



Hyökkälän koulu, Tiivistyskorjausten laadunvarmistusmittaukset

Tutkimusraportti

14.07.2023

Projekti 316338_12

Sisällysluettelo

1.	Tutkimuskohde ja tutkimuksen yleistiedot.....	3
1.1.	Yleistiedot.....	3
1.2.	Lähtötiedot.....	3
1.3.	Tutkimuksen tausta ja tehtävä	4
1.4.	Tutkimusmenetelmä	5
2.	Merkitäimetutkimukset	5
2.1.	Luokkahuone BG2.....	5
2.2.	Luokkahuone L19	7
2.3.	Luokkahuone L22	8
2.4.	Luokkahuone L25	10
2.5.	Luokkahuone L27	12
3.	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset	14

14.07.2023

1. Tutkimuskohde ja tutkimuksen yleistiedot

1.1. Yleistiedot

Tutkimuksen tekijä	WSP Finland Oy Pasilan asema-aukio 1 00520 Helsinki
	Vastuhenkilö: Riitta Katajamaa riitta.katajamaa@wsp.com +358 40 5297027
Tilaaaja	Tuusulan kunta, tilapalvelut
Tilaaajan edustaja	Pertti Elg
Kohde	Hyökkälän koulu Kirkkotie 9-11, 04300 Tuusula
Valmistunut	1980 luvulla
Kerroslukku	1
Ilmanvaihto:	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto
Lämmitysmuoto:	Kaukolämpö, vesikiertoinen patterilämmitys huonetermostaatein

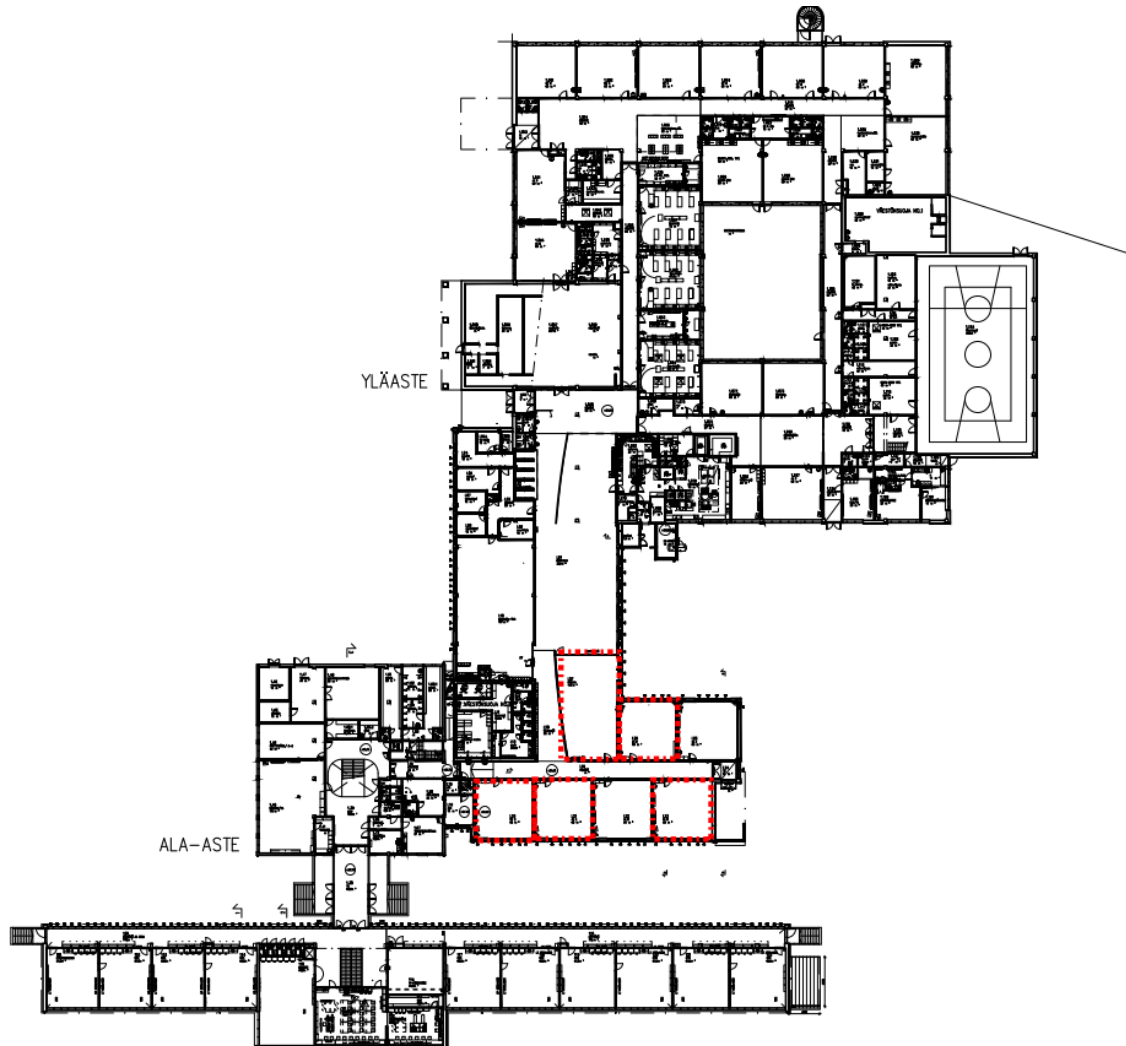
Tutkimuksen kenttätöitä teki Olavi Penttilä DI ja Anna Paussu ETM. Merkkiainetutkimukset tehtiin 10.07.2022

1.2. Lähtötiedot

Tutkimuksen lähtötietoina saatiin käyttöön Hyökkälän koulun pohjapiirustukset ja WSP Finland Oy:n tekemät aiemmat tiivistyskorjausten laadunvarmistusmittaukset sekä työohje 9.5.2023.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on käyty tekemässä tiivistystarkasteluja tiloissa: BG2, L19, L22, L25 ja L27 (pohjakuvien ja käytännön luokkanumeroiden kesken on epäjohtonmuokaisuksia). Rakennuksen tiiveyskorjauksien menetelmästä tai suunnitelmista ei ollut saatavilla lähtötietoja. Tutkimuskäynnillä havaittiin liittymien kohdilla saniteettisilikonilla ja tiivistysmassalla tehtyjä tiivistyksiä.

14.07.2023



Kuva 1. Kuvassa on esitetty punaisella katkoviivalla huonetilojen tiiveystarkastelut. Tarkastelut kohdistettiin tilan ulkoseinärakenteeseen. Kuvakaappaus on otettu arkkitehtisuunnittelu Mikko Uotila Oy:n tekemästä pohjakuvasta 23.05.2014.

1.3. Tutkimuksen tausta ja tehtävä

Tutkittavissa tiloissa on tehty saatujen tietojen mukaan tiivistyskorjauksia ja urakoitsijan mukaan on tiivistetty kohtia, joista aiemmin on havaittu ilmavuotoja. Tutkittavat tilat valittiin alueilta, joissa on aiemmin toteutettu laadunvarmistusmittauksia. Tiloja tutkittiin rakennuksen normaalissa vallitsevissa olosuhteissa. Lisäksi huonetiloihin luotiin alipaine merkkiainetutkimuksia varten puhalluslaitteiston avulla. Tutkimuksen tehtävänä oli selvittää rakenteiden mahdolliset ilmavuotoreitit sisätiloihin normaaleissa olosuhteissa, jossa alipaine vaihteli -3 ja -5 Pa välillä, sekä -10 Pa alipaineistetussa tilassa.

Tiivistyskorjauksilla estetään rakenteista sisäilmaan suuntautuvat ilmavuodot, jotka voivat vaikuttaa heikentävästi rakennuksen sisäilman laatuun ilman mukana kulkeutuvien epäpuhtauksien takia.

14.07.2023

1.4. Tutkimusmenetelmä

Tutkittavat tilat tarkasteltiin tilaajan toiveesta rakennuksen normaaleissa vallitsevissa olosuhteissa. Lisäksi tutkittavat tilat alipaineistettiin -10,0 Pa alipaineeseen. Paine-eroa rakenteen yli seurattiin merkkiainekokeiden ajan paine-eromittarilla. Tilojen alipaine vaihtelee hieman tuulenpaineen seurauksena. Ilmavuotoreittien paikannus tehtiin merkkiainetutkimuksella, jossa rakenteisiin porattuihin reikiin syötettiin merkkiainekaasua (5 % H₂, 95 % N₂). Merkkiainetta syötettiin ulkoseinän eristetilaan. Kaasun leviämistä rakenteesta havainnoidtiin merkkiainekaasuanalysaattorilla ja ilmavuotokohdista otettiin valokuvat.

Merkkiainetta sisältänyt kaasupullo ja laitteisto tarkastettiin vuotojen varalta ennen koekteita.

2. Merkkiainetutkimukset

Tuuliolosuhteet olivat 10.07.2023 ulkopuolella merkkiainekokeiden ajan noin 2.3–3 m/s ja ulkoilman lämpötila 20–21 °C.

Merkkiainekokeiden ilmavuotoja käsitellään raportissa RT-kortin ”Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein” mukaisella jaottelulla. Jaottelussa ilmavuodot jaotellaan pistemäiseksi, vähäiseksi ja merkittäväksi.

RT 14-11197 Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein kerrotaan edellä mainittujen pistemäinen, vähäinen ja merkittävän ilmavuodon perusteet.

Pistemäinen ilmavuoto: on epätiiviskohta, jonka koko on 1... 2 mm.

Vähäinen ilmavuoto: on heikko ilmavuoto, jonka pituus on 2...1000 mm. Vähäisessä ilmavuodossa ei kuitenkaan näy selkeää rakoa rakenteissa.

Merkittävä ilmavuoto: on laaja-alainen vuoto yli 1000 mm pitkä. Lisäksi suureksi ilmavuodoksi luokitellaan näkyvästi havaittavat raot.

Laadunvarmistusmittauksia tehtiin tiloissa: BG2, L19, L22, L25 ja L27. Tutkimuksessa havaitut ilmavuodot ovat nähtävissä kokonaisuudessaan tutkimuskartassa liitteessä 1.

2.1. Luokkahuone BG2

Tilassa tutkittiin ulkoseinärakenteen tiiveyksiä luokkahuoneen ikkunaseinustalla. Merkkiainekaasua syötettiin ulkoseinärakenteeseen kahden seinään poratun reiän kautta.

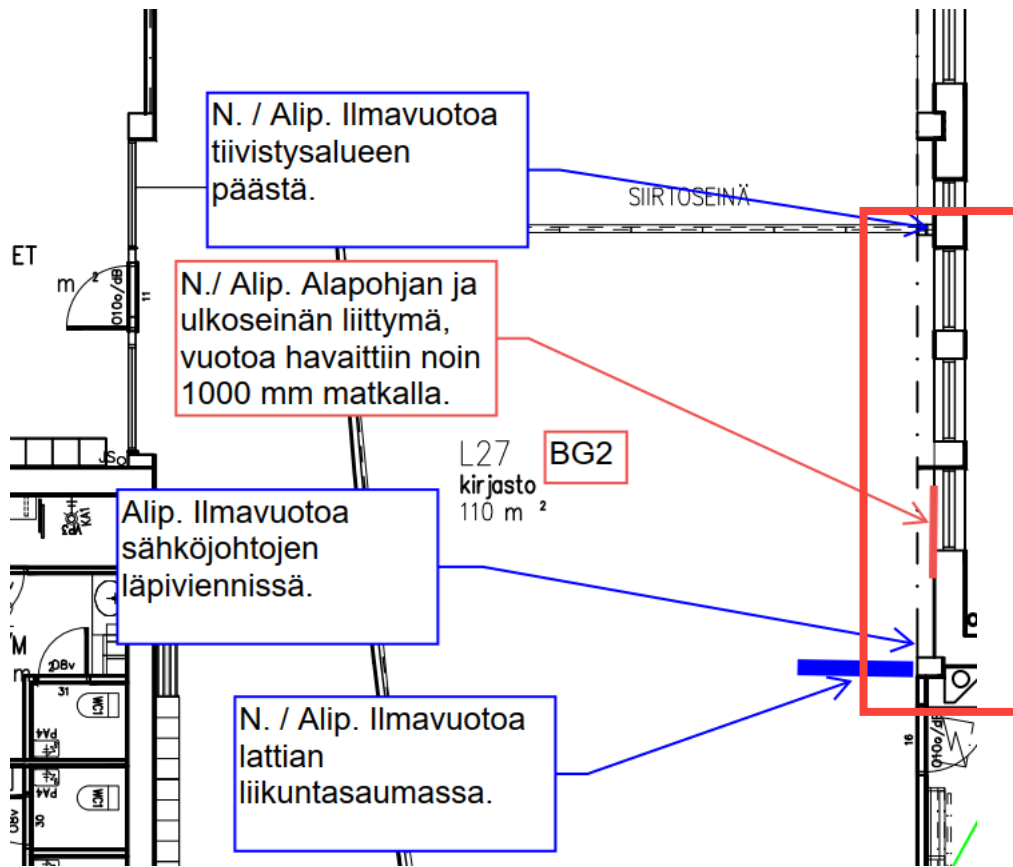
Normaalitilassa

Ulkoseinärakenteessa havaittiin säännöllisiä ilmavuotoja ulkoseinän ja alapohjarakenteen liittymän läheisyydessä. Yksittäiset, selkeät vuotokohdat havaittiin myös alapohjan liikuntasaumassa sekä tiivistysalueen päässä siirtoseinän kohdalla.

-10 Pa alipaineistettuna

Ulkoseinärakenteessa havaittiin alipaineistettuna vuotokohtia normaalitilassa havaittujen vuotojen lisäksi seuraavissa kohdissa: vähäistä ilmavuotoa havaittiin alapohjarakenteen sähköjohtojen läpiviennissä.

14.07.2023



Kuva 2. Luokkahuone BG2. Merkkiainetutkimus toteutettiin punaisella olevan neliön sisällä olevaan ulkoseinä-rakenteeseen. Punaiset merkinnät ovat merkittäviä ilmavuotoja. Siniset merkinnät ovat vähäisiä ilmavuotoja ja vihreät merkinnät pistemäisiä ilmavuotoja. (N. = Normaalitila & Alip. = Alipaineistettu - 10 Pa).

14.07.2023



Kuva 3. Normaalitilassa ja **alipaineistettuna** havaittiin ilmapuotoa alapohjan liikuntasaumassa (/maton saumassa).



Kuva 4. Normaalitilassa ja **alipaineistettuna** alapohjan ja ulkoseinän liittymän alueella havaittiin merkittävää ilmapuotoa.



Kuva 5. **Alipaineistettuna** havaittiin vähäistä ilmapuotoa sähköjohtojen läpiviennissä.

2.2. Luokkahuone L19

Tilassa tutkittiin ulkoseinärakenteen tiiveyksiä luokkahuoneen ikkunoiden vastaisella seinustalla. Merkkiainekaasua syötettiin ulkoseinärakenteeseen kolmen seinään poratun reiän kautta.

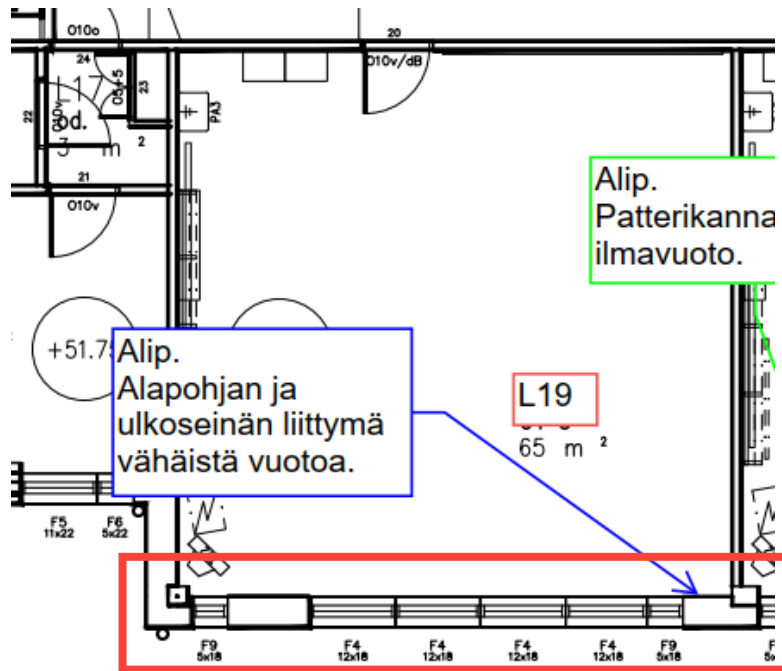
Normaalitilassa

Normaalitilassa ei havaittu vuotoja.

-10 Pa alipaineistettuna

Ulkoseinärakenteessa havaittiin vähäistä ilmapuotoa ulkoseinän ja alapohjarakenteen liittymässä.

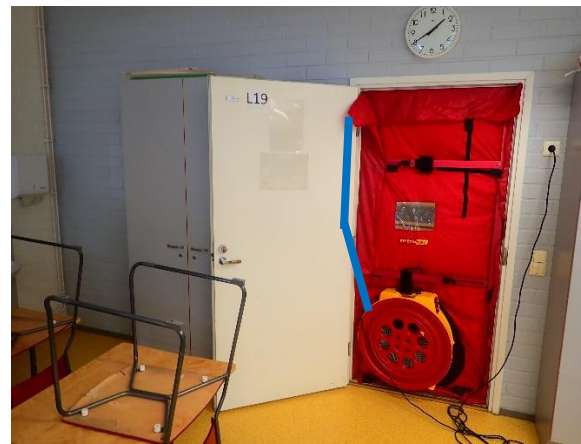
14.07.2023



Kuva 6. Luokkahuone L19. Merkkiainetutkimus toteutettiin punaisella olevan neliön sisällä olevaan ulkoseinärakenteeseen. Punaiset merkinnät ovat merkittäviä ilmavuotoja. Siniset merkinnät ovat vähäisiä ilmavuotoja ja vihreät merkinnät pistemäisiä ilmavuotoja. (N. = Normaalitila & Alip. = Alipaineistettu – 10 Pa).



Kuva 7. Alipaineistetussa tilassa havaittiin vähäistä ilmavuotoa alapohjarakenteen ja ulkoseinän liittymässä.



Kuva 8. Alipaineistuslaitteisto asennettuna tilan oveen.

2.3. Luokkahuone L22

Tilassa tutkittiin ulkoseinärakenteen tiiveyttä. Merkkiaineikaasua syötettiin ulkoseinän eristetilaan kahdesta sisäpuolelta poratusta reiästä.

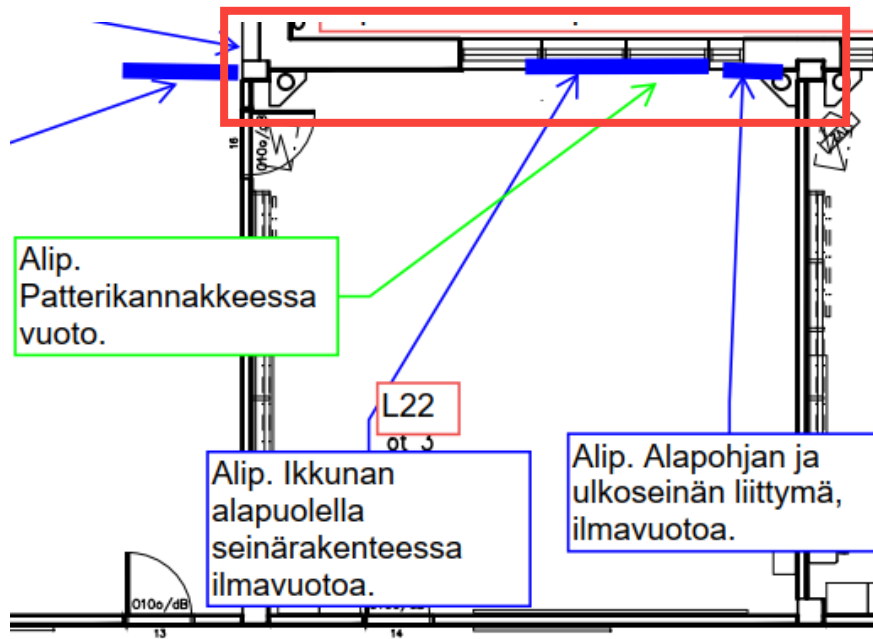
Normaalitilassa

Normaalissa tilassa ei havaittu merkittäviä ilmavuotoja.

14.07.2023

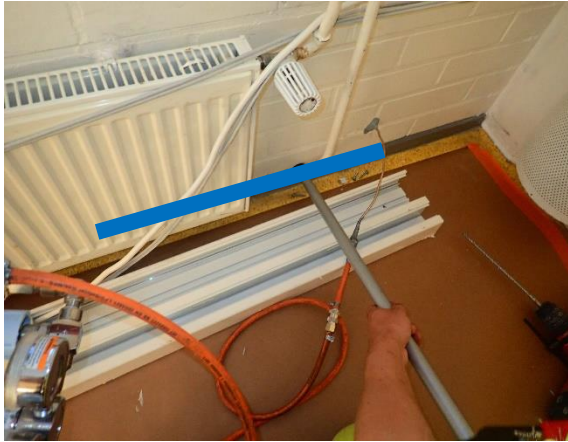
-10 Pa alipaineistettuna

Alipaineistuksella havaittiin toistuvia, vähäisiä vuotoja ulkoseinän rakenteista ikkunalaudan alapuolella. Lisäksi ulkoseinän ja alapohjan liittymän alueella havaittiin paikoitellen ilmavuotoa. Yhdessä patterikannakkeen kohdassa havaittiin pistemäinen ilmavuoto.



Kuva 9. Luokkahuone L22. Merkkiainetutkimus toteutettiin punaisella olevaan ulkoseinärakenteeseen. Punaiset merkinnät ovat merkittäviä ilmavutoja. Siniset merkinnät ovat vähäisiä ilmavutoja ja vihreät merkinnät pistemäisiä ilmavutoja. (N. = Normaalitila & Alip. = Alipaineistettu - 10 Pa).

14.07.2023



Kuva 10. Alipaineistettuna, alapohjarakenteen ja ulkoseinärakenteen liittymässä havaittiin vähäistä ilmavuotoa paikoitellen.



Kuva 11. Alipaineistettuna ikkunan alla seinärakenteen yläosassa havaittiin ilmavuotoa useasta kohdasta.



Kuva 12. Alipaineistettuna patterikannakkeen kiinnityksestä havaittiin pistemäinen ilmavuoto.

2.4. Luokkahuone L25

Tilassa tutkittiin ulkoseinärakenteen tiiveyttä. Merkkiaineikaasua syötettiin ulkoseinän eristetilaan kahdesta sisäpuolelta poratusta reiästä.

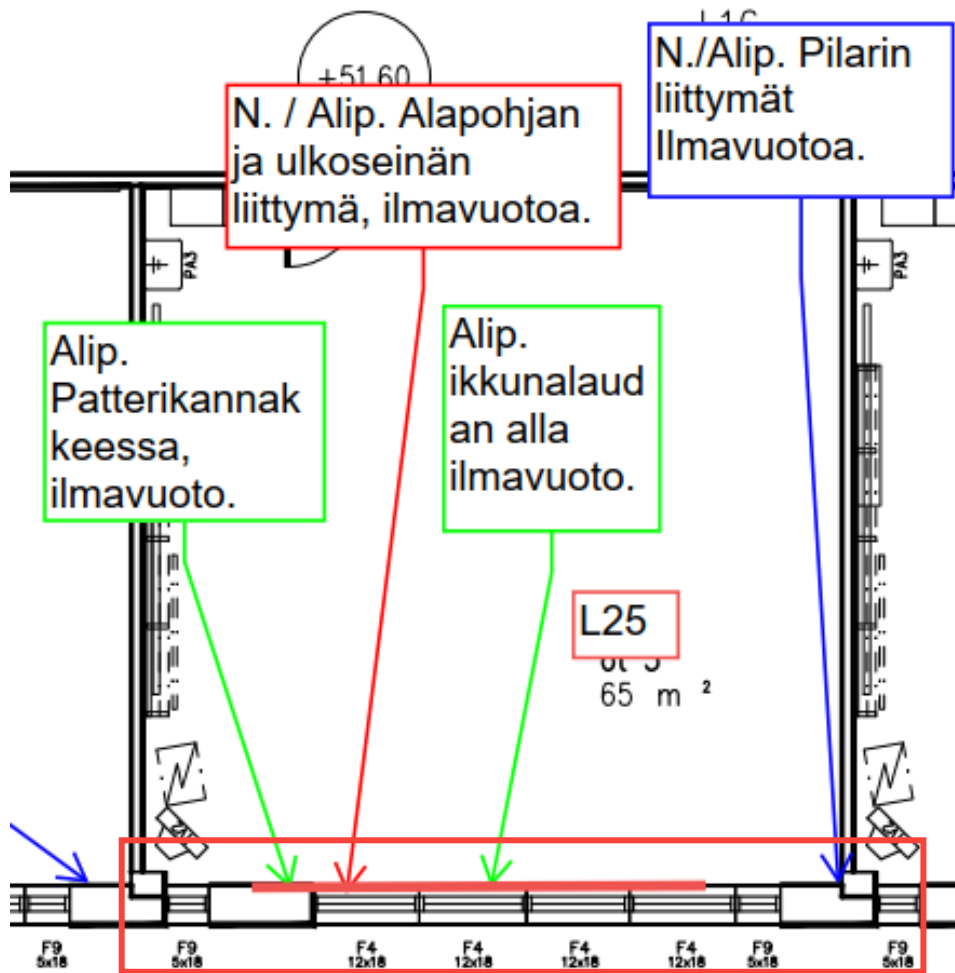
Normaalitilassa

Normaalissa tilassa havaittiin merkittävää ilmavuotoa ulkoseinän ja alapohjan liitoksessa koko huoneen matkalta. Vähäistä vuotoa havaittiin huoneen nurkassa pilarin liittymissä ympäröiviin rakenteisiin.

-10 Pa alipaineistettuna

Edellä mainittujen vuotojen lisäksi havaittiin alipaineistettuna vähäistä ilmavuotoa ikkunalaudan kohdalla seinän ja ikkunan liittymän alueella sekä pistemäisiä ilmavutoja useista patterikannakkeiden läpivienneistä.

14.07.2023



Kuva 13. Luokkahuone L25. Merkkiainetutkimus toteutettiin punaisella olevan neliön sisällä olevaan ulkoseinärakenteeseen. Punaiset merkinnät ovat merkittäviä ilmavuotoja. Siniset merkinnät ovat vähäisiä ilmavuotoja ja vihreät merkinnät pistemäisiä ilmavuotoja. (N. = Normaalityla & Alip. = Alipaineistettu – 10 Pa).

14.07.2023



Kuva 14. Alipaineistetussa tilassa, patterin kannattimissa havaittiin pistemäisiä ilmavuotoja.



Kuva 15. Alipaineistetussa tilassa ikkunaliittymässä havaittiin vähäistä vuotoa.



Kuva 16. Normaalissa / alipaineistetussa tilassa, pilarin ja seinän liitoskohdassa vähäistä ilmavuotoa.



Kuva 17. Normaalissa / alipaineistetussa tilassa ulkoseinän ja alapohjan liittymän alueella havaittiin toistuvia ilmavuotoja.

2.5. Luokkahuone L27

Tilassa tutkittiin ulkoseinärakenteen tiiveyttä. Merkkiainekaasua syötettiin ulkoseinän eristetilaan kahdesta sisäpuolelta poratusta reiästä.

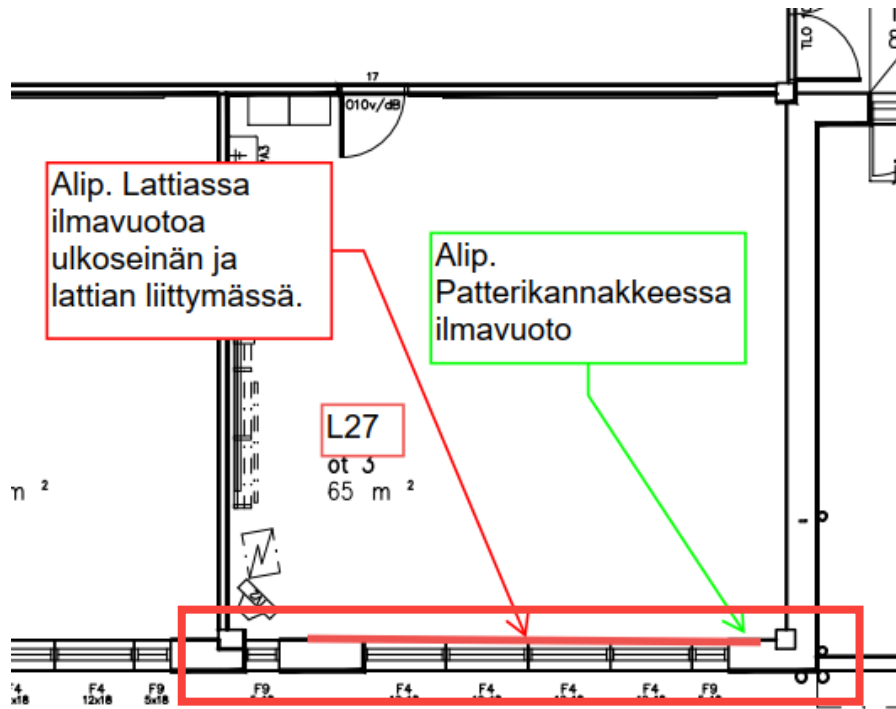
Normaali tilassa

Normaalissa tilassa ei havaittu ilmavuotoja.

-10 Pa alipaineistettuna

Alipaineistettuna havaittiin merkittäviä ja säännöllisiä ilmavuotoja ulkoseinän ja alapohjan liittymän alueella. Pistemäinen ilmavuoto havaittiin yhden patterikannakkeen kohdalla.

14.07.2023



Kuva 18. Luokkahuone L27. Merkkiainetutkimus toteutettiin punaisella olevan neliön sisällä olevaan ulkoseinärakenteeseen. Punaiset merkinnät ovat merkittäviä ilmavuotoja. Siniset merkinnät ovat vähäisiä ilmavuotoja ja vihreät merkinnät pistemäisiä ilmavuotoja. (N. = Normaalitila & Alip. = Alipaineistettu – 10 Pa).

14.07.2023



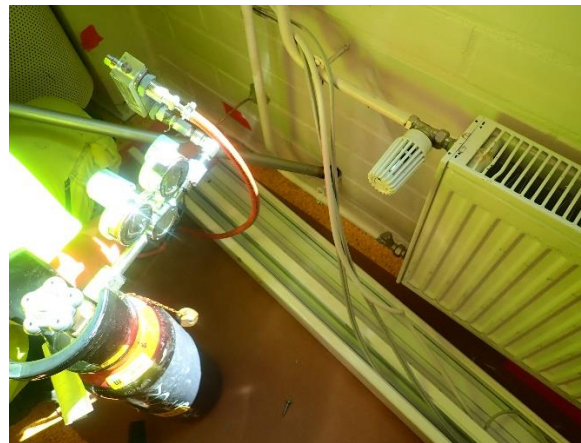
Kuva 19. Alipaineistettuna ulkoseinän ja alapohjan liittymän alueella ilmavuotoa.



Kuva 20. Alipaineistettuna ulkoseinän ja alapohjan liittymän alueella ilmavuotoa.



Kuva 21. Alipaineistettuna ulkoseinän ja alapohjan liittymän alueella ilmavuotoa.



Kuva 22. Alipaineistettuna patteriputken kannakkeessa pistemäinen ilmavuoto.

3. Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Pääosin edellisissä tutkimuksissa havaitut ilmavuodot on tiivistetty hyvin, eikä uusista tiivistyksistä havaittu tässä tutkimuksessa uusia ilmavuotoja. Ilmavuodot siirtyvät tiivistysten jälkeen tiivistämättömiin kohtiin rakennetta, sillä tiivistyskorjaukset eivät ole säännöllisiä tai suunnitelmallisia.

Nykyiset ilmavuodot keskittyvät (mutta eivät rajoitu) alipaineistettuun tilaan. Alapohjan ja ulkoseinän liittymän alueella on suurimmat ja toistuvat ilmavuodot. Niiden tarkkaa sijaintia on vaikea havaita listojen ja lattiapinnoitteiden ollessa pääosin kiinnitettynä. Myös patterikannakkeista ja ikkunan liittymien läheisyydessä havaittiin ilmavuotoja. Ikkunoiden osalta kyseessä saattaa olla vähäinen vuoto varsinaisen ikkunarakenteen sisään, mikä ei ole realistisesti tiivistettävissä.

14.07.2023

Epätiiveyskohtien kautta sisäilmaan voi päätyä epäpuhdasta ilmaa. Normaalitilassa ilma-
vuodot olivat osin pistemäisiä, eli niiden kautta siirtyvä ilmamäärä on vähäistä. Tiloissa
kuitenkin havaittiin normaalissa tilassa myös vähäistä ja merkittävää ilmapuotoa.

Kohteesta ei ollut saatavilla lähtötietoja tiivistyskorjauksista. Aikaisemmissa tehdyissä laa-
dunvarmistusmittauksessa havaittiin pääosin samanlaisia ilmapuototyyppisiä. Lähtökohtai-
sesti tiiliseinä ei ole ilmatiivis rakenne pinnoittamatta, lisäksi seinän liittymien tiivistäminen
ympäröiviin rakenteisiin on suositeltavaa tehdä erillisten korjaussuunnitelmien mukaisesti,
yhtenäisesti kaikkiin korjattaviin tiloihin.

Seuraavat toimenpide-ehdotukset ehdotetaan huomioimaan jatkossa parhaan mahdolli-
sen lopputuloksen saavuttamiseksi.

Toimenpide-ehdotukset

Kohteeseen suositellaan laatimaan suunnitelmat tiivistyskorjauksista, joissa määritellään
korjausten tavoitetaso. Tämän jälkeen tulee tehdä tiivistykset suunnitelmien mukaisiin ra-
kenteisiin kaikkiin korjattaviin tiloihin. Suunnitelmien perusteella tehdään uudet laadunvar-
mistusmittaukset.

14.07.2023

WSP Finland Oy

Laatinut



Olavi Penttilä
Tutkimusinsinööri, DI
Korjausrakentamisen konsultointi

Tarkastanut

Katajamaa, Riitta
(FIRK39039)

Digitally signed by Katajamaa,
Riitta (FIRK39039)
DN: cn=Katajamaa, Riitta
(FIRK39039), ou=Active,
email=riitta.katajamaa@wsp.com
Date: 2023.07.17 13:40:25 +03'00'

Riitta Katajamaa
Projektipäällikkö, RTA
Korjausrakentamisen konsultointi

Merkkiainetutkimuksissa havainnoidaan vuotoja seuraavasti (Kyseinen väri tutkimuskartassa edustaa havaitun vuodon tyyppiä):

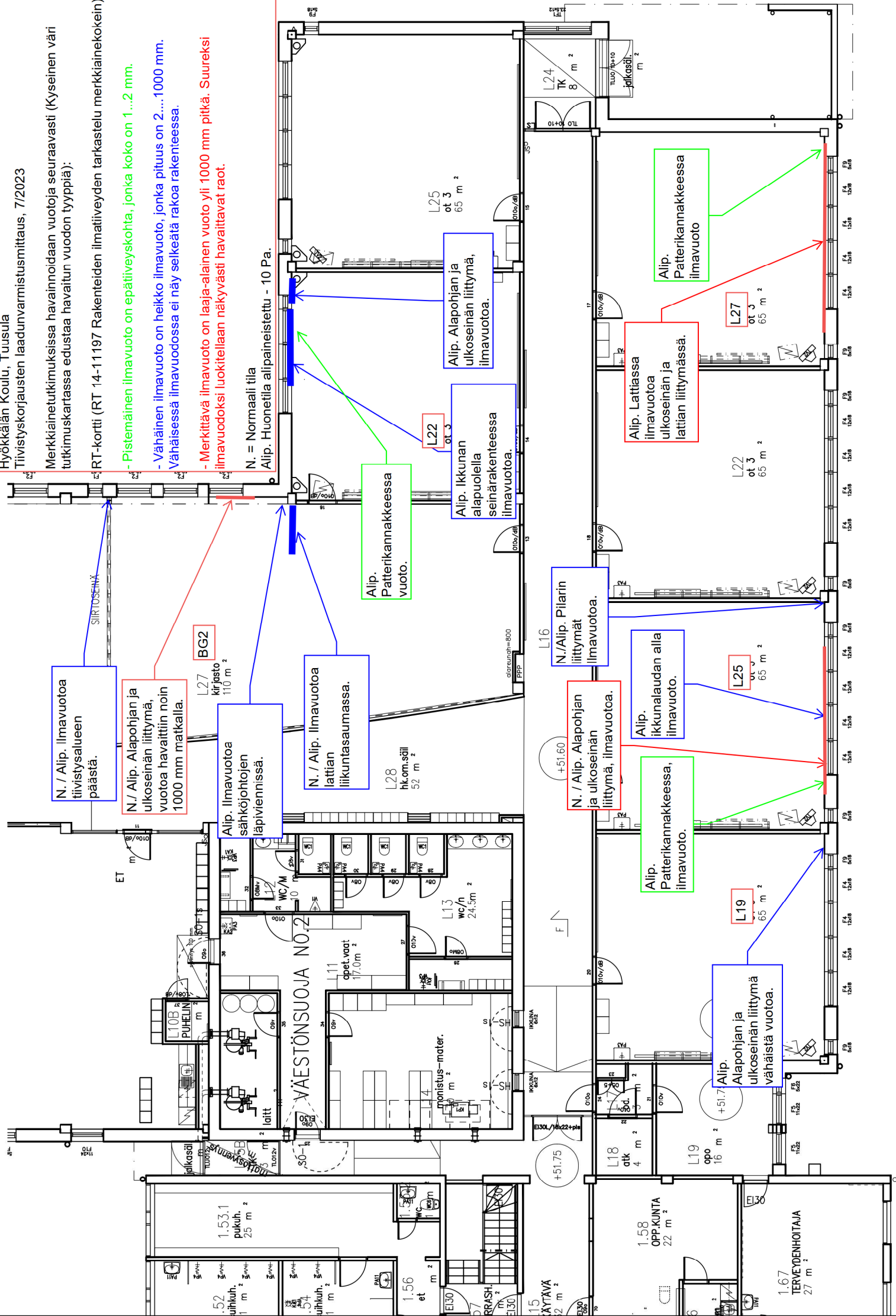
RT-kortti (RT 14-11197 Rakenteiden ilmatiivyyden tarkastelu merkkiainekokein)

- Pistemäinen ilmavuoto on epätivisyyskohta, jonka koko on 1...2 mm.

- Vähäinen ilmavuoto on heikko ilmavuoto, jonka pituus on 2...1000 mm. Vähäisessä ilmavuodossa ei näy selkeitä rakoa rakenteessa.

- Merkittävä ilmavuoto on laaja-alainen vuoto yli 1000 mm pitkä. Suureksi ilmavuodoksi luokitellaan näkyvästi havaittavat raot.

N. = Normaali tila
Alip. Huonetila alipaineistettu - 10 Pa.



N. / Alip. Ilmavuotoa tiivistysalueen päästä.

N. / Alip. Alapohjan ja ulkoseinän liittymä, vuotoa havaittiin noin 1000 mm matkalla.

BG2

L27
kirjasto
110 m²

Alip. Ilmavuotoa sähköjohtojen läpiviennissä.

N. / Alip. Ilmavuotoa lattian liikutasaumassa.

Alip. Patterikannakkeessa vuoto.

L28
hk.om.säili
52 m²

Alip. Alapohjan ja ulkoseinän liittymä, ilmavuotoa.

Alip. Ikkunan alapuolella seinärakenteessa ilmavuotoa.

L25
ot 3
65 m²

N. / Alip. Pilarin liittymät ilmavuotoa.

N. / Alip. Alapohjan ja ulkoseinän liittymä, ilmavuotoa.

Alip. Patterikannakkeessa, ilmavuoto.

Alip. ikkunalaudan alla ilmavuoto.

L25
ot 3
65 m²

Alip. Lattiassa ilmavuotoa ulkoseinän ja lattian liittymässä.

Alip. Patterikannakkeessa ilmavuoto

L22
ot 3
65 m²

Alip. Alapohjan ja ulkoseinän liittymä vähäistä vuotoa.

L19
65 m²

L18
atk
4 m²

L19
opo
16 m²

1.58
OPP.KUNTA
22 m²

1.67
TERVEYDENHOITAJA
27 m²

1.53.1
pukuh.
25 m²

52
pukuh.
1 m²

54
pukuh.
1 m²

55
pukuh.
1 m²

56
pukuh.
1 m²

57
pukuh.
1 m²

58
pukuh.
1 m²

59
pukuh.
1 m²

60
pukuh.
1 m²

61
pukuh.
1 m²

62
pukuh.
1 m²

63
pukuh.
1 m²

64
pukuh.
1 m²

65
pukuh.
1 m²

66
pukuh.
1 m²

67
pukuh.
1 m²

68
pukuh.
1 m²

69
pukuh.
1 m²

70
pukuh.
1 m²

71
pukuh.
1 m²

72
pukuh.
1 m²

73
pukuh.
1 m²

74
pukuh.
1 m²

75
pukuh.
1 m²

76
pukuh.
1 m²

77
pukuh.
1 m²

78
pukuh.
1 m²

79
pukuh.
1 m²

80
pukuh.
1 m²

81
pukuh.
1 m²

82
pukuh.
1 m²

83
pukuh.
1 m²

84
pukuh.
1 m²

85
pukuh.
1 m²

86
pukuh.
1 m²

87
pukuh.
1 m²

88
pukuh.
1 m²

89
pukuh.
1 m²

90
pukuh.
1 m²

91
pukuh.
1 m²

92
pukuh.
1 m²

93
pukuh.
1 m²

VÄESTÖNSUOJA NO.2
laitteet
110 m²

WC/M
17.0 m²

WC/n
24.5 m²

opetus-mater.
m²

L13
m²

L18
m²

L19
m²

L22
m²

L25
m²

L27
m²

1.56
et
m²

1.57
et
m²

1.58
OPP.KUNTA
22 m²

1.59
OPP.KUNTA
22 m²

1.60
OPP.KUNTA
22 m²

1.61
OPP.KUNTA
22 m²

1.62
OPP.KUNTA
22 m²

1.63
OPP.KUNTA
22 m²

1.64
OPP.KUNTA
22 m²

1.65
OPP.KUNTA
22 m²

1.66
OPP.KUNTA
22 m²

1.67
OPP.KUNTA
22 m²

1.68
OPP.KUNTA
22 m²

1.69
OPP.KUNTA
22 m²

1.70
OPP.KUNTA
22 m²

1.71
OPP.KUNTA
22 m²

1.72
OPP.KUNTA
22 m²

1.73
OPP.KUNTA
22 m²

1.74
OPP.KUNTA
22 m²

1.75
OPP.KUNTA
22 m²

1.76
OPP.KUNTA
22 m²

1.77
OPP.KUNTA
22 m²

1.78
OPP.KUNTA
22 m²

1.79
OPP.KUNTA
22 m²

1.80
OPP.KUNTA
22 m²

1.81
OPP.KUNTA
22 m²

1.82
OPP.KUNTA
22 m²

1.83
OPP.KUNTA
22 m²

1.84
OPP.KUNTA
22 m²

1.85
OPP.KUNTA
22 m²