

# Ilmatiiveys ja vuotokohdat uusissa rakennuksissa 1/2017

Vertia Oy  
27.5.2017

## **Yhteenveto**

Rakennuksen ilmavuotokohdat 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 vuotokohtien paikannuksia vuosilta 2014-2017. Tiiveys mitataan painekoemenetelmällä ja vuotokohdat paikannetaan yleensä lämpökameralla sekä käsin tunnustellen 50 pascalin alipaineessa.

Mitattujen uudispientalojen ilmanvuotolukujen q50 keskiarvo oli vuosilta 2014-2017 1,1 (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h) ja uusimmassa 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 ilmanvuotolukua ei mitata, käytetään ilmanvuotolukua 4,0 energiatodistuksessa. Suurin osa mitatuista uudiskohteista pääsee alle 2,0:n.

Löydetyt vuotokohdat ovat luokiteltu raportissa tyyppi- ja suuruusluokkiin. Uudispientaloasunnoista vuotokohtia löydettiin keskimäärin 12,8 kappaletta (0,2 suurta, 2,0 kohtalaista ja 10,6 pientä). Merkittävimmät yksittäiset vuotokohdat olivat alapohja-seinäliitoksen tiivistys, oven tiiviste, yläpohja-seinäliitoksen tiivistys ja sähköjohdon läpiviennin puuttuva tiivistys. Kerrostaloasunnoista löydettiin keskimäärin 8,5 vuotokohtaa (0,1 suurta, 1,1 kohtalaista ja 7,3 pientä). Raportin lopussa on koosteet vuotokohdista eri rakennustyypeille. Muut rakennukset ovat pääasiassa päiväkoteja, hoivakoteja, kouluja ja vastaavia.

## **Sisällysluettelo**

Johdanto

Ilmanvuotolukujen kooste

Vuotokohdat pientaloissa

Vuotokohdat kerrostaloasunnoissa

Vuotokohdat kerrostaloissa (rappukäytäväkohtainen mittaus)

Vuotokohdat muissa rakennuksissa

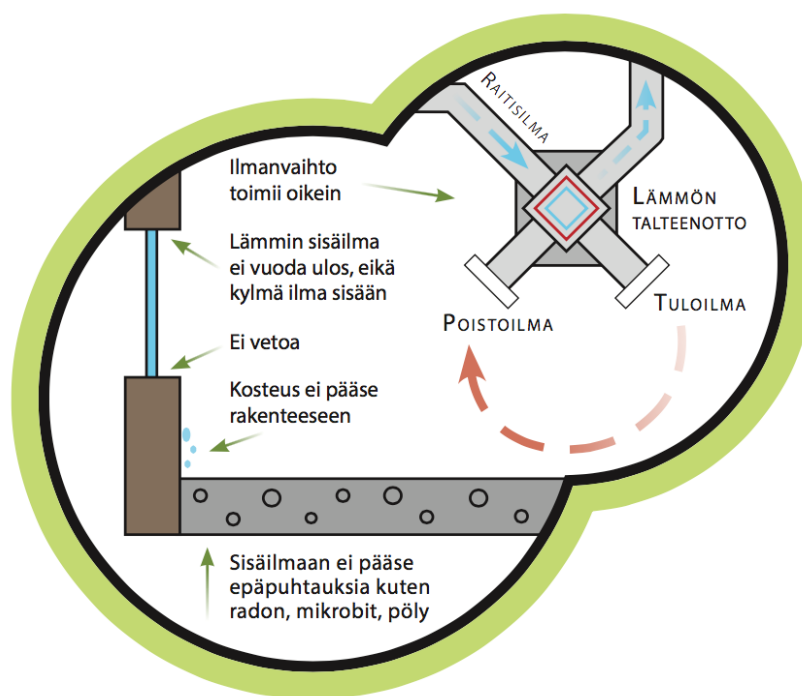
## Johdanto

Tämä raportti perustuu Vertia Oy:n ja sen yhteistyökumppaneiden tekemiin tiiveysmittauksiin vuosina 2014-2016. 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 koostuukin paksuista eristeistä, koneellisesta ilmanvaihdosta 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 ilmapuotokohdat 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, tiiviyydestä 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<br>q50 | Energiankulutus<br>vuotokohtien<br>kautta vuodessa | Kustannukset<br>vuodessa | Kustannukset<br>20 vuodessa |
|-------------|-----------------------|----------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Heikko      | 4,0                   | 2600 kWh                                           | 360 €                    | 7 200 €                     |
| Erinomainen | 0,5                   | 300 kWh                                            | 40 €, säästää 320 €      | 800 €, säästää<br>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

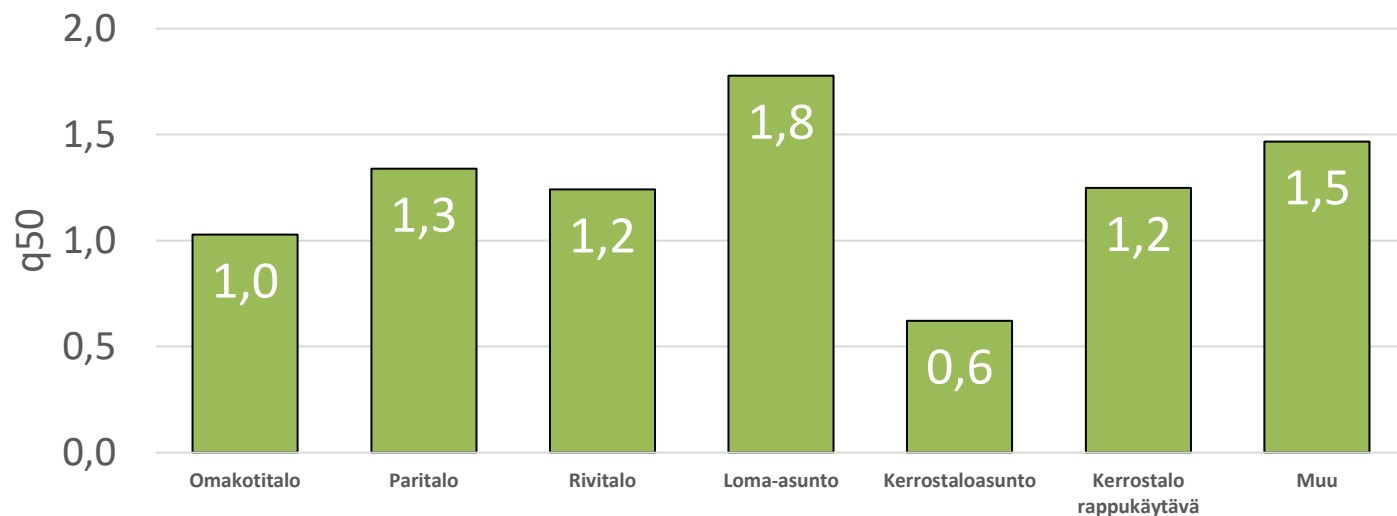
Tiiveysmittauksen tuloksena saadaan rakennuksen ilmanvuotoluku q50. Ilmanvuotoluku kertoo vuotoilmamäärän suhteutettuna rakennusvaipan pinta-alaan (alapohja, seinät, yläpohja). Mitä pienempi luku, sen parempi ilmatiiveys.

q50 = Kuinka monta kuutiota ilmaa (m<sup>3</sup>) vuotaa yhden ulkovaipan neliön (m<sup>2</sup>) läpi tunnissa (h), kun paine-ero on 50 Pa. Todellinen vuotoilmamäärä normaalitilanteessa on pienempi, sillä normaali paine-ero on luokkaa 0-10 Pa.

# Ilmanvuotoluvut



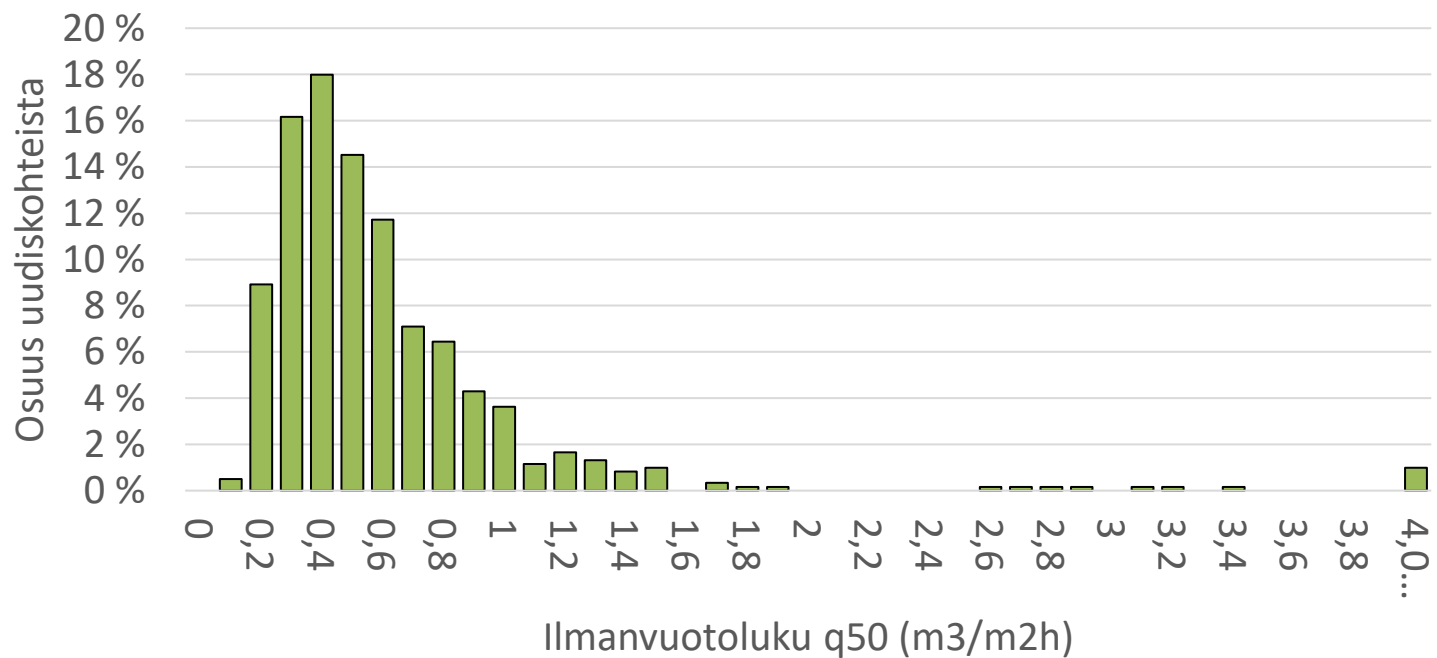
Ilmatiiveys rakennuksen tyypin mukaan  
uudisrakennuksissa (2014-2017)



|         | Omakoti-<br>talo | Paritalo | Rivitalo | Loma-<br>asunto | Kerrosta-<br>loasunto | Kerrostalo<br>rappu | Muu |
|---------|------------------|----------|----------|-----------------|-----------------------|---------------------|-----|
| Otokset | 2693             | 215      | 339      | 48              | 606                   | 46                  | 105 |

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.

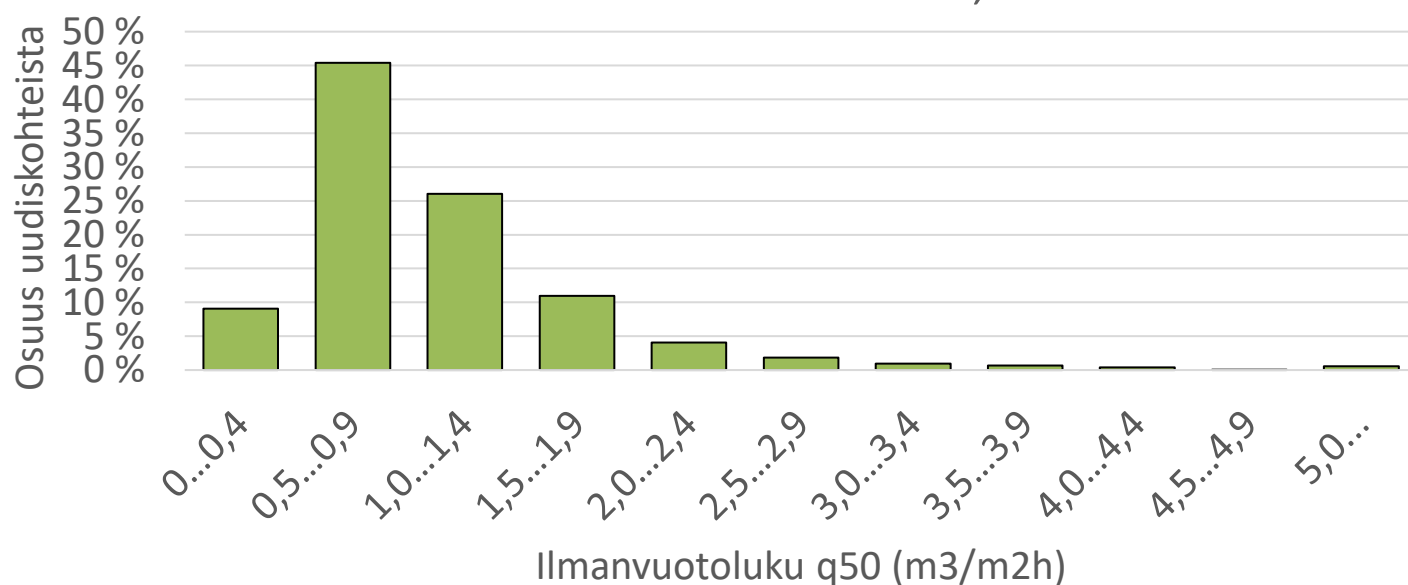
## Ilmatiiveys uusissa kerrostaloasunnoissa (2014-2017), keskiarvo 0,6



Otos 606 uutta kerrostaloasuntoa (asuntokohtaisesti mitattu)  
Keskiarvo (q50) 0,62 (m3/h\*m2)

Ilmanvuotolukuun 0,5 tai alle pääsee noin 58 % 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.

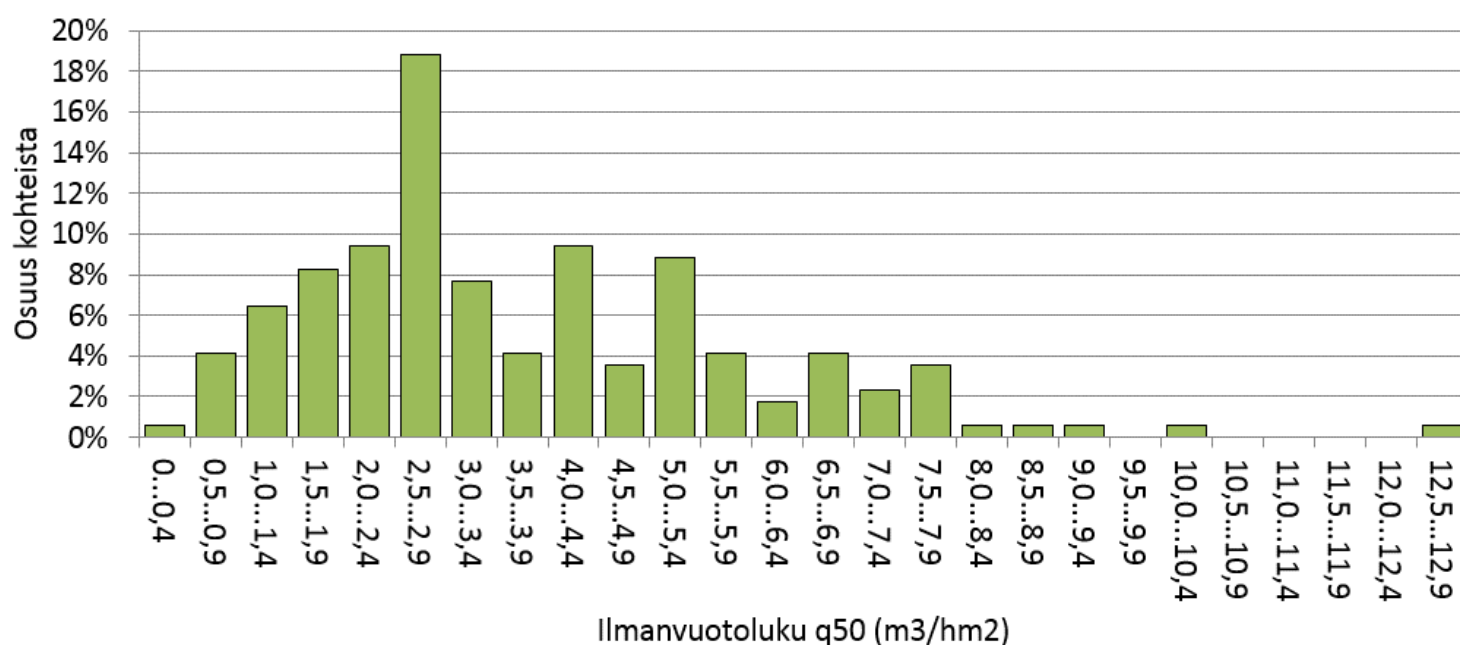
## Ilmatiiveys uusissa pientaloissa (2014-2017), keskiarvo 1,1



Otos 3295 uutta pientaloa  
Keskiarvo (q50) 1,10 (m3/h\*m2)

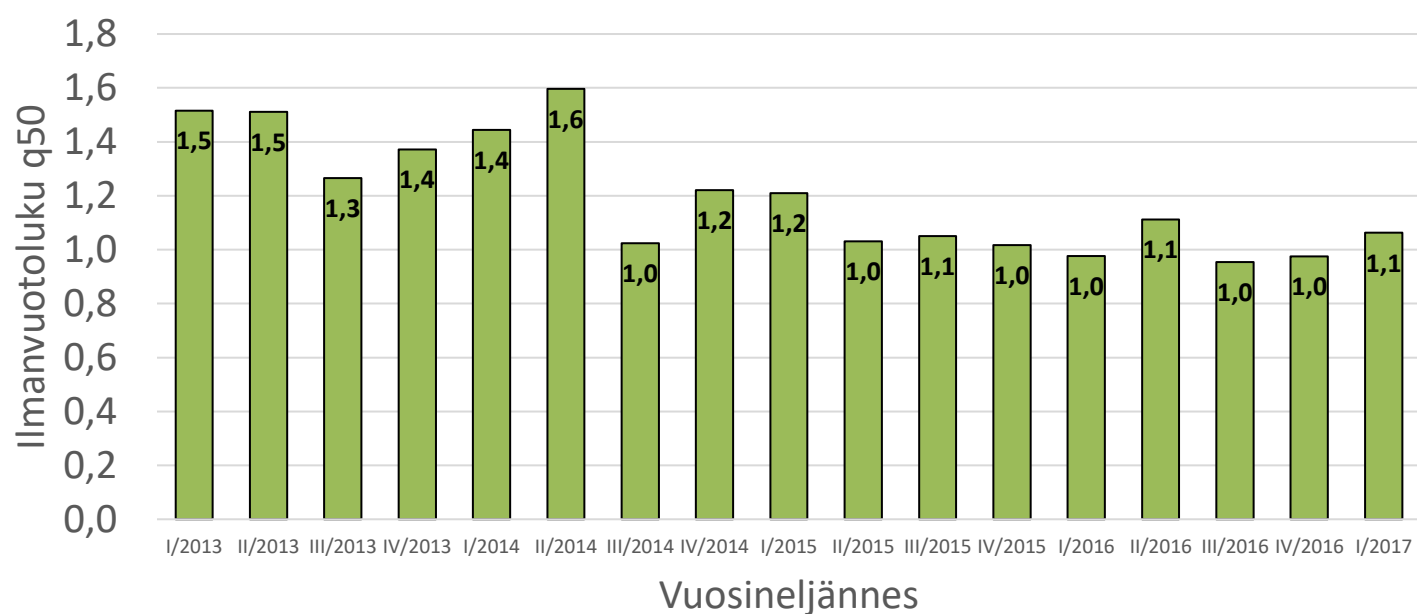
Alle yhden ilmanvuotolukuun pääsee 54 % kohteista, ja alle kahden 91 % kohteista. Pientaloiksi on laskettu omakotitalot, erillistalot, paritalot, rivitalot ja loma-asunnot.

## 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

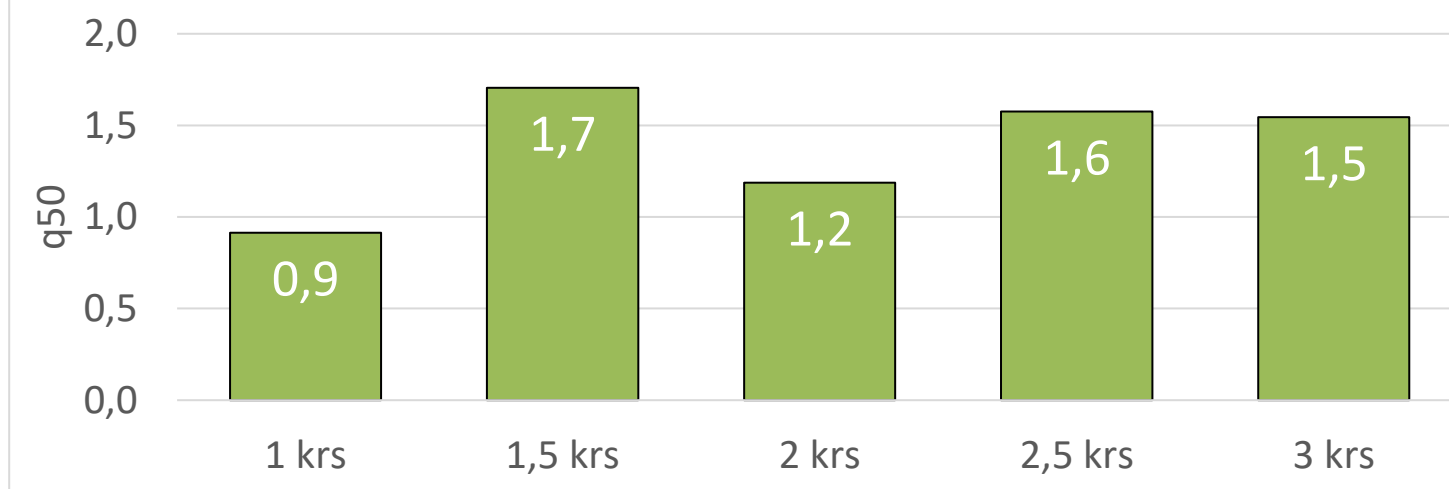
Vertailun vuoksi oheiseen kuvaajaan on koottu kahden aiemman Tampereen Teknillisen Yliopiston tutkimuksen tulokset. Vanhojen pientalojen keskiarvo oli 3,7 otoksen ollessa 170 pientaloa.



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



## Ilmatiiveys kerrosluvun mukaan uusissa pientaloissa

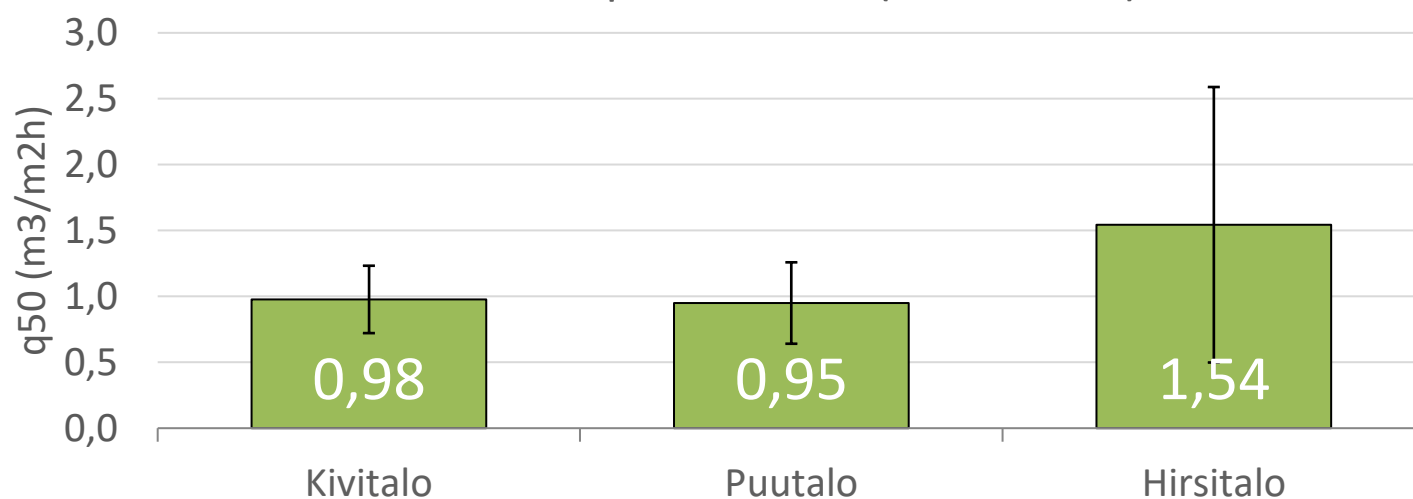


|         | 1 krs | 1,5 krs | 2 krs | 2,5 krs | 3 krs |
|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| Otokset | 2008  | 351     | 850   | 16      | 43    |

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)



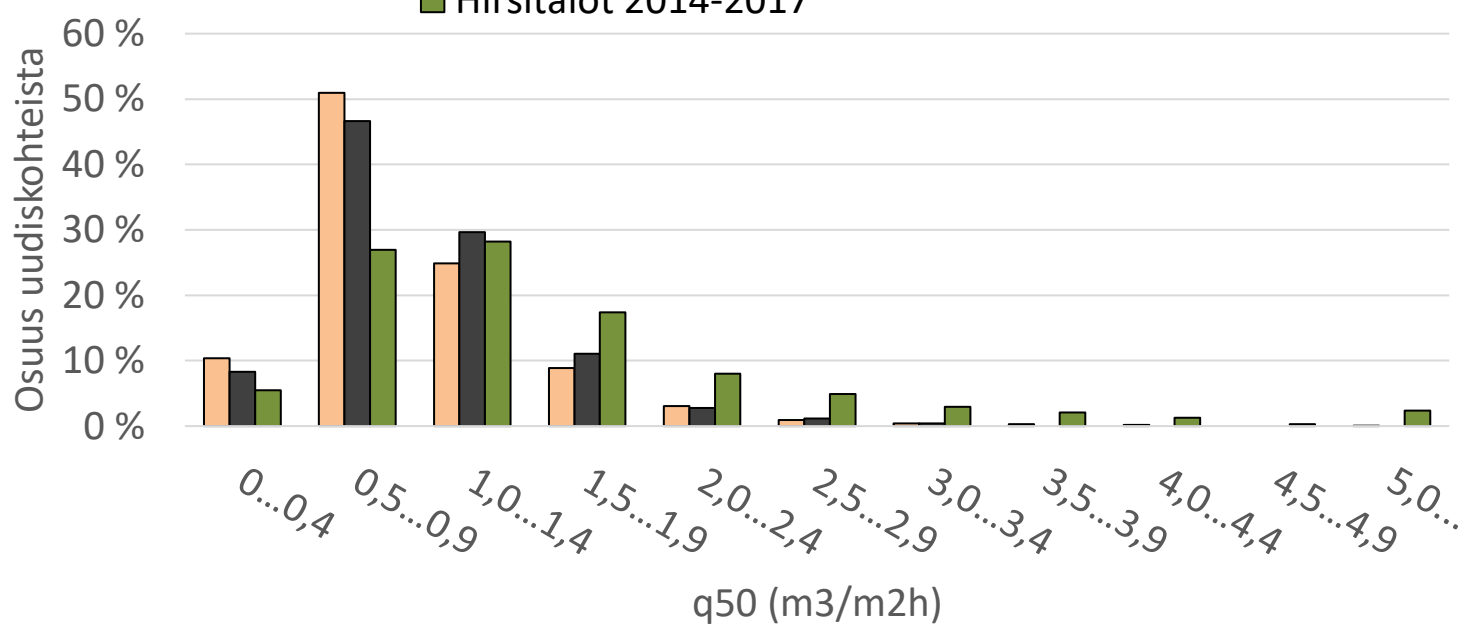
## Ilmatiiveys ulkoseinärakenteen mukaan uusissa pientaloissa (2014-2017)



Puutalot 2014-2017

Kivitalot 2014-2017

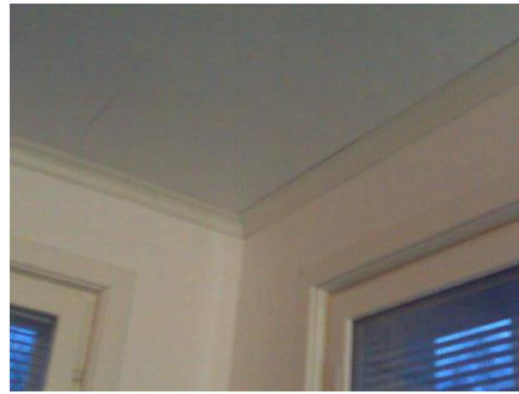
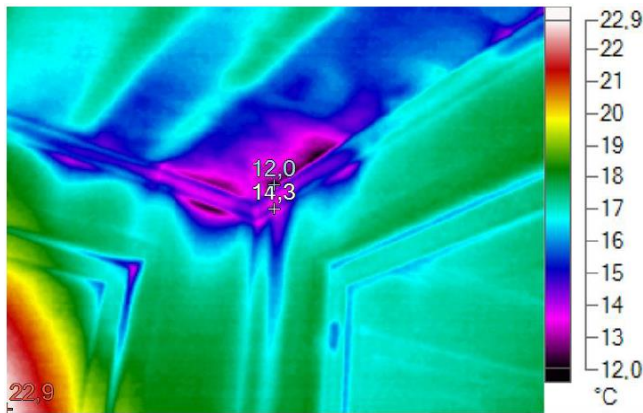
Hirsitalot 2014-2017



|         |           |          |            |
|---------|-----------|----------|------------|
|         | Kivitalot | Puutalot | Hirsitalot |
| Otokset | 253       | 2309     | 712        |

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 lämpövihtyvyyteen 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 höyrynsulussa 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 höyrynsulkuteipistä. Jos pieniä vuotoja on kohteessa kymmenittäin, ei niitä kaikkia välttämättä raportoida ja tilastoida, vaan silloin keskitytään olennaisimpiin vuotokohtiin.

**Kohtalainen vuoto**

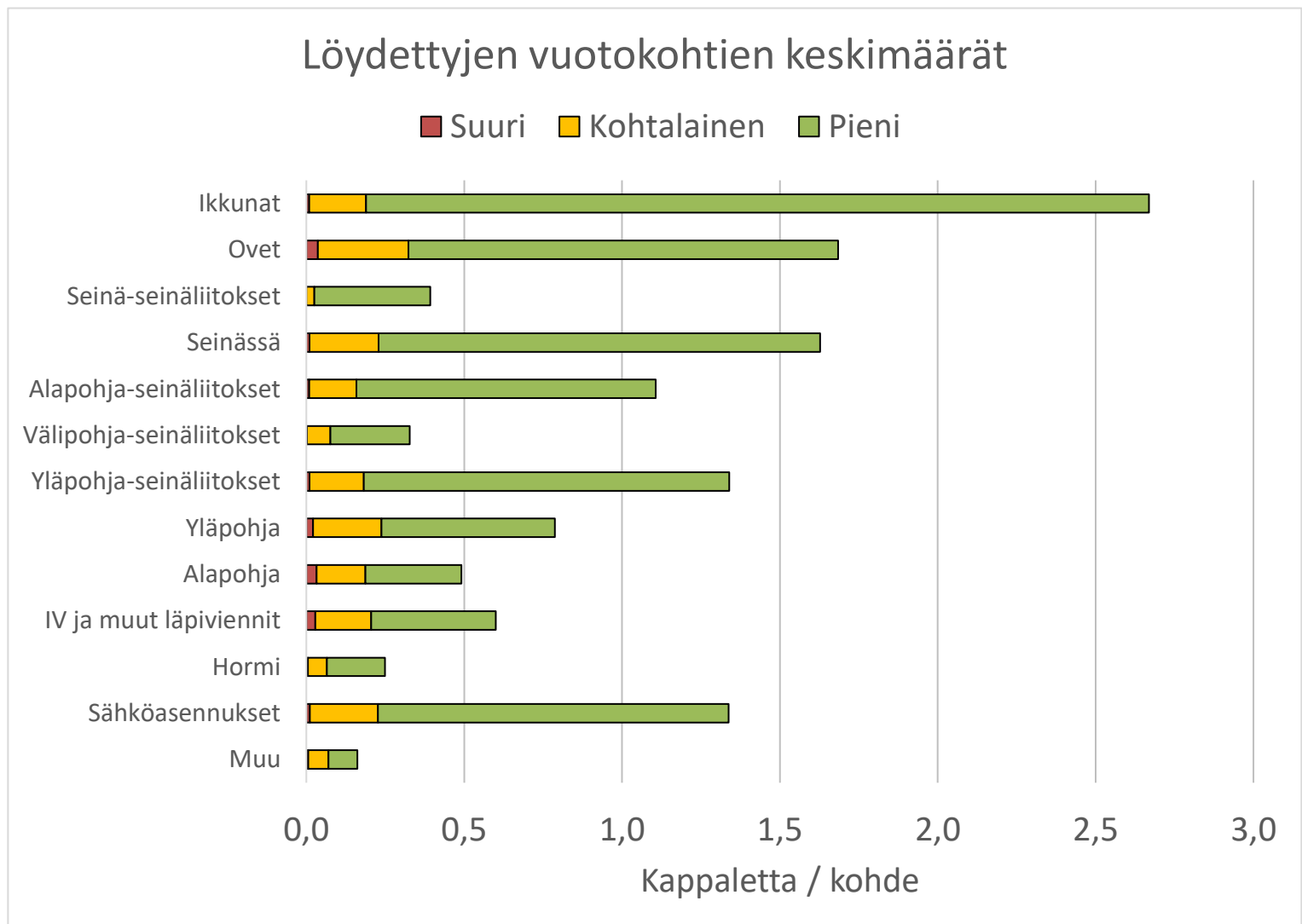
Ilmavuoto on selkeästi aistinvaraisesti tuntuvaa ja vuotokohta silmin havaittava. Vuodon havaitsee aistinvaraisesti jo 10-20 cm etäisyydeltä. Vuoto kuvataan ja raportoidaan ja sen korjausta suositellaan mikäli se on järkevästi toteutettavissa. Esimerkiksi sähkörasian kautta tuleva tuntuvampi vuoto tai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

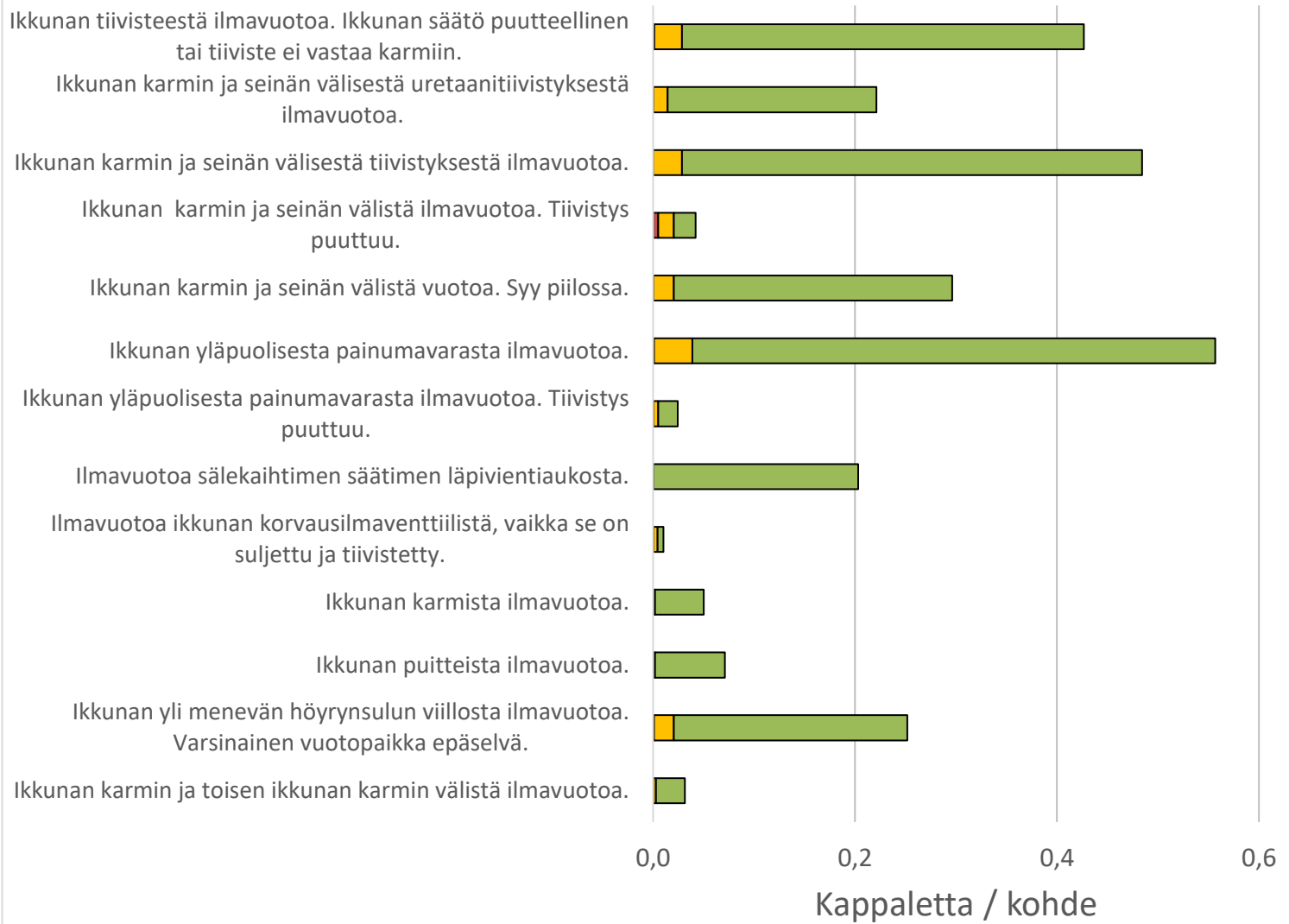


Otos

2614 kpl

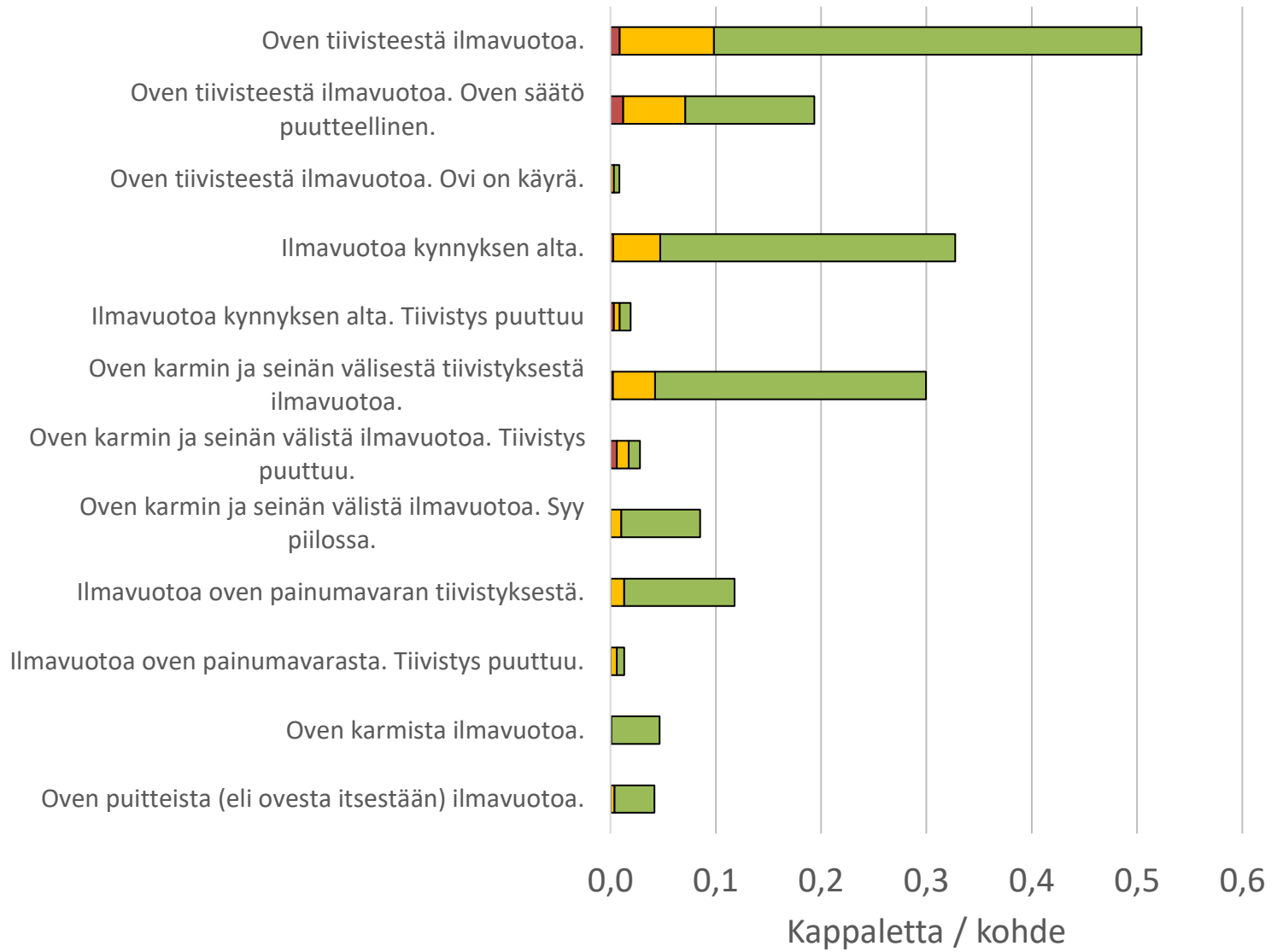
## Ikkunoiden vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



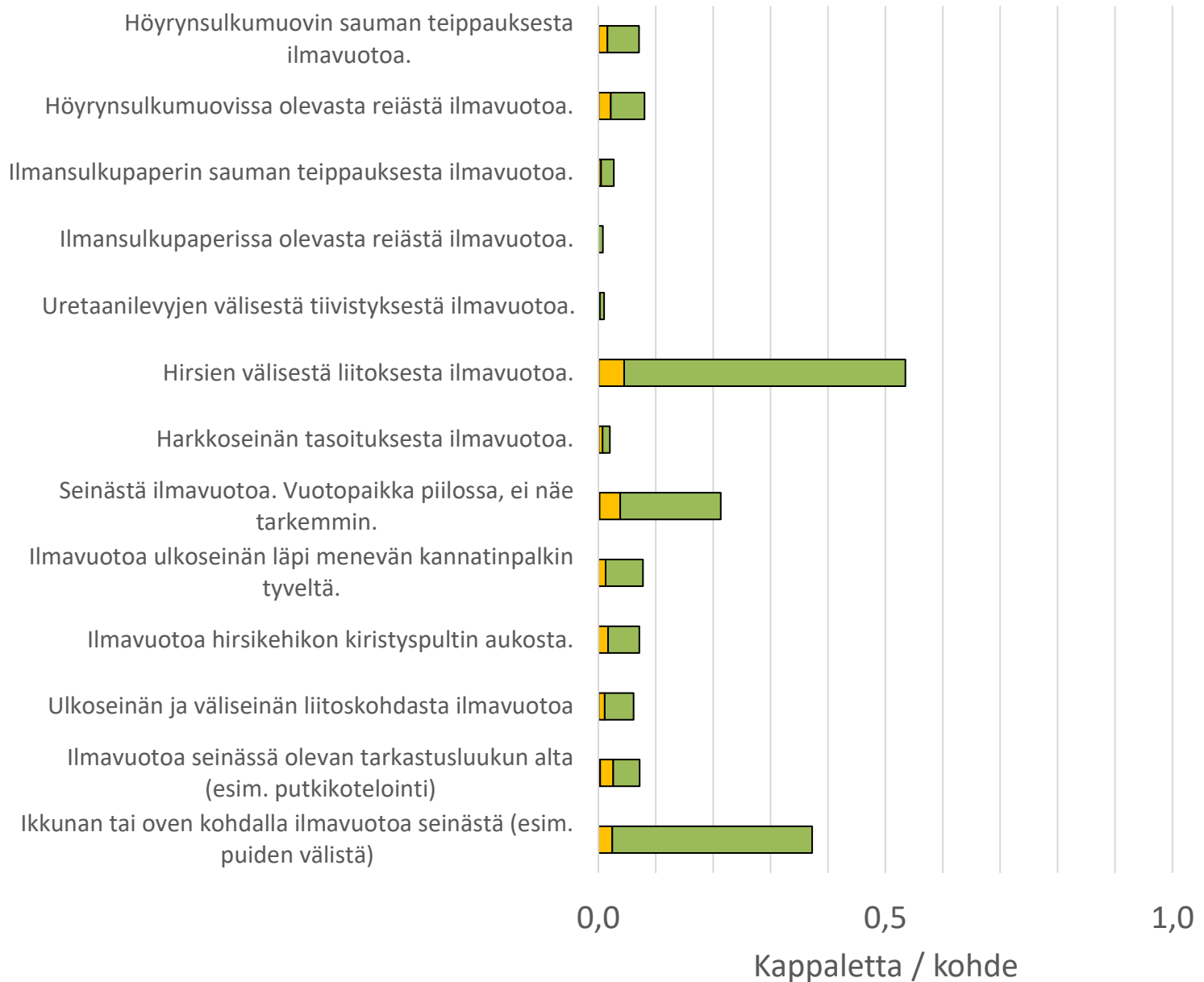
## Ovien vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



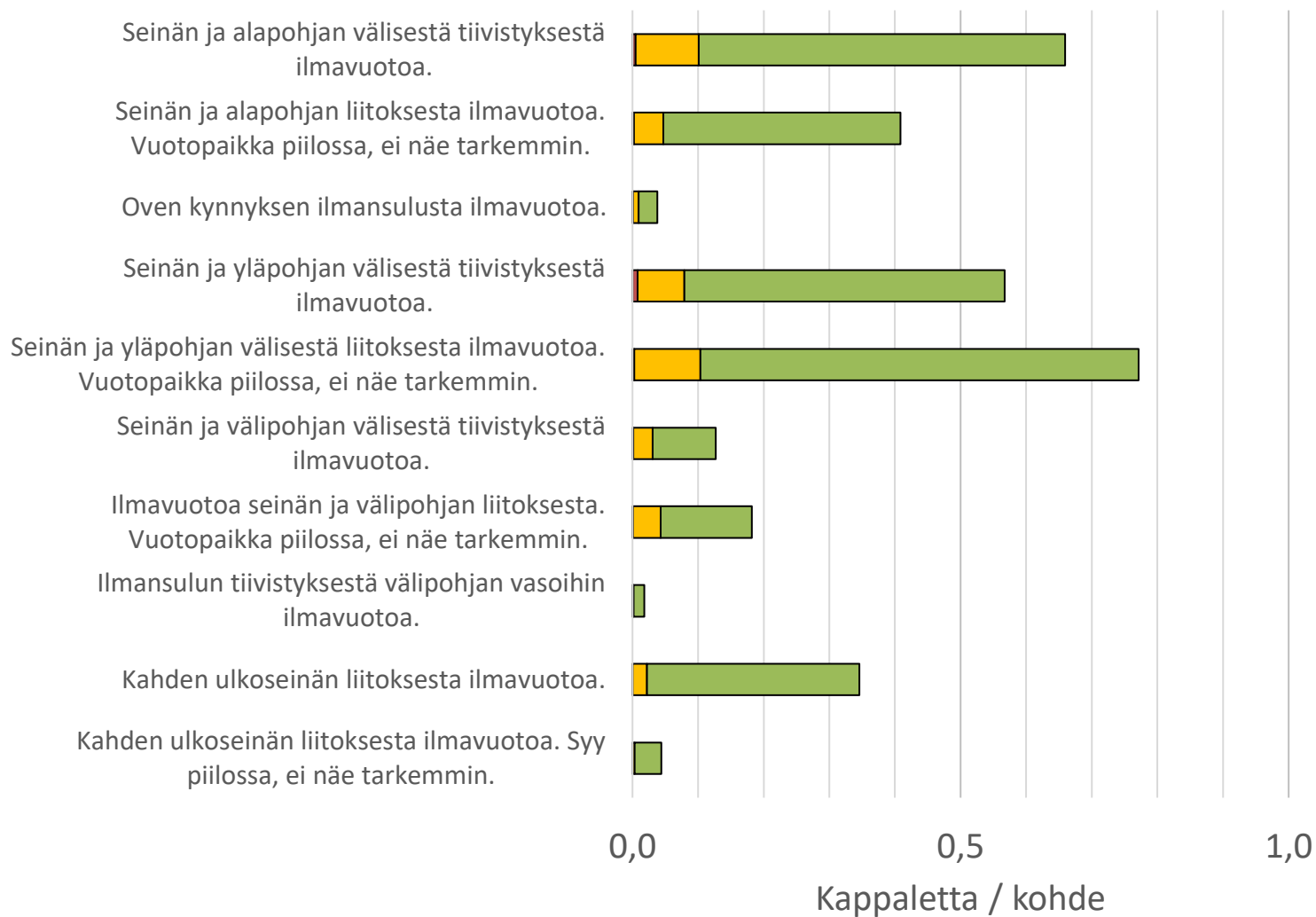
## Seinän vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



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

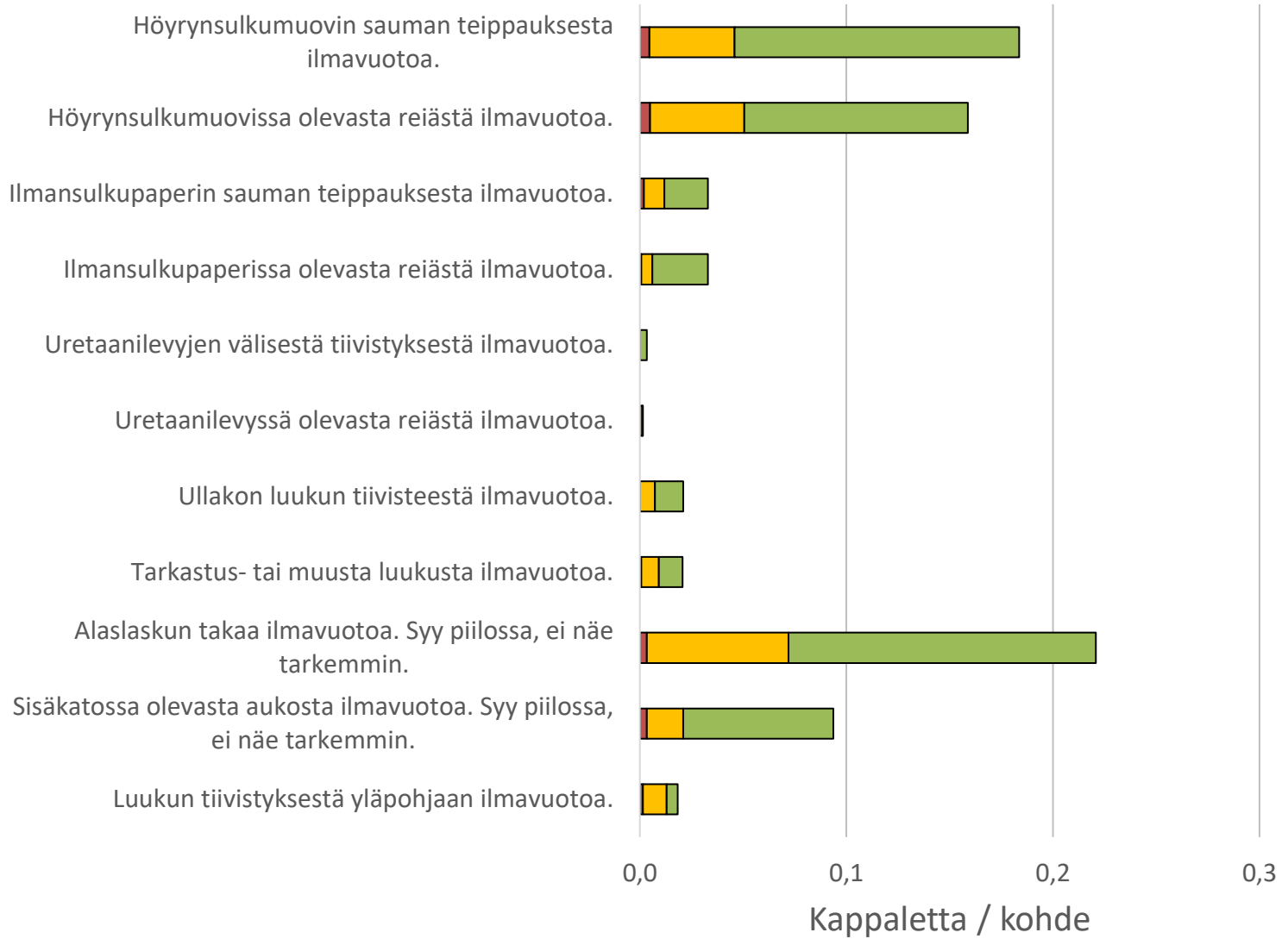
■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni





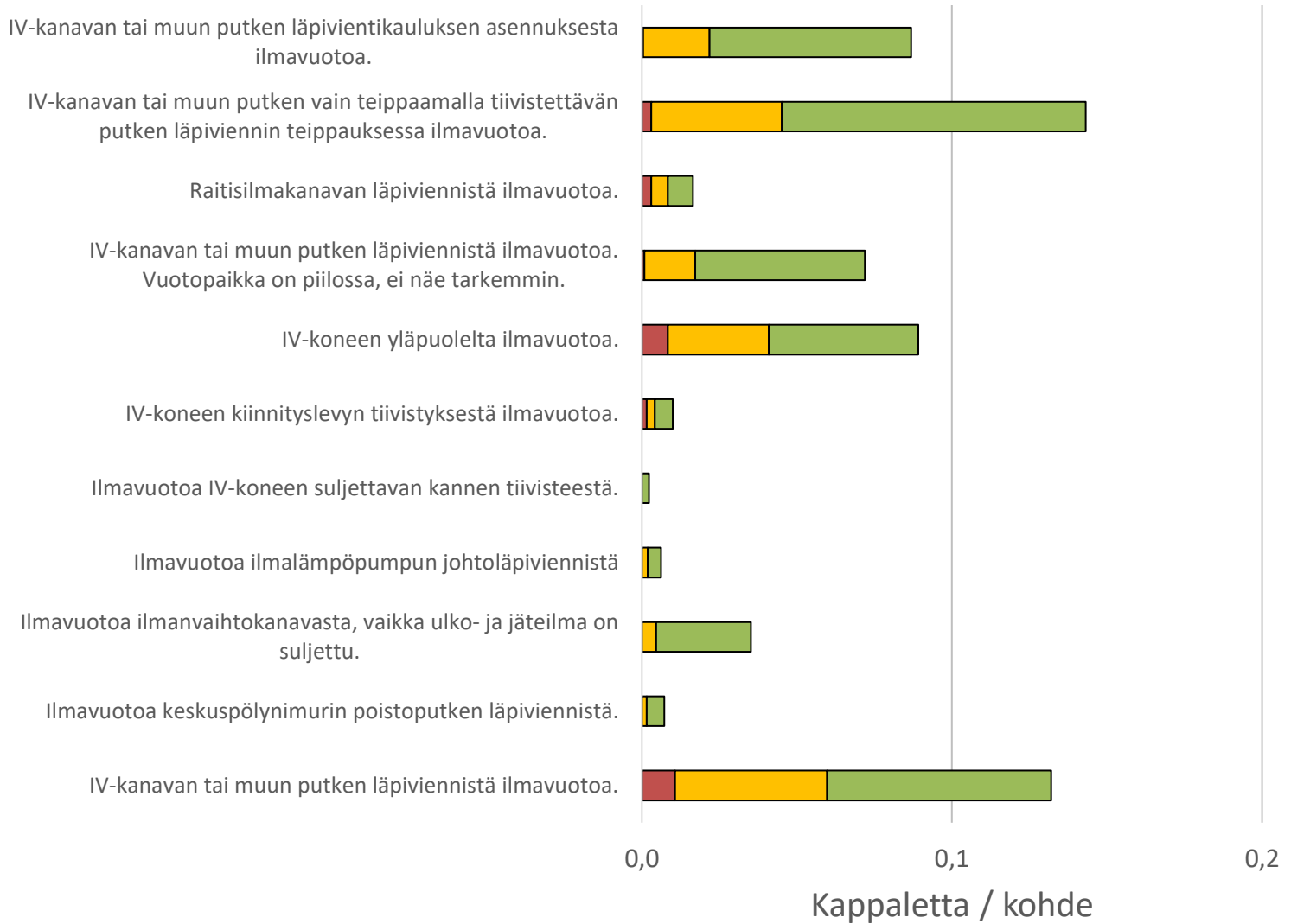
## Yläpohjan vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



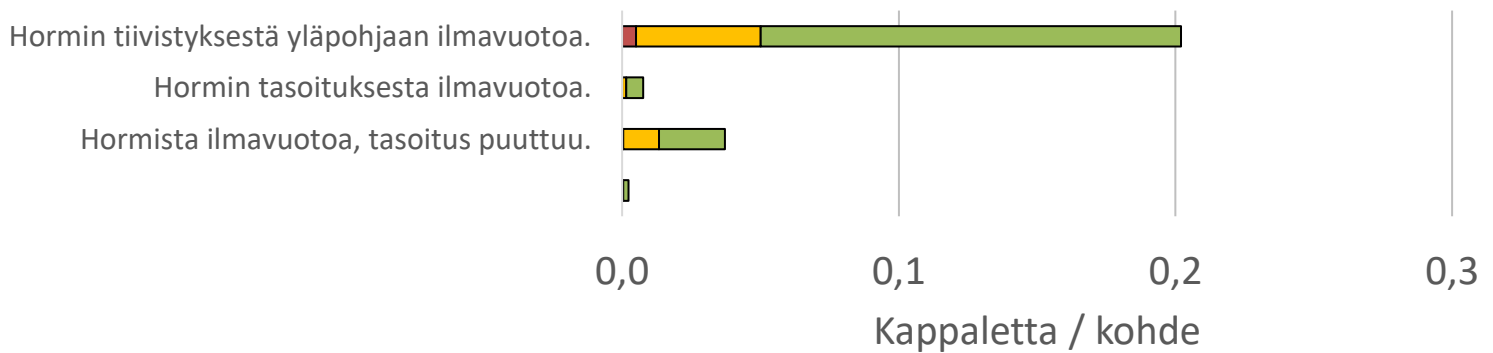
## Ilmanvaihtoasennusten vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni

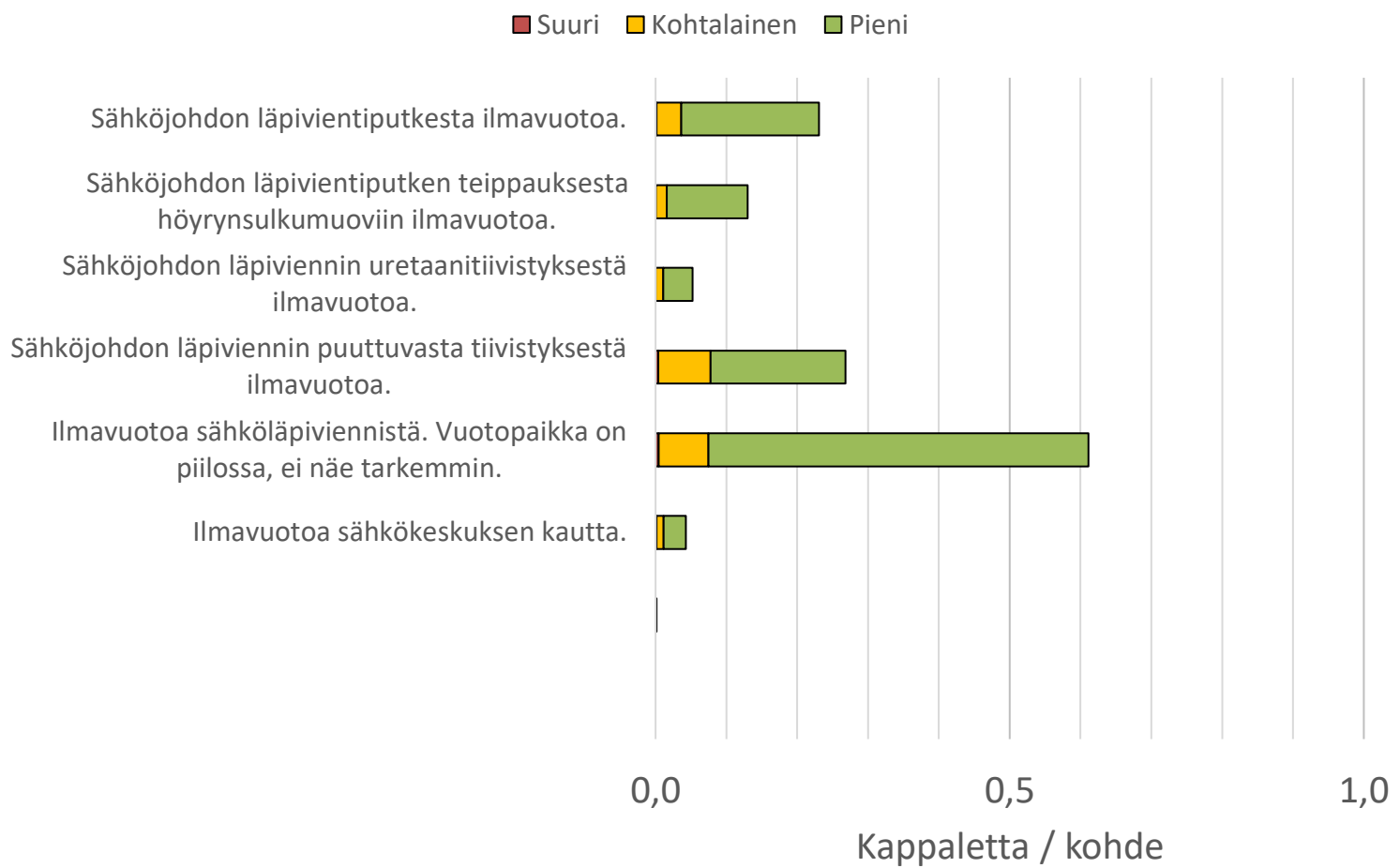


## Hormin vuotokohdat

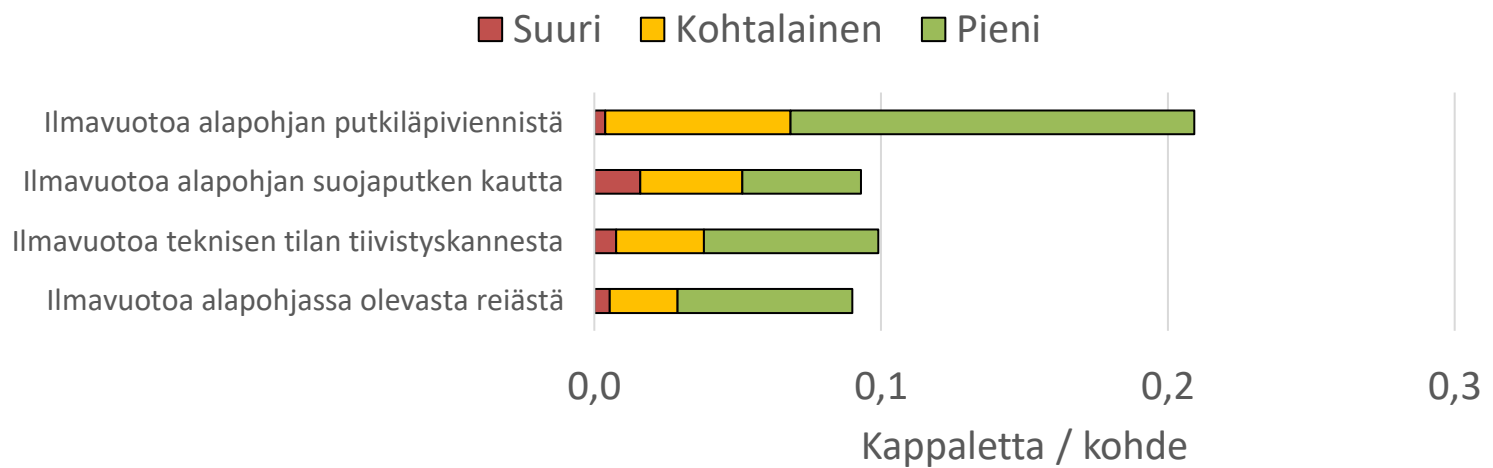
■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



## Sähköasennusten vuotokohdat



## Alapohjan vuotokohdat

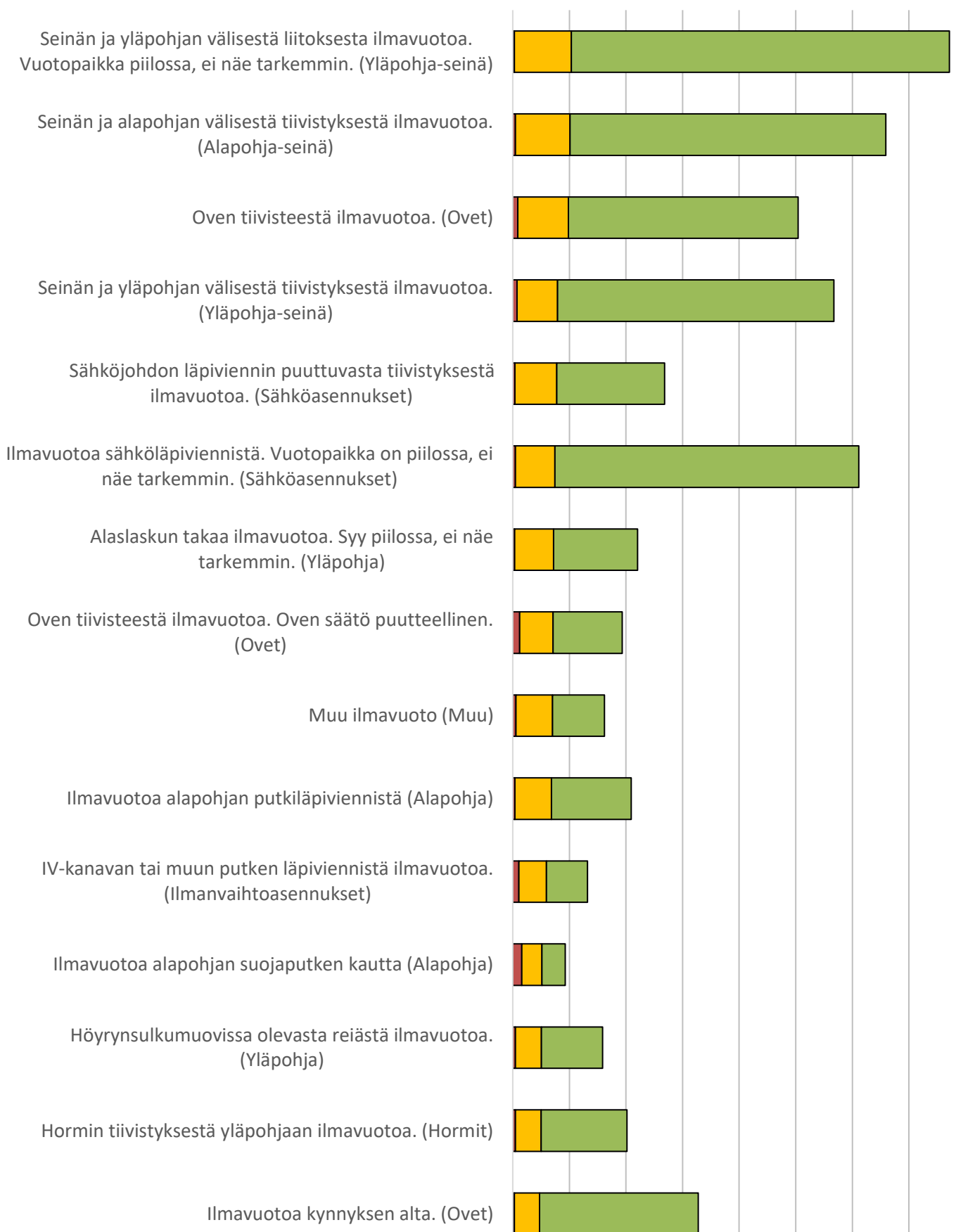


## Merkittävimmät yksittäiset vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni

Kappaletta / kohde

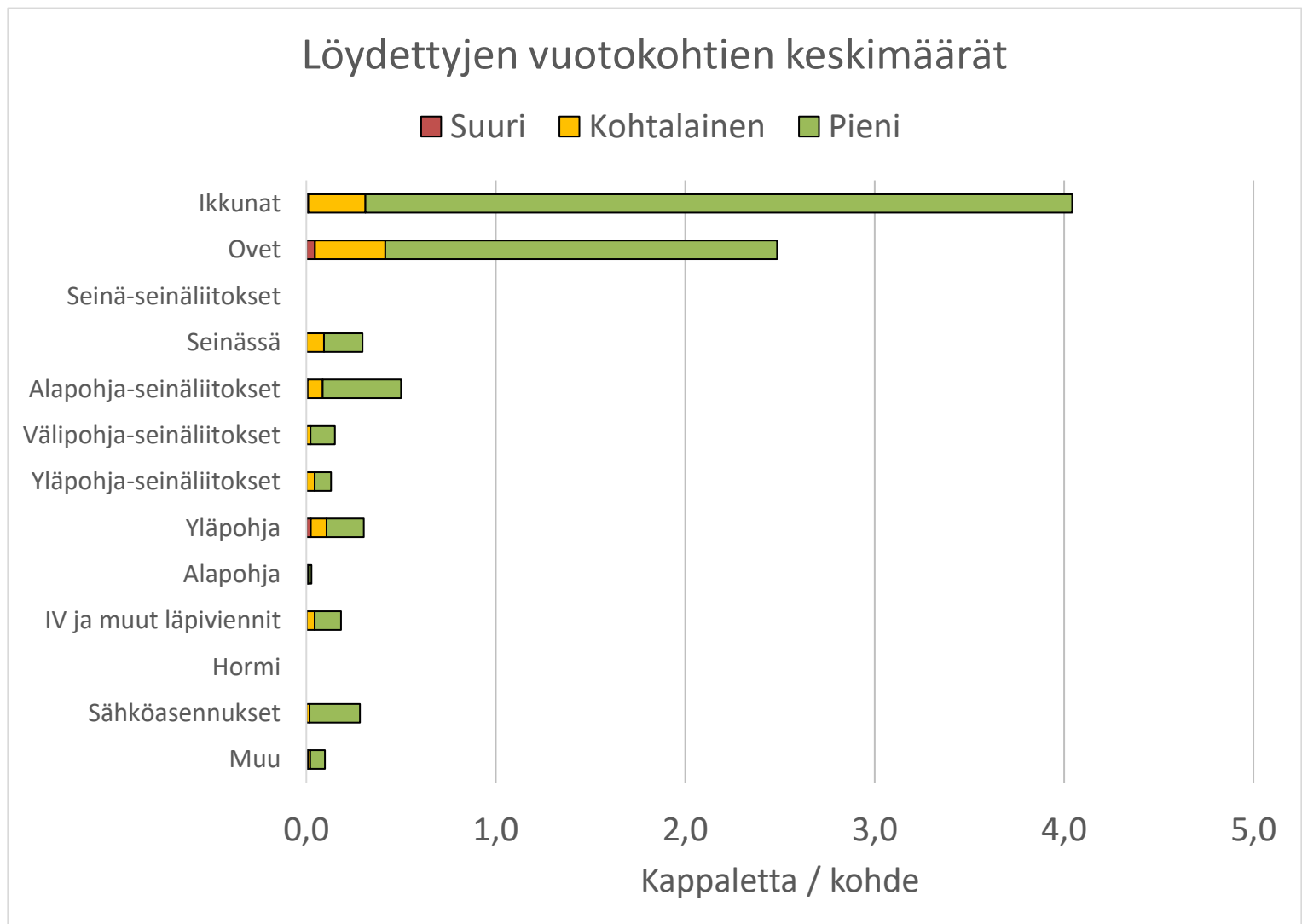
0,0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9



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

# Ilmavuotokohdat

## Kerrostalot, asuntokohtainen mittaus

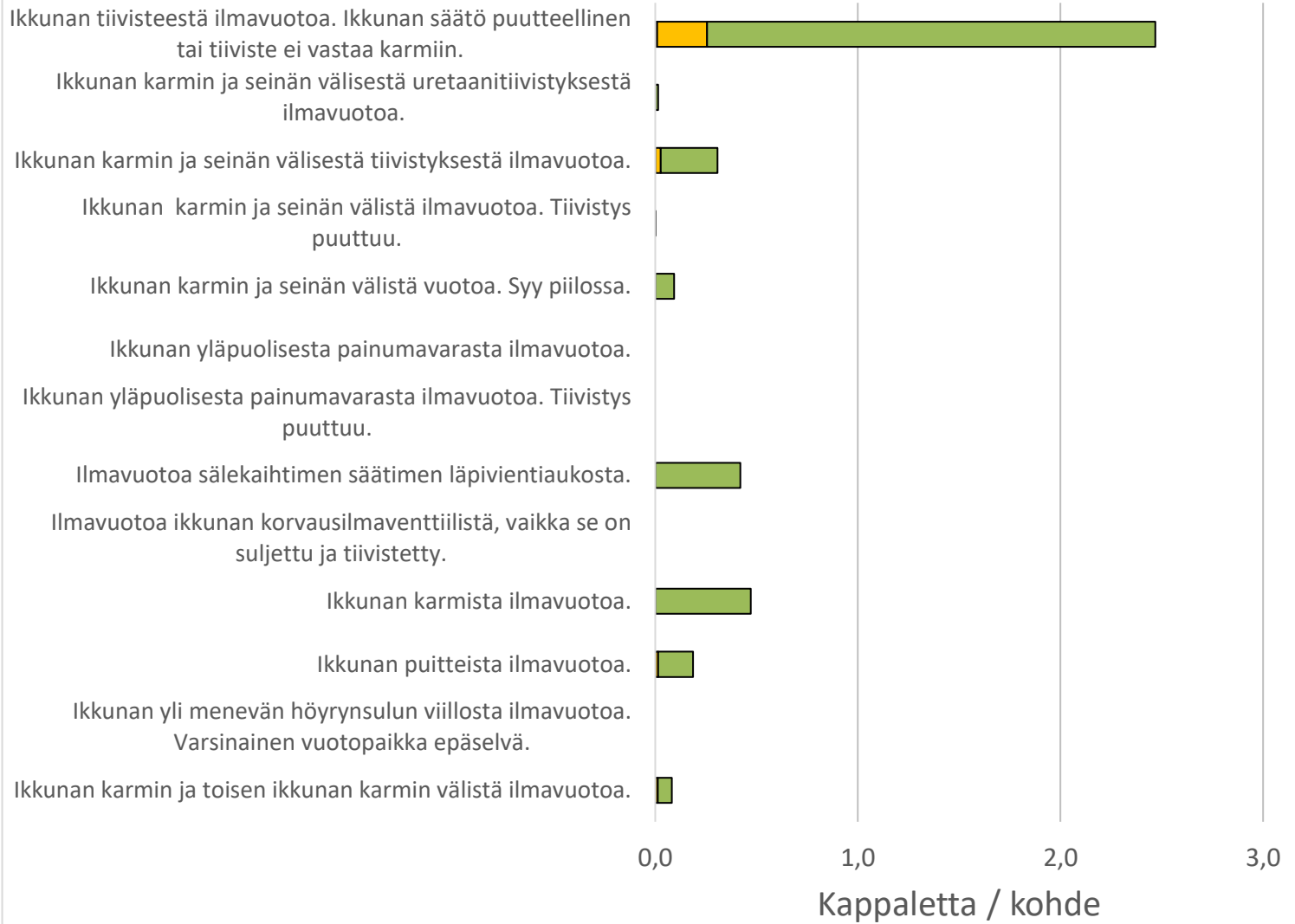


Otos

552 kpl

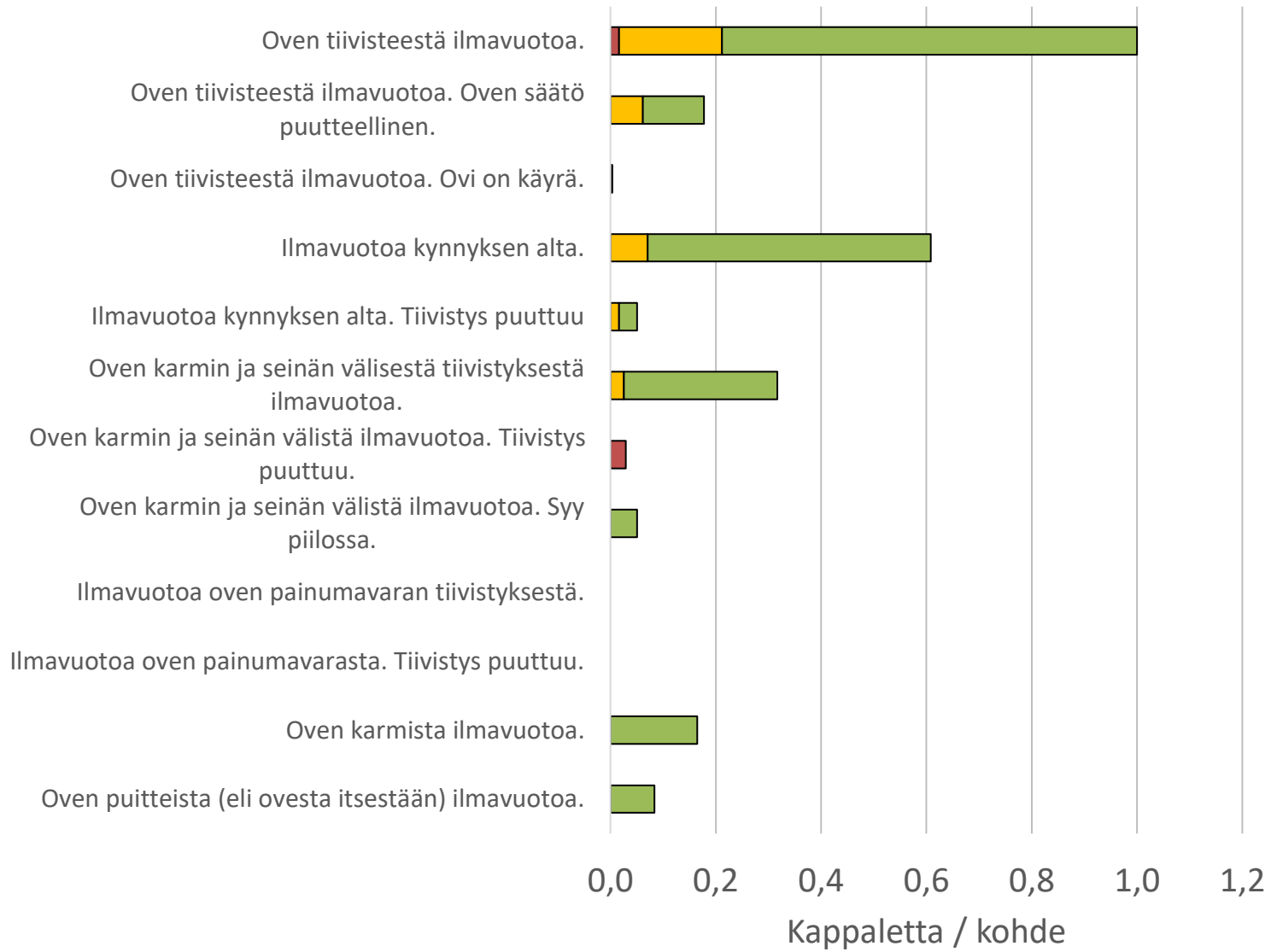
# Ikkunoiden vuotokohdat

Suuri Kohtalainen Pieni



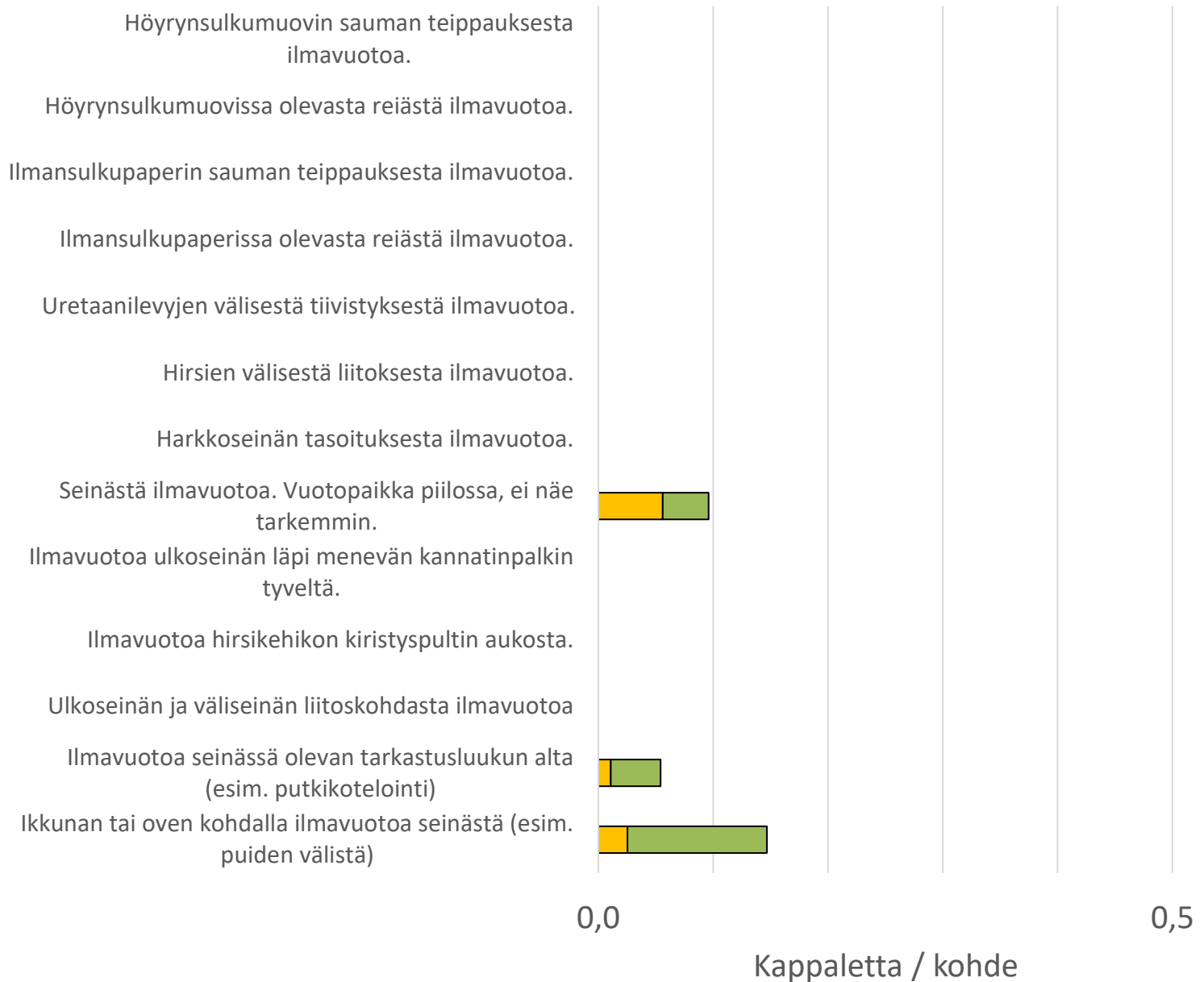
## Ovien vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



## Seinän vuotokohdat

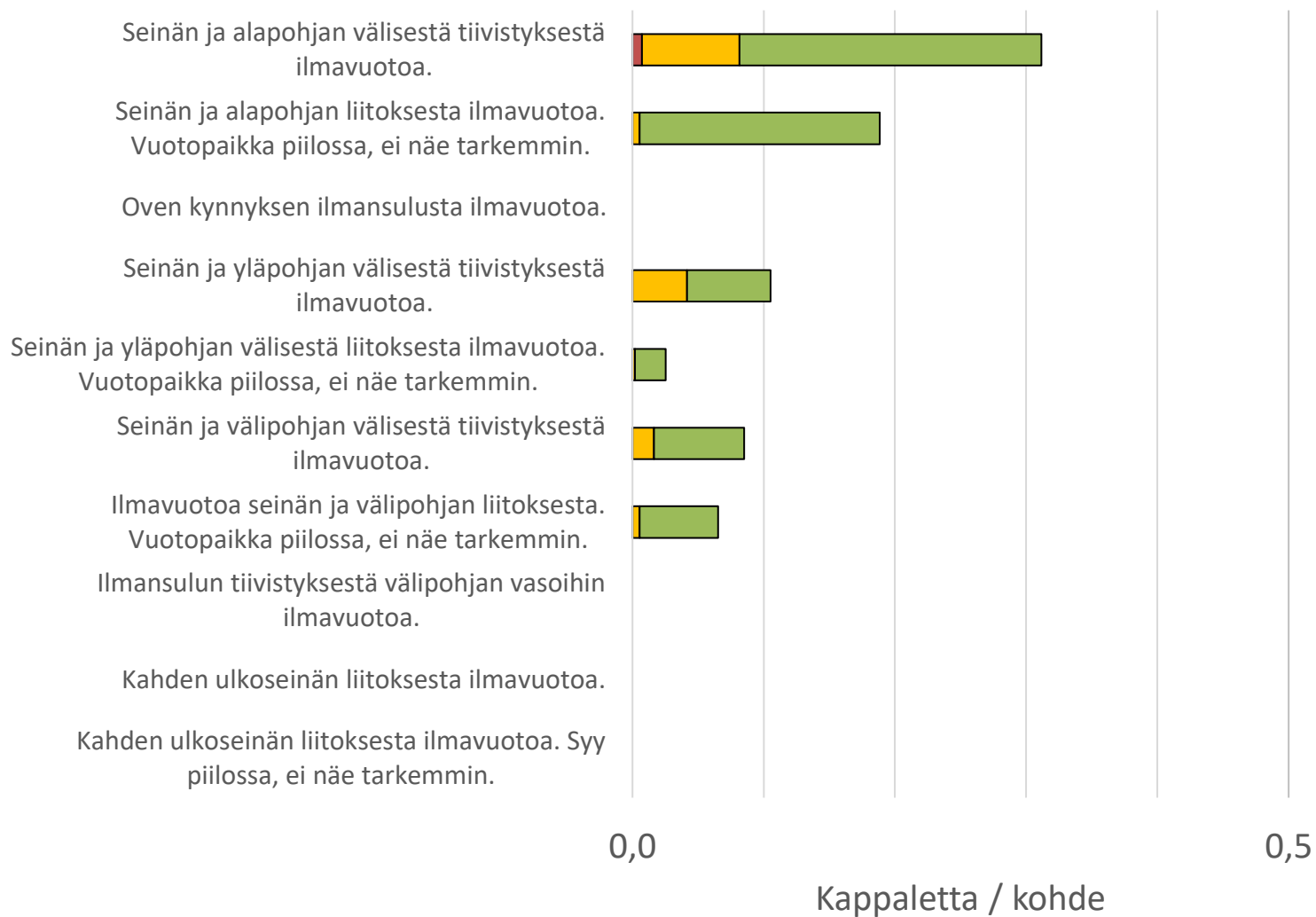
■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni





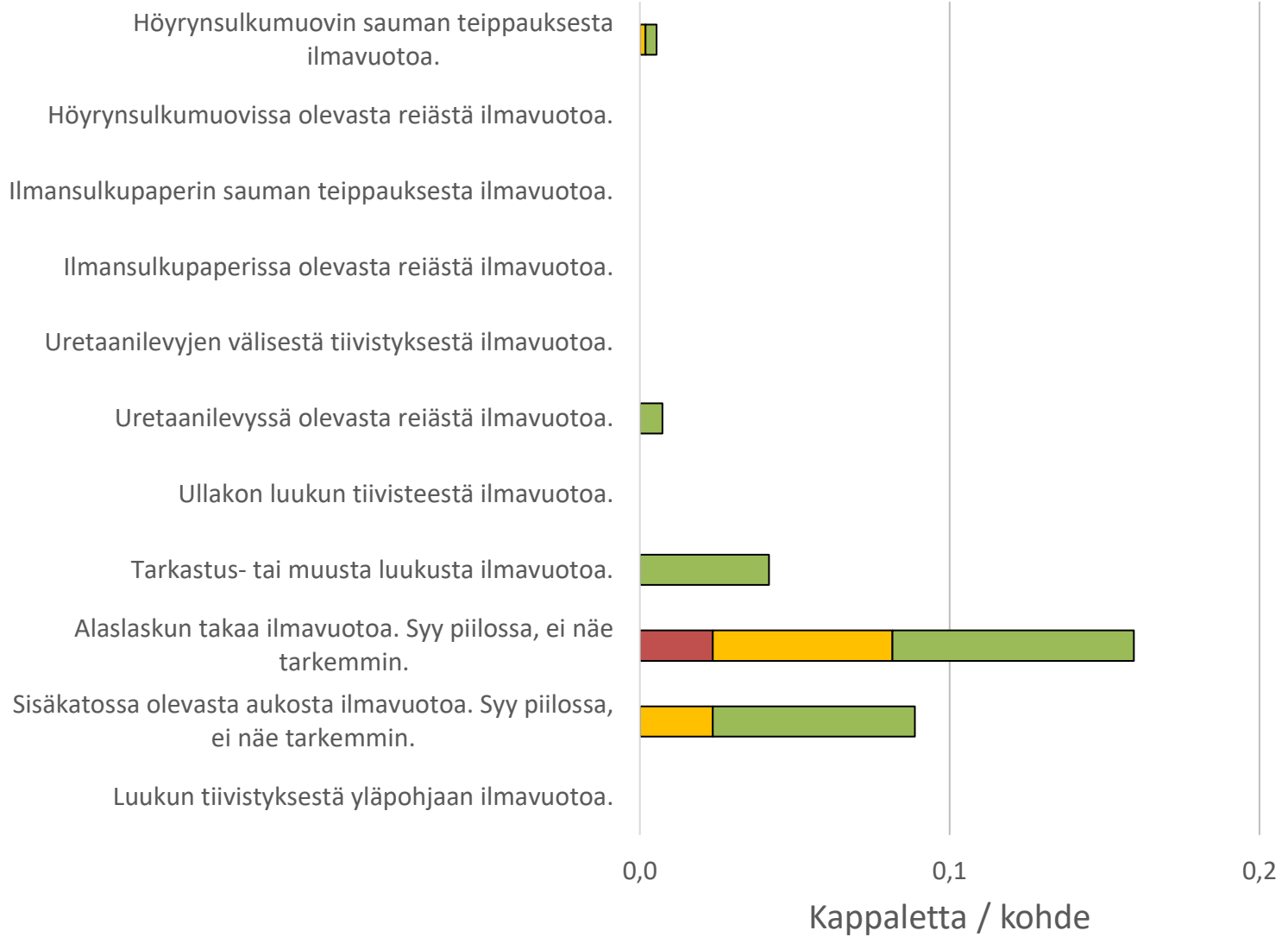
## Seinä-alapohja, -välipohja, -yläpohja ja -seinä liitokset

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



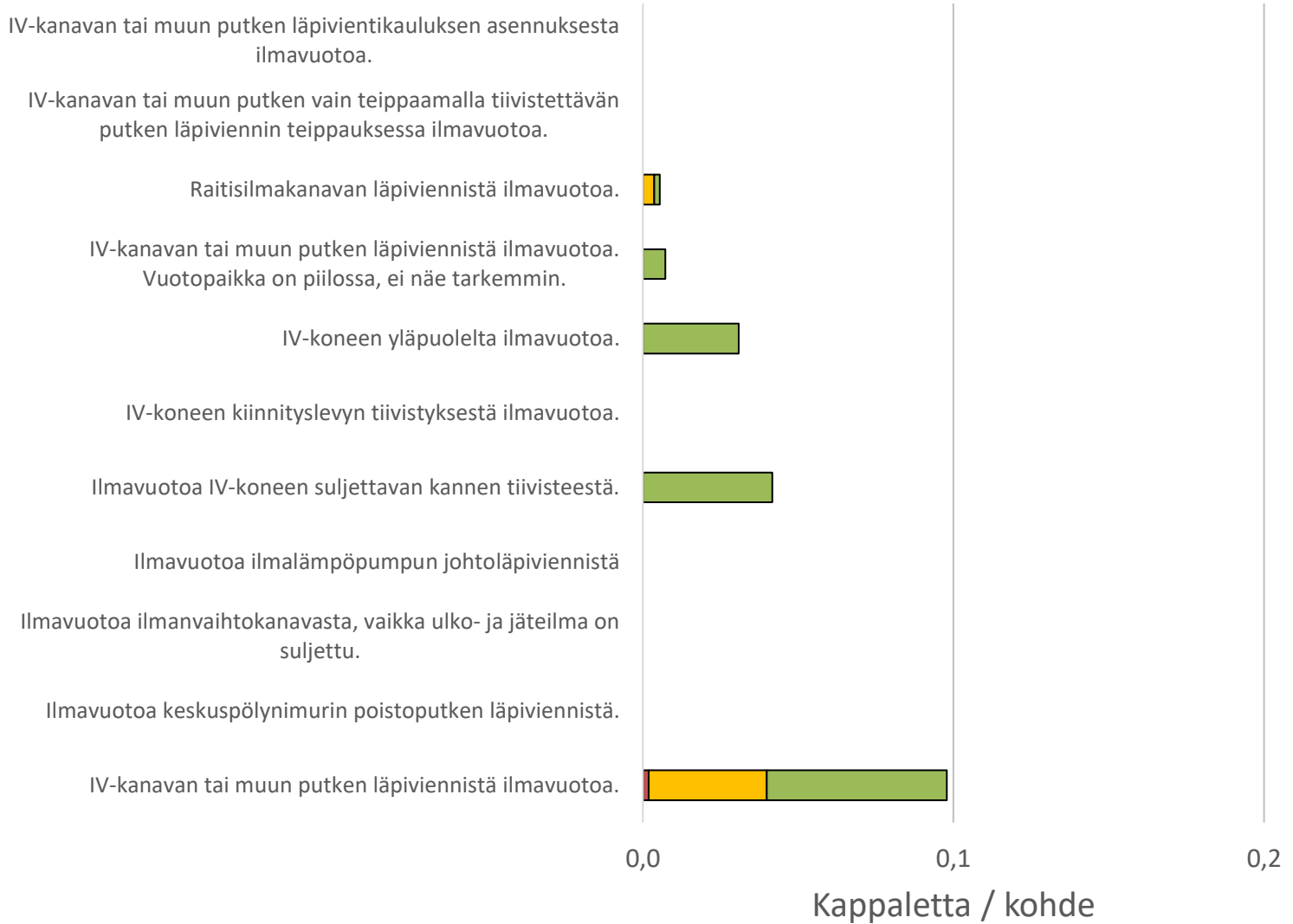
## Yläpohjan vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



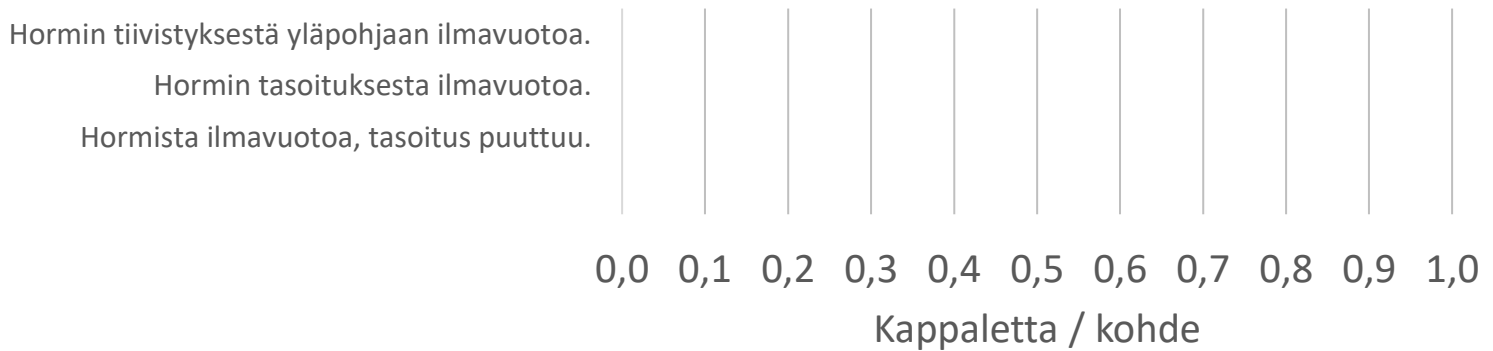
## Ilmanvaihtoasennusten vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni

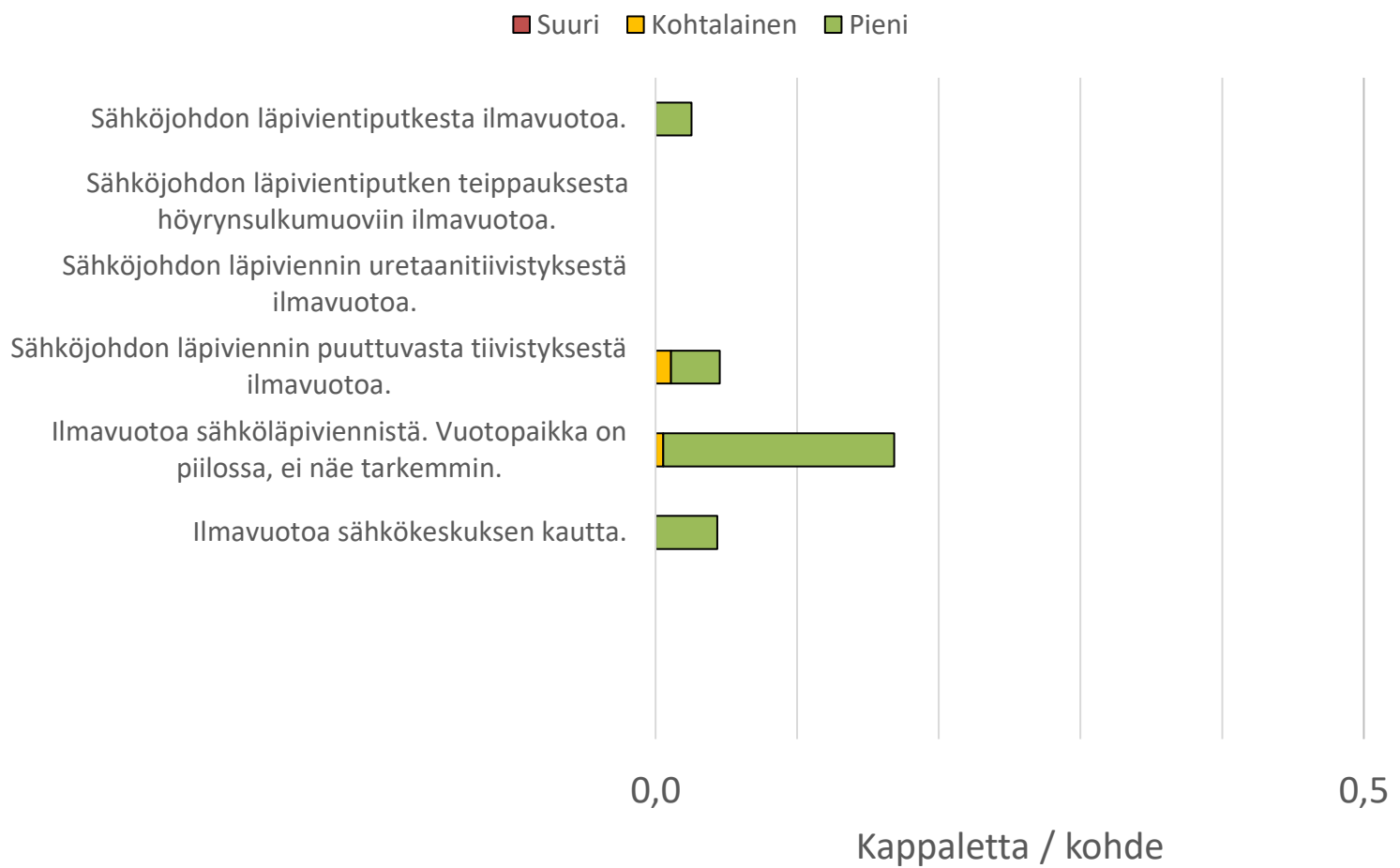


## Hormin vuotokohdat

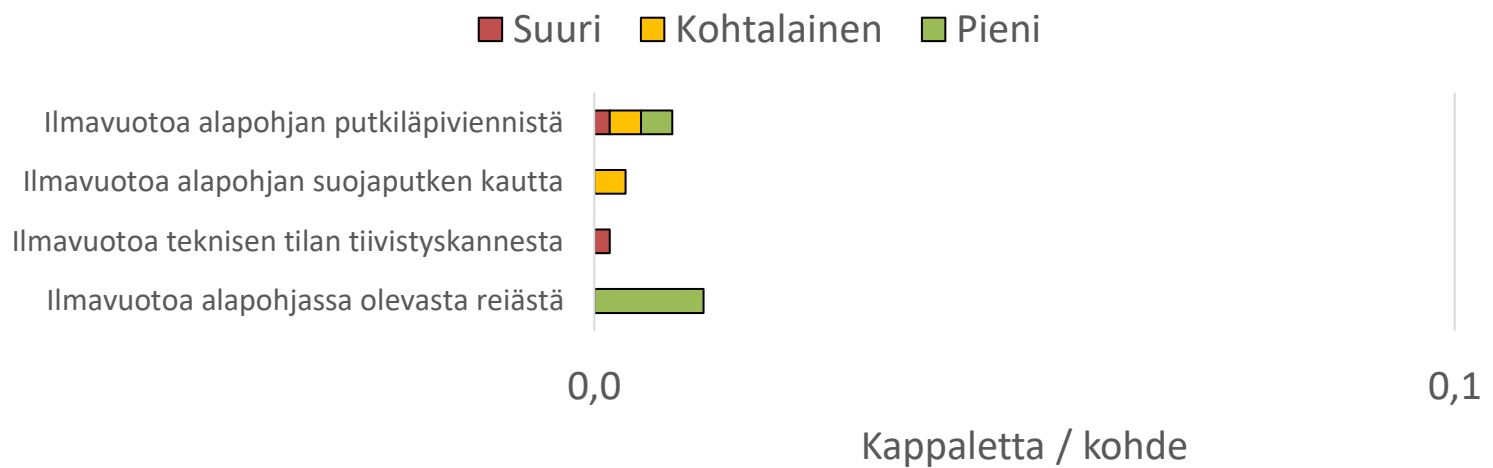
■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



## Sähköasennusten vuotokohdat

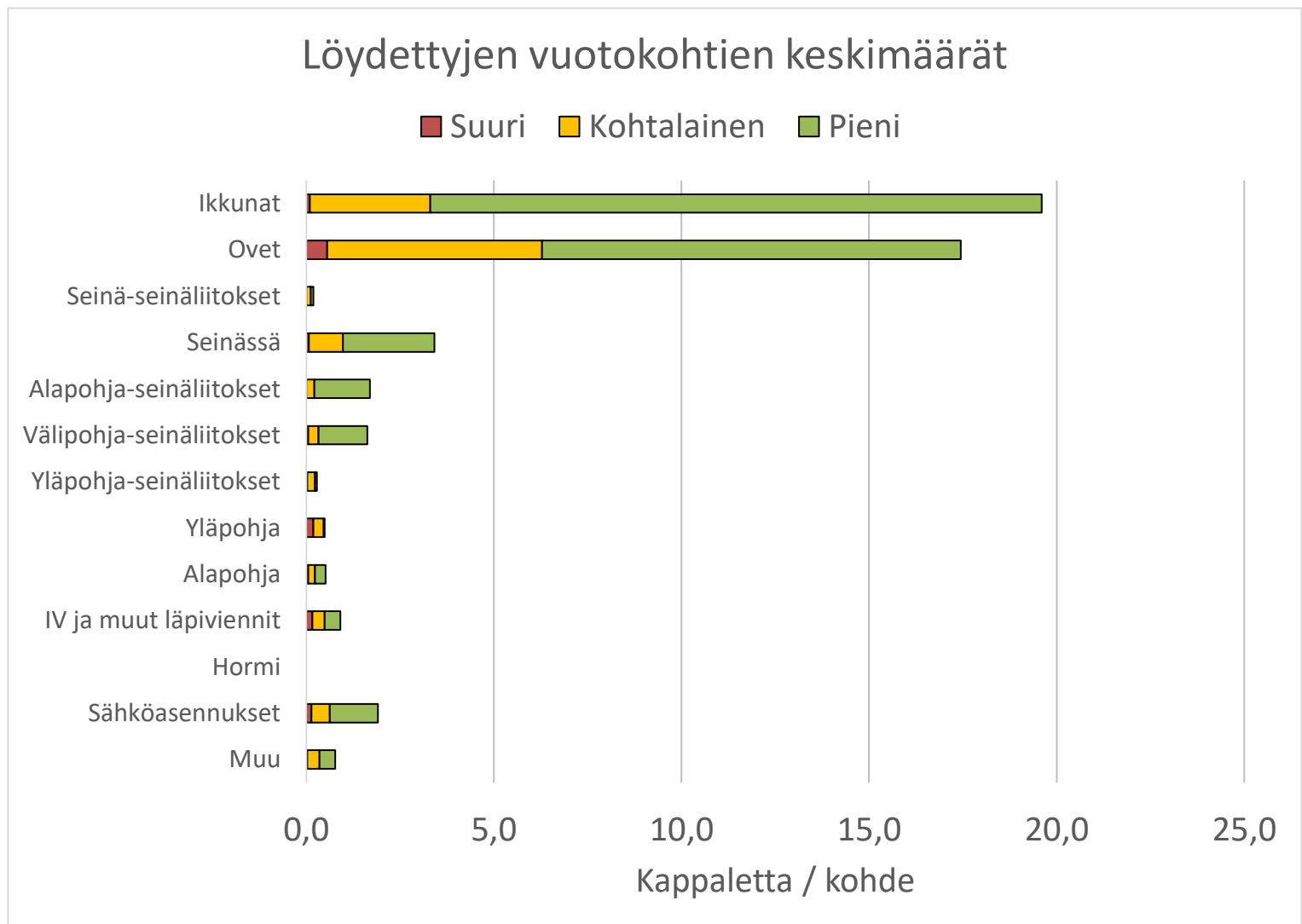


## Alapohjan vuotokohdat



# Ilmavuotokohdat

## Kerrostalot, rappukohtainen mittaus

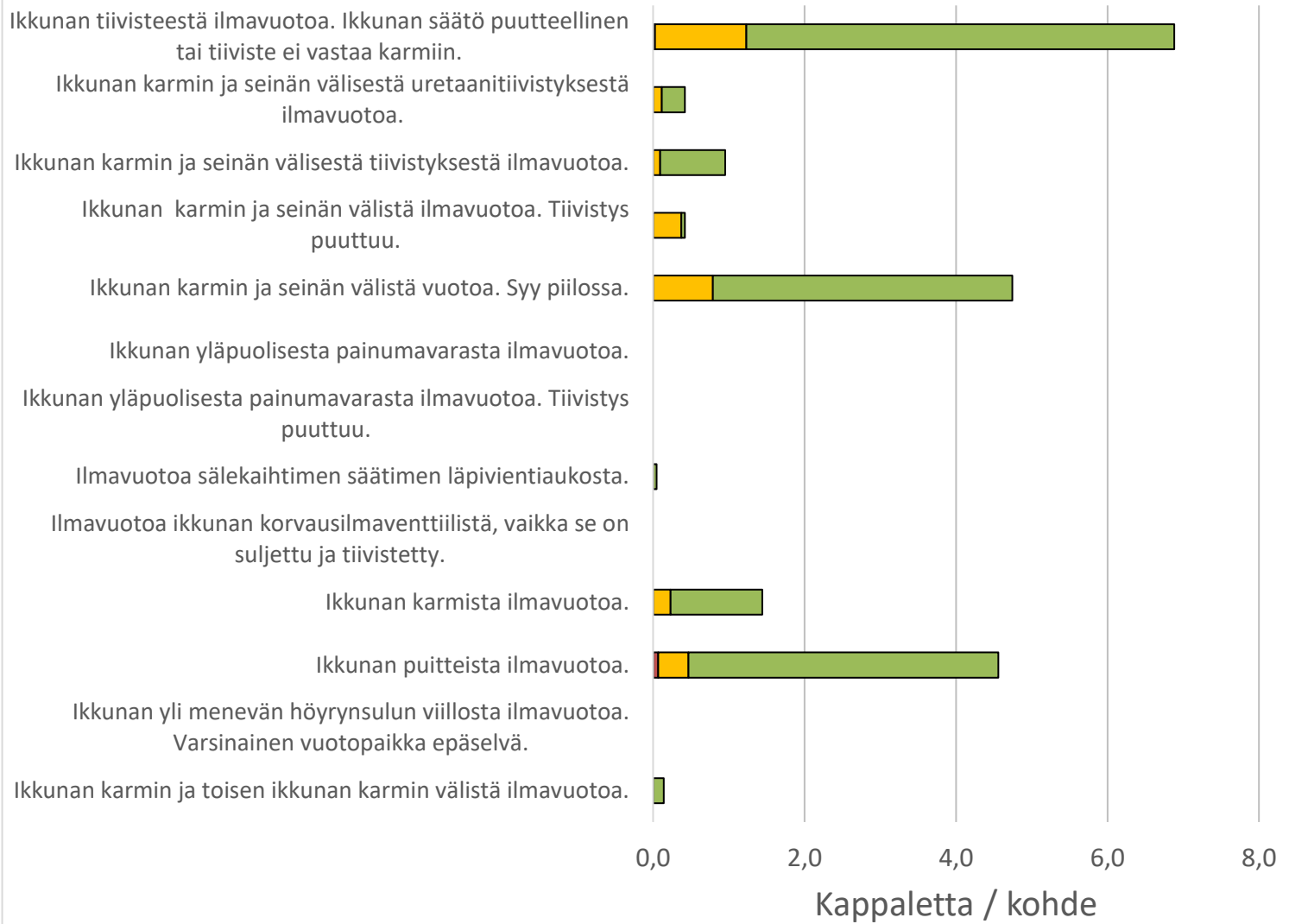


Otos

43 kpl

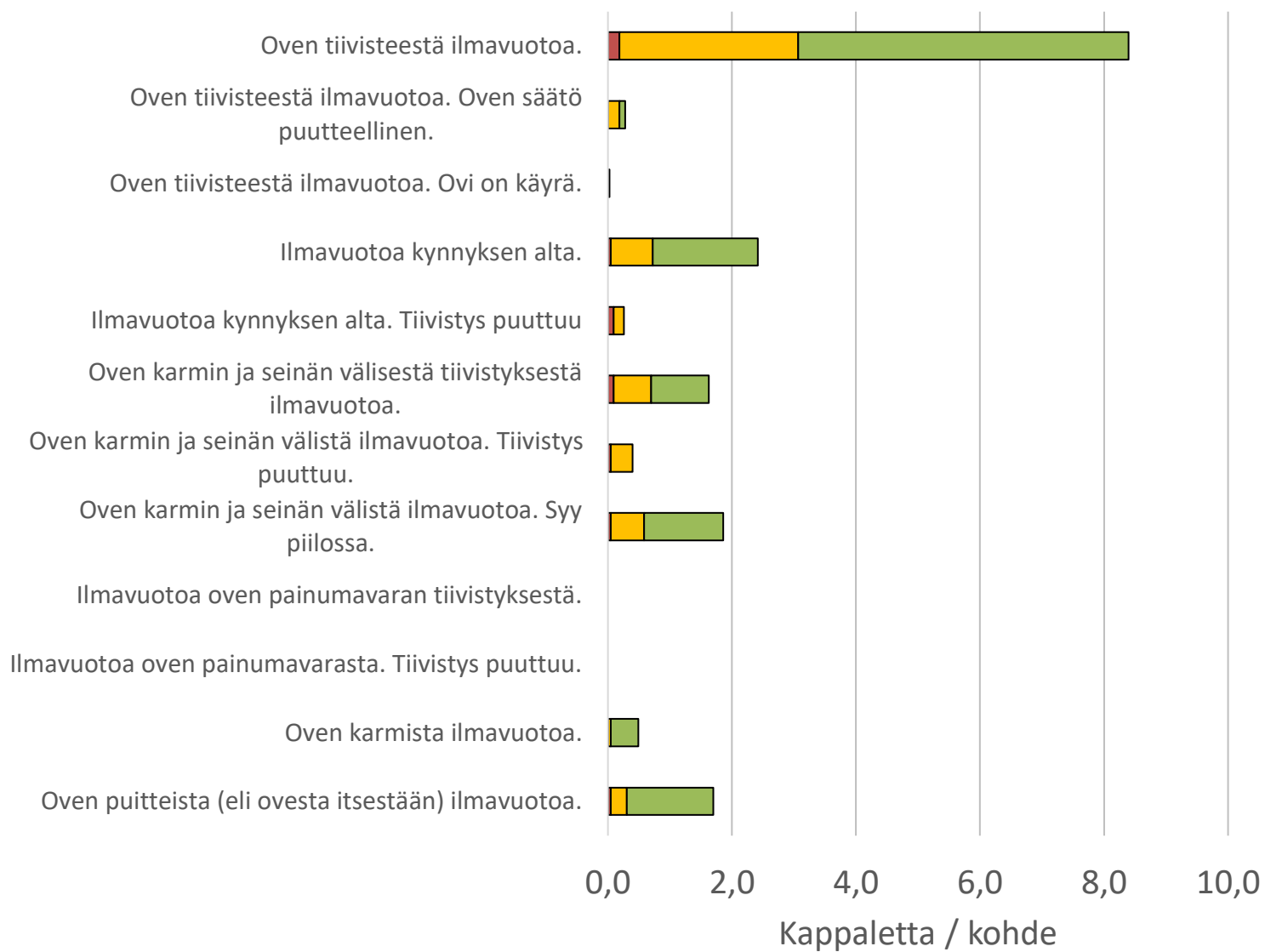
## Ikkunoiden vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



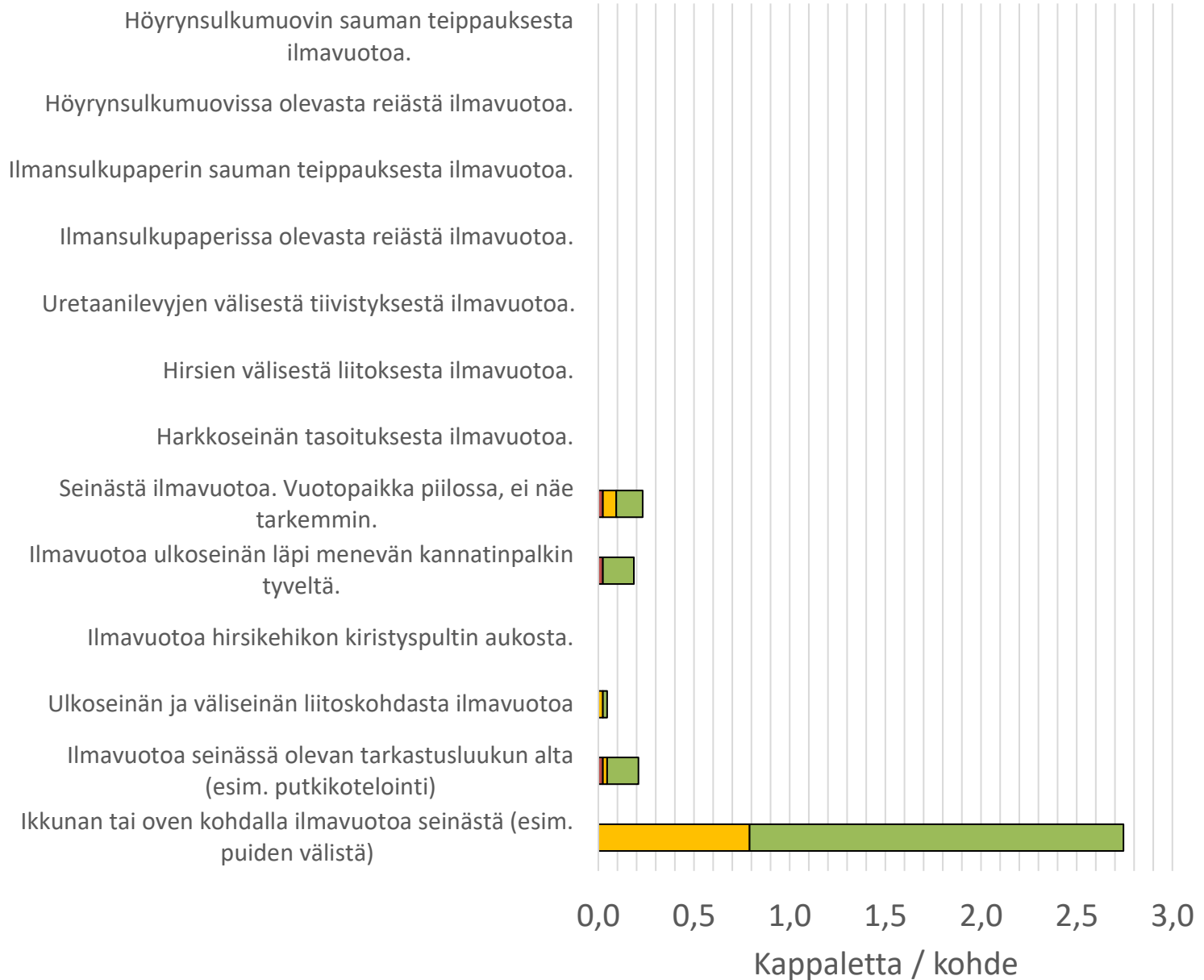
## Ovien vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



## Seinän vuotokohdat

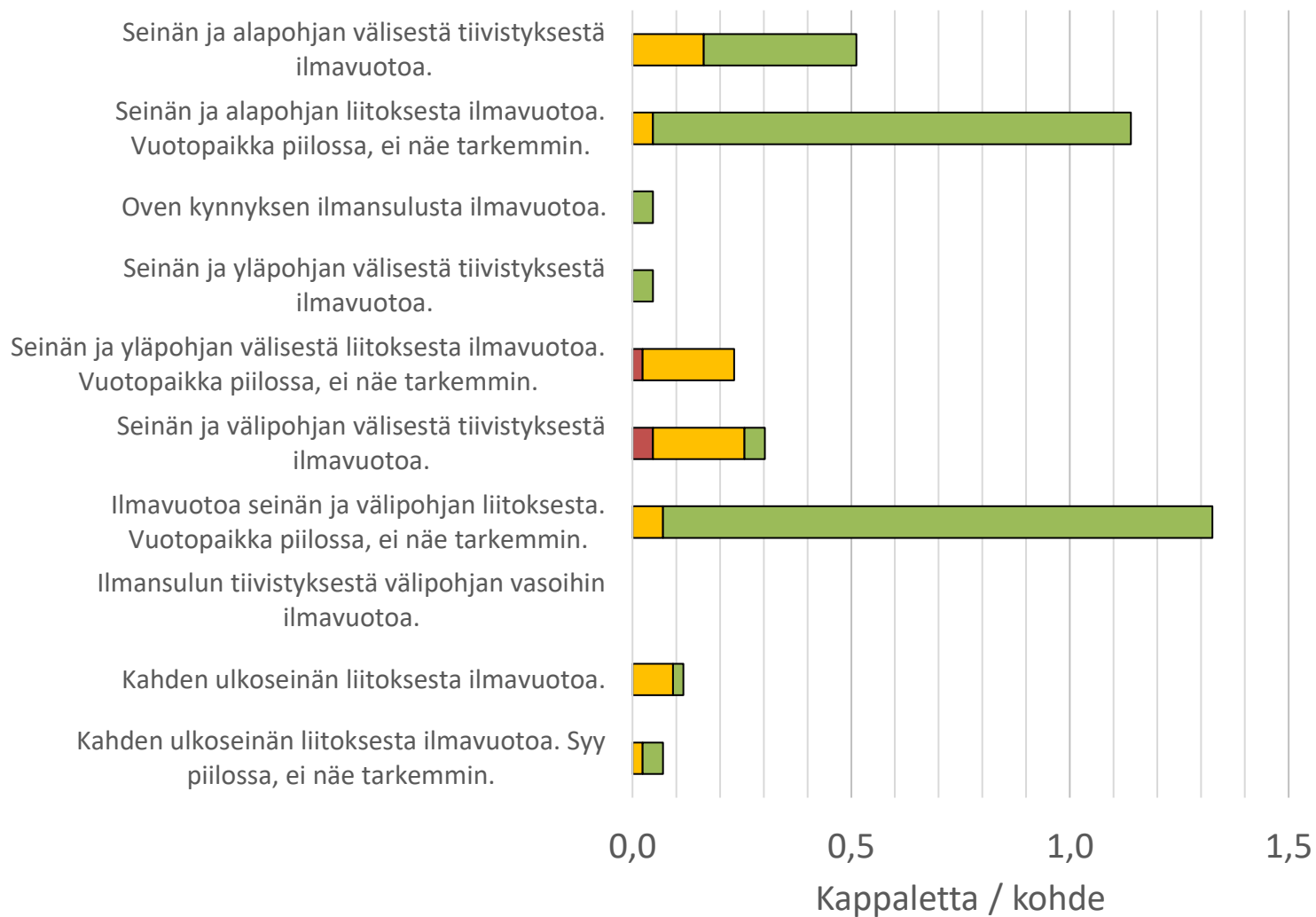
■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni





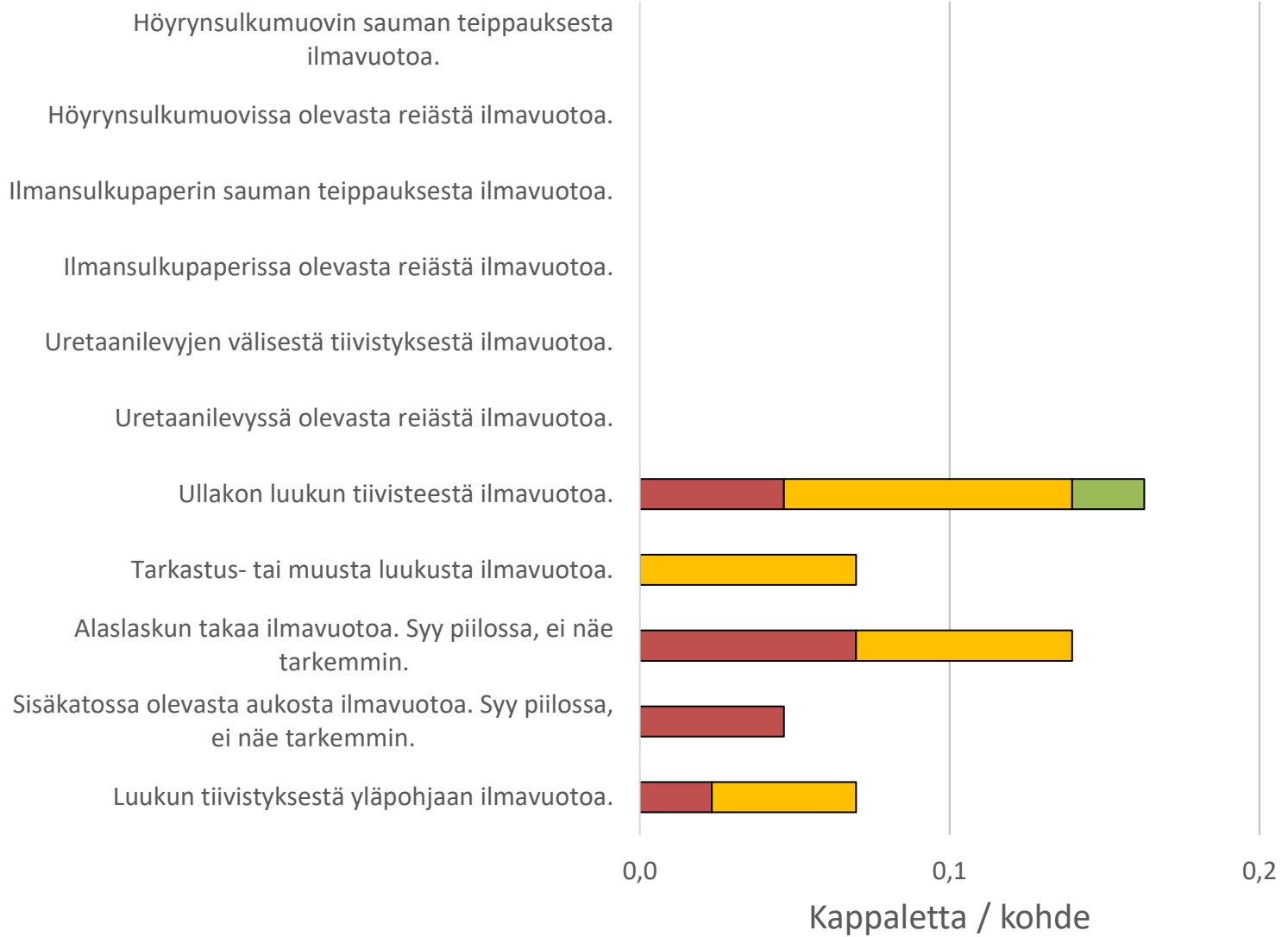
## Seinä-alapohja, -välipohja, -yläpohja ja -seinä liitokset

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



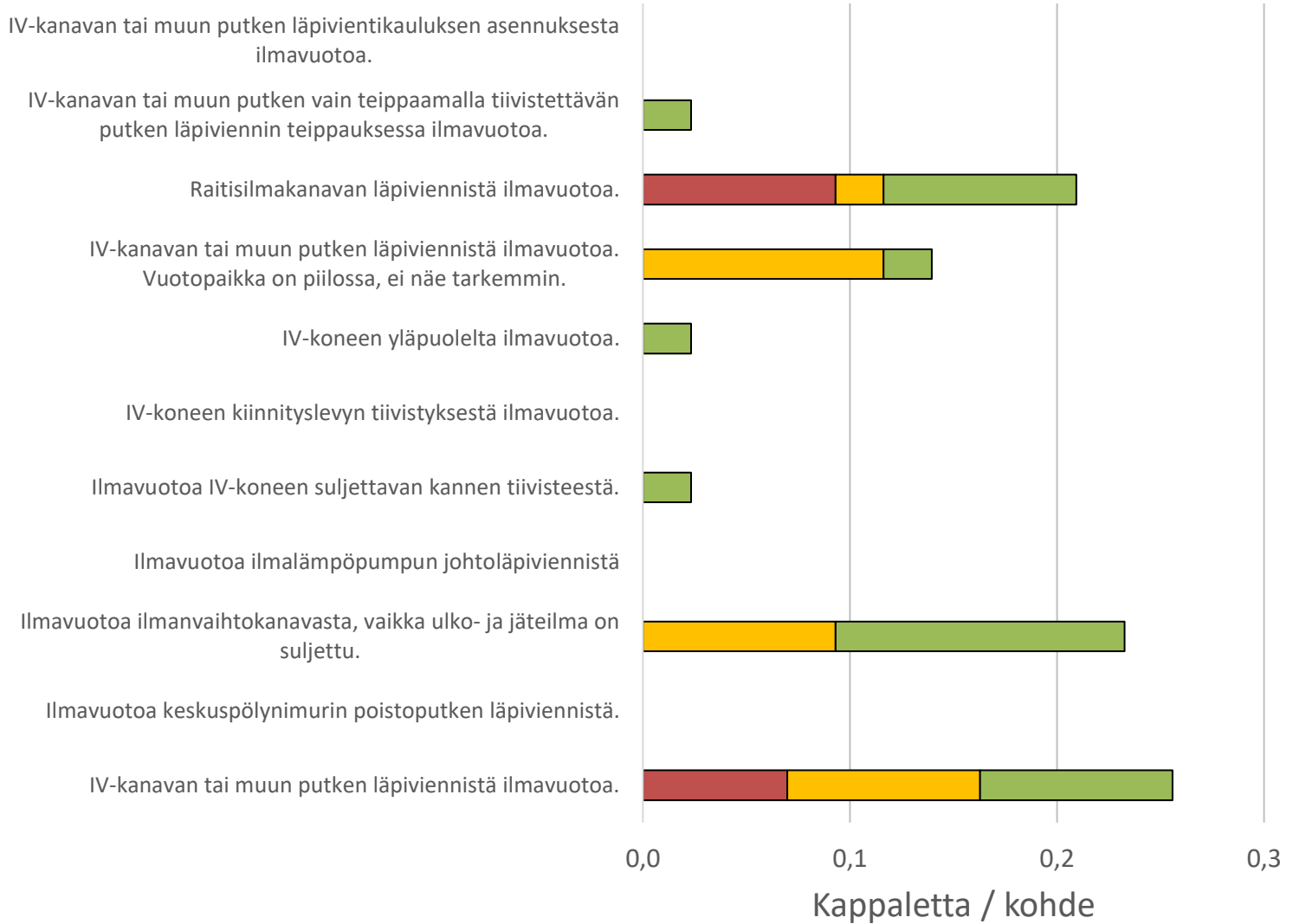
## Yläpohjan vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



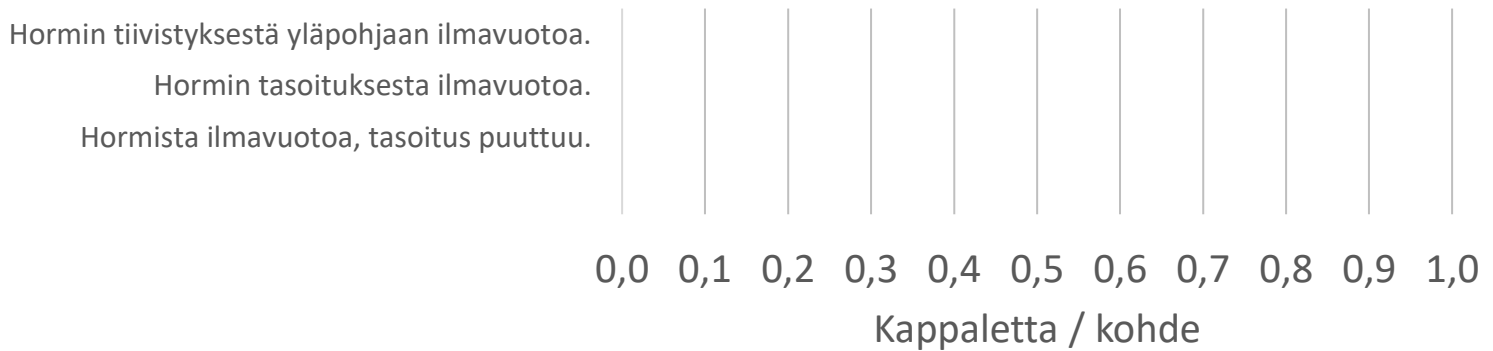
## Ilmanvaihtoasennusten vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni

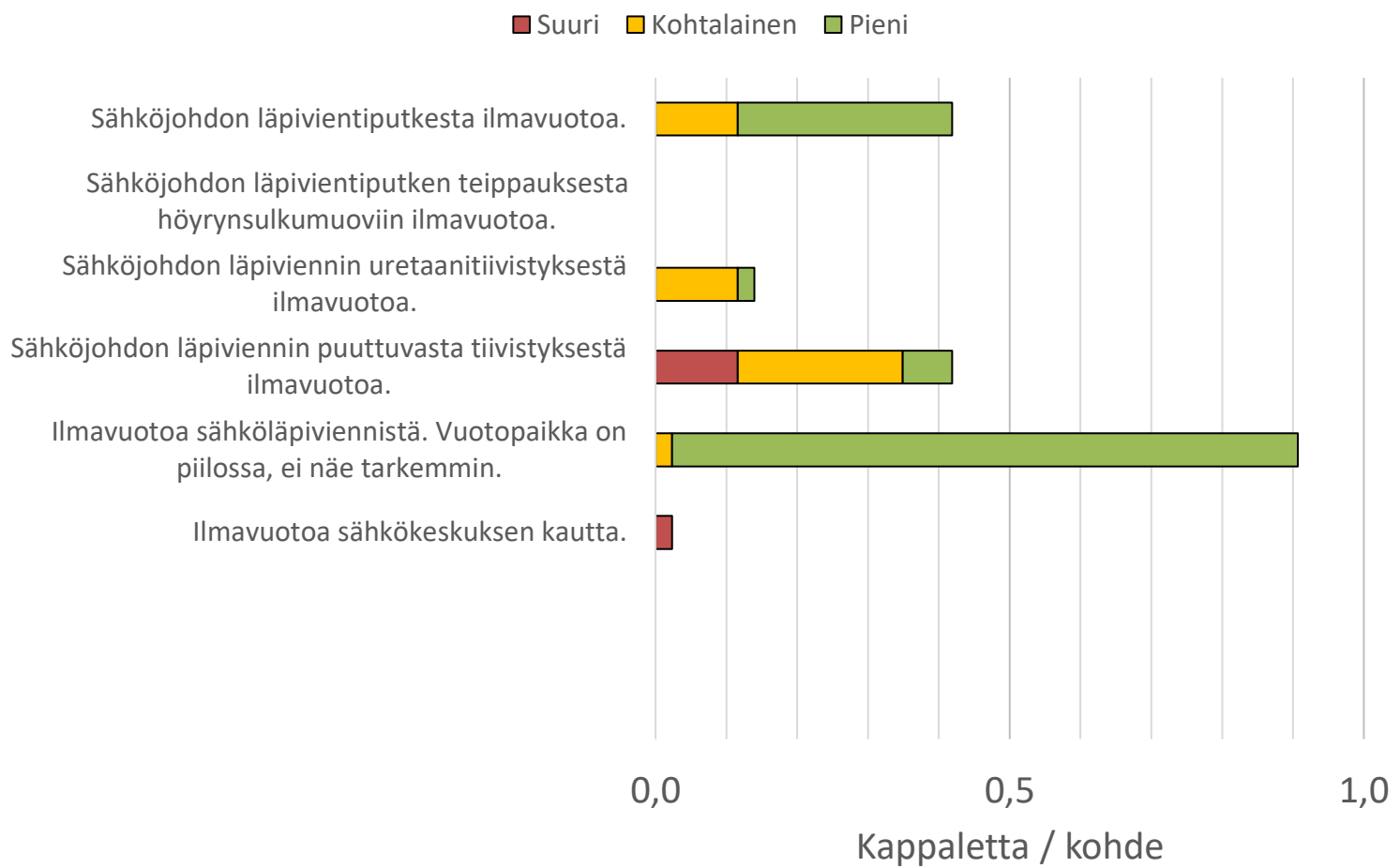


## Hormin vuotokohdat

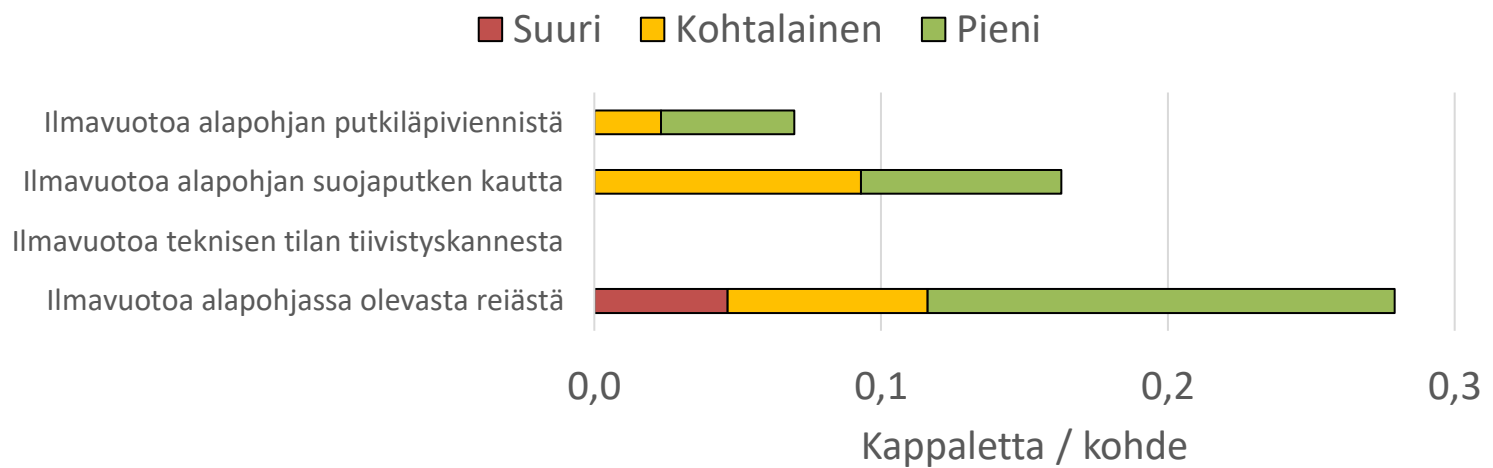
■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



## Sähköasennusten vuotokohdat

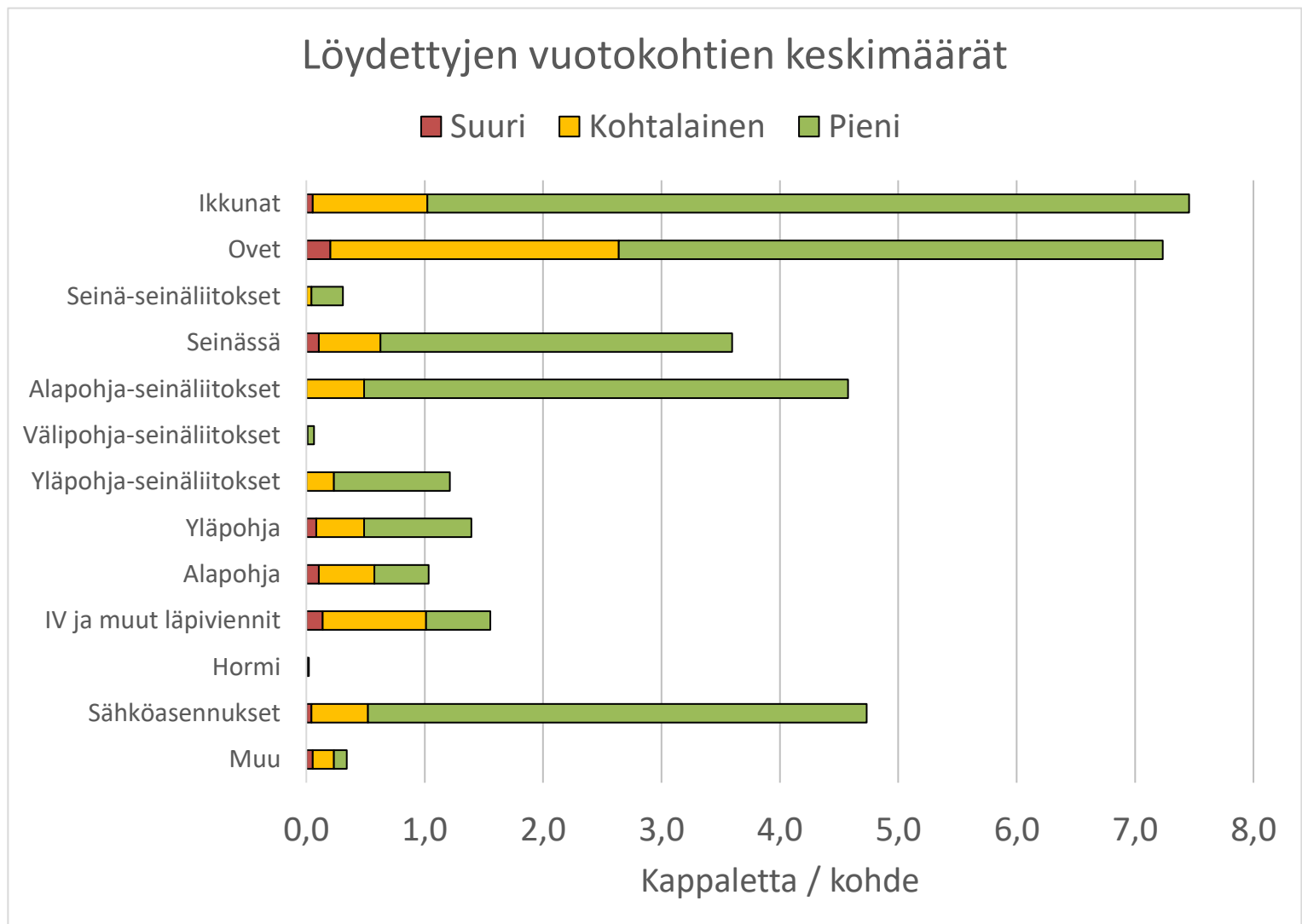


## Alapohjan vuotokohdat



# Ilmavuotokohdat

## Muut rakennukset

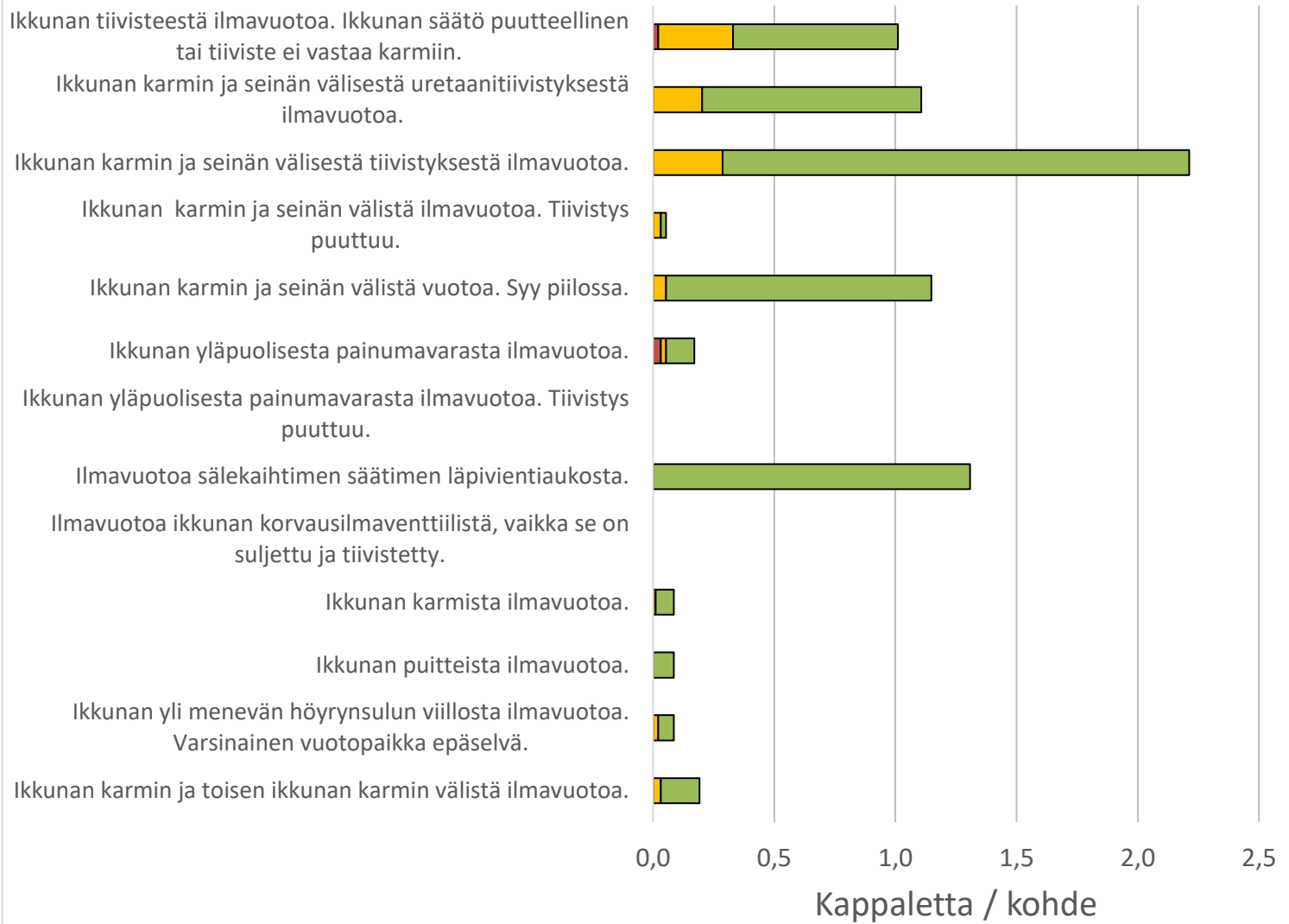


Otos

94 kpl

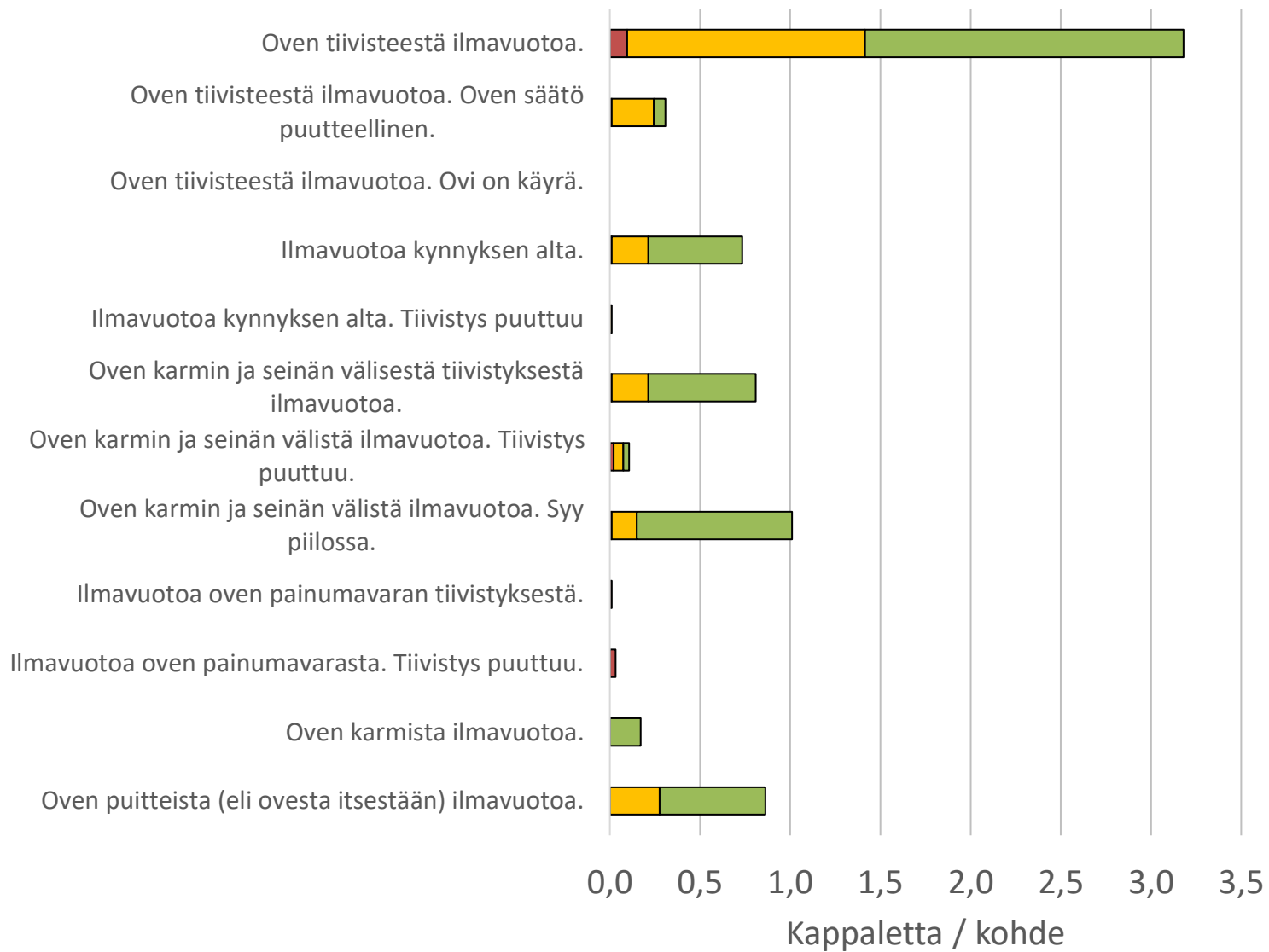
## Ikkunoiden vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



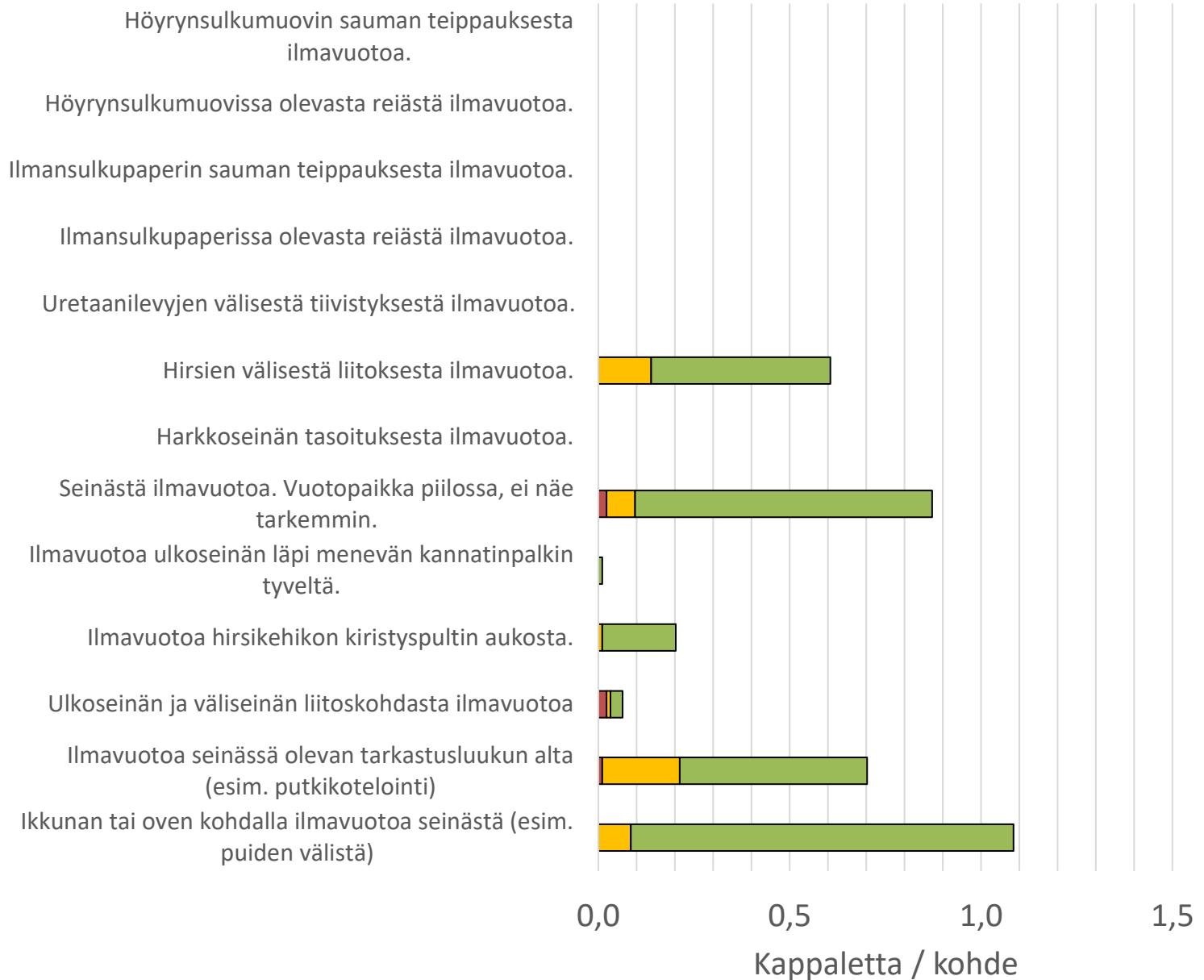
## Ovien vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



## Seinän vuotokohdat

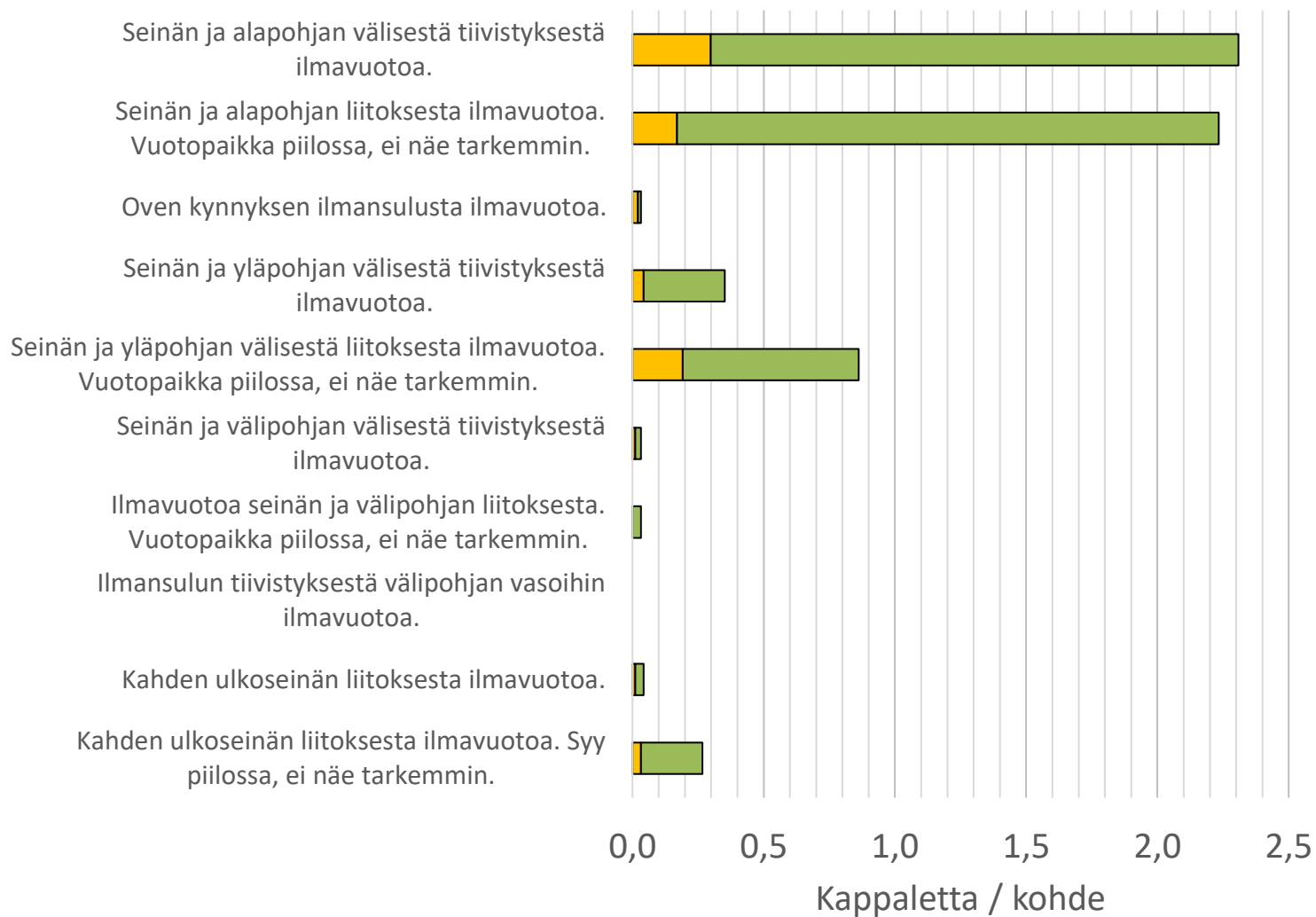
■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni





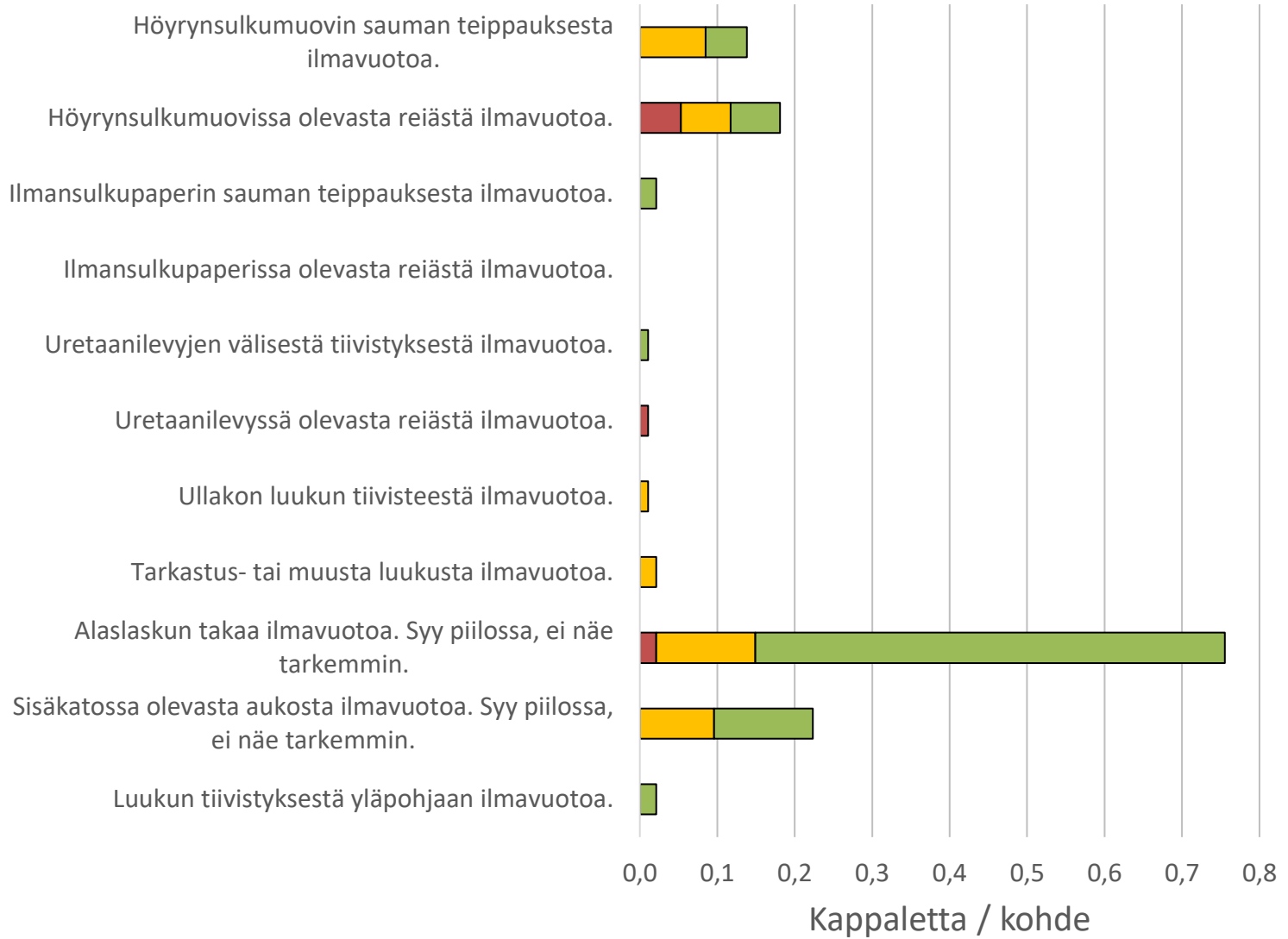
## Seinä-alapohja, -välipohja, -yläpohja ja -seinä liitokset

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



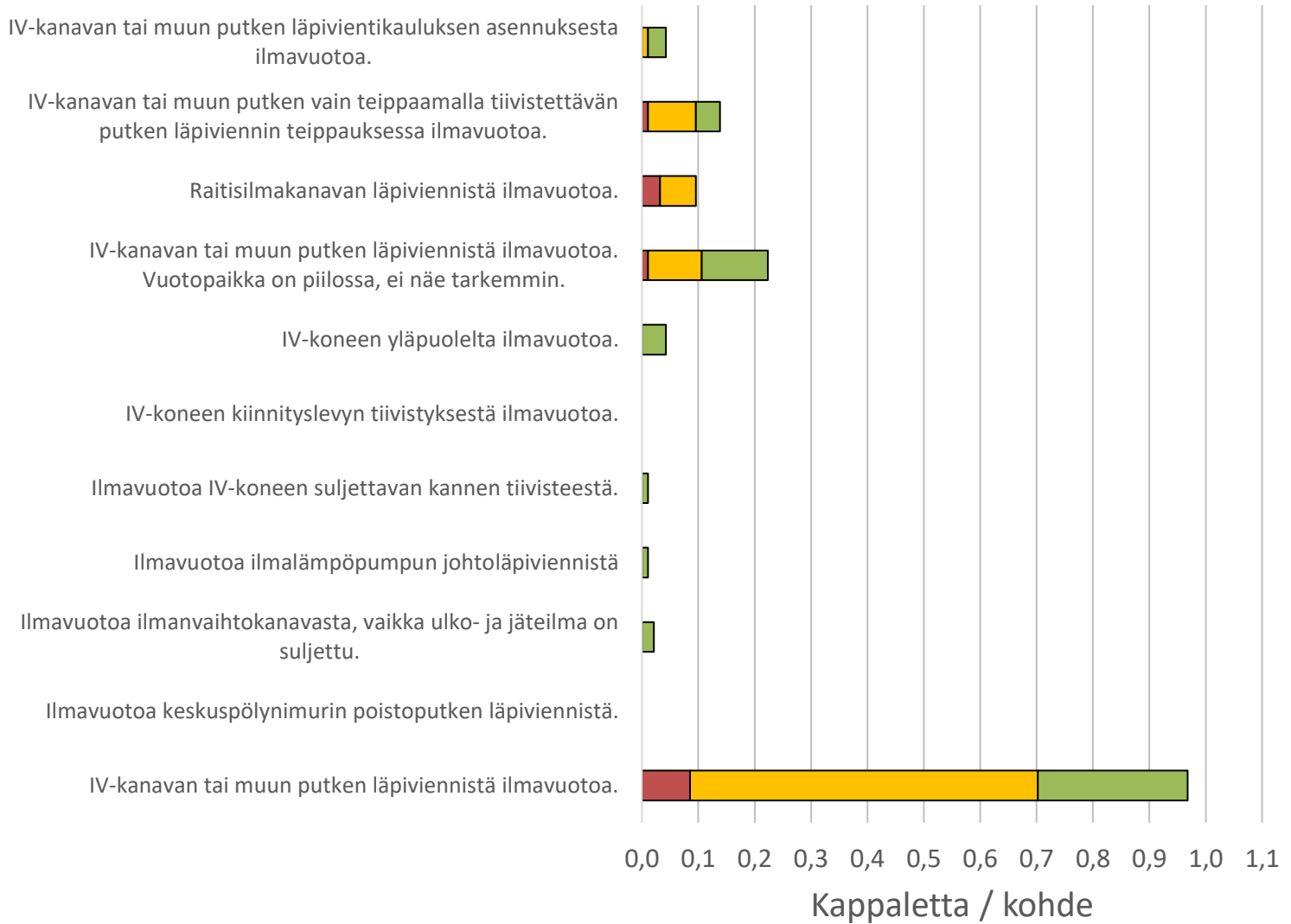
## Yläpohjan vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



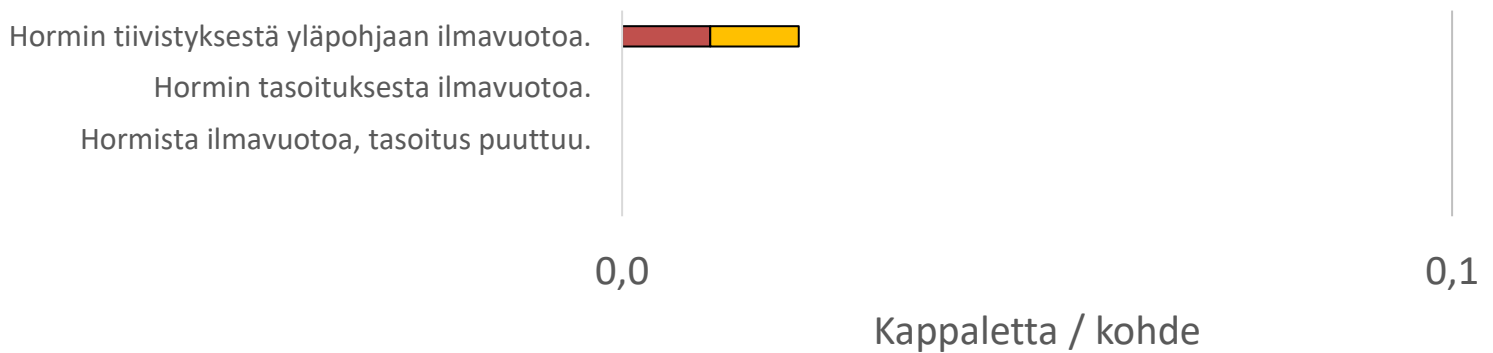
## Ilmanvaihtoasennusten vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni

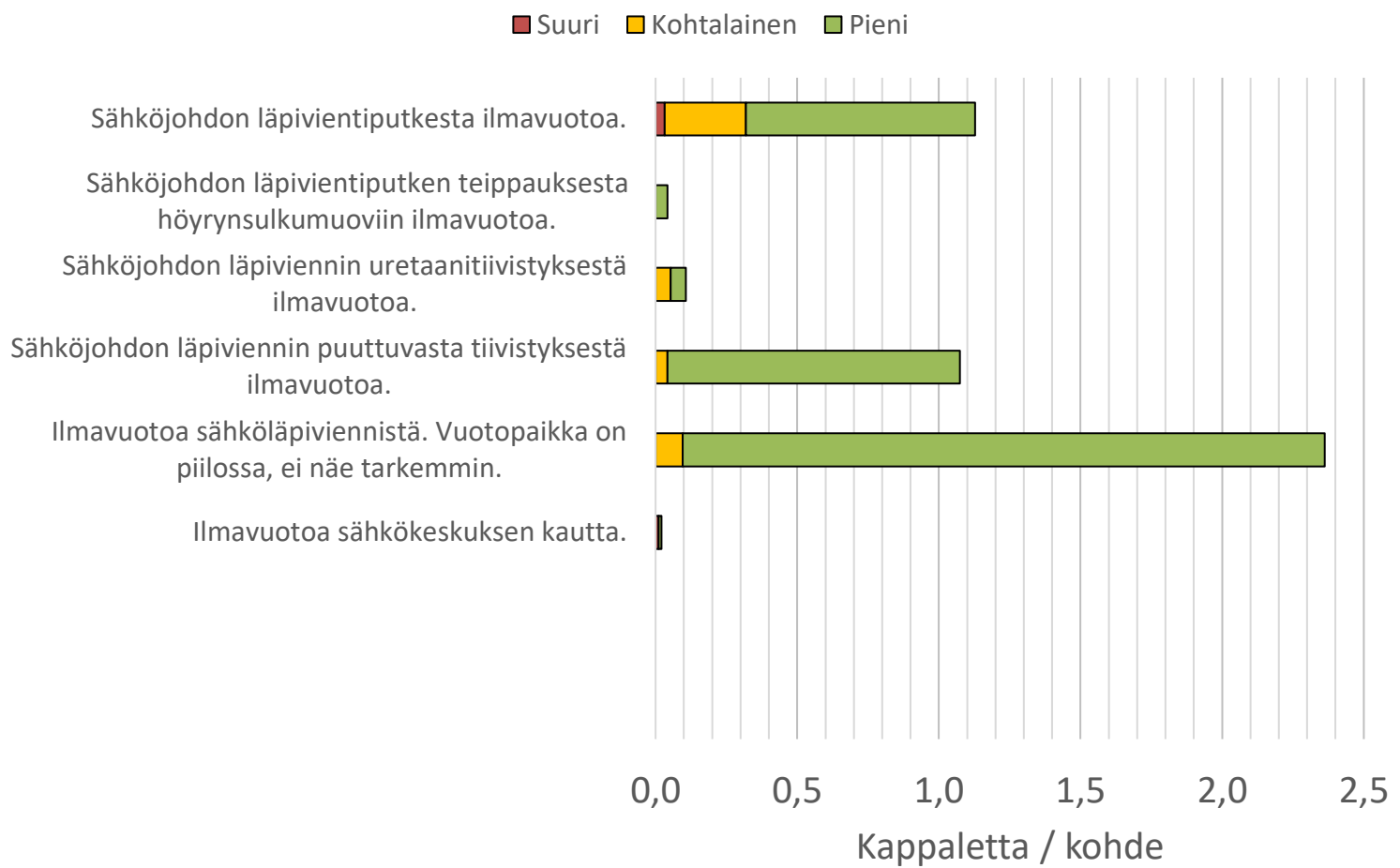


## Hormin vuotokohdat

■ Suuri ■ Kohtalainen ■ Pieni



## Sähköasennusten vuotokohdat



## Alapohjan vuotokohdat

