

Tuula Hakkarainen

Talo- ja turvatekniikka tulipalotilanteessa

| Nykytilanne ja tarvekartoitus



SISÄASIAINMINISTERIÖ
INRIKESMINISTERIET



Talo- ja turvatekniikka tulipalotilanteessa

Nykytilanne ja tarvekartoitus

Tuula Hakkarainen

ISBN 978-951-38-6916-8 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2007

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

VTT, Betonimiehenkuja 5, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4815

VTT, Betongblandargränden 5, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4815

VTT Technical Research Centre of Finland, Betonimiehenkuja 5, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 4815

Hakkarainen, Tuula. Talo- ja turvatekniikka tulipalotilanteessa. Nykytilanne ja tarvekartoitus [Building service and safety systems in fire. The present and the future]. Espoo 2007. VTT Tiedotteita – Research Notes 2383. 55 s.

Avainsanat fire safety, safety engineering, building service systems, building information

Tiivistelmä

Tässä tutkimushankkeessa kartoitettiin paloturvallisuuden huomiointia älykkäissä talotekniikka- ja kiinteistöinformaatiojärjestelmissä. Työssä selvitettiin, miten nämä järjestelmät toimivat ennalta ehkäisevästi ja tulipalotilanteessa ja miten niitä hyödynnetään tai voitaisiin hyödyntää paloturvallisuuden edistämiseksi. Nykytilanteen lisäksi tarkasteltiin tulevaisuuden kehitystarpeita ja -mahdollisuuksia.

Henkilöturvallisuuden varmistamisen ja omaisuusvahinkojen minimoimisen kannalta on kriittistä, että palo havaitaan ja sammutetaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa tai ainakin estetään sen leviäminen. Tähän pyritään kiinteistöjen paloilmoittimilla ja sammutuslaitteistoilla. Talotekniikan ja kiinteistöinformaation hyödyntäminen tarjoaa lisämahdollisuuksia paloturvallisuuden kehittämiseksi edelleen. Rakennusautomaatio- ja paloturvallisuusjärjestelmien tarkoituksenmukaisella yhteensovittamisella sekä kiinteistötiedon käytöllä pelastus- ja sammutustyössä voidaan edistää paloturvallisuutta ja pienentää palovahinkoja.

Uusi anturi- ja ilmaisinteknologia on keskeisessä asemassa älykkäissä rakennuksissa niin talotekniikan kuin paloturvallisuudenkin kannalta. Useita ilmaisimia käsittävien kokonaisuuksien avulla rakennus voi toimia reagoiden olosuhteisiin ja jopa käyttäjiin. Tarvittava suuri ilmaisinmäärä lisää kuitenkin kustannuksia ja asettaa haasteita ilmaisimista saatavan tiedon hallinnalle ja hyödyntämiselle. Kustannustehokkaat ilmaisimet ovatkin keskeinen teknologian kehittämiskohde älykkäiden rakennusten kannalta.

Tekniikan kehitys palonilmaisussa, talotekniikassa ja rakennusautomaatiossa antaa hyvän pohjan järjestelmien integraatiolle, joka luo edellytyksiä uudelle toimivuudelle ja turvallisuudelle parantavalle teknologialle. Hyvin toimivien integroitujen järjestelmien toteuttaminen edellyttää kuitenkin laajaa asiantuntemusta, monipuolista osaamista ja vastuullista toimintaa. Ajantasainen lainsäädäntö ja standardointityö voivat tukea talo- ja turvatekniikkajärjestelmien kehitystä.

Kiinteistötiedon laaja käyttö pelastus- ja sammutustyön suunnittelussa ja toteutuksessa tarjoaa mahdollisuuden paloturvallisuuden parantamiseen ja palovahinkojen pienentämiseen. Etäyhteyksiä ja langattomia verkkoja hyödyntämällä erilaisten järjestelmien

tuottama tieto saadaan halutussa muodossa haluttuun paikkaan. Nopea ja luotettava tiedonkulku helpottaa vahinkotilanteisiin varautumista ja niissä toimimista.

Viime vuosina tapahtuneet muutokset kiinteistöjen omistuksessa ja käytössä voivat olla uhka rakennusten yleiselle turvallisuudelle. Ammattimainen kiinteistöjen omistus, vuokrasuhteeseen perustuva tilojen käyttö ja toimintojen ulkoistaminen saattavat johtaa vastuun hämärtymiseen ja pahimmillaan välinpitämättömyyden lisääntymiseen. Keskeisiä asioita turvallisuuden varmistamiseksi sekä normaalikäytössä että poikkeustilanteissa ovat vastuiden selkeä määrittely, riittävä tiedottaminen ja vastuuhenkilöiden koulutus.

Hakkarainen, Tuula. Talo- ja turvatekniikka tulipalotilanteessa. Nykytilanne ja tarvekartoitus [Building service and safety systems in fire. The present and the future]. Espoo 2007. VTT Tiedotteita – Research Notes 2383. 58 p.

Keywords fire safety, safety engineering, building service systems, building information

Abstract

Fire safety aspects in intelligent building service and information systems have been studied in this project. The operation of these systems in fire prevention, in case of fire and in improving fire safety has been examined. In addition to the present, the needs and possibilities for future development have been considered.

The early detection and extinction of fire and the prevention of fire spread are crucial in ensuring the safety of people and minimizing property loss. These goals are pursued by fire alarm and extinguishing systems. The use of building service and information systems opens up possibilities for further improvement of fire safety. The appropriate combining of building service and fire safety systems, and the use of building information in rescue work and fire fighting can improve fire safety and reduce fire losses.

Modern sensor and detector technology is in crucial role in intelligent buildings, both for building services and fire safety. By means of systems consisting of several detectors the building can react on changing conditions and even on its users. The large number of detectors needed, however, increases the costs and sets challenges on the control and utilization of the information obtained. Thus, the development of cost-effective and usable detector systems is essential for intelligent buildings.

The technological development in fire detection, building services and building automation lays a firm basis to the system integration which aims at new technologies improving functionality and safety. The implementation of workable integrated systems requires wide expertise, versatile know-how and responsibility. Up-to-date legislation and standardization can support the development of building service and safety systems.

The wide use of building information in rescue work and fire fighting offers possibilities to improve fire safety and reduce fire losses. By means of remote communication and wireless networks the information from different systems can be transferred to a practical place in a practical format. Fast and reliable information transfer facilitates emergency planning and operation.

Recent changes in the ownership and use of buildings can be a risk to the general safety of buildings. Professional ownership, rental of premises and outsourcing of activities can lead to unclarity in responsibilities and, in the worst case, increase of negligence. Well-defined responsibilities, communication and training of persons in charge are essential for ensuring the safety both in normal situation and in emergency.

Alkusanat

Paloturvallisuuteen liittyvät järjestelmät (esimerkiksi paloilmottimet, savunpoistolaitteistot ja automaattiset sammutusjärjestelmät) ovat usein olennainen osa toimitilojen turvallisuusjärjestelmiä. Kiinteistöinformaatiota voitaisiin kuitenkin käyttää nykyistä laajemminkin paloturvallisuuden edistämiseen ja palovahinkojen pienentämiseen, koska talotekniikka- ja kiinteistöinformaatiojärjestelmistä on saatavilla tietoa, jota olisi mahdollista käyttää tulipalon ehkäisyssä ja havaitsemisessa ja nopeuttamaan ja tehostamaan pelastus- ja sammutustyötä tulipalotilanteessa.

Talo- ja turvatekniikka tulipalotilanteessa: nykytilanne ja tarvekartoitus -projektissa kartoitettiin paloturvallisuuden huomiointia älykkäissä talotekniikka- ja kiinteistöinformaatiojärjestelmissä. Hankkeessa selvitettiin, miten nämä järjestelmät toimivat ennalta ehkäisevästi ja tulipalotilanteessa ja miten niitä hyödynnetään tai voitaisiin hyödyntää paloturvallisuuden edistämiseksi. Työssä tarkasteltiin nykytilanteen lisäksi tulevaisuuden kehitystarpeita ja -mahdollisuuksia.

Hankkeen rahoittivat sisäasiainministeriö, Oy Esmi Ab, TAC Atmostech ja VTT. Ohjausryhmään kuuluivat Jari Kenttä (Oy Esmi Ab, 8.11.2006 asti), Riikka Koskelainen (TAC Atmostech), Harri Lassila (Ramboll Finland Oy), Seppo Pekurinen (Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto 31.12.2006 asti, Finanssialan Keskusliitto 1.1.2007 alkaen), Tapani Perttula (Oy Esmi Ab, 8.11.2006 alkaen), Nina Piela (sisäasiainministeriö, pelastusosasto) ja Kalevi Piira (VTT). Kiitän koko ohjausryhmää aktiivisesta osallistumisesta hankkeeseen ja Kalevi Piiraa PARK-järjestelmän kuvauksesta tähän julkaisuun (luku 4.1). Kiitän myös kaikkia haastattelemiani palo- ja talotekniikan asiantuntijoita sekä Talo- ja turvatekniikan hyödyntäminen paloturvallisuuden edistämässä -kyselyyn vastanneita.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	5
Alkusanat.....	7
1. Johdanto.....	10
1.1 Tulipalon kehittyminen.....	10
2. Palonilmaisu.....	12
2.1 Paloilmaintyytit.....	12
2.1.1 Lämpöilmaisimet.....	16
2.1.2 Savuilmaisimet.....	17
2.1.3 Liekki- ja kipinäilmaisimet.....	18
2.2 Osoitteelliset paloilmoitinjärjestelmät.....	18
2.3 Aktiiviset ohjelmoitavat ja analysoivat paloilmaintyytit.....	19
2.3.1 Monikriteeri-ilmaisimet.....	19
2.3.2 Yhdistelmäilmaisimet.....	20
2.3.3 Kaasuilmaintyytit.....	21
2.3.4 Ilmaisimien rakenneratkaisut.....	22
2.3.5 Signaalinkäsittelytekniikoista.....	23
2.3.6 Langattomat paloilmaintyytit.....	24
2.3.7 Tietokonenäkö palonilmaisuissa.....	26
2.4 Tulevaisuuden palonilmaisu.....	27
2.5 Paloilmoitinlaitteistojen luotettavuus.....	28
3. Integroidut järjestelmät.....	31
3.1 Integrointi muihin palo- ja poistumisturvallisuuteen liittyviin järjestelmiin.....	32
3.2 Integrointi LVI-järjestelmiin.....	33
3.3 Integrointi kulunvalvonta- ja rikosilmoitinjärjestelmiin.....	33
3.4 Kommunikaatiostandardeista.....	34
3.5 Turvallisuuden varmistaminen integroinnissa.....	35
3.6 Integrointi ja lainsäädäntö.....	36
4. Kiinteistöinformaation hyödyntämismahdollisuudet.....	38
4.1 Pelastusajoneuvon raportoiva kiinteistö.....	38
4.2 Palon kehittymisen ennustaminen.....	40
5. Talotekniikka ja paloturvallisuus: tulevaisuudennäkymät.....	42
5.1 Vahvuudet ja heikkoudet.....	43

5.2	Mahdollisuudet ja uhat	44
5.2.1	Anturi- ja ilmaisintekniikka	44
5.2.2	Kiinteistötiedon käyttö	44
5.2.3	Järjestelmäintegraatio	45
5.2.4	Yhteiskunnalliset tekijät	46
6.	Yhteenveto	48
	Lähdeluettelo	51

1. Johdanto

Paloturvallisuuteen liittyvät järjestelmät ovat usein olennainen osa toimitilojen turvallisuusjärjestelmiä. Kiinteistöinformaatiota voitaisiin kuitenkin käyttää nykyistä laajemmin paloturvallisuuden edistämiseen ja palovahinkojen pienentämiseen. Talotekniikka- ja kiinteistöinformaatiojärjestelmistä on saatavilla tietoa, jota olisi mahdollista käyttää tulipalojen ehkäisyssä ja havaitsemisessa sekä tulipalotilanteessa nopeuttamaan ja tehostamaan pelastus- ja sammutustyötä.

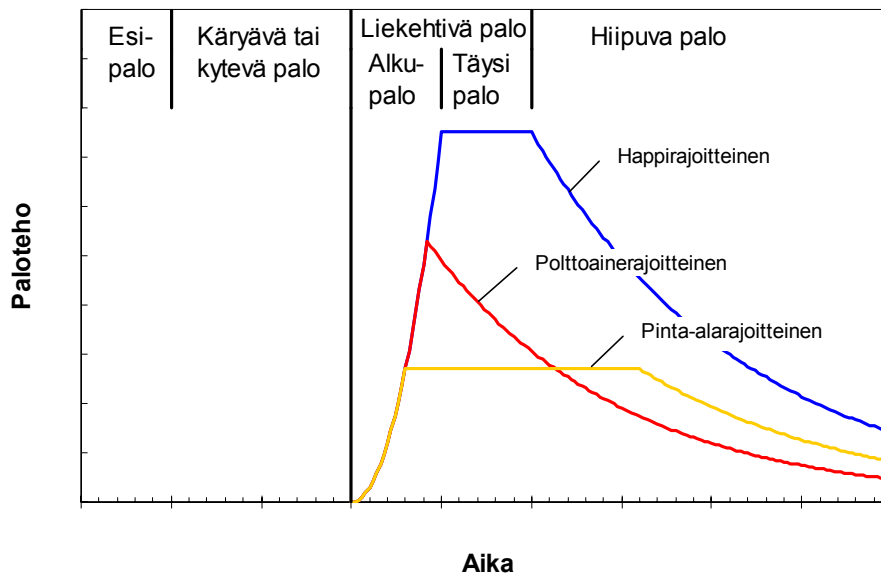
Älykkäällä rakennuksella tarkoitetaan rakennusta, joka tarjoaa omistajalleen, haltijalleen ja käyttäjälleen joustavan, tehokkaan, miellyttävän ja turvallisen ympäristön integroitujen teknologisten rakennusautomaatio-, tietoliikenne- ja ohjausjärjestelmien avulla [1]. Perinteisiin rakennuksiin verrattuna älykkäissä rakennuksissa voidaan talotekniikka- ja kiinteistöinformaatiojärjestelmien avulla pienentää energiankulutusta, vähentää ylläpito- ja korjauskustannuksia, tarjota parempia turvallisuuspalveluita, helpottaa tilojen suunnittelua ja parantaa rakennuksen käyttäjien tyytyväisyyttä. Älykkäät rakennukset ovat helpommin sopeutettavissa käyttötarkoituksen muutoksiin ja teknologian edistysaskeliin. Lisäksi ne voivat tarjota turvallisemman, terveellisemmän ja miellyttävämmän asuin- ja työympäristön [2].

Palonilmaisu ja siihen liittyvät turvallisuusjärjestelmät ovat olennainen osa älykkäitä rakennuksia. Älykkäät järjestelmät mahdollistavat rakennusten palontorjunnan tehokkaasti ja taloudellisesti. Uusien ilmaisimien avulla tulipalo voidaan havaita varhaisessa vaiheessa ja luotettavasti. Langattomat järjestelmät vähentävät kaapeloinnin tarvetta. Kehittyneiden järjestelmien avulla voidaan toteuttaa automaattinen sammutus, savunpoisto ja ilmanvaihto sekä kiinteistön oma onnettomuustilanteiden hallinta. Palokunnan sammutus- ja pelastussuunnitelma on tehtävissä jo matkalla kohteeseen kiinteistöstä paloautoon saatavan informaation pohjalta. Nämä mahdollisuudet luovat uusia tapoja paloturvallisuuden varmistamiseen ja uusia markkinoita palonilmaisu-, hälytys- ja sammutusjärjestelmille. Teknologian edistyessä myös rakentamiskäytännöt saattavat muuttua.

1.1 Tulipalon kehittyminen

Rajoitetussa tilassa, esimerkiksi huoneessa, tapahtuvan tulipalon vaiheet esitetään kaaviokuvana kuvassa 1. Esipalolla tarkoitetaan varsinaista paloa edeltävää vaihetta, jonka aikana jokin tapahtuma aiheuttaa palon syttymisen. Tämä johtaa käryävään tai kytevään paloon ja kehittyy lopulta liekehtiväksi paloksi. Liekehtivässä palossa on erotettavissa kolme päävaihetta: alkupalo, täyden palamisen vaihe ja hiipuminen. Liekehtivän alkupalon teho kasvaa, kunnes jokin huonepalon rajoittavista tekijöistä alkaa vaikuttaa.

Alkupalo saattaa vaihtua happirajoitteiseksi täydeksi paloksi lieskahduksessa, jossa kaikki palavaa materiaalia olevat pinnat syttyvät nopeasti. Aina alkupalo ei johda lieskahdukseen, vaan joko polttoaine- tai pinta-alarajoitteiseen paloon. Lieskahtanut happirajoitteinen palo ja lieskahtamaton pinta-alarajoitteinen palo jatkuvat likimain vakioteholla hiipuvaan paloon saakka. Polttoainerajoitteisessa palossa alkupalo vaihtuu suoraan hiipuvaksi paloksi polttoaineen vähenemisen vuoksi [3, 4].



Kuva 1. Huonepalon vaiheet kaaviokuvana (lähteen [4] mukaan).

Liekehtivä palo saattaa edetä alkupalosta lieskahdukseen hyvinkin nopeasti, jopa muutamissa minuuteissa. Yhden huoneen lieskahtaessa ovat myös rakennuksen muut osat ja ympäristö välittömästi uhattuina. Henkilöturvallisuuden varmistamisen ja omaisuusvahinkojen minimoimisen kannalta on siksi kriittistä, että palo havaitaan ja sammutetaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa tai ainakin estetään sen leviäminen.

Näiden tavoitteiden toteuttamiseen pyritään kiinteistöjen paloilmoittimilla ja sammutuslaitteistoilla. Talotekniikan ja kiinteistöinformaation hyödyntäminen tarjoaa kuitenkin lisämahdollisuuksia paloturvallisuuden kehittämiseksi edelleen. Esimerkiksi rakennusautomaatio- ja paloturvallisuusjärjestelmien tarkoituksenmukaisella yhteensovittamisella tai kiinteistötiedon käytöllä pelastus- ja sammutustyössä voidaan edistää paloturvallisuutta ja pienentää palovahinkoja.

2. Palonilmaisu

Tulipalon havaitseminen voi perustua lämpötilaan tai sen nousunopeuteen, säteilyyn (ultravioletti, näkyvä valo tai infrapuna), kaasuihin (hiilimonoksidi eli häkä, hiilidioksidi, hiilivedyt) tai savuhiukkasiin sekä edellä mainittujen ilmiöiden yhdistelmiin. Koska palon syttymiskohtaa ei voida ennalta tietää, on palon havaitsemisessa ja palo ilmoittimen suunnittelussa huomioitava edellä mainittujen ”fysikaalisten viestien” tuotto, niiden kulkeutuminen havainnointikohtaan ja havaitsijan eli ilmaisimen toimintaominaisuudet.

Tulipalon aiheuttamat vahingot ihmisille ja omaisuudelle jäävät sitä pienemmiksi mitä nopeammin palo havaitaan ja automaattinen sammutuslaitteisto toimii tai tieto palosta siirretään palokunnalle. Palo ilmoittimella tarkoitetaan laitteistoa, joka antaa automaattisesti ja välittömästi ilmoituksen alkavasta palosta tai laitteiston toimintavalmiutta vaarantavista vioista sekä paikallisesti että hätäkeskukseen [4]. Automaattiset palo ilmoituslaitteistot muodostuvat

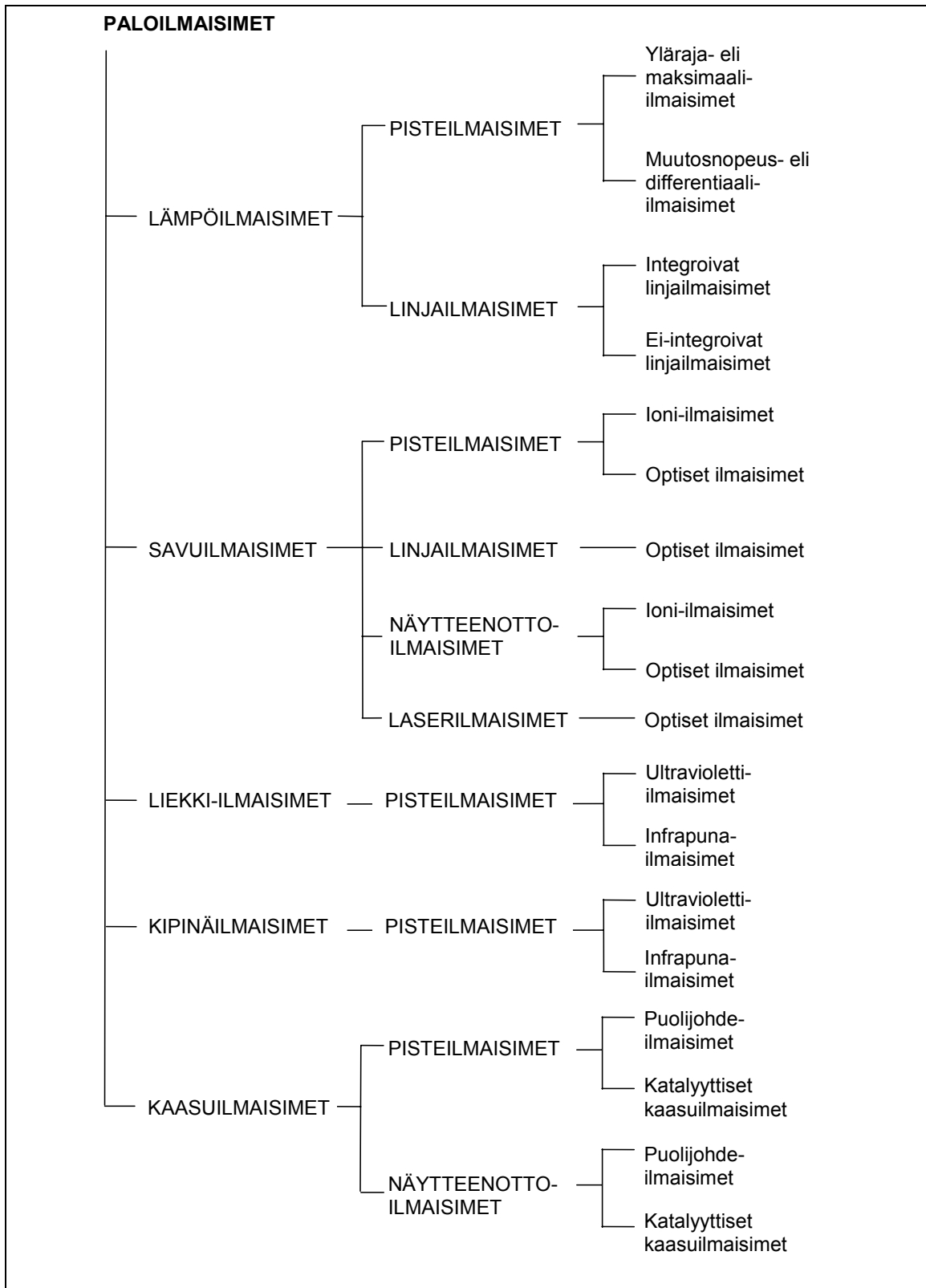
- palo ilmaisimista, jotka valvovat ympäristöään havaiten palon aiheuttamat muutokset
- käsin painettavista palo ilmoitus painikkeista
- palo ilmoitinkeskuksista, joka ilmaisee palopaikan tai toimintaa vaarantavan vian ja välittää saapuneen tiedon edelleen
- hälyttimistä kiinteistön alueella.

Ilmaisimet ja painikkeet kytketään ilmaisinyhdistelmiksi, jotka kytketään edelleen palo ilmoitinkeskukseseen.

Palonilmaisun voi antaa myös sprinklerilaitteisto. Sprinkleri on lämpöön reagoivalla sulkumekanismilla varustettu suutin, joka avautuessaan levittää sammutetta palon sammuttamiseksi ja sen leviämisen estämiseksi [4]. Sprinklerisammutusjärjestelmä voidaan kytkeä palo ilmoitinjärjestelmään siten, että sprinklerilaitteisto muodostaa oman palo ryhmänsä [5].

2.1 Palo ilmaisintyyppit

Palo ilmaisimet voidaan ryhmitellä niiden havaitseman suureen tai ilmiön sekä laitteen toimintaperiaatteen perusteella kuvan 2 mukaisesti. Kuten myöhemmistä kohdista ilmenee, monissa palo ilmaisimissa on yhdistelty eri suureita ja toimintaperiaatteita. Yhdistelmä ilmaisimet on kuitenkin yksinkertaisuuden vuoksi jätetty pois kuvan 2 kaaviosta.



Kuva 2. Paloilmaisimien jaottelu havainnoitavan suureen tai ilmiön ja toimintaperiaatteen mukaan.

Suomen markkinoilla olevat eritasoiset paloilmotimet voidaan ryhmitellä palonilmaisuoiminaisuksiensa mukaisesti kuvan 3 esittämällä tavalla. Perinteiset eli konventionaaliset ilmaisimet antavat ilmoituksen vain paloryhmätasolla. Osoitteellisessa järjestelmässä ilmaisimet, painikkeet ja muut silmukakkomponentit on varustettu osoitepiirillä, joten palotilanteessa saadaan tieto hälyttäneiden ilmaisimien osoitteista ja hälytysjärjestyksestä. Pelkästään osoitteellisen järjestelmän ilmaisimet ovat kuitenkin perinteistä tekniikkaa, ja palotieto välitetään niistä ON-EI-tyyppisenä kosketintietona raja-arvon ylittymisen perusteella. Osoitteellisessa ja analogisessa järjestelmässä ilmaisimilta saadaan keskukselle analoginen mittaustulos, jonka perusteella palopäätely tehdään. Aktiivisissa ohjelmoitavissa ja analysoivissa paloilmotimissa järjestelmän komponentit sisältävät valmistajakohtaisia ohjelmistoja. Sekä keskuslaitteet että ilmaisimet ovat mikroprosessoripohjaisia. Järjestelmissä on monipuoliset asettelu- ja säätömahdollisuudet, joiden avulla pyritään tarkkaan vasteeseen palotilanteessa ja erheellisten palohälytysten välttämiseen. Tällaiset paloilmotinjärjestelmät ovat helposti liitettävissä graafisiin käyttöliittymiin, valvontagrafiikkaan ja integroituihin järjestelmiin [5].

Mitä paloilmotimia on Suomen markkinoilla?



Kuva 3. Paloilmotimet ryhmiteltyinä palonilmaisuoiminaisuuksien perusteella.

Eurooppalaisessa EN 54 -standardissa määritellään palonhavaitsemis- ja palohälytysjärjestelmiä koskevat vaatimukset, testimenetelmät ja arviointikriteerit sekä ohjeistetaan näiden järjestelmien käyttö rakennuksissa. Suomi ja suurin osa Euroopan maista ovat sitoutuneet noudattamaan tätä standardia. EN 54 -standardin osat luetellaan taulukossa 1 [6, 7]. Maailmanlaajuisesti vastaavaa standardointityötä koordinoi kansainvälinen standardointiorganisaatio ISO (engl. International Organization for Standardization). Palonhavaitsemis- ja palohälytysjärjestelmiä käsitellään standardeissa ISO 7240 ja ISO 12239. Toisin kuin EN-standardit, ISO-standardit eivät ole jäsenmaita velvoittavia.

Taulukko 1. EN 54 -standardin "Fire detection and fire alarm systems" osat [6, 7].

Numero	Nimi	Tila
EN 54-1:1996	Part 1: Introduction	julkaistu, uudistettavana
EN 54-2:1997	Part 2: Control and indicating equipment	julkaistu, uudistettavana
EN 54-3:2001	Part 3: Fire alarm devices – Sounders	julkaistu
EN 54-4:1998	Part 4: Power supply equipment	julkaistu, uudistettavana
EN 54-5:2000	Part 5: Heat detectors – Point detectors	julkaistu
EN 54-7:2000	Part 7: Smoke detectors – Point detectors using scattered light, transmitted light or ionization	julkaistu
EN 54-10:2002	Part 10: Flame detectors – Point detectors	julkaistu
EN 54-11:2001	Part 11: Manual call points	julkaistu
EN 54-12:2002	Part 12: Smoke detectors – Line detectors using an optical light beam	julkaistu
EN 54-13:2005	Part 13: Compatibility assessment of system components	julkaistu
TS 54-14: 2004	Part 14: Guidelines for planning, design, installation, commissioning, use and maintenance	julkaistu
prEN 54-15	Part 15: Point detectors using a combination of detected fire phenomena	hyväksyttävänä
prEN 54-16	Part 16: Voice alarm control and indicating equipment	hyväksyttävänä
EN 54-17:2005	Part 17: Short-circuit isolators	julkaistu
EN 54-18:2005	Part 18: Input/output devices	julkaistu
EN 54-20:2006	Part 20: Aspirating smoke detectors	julkaistu
EN 54-21:2006	Part 21: Alarm transmission and fault warning routing equipment	julkaistu
prEN 54-22	Part 22: Line type heat detectors	hyväksyttävänä
prEN 54-23	Part 23: Fire alarm devices – Visual alarms	hyväksyttävänä
prEN 54-24	Part 24: Voice alarms – Loudspeakers	hyväksyttävänä
prEN 54-25	Part 25: Components using radio links and system requirements	hyväksyttävänä
prEN 54-26	Part 26: Point fire detectors using carbon monoxide sensors	valmisteilla
prEN 54-27	Part 27: Duct smoke detectors	valmisteilla

Kaikille paloilmaintyypeille ei ole hyväksyttyä standardia. Standardoimattomien ilmaisimien käytöstä on sovittava erikseen pelastuslaitoksen kanssa. Niitä käytettäessä tulee ilmaisimen valinnassa, sijoituksessa, asennuksessa, koestuksessa ja huollossa noudattaa laitevalmistajan ja -toimittajan ohjeita [5]. Suunnittelija ja viime kädessä asennuksen suorittava paloilmoitinliike vastaavat siitä, että paloilmoittimessa käytetty ilmaisin on tarkoitukseensa sopiva. Vaatimuksena on, että standardoimattomia ilmaisimia käytettäessä rakennuksen valvonta on toteutettava kaikilta osiltaan vähintään samantasoisena kuin standardoiduilla ilmaisimilla. Standardoimattoman ilmaisimen käyttökohteessa kirjataan toteutusprotokollaan, jonka perusmäärittelyosiossa selvitetään paloilmoitinjärjestelmän suunnitteluperusteet. Pelastusviranomaisen osallistumisella toteutusprotokollan perusmäärittelyosion täyttämiseen varmistetaan, että pelastusviranomaisen on saanut tietoonsa paloilmoitinjärjestelmän suunnitteluperusteet ja että pelastustoiminnan asettamat vaatimukset tulevat huomioituiksi jo suunnitteluvaiheessa. Vastuu paloilmoittimien suunnittelusta ja ilmaisinvaihtamisesta ei kuitenkaan siirry suunnittelijalta pelastusviranomaiselle pelastusviranomaisen allekirjoituksella.

2.1.1 Lämpöilmaisimet

Nimensä mukaisesti lämpöilmaisimien antama ilmoitus paloilmoitinjärjestelmään lämpötilan perusteella. Yläraja- eli maksimaali-ilmaisimien (M-ilmaisimien) toimii silloin, kun sen tuntoelimen lämpötila saavuttaa ennalta asetetun raja-arvon ympäristön lämpötilan vaikutuksesta. Lämpöilmaisimien voi mitata myös lämpötilan nousunopeutta. Maksimilämpötila- ja nousunopeuskriteerit yhdistävää lämpöilmaisinta kutsutaan differentiaalimaksimaali-ilmaisimeksi (DM-ilmaisimien). DM-ilmaisimien hälyttää, kun ennalta määritelty lämpötilan nousunopeus ylittyy tai kun hitaasti nouseva lämpötila saavuttaa hälytysrajan.

Tyypillinen linjalämpöilmaisimien on koko pituudeltaan ilmaisimena toimiva lämpöilmaisukaapeli. Linjalämpöilmaisimien voidaan toteuttaa myös pneumaattisesti perustuen suljetussa tilassa tapahtuvaan ilman laajenemiseen lämpötilan noustessa.

Valokuituun ja lasertekniikkaan perustuva lämpöilmaisukaapeli koostuu vahalla täytetystä putkesta, jonka kanssa samaan suuntaan kulkee kaksi valokuitua. Valokuitu on kierretty kevlar-kuidulla vahatäytteen putken ympärille. Vahatäyteinen putki, valokuidut ja kevlar-kuitu on suojattu PE-muovista tehdyllä muovivaipalla, jota on vahvistettu metallivahvikkeilla mekaanisen rasituksen parantamiseksi. Lämpöilmaisukaapeli on liitetty valvontayksikköön, joka lähettää valokuituja pitkin laserpulsseja. Laserpulsien heijastuma valokuidussa mitataan valvontayksikössä, joka liitetään paloilmoittimeen. Tulipalon sattuessa putken vahatäyte laajenee lämmitessään, mikä aiheuttaa valokuidun puristumisen joustamatonta kevlar-kuitua vasten. Kevlar-kuitua vasten puristunut valokuitu heijastaa sironnan vaimentuman valvontayksikölle, joka paikantaa tuli-

palon. Ellei lämpöilmaisukaapeli vaurioitu palossa, se palautuu lämpötilan jäähtyessä normaaliin toimintatilaan. Vaurioituneesta kaapelista voidaan uusaa viallinen osa.

Lämpöilmaisimien soveltuu kohteisiin, joissa tulipalo on mahdollista rajata tehokkaasti, sillä ilmaisimien hälyttää vasta liekehtivän palon vaiheessa, jossa muodostuu runsaasti lämpöä. Lämpöilmaisimia käytetään myös tiloissa, joissa normaalitilanteessa saattaa esiintyä runsaasti savua, käryä, pölyä tai pakokaasuja.

2.1.2 Savuilmaisimet

Savuilmaisimet jaetaan toimintaperiaatteensa mukaan optisiin ja ionisavuilmaisimiin. Optinen savuilmaisin on erityisen herkkä suurilla partikkeleilla sisältävälle näkyvälle (vaalealle) savulle, jota syntyy hitaasti kehittyvässä kytevässä palossa. Ioni-ilmaisimien soveltuu parhaiten ilmaisemaan pieniä partikkeleita sisältävää näkymätöntä tai tummaa savua, jota syntyy palon kehittyessä nopeasti [8].

Ioni-ilmaisimen toiminta perustuu tavallisesti kahteen ionisaatiokammioon, avoimeen mittauskammioon ja suljetumpaan vertailukammioon, joiden välistä jännite-eroa mitataan. Radioaktiivinen säteilylähde aiheuttaa kammioihin ionisaatiovirran. Vertailukammion ionisaatiovirta on kyllästystilassa, mutta avoimeen kammioon tunkeutuvat savuhiukkaset pyrkivät pienentämään virtaa. Tällöin avoimen kammion sisäinen vastus kasvaa ja savu havaitaan jännitteen muutoksena.

Optisen savuilmaisimen pääkomponentit ovat valolähde ja vastaanotin. Optiset savuilmaisimet toimivat perustuen savuhiukkasten aiheuttamaan valon vaimennukseen tai sirontaan. Näistä sirontaperiaate on tavallisempi. Kun sirontailmaisimen savukammiossa on puhdasta ilmaa, vastaanottimeen ei pääse lainkaan valoa. Kammioon tulevat savuhiukkaset sirottavat valoa, jolloin osa siitä osuu vastaanottimeen.

Optiset linjailmaisimet perustuvat valon vaimennukseen. Niitä käytetään lähinnä suojaamaan suuria avoimia tiloja, jolloin valonlähde voidaan asentaa valvottavan alueen toiselle puolelle ja vastaanotin toiselle. Optisen matkan kasvattamiseksi voidaan käyttää peilejä tai heijastimia. Linjailmaisimissa on myös malleja, joissa on erilliset lähetin- ja vastaanotinyksiköt.

Näytteenottoilmaisimissa valvottavasta tilasta pumpataan näytteenottoputken kautta ilmaa pisteeseen, jossa varsinainen ilmaisimiosa sijaitsee. Näytteenottoilmaisimen herkkyys on suurempi kuin pisteilmaisimen, joten palo voidaan havaita jo varhaisemmassa vaiheessa.

Savuilmaisimia käytetään pääasiassa kohteissa, joissa palon havaitseminen jo alkuvaiheessa on välttämätöntä; esimerkiksi jos palo liekehtimisvaiheeseen päästyään alkaa kehittyä hyvin nopeasti. Myös herkästi vaurioituvissa ja arvokkaissa kohteissa käytetään savuilmaisimia, koska niiden avulla palo voidaan havaita jo kytemisvaiheessa.

2.1.3 Liekki- ja kipinäilmaisimet

Liekki-ilmaisimen toiminta perustuu liekin lähettämän infrapuna- tai ultravioletti-säteilyn tai niiden yhdistelmän havainnointiin. Liekki-ilmaisimien toimintaa voivat siten haitata monet häiriötekijät, kuten auringonvalo, keinovalo, lämpölähteet, hitsaaminen ja hälytysajoneuvojen vilkut. Tämän vuoksi liekki-ilmaisimet on säädettävä suhteellisen epäherkiksi.

Ultraviolettisäteilyä havainnoivien liekki-ilmaisimien herkkyyalueeksi valitaan se osa ultraviolettispektristä, jolla liekkien säteily on voimakkaimmillaan. Ilmaisimissa on elektroninen suodatin, joka estää hälytyksen hetkellisistä säteilyilmiöistä, kuten salamasta tai kosmisesta säteilystä [5].

Infrapuna-liekki-ilmaisimien reagoi liekkien hiilidioksidikaasun lähettämään aallonpituuteen. Erheellisten hälytysten välttämiseksi ilmaisimissa voi olla kaksi eri aallonpituudella toimivaa tuntoelintä, joiden perusteella voidaan suodattaa häiriösäteilyn vaikutusta [5].

Kipinäilmaisimet eroavat liekki-ilmaisimista lähinnä siinä, että ne sijoitetaan täysin pimeään tilaan, jossa ei ole toimintaa häiritsevää taustavaloa. Kipinäilmaisimet voidaan siten säätää erittäin herkiksi.

2.2 Osoitteelliset paloilmoitinjärjestelmät

Osoitteellisessa paloilmoitinjärjestelmässä paloilmaisimet, paloilmotuspainikkeet ja muut silmukkomponentit on varustettu osoitinpiirillä. Jos jonkin ilmaisimen tila ei ole normaali vaan palo- tai vikatila, ilmoitinkeskus antaa ilmoituksen lisäksi myös kyseisen ilmaisimen osoitteen. Osoitteellinen paloilmoitinjärjestelmä antaa palon kehittymisestä tarkempaa tietoa kuin osoitteeton järjestelmä, koska paloilmotuksen tapahtumarekisteriin kirjautuvat hälyttäneiden ilmaisimien osoitteet ja hälytysjärjestys [5].

Osoitteellisessa paloilmoitinjärjestelmässä osoitteet voidaan ryhmitellä tarkoituksenmukaisella tavalla paloryhmiin. Paloryhmätieto on paikantamiskaaviossa esiintyvä yhtenäinen alue, jonka perusteella palokunta voi paikantaa alueen, josta paloilmoitus on tullut.

Nykyisin osoitteellisten paloilmoitinjärjestelmien komponentit sisältävät yleensä myös valmistajakohtaisia ohjelmistoja. Keskuslaitteiden lisäksi myös paloilmaisimet ovat mikroprosessoripohjaisia ja tarjoavat monipuolisia asetus- ja säätömahdollisuuksia. Näillä ominaisuuksilla pyritään saamaan mahdollisimman tarkka vaste palotilanteessa ja välttämään erheelliset palohälytykset.

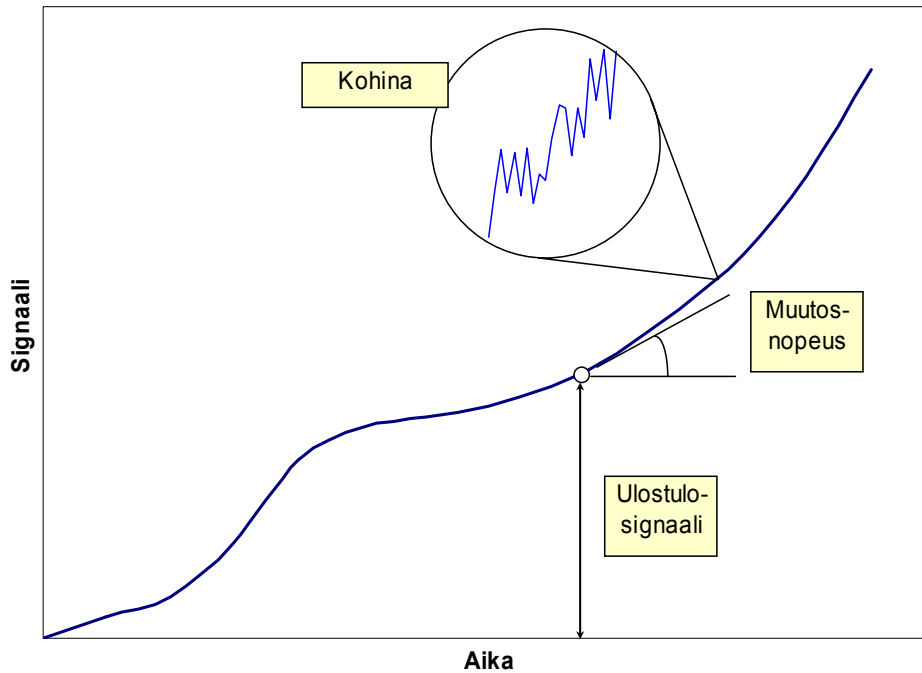
2.3 Aktiiviset ohjelmoitavat ja analysoivat paloilmaisimet

Uusi ilmaisinteknologia on keskeisessä asemassa älykkäissä rakennuksissa niin talotekniikan kuin paloturvallisuudenkin kannalta. Uuden sukupolven laitteistoilta odotetaan kykyä ”oppia” ympäristöään havainnoiden ja muuttaa toimintaansa sen mukaisesti. Aktiivisten ohjelmoitavien ja analysoivien paloilmaisimien keskeinen ominaisuus onkin kyky verrata ympäristössä tapahtuvia muutoksia ilmaisimen muistissa oleviin algoritmeihin, jotka mallintavat erilaisten tulipalojen käyttäytymistä.

Useita ilmaisimia käsittävien kokonaisuuksien avulla rakennus voi toimia reagoiden olosuhteisiin ja jopa käyttäjiin sen sijaan, että toiminta perustuisi esiasetettuihin ohjausmalleihin. Tällaisen toimivuuden toteuttaminen edellyttää suhteellisen suurta ilmaisimäärää, mikä lisää kustannuksia ja asettaa haasteita ilmaisimista saatavan tiedon hallinnalle ja hyödyntämiselle. Kustannustehokkaiden ilmaisimien kehittämisen onkin todettu olevan keskeinen teknologian kehittämiskohde älykkäiden rakennusten kannalta [9]. Monitoroitavia suureita tai ilmiöitä voidaan usein kuitenkin käyttää useampaan kuin yhteen tarkoitukseen, mikä parantaa kustannustehokkuutta.

2.3.1 Monikriteeri-ilmaisimet

Monikriteeri-ilmaisimella tarkoitetaan yleensä paloilmaisinta, jossa käytetään yhtä sensoria mutta hälytystila perustuu useampaan kuin yhteen kriteeriin. Signaalitason lisäksi voidaan mm. hyödyntää signaalin muutosnopeutta sekä huomioida kohina ja signaalin mahdollinen epälineaarisuus. Kuva 4 esittää kaavamaisesti signaalianalyysin komponentteja monikriteeriarvioinnissa. Todellisen palotilanteen ja häiriötekijöiden erottamiseksi voidaan ilmaisimissa käyttää kehittyneitä signaalianalyysimenetelmiä, kuten sumean logiikan algoritmeja [10].



Kuva 4. Signaalianalyysin komponentteja monikriteeriarvioinnissa (lähteen [10] mukaan).

Perusesimerkki monikriteeri-ilmaisimista ovat differentiaali-maksimaali-lämpöilmaisimet, joissa havainnoidaan lämpötilan nousunopeutta ja maksimiarvoa.

2.3.2 Yhdistelmäilmaisimet

Yhdistelmä- eli monisensori-ilmaisimissa yhdistetään kaksi tai useampia erityyppisiä ilmaisimia (ionisaatio, optinen, lämpö, hiilimonoksidi [CO] jne.) ja prosessoidaan niiden signaalit yhdeksi ulostuloksi, johon palonilmaisu perustuu. Yhdistelmäilmaisimien kehityksen taustalla olivat ioni-ilmaisimien havaitut puutteet ja niiden sisältämään radioaktiiviseen säteilylähteeseen kohdistuneet terveysriskiepäilyt [11], aikaisen paloilmoituksen tarve sekä tarve vähentää erheellisiä paloilmoituksia. Suomessa uusien järjestelmien ilmaisimista ioni-ilmaisimia on nykyisin alle 2 % ja niiden käyttö on edelleen vähenemässä [12].

1980-luvun lopulla optisten ja ionisavuilmaisimien käyttö oli vakiintunutta ja paloturvallisuussuunnittelijat tunsivat niiden edut ja haitat. Ioni-ilmaisimia käytettiin eniten, mutta niiden herkkyys pieniä hiukkasia sisältävälle savulle teki niistä alttiimpia erheellisille hälytyksille kuin optiset savuilmaisimet. Toisaalta optiset savuilmaisimet eivät olleet riittävän herkkiä pienihiukkasiselle savulle, joten ne eivät voineet varauksettomasti korvata ioni-ilmaisimia. Pelkillä lämpöilmaisimilla ei voitu tätä ongelmaa ratkaista, joten syntyi tarve uudentyyppisille ratkaisuille.

Yhdistelmäilmaisimet ovat usein yhdistelmiä lämpöilmaisimesta ja ainakin yhdyntyyppisestä savuilmaisimesta. Mitattavia signaaleja on tällöin kaksi tai kolme, ja ilmaisimien prosessorit niitä käyttäen valmistajan laatimaa algoritmia. Erilaisia käyttöolosuhteita varten voi olla eri toimintamoodeja.

Myös hiilimonoksidimittauksen sisältäviä yhdistelmäilmaisimia on kehitetty. Yhdistämällä CO-ilmaisimien savuilmaisimeen ja kehittämällä hälytysalgoritmeja on päästy tavallista savuilmaisinta nopeampaan vasteaikaan todellisilla palolähteillä. Näin on voitu eliminoida monia virheellisiä hälytyksiä [13].

Erityisesti erheellisten hälytysten minimoimiseksi on kehitetty paloilmaisin, jossa yhdistetään neljä itsenäistä sensoria: hiilimonoksidi-, lämpötila-, infrapuna- ja optinen savusensori [14]. Sensoreiden antamat signaalit käsitellään älykkäillä algoritmeilla, jotka säätävät laitteen ilmaisiprofilia syötteiden mukaisesti. Ympäristöolosuhteiden muuttuessa ilmaisimen kynnyksarvot, vahvistus, aikaviiveet, näytteenottotaajuudet ja keskiarvot muuttuvat. Jos jokin sensoreista vikaantuu, muiden sensoreiden herkkyys muuttuu ja laite antaa vikailmoituksen. Kehitystyön lähtökohtana on ollut se, että kaikki palot tuottavat vaihtelevissa suhteissa hiilimonoksidia, lämpöä ja hiukkasia ja liekehtivä palo lisäksi muuttuvan valaistuskuvion. Kaikkia näitä ilmiöitä monitoroimalla ja älykästä signaalinkäsittelytekniikkaa käyttämällä on aikaansaatu ilmaisimien, joka reagoi nopeasti tulipaloon mutta ei ole altis häiriötekijöille.

2.3.3 Kaasuilmaisimet

Hiilimonoksidimittauksen käytettävyyttä palonilmaisussa on tutkittu jo pitkään, koska palokuoleman uhrit menehtyvät tavallisimmin häämyrkytykseen. Yksi yleistävä käyttösovellus onkin poistumisteiden suojaus savuilmaisujärjestelmän lisäilmaisimena henkilöturvallisuuden parantamiseksi [12].

Yksi kaupallisessa käytössä oleva CO-mittaustekniikka perustuu sähkökemialliseen kennoon, jossa kaasu reagoi kennon elektrolyytin kanssa tuottaen kaasukonsentraatiosta riippuvan sähkövirran.

CO-ilmaisimien soveltuvuus palonilmaisuuksiin käytännössä on ollut kiistanalaista. Luonnollisestikaan CO-ilmaisimet eivät juuri reagoi ylikuumenemiseen tai liekehtivään paloon, jossa syntyy vain vähän hiilimonoksidia [15]. Toisaalta CO-ilmaisimien soveltuu hyvin kytevä palon ilmaisuun. Kaasun diffuusion ansiosta CO-ilmaisimien todennäköisesti reagoi muita ilmaisimia nopeammin silloin, kun palo saa alkunsa suljetussa tilassa, esimerkiksi komerossa. CO-ilmaisimelle soveltuvia käyttökohteita ovat esimerkiksi varastotilat, historialliset rakennukset ja museot – yleisesti ottaen suuret, ajoittain tyhjillään

olevat tilat, joissa saattaa syntyä kytevä palo [16]. Erityisen käyttökelpoisia CO-ilmaisimet ovat osana yhdistelmäilmaisimia.

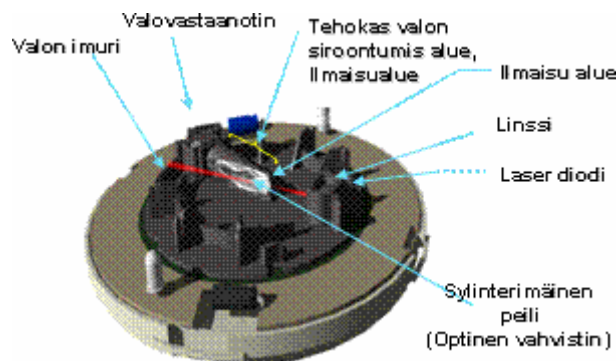
Kaasuanalyysiin perustuvissa ilmaisimissa valitaan ilmaistava kaasu ja määritellään ilmoitusrajojen kaasupitoisuudet. Kaasuanalyysiin perustuvaa palonilmaisua varten on Saksassa kehitetty myös useita kaasuja samanaikaisesti mittaava kaasuilmaisimimatriisi (engl. gas sensor microarray) [17]. Mittaamalla puolijohtavien metallioksidien sähkönjohtavuutta on mahdollista toteuttaa hinnaltaan edullinen mutta herkkä kaasuilmaisimimatriisi. Kaasuilmaisimimatriisilla voidaan erilaisin mekanismein havainnoida lähes kaikkia kaasuja paitsi erittäin passiivisia kaasuja, kuten jalokaasuja ja typpeä. Hahmontunnistusalgoritmeja käyttäen laitteella voidaan signaalikuvioiden perusteella tunnistaa palokaasut jo hyvin pieninä pitoisuuksina ja erottaa ne häiriötekijöistä.

2.3.4 Ilmaisimien rakenneratkaisut

Paloilmaisimien ominaisuuksia on mahdollista parantaa myös rakenteellisilla ratkaisuilla. Ilmaisinkammioon voidaan väliseinien avulla muodostaa ”labyrintti”, joka absorboi valonlähteiden tuottaman valon ja estää siten tahattomat heijastukset sekä sitoo pienhiukkasia ja pölyä.

Ilmaisimen palopäättelyä voi tehostaa optisten antureiden kahdennuksella. Ilmaisimessa voi olla esimerkiksi kaksi erisuuntaista valonlähdettä, joiden säteet heijastuvat mittauskammiossa olevista hiukkasista ja osuvat valovastaanottimeen. Kahdelta optiselta reitiltä saatavaa informaatiota voidaan hyödyntää analyysialgoritmeissa ja siten varmistaa palonilmaisua. Vastaavalla tavalla voidaan käyttää myös kahta eri valon aallonpituutta.

Kuvassa 5 on esimerkki laserilmaisimen kammioista. Siinä lasersädettä vahvistetaan sylinterimäisen peilin avulla ja tehostetaan siten valon sirontaa ja palonilmaisua.



Kuva 5. Esimerkki paloilmaisimen rakenneratkaisusta: laserilmaisimen kammio.

2.3.5 Signaalinkäsittelytekniikoista

Automaattisen palonilmaisun haasteena on toteuttaa samanaikaisesti sekä riittävän nopea palon havaitseminen tositilanteessa että väärin hälytysten eliminointi. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi esiteltiin 1990-luvun puolivälissä ”ei paloa” -palonilmaisukäsite (engl. ”no-fire-detector”) [18]. Periaatteena on, että ilmaisimen hälytysraja muokautuu havaitun signaalin pitkäaikaisen keskiarvon perusteella ja sopeutuu siten hitaasti muuttuviin ympäristöolosuhteisiin. Ilmaisimissa ”oppii” asennuspaikkansa normaalit olosuhteet ja laskee, millä todennäköisyydellä havaittu tilanne on normaali tai epänormaali. Ilmaisimien antama hälytys vain, jos signaali tulkitaan epänormaaliksi suhteutettuna pitkäaikaiseen havaintoaineistoon. Tällöin palonilmaisuus ei perustu pelkästään ilmaisimen asennusvaiheessa esiasetettuun herkkyYTEEN vaan hyödyntää tietoa asennuspaikan olosuhteista ja sopeutuu hitaastiin muutoksiin. Ilmaisimien voi myös varoittaa vikatilanteista, sillä signaalin pitkäaikaisen keskiarvon merkittävä muutos voi viitata esimerkiksi ikääntymiseen, savuilmalmaisimen likaantumiseen tai elektroniikkakomponenttien toimintahäiriöön.

Kehittyneiden signaalianalyysitekniikoiden yhdistäminen monikriteeri- ja yhdistelmäilmaisimiin tarjoaa palonilmaisuun monia mahdollisuuksia. Näitä ovat korkea luotettavuustaso, sovelluskohtaiset havainnointiominaisuudet, vikatilannevaroitukset, itsevalvonta ja automaattinen uudelleenkonfigurointi huollon jälkeen [10]. Signaalianalyysitekniikoita ovat esim. sumea logiikka, neuroverkot ja monimuuttuja-analyysi (mm. pääkomponenttianalyysi PCA ja osittainen pienimmän neliösumman regressioanalyysi PLS) [10, 19, 20].

On huomattava, että vaikka laskenta-algoritmit, signaalinkäsittely ja yhdistelmäilmaisintekniikka vähentävät erheellisiä paloilmoituksia, ne toisaalta usein hidastavat paloilmoitusta. Näitä tekniikkoja käytettäessä onkin kiinnitettävä huomiota siihen, että palonilmaisuus ja hälytys tapahtuvat riittävän nopeasti, jotta pelastus- ja sammutustyöhön päästään mahdollisimman varhaisessa vaiheessa.

Yhdistelmäilmaisun ja neuroverkkohahmontunnistuksen yhdistelmää on kehitetty mm. Yhdysvaltain laivaston tutkimusohjelmassa. Tässä tekniikassa paloilmalmaisimet muuntavat tulipalon sivutuotteena syntyvän kemiallisen tai fysikaalisen informaation numeeriseen muotoon. Kukin ilmaisimien määrittelee yhden akselin moniulotteisessa avaruudessa. Erityyppiset tulipalot ja muut tapahtumat sijoittuvat pisteiksi tähän avaruuteen ilmaisimien vasteen mukaisesti. Palot, jotka tuottavat samankaltaisen vasteen ilmaisimien joukossa, ryhmittyvät lähelle toisiaan. Monimuuttujamenetelmiin ja numeeriseen analyysiin pohjautuva hahmontunnistus tarkastelee tätä ryhmittymistä ja havainnollistaa moniulotteisen avaruuden pistejoukkojen suhteita. Tämän perusteella määritellään tapahtumatyyppien matemaattiset rajat tulipalojen tunnistamiseksi ja häiriölähteiden erot-

tamiseksi. Prototyypilaitteissa on käytetty ionisaatio-, lämpö-, CO-, CO₂-, kosteus- ja optisten ilmaisimien yhdistelmiä [21].

2.3.6 Langattomat paloilmaisimet

Langattomia paloilmaisimia on markkinoilla jo saatavilla. Niiden hälytyssignaali siirtyy laukaisukeskukseen radio-, infrapuna-, ultraääni- tai mikroaaltotaajuudella, kun tulipalo on havaittu. Langattomien paloilmaisimien merkitys ei perustu uusiin mittaus- ja havainnointitekniikoihin vaan siihen, että ne eivät edellytä langoitettua yhteyttä ilmaisimista signaaleja mittaavaan tiedonkeruujärjestelmään. Siten langattomia paloilmaisimia voidaan asentaa myös paikkoihin, joissa kaapelointi olisi liian kallista tai muuten epäkäytännöllistä toteuttaa.

Langatonta järjestelmää suunniteltaessa on huomioitava tiedonsiirron lisäksi myös laitteiden tarvitsema energiansyöttö. Käytännössä langattomat paloilmaisimet ovat paristo-toimisia. Siksi kunnossapitoon ja toimintavarmuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska paristojen kunnossapidon laiminlyönti aiheuttaa ongelmia järjestelmän toiminnalle. Ylläpidon kannalta keskeistä on paristojen pitkä käyttöikä erityisesti useita ilmaisimia sisältävissä järjestelmissä.

Kaapelointia edellyttäviin laitteisiin verrattuna langattomat paloilmaisimet tarjoavat seuraavia etuja [22]:

- Koska järjestelmäkomponenttien välistä kaapelointia ei tarvita, järjestelmä on helpompi, nopeampi ja halvempi asentaa. Järjestelmä voi ulottua myös rakennuksen ulkopuolelle ilman ulkoista kaapelointia.
- Pintoja vaurioittavan tai rumentavan kaapeloinnin tarpeettomuus on merkittävä etu historiallisissa ja muissa arvokohteissa.
- Tilapäisiin ja lyhytaikaisiin erityisriskeihin varautuminen on helposti järjestettävissä.
- Järjestelmä on helposti muunneltavissa rakennuksen käyttötarkoituksen tai muiden olosuhteiden muuttuessa.
- Palosuojatun kaapelin tarve vähenee.

Langaton tiedonsiirto voidaan toteuttaa infrapunatekniikalla tai radiotaajuuslaitteilla. Infrapunälähetys edellyttää näköyhteyttä lähettimen ja vastaanottimen välillä ja soveltuu vain varsin lyhyelle kantamalle. Monipuolisempia sovelluksia on toteutettavissa radioliikennetekniikalla.

Radiolaitteet käyttävät erityisiä niille varattuja taajuuskaistoja. Langattomissa paloilmoinjärjestelmissä usein käytetyt taajuusalueet ovat 433 MHz:n ja 2,4 GHz:n kaistat [22]. 433 MHz:n kaistalla on hyvät etenemisominaisuudet, mutta sitä käyttävät myös radioamatöörit, mikä saattaa aiheuttaa häiriöitä. 2,4 GHz:n kaistalla eteneminen on rajoitettua, ja siihen voivat vaikuttaa mikroaallot. Vain hälytyssovellusten käyttöön onkin häiriöiden välttämiseksi varattu tiettyjä taajuuskaistoja, esimerkiksi 868 MHz:n kaista. Järjestelmää suunniteltaessa on huomioitava myös laitteiden toimintataajuuden mahdollinen ryömintä ajan mittaan.

Radiotaajuuksien käyttöä Suomessa ohjaa Viestintävirasto, joka myös edustaa Suomea kansainvälisessä taajuuksia koskevassa päätöksenteossa. Hälytyssovelluksiin voidaan käyttää ns. luvasta vapaita taajuuksia, jotka löytyvät Viestintäviraston määräyksestä 15 [23]. Taulukossa 2 esitetään määräyksen 15 liitteen kohdassa 9 listatut erityisesti hälytyssovelluksille varatut taajuudet. Määräyksen 15 liitteen kohdassa 5 on lueteltu yleisille lyhyen kantaman laitteille tarkoitettuja taajuuksia, joita voi käyttää myös hälytyssovelluksiin, mutta samoilla taajuuksilla voi olla paljon muitakin käyttöä.

Euroopassa radiotaajuuksien käytössä noudatetaan laajalti Euroopan radioliikenneviraston (ERO, European Radiocommunications Office) suositusta ERC/REC 70-03 [24]. Tämän suosituksen liitteessä 3 annetaan tietoa maakohtaisista rajoituksista Euroopassa.

USA:ssa radiotaajuuksien käyttöä ohjaa Liittovaltion radioliikennekomissio (FCC, Federal Communications Commission). Luvasta vapaiden laitteiden taajuuksia ja teknisiä parametrejä säätelee määräys Part 15 [25].

Langattomia ilmaisimia käytettäessä on otettava huomioon rakennusten rakenteiden aiheuttama signaalin vaimentuminen, joka riippuu paitsi rakenteesta myös signaalin taajuudesta. Puisen tai kipsilevystä tehdyn seinärakenteen aiheuttama energiahäviö on tyypillisesti 0–10 %, tiiliseinän 5–35 % ja teräsbetonin jopa 30–90 %. Metallirakenteet voivat myös heijastaa sähkömagneettista säteilyä, joten rakenteen läpäisevä osuus saattaa olla alle 10 % energiasta. Lähetetyn signaalin kantamaa ei siis voi päätellä suoraan valmistajan ilmoittaman tehon tai kantaman perusteella.

Taulukko 2. Pienitehoiset valvonta- ja hälytyslaitteet sekä turvapuhelimet¹ [23]. Taajuusalueilla, joilla kanavaväli on määritelty, ensimmäisen kanavan keskitaajuus on kanavavälin puolikkaan päässä taajuusalueen alareunasta.

142,250 MHz	Efektiivinen säteilyteho ≤ 1 mW ERP. Lähetteen kokonaiskaistanleveys ≤ 25 kHz.
169,4750–169,4875 MHz	Ainoastaan turvapuhelimille. Efektiivinen säteilyteho ≤ 10 mW ERP. Kanavaväli 12,5 kHz. Toimintasuhde $\leq 0,1$ %. ²
169,5875–169,6000 MHz	Ainoastaan turvapuhelimille. Efektiivinen säteilyteho ≤ 10 mW ERP. Kanavaväli 12,5 kHz. Toimintasuhde $\leq 0,1$ %. ²
868,600–868,700 MHz	Efektiivinen säteilyteho ≤ 10 mW ERP. Kanavaväli 25 kHz. Toimintasuhde $\leq 0,1$ %. ² Taajuusalueutta voidaan käyttää yhtenä kanavana nopeaan datasiirtoon.
869,250–869,300 MHz	Efektiivinen säteilyteho ≤ 10 mW ERP. Kanavaväli 25 kHz. Toimintasuhde $\leq 0,1$ %. ²
869,300–869,400 MHz	Efektiivinen säteilyteho ≤ 10 mW ERP. Kanavaväli 25 kHz. Toimintasuhde $\leq 1,0$ %. ²
869,650–869,700 MHz	Efektiivinen säteilyteho ≤ 25 mW ERP. Kanavaväli 25 kHz. Toimintasuhde ≤ 10 %. ²
869,200–869,250 MHz	Ainoastaan turvapuhelimille. Efektiivinen säteilyteho ≤ 10 mW ERP. Kanavaväli 25 kHz. Toimintasuhde $\leq 0,1$ %. ²

¹ Lyhyen kantaman radiolähetimet, ERC:n suositus CEPT/ERC/REC 70-03, liite 7 soveltuvin osin, ERC:n päätökset ERC/DEC/(97)06 ja ERC/DEC/(01)09.

² Toimintasuhde on lähettimen suhteellinen lähetysaika yhden tunnin jaksossa.

2.3.7 Tietokonenäkö palonilmaisussa

Tietokonenäköjärjestelmiä voidaan hyödyntää monipuolisesti talo- ja turvatekniikassa. Sovelluksia ovat mm. turvallisuusvalvonta, LVI-järjestelmien ohjaus perustuen ihmisten määrään ja sijaintiin rakennuksessa [26], voimalaitoksen toiminnan valvonta [27], [28] ja valaistustason säätö [29]. Tietokonenäkö voi tulevaisuudessa tarjota merkittäviä hyötyjä myös tulipalon havainnointiin. Kamerat ja muut tietokonenäköjärjestelmissä tarvittavat välineet ovat monissa rakennuksissa jo valmiina muiden sovellusten vuoksi. Palonilmaisuus voidaan siten lisätä kohtuullisin kustannuksin ohjelmistoteknisillä keinoilla.

Yksi tällainen sovellus on MVFDS-järjestelmä (engl. machine vision fire detection system), jossa yhdistetään videokamerat, tietokoneet ja tekoälytekniikat [30], [31], [32]. Se prosessoi useita spektrikuvia reaaliajassa havaitakseen luotettavasti pienenkin tulipalon suurella etäisyydellä lyhyessä ajassa. Se voi myös identifioida palopaikan ja seurata palon kasvua ja sammutusta. Eräissä sovelluksissa MVFDS-järjestelmään on liitetty ultravioletti- tai infrapunasäteilyensensoreita havaintokyvyn parantamiseksi tai liekkien

säteilyyn liittyviä kirkkaita alueita havainnoiva CCD-kamera järjestelmän luotettavuuden lisäämiseksi. CCD-kameran kuvailmaisimessa on suuri määrä valoon reagoivia pikseleitä. Valon kirkkaudet luetaan jännite-eroina, jotka muutetaan digitaaliseen muotoon ja tallennetaan kameran muistiin.

Videokuva-analyysiin perustuvan palonilmaisun pääongelmia ovat valaistusolosuhteet (päivä/yö, keinovalo, heijastukset, varjot), kuvan laatu (heikko resoluutio tai kontrasti, linssien likaantuminen, ilkivalta), näkymän monimutkaisuus (liikkuvien kohteiden erilaiset koot ja nopeudet), prosessorin suorituskyky (reaaliaikainen valvonta, prosessorin nopeus ja muisti) sekä järjestelmien konfigurointi ja parametrien asetus. Laskenta-algoritmeilta edellytetään suurta joustavuutta ja luotettavuutta riittävän nopean ja luotettavan ilmaisun aikaansaamiseksi. Näiden ongelmien voittamiseksi on kehitteillä järjestelmä, joka perustuu liekkien voimakkaasta valointensiteetistä johtuvaan luminanssin saturoitumiseen sekä lepatuksesta aiheutuvaan intensiteettivaihteluun. Järjestelmän asennukseen kuuluu ”oppimisvaihe”, jossa algoritmin parametrit viritetään ympäristöön sopiviksi. Menetelmä on havaittu laboratoriotesteissä nopeasti reagoivaksi, mutta testit todellisessa toimintaympäristössä ovat vielä kesken [33].

Videokameroihin perustuvaan palonilmaisuun on periaatteessa mahdollista liittää myös äänianalyysi liekehtivän palon tapauksessa. Liekkien lepatus on havaittavissa paitsi videokuvissa myös ääniraidalla akustisen spektrianalyysin avulla [34]. Häiriöäännten vaikutusta ei kuitenkaan vielä ole analysoitu, joten tämäkin menetelmä on vasta kehitysasteella.

Erityisesti sotalaivoja varten kehitetään ns. tilavuusilmaisinta tulipalojen, räjähdysten, putkirikkojen ja vuotojen havainnointiin. Järjestelmä perustuu laivojen olemassa oleviin videovalvontalaitteistoihin, joita täydennetään lisälaitteilla. Prototyypit koostuvat kaupallisesta videovalvontalaitteistosta näkyvällä spektrialueella, pitkän aallonpituuden (700–1000 nm) videovalvontalaitteistosta, spektri-ilmaisimista ultraviolett-, näkyvän valon, lähi-infrapuna- ja keski-infrapuna-alueilla sekä mikrofoneista ihmiskorvin kuultavalla taajuusalueella. Kehitetyillä laitteistoilla on saavutettu sama tai lyhyempi vasteaika kuin kaupallisilla järjestelmillä ja voitu vähentää vääriä hälytyksiä [35].

2.4 Tulevaisuuden palonilmaisu

Langattomat paloilmaisinjärjestelmät todennäköisesti yleistyvät tulevaisuudessa, koska kaapeloinnin tarpeettomuus helpottaa ja nopeuttaa asennusta merkittävästi ja säästää siten kustannuksia. Järjestelmä on myös helposti muunneltavissa rakennuksen käyttötarkoituksen tai muiden olosuhteiden muuttuessa. Langattomien paloilmaisinjärjestelmien yleistymistä voidaan edistää laitteiden kantaman, häiriösuojauksen ja energiansyötön teknisellä kehityksellä.

Tietokonenäkö voi tulevaisuudessa tarjota merkittäviä hyötyjä tulipalon havainnointiin. Monissa rakennuksissa on jo valmiina kameroita ja muita tietokonenäköjärjestelmissä tarvittavia välineitä muiden valvontasovellusten käyttöön. Palonilmaisu voidaan lisätä kohtuullisin kustannuksin ohjelmistoteknisillä keinoilla. Tällaiset järjestelmät ovat vielä kehitysvaiheessa, mutta ainakin erityiskohteissa niillä voidaan saavuttaa merkittäviä etuja.

Merkittäviä hyötyjä ja säästöjä on saavutettavissa erilaisten talotekniikka- ja kiinteistöinformaatiojärjestelmien yhteentoimivuuden kautta. Tämän kehityksen yhteydessä joutuu mahdollisuuksia saman informaation hyödyntämiseen useassa järjestelmässä. Uusi ilmaisintekniikka on perinteistä kalliimpaa, mutta kustannustehokkuus paranee, jos sama ilmainen voi antaa tietoa moneen tarkoitukseen.

Nykyhetken ja tulevaisuuden suuri haaste palonilmaisutekniikalle on erheellisten hälytysten minimointi. Tätä kehitystä edesauttavat monikriteeri- ja yhdistelmäilmaisimet ja niihin liittyvät signaalianalyysitekniikat. Luotettavuutta parantaa myös ilmaisimien kyky analysoida normaaleja ympäristöolosuhteitaan ja suhteuttaa poikkeamat tähän havaintoaineistoon. Uusia mahdollisuuksia ilmaisintekniikan kehitykseen voivat tarjota myös useita kaasuja samanaikaisesti mittaavat kaasuilmaisimatriisit.

2.5 Paloilmoitinlaitteistojen luotettavuus

Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilastointijärjestelmä PRONTOn mukaan hätäkeskukset vastaanottivat vuonna 2005 automaattisista paloilmoittimista yli 19 000 hälytystä. Näistä 98 % oli erheellisiä hälytyksiä eli tilanteita, joissa ei ollut tarvetta sammutustai pelastustoimiin. Erheellisten paloilmoitusten määrä on kasvanut joka vuosi paloilmotintilaitteistojen yleistyessä ja ilmaisimien herkkyyden lisääntyessä tekniikan kehityksen myötä.

Erheellisistä paloilmoituksista johtuva turha kuormitus aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia pelastustoimelle ja vähentää tositilanteissa käytettävissä olevia resursseja. Tarpeeton hälytysajo aiheuttaa ylimääräisiä riskejä liikenteessä. Turhautumisen seurauksena pelastushenkilöstö ei välttämättä suhtaudu vakavasti tiettyjen kohteiden paloilmoituksiin, mikä voi johtaa vakaviin seurauksiin todellisessa hätätilanteessa. Erheellisille hälytyksille alttiissa kiinteistöissä toimivien yritysten normaali toiminta häiriintyy tarpeettomien evakointien vuoksi. Tästä seuraa käyttökatkosten lisäksi tulojen menetyksiä.

Sisäasiainministeriön pelastusosasto on asettanut vuoden 2007 loppuun jatkuvan hankkeen erheellisten paloilmoitusten vähentämiseksi [36]. Pitkän aikavälin tavoitteena on, että vuonna 2009 erheellisten automaattisten paloilmoitusten määrä on ainakin puolittunut vuoteen 2003 verrattuna, mikä tarkoittaisi noin 8000:ta erheellistä paloilmoitusta vuonna 2009.

Erheellisten paloilmoitusten määrää ja paloilmoinlaitteistojen luotettavuutta tarkasteltaessa on huomioitava, että kaikki erheelliset ilmoitukset eivät johdu paloilmamisesta, vaan merkittävä osa niistä on seurausta ihmisen toiminnasta. Jos esimerkiksi ilmaisimien tilapäistä irtikytkentää kiinteistön korjaustöiden aikana ei tehdä, tulityöt aiheuttavat tarpeettoman hälytyksen. Tällaisten virhetilanteiden vähentämisessä korostuu kiinteistön vastuuhenkilöiden asiantuntemus ja vastuullinen toiminta.

Paloilmoinlaitteistojen luotettavuudesta on julkaistu Suomen Pelastusalan Keskusjärjestön (SPEK) ja suomalaisten ydinvoimalaitosten tarkastustilastoihin perustuva kartoitus [37, 38]. Varsin yleiseksi ilmaisinviksi tutkimuksessa todettiin savuilmaisimen likaisuus. Savuilmaisimet vaativatkin säännöllistä huoltoa, koska ne likaantuvat ajan mitaan ympäröivän ilman sisältämän pölyn ja lian vaikutuksesta. Toinen merkittävä havainto oli lämpöilmaisimien muita ilmaisintyyppettä selvästi suurempi vikaherkkyys. Syyksi epäiltiin laitteistojen väärää mitoittamista, mutta asian varmistaminen vaatisi tarkempaa tutkimusta.

Tavallisia syitä erheellisiin paloilmoituksiin ovat väärin valitut tai sijoitetut ilmaisimet, asennusvirheet ja puutteellinen ylläpito. Ilmaisimien valinnassa on kiinnitettävä erityistä huomiota kohteen olosuhteisiin ja käyttötarkoitukseen. Käyttöolosuhteissa huomioitavia asioita ovat mm. tilan korkeus, kosteus, ympäristön lämpötila, ilmapvirtaukset ja normaalkäytössä esiintyvät ilman epäpuhtaudet. Ilmaisimien sijoitteluun vaikuttavat tilan geometrian lisäksi ilmastointi ja tilassa olevat laitteet. Paloilmoitin haltijan vastuulla on kunnossapito-ohjelman laatiminen sekä huollon ja korjaustoiminnan järjestäminen laitekohtaisen huolto-ohjeen mukaisesti. Paloilmoitin haltija nimeää paloilmoitin hoitajan, joka vastaa käytännön toimenpiteistä kunnossapito-ohjelman toteuttamiseksi.

Merkittävä osa erheellisistä ilmoituksista johtuu käytössä olevasta konventionaalista palonilmaisutekniikasta, jossa ei ole säätö- ja asettelumahdollisuuksia. Laitekannan uusituessa konventionaaliset ilmaisimet korvautuvat kehittyneemmällä laitteistoilla, jotka pystyvät paremmin erottamaan häiriötekijät todellisista palotilanteista esimerkiksi monikriteeri- ja yhdistelmäilmaisintekniikan sekä signaalianalyysin avulla. Tämä johtanee erheellisten ilmoitusten vähenemiseen, mutta muutos tapahtuu vähitellen.

Erheellisten paloilmoitusten vähentämistä voisi edesauttaa myös kunnossapidon asianmukaisuuden varmistaminen. Kunnossapitovelvoitteen täyttämisen valvontamenettelyitä tulisi kehittää erityisesti sellaisten kohteiden osalta, joista tulee toistuvasti erheellisiä ilmoituksia.

Pelastuslain (468/2003) 22 §:ssä säädetään rakennusten ja laitteiden kunnossapitovelvoitteesta. Kunnossapitovelvoite kohdistuu rakennuksen omistajaan tai haltijaan yleisten tilojen ja koko rakennusta palvelevien järjestelyjen osalta. Säännöksen mukaan viran-

omaisten määrämät ja säädöksissä vaaditut palonilmaisulaitteet on pidettävä toimintakunnossa sekä huollettava ja tarkastettava asianmukaisesti. Pelastuslain 38 §:ssä säädetään, että pelastusviranomaisen on palotarkastuksen yhteydessä tai muutoin havaitessaan puutteita määrättävä ne korjattavaksi. ”Muutoin havaitessa” -tilanne on esimerkiksi automaattihälytyksestä aiheutunut tarkastus- ja varmistustehtävä. Paloilmoittimen kunnossapitovelvoitteen laiminlyönti on siis pelastusrikkomus, johon pelastusviranomaisten on puututtava [39].

Pelastusviranomaisen ja kiinteistön omistajan tai haltijan rooleja tulisi selkiyttää. Kiinteistöissä on usein virheellinen käsitys, että pelastuslaitos omistaisi talotekniikkaan tai kiinteistöinformaatioon liittyviä laitteita. Pelastusviranomaisten, kiinteistönomistajien tai -haltijoiden ja kiinteistöissä työskentelevien välistä tiedonvälitystä tulisi kehittää ja terminologiaa tulisi saada yhtenäistettyä [39].

Ruotsissa on eräissä kohteissa mahdollista käyttää ns. viivästettyä ilmaisua [5]. Myös Helsingissä on meneillään paloilmoituksen viivästyksen liittyvä kokeilu, jossa on mukana viisi pilottikohdetta [39]. Kiinteistön henkilökunta voi tutkia palohälytyksen syytä tietyn ajan, ennen kuin hälytys ohjautuu hätäkeskukseen. Tänä aikana henkilökunta voi kuitata hälytyksen, mikäli se on erheellinen. Tapaus- ja kohdekohtaisesti ennalta määritetyn ajan jälkeen ilmoitus siirtyy automaattisesti hätäkeskukseen palohälytyksenä, jos kiinteistö ei ole kuitannut hälytystä pois. Paloilmoituspainikkeella tehty palohälytys ohjautuu automaattisesti suoraan hätäkeskukseen. Tällainen käytäntö edellyttää kiinteistön henkilökunnalta vastuullista toimintaa ja asiantuntemusta turvallisuuden varmistamiseksi.

3. Integroidut järjestelmät

Paloilmoitin on määritelmän mukaan laitteisto, joka antaa automaattisesti ja välittömästi ilmoituksen alkavasta palosta ja laitteiston toimintavalmiutta vaarantavista vioista sekä paikallisesti että hätäkeskukseen. Paloilmoitin muodostuu ilmoitinkeskuksesta, teholähteestä, paloilmaisimista, paloilmotuspainikkeista, hälyttimistä ja automaattisesta ilmoituksensiirotjärjestelmästä. Paloilmoittimeen voi liittyä myös muiden pelastustöitä helpottavien laitteiden toimintailmoituksia ja toiminnaltaan samantasoisia ohjausvirtapiirejä [8].

Paloilmoittimen tulee olla itsenäinen järjestelmä, joten nyrkkisääntönä on, että paloilmoitin voi ohjata muita järjestelmiä mutta ne eivät voi ohjata paloilmoitinta. Tarkoitus on, että paloilmoittimeen liitettävät ohjaukset eivät saa vaarantaa paloilmoittimen toimintaa.

Oikein toteutettuina paloilmoitin- ja rakennusautomaatiojärjestelmien integroinnilla on kuitenkin saavutettavissa monia taloudellisia ja toiminnallisia etuja. Näitä ovat mm. keskitetty pääsy rakennusinformaatioon, helpompi kunnossapitotoiminta, antureista saatavan tiedon jakaminen, savunpoiston hallinta, tieto ihmisten paikantamiseksi hätätilanteessa ja edellytysten luominen uudelle toimivuutta ja turvallisuutta parantavalle teknologialle [40].

Vaikka järjestelmien integrointi on periaatteessa toivottavaa, sen toteuttaminen ei ole käytännössä yksinkertaista. Paloilmoitinjärjestelmien integrointia muiden järjestelmien kanssa säätelevät määräykset ja ohjeet eri maissa ovat erilaisia ja vaihtelevantasoisia. Integroidun järjestelmän suunnittelijalta ja asentajalta vaaditaan kykyä ymmärtää näitä ohjeita ja selvittää, mitkä toiminnot asetetaan etusijalle järjestelmiä yhdistettäessä. Integroidun järjestelmän mukauttaminen täyttämään monien erilaisten määräysten ja ohjeiden vaatimukset saattaa tehdä integraatiosta liian monimutkaista, aikaa vievää ja kallista [41].

Eurooppalainen sähköteknisen standardoinnin komitea CENELEC (engl. European Committee for Electrotechnical Standardization) on laatinut teknisen spesifikaation CLC/TS 50398 [42], joka kuvaa yhdistettyjen ja integroitujen hälytysjärjestelmien yleisiä vaatimuksia ja erityyppisiä laitteistokokoonpanoja. Tekninen spesifikaatio on suomennettu ja julkaistu SFS-standardina SFS-CLC/TS 50398. Standardia sovelletaan toisten järjestelmien kanssa yhdistettävälle ja integroitaville hälytysjärjestelmille. Siinä määritetään integraatiosääntöihin liittyvät vaatimukset ja annetaan lisätietoja yhdistettyjen ja integroitujen järjestelmien alustavalle suunnittelulle, asennuksen suunnittelulle, asennukselle, käyttöönotolle, käytölle ja ylläpidolle. Tarkoituksena on täydentää hälytyssovelluksiin liittyviä yksittäisiä standardeja ja selvittää ristiriitaisia kohtia.

3.1 Integrointi muihin palo- ja poistumisturvallisuuden liittyviin järjestelmiin

Paloilmoitinjärjestelmällä on toiminnallisia yhteyksiä muihin paloturvallisuuden liittyviin järjestelmiin, joten näiden järjestelmien yhteentoimivuus ja integrointi on erityisen tarkoituksenmukaista. Tällaisia järjestelmiä ovat esimerkiksi savunpoisto- ja sammutusjärjestelmät, poistumisopasteet ja -kuulutukset sekä palo-ovien, lukitusten ja hissien ohjaukset.

Savunpoistoluukkuja ohjataan yleensä erillisestä laukaisukeskuksesta käsiohjauksella. Tällöin palokunta voi tulipalotilanteessa valita avattavat luukut palotilanteen mukaan. Savunpoistoluukut voidaan laukaista myös automaattisesti savuilmamaisimilla, jotka on yhdistetty savunpoistolaukaisukeskukseen. Laukaisusta välitetään palotieto paloilmoitimelle [5].

Paloilmoittimeen voidaan liittää sprinkleri- ja sammutuskaasujärjestelmien palo- ja vikatiedot edelleen välitettäväksi ja mahdollisia jatko-ohjauksia varten. Jos paloilmoitin ohjaa sammutuslaitteistoa, on huomioitava Suomen rakentamismääräyskokoelman E-sarjan julkaisut ja Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliiton ohjeet [43].

Oikein toteutettuna paloilmoitinjärjestelmän, automaattisen sammutusjärjestelmän ja savunpoiston yhdistelmällä saadaan ihmiset turvaan savunmuodostukselta, pienennetään omaisuuden savuvahinkoja ja saadaan aikaan riittävän tehokas alkusammutus, jotta pelastustoimelle taataan onnistumisen mahdollisuudet tulipalon sammutuksessa [44].

Paloilmoitinjärjestelmä voi palohälytyksen tullessa automaattisesti pysäyttää ilmastointijärjestelmän savun leviämisen vähentämiseksi ja sulkea palo-ovet palon etenemisen hidastamiseksi. Hissit voidaan ohjata halutulle tasolle ja sulkea pois käytöstä. Erikoistoimenpiteet ja turvallisuussäännöt hissien toiminnan varmistamiseksi tulipalotilanteessa perustuen palohälytysjärjestelmän hissien ohjausjärjestelmälle antamiin signaaleihin määritellään standardissa SFS-EN 81-73 [45]. Paloilmoitinjärjestelmä voi aktivoida myös poistumisopasteet, -valaistuksen ja -kuulutukset. Sisäasiainministeriön asetuksen rakennusten poistumisreitien merkitsemisestä ja valaisemisesta (805/2005) 5 §:n mukaan poistumisopasteiden on oltava aina valaistuja ja poistumisreitit muun valaistuksen on käynnistytävä, kun tavallinen valaistus joutuu epäkuntoon. Paloilmoitinjärjestelmän antamien signaalien perusteella on teknisesti toteutettavissa myös turvallisimman poistumisreitit osoittaminen esimerkiksi suuntaa näyttävien valonauhojen avulla, joita käytetään yleisesti laivoissa ja lentokoneissa.

3.2 Integrointi LVI-järjestelmiin

Paloilmaisinjärjestelmiä on jo pitkään integroitu ilmanvaihtojärjestelmien puhaltimien ja peltien ohjauksen kanssa savun leviämisen estämiseksi ja savunpoiston edistämiseksi. Yksinkertaisimmillaan palohälytys aktivoi releiden avulla normaalikäytön ohittavan poikkeustilajärjestelyn, jossa puhaltimet ja pellit kytketään kaksitilaohjauksella päälle ja pois tai auki ja kiinni. Tämä käytäntö soveltuu järjestelmiin, jotka toimivat vakiotilavuudella.

Nykyaikaisissa LVI-järjestelmissä käytetään kuitenkin muuttuvia ilmavirtauksia energiankulutuksen pienentämiseksi. Nämä järjestelmät vaativat kehittyneitä säätöalgoritmeja ohjaamaan joko jatkuvasti muuttuvaa puhaltimen nopeutta tai johdesiivistöä tuloilman kanavan staattisen paineen säätämiseksi. Järjestelmiin on rakennettava varolaitteet suojaamaan putkistoa ylikuormitukselta, mikäli pellit eivät avaudu puhaltimien käynnistyessä. Savun hallinta on tällaisissa LVI-järjestelmissä siten monimutkaisempaa ja ylittää tavallisten paloilmoitinjärjestelmien suorituskyvyn. Paloturvallisuusjärjestelmän tulisi siirtää LVI-järjestelmä savunpoistotoimintoon, jossa LVI-järjestelmä ohjaisi laitteita tarkoitukseenmukaisella tavalla [40].

Tulipalon havaitsemista varten on kehitetty ilmaisimia, jotka tunnistavat tulipalossa syntyviä yhdisteitä. Tällaiset ilmaisimet olisivat helposti integroitavissa LVI-järjestelmiin. Saman informaation käyttö useammassa järjestelmässä tekee uuden ilmaisinteknologian hyödyntämisestä kustannustehokkaampaa.

3.3 Integrointi kulunvalvonta- ja rikosilmoitinjärjestelmiin

Paloturvallisuusmääräysten mukaan rakennuksesta tulee voida poistua turvallisesti tulipalossa tai muussa hätätilanteessa. Uloskäytävien ja niihin johtavien ovien tulee olla hätätilanteessa helposti avattavissa [46]. Käytännössä poistumistien tulee olla hätätilanteessa avattavissa poistumissuuntaan ilman avainta. Paloturvallisuus- ja poistumistiemääräykset ovat viranomaismääräyksiä, joiden noudattaminen on pakollista. Rakennusten poistumisreitit tulee selvittää rakennusluvassa. Muutokset jo olemassa olevan rakennuksen poistumisreitteihin vaativat yleensä muutoksen rakennuslupa. Rakennuslupa-asioista päättää kunnan rakennusvalvonta.

Henkilöturvallisuuden kannalta kiinteistöjen kulunohjauksessa keskeistä on varmistaa, että kulunohjausjärjestelmä ei palo- tai muussa onnettomuustilanteessa vaikeuta ja hidasta poistumista. Käytännössä tämä voi tarkoittaa esimerkiksi sitä, että palohälytyksen tullessa kulunohjausjärjestelmä avaa tiettyjen ovien lukituksen, jotta niitä voidaan käyttää poistumisteinä.

Turvallisen hätäpoistumisen varmistavaa lukituksenohjausta suunniteltaessa on huomioitava myös väärinkäytösten riski. Rakennukseen epärehellisessä tarkoituksessa tunkeutuva henkilö voi esimerkiksi aiheuttaa palohälytyksen saadakseen avoimen kulkureitin, anastaa tavoittelemansa tavaran tai dokumentin ja poistua sitten rakennuksesta muiden mukana. Poistumisturvallisuuden ja kulunohjauksen tarkoituksenmukainen yhteensovittaminen edellyttää siten kohdekohtaisten tarpeiden tarkkaa selvitystä sekä huolellista lukituksen suunnittelua ja toteutusta.

Monissa rakennuksissa kulunvalvonnasta on saatavissa tieto ihmisten sijainnista. Tämän tiedon tuominen paloturvallisuusjärjestelmän käyttöön olisi hyödyllistä hätätilanteessa. Pelastushenkilöstö osaisi tällöin etsiä evakuoitavia oikeista paikoista ja toisaalta välttää olosuhteiltaan vaarallisia alueita, joissa pelastettavia ei ole. On kuitenkin huomattava tähän järjestelyyn liittyvät epävarmuustekijät, koska hätätilanteessa ihmiset eivät välttämättä avaa ovia kulunvalvontainformaatiota tuottavalla tavalla (esim. kulkukortilla) vaan vaikkapa ovenkahvaa painamalla, mikäli se on mahdollista.

Rikoksantorjunnalla on huomattava merkitys tuhopolttojen ehkäisyssä. Yhdistämällä kulunvalvonta, lukitukset, liikeilmaisimet ja murtohälyttimet paloilmoinjärjestelmään voidaan edesauttaa vaativien kohteiden tehokasta suojausta [44]. Murtoilmaisimien liittäminen paloilmoinjärjestelmään ei kuitenkaan saa johtaa sellaiseen tilanteeseen, että murtotilanteessa paikalle hälytetään poliisin sijasta pelastuslaitos. Tehokkaan suojauksen seurauksena ei saa olla virheellisen tapahtumatiedon välittyminen viranomaisille.

3.4 Kommunikaatiostandardeista

Eurooppalaisessa standardointikomiteassa CEN:ssä rakennusautomaation standardointityötä tekee tekninen komitea TC 247 ”Building Automation, Controls and Building Management”. CEN/TC 247 on julkaissut kolme kommunikaatiojärjestelmää osana standardisarjaa EN 50090 ”Home and Building Electronic System”. Nämä kommunikaatiojärjestelmät ovat BACnet, KNX ja LonWorks [47].

Nämä rakennusautomaatio- ja -valvontajärjestelmien integrointia varten kehitetyt kommunikaatioprotokollat määrittelevät standardoidut säännöt, jotka ohjaavat tiedonvaihtoa tietokoneverkon yli ja joiden avulla eri valmistajien laitteet voivat toimia samassa järjestelmässä. Niitä käyttäen on toteutettu monimutkaisuuksiltaan eritasoisia järjestelmiä yksittäisistä yhdysväylistä useita eri rakennuksia kattaviin järjestelmiin asti. Kommunikaatioprotokollien avulla yhteentoimiviin tuotteisiin kuuluu mm. LVI-, valaistus-, kulunvalvonta- ja paloilmoinjärjestelmiä.

3.5 Turvallisuuden varmistaminen integroinnissa

Koska paloilmoitinjärjestelmien luotettavuus vaikuttaa keskeisesti ihmisten turvallisuuteen, niiden häiriötön ja tarkoituksenmukainen toiminta on varmistettava myös siinä tapauksessa, että ne integroidaan muiden rakennusautomaatiojärjestelmien kanssa. Ensiarvoisen tärkeätä on, että paloturvallisuuteen liittyvät järjestelmät toimivat luotettavana kokonaisuutena hätätilanteessa. Lisäksi muiden järjestelmien vikatilanteiden aiheuttamat häiriöt paloilmoitinjärjestelmään on estettävä. Paloturvallisuusjärjestelmien ja erilaisten talo- ja turvatekniikkajärjestelmien integroinnissa tulee huomioida erityisesti hätäkeskuksiin liitettyjen paloilmittimien laitteistot ja ohjaukset.

Kaikkien rakennusautomaatiosovellusten toteuttaminen yhtenä täysin integroituna järjestelmänä on epäkäytännöllistä ja aiheuttaa riskejä, joita ei turvallisuuteen liittyvissä järjestelmissä voida hyväksyä. Tällaisessa järjestelmässä esiintyvä vika voisi helposti vaarantaa esimerkiksi paloilmittimen elintärkeät toiminnot [41].

Paloilmoitinjärjestelmien loukkaamattomuuden (engl. integrity) ylläpito ja suojaus muiden järjestelmien häiriöiltä ovat toteutettavissa järjestelmäsuunnittelun kautta. Nykyisin tämä toteutetaan käyttäen yhdysväylää erottamaan paloilmoitinjärjestelmä ulkoisista häiriötekijöistä. Paloilmoitinjärjestelmän kaikki komponentit sijaitsevat yhdysväylän samalla puolella ja kommunikoivat sovelluskohtaista protokollaa käyttäen. Yhdysväylä mahdollistaa tiedonvaihdon muiden rakennusautomaatiojärjestelmien kanssa mutta suojaa paloilmoitinjärjestelmää ulkoisilta häiriöiltä. Tämä käytäntö tuottaa tarpeellisen suojaustason, mutta toisaalta rajoittaa integrointimahdollisuuksia.

Vaihtoehtoinen tapa on luoda integroitujen järjestelmien verkosto. Valitsemalla sopiva verkkoteknologia ja käytännöt tietoliikenteen suodattamiseksi reitittimien ja siltojen avulla häiriöongelmat voidaan eliminoida. Lisäksi on varmistettava, että paloturvallisuusjärjestelmän käytössä on tarpeellinen kaistanleveys hätätilanteessa [40].

Erityisen vaativissa kohteissa on mahdollista toteuttaa järjestelmä kriittisiltä osin kaksinkertaisena. Tällöin vikaantumis- tai häiriötilanteessa rinnakkainen järjestelmä varmistaa paloturvallisuuslaitteiden toiminnan.

Paloilmoitinjärjestelmissä on tärkeätä varmistaa, että vain valtuutettu henkilöstö voi vaientaa ja kuitata hälytyksiä ja suorittaa muita toimenpiteitä, jotka olennaisesti vaikuttavat järjestelmän toimintaan tai tilaan. Perinteisesti tämä on toteutettu erityisten palojärjestelmätyöasemien avulla, jotka mahdollistavat tietyt toiminnot, kun käyttäjä kirjautuu sisään järjestelmään. Integroidussa järjestelmässä saattaa olla monia työasemia, joilta voi lähettää viestejä paloilmoitinjärjestelmän komponenteille. Paloilmoitinkeskukset on

suojattava rakennuksen muiden laitteiden ja työasemien aiheuttamilta häiriöiltä, joten tarvitaan mekanismit viestien oikeellisuuden vahvistamiseksi.

Erilaisten järjestelmien integrointia toteutettaessa vaarana on puutteellinen yhteistyö ja tiedonkulku projektin eri vaiheissa rakennuttajan, urakoitsijan, laitetoimittajien ja suunnittelijoiden välillä. Projektin toteutuksen reunaehdot asettaa yleensä rakennuttaja kustannuskysymysten vuoksi, mikä johtaa usein halvimpien mahdollisten laitteiden valintaan. Jos laitetoimitukset viivästyvät, osa laitteista voidaan ääritapauksessa joutua liittämään järjestelmään jälkiasennuksena, mikä tuottaa ongelmia laitteistojen integroinnissa ja järjestelmän luotettavuudessa. Luotettavan ja käyttötarkoituksenmukaisen integroidun järjestelmän toteuttamisessa välttämätöntä onkin projektin eri osapuolten toimiva ja vastuullinen yhteistyö, joka alkaa jo suunnitteluvaiheessa paljon ennen laitteiston asennusta ja käyttöönottoa. Integroiduissa järjestelmissä korostuu myös asianmukaisen kunnossapidon ja huollon merkitys. Järjestelmien kehittyessä tulee entistä tarkemmin varmistaa ylläpito-, huolto- ja korjaushenkilöstön osaaminen. Kehittyneiden laitteistojen ja järjestelmien toteuttaminen ei vastaa tarkoitustaan, jos taidot kunnossapitoon kohteessa ovat riittämättömät.

3.6 Integrointi ja lainsäädäntö

Paloturvallisuusjärjestelmien integrointia koskevia säädöksiä ja ohjeita on lukuisia eri maissa, ja ne ovat velvoittavuudeltaan eritasoisia. Euroopan unionissa pyritään standardien harmonisointiin, mutta lainsäädäntö toteutetaan edelleen kansallisesti. Standardien soveltamiseksi käytäntöön tarvitaan viranomaisilta päätöksiä siitä, kuka ottaa kantaa käytettävän tekniikan standardinmukaisuuteen tai valtuuttaa poikkeamaan standardista. Olisi siis kehitettävä hyväksyntäjärjestely toteutettaville integraatioratkaisuille. Käytännössä tämä voisi tapahtua laajentamalla tarkastuslaitosten hyväksyntä myös integraatiokysymyksiin.

Yleisiä vaatimuksia palonilmaisu- ja palohälytysjärjestelmien yhteensopivuudesta ja niiden kytkennästä muihin järjestelmiin kuvataan standardissa EN 54-13 [48]. Sen mukaan paloilmoinjärjestelmän toimintojen jakaminen muiden järjestelmien kanssa tai paloilmoinjärjestelmään kuuluvan laitteen suorittama palonilmaisuun liittymätön toiminto ei saa vaarantaa paloilmoinjärjestelmän toimintaa. Verkotetuissa järjestelmissä järjestelmävikka yhdessä ilmoitinkeskuksessa ei saa vaikuttaa muihin kuin tähän ilmoitinkeskukseen ja siihen kuuluviin laitteisiin. Yksittäinen vika kahta ilmoitinkeskusta yhdistävässä siirtotiessä ei saa haitata verkotetun järjestelmän minkään osan oikeata toimintaa.

Laki pelastustoimen laitteista (10/2007) [49] tuli voimaan 1.2.2007. Sen 7 §:ssä säädetään: ”Laitteiston suunnittelussa ja asennuksessa on otettava huomioon laitteiston ja asennuskohteen käyttötarkoitus sekä niiden yhteensopivuus laitteiston toimintaan mahdollisesti vaikuttavien muiden järjestelmien kanssa.” Uudessa laitelaissa pelastustoimen laitteiksi on määritelty entistä laajempi valikoima laitteita, kuten turvakuulutusjärjestelmät. Osa 31.12.2006 kumoutuneiden paloilmoin- ja sammutuslaitteistoasetusten asioista on nostettu lakitasolle. Sisäasiainministeriö ohjeistaa, että siirtymäaikana ennen uusien asetusten antamista noudatetaan ohjeellisina 31.12.2006 kumoutuneita asetuksia yhdessä pelastustoimen laitelain kanssa.

Suomen voimassa olevassa lainsäädännössä ei ole paloilmoinjärjestelmien ja muiden järjestelmien integrointia koskevia määräyksiä. Integraatiokehitys tulisi jatkossa huomioida lainsäädännössä ainakin siten, että uudet asetukset eivät kiellä sitä.

4. Kiinteistöinformaation hyödyntämismahdollisuudet

Kiinteistötieto- ja rakennusautomaatiojärjestelmät sisältävät suuren määrän rakennuksen tilaa kuvaavaa informaatiota, joka olisi hyödyllistä pelastushenkilöstölle tulipalon tai muun hätätilanteen sattuessa. Tämän tiedon käyttöön saaminen, parhaassa tapauksessa jo matkalla kohteeseen, voisi tehostaa ja nopeuttaa pelastus- ja sammutustoimia ja siten parantaa henkilöturvallisuutta ja pienentää vahinkoja.

Kiinteistötiedon tehokkaaksi hyödyntämiseksi hätätilanteessa on määriteltävä monia tiedon siirtoon ja käyttöön liittyviä asioita. Suuresta informaatiomäärästä on valittava pelastus- ja sammutustoimien kannalta olennainen tieto ja esitettävä se tarkoituksenmukaisessa muodossa. On myös ratkaistava, miten tietoja säilytetään ja ylläpidetään ja miten ne saadaan pelastushenkilöstön käyttöön tositilanteessa. Näillä määrittelyillä voidaan luoda perusta pelastuslaitosten päätöstukijärjestelmälle, joka täysipainoisesti hyödyntää kehittyntä tekniikkaa.

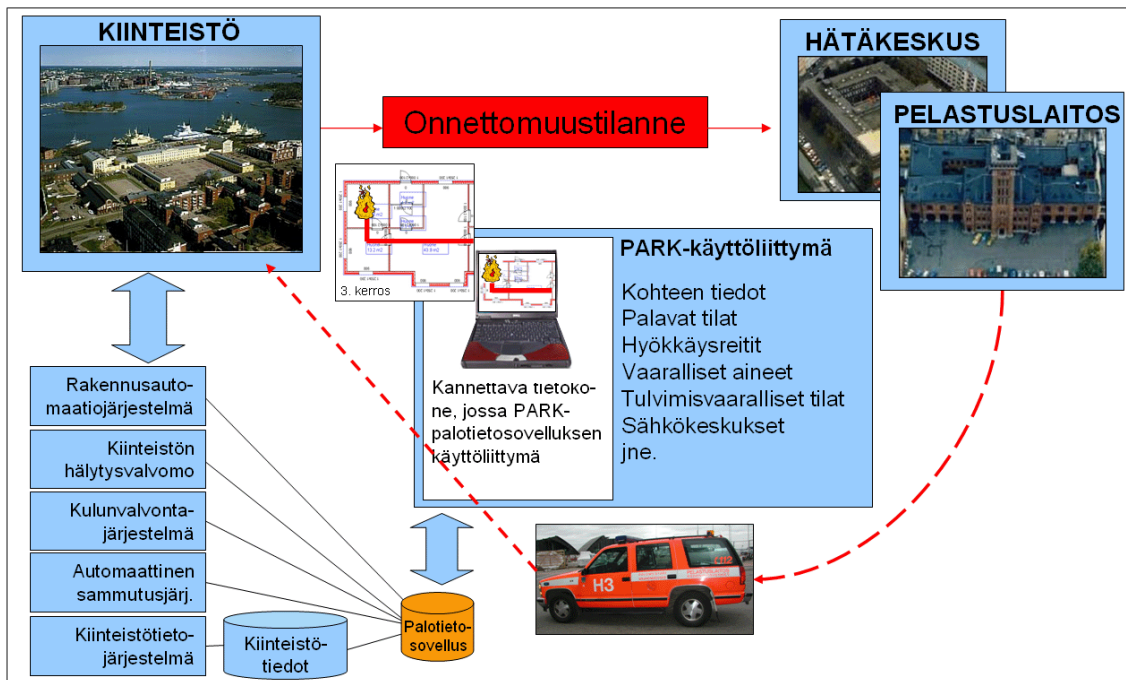
4.1 Pelastusajoneuvon raportoiva kiinteistö

Esimerkkinä kiinteistöinformaation käytöstä paloturvallisuuden parantamisessa ja palovahinkojen pienentämisessä on pelastusajoneuvon raportoiva kiinteistö (PARK). PARK-hankkeessa kehitetään pelastusautossa toimiva, uusia ICT-teknologioita hyödynnettävä järjestelmä, joka mahdollistaa tulipaloihin liittyvien taloudellisten, inhimillisten ja välillisten vahinkojen pienentämisen nopeuttamalla ja tehostamalla pelastustyötä. Keskeisenä ajatuksena on, että tulipalotilanteessa PARK-järjestelmä raportoi johtoautoon pelastustilanteessa tarvittavaa ajantasaista ja ehdottoman luotettavaa tietoa palavasta kiinteistöstä (kuva 6).

Keskeisenä ajatuksena on, että PARK-järjestelmä yhdistää ajantasaiset kiinteistötiedot (mm. kiinteistön CAD-pohjakuvat), palohälytyksen (paloilmaisimelta, paloryhmästä tai rakennuksesta) ja tulipalotilanteen kannalta keskeisten teknisten järjestelmien (mm. sammutus, savunpoisto ja ilmanvaihto) tiedot tilanteeseen liittyväksi täsmäraportiksi ja siirtää ko. tiedon liikkuvaan pelastusautoon.

Pelastusautoon tulipalotilanteessa raportoitavaa tietoa ovat mm. tulipalon syttymispaikka, palavat tilat ja lauenneet paloryhmät tai paloilmaisimet, ajan tasalla oleva lähialueen kartta pelastusteineen ja hyökkäysreitteineen, vaarallisten aineiden sijainnit, tulvimisvaaralliset tilat, hengenvaarallisia tilanteita mahdollisesti aiheuttavien sähkökeskusten ja muuntajien sijainnit, suojeltavat tilat, hissit ja kuilut, palo-osastot, lauenneet sammutussilmukat, ilmanvaihdon ym. teknisten järjestelmien tilatiedot ja vaikutusalueet,

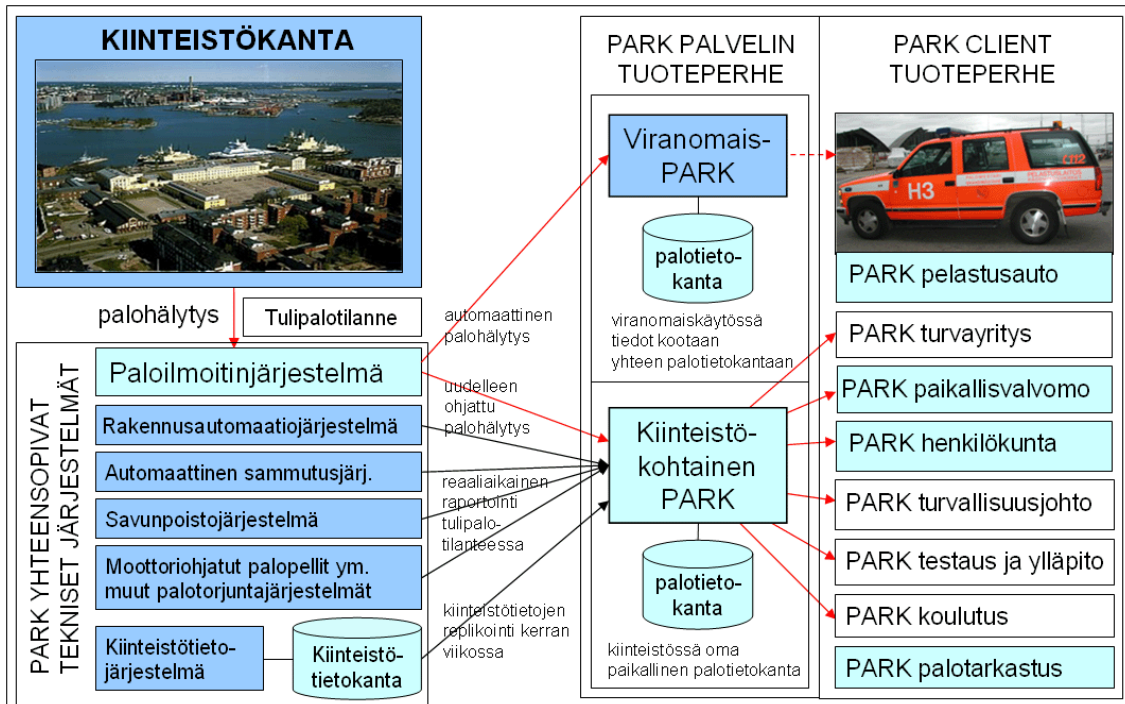
savunpoistovyöhykkeet, paikantamiskaaviot, paloilmoitinkeskuksen sekä tärkeimpien sulkujen ja kytkimien sijainnit ja keskeisten toimijoiden yhteystiedot.



Kuva 6. Pelastusautoon raportoiva kiinteistö (PARK).

Järjestelmä on integroitu OPC-liitäntäisiin paloilmoitinkeskuksiin, ja ALERTA-integraatio valmistuu vuoden 2006 aikana. Järjestelmää on testattu ja demonstroitu 3G-, GPRS-, WLAN- ja kiinteillä internetyhteyksillä, ja järjestelmän perusratkaisut on todettu toimiviksi. Järjestelmän liityntöjä todelliseen hätäkeskus- ja paloautoympäristöön ei ole vielä toteutettu.

PARK-tuoteperhe esitellään kuvassa 7. Vuoden 2006 aikana PARK-järjestelmä on laajennettu soveltumaan myös paikalliseen käyttöön (mm. paikallisvalvomot ja henkilökunta).



Kuva 7. PARK-tuoteperhe.

4.2 Palon kehittymisen ennustaminen

Erilaisia suureita mittaavien antureiden käyttö kiinteistöissä tarjoaa mahdollisuuden paitsi tulipalon havaitsemiseen myös tulipalotilanteen analysointiin ja palon kehittymisen ennustamiseen. Yhdysvalloissa National Institute for Standards and Technology - tutkimuslaitoksessa (NIST) on kehitetty malli, joka käyttää lämpö- tai savuilmatisimien antamia signaaleja palotehon laskentaan ja ennustaa sen perusteella savukerroksen muodostumisen ja lämpötilakehityksen vyöhykemallia käyttäen. Saatua tietoa voidaan käyttää tilojen olosuhteiden, kuten rajoitetun näkyvyyden ja lieskahdusriskin, arviointiin. Muulloin kuin palotilanteessa malli tarkkailee ilmaisimien toimintakykyä ja vikatilanteita sekä pyrkii tunnistamaan erheelliset hälytykset [50, 51].

NIST:n mallin toiminta on seuraava:

1. Käyttäjä syöttää malliin rakennustiedon, joka sisältää huoneiden, käytävien ja muiden tilojen muodon ja sijoittelun sekä aukkojen lukumäärän, sijainnin, koon ja tyypin.
2. Käyttäjä syöttää malliin ilmaisimien sijainnin, tyypin, kalibrointitiedot ja asetusarvot.
3. Malli initialisoi itsensä ja alkaa kerätä ja tallentaa tietoa rakennuksen olosuhteista.

4. Malli valvoo ilmaisimia jatkuvasti ja etsii viitteitä ilmaisinvioista ja mahdollisista riski- tai palotilanteista.
5. Käyttäjä saa sijainti- ja tyyppitiedon ilmaisimesta, jossa on toimintahäiriö.
6. Jos malli tunnistaa mahdollisesti tulipalosta aiheutuvan signaalin, se toteuttaa vikahälytystarkistuksen varmistukseksi, onko kyseessä todellinen tulipalotilanne. Tarkistus perustuu muiden lähialueella olevien ilmaisimien signaaleihin.
7. Jos signaali osoittautuu tulipalosta johtuvaksi, malli arvioi palon koon ja sijainnin, ennustaa palon kasvun ja leviämisen sekä tunnistaa mahdolliset paloon liittyvät riskit palotilassa ja ympäröivissä tiloissa.

Tarkasteltaessa ilmaisimien antamaan tietoon perustuvia palon leviämisen ennusteita on huomioitava tiettyjä vaikeasti ennakoitavia asioita, joita tulipaloissa voi tapahtua. Tämäntyyppisen mallin ennustuskyky heikkenee, kun paloskenaario alkaa poiketa mallissa tehdyistä fysikaalisista ja geometrisista oletuksista. Monet ilmiöt, kuten tuuli, ikkunan särkyminen tai seinärakenteen pettäminen, vaikuttavat merkittävästi mallin edellytyksiin ennustaa palon kasvua ja leviämistä. Osa näistä vaikutuksista kompensoituu ilmaisimien antamien jatkuvien signaalien ansiosta. Ennusteiden tarkkuuden arviointi edellyttää kuitenkin laajaa kokeellista validointia, josta tällä hetkellä on saatavilla vain rajallisesti tietoa [51, 52].

5. Talotekniikka ja paloturvallisuus: tulevaisuudennäkymät

Tulevaisuudennäkymien kartoittamiseksi hankkeessa laadittiin kysely talo- ja turvatekniikan hyödyntämisestä paloturvallisuuden edistämiseksi. Kyselyn aihepiireinä olivat kiinteistöinformaation hyödyntäminen paloturvallisuuden edistämiseksi sekä paloturvallisuusjärjestelmien ja talo- ja turvatekniikkajärjestelmien integrointi.

Kyselyn sisältö oli seuraava:

1. Kiinteistöinformaation hyödyntäminen paloturvallisuuden edistämiseksi

- Miten ja missä määrin kiinteistöinformaatiota nykyisin hyödynnetään tulipalojen ehkäisyssä ja palovahinkojen pienentämisessä?
- Mitä kehitystarpeita kiinteistöinformaatiojärjestelmissä on paloturvallisuuden kannalta?
- Mitä lisämahdollisuuksia tekniikan kehitys voi tarjota?

2. Paloturvallisuusjärjestelmien ja talo- ja turvatekniikkajärjestelmien integrointi

- Mikä on käsityksenne paloturvallisuusjärjestelmien ja erilaisten talo- ja turvatekniikkajärjestelmien (LVI, kulunvalvonta, rikosilmoitus jne.) integraation nykytilanteesta?
- Mitä etuja eri järjestelmien integroinnilla voidaan saavuttaa?
- Miten ja kenen toimesta integraatiokehitystä voitaisiin edistää?
- Mitä kielteisiä vaikutuksia integroinnilla voi olla?
- Mitkä tekijät hidastavat eri järjestelmien integraatiota?
- Mitkä tekijät edesauttavat ja mitkä hidastavat integroitujen järjestelmien yleistymistä?
- Miten lainsäädäntö ja standardointi vaikuttavat integrointiin?

3. Muut kommentit?

Kysely lähetettiin sähköpostitse 62 palo- ja talotekniikan asiantuntijalle. Vastauksia saatiin 10. Melko alhaisesta vastausprosentista (16 %) huolimatta vastauksista voitiin muodostaa kuva alan nykytasosta ja kehitystarpeista. Seuraavat vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia käsittelevät kohdat perustuvat kyselyyn saatuihin vastauksiin, asiantuntijahaastatteluihin ja kirjallisuuteen.

5.1 Vahvuudet ja heikkoudet

Talo- ja turvatekniikan hyödyntämisessä paloturvallisuuden edistämiseksi tärkeänä vahvuutena on tekniikan kehitys palonilmaisussa, talotekniikassa ja rakennusautomaatiossa, mikä luo hyvän pohjan järjestelmien integraatiolle. Teollisuus-, tuotanto- ja toimistotilat varustetaan varsin yleisesti esimerkiksi savunpoisto- ja kiinteistövalvontajärjestelmillä. Nykyisin on jo tarjolla laajojakin järjestelmäkokonaisuuksia, jotka voivat sisältää mm. paloilmoitin- ja sammutusjärjestelmät, kulunvalvonnan, murtovalvonnan, kameravalvonnan tallentimiseen, aikakellot, poistumisopasteet sekä valaistuksen ja sisäilmaston ohjaukset.

Kehittynyttä tekniikkaa ja kiinteistökohtaista tietoa on siis periaatteessa käytettävissä runsaasti, mutta niitä hyödynnetään paloturvallisuuden edistämässä nykyisin vain rajallisesti, vähemmän kuin nykytekniikka mahdollistaisi. Toisaalta myös teknisiä kehitystarpeita löytyy erityisesti järjestelmien yhteentoimivuudessa. Eri toimilaitteiden keskinäisessä kommunikaatiossa ja tiedonsiirtoajapainnoissa on paljon kehitettävää. Koska järjestelmät saattavat olla teknisesti yhteensopimattomia eikä niille ole riittävästi yhteisiä tietojen määrityksiä, on eri toimittajien järjestelmien yhteenliittäminen toteutettava kohdekohtaisesti räätälöityinä ratkaisuinä. Lisäksi useat eri laitesukupolvet vaikeuttavat integrointia.

Turvallisuuden kannalta nyt ja tulevaisuudessa tärkeintä olisi, että käytössä olevat järjestelmät ovat käyttötarkoitukseensa sopivia ja luotettavia ja kunnossapito on hoidettu valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti. Ennen tietyn perustason saavuttamista nykyisillä järjestelmillä näköpiirissä tuskin on kovin suurta ja nopeaa harppausta monimutkaisempiin integroituihin järjestelmiin.

Tuleva kehitys paloilmoitinjärjestelmien käytössä saattaa olla kaksijakoinen. Osa järjestelmien käyttäjistä on edelläkävijöitä, joilla on toimivat ja päivitettyt järjestelmät, jatkuva ja asianmukainen kunnossapito ja huolto sekä tasokas kiinteistön turvallisuuskulttuuri. Toinen osa ei huolehdi edes peruslaitteiden kunnossapidosta, mihin voi olla syynä joko tietämättömyys tai välinpitämättömyys.

Paloilmoitinjärjestelmien erityisenä heikkoutena on erheellisten hälytysten suuri määrä. On tosin huomattava, että suuri osa erheellisistä hälytyksistä aiheutuu muista kuin teknisistä syistä, käytännössä ihmisen toiminnasta. Ongelmia aiheuttavat väärin valitut tai sijoitetut ilmaisimet, asennusvirheet, puutteellinen ylläpito ja irtikytkennän laiminlyönti esimerkiksi korjaustöiden aikana.

5.2 Mahdollisuudet ja uhat

5.2.1 Anturi- ja ilmaisintekniikka

Uusi anturi- ja ilmaisinteknologia on keskeisessä asemassa älykkäissä rakennuksissa niin talotekniikan kuin paloturvallisuudenkin kannalta. Useita ilmaisimia käsittävien kokonaisuuksien avulla rakennus voi toimia reagoiden olosuhteisiin ja jopa käyttäjiin. Tarvittava suuri ilmaisimäärä lisää kuitenkin kustannuksia ja asettaa haasteita ilmaisimista saatavan tiedon hallinnalle ja hyödyntämiselle. Kustannustehokkaiden ilmaisimien kehittämisen onkin todettu olevan keskeinen teknologian kehittämiskohde älykkäiden rakennusten kannalta [9]. Monitoroitavia suureita tai ilmiöitä voidaan usein kuitenkin käyttää useampaan kuin yhteen tarkoitukseen, mikä parantaa kustannustehokkuutta. Esimerkiksi lämpötila-, ilmavirtaus- ja kaasupitoisuusmittaukset voivat antaa tietoa sekä paloturvallisuusjärjestelmään että normaaliin sisäilman laadun hallintaan.

Langattomat paloilmaisimet mahdollistavat helposti muunneltavan paloilmoinjärjestelmän toteuttamisen. Langaton järjestelmä on nopeampi ja halvempi asentaa kuin kaapelointia edellyttävä järjestelmä. Muutostyöt rakennuksen käyttötarkoituksen tai muiden olosuhteiden muuttuessa on helpompia toteuttaa. Erityisen merkittävä etu kaapeloinnin tarpeettomuus on historiallisissa ja muissa arvokohteissa, joissa pintoja vaurioitettava tai rumentava kaapelointi on poissuljettu. Koska langattomat paloilmoinnit ovat paristokäyttöisiä, on järjestelmän toimintavarmuuden vuoksi kiinnitettävä kuitenkin erityistä huomiota paristojen kunnossapitoon.

Yksi erityyppisten antureiden ja ilmaisimien käyttöön merkittävästi vaikuttava tekijä on kansainvälinen standardointi. Eurooppalaisella tasolla palonhavaitsemis- ja palohälytysjärjestelmiä koskevat vaatimukset, testimenetelmät ja arviointikriteerit määritellään EN 54 -standardissa, jota suurin osa Euroopan maista on sitoutunut noudattamaan. Kaikille ilmaisintyypeille standardia ei ole vielä julkaistu, joten standardointityö jatkuu. Palonhavaitsemis- ja palohälytysjärjestelmiä käsittelevät myös kansainväliset standardit ISO 7240 ja ISO 12239. Toisin kuin EN-standardit, ISO-standardit eivät ole jäsenmaita velvoittavia.

5.2.2 Kiinteistötiedon käyttö

Paikantamiskaavioiden ja pelastussuunnitelman laatiminen suoraan kiinteistön pohjakuvista edesauttaa työmäärän pienentämistä ja virheiden minimointia. Virhemahdollisuudet vähenevät edelleen integroidussa järjestelmässä, jossa paikantamiskaaviot ja talotekniikkakuvat voidaan päivittää samanaikaisesti ja samansisältöisesti.

Kiinteistötiedon laaja käyttö pelastus- ja sammutustyön suunnittelussa ja toteutuksessa tarjoaa mahdollisuuden paloturvallisuuden parantamiseen ja palovahinkojen pienentämiseen. Esimerkkinä tästä on pelastusajoneuvon raportoiva kiinteistö (PARK). PARK-järjestelmän käytännön hyödyntäminen ja yleistyminen edellyttää kuitenkin palotietokannan sisällön tarkkaa määrittelyä, laadintaohjeistusta ja ajan myötä myös standardointia.

Etäyhteyksiä ja langattomia verkkoja hyödyntämällä erilaisten järjestelmien tuottama tieto saadaan halutussa muodossa haluttuun paikkaan. Nopea ja luotettava tiedonkulku helpottaa vahinkotilanteisiin varautumista ja niissä toimimista.

Kiinteistö- ja palotietokantojen määrittely ja kokoaminen mahdollistaa myös kiinteistön omistajille ja muille vastuuhenkilöille suunnatut työkalut helpottamaan erilaisten huolehtimisvelvollisuuksien täyttämistä. Kun tietokanta ja sen ylläpitojärjestelmä on luotu, kiinteistötieto on hyödynnettävissä rakennuksen koko elinkaaren ajan esimerkiksi kunossapidon ja viranomaistarkastusten tarpeisiin.

5.2.3 Järjestelmäintegraatio

Järjestelmien integraatiokehitys luo edellytyksiä uudelle toimivuudelle ja turvallisuutta parantavalle teknologialle mahdollistamalla keskitetyn pääsyn rakennusinformaatioon. Integraatio helpottaa talo- ja turvatekniikkajärjestelmien toteutusta ja käyttöä. Jos eri sovelluksiin tarkoitetut järjestelmät ovat rajapinnoiltaan yhteensopivia, järjestelmien muodostama kokonaisuus on helposti laajennettavissa ja muutettavissa tarpeiden mukaisesti. Optimaalisessa tapauksessa kiinteistönomistaja voi valita joko kokonaisratkaisun yhdeltä valmistajalta tai yhdistelmän eri valmistajien yhteentoimivista järjestelmistä. Järjestelmien käyttäjän työtä integraatio helpottaa huomattavasti: useiden erilaisten käyttöliittymien opetteluun sijasta riittää perehtyminen yhteen käyttöliittymään, jolla voi hallita kaikkia järjestelmiä.

Integraatio parantaa turvallisuutta, kun kaikki järjestelmät toimivat tarkoituksenmukaisesti tulipalossa ja muissa poikkeustilanteissa. Palohälytyksen tullessa integroitu järjestelmä voi ohjata automaattista sammutusta, savunpoistoa, ilmastointia, lukituksia, hissejä, poistumisopastusta, varavalaistusta, kuulutuksia jne. Näin saavutetaan etuja tulipalon kriittisillä alkuminuuteilla. Integraatio mahdollistaa myös kiinteistön kaikkien poikkeamien raportoinnin turvajärjestelmien arvioitaviksi. Tämä voi edesauttaa esimerkiksi nopeaa tulipalon havaitsemista, erheellisten paloilmotusten vähentämistä ja tuhopolttojen ehkäisyä.

Kiinteistösektorin intressiryhmien lisääntynyt tiedontarve edesauttaa järjestelmäintegraation yleistymistä. Toinen merkittävä tekijä integraatiokehityksen edistämiseksi

olisi kiinteistöjen omistajien ja loppukäyttäjien vaatimus järjestelmien yhteen-toimivuudesta. Integraatiosta heille tarjoutuvia etuja ei nykyisin kuitenkaan riittävästi tiedosteta tai niitä ei osata arvostaa. Kiinteistönomistajien kannalta edistyksellinen talo- ja turvatekniikka vähentää kiinteistön turvallisuusriskitekijöihin liittyviä uhkia ja siten edistää kiinteistön arvon säilymistä. Loppukäyttäjille järjestelmäintegraatio tarjoaa turvallisemman, terveellisemmän ja miellyttävämmän asuin- tai työympäristön. Näitä asioita on käytännössä vaikea arvioida ostettavan tai vuokrattavan kiinteistön valintatilanteessa, koska rakennusten turvallisuus- tai muuta tasoluokitusjärjestelmää ei ole. Tällaisten järjestelmien luomiselle olisi kuitenkin tarvetta.

Integroitujen järjestelmien kannattava toteuttaminen edellyttää riittävää kysyntää. Vaikka edistyneen rakennusautomaation tarjoamat edut ovat yleisesti tiedossa, asiakkaat eivät aina ole valmiita maksamaan lisähintaa kehittyneemmistä järjestelmistä.

Suurimmat uhat järjestelmäintegraation kehitykselle ja yleistymiselle liittyvät integroitujen järjestelmien monimutkaisuuteen. Koska integroitu järjestelmä sisältää suuren määrän erilaisia komponentteja ja niiden tuottamaa informaatiota, kokonaisuus saattaa olla kohtuuttoman monimutkainen toteutettavaksi, hallittavaksi ja ylläpidettäväksi. Tuotettua tietoa ei välttämättä edelleenkään hyödynnetä täysipainoisesti. Käyttöliittymän näkymät saattavat sisältää liikaa informaatiota, josta osa on käyttäjälle tarpeetonta ja häiritsevää. Ääritapauksessa huonosti toteutetuista integroiduista järjestelmistä voisi tulla yksi uusi syy erheellisiin hälytyksiin. Integroitujen järjestelmien käyttö asettaa uudenlaisia vaatimuksia myös huolto-, ylläpito- ja korjaushenkilöstön ammattitaidolle. Kynnys perinteisten toimintamallien muuttamiseen on yleensä korkea, joten kehitystavoitteiden tulee olla realistisia.

Järjestelmäintegraatiota hidastavat myös suljettuihin erillisjärjestelmiin liittyvät kaupalliset intressit. Keskinäinen kilpailu ja useiden laite- ja järjestelmätoimittajien erilaiset näkemykset vaikeuttavat eri toimijoiden osaamisen yhdistämistä.

Hyvin toimivien integroitujen järjestelmien toteuttaminen edellyttää laajaa asiantunte- musta, monipuolista osaamista ja vastuullista toimintaa. Useiden laite- ja järjestelmä- toimittajien yhteishankkeisiin on löydettävä taho, joka ottaa kokonaisvastuun integraati- on suunnittelusta ja toteutuksesta muiden ollessa vastuussa oman osuutensa tarkoituksen- mukaisesta toiminnasta.

5.2.4 Yhteiskunnalliset tekijät

Mahdollisuuksia talo- ja turvatekniikalle paloturvallisuuden edistämiseksi tarjoaa yleinen turvallisuuskulttuurin korostuminen yrity maailmassa. Yritykset haluavat kasvavassa

määrin suojata aineellista ja aineetonta omaisuuttaan ja yrityskuvaansa erilaisilta uhkatekijöiltä mukaan lukien tulipalot.

Viime vuosina tapahtuneet muutokset kiinteistöjen omistuksessa ja käytössä voivat olla uhka rakennusten yleiselle turvallisuudelle. Ammattimainen kiinteistöjen omistus, vuokrasuhteeseen perustuva tilojen käyttö ja toimintojen ulkoistaminen saattavat johtaa vastuun hämärtymiseen ja pahimmillaan välinpitämättömyyden lisääntymiseen. Keskeisiä asioita turvallisuuden varmistamiseksi sekä normaalikäytössä että poikkeustilanteissa ovat vastuiden selkeä määrittely, riittävä tiedottaminen ja vastuuhenkilöiden koulutus.

Ajantasainen lainsäädäntö ja standardointityö voivat tukea talo- ja turvatekniikkajärjestelmien kehitystä. Erityisesti järjestelmäintegraation kehityksen hidasteena on nykyisin hyväksyntäkriteerien ja standardien puute ja alueellinen vaihtelevuus. Viranomaisilta kaivataan yleispätevää ohjeistusta järjestelmille asetettavista vaatimuksista ja hyväksyntämenettelyistä.

1.2.2007 voimaan tulleessa laissa pelastustoimen laitteista (10/2007) säädetään pelastustoimen laitteille asetettavista vaatimuksista sekä vaatimuksenmukaisuuden osoittamisesta ja valvonnasta. Pelastustoimen laitteilla tarkoitetaan erityisesti paloturvallisuuden kannalta merkittäviä teknisiä laitteita, joiden tulee olla varmatoimisia ja käyttötarkoituksensa sopivia. Lailla säädetään lisäksi eräiden valvonta- ja hälytysjärjestelmien toimivuudelle ja tekniselle yhteensopivuudelle asetettavista vaatimuksista. Valvontaa varten on vaatimustenmukaisuuden arviointia suorittavia arviointilaitoksia sekä rakennukseen asennettavien palonilmaisulaitteistojen ja automaattisten sammutuslaitteistojen tarkastuksia suorittavia tarkastuslaitoksia. Turvatekniikan keskus säädetään lain noudattamista valvovaksi yleiseksi valvontaviranomaiseksi [53]. Osa lakia täydentävistä asetuksista on valmisteilla. Tulevissa asetuksissa tulisi ottaa huomioon järjestelmäintegraatioon ja muihin kehityssuuntiin liittyvät asiat ainakin siten, että tekniikan kehityksen ja lainsäädännön välille ei muodostu ristiriitaa.

6. Yhteenveto

Talo- ja turvatekniikka tulipalotilanteessa: nykytilanne ja tarvekartoitus -projektissa kartoitettiin paloturvallisuuden huomiointia älykkäissä talotekniikka- ja kiinteistöinformaatiojärjestelmissä. Hankkeessa selvitettiin, miten nämä järjestelmät toimivat ennalta ehkäisevästi ja tulipalotilanteessa ja miten niitä hyödynnetään tai voitaisiin hyödyntää paloturvallisuuden edistämiseksi. Työssä tarkasteltiin nykytilanteen lisäksi tulevaisuuden kehitystarpeita ja -mahdollisuuksia.

Paloturvallisuuteen liittyvät järjestelmät ovat usein olennainen osa toimitilojen turvallisuusjärjestelmiä. Kiinteistöinformaatiota voitaisiin kuitenkin käyttää nykyistä laajemminkin paloturvallisuuden edistämiseen ja palovahinkojen pienentämiseen. Talotekniikka- ja kiinteistöinformaatiojärjestelmistä on saatavilla tietoa, jota olisi mahdollista käyttää tulipalojen ehkäisyssä ja havaitsemisessa sekä tulipalotilanteessa nopeuttamaan ja tehostamaan pelastus- ja sammutustyötä.

Henkilöturvallisuuden varmistamisen ja omaisuusvahinkojen minimoimisen kannalta on kriittistä, että palo havaitaan ja sammutetaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa tai ainakin estetään sen leviäminen. Tähän pyritään kiinteistöjen paloilmoittimilla ja sammutuslaitteistoilla. Talotekniikan ja kiinteistöinformaation hyödyntäminen tarjoaa lisämahdollisuuksia paloturvallisuuden kehittämiseksi edelleen. Rakennusautomaatio- ja paloturvallisuusjärjestelmien tarkoituksenmukaisella yhteensovittamisella tai kiinteistötiedon käytöllä pelastus- ja sammutustyössä voidaan edistää paloturvallisuutta ja pienentää palovahinkoja.

Tässä julkaisussa tarkasteltiin käytössä ja kehitteillä olevaa palonilmaisutekniikkaa, paloilmajärjestelmien integrointia muihin talotekniikka- ja kiinteistöinformaatiojärjestelmiin sekä kiinteistötiedon hyödyntämistä paloturvallisuuden edistämisessä.

Käytössä oleva palonilmaisutekniikka on siirtymässä konventionaalisista lämpö- ja savuilmaisimista kohti aktiivisia ohjelmoitavia ja analysoivia paloilmajärjestelmiä. Monikriteerijärjestelmät ja yhdistelmäilmaisimet ja niihin liittyvät signaalianalyysitekniikat parantavat ilmaisimien kykyä tunnistaa erilaiset palotilanteet ja erottaa ne häiriötekijöistä. Toisaalta nämä voivat hidastaa paloilmajärjestelmien toimintaa. Näitä tekniikoita käytettäessä onkin kiinnitettävä huomiota riittävän nopeaan palonilmaisuun ja hälytykseen, jotta pelastus- ja sammutustyöhön päästään mahdollisimman varhaisessa vaiheessa.

Nykyhetken ja tulevaisuuden suuri haaste palonilmaisutekniikalle on erheellisten hälytysten minimointi. Ilmaisimien valinnassa on kiinnitettävä erityistä huomiota kohteen olosuhteisiin ja käyttötarkoitukseen. Merkittävä osa erheellisistä ilmoituksista johtuu vielä käytössä olevasta konventionaalisesta palonilmaisutekniikasta, jossa ei ole säätö-

ja asettelumahdollisuuksia. Laitekannan uusiutuessa konventionaaliset ilmaisimet korvautuvat kehittyneemmällä laitteistoilla, jotka pystyvät paremmin erottamaan häiriötekijät todellisista palotilanteista. Tämän seurauksena on vähitellen odotettavissa erheellisten ilmoitusten määrän pieneneminen. On kuitenkin huomattava, että teknisesti edistyneet järjestelmäkään eivät vähennä palo ilmoittimien antamia erheellisiä ilmoituksia, jos ihmiset eivät osaa toimia oikein palo ilmoittimella varustetussa kiinteistössä. Laitteiston käytön ja kunnossapidon asianmukaisuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Palo ilmoittimen tulee olla itsenäinen järjestelmä, joten nyrkkisääntönä on, että palo ilmoitin voi ohjata muita järjestelmiä mutta ne eivät voi ohjata palo ilmoitinta. Tarkoitus on, että palo ilmoittimeen liitettävät ohjaukset eivät saa vaarantaa palo ilmoittimen toimintaa. Oikein toteutetulla palo ilmoitin- ja rakennusautomaatiojärjestelmien integroinnilla on kuitenkin saavutettavissa monia taloudellisia ja toiminnallisia etuja. Uudet järjestelmät ja integraatiokehitys eivät kuitenkaan saa johtaa erheellisten ilmoitusten lisääntymiseen, joten teknisten ratkaisujen on oltava luotettavia.

Tulevaisuudennäkymien osalta tärkeimmät tämän tutkimuksen pohjalta tehdyt johtopäätökset ovat seuraavat:

- Talo- ja turvatekniikan hyödyntämisessä paloturvallisuuden edistämiseksi tärkeänä vahvuutena on tekniikan kehitys palonilmaisussa, talotekniikassa ja rakennusautomaatioissa, mikä luo hyvän pohjan järjestelmien integraatiolle.
- Palo ilmoitinjärjestelmien erityisenä heikkoutena on erheellisten hälytysten suuri määrä. On tosin huomattava, että suuri osa erheellisistä hälytyksistä aiheutuu muista kuin teknisistä syistä, käytännössä ihmisen toiminnasta. Ongelmia aiheuttavat väärin valitut tai sijoitetut ilmaisimet, asennusvirheet, puutteellinen ylläpito ja irtikytkennän laiminlyönti esimerkiksi korjaustöiden aikana.
- Kustannustehokkaiden ilmaisimien kehittämisen on todettu olevan keskeinen teknologian kehittämiskohde älykkäiden rakennusten kannalta. Monitoroitavia suureita tai ilmiöitä voidaan usein kuitenkin käyttää useampaan kuin yhteen tarkoitukseen, mikä parantaa kustannustehokkuutta.
- Langattomat palo ilmaisimet mahdollistavat helposti muunneltavan palo ilmoitinjärjestelmän toteuttamisen. Langaton järjestelmä on nopeampi ja halvempi asentaa kuin kaapelointia edellyttävä järjestelmä. Muutostyöt rakennuksen käyttötarkoituksen tai muiden olosuhteiden muuttuessa on helpompi toteuttaa.
- Kiinteistötiedon laaja käyttö pelastus- ja sammutustyön suunnittelussa ja toteutuksessa tarjoaa mahdollisuuden paloturvallisuuden parantamiseen ja palovahinkojen pienentämiseen. Esimerkkinä tästä on pelastusajoneuvoon raportoiva kiinteistö (PARK). Kiinteistötiedon tehokas käytännön hyödyntäminen edellyttää palotietokannan sisällön määrittelyä, laadintaohjeistusta ja standardointia.

- Kiinteistö- ja palotietokantojen määrittely ja kokoaminen mahdollistaa kiinteistön omistajille ja muille vastuuhenkilöille suunnatut työkalut helpottamaan erilaisten huolehtimisvelvollisuuksien täyttämistä. Kun tietokanta ja sen ylläpitojärjestelmä on luotu, kiinteistötieto on hyödynnettävissä rakennuksen koko elinkaaren ajan esimerkiksi kunnossapidon ja viranomaistarkastusten tarpeisiin.
- Kiinteistönomistajien kannalta edistysellinen talo- ja turvatekniikka vähentää kiinteistön turvallisuusriskitekijöihin liittyviä uhkia ja siten edistää kiinteistön arvon säilymistä. Loppukäyttäjille järjestelmäintegraatio tarjoaa turvallisemman, terveellisemmän ja miellyttävämmän asuin- tai työympäristön. Näitä asioita on käytännössä vaikea arvioida ostettavan tai vuokrattavan kiinteistön valintatilanteessa, koska rakennusten turvallisuus- tai muuta tasoluokitusjärjestelmää ei ole. Tällaisten järjestelmien luomiselle on kasvava tarve.
- Integroitujen järjestelmien käyttö asettaa uudenlaisia vaatimuksia huolto-, ylläpito- ja korjaushenkilöstön ammattitaidolle. Kynnys perinteisten toimintamallien muuttamiseen on yleensä korkea, joten kehitystavoitteiden tulee olla realistisia. Järjestelmäintegraatiota hidastavat myös suljettuihin erillisjärjestelmiin liittyvät kaupalliset intressit. Keskinäinen kilpailu ja useiden laite- ja järjestelmätoimittajien erilaiset näkemykset vaikeuttavat eri toimijoiden osaamisen yhdistämistä.
- Viime vuosina tapahtuneet muutokset kiinteistöjen omistuksessa ja käytössä voivat olla uhka rakennusten yleiselle turvallisuudelle. Ammattimainen kiinteistöjen omistus, vuokrasuhteeseen perustuva tilojen käyttö ja toimintojen ulkoistaminen saattavat johtaa vastuun hämärtymiseen ja pahimmillaan välinpitämättömyyden lisääntymiseen. Keskeisiä asioita turvallisuuden varmistamiseksi sekä normaalikäytössä että poikkeustilanteissa ovat vastuiden selkeä määrittely, riittävä tiedottaminen ja vastuuhenkilöiden koulutus.
- Ajantasainen lainsäädäntö ja standardointityö voivat tukea talo- ja turvatekniikka-järjestelmien kehitystä. Erityisesti järjestelmäintegraation kehityksen hidasteena on nykyisin hyväksyntäkriteerien ja standardien puute ja alueellinen vaihtelevuus. Viranomaisilta kaivataan yleispätevää ohjeistusta järjestelmille asetettavista vaatimuksista ja hyväksyntämenettelyistä.
- Uutta pelastustoimen laitelakia täydentävissä asetuksissa tulisi ottaa huomioon järjestelmäintegraatioon ja muihin kehityssuuntiin liittyvät asiat ainakin siten, että tekniikan kehityksen ja lainsäädännön välille ei muodostu ristiriitaa vaan järjestelmien integrointi on lain mukaan mahdollista. Toteutettaville integraatoratkaisuille on kehitettävä myös hyväksymisjärjestely laajentamalla tarkastuslaitosten hyväksyntävaltuudet integraatiokysymyksiin.

Lähdeluettelo

1. Technology roadmap for intelligent buildings. Ottawa: Continental Automated Building Association CABA, 2002. 66 s.
2. Liu, Z., Makar, J. & Kim, A. K. Development of fire detection systems in the intelligent building. Ottawa: National Reserach Council of Canada, 2001. 14 s. (NRCC-44226.)
3. Drysdale, D. An introduction to fire dynamics. 2nd edition. Chichester: John Wiley & Sons, 1999. 451 s.
4. Palo- ja pelastussanasto. Helsinki: Sanastokeskus TSK ry, 2006. 350 s. (TSK 33.)
5. Paloilmoitinjärjestelmät. Espoo: Sähkötieto ry, 2004. 232 s. (ST-käsikirja 10.)
6. European Committee for Standardization. CEN/TC 72 – Published standards. [Viitattu 22.1.2007.] Saatavissa:
<http://www.cenorm.be/CENORM/BusinessDomains/TechnicalCommitteesWorkshops/CENTechnicalCommittees/Standards.asp?param=6055&title=CEN%2FTC+72>.
7. European Committee for Standardization. CEN/TC 72 – Published standards. [Viitattu 22.1.2007.] Saatavissa:
<http://www.cenorm.be/CENORM/BusinessDomains/TechnicalCommitteesWorkshops/CENTechnicalCommittees/WP.asp?param=6055&title=CEN/TC+72>.
8. Paloilmoittimen suunnittelu- ja asennusohje 2002. Espoo: Sähkötieto ry, 2003. 3. painos. 29 s. (ST-ohjeisto 1.)
9. High-performance commercial buildings: a technology roadmap. Washington, D.C.: U.S. Department of Energy, 2000. 22 s. Saatavissa:
http://www.eere.energy.gov/buildings/info/documents/pdfs/roadmap_lowres.pdf.
10. Pfister, G. Multisensor/multicriteria fire detection: A new trend rapidly becomes state of the art. Fire Technology, 1993. Vol. 33, No. 2, s. 115–139.
11. Davies, R. The use of multi-sensor detectors in modern fire protection. Fire Safety Engineering, December 2000. Vol. 7, No. 6, s. 28–30.
12. Perttula, Tapani. RE: Kokouskutsu: Talo- ja turvatekniikka tulipalotilanteessa [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Tuula Hakkarainen. Lähetetty 20.12.2006. [Viitattu 22.1.2007.]

13. Gottuk, D. T., Peatross, M. J., Roby, R. J. & Beyler, C. L. Advanced fire detection using multi-signature alarm algorithms. *Fire Safety Journal*, 2002. Vol.37, No. 4, s. 81–394.
14. Scorfield, S. Product profile: Four into one. *Fire Safety Engineering*, June 2006. Vol. 13, No. 2, 5 s. Saatavissa:
http://www.fseonline.co.uk/articles.asp?article_id=3548.
15. Barrett, R. CO fire detection: A useful technique? *Fire Safety Engineering*, August 2000. Vol. 7, No. 4, s. 20–23.
16. Laluevein, B. Effective detectors for life protection. *Fire Safety Engineering*, October 2000. Vol. 7, No. 5, s. 23–26.
17. Harms, M., Goschnick, J. & Young, R. C. Early detection and distinction of fire gases with a gas sensor microarray. Teoksessa: Beall, K., Grosshandler, W. & Luck, H. (toim.). *Proceedings of AUBE '01, 12th International Conference on Automatic Fire Detection*. Gaithersburg, MD, USA, 25–28 March, 2001. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 2001. S. 416–431. (NIST Special Publication 965.)
18. Siebel, R. The "no-fire-detector" – An alternative fire detection concept? *Fire Safety Journal*, 1997. Vol. 29, No. 2/3, s. 159–171.
19. McAvoy, T. J., Milke, J. & Kunt, T. A. Using multivariate statistical methods to detect fires. *Fire Technology*, 1996. Vol. 32, No. 1, s. 6–24.
20. Milke, J. A. & McAvoy, T. J. Analysis of fire and non-fire signatures for discriminating fire detection. Teoksessa: Hasemi, Y. (toim.). *Fire Safety Science – Proceedings of the 5th International Symposium*. Melbourne, Australia, 3–7 March 1997. International Association for Fire Safety Science, 1997. S. 819–828.
21. Rose-Pehrsson, S. L., Hart, S. J., Street, T. T., Williams, F. W., Hammond, M. H., Gottuk, D. T., Wright, M. T. & Wong, J. T. Early warning fire detection system using a probabilistic neural network. *Fire Technology*, 2003. Vol. 39, No. 3, s. 147–171.
22. Derbel, F. Reliable wireless communication for fire detection systems in commercial and residential areas. *Proceedings of the Wireless Communication and Networking Conference*, Vol. 1, 2003. New Orleans, LA, USA, 16–20 March, 2003. S. 654–659.

23. Viestintävirasto 15W/2006 M. Määräys luvasta vapaiden radiolähettimien yhteis-
taajuuksista ja käytöstä. Helsinki: Viestintävirasto, 2006. 5 s. + 19 liites. Saatavissa:
http://www.ficora.fi/attachments/suomi_R_Y/1158858976905/Files/CurrentFile/Viestintavirasto15W2006M.pdf.
24. ERC Recommendation 70-03 (Tromsø 1997 and subsequent amendments) relating
to the use of short range devices (SRD). Edition of October 2006. 55 s. Saatavissa:
<http://www.ero.dk/documentation/docs/doc98/official/pdf/REC7003E.PDF?frames=0>.
25. Part 15 – Radio frequency devices. Federal Communications Commission, 14 August
2006. 155 s. Saatavissa: <http://www.fcc.gov/oet/info/rules/part15/part15-8-14-06.pdf>.
26. So, A. T. P., Chan, W. L. & Chow, T. T. A computer vision based HVAC control
systems. ASHRAE Transactions, 1996. Vol. 102, Part 1, s. 661.
27. So, A. T. P. & Chan, W. L. A computer-vision based power plant monitoring system.
Proceedings of IEE International Conference on Advances in Power System Control,
Operation and Management. Hong Kong, November 1991. S. 335–340.
28. Chan, W. L., Pang, Leo S. L. & Ma, C. F. Computer vision applications in power
substations. IEEE International Conference on Electric Utility Deregulation,
Restructuring and Power Technologies. Hong Kong, April 2004. S. 383–388.
29. So, A. T. P. & Chan, W. L. Intelligent building systems. Norwell, USA: Kluwer
Academic Publishers, 1999.
30. So, A. T. P. & Chan, W. L. A computer vision based fuzzy logic aided security and
fire detection system. Fire Technology, 1994. Vol. 30, No. 3.
31. Meacham, B. J. International developments in fire sensor technology. Journal of
Fire Protection Engineering, 1994. Vol. 6, No. 2, s. 89–98.
32. Jacobson, E. Finding novel fire detection technologies for the offshore industry.
Fire, March 2000. S. 26–28.
33. Marbach, G., Loepfe, M. & Brupbacher, T. An image processing technique for fire
detection in video image. Fire Safety Journal, 2006. Vol. 41, No. 4, s. 285–289.
34. Schultze, T., Kempka, T. & Willms, I. Audio-video fire-detection of open fires.
Fire Safety Journal, 2006. Vol. 41, No. 4, s. 311–314.

35. Rose-Pehrsson, S. L., Minor, C. P., Steinhurst, D. A., Owrutsky, J. C., Lynch, J. A., Gottuk, D. T., Wales, S. C., Farley, J. P. & Williams, F. W. Volume sensor for damage assessment and situational awareness. *Fire Safety Journal*, 2006. Vol. 41, No. 4, s. 301–310.
36. Hanke erheellisten paloilmotusten vähentämiseksi. [Viitattu 11.12.2006.] Saatavissa: <http://www.pelastustoimi.fi/valmisteilla/2377>.
37. Nyysönen, T., Rajakko, J. & Keski-Rahkonen, O. On the reliability of fire detection and alarm systems. Espoo: VTT, 2005. 62 s. + 6 liites. (VTT Working Papers 18.) ISBN 951-38-6569-X. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2005/W18.pdf>.
38. Nyysönen, T., Rajakko, J. & Keski-Rahkonen, O. Paloilmoitinlaitteistojen luotettavuus. *Pelastustieto*, 2005. Palontorjuntatekniikka-erikoisnumero, s. 14–19.
39. Piela, N. Talo- ja turvatekniikka tulipalotilanteessa. Muistio. Helsinki: Sisäasiainministeriö, pelastusosasto, 1.12.2006.
40. Bushby, S. T. Integrating fire alarm systems with building automation and control systems. *Fire Protection Engineering*, 2001. No. 11, s. 5–11.
41. Davies, R. Integration – is it practical or desirable? *Fire Safety Engineering*, 2005. Vol. 12, No. 8, s. 26–28.
42. CLC/TS 50398. Alarm systems. Combined and integrated alarm systems. General requirements. Brussels: European Committee for Electrotechnical Standardization, 24.1.2005. 38 s.
43. Sprinklerisäännöt 1990. Helsinki: Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto, 1990. 53 s. ISBN 951-9174-85-0.
44. Pekurinen, Seppo. VS: Talo- ja turvatekniikka tulipalossa – johtoryhmä 8.11.2006 [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Tuula Hakkarainen. Lähetetty 6.11.2006. [Viitattu 30.1.2007.]
45. SFS-EN 81-73: 2005. Hissien suunnittelua ja rakentamista koskevat turvallisuusohjeet. Erityissovellutukset henkilöhisseille ja tavarahenkilöhisseille. Osa 73: Hissien toiminta palotilanteessa. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, 2005-12-19. 30 s.

46. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa E1: Rakennusten paloturvallisuus – määräykset ja ohjeet 2002. Helsinki: Ympäristöministeriö, 2002. 40 s.
47. Fischer, P. & Palensky, P. Safety and security in communication standards for building automation and control systems. Teoksessa: Luck, H., Laws, P. & Willms, I. (toim.). Proceedings of 13th International Conference on Automatic Fire Detection AUBE '04. Duisburg, Germany, 14–16 September, 2004. Duisburg: University Duisburg-Essen, Department of Communication Systems, 2004. S. 112–120.
48. EN 54-13:2005. Fire detection and fire alarm systems – Part 13: Compatibility assessment of system components. Brussels: European Committee for Standardization, May 2005. 23 s.
49. Laki pelastustoimen laitteista (10/2007). Annettu Helsingissä 12. päivänä tammi-kuuta 2007.
50. Davis, W. D. & Forney, G. P. A sensor-driven inverse zone fire model. Proceedings of Research and Practice: Bridging the Gap – Fire Suppression and Detection Research Application Symposium. Orlando, FL, USA, 23–25 February, 2000. Fire Protection Research Foundation, 2000. S. 204–211.
51. Davis, W. D., Cleary, T., Donnelly, M. & Hellerman, S. Using sensor signals to analyze fires. Proceedings of Research and Practice: Bridging the Gap – Fire Suppression and Detection Research Application Symposium. Orlando, FL, USA, 23–25 January, 2002. Fire Protection Research Foundation, 2002. S. 205–224.
52. Davis, W. D. & Forney, G. P. A sensor-driven fire model. Teoksessa: Beall, K., Grosshandler, W. & Luck, H. (toim.). Proceedings of AUBE '01, 12th International Conference on Automatic Fire Detection. Gaithersburg, MD, USA, 25–28 March, 2001. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 2001. S. 94–505. (NIST Special Publication 965.)
53. Valtioneuvosto. Tasavallan presidentin esittely 12.1.2007. [Viitattu 24.1.2007.] Saatavissa: <http://valtioneuvosto.fi/toiminta/paatokset/paatos/fi.jsp?oid=180167>.

Tekijä(t) Hakkarainen, Tuula		
Nimeke Talo- ja turvatekniikka tulipalotilanteessa Nykytilanne ja tarvekartoitus		
Tiivistelmä Tässä tutkimushankkeessa kartoitettiin paloturvallisuuden huomiointia älykkäissä talotekniikka- ja kiinteistöinformaatiojärjestelmissä. Työssä selvitettiin, miten nämä järjestelmät toimivat ennalta ehkäisevästi ja tulipalotilanteessa ja miten niitä hyödynnetään tai voitaisiin hyödyntää paloturvallisuuden edistämiseksi. Nykytilanteen lisäksi tarkasteltiin tulevaisuuden kehitystarpeita ja -mahdollisuuksia. Henkilöturvallisuuden varmistamisen ja omaisuusvahinkojen minimoimisen kannalta on kriittistä, että palo havaitaan ja sammutetaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa tai ainakin estetään sen leviäminen. Tähän pyritään kiinteistöjen paloilmoittimilla ja sammutuslaitteistoilla. Talotekniikan ja kiinteistöinformaation hyödyntäminen tarjoaa lisämahdollisuuksia paloturvallisuuden kehittämiseksi edelleen. Rakennusautomaatio- ja paloturvallisuusjärjestelmien tarkoituksenmukaisella yhteensovittamisella sekä kiinteistö-tiedon käytöllä pelastus- ja sammutustyössä voidaan edistää paloturvallisuutta ja pienentää palovahinkoja. Uusi anturi- ja ilmaisinteknologia on keskeisessä asemassa älykkäissä rakennuksissa niin talotekniikan kuin paloturvallisuudenkin kannalta. Useita ilmaisimia käsittävien kokonaisuuksien avulla rakennus voi toimia reagoiden olosuhteisiin ja jopa käyttäjiin. Tarvittava suuri ilmaismäärä lisää kuitenkin kustannuksia ja asettaa haasteita ilmaisimista saatavan tiedon hallinnalle ja hyödyntämiselle. Kustannustehokkaat ilmaisimet ovatkin keskeinen teknologian kehittämiskohde älykkäiden rakennusten kannalta. Tekniikan kehitys palonilmaisussa, talotekniikassa ja rakennusautomaatiossa antaa hyvän pohjan järjestelmien integraatiolle, joka luo edellytyksiä uudelle toimivuudelle ja turvallisuudelle parantavalle teknologialle. Hyvin toimivien integroitujen järjestelmien toteuttaminen edellyttää kuitenkin laajaa asiantuntemusta, monipuolista osaamista ja vastuullista toimintaa. Ajantasainen lainsäädäntö ja standardointityö voivat tukea talo- ja turvatekniikkajärjestelmien kehitystä. Kiinteistö-tiedon laaja käyttö pelastus- ja sammutustyön suunnittelussa ja toteutuksessa tarjoaa mahdollisuuden paloturvallisuuden parantamiseen ja palovahinkojen pienentämiseen. Etäyhteyksiä ja langattomia verkkoja hyödyntämällä erilaisten järjestelmien tuottama tieto saadaan halutussa muodossa haluttuun paikkaan. Nopea ja luotettava tiedonkulku helpottaa vahinkotilanteisiin varautumista ja niissä toimimista. Viime vuosina tapahtuneet muutokset kiinteistöjen omistuksessa ja käytössä voivat olla uhka rakennusten yleiselle turvallisuudelle. Ammattimainen kiinteistöjen omistus, vuokrasuhteeseen perustuva tilojen käyttö ja toimintojen ulkoistaminen saattavat johtaa vastuun hämärtymiseen ja pahimmillaan välinpitämättömyyden lisääntymiseen. Keskeisiä asioita turvallisuuden varmistamiseksi sekä normaalikäytössä että poikkeustilanteissa ovat vastuiden selkeä määrittely, riittävä tiedottaminen ja vastuuhenkilöiden koulutus.		
ISBN 978-951-38-6916-8 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinumero 6936
Julkaisuaika Huhtikuu 2007	Kieli Suomi, engl.kiel. tiiv.	Sivuja 55 s.
Projektin nimi Talo- ja turvatekniikka tulipalotilanteessa: nykytilanne ja tarvekartoitus		Toimeksiantaja(t) Sisäasiainministeriö, pelastusosasto; Oy Esmi Ab; TAC Atmostech; VTT
Avainsanat fire safety, safety engineering, building service systems, building information		Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374

Author(s) Hakkarainen, Tuula		
Title Building service and safety systems in fire The present and the future		
Abstract Fire safety aspects in intelligent building service and information systems have been studied in this project. The operation of these systems in fire prevention, in case of fire and in improving fire safety has been examined. In addition to the present, the needs and possibilities for future development have been considered. The early detection and extinction of fire and the prevention of fire spread are crucial in ensuring the safety of people and minimizing property loss. These goals are pursued by fire alarm and extinguishing systems. The use of building service and information systems opens up possibilities for further improvement of fire safety. The appropriate combining of building service and fire safety systems, and the use of building information in rescue work and fire fighting can improve fire safety and reduce fire losses. Modern sensor and detector technology is in crucial role in intelligent buildings, both for building services and fire safety. By means of systems consisting of several detectors the building can react on changing conditions and even on its users. The large number of detectors needed, however, increases the costs and sets challenges on the control and utilization of the information obtained. Thus, the development of cost-effective and usable detector systems is essential for intelligent buildings. The technological development in fire detection, building services and building automation lays a firm basis to the system integration which aims at new technologies improving functionality and safety. The implementation of workable integrated systems requires wide expertise, versatile know-how and responsibility. Up-to-date legislation and standardization can support the development of building service and safety systems. The wide use of building information in rescue work and fire fighting offers possibilities to improve fire safety and reduce fire losses. By means of remote communication and wireless networks the information from different systems can be transferred to a practical place in a practical format. Fast and reliable information transfer facilitates emergency planning and operation. Recent changes in the ownership and use of buildings can be a risk to the general safety of buildings. Professional ownership, rental of premises and outsourcing of activities can lead to unclarity in responsibilities and, in the worst case, increase of negligence. Well-defined responsibilities, communication and training of persons in charge are essential for ensuring the safety both in normal situation and in emergency.		
ISBN 978-951-38-6916-8 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Project number 6936
Date April 2007	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 55 p.
Name of project Building service and safety systems in fire: the present and the future		Commissioned by Ministry of the Interior, Department for Rescue Services; Oy Esmi Ab; TAC Atmostech; VTT
Keywords fire safety, safety engineering, building service systems, building information		Publisher VTT P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4404 Fax +358 20 722 4374

VTT Tiedotteita – Research Notes

- 2362 Koponen, Pekka, Kärkkäinen, Seppo, Farin, Juho & Pihala, Hannu. Markkina-hintasignaaleihin perustuva pienkuluttajien sähkönkäytön ohjaus. Loppuraportti. 2006. 66 p. + app. 8 p.
- 2363 SAFIR. The Finnish Research Programme on Nuclear Power Plant Safety 2003–2006. Final Report. Ed. by Hanna Rätty & Eija Karita Puska. 2006. 379 p. + app. 98 p.
- 2364 SAFIR. The Finnish Research Programme on Nuclear Power Plant Safety 2003–2006. Executive Summary. Ed. by Eija Karita Puska. 2006. 36 p. + app. 33 p.
- 2365 Kirkinen, Johanna, Hillebrand, Kari & Savolainen, Ilkka. Turvemaan energiakäytön ilmastovaikutus – maankäyttöskenaario. 2007. 49 s. + liitt. 2 s.
- 2366 Häkkinen, Tarja, Nuutinen, Maaria, Pulakka, Sakari, Porkka, Janne, Vares, Sirje, Laitinen, Ari, Vesikari, Erkki & Pajari, Matti. VTT Digitalo. Tavoitteena kestävä rakennus ja moderni työympäristö. 2007. 88 s. + liitt. 12 s.
- 2367 Kivisaari, Sirkku, Paavola, Teemu, Pyykkö, Virpi & Saranummi, Niilo. ProViisikon tulosten arviointi. 2007. 40 s. + liitt. 5 s.
- 2368 Technology roadmap of security research. Rouhiainen, Veikko (ed.). 2007. 33 p.
- 2369 Googlen mainokset ja muita sosiaalisen median liiketoimintamalleja. Kangas, Petteri, Toivonen, Santtu & Bäck, Asta (toim.). 2007. 59 s.
- 2370 Huhta, Hanna-Kaisa, Rytönen, Jorma & Sassi, Jukka. Estimated nutrient load from waste waters originating from ships in the Baltic Sea area. 2007. 58 p. + app. 13 p.
- 2371 TBT-BAT MANUAL - Organotinapitoisten sedimenttien ruoppaus ja käsittely. Menettelytapaohje. Vahanne, Pasi & Vestola, Elina (toim.). 2007. 76 s. + liitt. 3 s.
- 2372 Nylund, Nils-Olof, Erkkilä, Kimmo & Hartikka, Tuukka. Kaupunkibussien polttoaineen kulutus ja pakokaasupäästöt. Uusimman dieseltekniikan suorituskyky. 2007. 47 s. + liitt. 1 s.
- 2374 Wessberg, Nina. Ympäristöturvallisuus. Ympäristöriskien arvioinnin osaaminen ja haasteet. 2007. 38 s. + liitt. 8 s.
- 2375 Oksman, Virpi, Noppari, Elina, Tammela, Antti, Mäkinen, Maarit & Ollikainen, Ville. News in mobiles. Comparing text, audio and video. 2007. 37 p.
- 2377 Holopainen, Riikka, Hekkanen, Martti, Hemmilä, Kari & Norvasuo, Markku. Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit. 2007. 104 s. + liitt. 2 s.
- 2378 Tallgren, Markus, Pihlajamaa, Olli & Törönen, Juha. Ubiquitous Customer Loyalty Services. Technology and Market Outlook. 2007. 77 p. + app. 52 p.
- 2379 Paiho, Satu, Ahlqvist, Toni, Lehtinen, Erkki, Laarni, Jari, Sipilä, Kari, Ala-Siuru, Pekka & Parkkila, Tommi. Talotekniikan kehityslinjat. Teknologiat ja markkinat. 2007. 55 s. + liitt. 60 s.
- 2381 Hirvonen, Juhani, Sallinen, Mikko, Maula, Hannu & Suojanen, Marko. Sensor Networks roadmap. 2007. 47 p.
- 2382 Cronvall, Otso, Männistö, Ilkka & Simola, Kaisa. Development and testing of VTT approach to risk-informed in-service inspection methodology. 2007. 43 p.
- 2383 Hakkarainen, Tuula. Talo- ja turvatekniikka tulipalotilanteessa. Nykytilanne ja tarvekartoitus. 2007. 55 s.

 Julkaisu on saatavana

 VTT
 PL 1000
 02044 VTT
 Puh. 020 722 4404
 Faksi 020 722 4374

Publikationen distribueras av

 VTT
 PB 1000
 02044 VTT
 Tel. 020 722 4404
 Fax 020 722 4374

This publication is available from

 VTT
 P.O. Box 1000
 FI-02044 VTT, Finland
 Phone internat. + 358 20 722 4404
 Fax + 358 20 722 4374