

Tutkimusraportti WO-00843871
26.11.2020

Sisäilman VOC-näytteenotto

Oripään Virastotalo, Nuorisotila
Koulutie 2,
32500 Oripää





Tutkimuksen tilaaja

Oripään kunta
Aki Vuorinen
aki.vuorinen@oripaa.fi

Tutkimuskohde

Kiinteistön nimi: Virastotalo, Nuorisotila
Kiinteistön osoite: Koulutie 2, Oripää
Rakennuksen tyyppi: Hallinto- ja toimistorakennus

Tutkimusajankohta

5.11. ja 19.11.2020

Tutkimuksen tekijät

Kiwa Inspecta
Telekatu 12,
20360 Turku

Jaana Vainio, insinööri (AMK)
Puh. 050 514 8895
jaana.vainio@kiwa.com

Liitteet

Liite 1. Sisäilman VOC-analyysi VOC1564 (4 sivua)

© Inspecta Oy

Inspecta Oy (Kiwa Inspecta) vastaa antamastaan lausunnosta konsulttitoiminnan yleisten sopimusehtojen mukaisesti (KSE 2013).

Mitään tämän raportin osaa ei saa muokata, jäljentää taikka julkaista missään muodossa tai millään tavoin ilman julkaisijan antamaa kirjallista lupaa.

Tämä raportti ei ole julkisesti saatavilla, vaan se on jaettu vain hankkeen tilaajalle. Raportin jakelu hankeryhmän ulkopuolella tapahtuu vain tilaajan toimesta ja vastuulla.

Inspecta Oy

PL 1000
00581 Helsinki
Puh. 010 521 600, fi.asiakaspalvelu@kiwa.com

Pääkonttori

Sörnäistenkatu 2
00580 Helsinki
www.kiwa.com/fi

Y-tunnus

1787853-0





Sisällysluettelo

1	Tutkimuksen tarkoitus	4
2	Tutkimusmenetelmät.....	4
2.1	Suoritettut tutkimukset	4
2.2	Laboratorioanalyysien mittausepävarmuus ja virhetarkastelu	4
2.3	Menetelmäkuvaukset ja viitearvot	5
2.3.1	VOC-näytteet sisäilmasta	5
3	Sisäilman epäpuhtausmittausten tulokset	5
3.1	Yleiset havainnot	5
3.2	VOC-näyte sisäilmasta	7
3.3	Johtopäätökset	8
3.4	Toimenpide-ehdotukset	8
4	Päiväys ja allekirjoitukset	8



1 Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää rakennuksen Etelän puoleisella seinustalla 1. kerroksessa sijaitsevien tilojen (Nuorisotila) sisäilman VOC-yhdisteiden pitoisuutta tilaajan osoittamista tiloista.

2 Tutkimusmenetelmät

2.1 Suoritetut tutkimukset

Kohdekäynti 5.11.2020

Tutkittavat tilat ja niitä ympäröivät tilat kierrettiin yhdessä tilaajan edustajan kanssa. Tilat oli vahattu 4.11.2020, joten VOC-ilmanäytteitä ei otettu.

Näytteenotto 19.11.2020

Tutkittujen tilojen alueelta otettiin kahdesta eri tilasta VOC-ilmanäyte.

Tutkimuksissa käytettiin seuraavaa mittauskalustoa:

- VOC-ilmanäyte: Gilian LFS-113DC ilmanäytteen keräin sekä kvartsilvilla-Tenax TA-Carbograph 5TD näyteputket

Laboratorioanalyysit tehtiin Kiwalab laboratoriossa Kempeleellä. Tarkemmat menetelmäkuvaukset laboratoriotutkimuksista on esitetty raportin liitteissä 1.

2.2 Laboratorioanalyysien mittausepävarmuus ja virhetarkastelu

Kiwalab on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T270 (akkreditointivaatimus SFS-EN ISO/IEC 17025). Pätevyysalueena on asumisterveysmikrobiologia ja asumisterveyskemian ja seuraavat menetelmät kuuluvat akkreditoinnin piiriin: ilmanäytteen mikrobianalyysi, materiaalinäytteen mikrobianalyysi laimennos- ja suoraviljelymenetelmällä, sisäilman VOC-analyysi sekä asbestianalyysi materiaalinäytteestä.

Laboratoriolla on jokaiselle menetelmälle omat säännöllisesti tehtävät laadunvarmistusmenettelyt, jotka on kuvattu laboratorion laadunhallintaohjeessa. Laboratorio myös osallistuu vuosittain kansallisille tai kansainvälisille vertailukierroksille. Mikrobiologian osalta vuosittaisen Asumisterveystutkimuksia tekevien laboratorioden pätevyyskokeen järjestäjinä ovat toimineet THL:n Ympäristömikrobiologian yksikkö sekä Proftest SYKE. VOC- ja asbestinäytteiden osalta laboratorio on osallistunut Health and Safety Laboratory:n järjestämille Air PT – ja Asbestos in Materials Scheme (AIMS) -kierroksille. Syksyllä 2017 järjestettiin ensimmäisen kerran kansallinen vertailumittaus sisäilman VOC-määrittämisä tekeville laboratorioille. Järjestäjänä toimi Proftest SYKE ja asiantuntijalaboratoriona Työterveyslaitos.

Laboratorio arvioi menetelmiin liittyvää mittausepävarmuutta osana laadunvarmistusmenettelyjään. Näytetuloksia koskevat mittausepävarmuuslaskelmat saa laboratorion erikseen pyydettyä.

VOC-ilmanäytteiden osalta mittausepävarmuuslaskelmissa huomioidaan näytteenottokeräimen toiminnan epävarmuus, laboratorion ja menetelmän harha sekä laboratorion sisäinen uusittavuus. Laboratorion ja menetelmän harhaa sekä laboratorion uusittavuutta on arvioitu sertifioitujen referenssimateriaalin avulla tai laboratorion itse valmistaman kontrollinäytteen



avulla. Mittausepävarmuutta arvioidaan tarvittaessa kyseisen yhdisteen oman mittausepävarmuuden avulla. Jos kyseiselle yhdisteelle ei ole määritetty mittausepävarmuutta, tulkitaan kyseisen yhdisteen mittausepävarmuutta, joko sen funktionaalisen ryhmän avulla tai samankaltaisten yhdisteiden perusteella. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden huoneilman summapitoisuudelle laboratorion ja menetelmän harhaa on arvioitu vertaamalla tuloksia toisen akkreditoitun laboratorion ilmoittamiin tuloksiin samasta tilasta otetuista näytteistä. Keskimääräinen mittausepävarmuus ilmoitetaan kemiallisten analyysien testausselesteissa.

2.3 Menetelmäkuvaukset ja viitearvot

2.3.1 VOC-näytteet sisäilmasta

Sisäilman VOC-näytteiden avulla tarkistettiin kemiallisten yhdisteiden pitoisuus sisäilmassa ja onko sisäilmassa haitalliseksi luokiteltuja tai materiaalien hajoamiseen viittaavia yhdisteitä. Ilmanäytteet otettiin yhdistelmäkeräinputkiin normaaliolosuhteissa. Ilmanäytteet on otettu oleskeluvyöhykkeeltä tilan tai huoneen keskialueelta, noin metrin korkeudesta. Tarkemmat menetelmäkuvaukset on esitetty liitteenä 1 olevassa analyysivastauksessa.

Taulukko 1. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden toimenpiderajat huoneilmassa (STM:n asetus 545/2015).

Yhdiste	Toimenpideraja tolueenivasteella määritettynä
TVOC	400 µg/m ³
Yksittäinen yhdiste	50 µg/m ³
TXIB	10 µg/m ³
2-etyyli-1-heksanoli	10 µg/m ³
Naftaleeni	10 µg/m ³ (hajua ei saa esiintyä)
Styreeni	40 µg/m ³

3 Sisäilman epäpuhtausmittausten tulokset

3.1 Yleiset havainnot

- Tutkittujen tilojen näytteenottoalueella lattiapäällysteenä on muovimatto ja lattian alla ryömintätilainen alapohja. Tilojen toisessa päässä muovimattopäällyste on poistettu sen tilalla on pinnoitettu betonilattia. Tilan alla sijaitsee kellaritilat. Tutkittujen tilojen vieressä sijaitsee luokkatila, jossa on ollut ennen liikuntasali. Huoneen lattia on korotettu ja sen pinnoitteena on laminaatti.
- Tiloihin on tehty tiivistyskorjauksia. Tiivistyskorjauksessa havaittiin aistinvaraisesti puutteita. Osa puutteista oli korjattu näytteenottopäivään mennessä.
- Tutkittujen tilojen ikkunat olivat paikoin huonokuntoisia ja niiden välissä havaittiin lievää viistosateesta aiheutunutta vesivuotoa.
- Tilojen toisen pään ulkoseinärakenne oli uusittu.
- Tarkastuskäynnillä mitattiin hetkellinen paine-ero. Sisäilma oli -12 Pa alipaineinen ulkoilmaan nähden. Tarkastuskäynnin jälkeen ilmanvaihto oli säädetty ja mitattu. Näytteenottopäivänä hetkellisiä paine-eroja ei voinut mitata voimakkaan tuulen takia.
- Porraskäytävässä havaittiin mikrobiperäistä hajua.
- Muovimaton alla havaittiin osittain poistettu mahdollisesti asbestia sisältävä musta liima.



Kuva 1. Yleiskuva tiloista. Huoneesta otettiin VOC1-näyte. Huoneen alla on ryömintätilainen alapohja.



Kuva 2. Yleiskuva tiloista. Huoneesta otettiin VOC2-näyte. Huoneen alla on ryömintätilainen alapohja.



Kuva 3. Tutkittujen tilojen toisessa päässä lattiana on pinnoitettu betonilattia. Huoneen alla sijaitsee kellaritilat.



Kuva 4. Tilojen vieressä sijaitsee luokkatila, jonka lattiapinnoitteena on laminaatti. Huone on toiminut aiemmin liikuntasalina, joten huoneen lattia on korotettu.



Kuva 5. Yleiskuva ulkoa. Huoneet, joista otettiin VOC-näytteet.



Kuva 6. Yleiskuva tilojen toisesta päästä. Tilojen ulkoseinärakenne on uusittu..



Kuva 7. Tutkittuihin tiloihin oli tehty tiivistyskorjaukset. Tiivistyksissä havaittiin aistinvaraisesti ilmavuotoa puutteita, joista osa oli korjattu näytteenottopäivään mennessä.



Kuva 8. Ikkunat olivat osin huonokuntoisia. Näytteenottopäivänä ikkunan välissä havaittiin pientä viistosateesta aiheutunutta vesivuotoa.



Kuva 9. Putkinousun tarkastusluukusta havaittiin käytöstä poistettu tulpattu viemäri. Liitoksen tiiveys tulee varmistaa.



Kuva 10. Muovimaton alla havaittiin osittain poistettu mahdollisesti asbestia sisältävä musta liima.

3.2 VOC-näyte sisäilmasta

Koska tilojen lattiapinnat oli vahattu 4.11.2020, niin sisäilman VOC-näytteet otettiin vasta 19.11.2020. VOC-ilmanäytteet otettiin kahdesta kohtaa tilojen muovimattopäällysteisiltä alueilta. Näytteet analysoitiin Kiwalab laboratoriossa Kempeleellä. Analyysin tulos näkyy alla olevassa taulukossa.

Taulukko 2. Sisäilman VOC-analyysin tulokset. Tarkemmat yhdistekohtaiset pitoisuudet on esitetty analyysivastauksessa, joka on tämän raportin liitteessä 1.

Näyte	Tila	Bentsyylialkoholi	2-(2-Etoksietoksi)etanoli	TVOC (µg/m³)	Tulosten tarkastelu
1.	Nuorisotila, iso tila	26	53	90	Tulokset tavanomaisia toimenpiderajoihin nähden.
2.	Nuorisotila, perähuone	26	55	100	Tulokset tavanomaisia toimenpiderajoihin nähden.

Näytteiden haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet (TVOC) huoneilmassa olivat alhaisia (10 µg/m³ tolueenivasteena määritettynä), ja ne alittivat Asumisterveysasetuksessa (545/2015) asetetun toimenpiderajan 400 µg/m³. Myöskään yksittäisten yhdisteiden pitoisuus ei ylittänyt Asumisterveysasetuksen toimenpiderajoja 50 µg/m³. Etikkahapon ja 2-



(2-Etoksietoksi) etanolin pitoisuudet olivat hieman koholla. Yhdisteiden lähteitä ovat todennäköisesti tiloissa käytetyt vahausaineet.

3.3 Johtopäätökset

Sisäilman VOC-näytteiden tulos oli tavanomainen. Näytteiden haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet (TVOC) sekä yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet alittivat Asumisterveysasetuksen (545/2015) toimenpiderajat. Näytteessä havaittiin hieman kohonnut etikkahapon ja 2-(2-Etoksietoksi) etanolin pitoisuus. Yhdisteiden lähteitä ovat todennäköisesti tiloissa käytetyt vahausaineet. Muovimaton alta havaittiin osittain poistettu mahdollisesti asbestia sisältävä musta liima. Tämä tulee huomioida, mikäli lattiapäällysteitä vaihdetaan.

Tiloihin tehdyssä tiivistyskorjauksessa havaittiin aistinvaraisesti puutteita tarkastuskäynnin yhteydessä. Tiivistyskorjauksen onnistuminen tulisi varmistaa merkkiainekokeilla, jotta rakenteiden epäpuhtaudet eivät pääse kulkeutumaan sisäilmaan. Samasta syystä myös ilmanvaihdon toimivuus olisi tärkeää tarkistaa 14 vrk sisä- ja ulkoilman sekä ympäröivien tilojen välillä paine-eromittauksilla.

Porraskäytävässä havaittiin mikrobiperäistä hajua, mikä voi heikentää sisäilman laatua.

3.4 Toimenpide-ehdotukset

- Tiivistyskorjauksen laadunvarmistus merkkiainekokeilla.
- Tutkittujen tilojen ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden varmistaminen 14 vrk paine-eromittauksella. Huomioitava myös liitännät ympäröiviin tiloihin, sekä alapohja- sekä kellarituloihin.
- Koko rakennuksen ilmanvaihdon tarkastelu ja säätö kokonaisvaltaisesti. Huomioitava myös tilojen liitännät viereiseen rakennukseen.
- Porraskäytävän mikrobiperäisen hajun lähteen selvitys ja mahdollisesti mikrobivaurioituneiden materiaalien poisto.
- Orgaanisen materiaalin poisto ryömintätilaisesta alapohjatilasta.

4 Päiväys ja allekirjoitukset

Turussa 26.11.2020

Jaana Vainio
Insinööri (AMK)
asiantuntija
Kiwa Inspecta

Raportin tarkastanut:

Tampereella 26.11.2020

Tuomo Laitinen
FM, rkm, RTA
asiantuntija
Kiwa Inspecta

Sisäilman VOC-analyysi

VOC1564

Kiwalab, 23.11.2020



Tilaja:	Oripään kunta
Yhteyshenkilö:	Jaana Vainio, Kiwa Inspecta
Kohde:	Nuorisotila, Koulukuja 2, Oripää
Työmääräin:	WO-00843871
Näytteenottaja:	Jaana Vainio, Kiwa Inspecta
Näytteenottopäivä:	19.11.2020
Näytteet vastaanotettu:	20.11.2020

Tutkimusmenetelmä:

Aktiivisesti yhdistelmäkeräinputkiin (kvartsililla-Tenax TA-Carbograph 5TD) kerätyt huoneilman näytteet tutkitaan käyttämällä termodesorptioon perustuvaa näytteensyöttöä, kromatografista erottelua ja massaselektiivistä ilmaisinta. Menetelmä pohjautuu standardiin ISO 16000-6:2011. Yhdisteiden pitoisuudet määritetään kvantitatiivisesti niiden omilla standardivasteilla tai semikvantitatiivisesti tolueeniekvivalenteina. Yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet määritetään kattaen 1-40 kpl yhdisteitä TVOC-alueen yhdisteiden ohella ilmoitetaan myös VVOC- tai SVOC-alueilla esiintyviä yhdisteitä, kuten etikkahappo ja TXIB. Tulokset ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) perustuvat laboratoriolle ilmoitettuun ilmamäärään. Tulosten tarkastelu pohjautuu Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaiseen tarkasteluun toimenpiderajan ylittymisestä. Näytteenotto ei kuulu akkreditoinnin piiriin. Tulokset pätevät vain testatuille näytteille.

Näyte	Tila	Aika	Tulosten tarkastelu
1.	Nuorisotila, iso tila	09:18-10:03	Tulokset tavanomaisia toimenpiderajoihin nähden
2.	Nuorisotila, perähuone	09:22-10:07	

Tulos kertoo hetkellisestä sisäilman laadusta. Tavanomainen tulos ei poissulje mahdollista sisäilmaongelman aiheuttajaa eikä tilassa havaittava VOC-yhdisteen lähde välttämättä tarkoita sisäilmaongelmaa.

Raportin osittainen kopioiminen ilman lupaa on kielletty

Kiwalab

Professorintie 9, 90440 Kempele
Robert Huberin tie 2, 01510 Vantaa
Puh. 010 521 600
kiwalab@kiwa.com

Inspecta Oy

PL1000
00581 Helsinki
www.inspecta.fi

Y-tunnus

1787853-0



Kiwalab



Tulokset

Pitoisuus / näyte	1.	2.
Kerätty ilmamäärä (dm ³)	9,00	9,02
Yhdiste ja -ryhmä	µg/m ³	µg/m ³
ALKOHOLIT		
2-Metyyli-1-propanoli		0,5
1-Butanoli	3	3
Pentanoli	1	1
2-Etyyli-1-heksanoli	6	4
Bentsyylialkoholi	26	26
ALDEHYDIT		
Pentanaali	1	1
Heksanaali	3	3
Furfuraali		0,7
Heptanaali		0,9
Bentsaldehydi	2	2
Nonanaali	4	4
KETONIT		
Asetoni*	6	7
3-Heptanoni	1	1
HAPOT		
Etikkahappo (1.*	4	5
Etikkahappo*	47	54
TERPEENIT JA NIIDEN JOHDANNAISET		
a-Pineeni	1	2
Delta-3-Kareeni	0,8	1
GLYKOLIT JA GLYKOLIEETTERIT		
1-Metoksi-2-propanoli	0,7	1
1,2-Propaanidioli	5	5
2-Butoksietanoli		2
2-(2-Etoksietoksi)etanoli (1)	53±12	55±13
2-(2-Etoksietoksi)etanoli	140±32***	140±32***
2-(2-Butoksietoksi)etanoli	5	5
2-Fenoksietanoli	16	14
FENOLIT		
Fenoli	0,9	0,8
PIIYHDISTEET		
Oktametyylisyklotetrasiloksaani		0,7
Dekametyylisyklopentasiloksaani	0,6	2
TVOC	90	100

¹⁾ Erittäin haihtuvat VVOC-yhdisteet, pitoisuus suuntaa antava yhdisteen osittain läpäistessä keräimen.

^{***)} Pitoisuus suuntaa antava pitoisuuden ylittäessä kalibrointialueen suurimman standardin.

¹⁾ Yhdisteen pitoisuus laskettu tolueniekvivalenttina

Raportin osittainen kopioiminen ilman lupaa on kielletty

Kiwalab

Professorintie 9, 90440 Kempele
 Robert Huberin tie 2, 01510 Vantaa
 Puh. 010 521 600
 kiwalab@kiwa.com

Inspecta Oy

PL1000
 00581 Helsinki
 www.inspecta.fi

Y-tunnus

1787853-0



Kiwalab

Sisäilman VOC-analyysi

VOC1564

Kiwalab, 23.11.2020



Sivu 3/4



Kiwalab

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Henri Hakala'.

Henri Hakala
Asiantuntija, FM

Raportin osittainen kopioiminen ilman lupaa on kielletty

Kiwalab

Professorintie 9, 90440 Kempele
Robert Huberin tie 2, 01510 Vantaa
Puh. 010 521 600
kiwalab@kiwa.com

Inspecta Oy

PL1000
00581 Helsinki
www.inspecta.fi

Y-tunnus

1787853-0



Kiwalab

LIITE: Sisäilman VOC-analyysit ja tulosten tarkastelu

1. YLEISTÄ

Huoneilman näytteillä tutkitaan sisäilmassa näytteenottohetkellä esiintyvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) määrää ja laatua. Sisäilman VOC-pitoisuuteen vaikuttavat tilan käyttö ja sijainti, materiaaliratkaisut, huolto- ja ylläpitohistoria sekä ilmanvaihdolliset, huoneilman lämpötilaan ja suhteelliseen kosteuteen liittyvät olosuhteet. VOC-analyysi on yksittäinen osa kiinteistön kokonaistutkimusta ja johtopäätöksiin tarvittavaa aineistoa. Tavanomainen tulos ei poissulje jatkotutkimusten tarvetta, mikäli tilassa havaitaan poikkeavaa hajua tai käyttäjillä esiintyy sisäilmaongelmaan viittaavia oireita. Sisäilman laatua voivat heikentää monet tekijät, kuten ilmanvaihdon toiminnan puutteet, materiaaleista erittyvät muut yhdisteet, mikrobit ja niiden erittämät aineenvaihduntatuotteet.

2. TULOSTEN TARKASTELU

Sosiaali- ja terveysministeriön asetukseen 545/2015 perustuvat VOC-yhdisteiden toimenpiderajat asunnoille ja muille oleskelutiloille, eivät ole terveysperusteisia. Epätavanomaisen korkeat VOC-pitoisuudet voivat kuitenkin toisinaan heikentää sisäilman laatua. Toimenpiderajaa vastaavat tulokset viittaavat tilassa esiintyvään altistukseen, minkä perusteella vastuullisen tahon tulee ryhtyä terveydensuojelulain 27 §:n tai 51 §:n mukaisiin toimenpiteisiin terveyshaitan selvittämiseksi ja tarvittaessa sen poistamiseksi tai rajoittamiseksi. Toimenpideraja katsotaan ylittyneeksi, kun tulos yhdistettynä mittausepävarmuuteen ylittää kyseiselle yhdisteelle asetetun viitteellisen pitoisuuden.^[2] Toimistotyöpaikoilla sisäilman kemiallinen laatu on tehokkaan ilmanvaihdon vuoksi suhteellisen puhdasta ja ongelmakohteidenkin emissiotasot asetettuihin toimenpidearvoihin nähden huomattavasti alhaisempia.^[3]

Menetelmän laajennettu mittausepävarmuus näytteenoton epävarmuus huomioituna yksittäiselle yhdisteelle on 14-35 % ja TVOC-pitoisuudelle 31 %. Mittausepävarmuus raportoidaan yhdistekohtaisesti testausselosteen tulostaulukossa toimenpiderajan ylittävien tai sen läheisyydessä olevien tulosten osalta, ilmoittamalla yhdisteen keskimääräinen pitoisuus \pm virherajat 95 % luottamustasolla.

Taulukko 1. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden toimenpiderajat huoneilmassa.^[2]

Tarkasteltava osatulos	Toimenpideraja ¹⁾
TVOC	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Yksittäinen yhdiste	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
TXIB ²⁾	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2-etyyli-1-heksanoli	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Naftaleeni	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (hajua ei saa esiintyä)
Styreeni	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

¹⁾ Tolueenivasteena määritettynä. ²⁾ 2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaalidioli di-isobutyraatti

3. VIITTEET

[1] ISO 16000-6:2011 Determination of volatile organic compounds in indoor air and test chamber air by active sampling on Tenax TA® sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID.

[2] Valvira Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osat I ja III, ohje 8/2016

[3] Valtanen A *et al.* (2016) Työpaikkojen sisäilman VOC-viitearvojen päivitys. Sisäilmastoseminaari 2016. Sisäilmayhdistys ry, Aalto-yliopisto, Energiatekniikan laitos. SIY Raportti 34. s. 359-363.

Raportin osittainen kopioiminen ilman lupaa on kielletty

Kiwalab

Professorintie 9, 00440 Kempele
Robert Huberin tie 2, 01510 Vantaa
Puh. 010 521 600
kiwalab@kiwa.com

Inspecta Oy

PL1000
00581 Helsinki
www.inspecta.fi

Y-tunnus

1787853-0



Kiwalab