista peräisin olevien epäpuhtauksien hallitsemiseen. Alipaineistaminen on hyvin usein varteenotettava korjaustapa, jolla estetään epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan. Kun epäpuhtauslähteen poistaminen on hyvin vaikeaa, tai jopa mahdotonta, on alipaineistaminen yhdessä rakenteen ilmatiiviuden parantamisen kanssa käytännössä ainoa tapa, jolla ongelma voidaan estää. Ilmatiiviuden parantamisen tarve riippuu kyseessä olevasta rakenteesta, aina ilmatiiviuden mittava parantaminen ei ole tarpeellista.

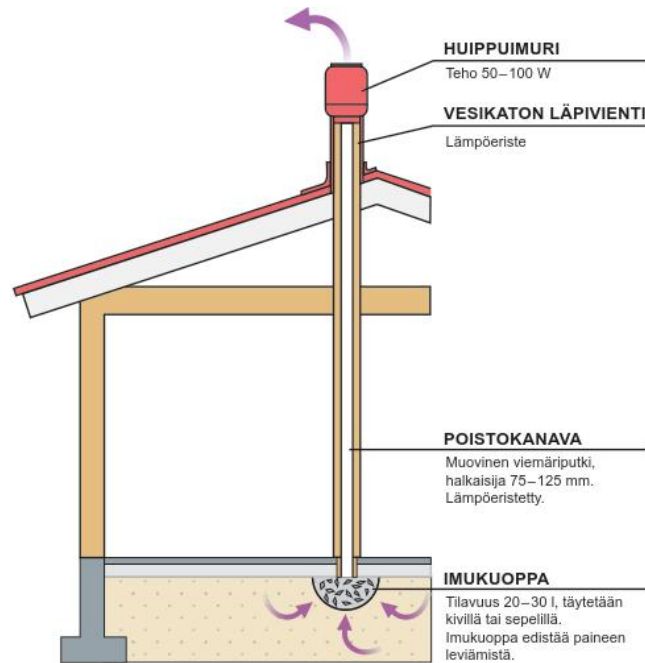
Kun alipaineistusjärjestelmä toteutetaan oikein, rakenteiden ilmatiiviyys huomioidaan ja järjestelmän toiminta varmistetaan asianmukaisin tarkastuksin ja rakennusautomaatioon liitetyn seurannan avulla, voidaan järjestelmää pitää erittäin varmatoimisena ja pitkäaikaisena ratkaisuna, ei vain hätäapuna ennen varsinaista epäpuhtauslähteen poistamista raskeammin korjaustoimenpitein.

Ohjeessa esitetään tekijöitä, joiden perusteella voidaan määrittää, onko alipaineistusjärjestelmän rakentaminen kulloisessakin kohteessa järkevää. Lisäksi ohjeessa kerrotaan alipaineistusjärjestelmän rakentamisen oikeaoppinen eteneminen.

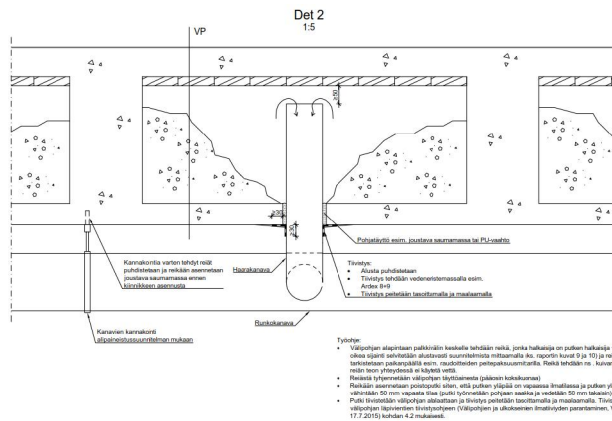
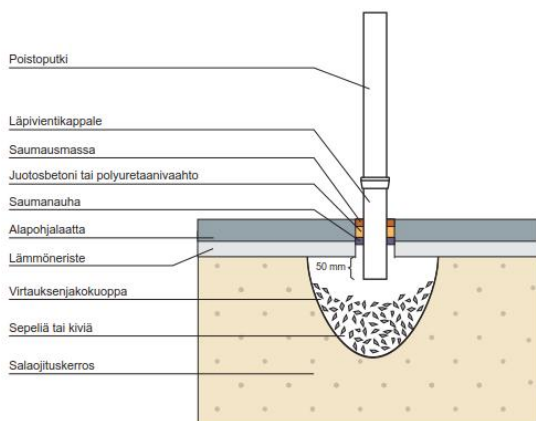
Ohje perustuu aiheesta tehtyyn rakennusterveysasiantuntijakoulutuksen lopputyöhön *Epäpuhtauksien hallinta rakenteiden alipaineistuksen avulla (Lammi 2016)*. Kyseinen työ on julkinen ja se on esitetty kokonaisuudessaan osoitteessa: <http://www.hometalkoot.fi/guides>

Alipaineistuksen toimintaperiaate

Alipaineistusjärjestelmällä tuotetaan huonetilan ja epäpuhtauslähteen välille sellaiset ilmanpainesuhteet, että ilmvirtaukset kulkevat jatkuvasti huonetilasta epäpuhtauslähteen päin. Tällöin epäpuhtaudet eivät pääse kulkeutumaan ilmvirtausten mukana sisäilmaan.



Alipaineistusjärjestelmä on jatkuvatoiminen ja sillä pyritään aina alipaineistettavan rakenteen jatkuvaan alipaineisuuteen käyttötiloihin nähden. Alipaineistusjärjestelmissä käytettävät puhaltimet ovat varmatoimisia ja melko edullisia, joten järjestelmän toteuttamisen kustannukset ovat usein kohtuulliset verrattuna rakenteosien uusimiseen perustuvaan korjaukseen. Alipaineistuksessa poistoilmaa imetään rakenteista ja korvausilma virtaa muiden rakenteosien kautta, tai osin sisäilmasta. Alipaineistusjärjestelmän toimintaperiaate on esitetty yllä olevassa kuvassa, jossa alipaineistusjärjestelmä imee poistoilmaa rakennuksen alustäytöstä, estäen ilmvirtaukset maaperästä sisäilmaan. Alipaineistus myös tuulettaa rakennetta, jolloin se samanaikaisesti alentaa epäpuhtauspitoisuutta alipaineistettavassa rakenteessa. Yleensä alipaineistusjärjestelmällä on myös rakennetta kuivattava vaikutus.



Milloin alipaineistusjärjestelmää voidaan käyttää

Alipaineistusjärjestelmä ei sovellu kaikkien vaurioiden tai epäpuhtauksien hallitsemiseen. Jotta riittävä paine-ero rakenteen yli saavutetaan, tulee rakenteiden ilmatiiviys olla riittävän hyvä, tai sitä pitää pystyä parantamaan riittävän luotettavasti. Rakenteella, jonka yli painesuhteita hallitaan, tulee myös olla riittävä diffuusiovastus, jotta epäpuhtaudet eivät kulkeudu sen läpi (esim. MVOC-yhdisteiden kulkeutuminen höyrynsulkumuovin läpi). Lähtökohtaisesti hyviä materiaaleja alipaineistuksen toteuttamiselle ovat betonirakenteet, mutta sitä voidaan käyttää ratkaisuna myös muille rakennusmateriaaleille, mikäli edellä mainitut reunaehdot täyttyvät.

Alipaineistusratkaisuja käytetään tyypillisimmin maanvaraisissa alapohjarakenteissa, putkikanaaleissa tai hormeissa sekä muissa kerroksellisissa rakenteissa, kuten betonirakenteisissa kaksoislaattaväli pohjissa, joissa voi olla täyttönä esim. orgaanista ainesta. Kaksoislaattaväli pohjien korjaustapoja on käsitelty tarkemmin Kosteus- ja Hometalkoiden ohjeessa: *Kaksoislaattapalkiston korjausmenetelmät sisäilman laadun parantamiseksi*.



Kun alipaineistusjärjestelmän soveltuvuutta korjausratkaisuksi arvioidaan, on otettava huomioon monia asioita, joiden perusteella tehdään päätökset kussakin kohteessa ja tapauksessa käytettävistä korjausratkaisuista. Korjausratkaisua valittaessa tulee huomioida vähintään seuraavat tekijät:

- Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toimivuus sekä nykyinen kosteustila
- Mahdolliset mikrobivauriot ja niiden laajuus sekä mahdolliset muut epäpuhtauslähteet
- Rakenteiden nykyinen ilmatiiviys ja ilmatiiviuden parantamisen mahdollisuudet
- Maaperän ilmanläpäisevyys (alapohjarakenteiden alipaineistuksen osalta)
- Pintarakenteiden kunto, onko uusiminen joka tapauksessa ajankohtaista?
- Rakennuksen peruskorjaustarve, kuinka pitkäikäistä ratkaisua tavoitellaan?
- Rakennuksen käyttöikä tavoite, kuinka pitkäikäistä ratkaisua tavoitellaan?
- Mahdollisuus liittää alipaineistusjärjestelmä rakennusautomaatioon
- Rakenteiden kantavuus, onko vaurioituneen rakenteen purkaminen tai säilyttäminen mahdotonta?

Rakenteet, joihin alipaineistusjärjestelmä ei sovellu

Alipaineistusjärjestelmien rakentaminen ei ole kaikissa tapauksissa perusteltua. Toimivan alipaineistusjärjestelmän toteuttamisen estäviä tai rajoittavia tekijöitä ovat mm.:

- Ilmaa läpäisemätön tiivis rakennekerros, esimerkiksi hienoaineinen hiekka
- Alipaineistuksen vaikutuksen katkaisevat perustus- tai muut rakenteet
- Ilmatiiviydeltään heikot rakenteet, joiden ilmatiiveyttä ei voida riittävästi parantaa
- Rakenneosat, jotka eivät sovellu alipaineistamiseen esimerkiksi kosteuden tiivistymisen aiheuttaman vaurioitumisriskin vuoksi

Jos rakenteen ilmatiiviyys on hyvin heikko, alipaineistavan vaikutuksen aikaansaaminen voi olla mahdotonta. Jos ilmatiiviyden parantaminen ei ole järkevin toimenpitein tai kustannustehokkaasti mahdollista, ei alipaineistusjärjestelmän käyttäminen ole lähtökohtaisesti järkevää. Kohdekohtaisesti voidaan kuitenkin harkita, onko alipaineistusjärjestelmällä sisäilman laatuun saavutettava parannus riittävä, vaikka koko rakennetta ei saataisikaan alipaineistettua.

Alipaineistusjärjestelmällä on yleensä rakennetta viilentävä vaikutus. Vaikutuksen suuruus riippuu siitä, mistä korvausilma rakenteeseen virtaa. Sisäilmaa kylmempää ilmaa voi virrata rakenteisiin maaperästä, ulkoilmasta tai rakennuksen kylmemmistä tiloista. Mikäli korvausilma tulee kokonaisuudessaan esim. sisäilmasta, viilentävää vaikutusta ei yleensä ole. Tyypillisiä rakenteita, joissa järjestelmän viilentävä vaikutus voi aiheuttaa ongelmia, ovat esim. betonilattian päälle koolatut puurakenteiset lattiat (mm. liikuntasalien betonilattioiden päälle tehdyt puulattiarakenteet). Kylmä ilma voi aiheuttaa rakenteisiin kosteuden tiivistymistä ja kasvattaa puurakenteiden vaurioitumisriskiä. Rakenteeseen virtaava korvausilma yleensä kuivattaa rakennetta, mutta jos rakennuksen tai tietyn tilan kosteuslisä on merkittävä, voi korvausilma myös kuljettaa ilmavirtausten mukana kosteutta rakenteisiin, mikä pitää ottaa huomioon järjestelmiä suunniteltaessa.

Ulkoilmaan yhteydessä olevien rakenteiden, kuten ulkoseinien ja yläpohjien, alipaineistaminen voi olla usein haastavaa ja riskialtista, mikäli ei voida olla varmoja, että rakenteeseen ei virtaa korvausilmaa ulkoilmasta. Usein tämän varmistaminen on hyvin vaikeaa ja alipaineistusratkaisun käyttäminen korjausratkaisuna ei ole järkevää.

Ohje alipaineistusjärjestelmän soveltuvuuden määrittämiseksi

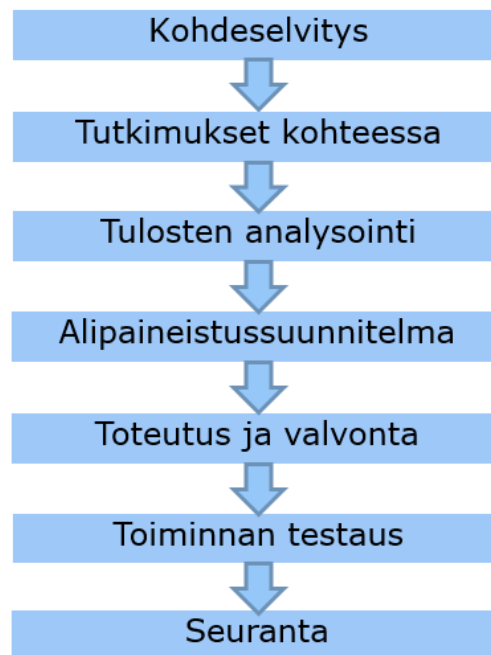
Alla esitettyssä kaaviossa on esitetty ohje siitä, milloin alipaineistusjärjestelmän asentamista sisäilmahaitan hallitsemiseksi on syytä harkita. Kaaviossa edetään järjestyksessä kohta kohdalta, kunnes päädytään alustavaan johtopäätökseen, sopiiko alipaineistusjärjestelmä kohteeseen vai ei. Kaaviota tulee käyttää vain alustavaan arviointiin. Korjaushankkeeseen ryhdyttäessä ja korjaustavasta päätöstä tehtäessä tulee tehdä kohdekohtainen kohdeselvytys ja koealipaineistus, joiden perusteella lopullinen päätös korjaustavasta voidaan tehdä.

1		Voidaanko epäpuhtauslähde poistaa	HUOMIOITAVAA
	kyllä	ei	Vaihtoehtoina ovat myös tuuletus- tai kapselointiratkaisut, riippuen epäpuhtauslähteen luonteesta.
	↓	SOVELTUU	
2		Onko epäpuhtauslähteen poistaminen helppoa	Jos epäpuhtauslähteen poistaminen on helppoa, on sen poistaminen lähtökohtaisesti järkevää.
	kyllä	ei	
	EI SOVELLU	↓	
3		Kulkeutuvatko epäpuhtaudet ilmavirtausten mukana	Jos epäpuhtaudet siirtyvät sisäilmaan muulla tavoin, kuin ilmavirtausten mukana, suositellaan ensisijaisesti muita ratkaisuja.
	kyllä	ei	
	↓	EI SOVELLU	
4		Onko rakenteessa poikkeavaa kosteutta	Ylimääräinen kosteus on poistettava rakenteesta. Huomioitava myös, että esim. maaperässä kosteuspitoisuus on normaalistikin korkea.
	kyllä	ei	
	EI SOVELLU	↓	
5		Onko rakenteessa laajoja kosteusvaurioita ja aktiivista mikrobikasvua	Jos mikrobivauriot ovat merkittäviä, tulee ne lähtökohtaisesti poistaa (jos se on mahdollista) vaikka alipaineistusta käytettäisiinkin.
	kyllä	ei	
	EI SOVELLU	↓	
6		Onko rakenteen ilmatiiviys riittävä	Tässä yhteydessä ilmatiiviyttä arvioidaan rakenteen ja kohteessa tehtyjen aiempien tutkimusten perusteella. Vasta koealipaineistuksessa selviää tarkemmin, onko rakenne riittävän ilmatiivis.
	kyllä	ei	
	↓	Siirry kohtaan 8	
7		Onko rakenteen diffuusiotiiviys riittävä	Rakenteen, jonka yli alipaineistus tehdään, tulee olla riittävän diffuusiotiivis, jotta esim. hajut eivät kulkeudu sen lävitse.
	kyllä	ei	
	SOVELTUU	↓	
8		Onko rakenteen ilma- ja diffuusiotiiviys parannettavissa	Mikäli rakennetta ei saada järkevin korjaustoimenpiteinkään riittävän tiiviiksi, ei alipaineistus toimi.
	kyllä	ei	
	↓	EI SOVELLU	
9		Ovatko pintarakenteet hyväkuntoiset	Jos pintarakenteisiin kohdistuu merkittävää korjaustarvetta, on niiden uusiminen (ja epäpuhtauslähteen poistaminen) yleensä samassa yhteydessä järkevää.
	kyllä	ei	
	↓	EI SOVELLU	
10		Onko rakennuksen peruskorjaus ajankohtainen	Jos rakennuksen peruskorjaus on ajankohtainen, on sen yhteydessä usein järkevää poistaa epäpuhtauslähde. Siinäkin tapauksessa alipaineistusvaihtoehtoa voidaan harkita.
	kyllä	ei	
	EI SOVELLU	SOVELTUU	

Valintaohje alipaineistusjärjestelmän alustavan soveltuvuuden määrittämiseksi. Kaaviossa edetään kohta kohdalta, kunnes päädytään alustavaan johtopäätökseen: "ei sovellu" tai "soveltuu".

Alipaineistusjärjestelmän toteuttaminen

Alipaineistusjärjestelmän toteuttamisen prosessi etenee vaiheittain. Prosessin eteneminen on esitetty alla olevassa kaaviossa.



Alipaineistusjärjestelmän suunnittelu alkaa kohdeselvityksellä, jossa selvitetään kohteen perustiedot sekä alipaineistusjärjestelmän toiminnan kannalta olennaiset asiat. Selvittäviä asioita ovat mm. kohteessa tehdyt tutkimukset, rakenteiden kosteustekninen toiminta, rakennetyypit, sekä täyttömateriaalin ja/tai maaperän tiedot. Kohdeselvityksessä voidaan käyttää apuna edellisellä sivulla esitetystä kaaviosta esitettyä valintaohjetta.

Mikäli kohdeselvityksen perusteella alipaineistusjärjestelmän rakentaminen on mahdollista, siirrytään koealipaineistukseen, jossa selvitetään koejärjestelyin järjestelmän soveltuvuutta kohteeseen ja hankitaan lähtötietoja järjestelmän suunnitteluun. Koealipaineistuksessa imupisteiden alipaineistavaa vaikutusta selvitetään paine-eromittauksin ja merkkisavun avulla. Koealipaineistuksen rooli alipaineistusjärjestelmän rakentamisessa on erittäin suuri ja sen johtopäätöksenä voi myös olla, että järjestelmän toteuttaminen tarkasteltuun kohteeseen ei ole järkevää.

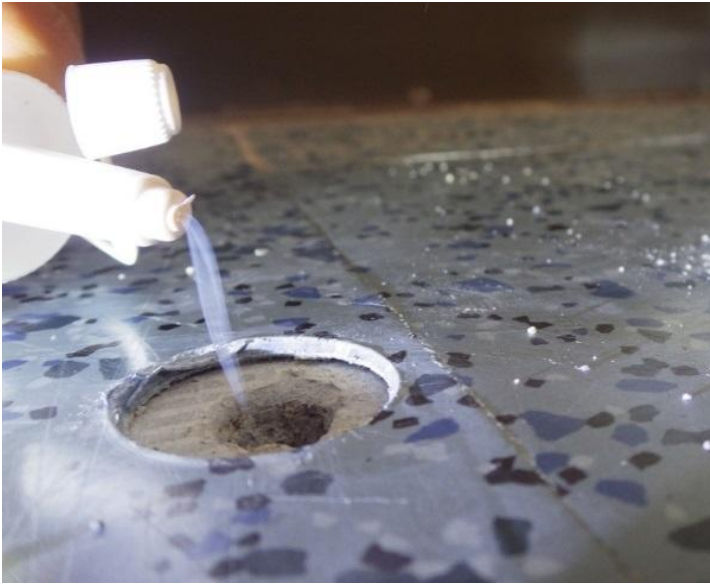


Jos kohdeselvityksen ja koealipaineistuksen johtopäätöksiä on, että alipaineistusratkaisun toteuttaminen kohteessa on järkevää, siirrytään järjestelmän suunnitteluun. Järjestelmän suunnitteluun on (alapohjarakenteiden osalta) olemassa ohjeistusta radoniin liittyvissä julkaisuissa. Järjestelmän suunnittelussa määritettäviä asioita ovat vähintään:

- imupisteen tai imualueiden sijainti tai sijainnit, käytettävä puhallintyyppi, sen sijainti ja teho, järjestelmän poistoilmamäärä
- virtauksenjakokuopan koko (alapohjarakenteet)
- käytettävät läpivientikappaleet
- poistokanavien koko, alustava sijainti, lämmöneristys ja jäteilmän poisjohtaminen
- poistojärjestelmän säätö- ja mittalaitteet sekä mahdolliset palopellit
- mahdollisesti tarvittavat lämmöneristysten parantamista edellyttävät toimenpiteet
- ilmatiivyyttä parantavat toimenpiteet ja niiden laajuudet
- mahdollisesti rakennuksen ilmanvaihtoon suositeltavat muutos- tai säätötyöt (kokonaisuuden huomioiminen, ettei alipaineistus aiheuta ongelmia muihin tiloihin tai koko rakennuksen painesuhteisiin)
- laadunvarmistus sekä käytönaikaiset seurantatoimenpiteet.

Alipaineistusjärjestelmää käyttöönotettaessa tulee järjestelmän toiminnan varmistamiseksi tehdä tarvittavat mittaukset, jotka määräytyvät aina kohdekohtaisesti. On myös ehdottoman tärkeää huomioida alipaineistuksen vaikutus koko rakennuksen painesuhteisiin, etenkin jos korvausilmaa virtaa merkittävästi sisäilmasta rakenteisiin päin. Tällöin tulee tarvittaessa vähentää tilojen muuta poistoilmaa, tai vastaavasti lisätä tiloihin johdettavaa tuloilmaa.

Järjestelmän käyttöönotossa tärkeimpiä mittauksia ovat paine-eromittaukset rakenteiden/tilojen välillä ja rakennuksen vaipan yli sekä ilmapvirtaukset tarkastelut merkkisavun avulla. Hetkellisten paine-eromittausten avulla hankitaan perustieto alipaineistuksen toiminnasta ja sen vaikutusalueesta, mutta hetkellisten mittausten lisäksi on suositeltavaa varmistaa järjestelmän toimivuus erilaisissa tilanteissa myös paine-eron seurantamittauksin. Käyttöönototarkastuksen perusteella voidaan järjestelmän ilmamääriä vielä pienentää tai kasvattaa. Jos ilmamääriä muutetaan, tulee paine-eromittausten avulla varmistua, että koko alipaineistettava alue alipaineistuu muutosten jälkeen. Tämän jälkeen muuttuneet ilmamäärät tulee päivittää loppupiirustuksiin.



Alipaineistusjärjestelmä tulee varustaa mitta-anturein toteutetuilla hälytyksillä, jotka ilmoittavat järjestelmän mahdollisista virhetilanteista, kuten puhaltimien toimintahäiriöistä. Hälytykset olisi suositeltavaa liittää rakennusautomaatiojärjestelmään, jolloin niiden valvonta helpottuu ja mahdolliset virhetilanteet voidaan havaita nopeasti.

Ohjeen laadinnasta on vastannut:

Toni Lammi, Vahanen Rakennusfysiikka Oy

Ohjeen luonnosversiota ovat kommentoineet:

Pekka Laamanen, Sami Niemi, Markku Hyvärinen, Vahanen Rakennusfysiikka Oy

Ohje julkaistu 10/2016

Kuvat: Vahanen Rakennusfysiikka Oy / Toni Lammi

STUK-A252, Arvela ym. 2012