

Ilmatiiveys ja vuotokohdat uusissa rakennuksissa 2/2017

Vertia Oy
22.8.2017

Yhteenveto

Rakennuksen ilmapuotokohdat voivat aiheuttaa muun muassa kosteuden tiivistymistä rakenteisiin, vetoisuutta sekä pölyn, mikrobien ja radonin pääsyä sisäilmaan. Tässä raportissa on käsitelty laajaa aineistoa pientalojen ja muidenkin rakennustyyppien tiiveysmittauksia ja puotokohtien paikannuksia vuosilta 2014-2017. Tiiveys mitataan painekoemenetelmällä ja puotokohdat paikannetaan yleensä lämpökameralla sekä käsin tunnustellen 50 pascalin alipaineessa.

Mitattujen uudispientalojen ilmapuotolukujen q50 keskiarvo oli vuosilta 2014-2017 1,1 (m3/m2h) ja uusimassa vuosineljänneksessä 1,1. Olemassa olevissa pientaloissa vastaava keskiarvo oli 3,7. Mitatut rakennukset edustavat todennäköisesti hieman yleistä keskiarvoa parempia tuloksia, sillä kaikkia rakennuksia ei mitata ollenkaan. Mikäli rakennuksen ilmapuotolukua ei mitata, käytetään ilmapuotolukua 4,0 energiatodistuksessa. Suurin osa mitatuista uudiskohteista pääsee alle 2,0:n.

Löydetty puotokohdat ovat luokiteltu raportissa tyyppi- ja suuruusluokkiin. Uudispientaloasunnoista puotokohtia löydettiin keskimäärin 12,6 kappaletta (0,2 suurta, 2,0 kohtalaista ja 10,4 pientä). Merkittävimmät yksittäiset puotokohdat olivat alapohja-seinäliitoksen tiivistys, oven tiiviste, yläpohja-seinäliitoksen tiivistys ja sähköjohdon läpiviennin puuttuva tiivistys. Kerrostaloasunnoista löydettiin keskimäärin 8,9 puotokohtaa (0,2 suurta, 1,2 kohtalaista ja 7,5 pientä). Raportin lopussa on koosteet puotokohdista eri rakennustyypeille. Muut rakennukset ovat pääasiassa päiväkoteja, hoivakoteja, kouluja ja vastaavia.

Sisällysluettelo

Johdanto

Ilmapuotolukujen kooste

Puotokohdat pientaloissa

Puotokohdat kerrostaloasunnoissa

Puotokohdat kerrostaloissa (rappukäytäväkohtainen mittaus)

Puotokohdat muissa rakennuksissa

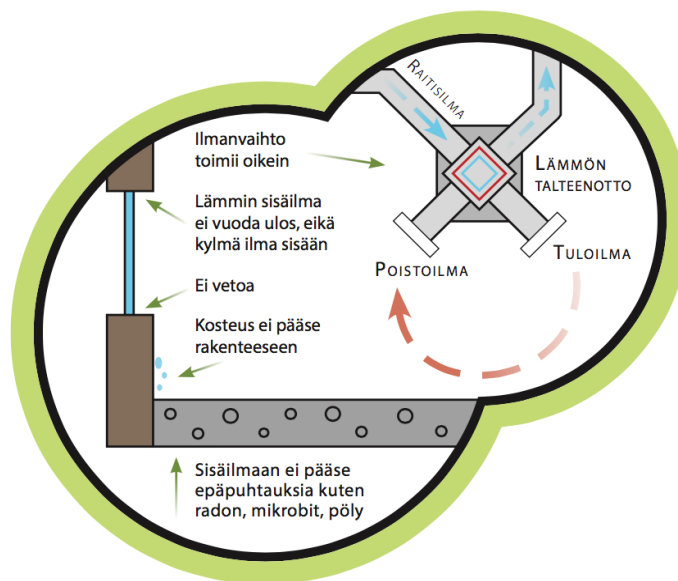
Johdanto

Tämä raportti perustuu Vertia Oy:n ja sen yhteistyökumppaneiden tekemiin tiiveysmittauksiin vuosina 2014-2017. Tavoitteena on tuoda hyödyllistä tietoa ilmatiiveydestä rakentajille, suunnittelijoille ja rakennuttajille. Tulokset edustavat mitattuja rakennuksia, joiden keskiarvo on todennäköisesti parempi kuin kaikkien rakennusten, sillä osaa rakennuksista ei mitata lainkaan.

Ilmatiiveyden merkitys

Hyvään ilmanvuotolukuun päästään helposti tekemällä vaipan tiivistystyö huolellisesti, joten hyvä ilmanvuotoluku kertoo ennen kaikkea rakentamisen laadusta. Hyvä ilmanvuotoluku on myös merkki pienestä kosteus- ja homevaurion riskistä. Tiiviissä talossa myös ilmanvaihto toimii paremmin, kun rakenteiden läpi ei tule hallitsematonta vuotoilmaa. Nykyaikainen energiatehokas talo koostuu paksuista eristeistä, koneellisesta ilmanvaihdesta lämmöntalteenotolla sekä erinomaisesta ilmatiiveydestä. Erityisesti tämän kolminaisuuden kaikkien osien tulee toimia hyvin, jolloin kokonaisuus toimii. Tällöin rakenteet pysyvät terveinä, sisäilma puhtaana, ja rakennukselle saadaan korkealaatuinen energiatehokkuus. Ilmanvaihdon tulee olla tiiviissä talossa jatkuvalla käytöllä.

Rakennuksen ilmanvuotokohdat voivat aiheuttaa energiankulutusta, kosteuden tiivistymistä rakenteisiin, vetoisuutta sekä pölyn, mikrobien ja radonin pääsyä sisäilmaan. Lisäksi tiiveys parantaa paloturvallisuutta sekä haju- ja ääniolosuhteita.



Tiiveysmittaus ja vuotokohtien paikannus ovat paras tae vaipan rakenteen oikeellisuudesta, tiiviydestä ja toimivuudesta. Niiden avulla saadaan selvitettyä vuotokohtien sijainnit sekä kuinka paljon vuotoa on yhteensä. Vuotoja voidaan yleensä korjata tiiveysmittauksen yhteydessä ja sen jälkeen, jolloin tiiveys paranee entisestään.

Talon ilmatiiveyden vaikutukset energiankulutukseen tyypillisessä omakotitalossa:

Tiiveys	Ilmanvuotoluku q50	Energiankulutus vuotokohtien kautta vuodessa	Kustannukset vuodessa	Kustannukset 20 vuodessa
Heikko	4,0	2600 kWh	360 €	7 200 €
Erinomainen	0,5	300 kWh	40 €, säästöä 320 €	800 €, säästöä 6400 €

On syytä muistaa, että tiiviissä talossa ilma ei vaihdu riittävästi ilman jatkuvaa ilmanvaihtoa. Ilmanvaihtoa ei saa sulkea tai asettaa säästön takia liian pienelle. Ilmanvaihto poistaa mm. kosteutta ja siten pitää talon kuivana ja rakenteet terveenä. Ilmanvaihto poistaa myös hiilidioksidia ja epäpuhtauksia sisäilmasta, mikä on välttämätöntä hyvän asumisviihtyvyyden ja terveyden kannalta.

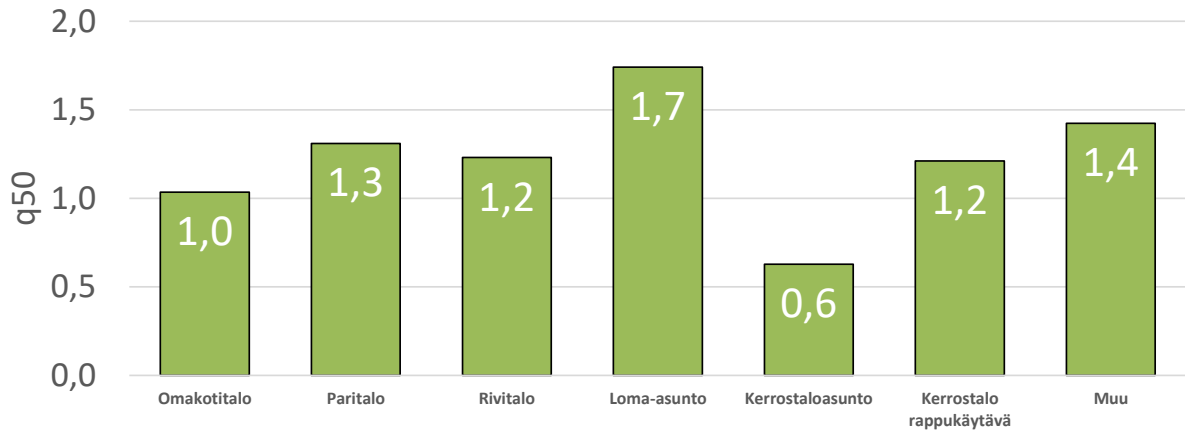
Ilmanvuotoluku q50

Tiiveysmittauksen tuloksena saadaan rakennuksen ilmanvuotoluku q50. Ilmanvuotoluku kertoo vuotoilmamäärän suhteutettuna rakennusvaipan pinta-alaan (alapohja, seinät, yläpohja). Mitä pienempi luku, sen parempi ilmatiiveys. q50 = Kuinka monta kuutiota ilmaa (m³) vuotaa yhden ulkovaipan neliön (m²) läpi tunnissa (h), kun paine-ero on 50 Pa. Todellinen vuotoilmamäärä normaalilanteessa on pienempi, sillä normaali paine-ero on luokkaa 0-10 Pa.

Ilmanvuotoluvut



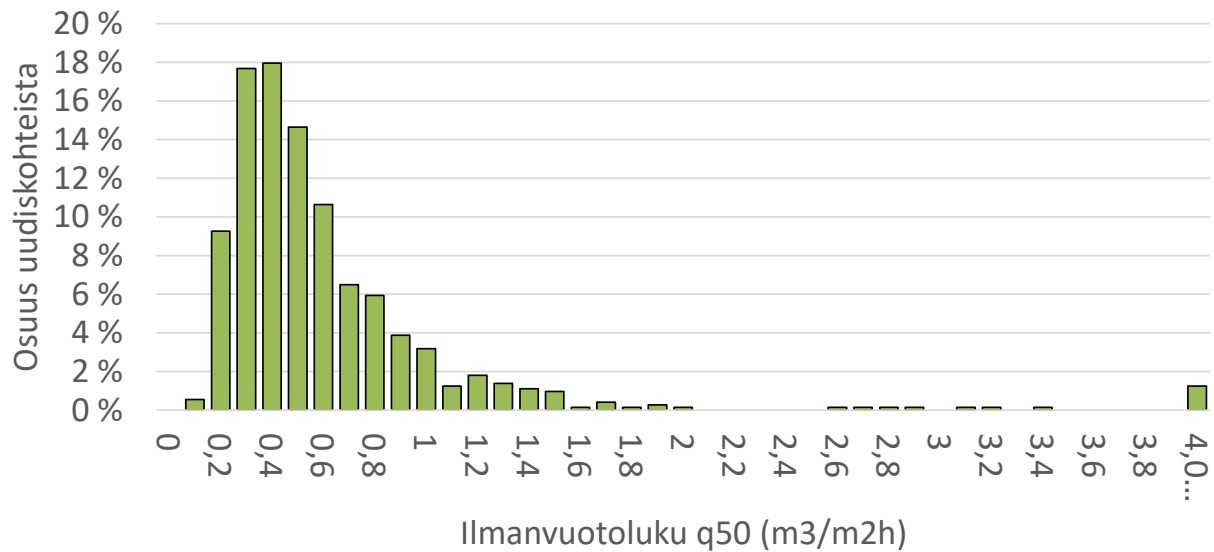
Ilmatiiveys rakennuksen tyyppin mukaan uudisrakennuksissa (2014-2017)



	Omakoti- talo	Paritalo	Rivitalo	Loma- asunto	Kerrosta- loasunto	Kerrostalo rappu	Muu
Otokset	3002	241	360	51	724	55	118

Yksittäisissä kerrostaloasunnoissa on hieman parempi tiiveys kuin muissa rakennustyypeissä. Eroa on myös kerrostaloasuntojen ja kerrostalojen rappukäytäväkohtaisten tulosten välillä. Asuntokohtaisessa mittauksessa on suhteellisesti vähemmän erilaisia läpivientejä ja liitoskohtia. Rappukäytäväkohtaisissa mittauksissa havaitaan usein suhteessa enemmän vuotokohtia esimerkiksi kellaritiloista kuin itse asunnoista. 'Kerrostalo rappukäytävä' tarkoittaa rappukäytäväkohtaista mittausta, jossa mitataan siis rappukäytävä ja asunnot kerralla. Kerrostaloasunto tarkoittaa yksittäisen asunnon mittausta.

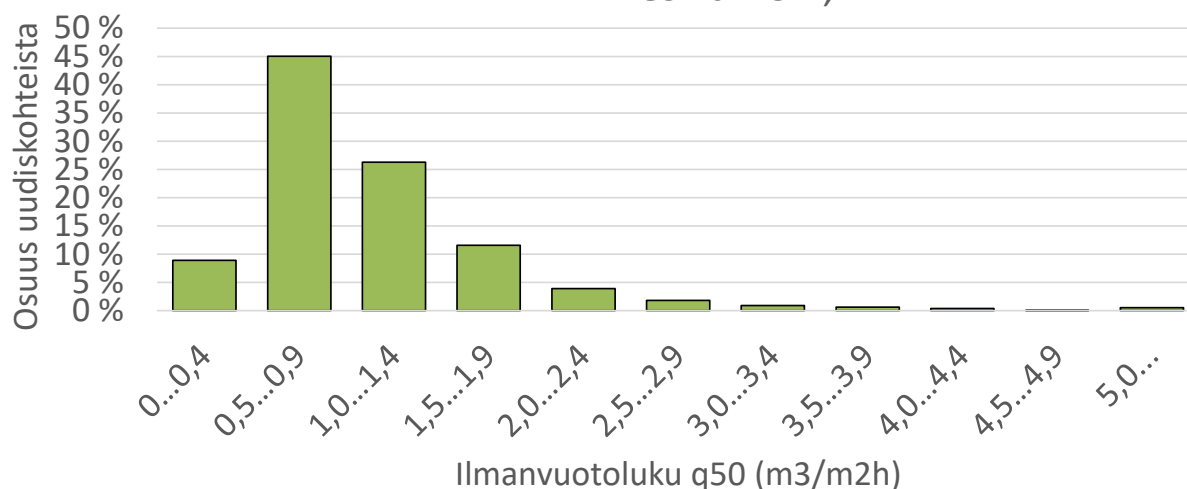
Ilmatiiveys uusissa kerrostaloasunnoissa (2014-2017), keskiarvo 0,6



Otos 724 uutta kerrostaloasuntoa (asuntokohtaisesti mitattu)
Keskiarvo (q50) 0,63 (m³/h*m²)

Ilmanvuotolukuun 0,5 tai alle pääsee noin 61 % asunnoista. Valtaosa pääsee 1,0:aan tai alle. Mukana ovat vain asuntokohtaisesti mitatut kerrostaloasunnot. Asuinkerrostalo voidaan mitata siten, että vähintään 20 % asunnoista mitataan, jolloin keskiarvoa voidaan käyttää koko rakennuksen ilmanvuotolukuna. Vaihtoehtoisesti voidaan mitata koko rappukäytävä tai rakennus kerrallaan.

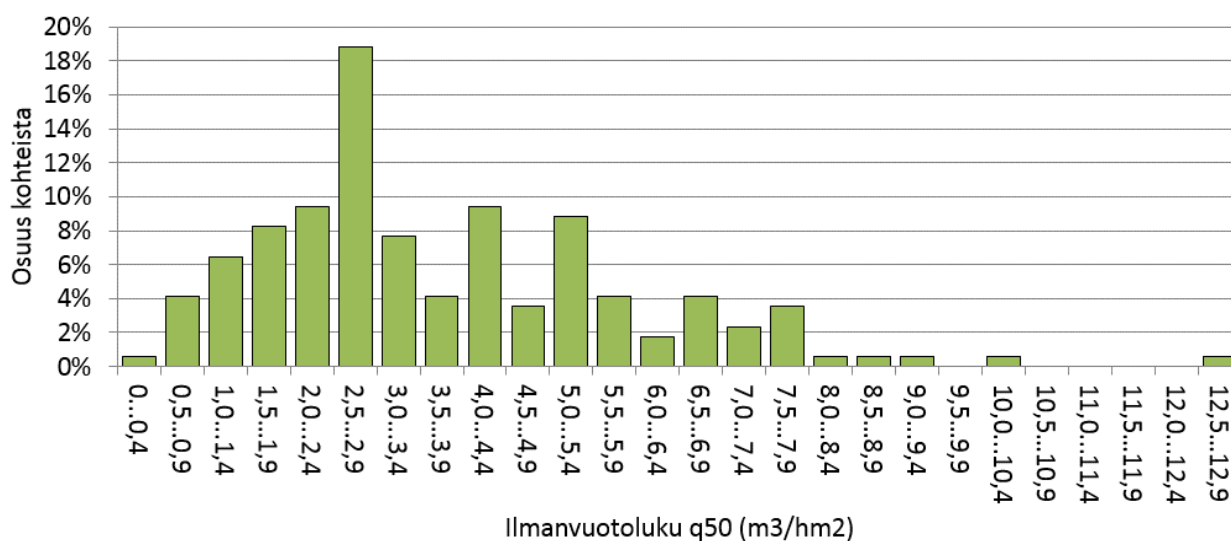
Ilmatiiveys uusissa pientaloissa (2014-2017), keskiarvo 1,1



Otos 3654 uutta pientaloa
Keskiarvo (q50) 1,10 (m3/h*m2)

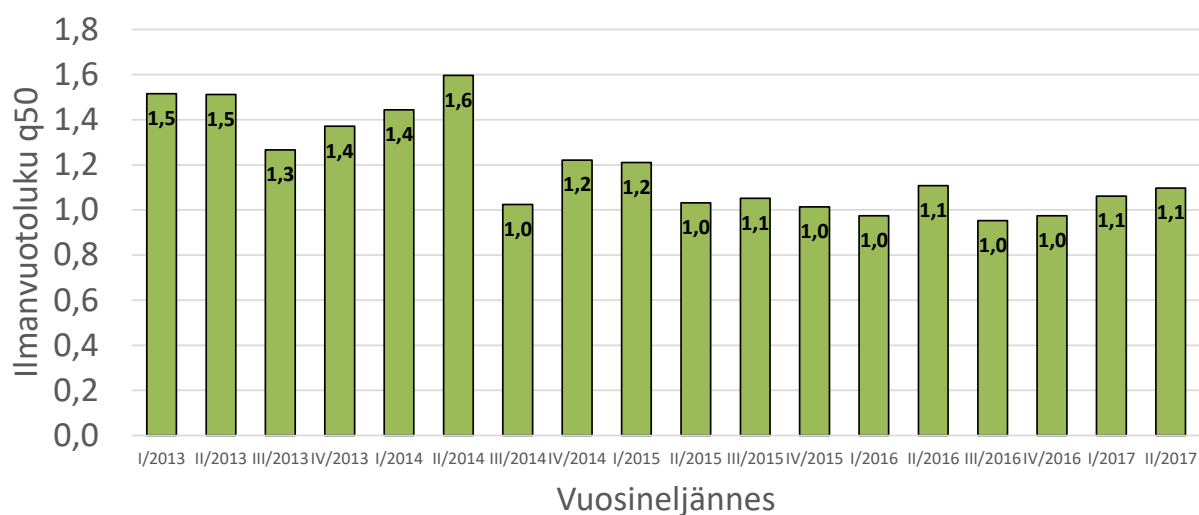
Alle yhden ilmanvuotolukuun pääsee 54 % kohteista, ja alle kahden 92 % kohteista. Pientaloiksi on laskettu omakotitalot, erillistalot, paritalot, rivitalot ja loma-asunnot.

Ilmatiiveys vanhoissa pientaloissa (1979-2006)



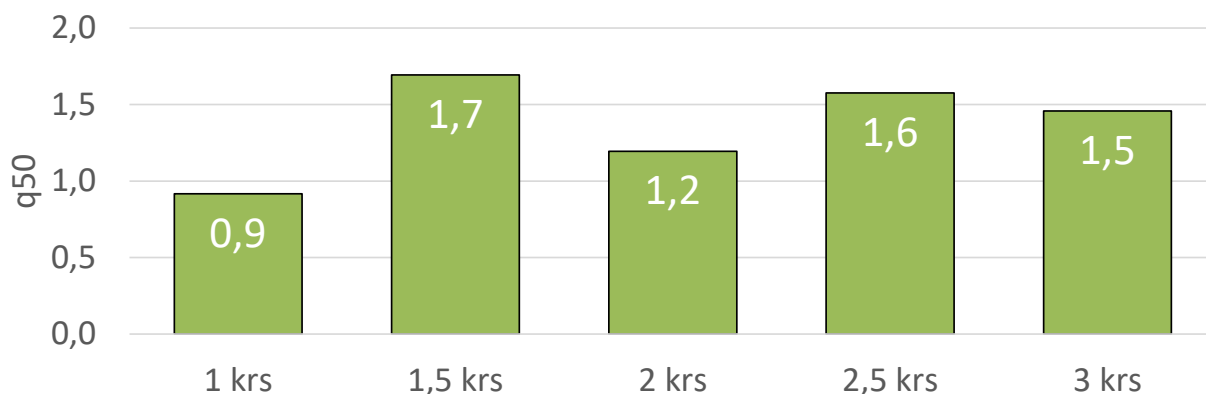
Lähde: Vinha et al. Puurunkoisten pientalojen kosteus- ja lämpötilaolosuhteet, ilmanvaihto ja ilmatiiviys (2005) & Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous (2009), Tampereen Teknillinen Yliopisto

Vertailun vuoksi oheiseen kuvaajaan on koottu kahden aiemman Tampereen Teknillisen Yliopiston tutkimuksen tulokset. Vanhojen pientalojen keskiarvo oli 3,7 otoksen ollessa 170 pientaloa.



Kuvaajassa on ilmanvuotoluvun keskiarvo eri vuosineljänneksillä. Mittaukset ovat järjestetty mittauspäivämäärän mukaan vuosineljänneksiin. Tiiveystulosten kehitykseen vaikuttaa myös asiakaskunnan muutos. Nykyään yhä useampi talo mitataan.

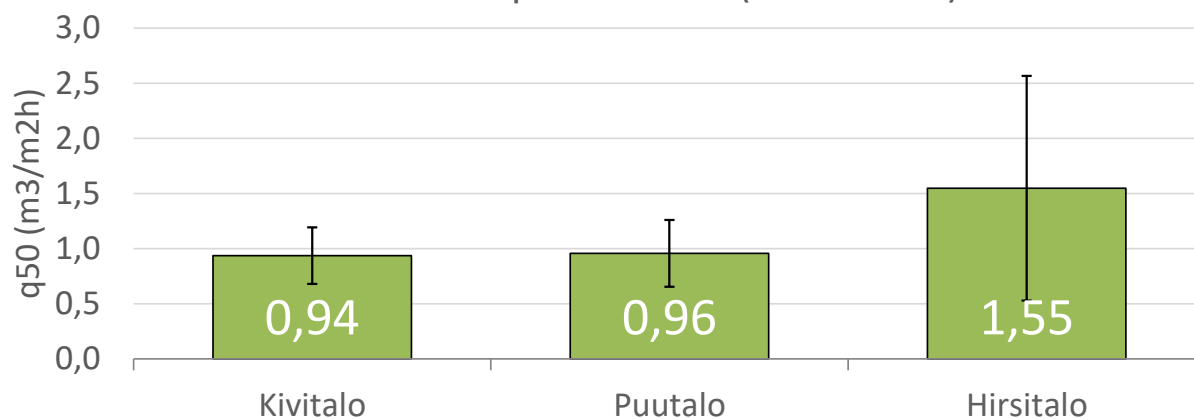
vertia Ilmatiiveys kerrosluvun mukaan uusissa pientaloissa



	1 krs	1,5 krs	2 krs	2,5 krs	3 krs
Otokset	2226	389	946	17	48

Kuvaajassa on pientalojen ilmatiiveyksien keskiarvot kerrosluvun mukaan. Kerroslukuun on laskettu maanalaiset ja -päälliset kerrokset yhteensä. Kerrosten määrällä tarkoitetaan kerrostasojen määrää. Ilmatiiveys heikkenee kerrosluvun mukaan, mutta myös 1,5-kerroksisissa taloissa on heikommat tulokset 2-kerroksisiin nähden. 1,5-kerroksisten talojen välipohjan tiiveys on yleensä haastavampi toteuttaa kuin esimerkiksi 2-kerroksisen. 1,5-kerroksisella tarkoitetaan taloa missä yläkerta on selvästi pienempi kuin alakerta (esim. ullakotyyppinen yläkerta)

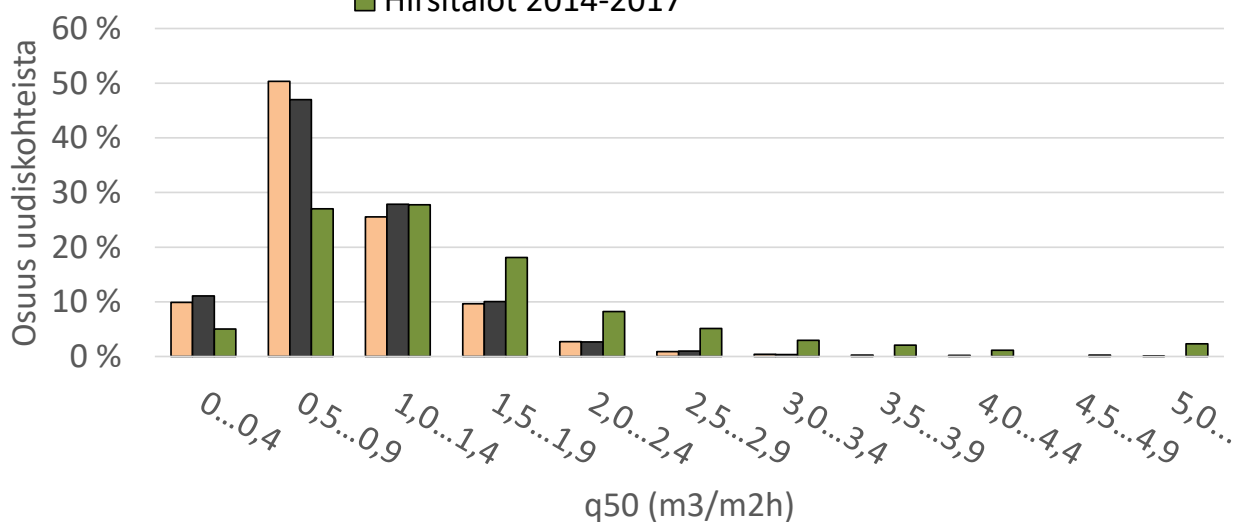
Ilmatiiveys ulkoseinärakenteen mukaan uusissa pientaloissa (2014-2017)



Puutalot 2014-2017

Kivitalot 2014-2017

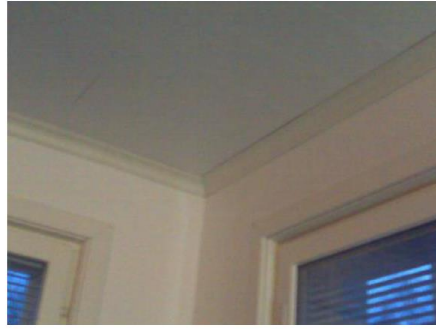
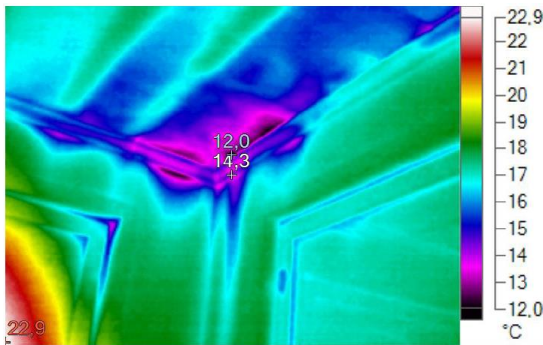
Hirsitalot 2014-2017



	Kivitalot	Puutalot	Hirsitalot
Otokset	298	2557	778

Aiempiin tutkimuksiin nähden puutalot ja hirsitalot ovat tehneet selvän harppauksen parempaan ilmatiiveydessä. Myös kivitalot ovat kehittyneet merkittävästi. Kivitalot ja puutalot ovat keskiarvoltaan melko tasan, ja puutalot ovat lähes saavuttaneet kivitalot myös tulosten hajonnassa.

Ilmavuotokohdat



Esimerkki vuotokohdasta. Kuvassa vuotokohta yläpohja-seinäliitoksessa. Lämpökuvassa musta, violetti ja sininen kuvastavat kylmää kohtaa, josta vuotoilma tulee alipainetilanteessa.

Vuotokohtien paikannus tehdään tiiveysmittauksen yhteydessä, kun rakennus on 50 pascalia alipaineistettuna. Tyypillisesti löydetty vuotokohdat vastaavat 20-50 % kohteen ilmanvuotoluvusta, mutta tämä on tapauskohtaista. Löydetty vuotokohdat ovat kuitenkin vuotokohdista tärkeimpiä, koska ne ovat yleensä pistemäisiä, vetoa aiheuttavia vuotokohtia. Niillä on siis erityinen vaikutus lämpöviivtyvyyteen ja rakenteen kosteustekniseen toimintaan.



Paikannus tehdään lämpökameralla ja käsin tunnustellen. Myös merkkisavua voidaan hyödyntää paikannuksessa. Vuotokohdat eivät ota kantaa rakennusvirheeseen. Myös ajankohdalla on merkitystä, sillä suuressa lämpötilaerossa talvitilanteessa havaitaan kaikki pienetkin vuodot.

Vuotoluokitus

Vuotoluokitus on suuntaa-antava. Aivan pienimpiä vuotoja ei raportoida. Asiakkaan tai kirvesmiehen ollessa paikalla, näistä voidaan kuitenkin mainita. Esimerkiksi ikkunan tiivisteen nurkasta tuleva hyvin pieni vuoto tai pieni niitinreikä höyrinsulussa lukeutuvat näihin. Kohtalaiset ja suuret vuodot raportoidaan ja tilastoidaan aina. Pieniä vuotokohtia ei välttämättä raportoida ja tilastoida, mikäli niitä on kymmenittäin yhdessä kohteessa, vaan silloin keskitytään kohtalaisten ja suurten vuotojen havainnointiin.

Pieni vuoto

Ilmavuoto havaitaan epäilyksettä aistinvaraisesti tai merkkisavuilla, mutta se on voimakkuudeltaan pientä. Vuodon voi tuntea aistinvaraisesti ainoastaan hyvin läheltä. Vuotopaikka on pistemäinen tai hyvin pienikokoinen. Vuodon korjaaminen ei ole välttämätöntä. Esimerkiksi vähäinen ikkunan tiivistevuoto tai pieni vuoto huonosti kiinnittyneestä höyrinsulkuteipistä. Jos pieniä vuotoja on kohteessa kymmenittäin, ei niitä kaikkia välttämättä raportoida ja tilastoida, vaan silloin keskitytään olennaisimpiin vuotokohtiin.

Kohtalainen vuoto

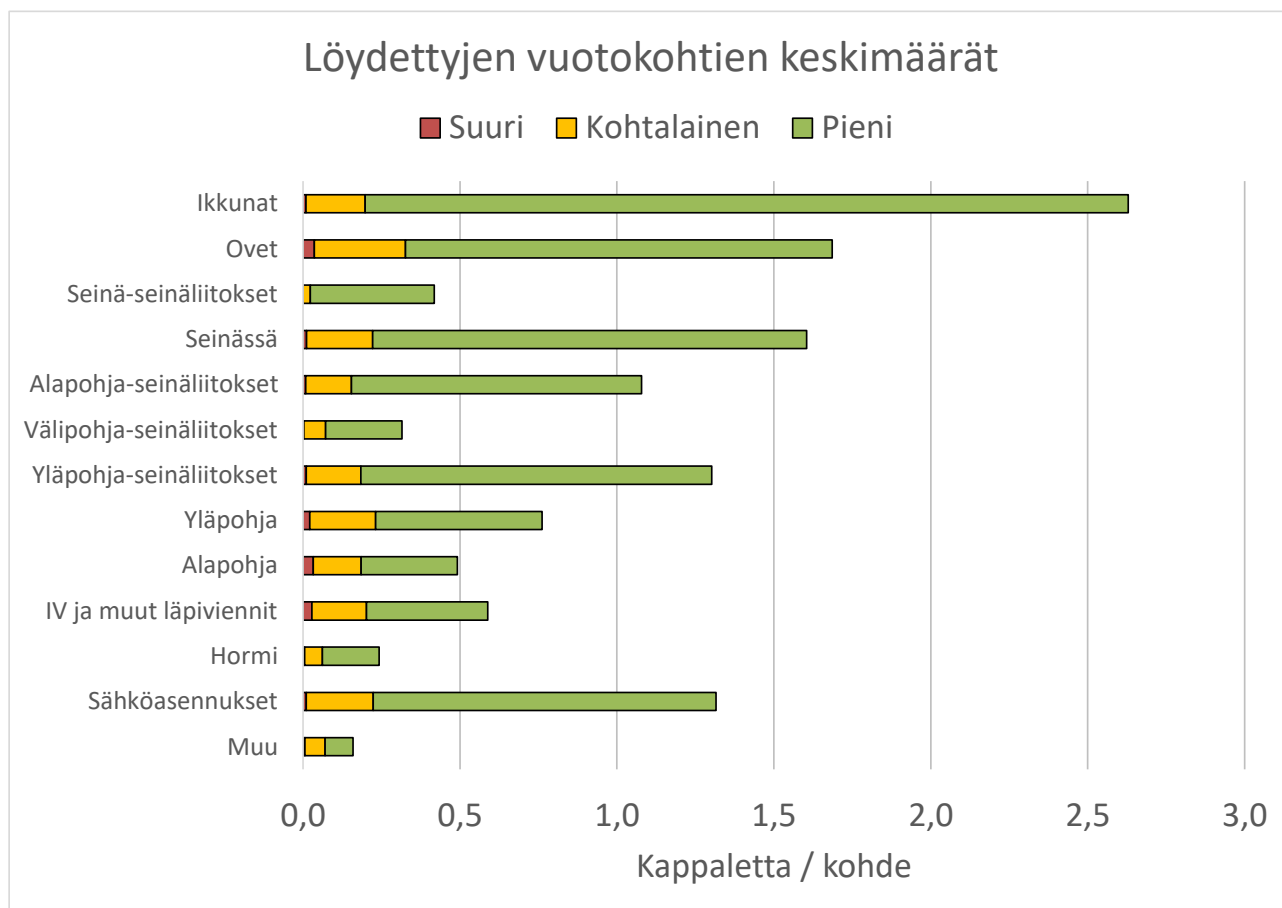
Ilmavuoto on selkeästi aistinvaraisesti tuntuvaa ja vuotokohta silmin havaittava. Vuodon havaitsee aistinvaraisesti jo 10-20 cm etäisyydeltä. Vuoto kuvataan ja raportoidaan ja sen korjausta suositellaan mikäli se on järkevästi toteutettavissa. Esimerkiksi sähkörasian kautta tuleva tuntuvampi vuoto tai irronnut höyrynsulun teippaus pieneltä matkalta.

Suuri vuoto

Voimakkaasti tuntuvaa ilmavuotoa ja vuotokohta usein silminnähten suuri. Vedon tunteen saattaa tuntea jo huoneeseen tullessa tai sen tuntee jo etäämmältä esimerkiksi seistessä vuotokohdan alla. Vuoto kuvataan ja raportoidaan ja sen korjaamista suositellaan ehdottomasti. Esimerkiksi kokonaan puuttuva ikkunan karmin saumaus runkoon, tiivistämätön ilmanvaihtokanavan läpivienti (pelkkä X-viilto höyrynsulussa), kokonaan unohtunut höyrynsulun sauman teippaus.

Ilmavuotokohdat

Pientalot

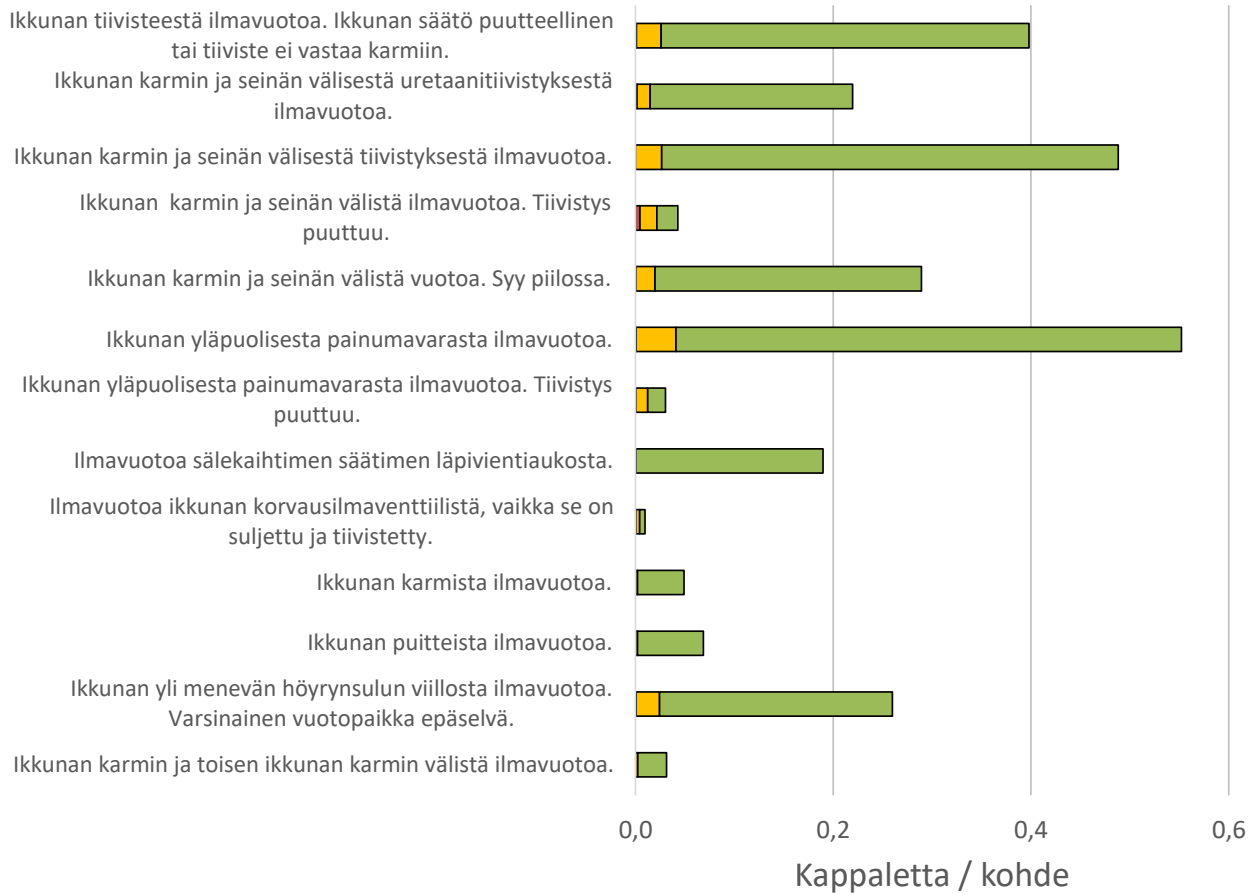


Otos

2872 kpl

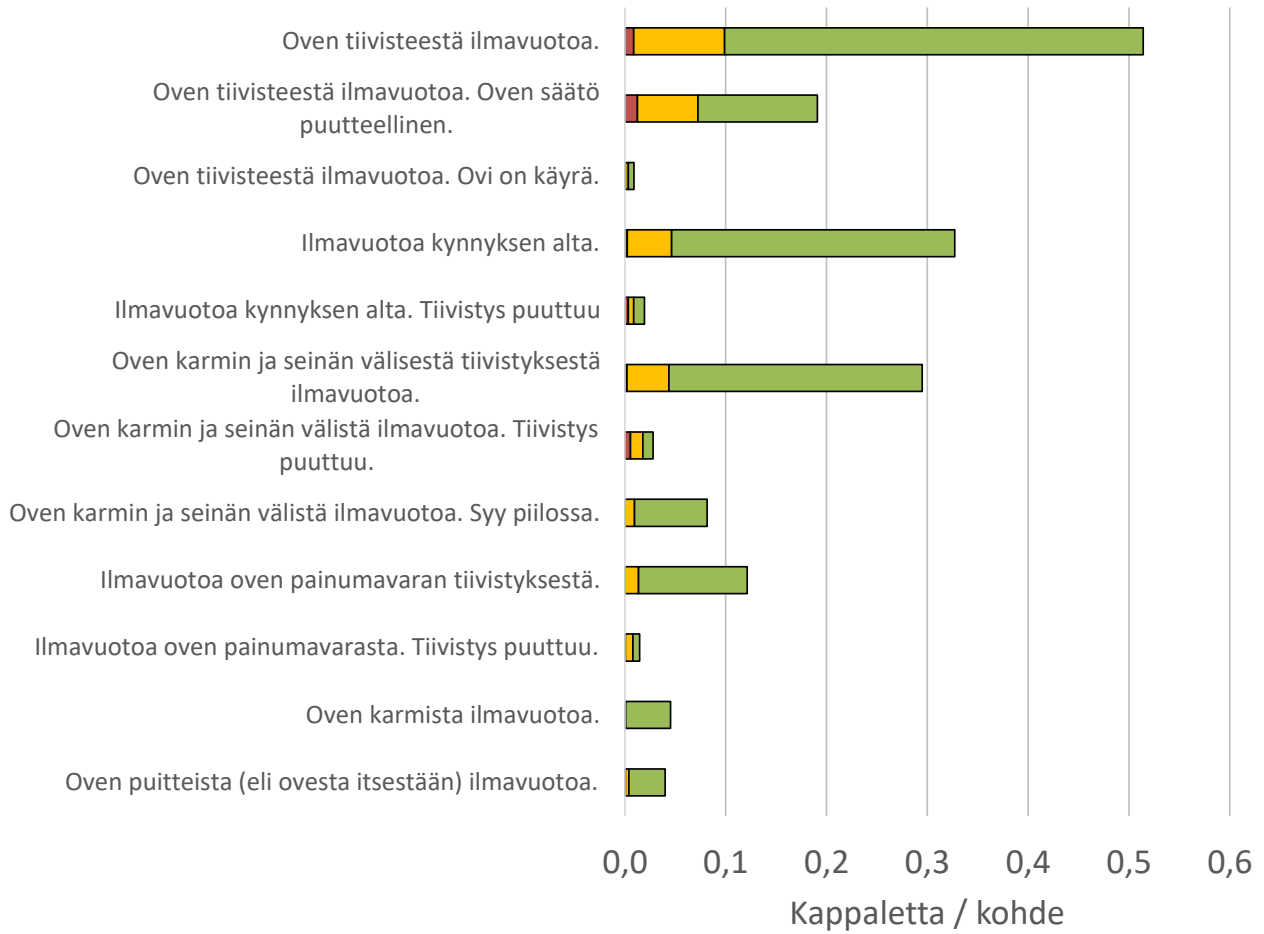
Ikkunoiden vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



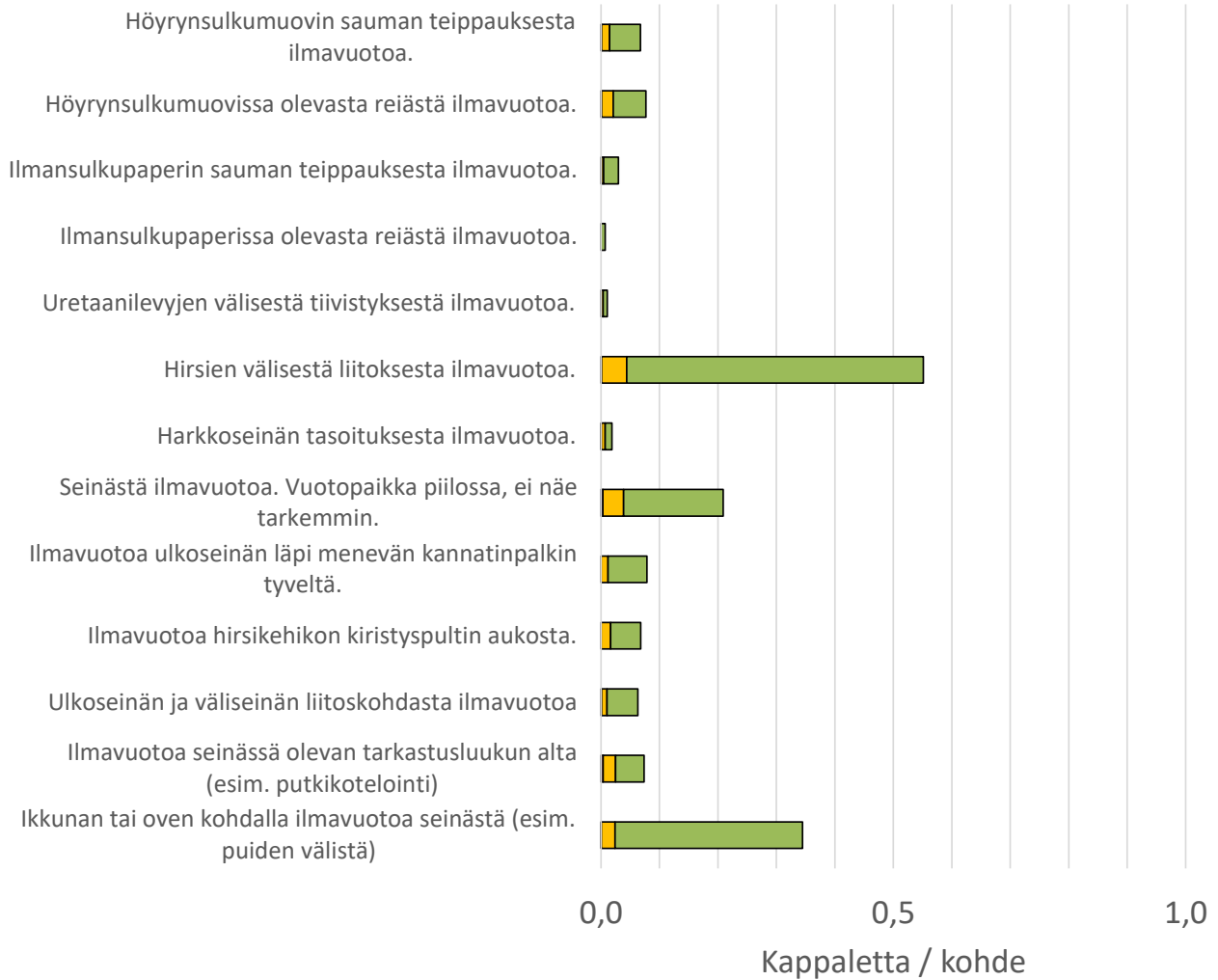
Ovien vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



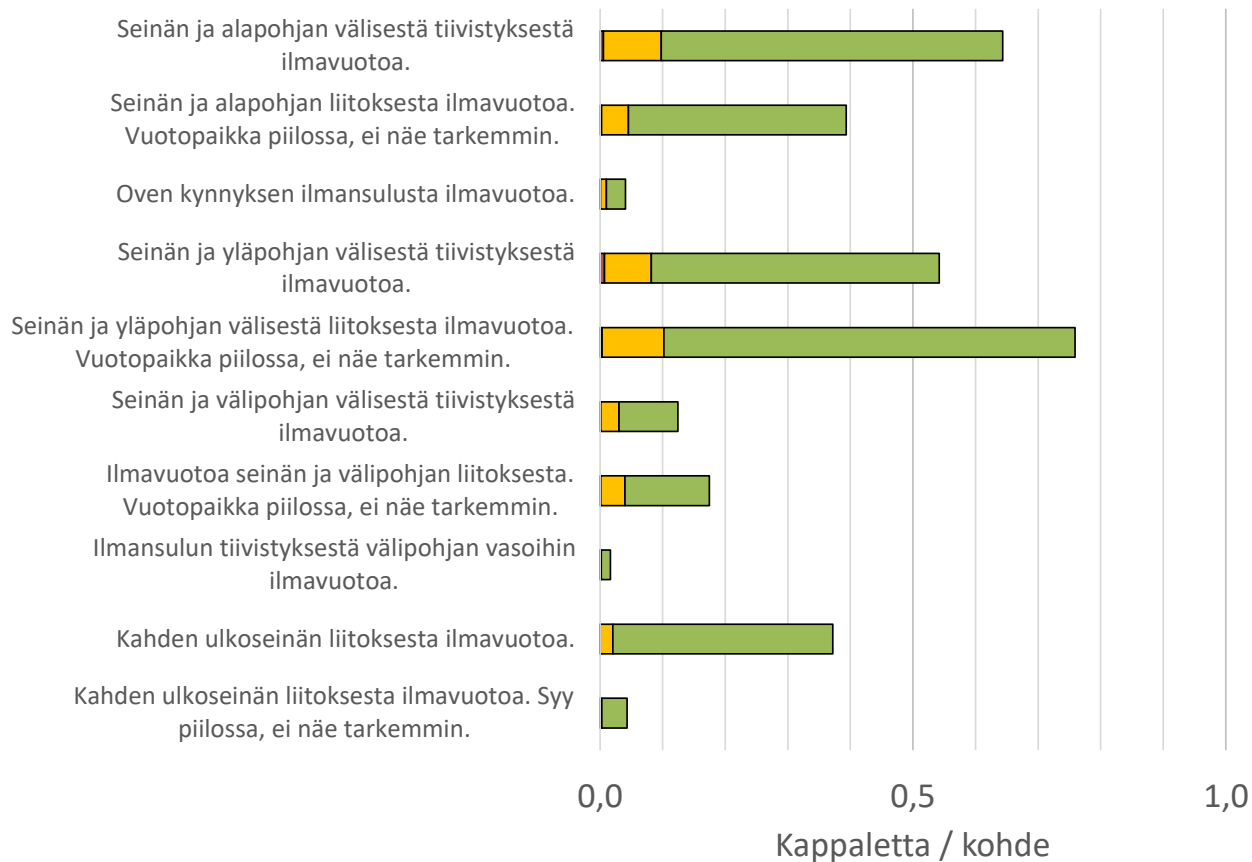
Seinän vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



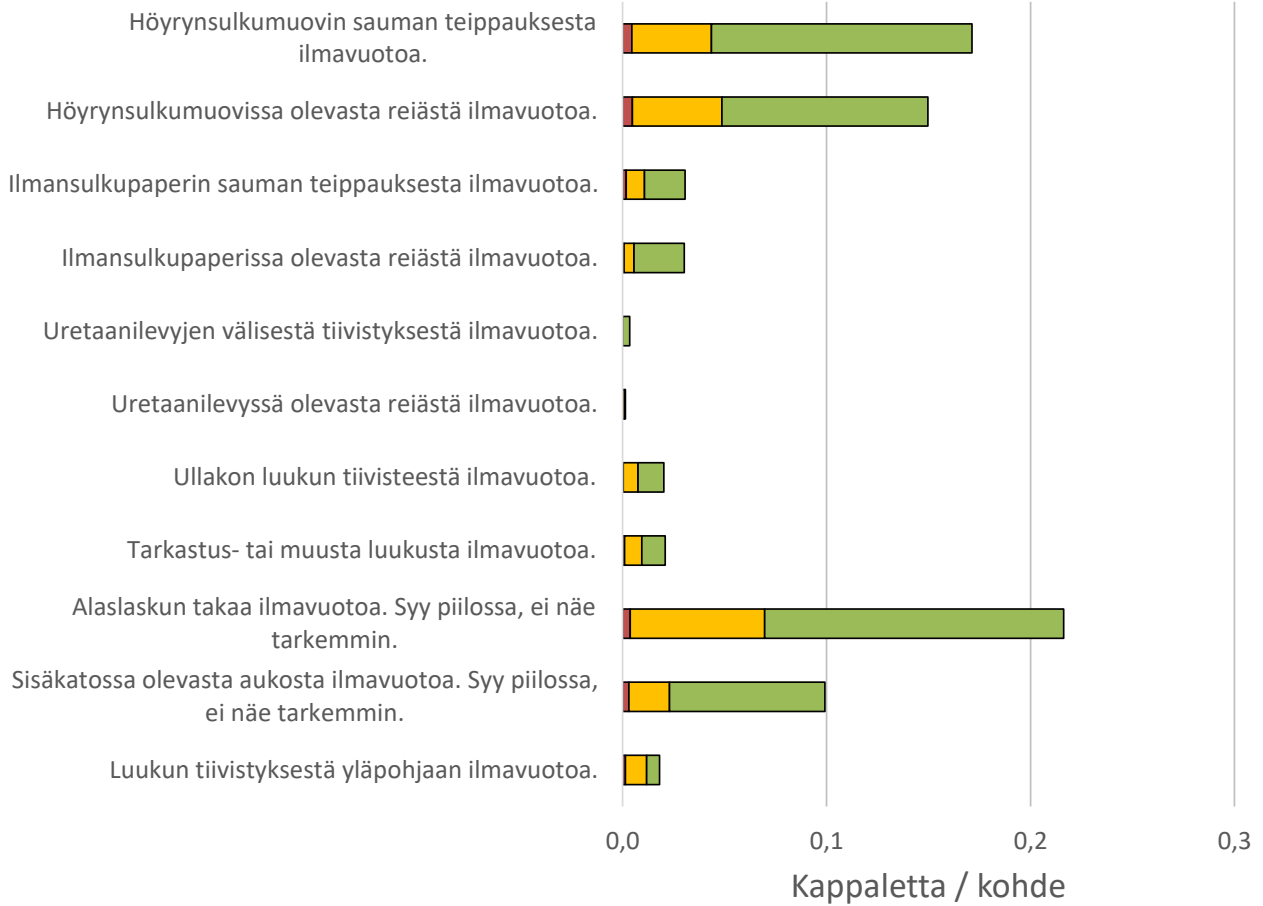
Seinä-alapohja, -välipohja, -yläpohja ja -seinä liitokset

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



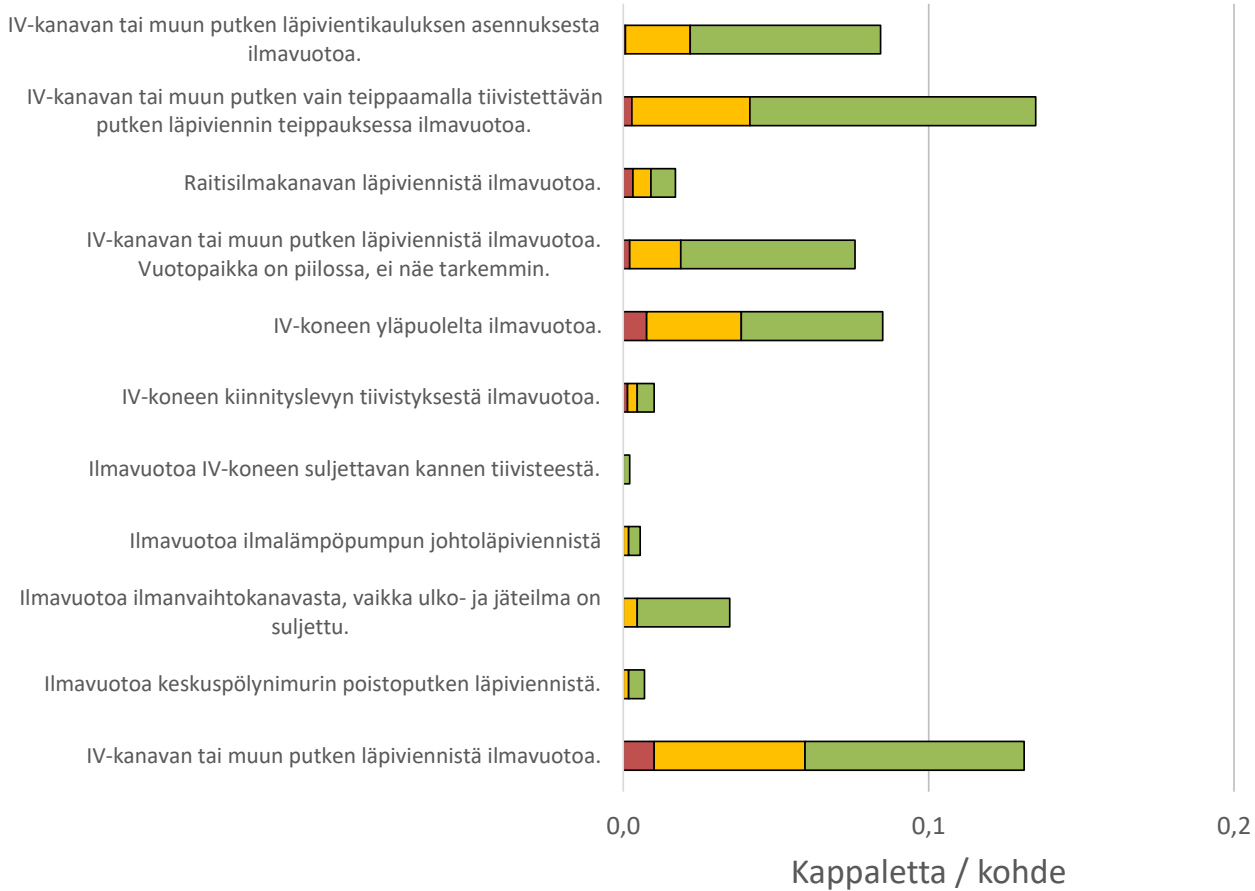
Yläpohjan vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



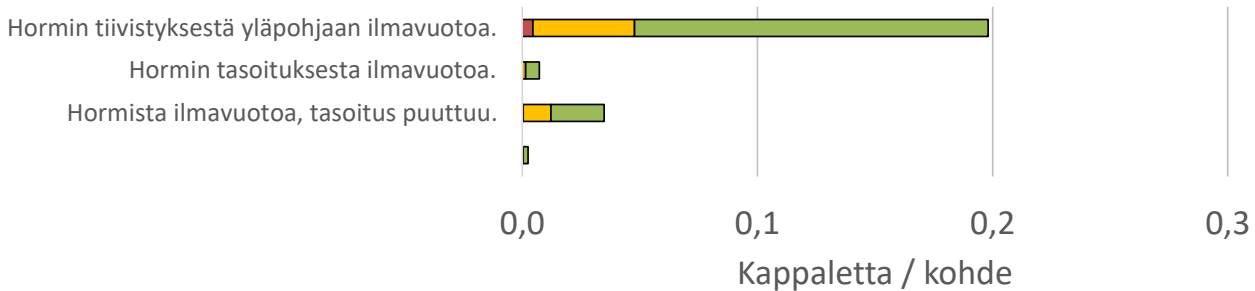
Ilmanvaihtoasennusten vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni

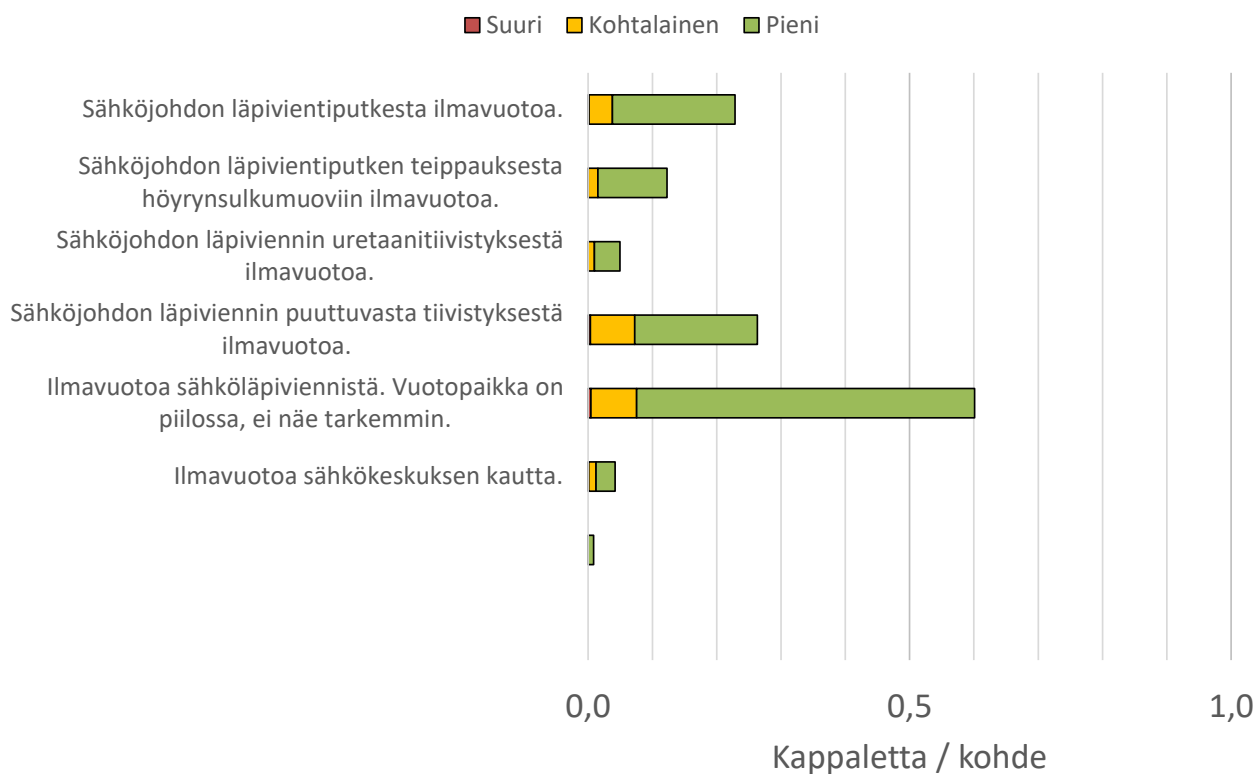


Hormin vuotokohdat

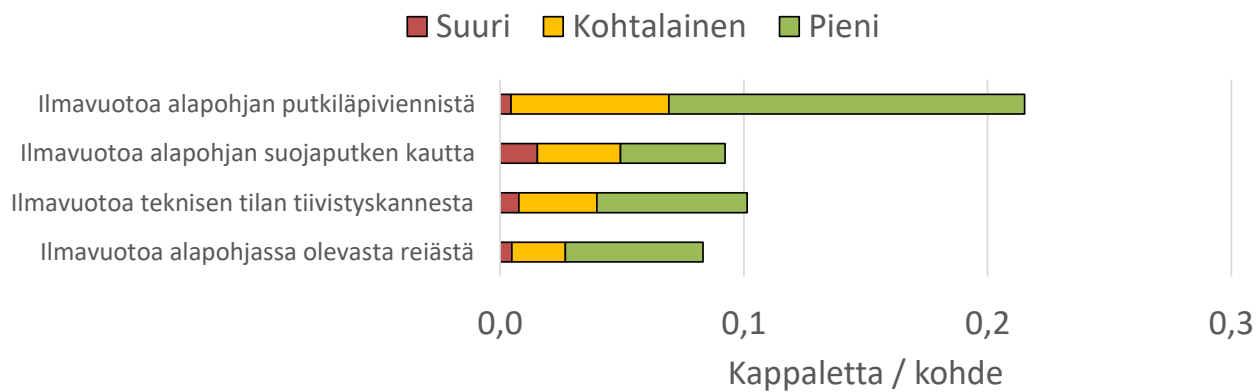
■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



Sähköasennusten vuotokohdat



Alapohjan vuotokohdat

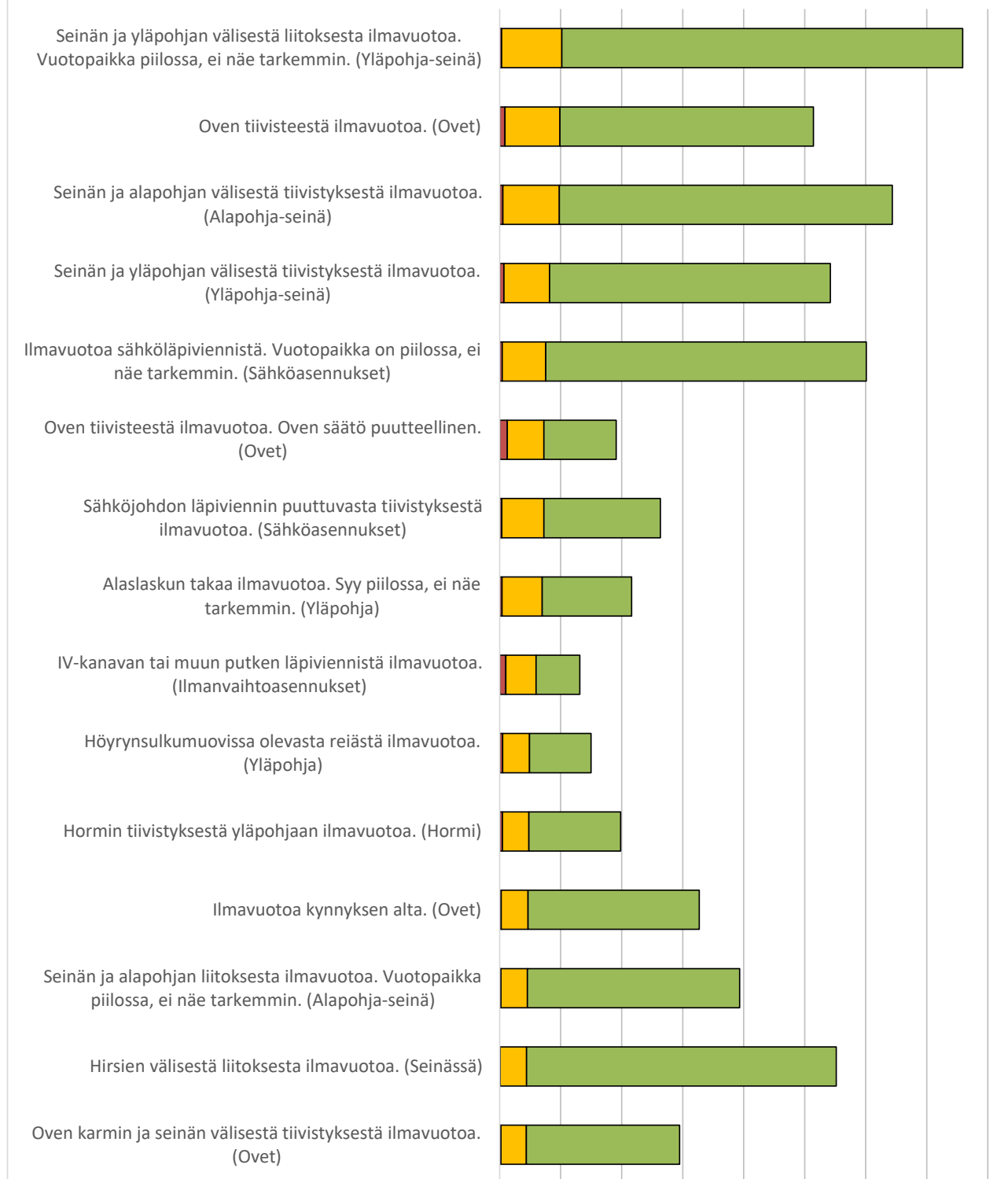


Merkittävimmät yksittäiset vuotokohtat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni

Kappaletta / kohde

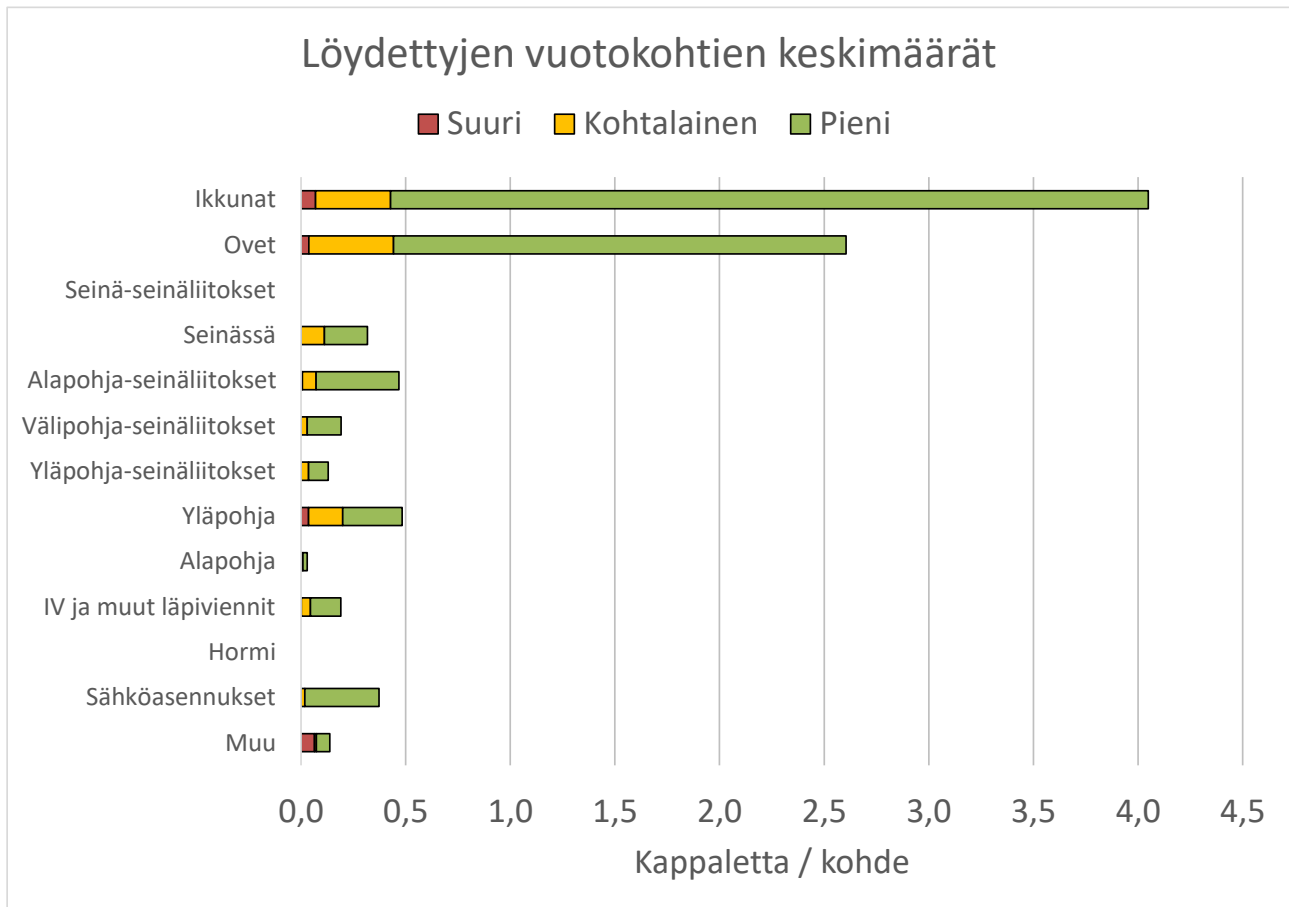
0,0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8



Tässä kuvaajassa on esitetty 15 merkittävintä yksittäistä vuotokohtaa. Ne on järjestetty suuruusjärjestykseen kohtalaisten ja suurien ilmavuotokohtien summana. Osa vuotokohtista voidaan korjata asiakkaan toimesta vielä juuri ennen mittausta vuotokohtien paikannuksen aikana.

Ilmavuotokohdat

Kerrostaloasunnot

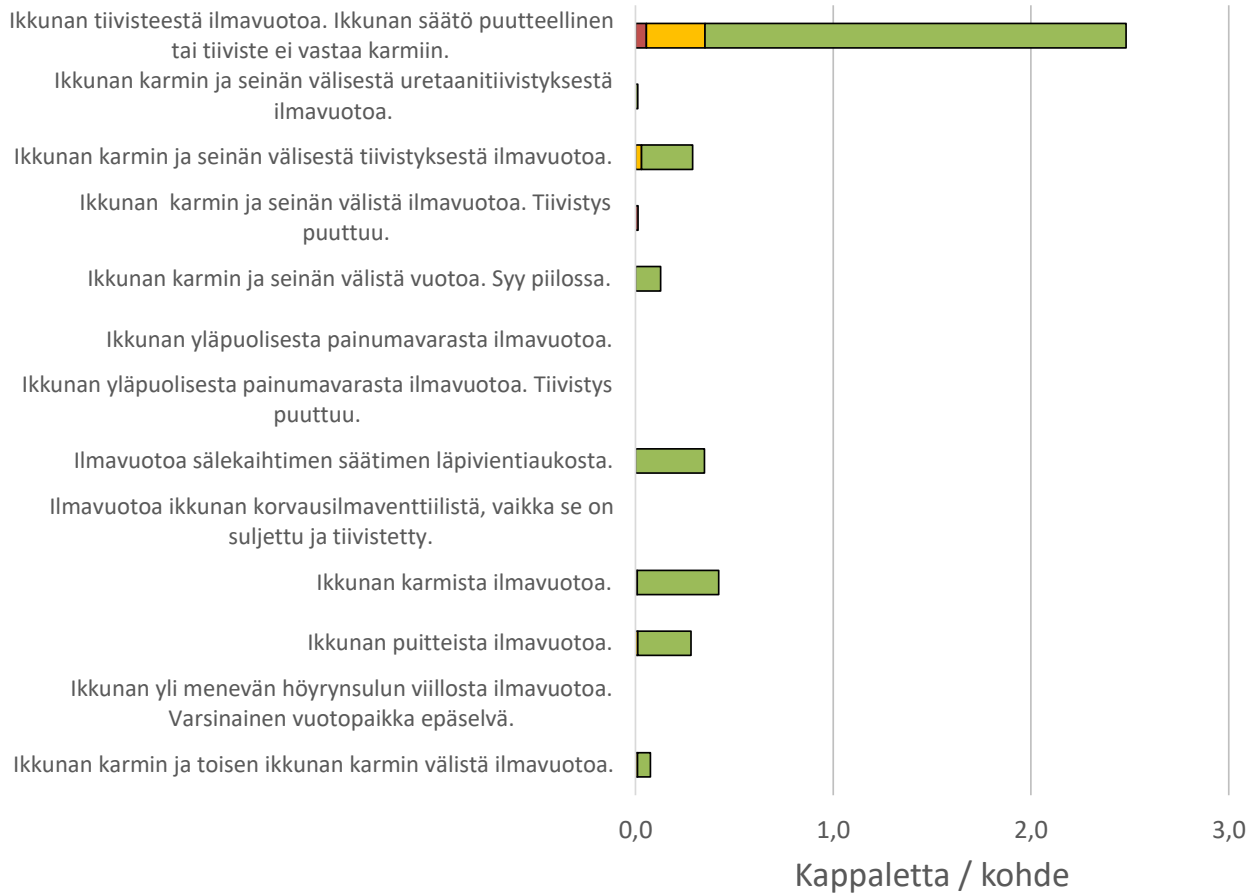


Otos

670 kpl

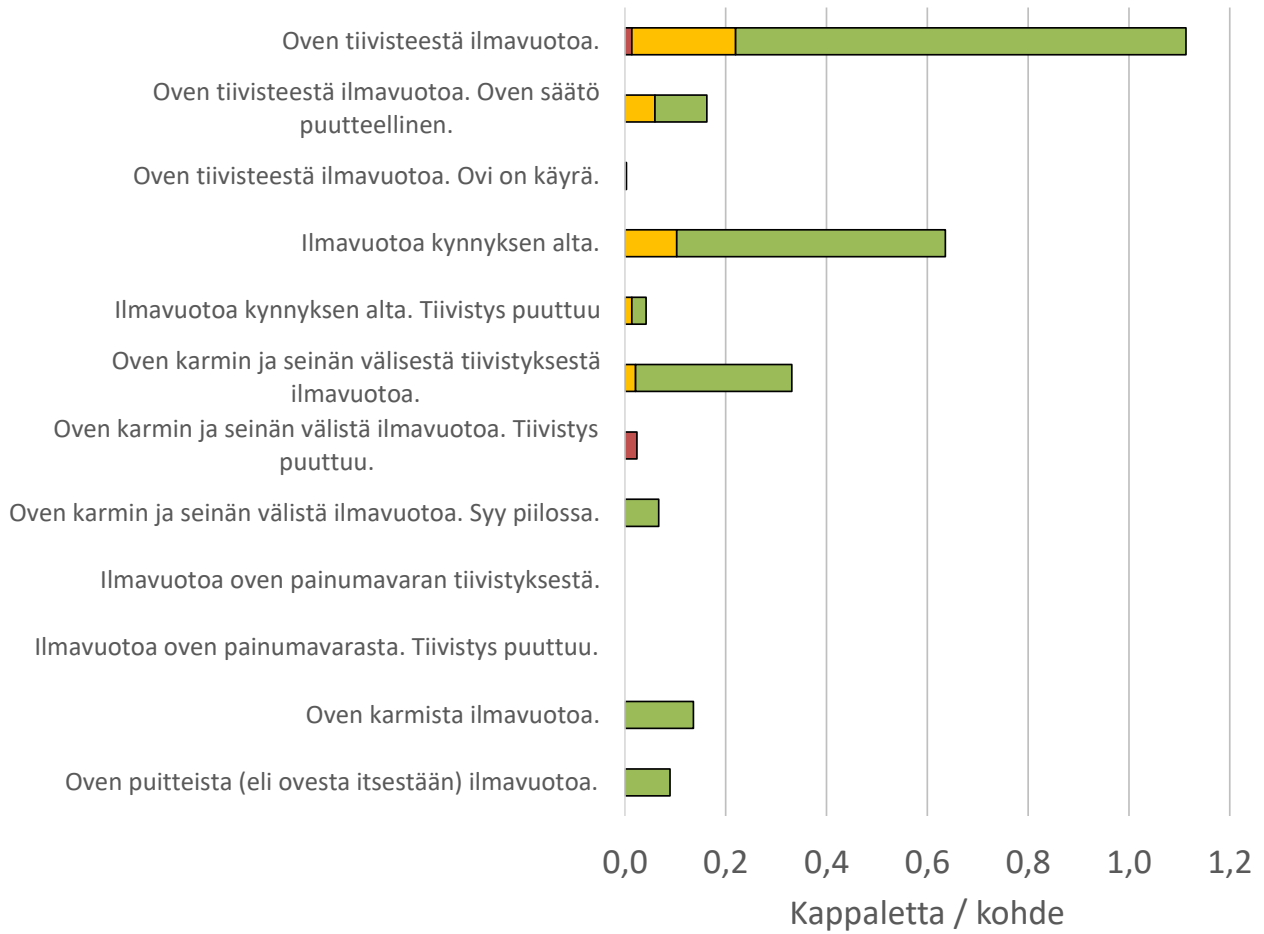
Ikkunoiden vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



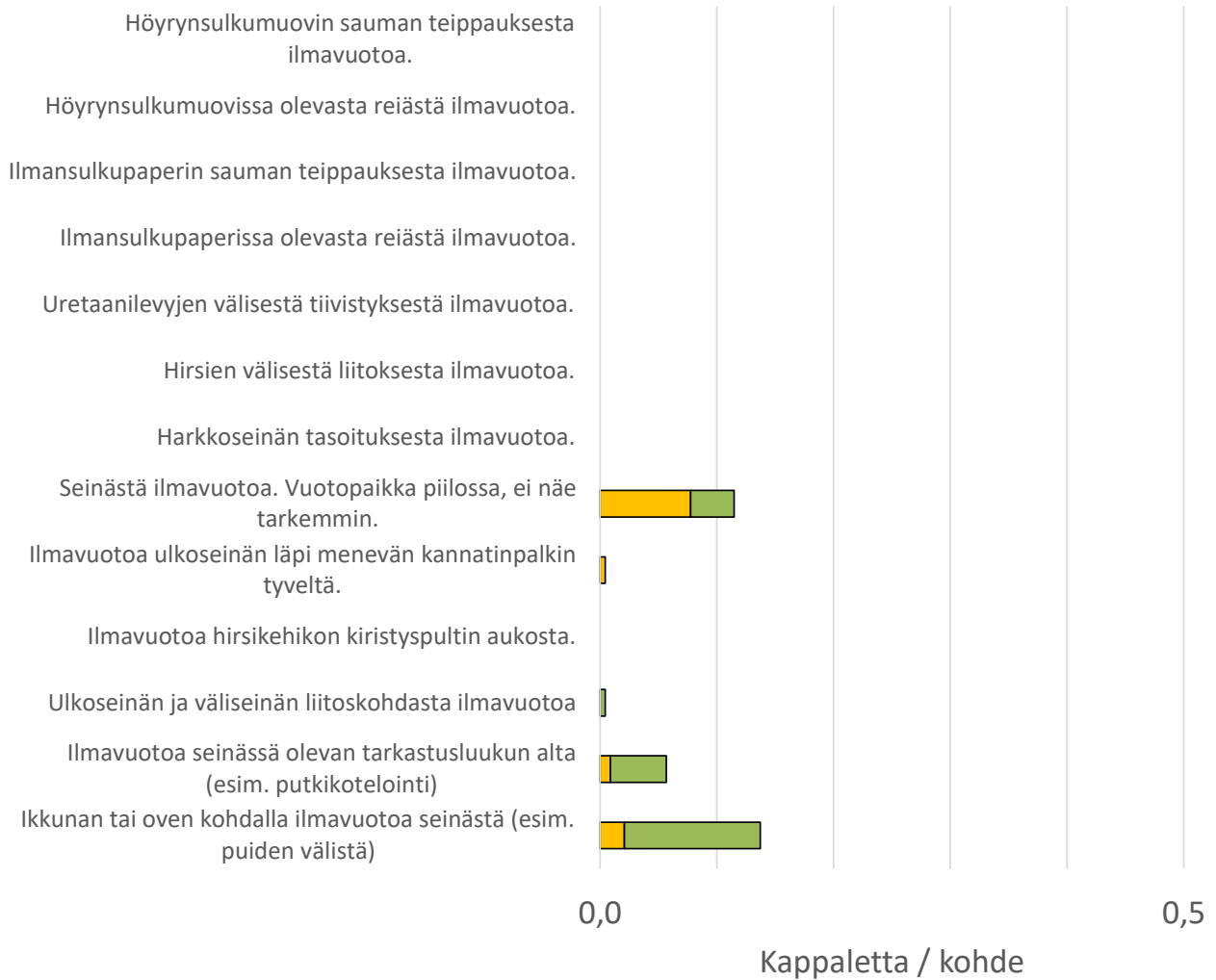
Ovien vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



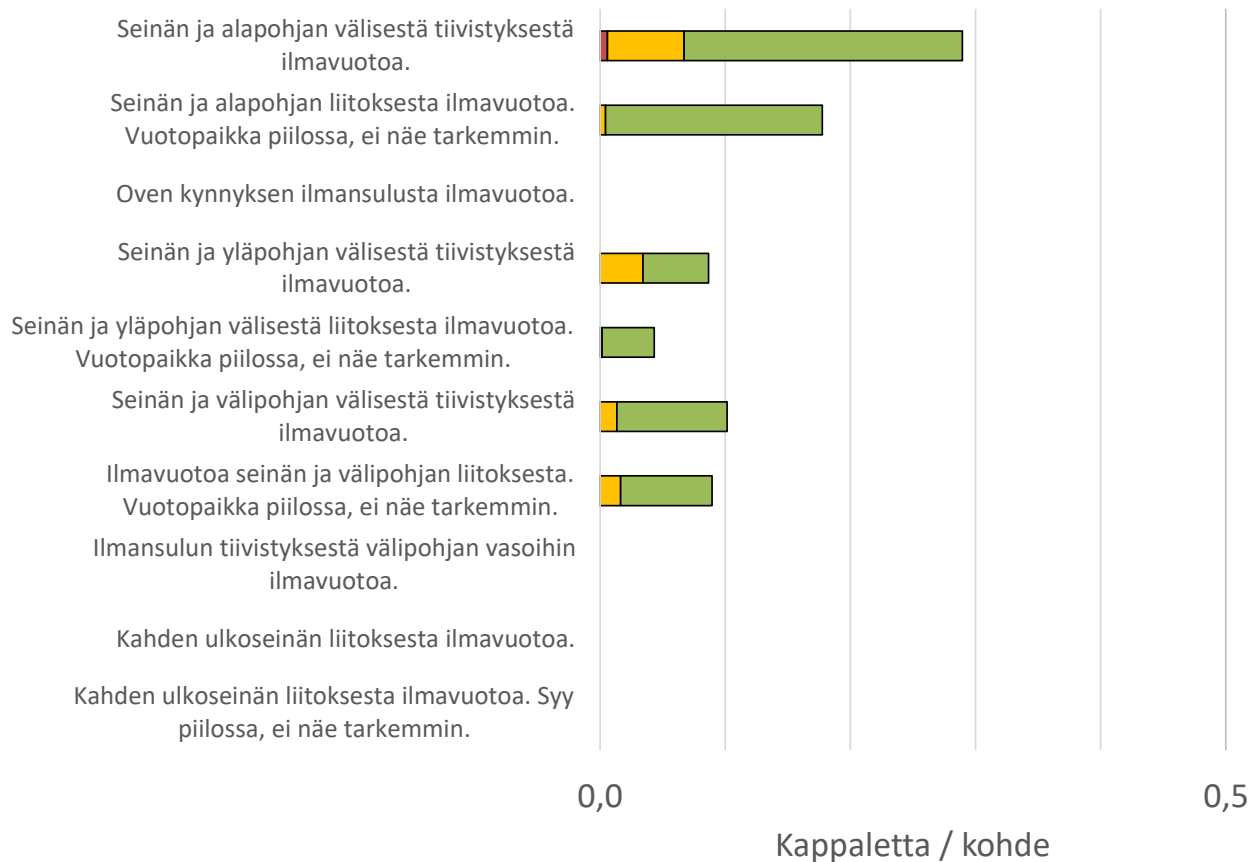
Seinän vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



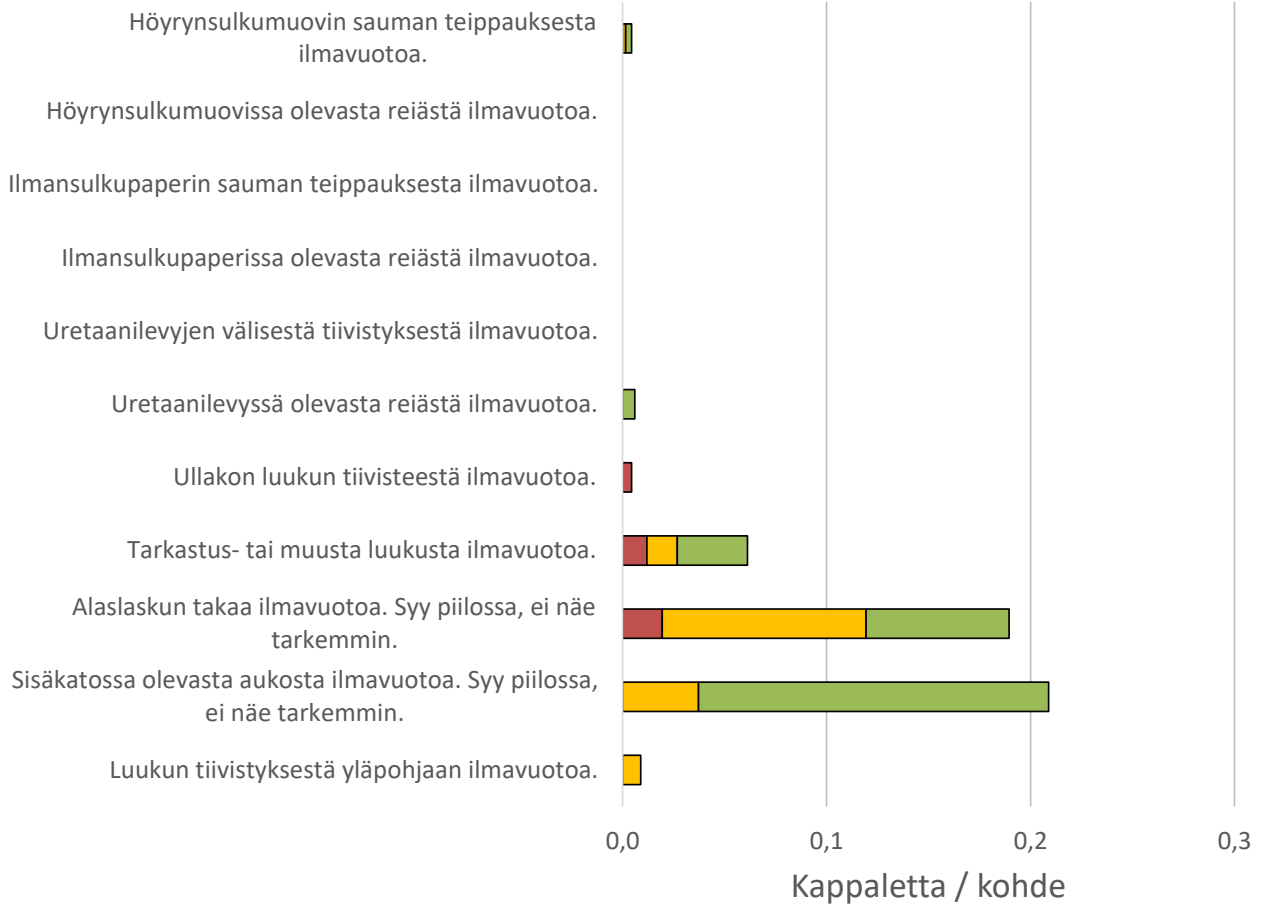
Seinä-alapohja, -välipohja, -yläpohja ja -seinä liitokset

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



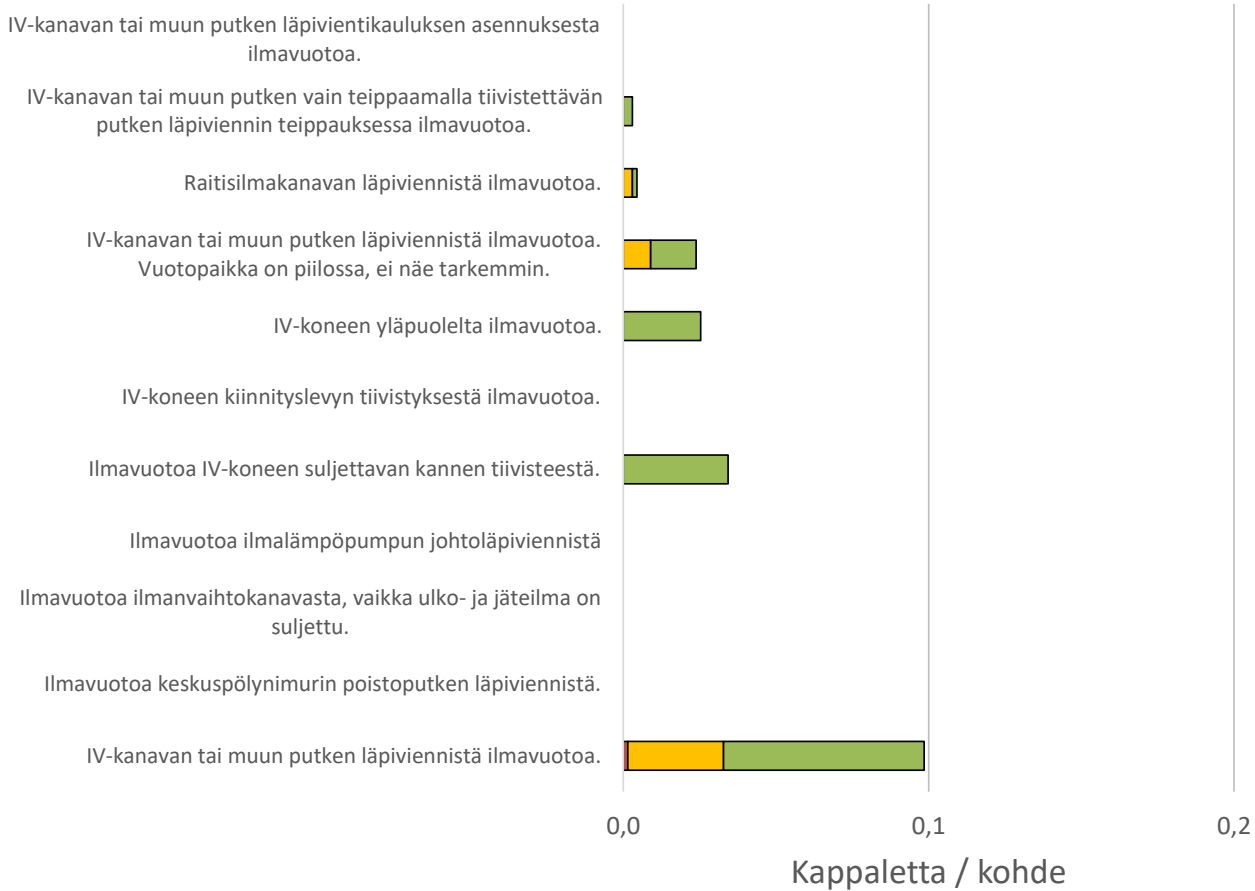
Yläpohjan vuotokohdat

Suuri Kohtalainen Pieni



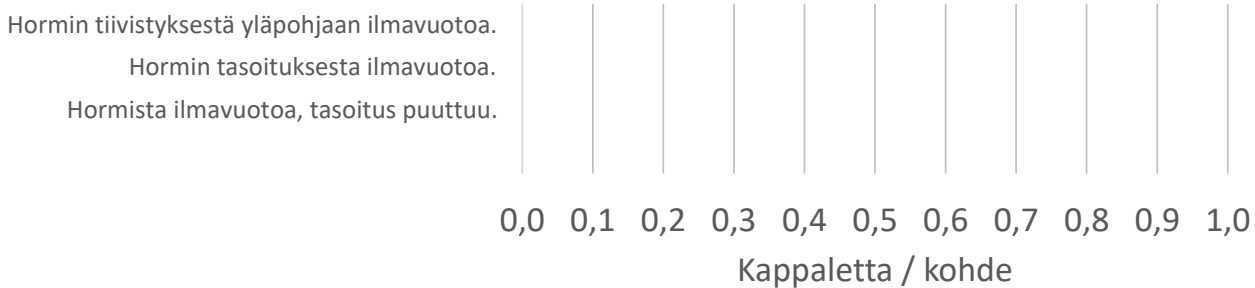
Ilmanvaihtoasennusten vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni

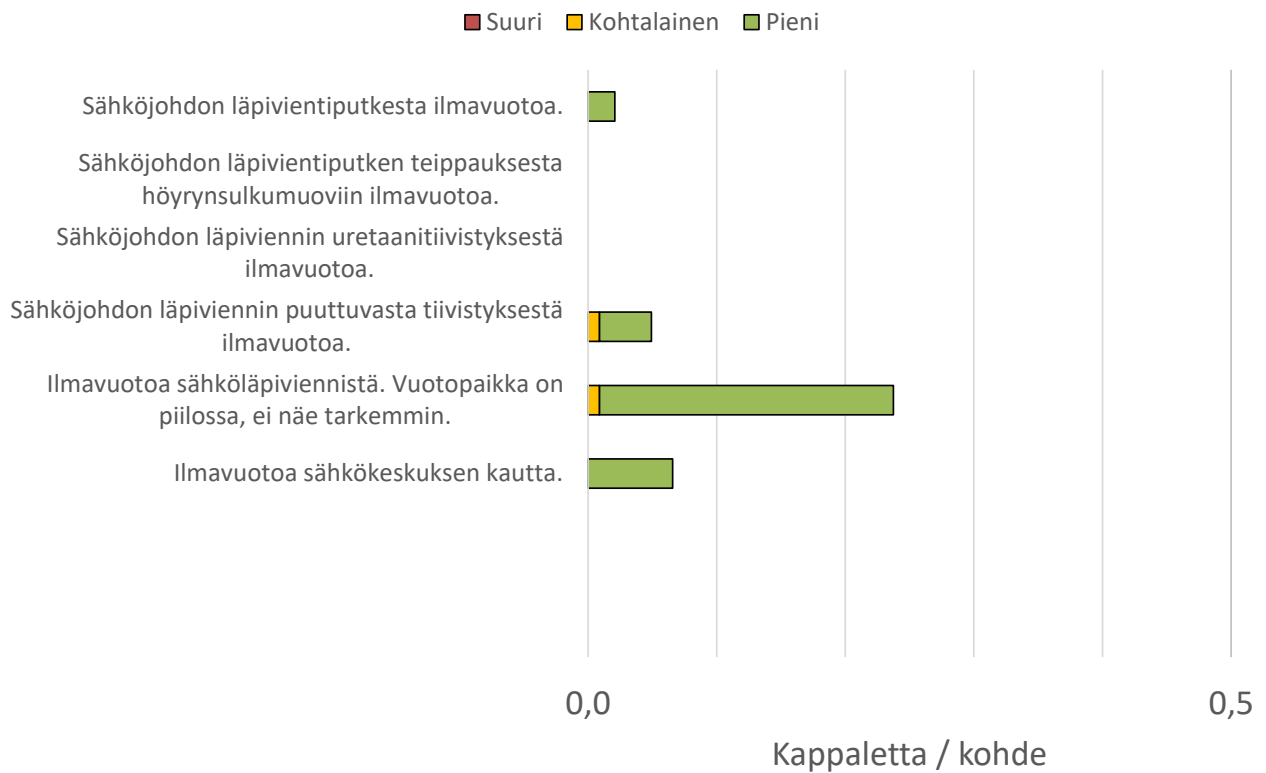


Hormin vuotokohdat

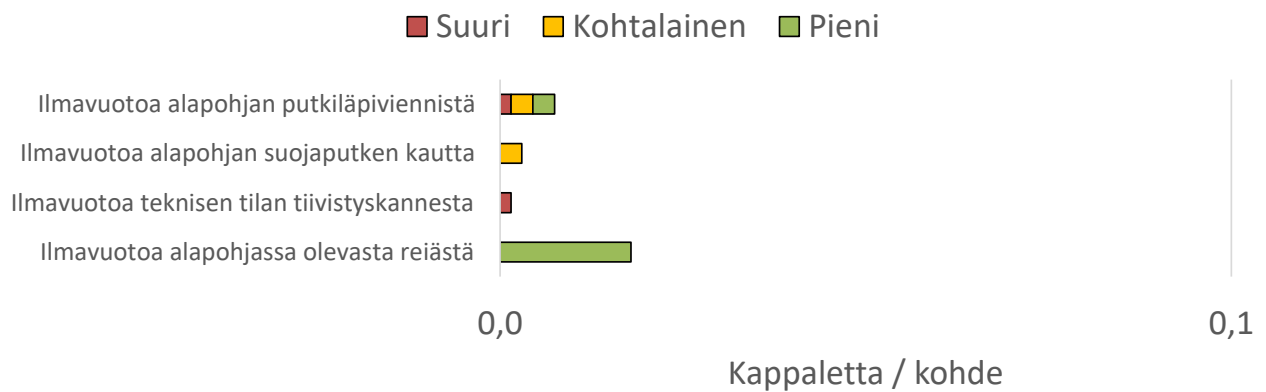
■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



Sähköasennusten vuotokohdat

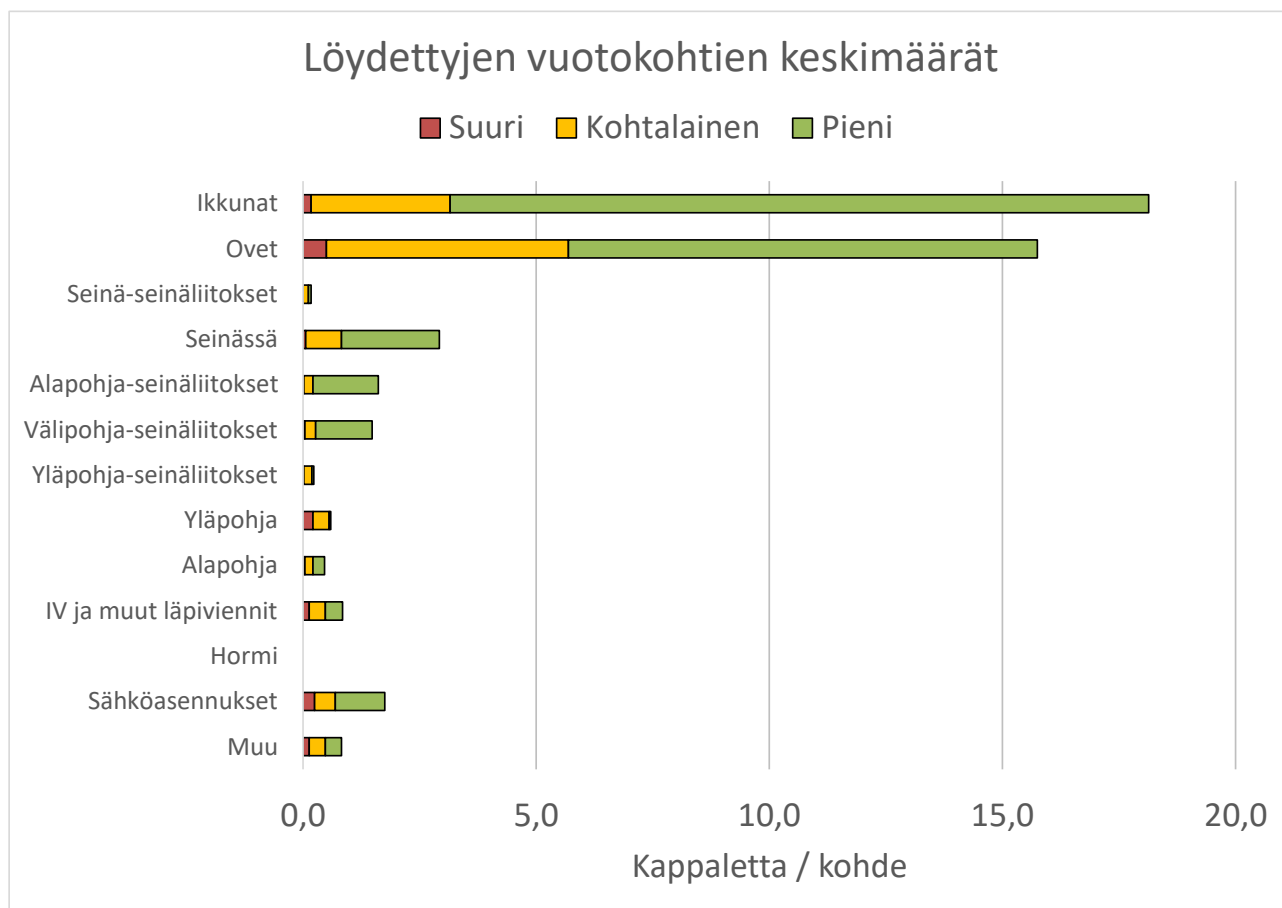


Alapohjan vuotokohdat



Ilmavuotokohdat

Kerrostalo, rappukohtainen mittaus

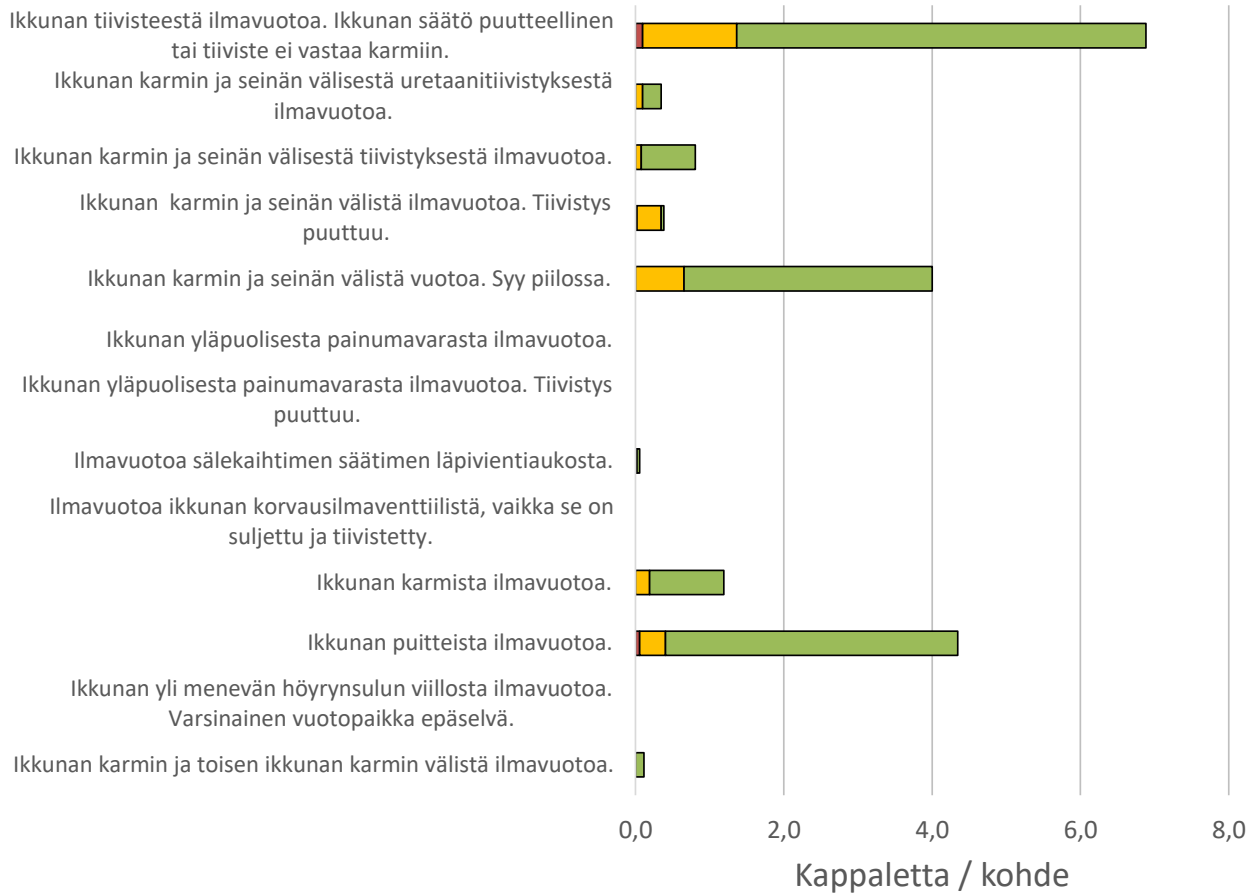


Otos

52 kpl

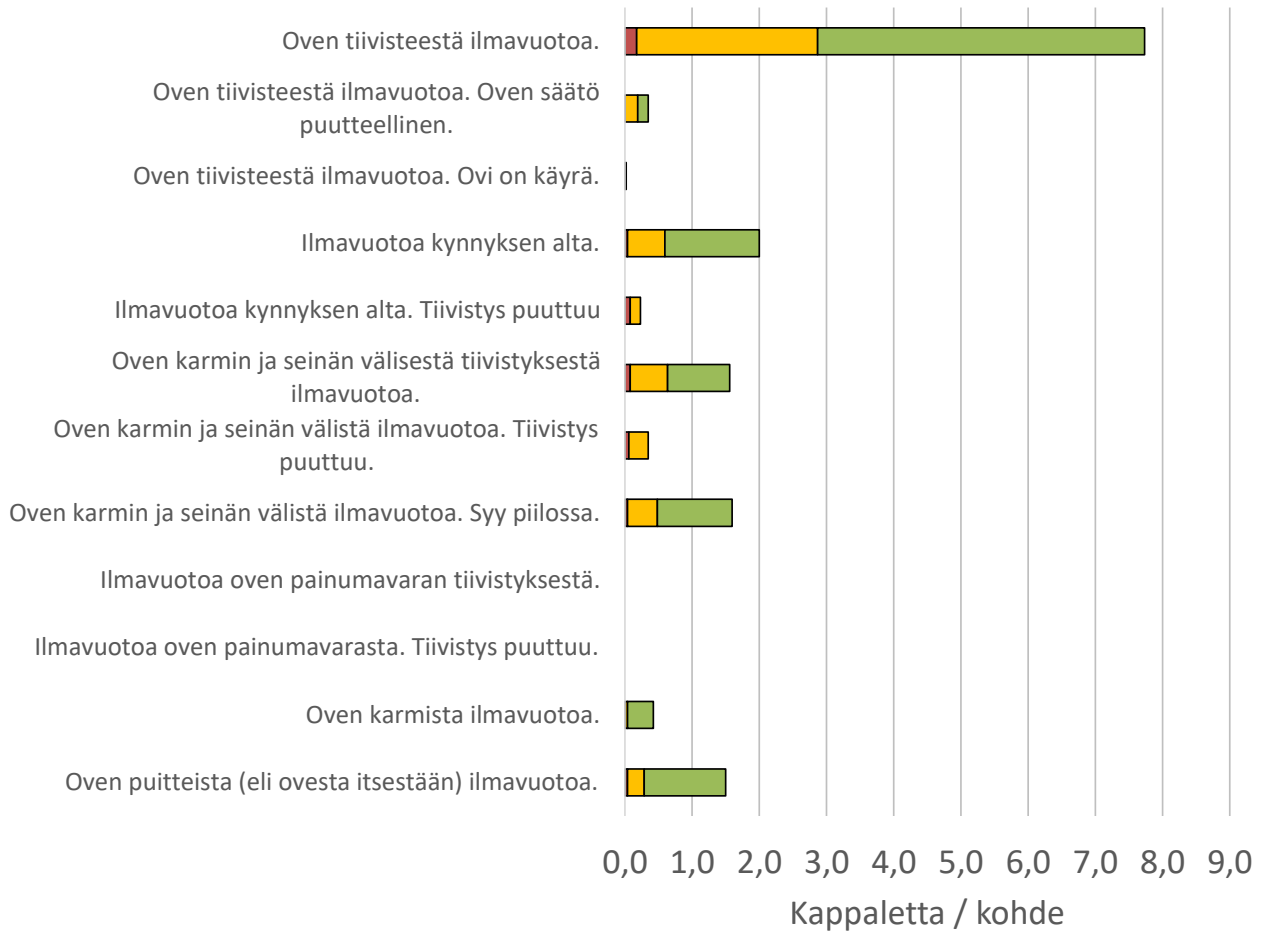
Ikkunoiden vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



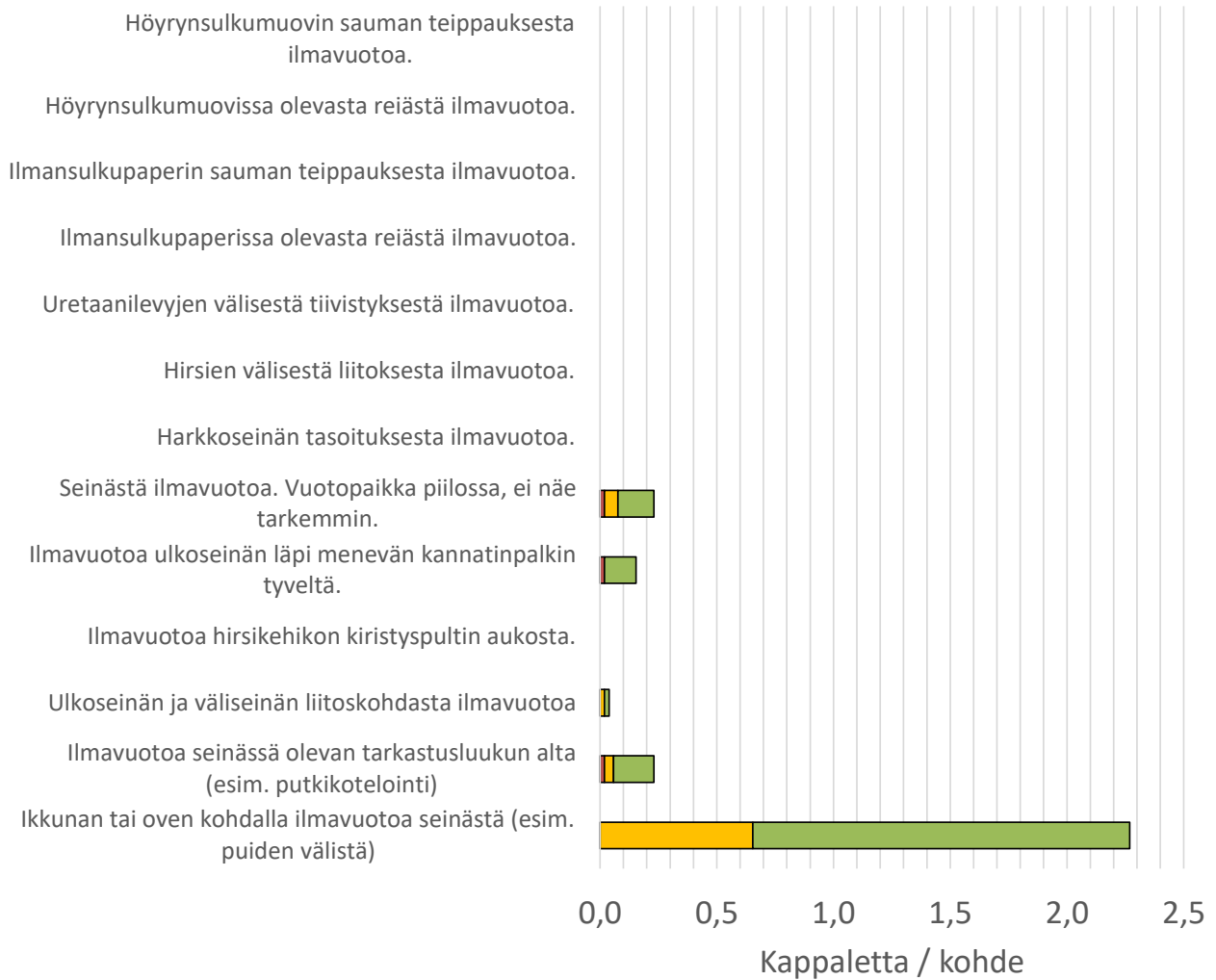
Ovien vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



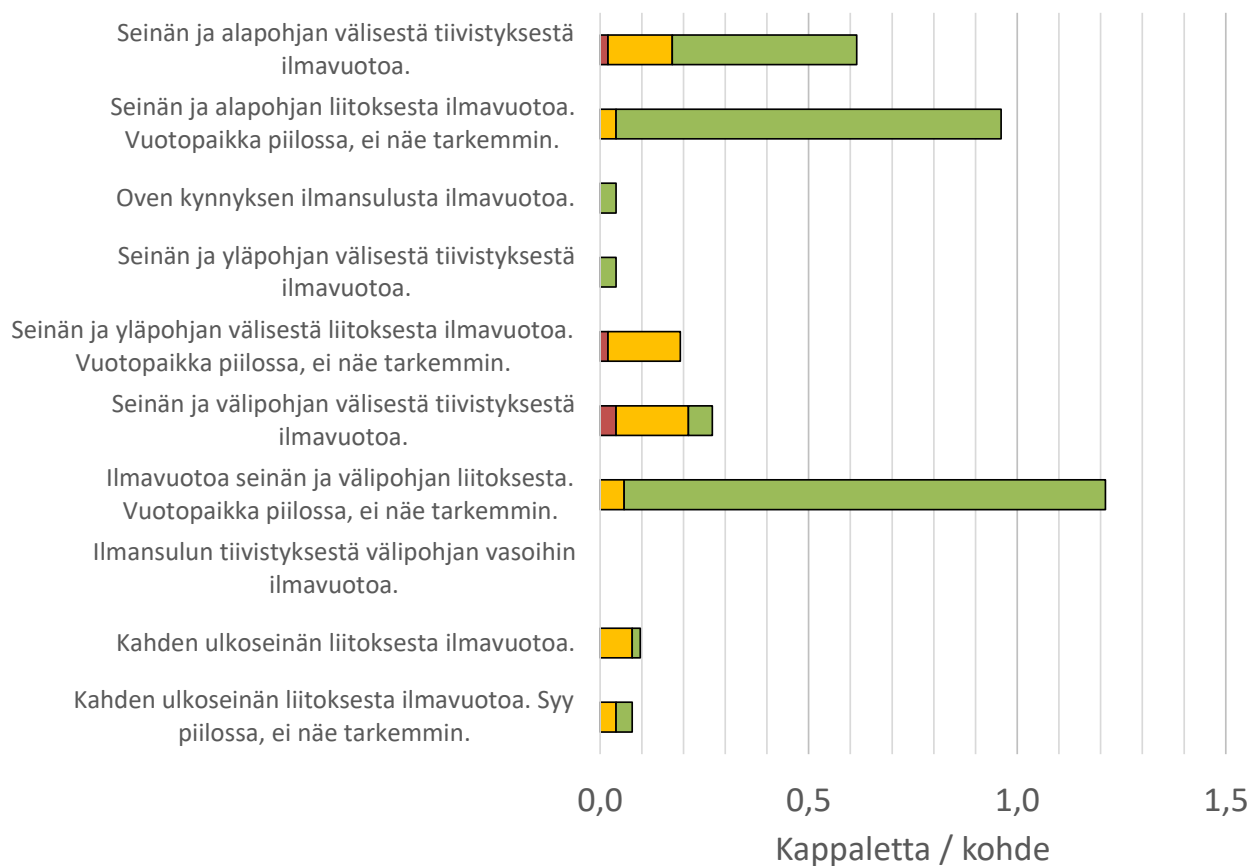
Seinän vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



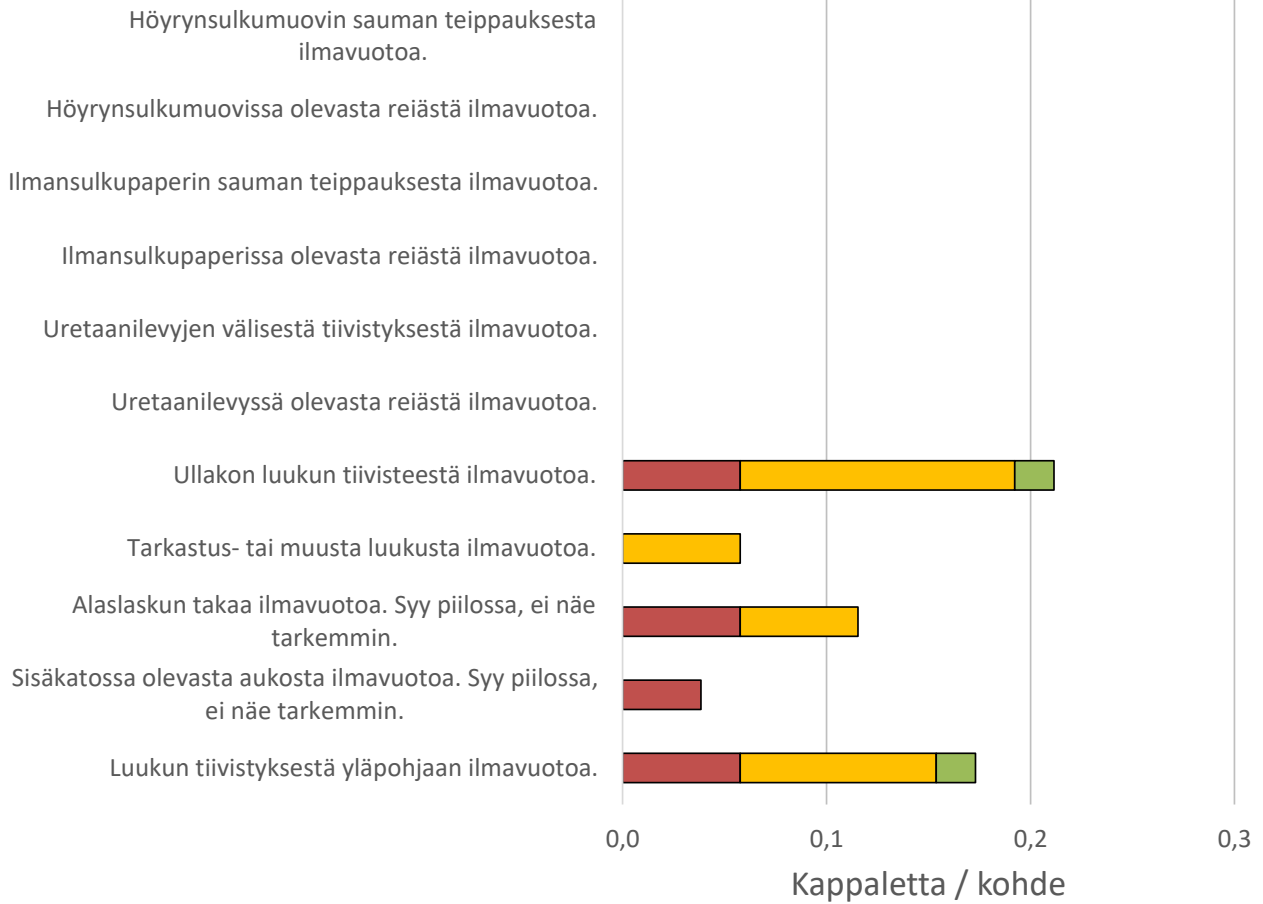
Seinä-alapohja, -välipohja, -yläpohja ja -seinä liitokset

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



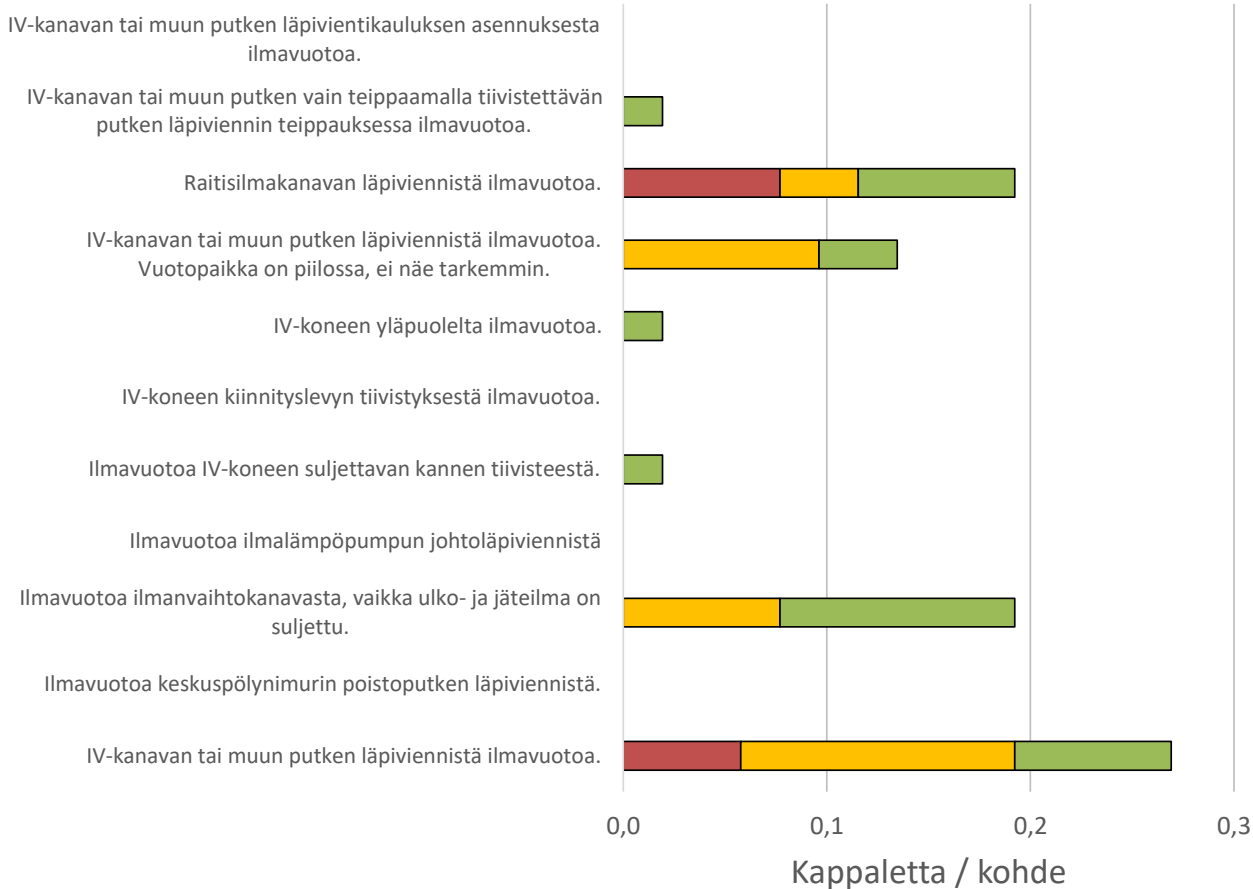
Yläpohjan vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



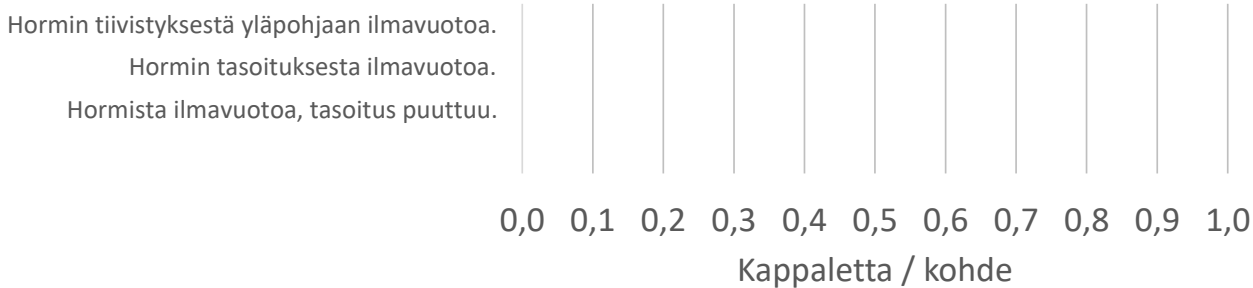
Ilmanvaihtoasennusten vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni

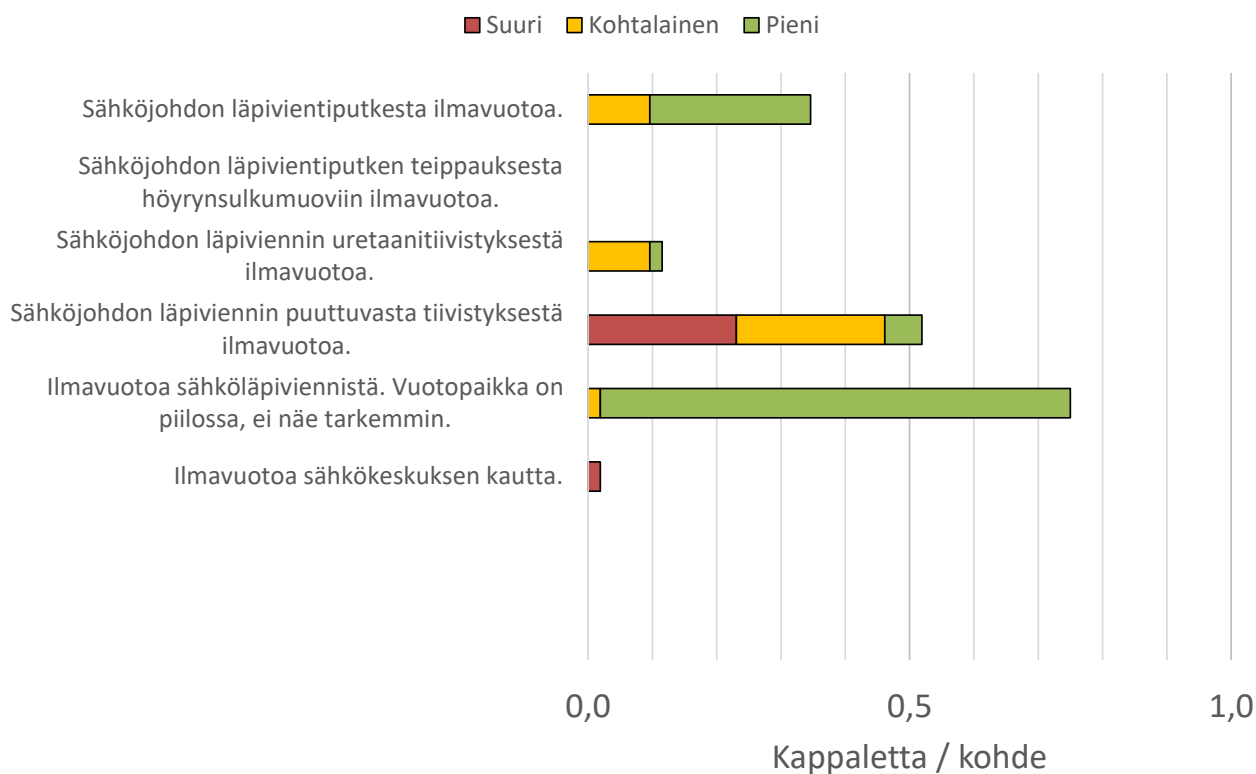


Hormin vuotokohdat

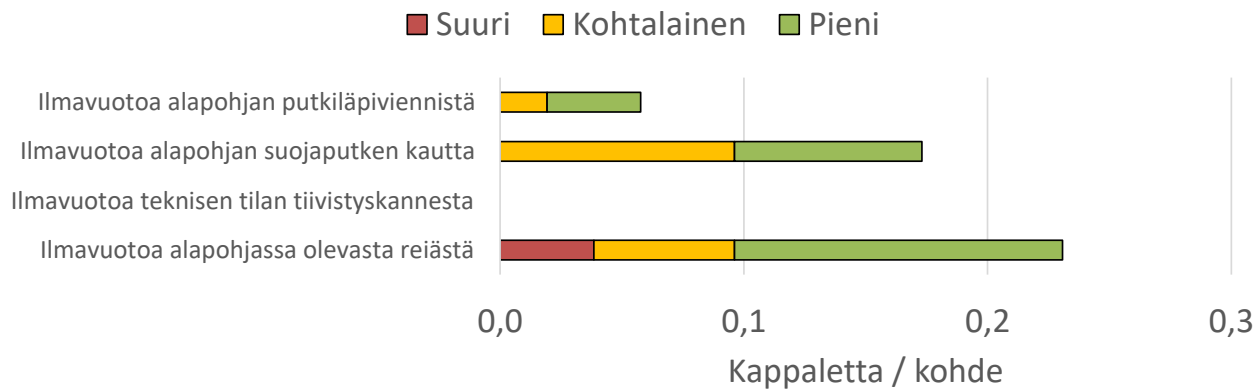
■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



Sähköasennusten vuotokohdat

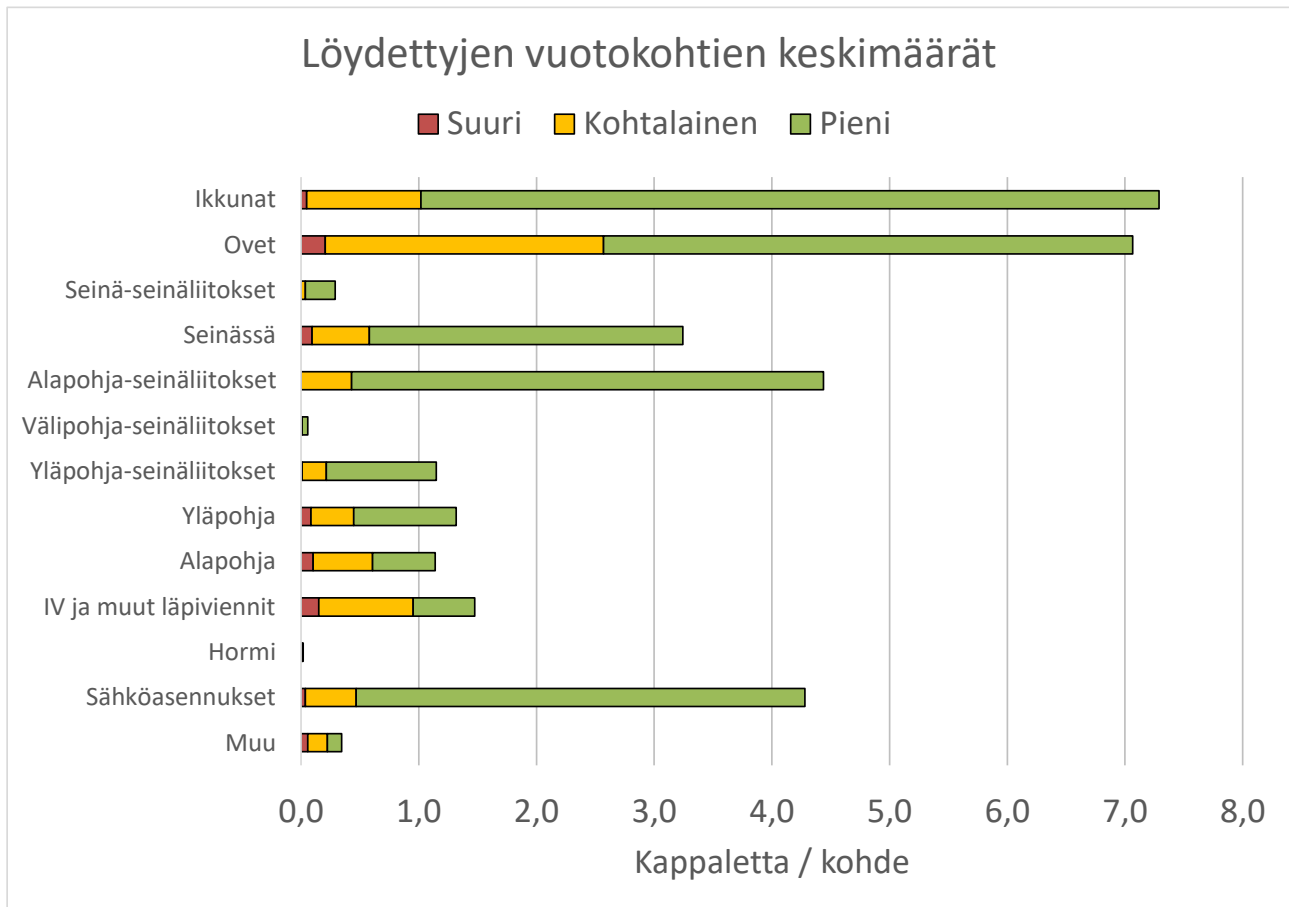


Alapohjan vuotokohdat



Ilmavuotokohdat

Muut rakennukset

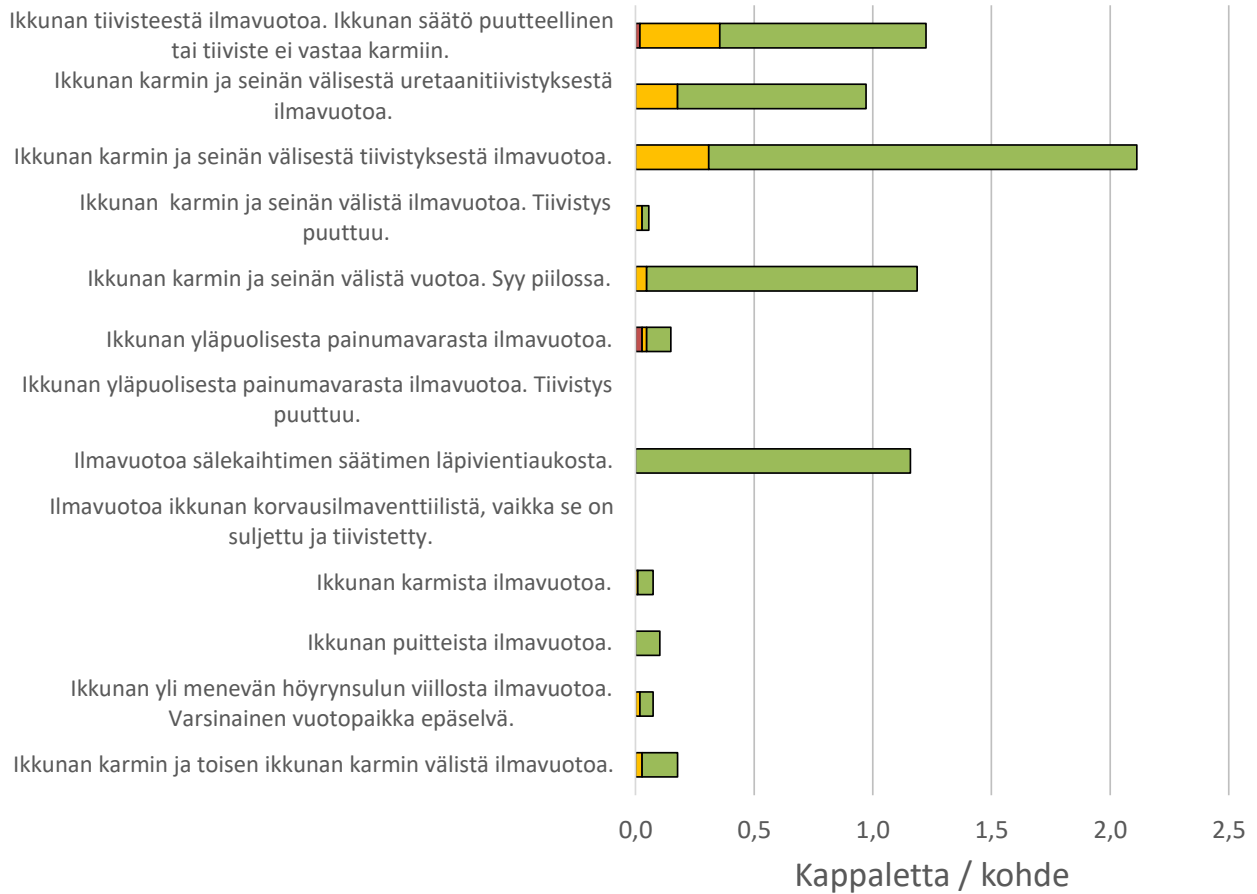


Otos

107 kpl

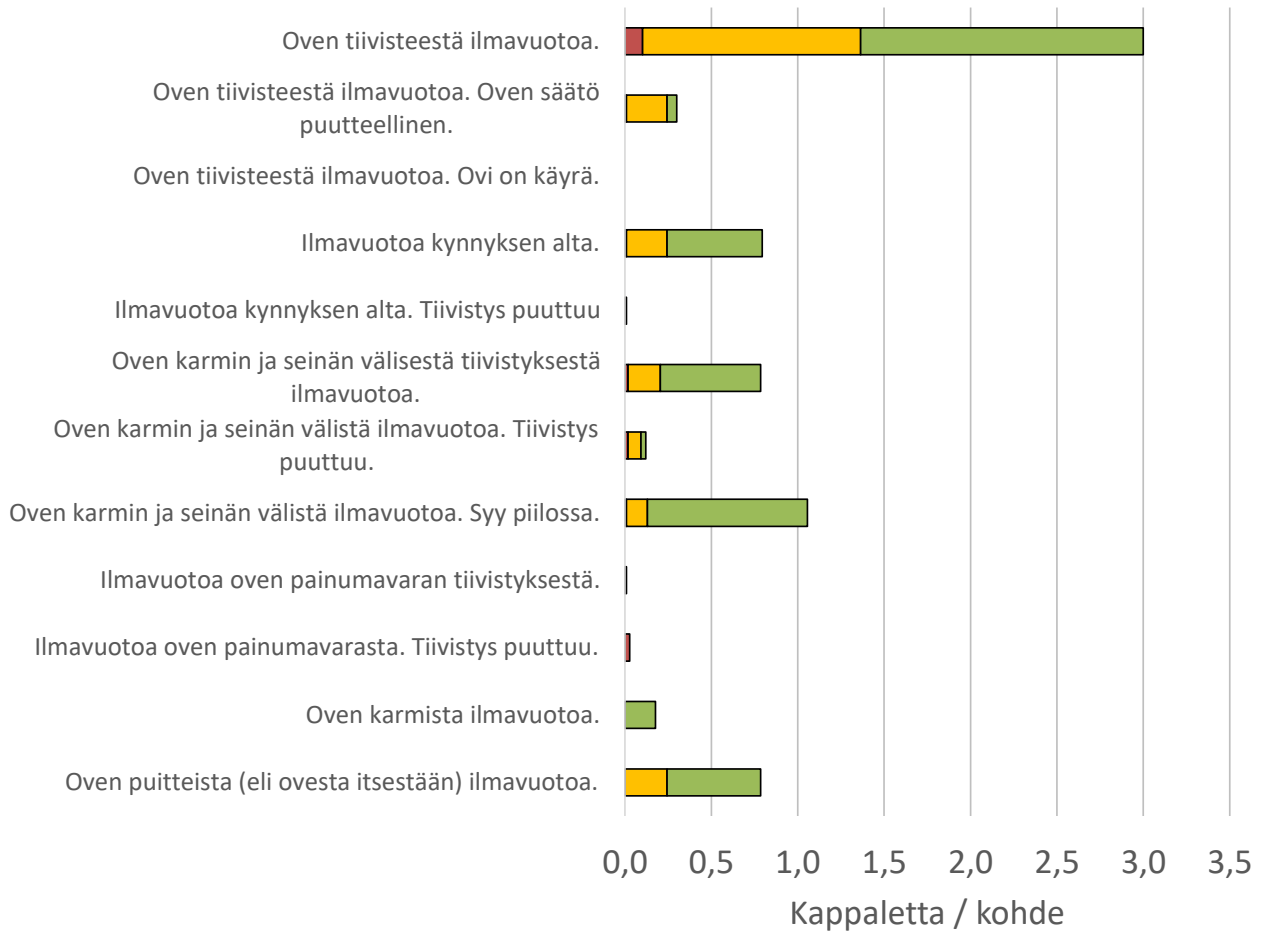
Ikkunoiden vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



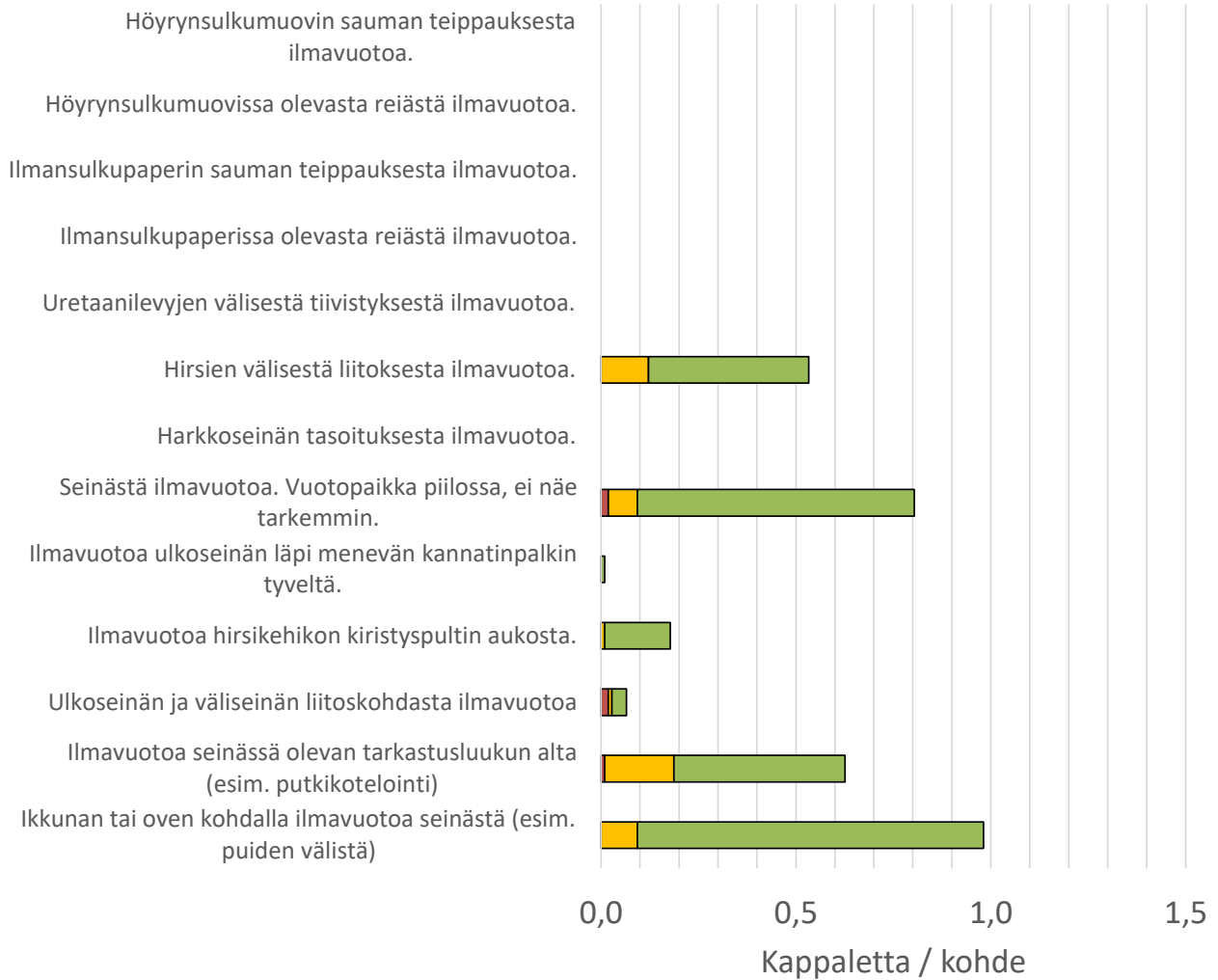
Ovien vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



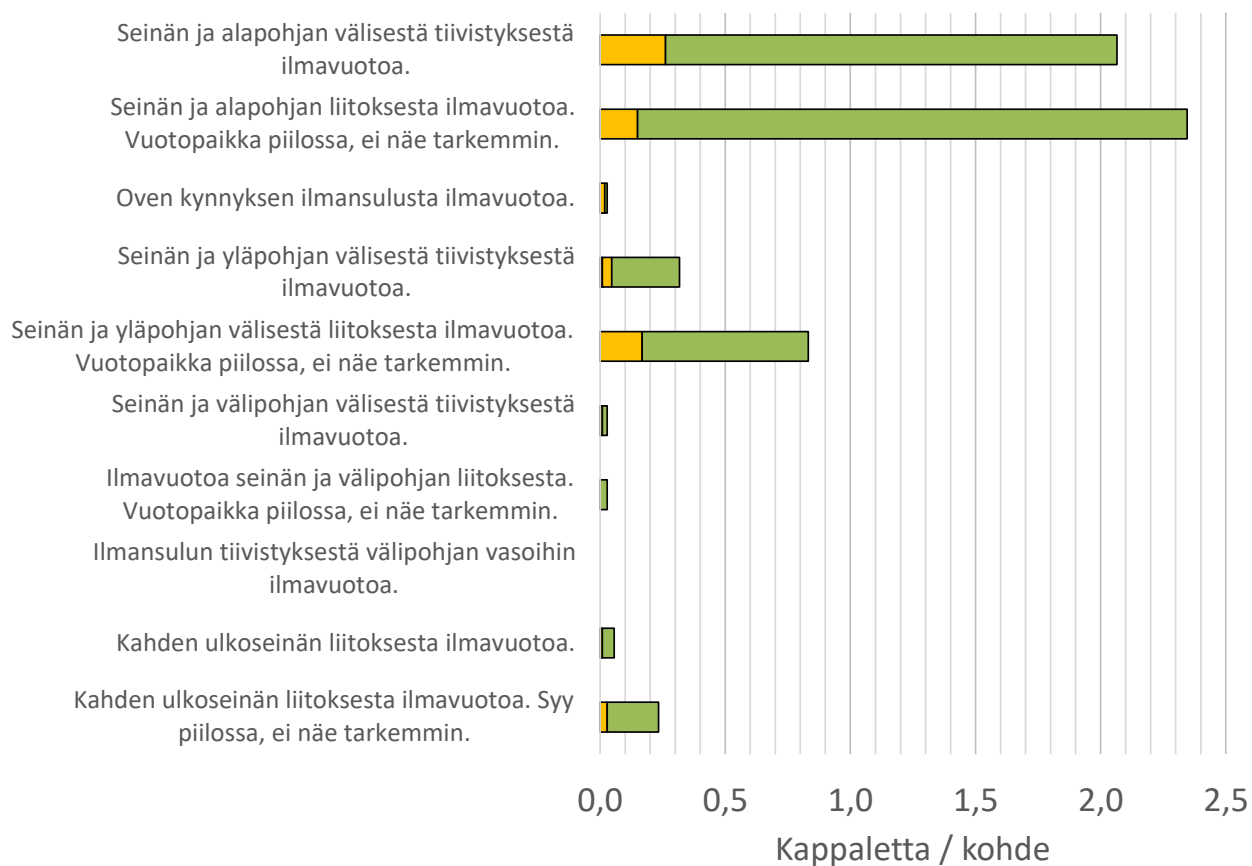
Seinän vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



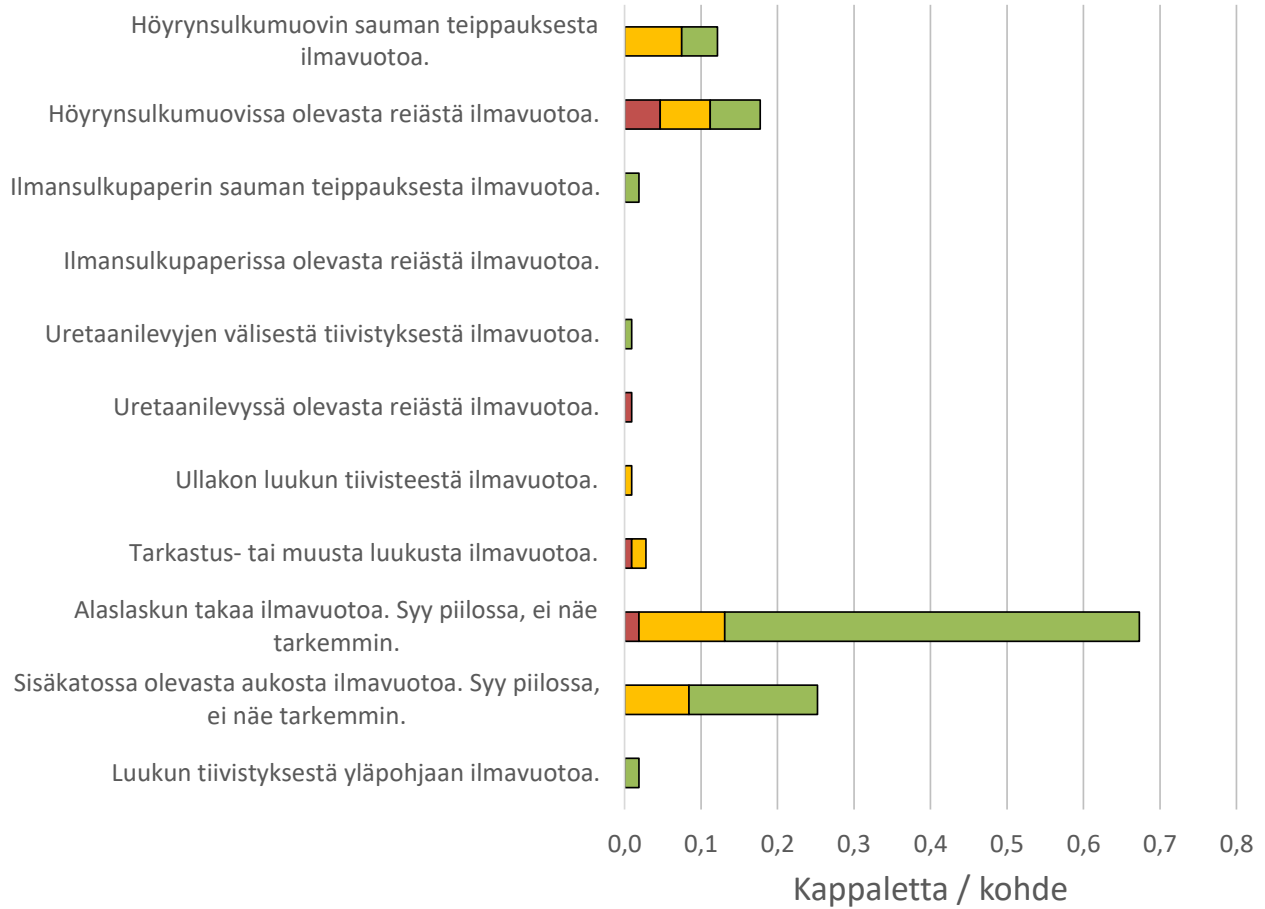
Seinä-alapohja, -välipohja, -yläpohja ja -seinä liitokset

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



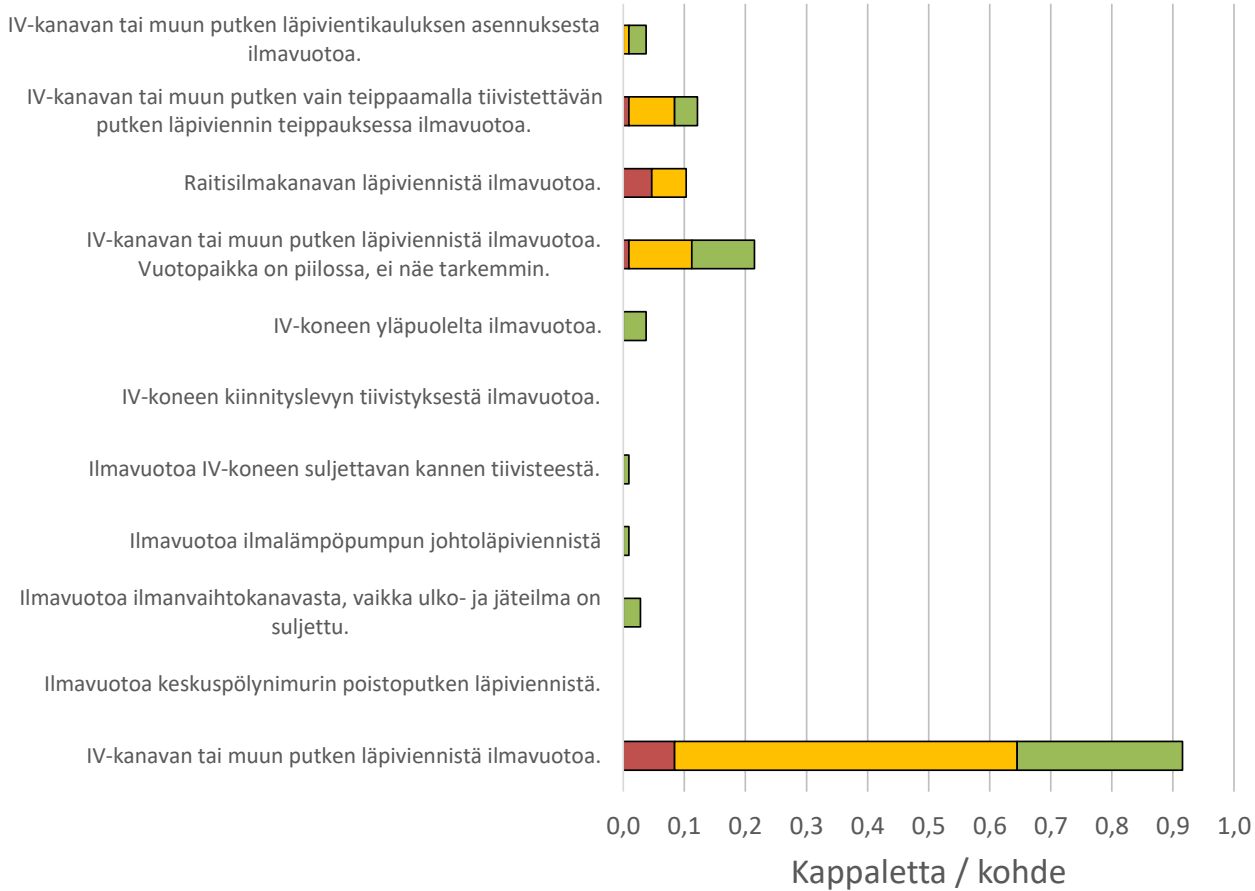
Yläpohjan vuotokohdat

Suuri Kohtalainen Pieni



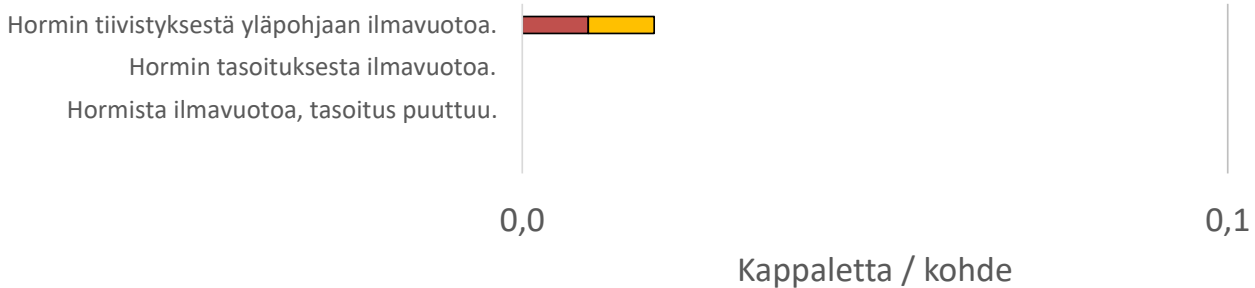
Ilmanvaihtoasennusten vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni

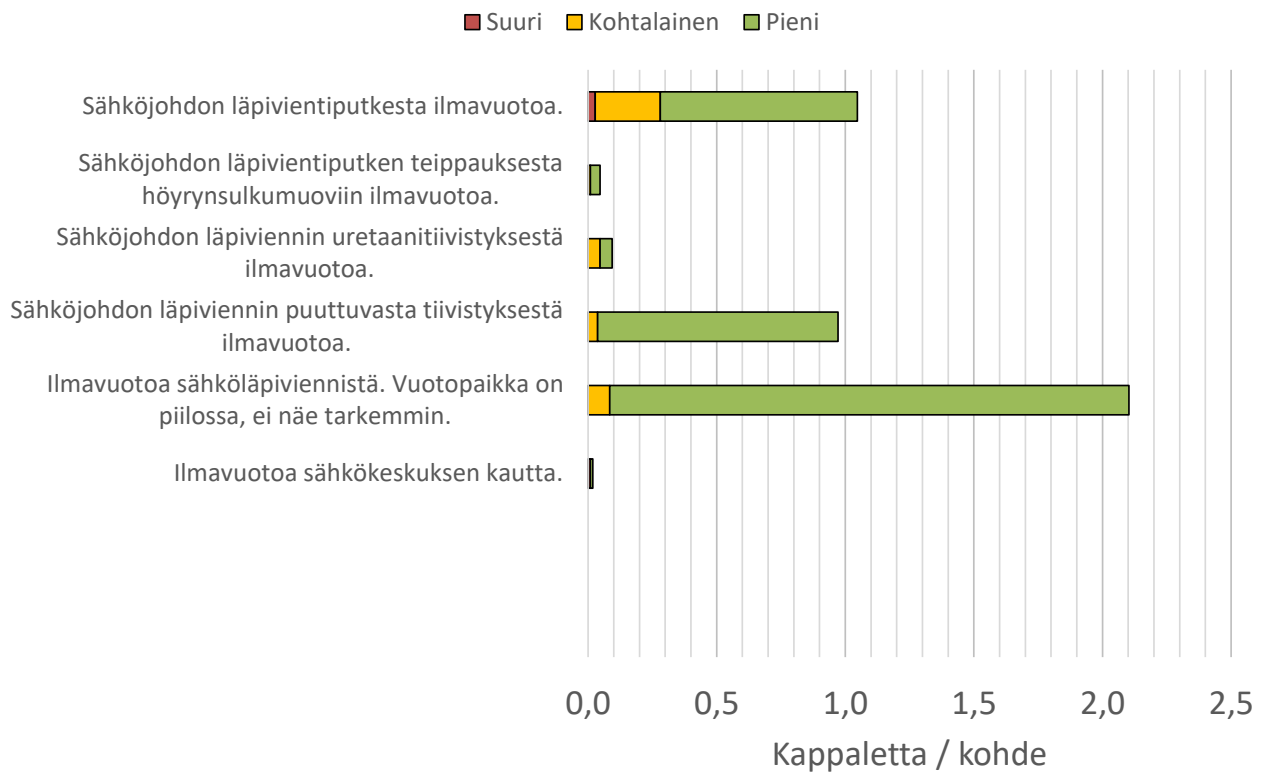


Hormin vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



Sähköasennusten vuotokohdat



Alapohjan vuotokohdat

