

SMARTA BRANDSÄKRA BYGGNADER

Användande av byggnadssensorer
för att förbättra brandskyddet

Axel Mossberg
David Ronstad
Andreas Rattfelt
Nils Johansson
Jonas Anund Vogel

BRANDFORSK
2026:3



BRAND
FORSK

Referensgrupp

Mattias Delin, Brandforsk

Santiago Nordlund Gendra, Brandskyddslaget

Moa Göransdotter, Tryva

Liban Muse, Stockholmshem

Cecilia Möller, MSB

Elin Theander, Kriminalvården

Roni Nasr, Brand och Bygg

Ola Karlsson, Siemens

Denna rapport utgör ett slutligt arbetsmanuskript för det rubricerade projektet. Den officiella projektrapporten, till vilken referens bör ske återfinns på Bengt Dahlgrens hemsida:

**”Smarta brandsäkra byggnader –
Användande av byggnadssensorer för att förbättra brandskyddet”**

www.bengtdahlgren.se

BRANDFORSK
2026:3





FÖRORD

Den här rapporten utgör slutrapport i projektet ”Smarta brandsäkra byggnader - Användande av byggnads-sensorer för att förbättra brandskyddet”. Projektet är finansierat av Brandforsk. Projektet har även finansierats av egna insatser från deltagarna i projektgruppen och även referensgruppen.

Projektet utgör en översikt över byggnadssensorer och möjliga brandtillämpningar i byggnader. Förhoppningen är att rapporten kan utgöra underlag för framtida utveckling inom området och på så vis bidra till en ökad brandsäkerhet i framtidens byggnader.

Inom projektet har referensgruppen varit en viktig del av framgången. Referensgruppen har bidragit till projektet genom både referensgruppsmöten, enskilda intervjuer och kommentarer/input på rapporten. I referensgruppen ingick:

- Mattias Delin, Brandforsk
- Santiago Nordlund Gendra, BSL
- Moa Göransdotter, Tryva
- Liban Muse, Stockholmshem
- Cecilia Möller, MSB
- Elin Theander, Kriminalvården
- Roni Nasr, Brand och Bygg
- Ola Karlsson, Siemens

Författarna riktar ett stort tack till referensgruppen.

SAMMANFATTNING

Rapporten kartlägger vilka sensorer och mätinstrument som finns i byggnader idag, vilka som är under utveckling och hur dessa sensorer skulle kunna användas för att stärka brandskyddet. I dagens byggnadsbestånd finns redan en bred implementation av sensorer för drift, inomhusklimat, närvaro, säkerhet, med mera. Dessa sensorer skulle kunna användas för brandtekniska syften såsom utrymningsstöd genom exempelvis tidig varseblivning, proaktivt underhåll av brandtekniska installationer och som stöd till räddningstjänsten.

Arbetet genomfördes i tre huvudsakliga steg: (1) en översiktlig litteraturstudie av forskning inom byggnadsautomation, sensorer och brandtillämpningar, (2) en workshop med en referensgrupp kompletterad med intervjuer av forskare och efterföljande fördjupade litteraturstudier, samt (3) en kartläggning av sensorer och mätinstrument som finns i byggnader idag och sådana som är under utveckling. Baserat på kartläggningen gjordes en analys av potentiella brandtekniska tillämpningar.

Rapporten identifierar viktiga möjligheter för byggnadssensorer inom det brandtekniska området. Övergripande är de primära områdena där störst potential bedöms finnas:

- tidig varseblivning (detektion) genom multisensorik och kontextuell analys,
- utrymningsstödjande funktioner där närvarodata på sikt kan bidra till snabbare och säkrare utrymningsförlopp,
- proaktivt underhåll av brandtekniska installationer via uppkopplad statusövervakning samt
- insatsstödjande funktioner för att underlätta räddningstjänstens insats

Särskilt i bostadsmiljöer bedöms potentialen av att utnyttja byggnadssensorer för brandtekniska ändamål vara stor, eftersom en mycket stor andel dödsbränder sker i hemmet och brandvarnare inte alltid löser ut. Detta motiverar redundanta lösningar med kompletterande detektion. Här skulle detektion med hjälp av sensorer kunna utgöra ett parallellt skyddslager till den ordinarie detektionen med brandvarnare eller certifierade brandlarmsystem.

I studien har det även identifierats ett antal hinder som behöver hanteras. Detta är primärt kopplat till varierande datakvalitet och rapporteringsintervall, funktionsduglighet, risken för felaktiga data eller tolkningar, integritets- och cybersäkerhetskrav (särskilt för kameror och närvarosensorer) samt påverkan från miljön kring ett brandförlopp (rök, värme, förbränningsprodukter). För räddningstjänstens operativa användning betonas att informationsöverföringen måste vara enkel och robust, då insatspersonal har begränsade möjligheter att ta in och utvärdera avancerade dataunderlag under insats.

Fortsatt arbete föreslås utgöras av stegvisa pilotprojekt med tydliga inriktningar kopplat till de identifierade områdena ovan. Det kan handla om utveckling av algoritmer för detektion och falsklarm, att identifiera lämpliga underhållsintervall på brandtekniska system samt framtagning av nya produkter. Vidare forskning behövs även kopplat till den praktiska hanteringen av multisensorbaserad varseblivning i exempelvis bostäder, verifikationsmetoder för sensorer, robusthet under brandpåverkan och standardiserat datautbyte.

Sammanfattningsvis bedöms det finnas goda möjligheter för att sensorer i smarta byggnader i framtiden kan bidra till ett mer robust brandskydd på ett kostnadseffektivt sätt.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord	2
Sammanfattning	3
1. Inledning	6
1.1 Syfte och mål	6
1.2 Avgränsningar och begränsningar	7
2. Metod	8
3. Smarta brandsäkra byggnader	9
4. Översikt över byggnadssensorer	10
4.1 Inomhusklimat.....	10
4.1.1 FOTOSENSORER.....	10
4.1.2 GASGIVARE	11
4.1.3 TEMPERATURGIVARE	11
4.1.4 VOC-GIVARE	11
4.1.5 LUFTFUKTIGHETSGIVARE.....	11
4.1.6 KAMERASYSTEM	11
4.1.7 LJUDSENSORER	11
4.2 Utomhusklimat	11
4.2.1 TEMPERATURGIVARE	12
4.2.2 LUFTFUKTIGHETSGIVARE.....	12
4.2.3 FOTOSENSORER.....	12
4.2.4 VÄDERSTATIONER	12
4.3 Närvaro	12
4.3.1 NÄRVAROGIVARE	13
4.3.2 RÖRELSEGIVARE.....	13
4.3.3 RADIOPERADE GIVARE.....	13
4.3.4 MEKANISKA GIVARE.....	13
4.3.5 KAMERASYSTEM	14
4.4 Systemövervakning.....	14
4.4.1 ÖVERVAKNING AV ELSYSTEM	14
4.4.2 VATTENÖVERVAKNING.....	14
4.4.3 ÖVERVAKNING AV ENSKILDA SYSTEM	14
4.4.4 KABELÖVERVAKNING	14
4.5 Säkerhet.....	15
4.5.1 Närvaro	15



4.5.2 Kamerasystem	15
4.5.3 Mekaniska givare	15
5. Framtiden inom sensorteknologi för brandtillämpningar	16
6. Möjliga brandtillämpningar	18
6.1 Sensorer för detektion	18
6.1.1 Temperatur-, gas- och VOC-givare	18
6.1.2 Kamerasystem	18
6.1.3 Ljudsensorer	18
6.2 Sensorer för utrymning	19
6.3 Sensorer för att upprätthålla brandavskiljningar	19
6.4 Sensorer för att stödja räddningstjänstens insats	19
6.5 Sensorer för proaktivt underhåll	19
7. Hinder och möjligheter	20
8. Diskussion	22
9. Slutsatser	23
10. Förslag på framtida forskningsområden	24
11. Referenser	25

1. INLEDNING

Att framtidens byggnader behöver vara "smarta" finns det många argument för. Det finns både ekonomiska och miljömässiga incitament för att driva utveckla både befintliga och nya byggnader i en mer digital och "smart" riktning. För att göra byggnader mer hållbara och mer ekonomiskt effektiva installeras idag olika sensorer för att övervaka olika delar av byggnaden [1]. Det kan exempelvis handla om att övervaka temperaturer eller CO₂-nivåer i rum för att kunna styra ventilationen mer effektivt eller liknande.

Sensorer som installeras i byggnader skulle potentiellt kunna användas i flera syften än det som de huvudsakligen installeras för. Exempelvis skulle en temperatursensor med huvudsyfte att styra ventilationen för komfort potentiellt även kunna användas för att detektera brand. Det finns även underlag i flera olika studier för att uppskatta personantal i olika delar av en byggnad med hjälp av olika sensorer, så som kameraövervakning [2], infraröda sensorer [3], WiFi-signaler [4], luftfuktighet [5] eller genom CO₂-sensorer [5], [6]. Dessa personantalsuppskattningar skulle kunna användas till att optimera utrymningsförlopp, informera räddningstjänst eller samla in data för framtida dimensionering av brandskydd i byggnader. Det finns även ett pågående forskningsprojekt vid Lunds Tekniska Högskola där det studeras hur digitala tvillingar och sensordata kan ge möjlighet för att förbättra beslutsfattande och effektivisera räddnings- och släckinsatser genom ökad information till räddningstjänsten ("Utilization of Innovative Digital Tools for Efficient and Smart Fire Fighting"¹) samt ett ytterligare projekt inriktat mot räddningstjänsten inom Brandforsks forskarskola (Artificiell intelligens, sensorer och beslutsstöd²).

Att använda byggnadssensorer har potentialen att kunna förbättra och effektivisera brandsäkerheten i framtidens byggnader (både nya och befintliga) på flera sätt. Ett exempel är att använda sensorer för detektion av brand, t.ex. i bostäder eller kontor, där detektering annars saknas eller består av brandvarnare. I bostäder har brandvarnare en tydligt skyddshöjande effekt [7], men statistik från Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap visar att under åren 2008-2024 saknades fungerande brandvarnare vid cirka 79 % av alla dödsbränder [8]. Med byggnadssensorer skulle säkerheten/robustheten i brandskyddet alltså kunna ökas, utan att det nödvändigtvis behöver vara förknippat med ytterligare kostnader. Beroende på tillämpning kan det även finnas fall där säkerheten skulle kunna öka samtidigt som kostnaderna reduceras.

I de tidigare och pågående projekten som nämnts ovan undersöks hur enskilda sensorer kan användas för ett specifikt syfte, t.ex. för att stödja räddningstjänstens insats. Det saknas dock en övergripande bild av vilka sensorer som installeras i byggnader idag samt vilka sensorer som är under utveckling och hur dessa sensorer skulle kunna användas för att förbättra brandsäkerheten generellt i våra byggnader. Med en sådan kartläggning som underlag kan vidare studier sen initieras där specifika ändamål kopplat till olika sensorer undersöks för att på så vis komma närmare praktisk tillämpning. Som konstaterats ovan skulle detta potentiellt kunna öka brandsäkerheten, minska kostnader och i vissa fall även reducera klimatavtrycket av en byggnad (i och med effektivisering i mängden installationer).

1.1 Syfte och mål

Syftet med projektet är att kartlägga dagens kunskapsläge med vilka sensorer och mätinstrument som finns i byggnader idag, vilka som är under utveckling samt undersöka vilka av dessa sensorer och mätinstrument som potentiellt kan nyttjas för olika brandtekniska syften.

¹ <https://portal.research.lu.se/en/projects/utilization-of-innovative-digital-tools-for-efficient-and-smart-f>

² <https://www.brandforsk.se/forskarskolan/artificiell-intelligens-sensorer-och-beslutsstod/>



Målet med projektet är att öka kunskapsläget inom området och ge en bas för vidare forskning. Med en sammanställning av olika potentiella brandtekniska användningsområden för olika sensorer och mätinstrument är det enklare att fatta informerade beslut om vidare studier på området. I förlängningen bedöms projektet kunna bidra till att öka brandsäkerheten i många olika sorters byggnader, till låg ekonomisk insats.

1.2 Avgränsningar och begränsningar

Projektet utgör en förstudie och startpunkt för vidare forskning och utveckling och ska därför inte ses som ett heltäckande dataunderlag på området. Rapporten bygger i huvudsak på litteratur och intervjuer, vilket innebär risk att vissa informationskällor inte studerats. Det bör även nämnas att den tekniska potentialen är grundad i bedömningar och det kan även här finnas informationskällor och liknande som inte identifierats.

2. METOD

Projektet har genomförts i följande delmoment:

1. Litteraturstudie av tillgänglig forskning på området
2. Intervjustudie/workshops med relevanta aktörer
3. Kartläggning av sensorer och mätinstrument i byggnader idag samt nya och framtida sensorer som kommer implementeras i byggnader
4. Rapportering

I den första delen har en översiktlig litteraturstudie genomförts för att fastställa kunskapsläget idag och vilken forskning som finns på området sedan tidigare. Litteraturstudien har fokuserat på sammanställningar av forskning inom byggnadsautomation med fokus på sensorer, mätinstrument och andra "smarta" byggnadstekniker. Även utförd forskning gällande brandtillämpningar av olika sensorer har studerats. Någon systematiskt litteraturstudie har inte kunnat genomföras inom ramen för projektet. Tillvägagångssättet för att identifiera relevant litteratur har istället varit den så kallade snöbollsmetoden. Detta innebär att arbetet initialt utgick från redan känd litteratur samt inledande sökningar för att hitta grundläggande vetenskapliga artiklar och rapporter. Därefter har referenslistorna i denna litteratur analyserats för att identifiera ytterligare relevanta och intressanta källor.

I den andra delen utfördes en workshop med projektets referensgrupp. Denna följdes även upp med intervjuer med Anders Trüschel, Universitetslektor inom Installationsteknik på Chalmers och med Angela Sasic Kalagasidis, Professor inom Installationsteknik på Chalmers. Intervjuerna följdes av vidare litteraturstudier kopplat till de ämnen som diskuterats.

I den tredje delen gjordes en sammanställning av de olika sensorer och mätinstrument som finns i byggnader idag och vilka som är under utveckling. Utifrån denna sammanställning genomfördes en analys av vilka av dessa sensorer och mätinstrument som skulle kunna nyttjas för brandtekniska tillämpningar och vad sådana tillämpningar skulle kunna vara.

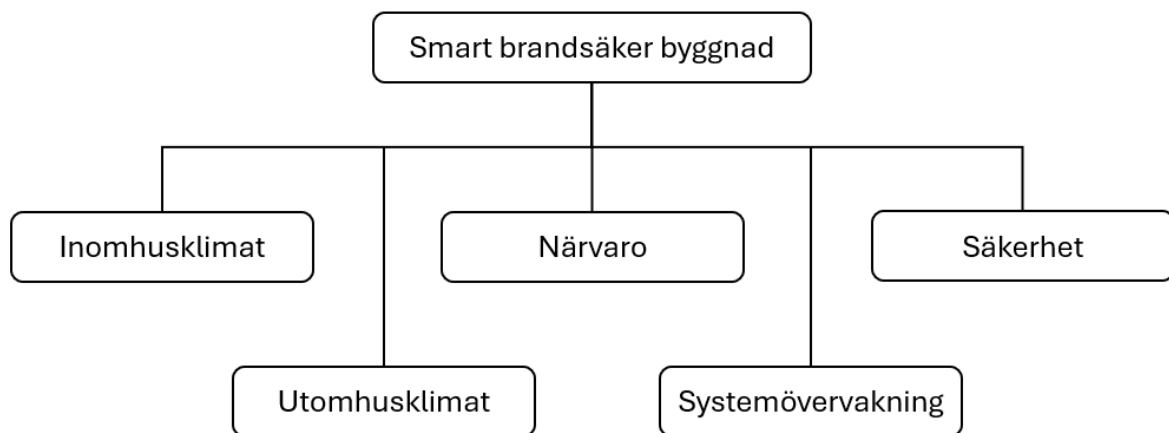
Avslutningsvis har samtliga ovanstående delar sammanställts i denna rapport.

3. SMARTA BRANDSÄKRA BYGGNADER

Vad som är en smart byggnad saknar entydig definition men ofta nämns nyckelfaktorer som energieffektivisering, ökad komfort, anpassad styrning av inomhusklimat och säkerhet i samband med användandet av terminologin [9], [10], [11]. Syftet med att göra en byggnad "smart" är ofta att öka energieffektiviteten i byggnaden och/eller att förbättra förutsättningarna för de som använder och förvaltar byggnaden [12]. På så vis kan byggnadens värde ökas, underhållskostnaderna minskas och upplevelsen av att vistas i byggnaden förbättras.

För att uppnå en "smart" byggnad används olika koncept och metoder men gemensamt för dessa är att de baseras på att byggnaden "övervakas" med hjälp av olika system eller sensorer. Även övervakningen i sig kan ske på olika sätt och innehålla många olika komponenter. Generellt brukar faktorerna inomhusklimat, närvaro av personer, säkerhetsövervakande system, energi- och vattenanvändning nämnas som invändiga faktorer som övervakas i en smart byggnad. Utöver ovanstående nämns även utomhusklimat och andra typer av systemövervakning (t.ex. hur hissar eller liknande fungerar).

Konceptet med en smart brandsäker byggnad innebär att sensorerna i byggnaden också kan användas för brandtekniska syften. Sådana syften kan vara exempelvis detektion av brand, understödja utrymning, understödja räddningstjänstens insats eller identifiera möjliga brandrisker i byggnaden. De olika faktorerna som övervakas inom byggnaden kan då på olika sätt bidra till de brandtekniska syftena. Konceptet illustreras i Figur 1 nedan.



Figur 1. Invändiga faktorer som ofta nämns kopplat till övervakning av en smart byggnad.

I nästkommande kapitel (kapitel 4) redogörs vilka olika sensorer som används för att övervaka de olika faktorerna ovan, samt vilka brandtekniska syften som dessa skulle kunna användas för.

4. ÖVERSIKT ÖVER BYGGNADSSENSORER

Inom projektet har byggnadssensorer identifierats genom en övergripande litteraturstudie samt genom workshops och intervjuer med relevanta aktörer. Sensorerna nedan är grupperade enligt Figur 1 ovan.

I texten nedan används både termerna sensor och givare. Givare är en term som ofta används för sensorer som levererar en utsignal/mätvärde som representerar den uppmätta storheten. Överföring av mätvärdet från givare kan ske på olika sätt som är olika robusta och olika snabba, kortfattat kan man beskriva det som att man har trådbundna (anslutna via kabel) eller trådlösa överföringar.

4.1 Inomhusklimat

Mätningar av inomhusklimat görs i många byggnader. I det som kallas smarta byggnader ingår nästan alltid någon form av mätning av inomhusklimatet. Syftet med att mäta inomhusklimat kan vara flera men oftast handlar det om att göra energibesparingar eller öka komforten för de som vistas i byggnaden. Detta kan ske genom att exempelvis ändra ventilationsflöden beroende på om rum används eller genom att slå på och av belysning beroende på närvaro och/eller omkringliggande ljusnivåer.

I Figur 2 nedan redovisas de givare som identifierats i litteraturen [13] samt i intervjuer och genom erfarenhet av projektering av byggnader. En kort beskrivning av respektive sensor/givare/system redovisas i respektive underrubrik nedan.

Inomhusklimat
Fotosensor
Gasgivare
Temperaturgivare
VOC-givare
Luftfuktighetsgivare
Kamerasystem
Ljudsensorer

Figur 2. Sensorer/givare som identifierats för att mäta inomhusklimat.

4.1.1 Fotosensorer

Fotosensorer känner av omgivningens ljusnivå och kan användas för att styra belysning, solskydd eller andra funktioner. Även fotoceller är en sensor med liknande teknik, men där ljus skickas ut av en enhet och tas emot av en annan. I en fotocell mäts huruvida ljusstrålen bryts, för att studera närvaro eller liknande.

Båda typerna av sensor baseras på ljusmätningar.

4.1.2 Gasgivare

Gasgivare används i vissa ventilationssystem för att kunna styra ventilationsflöden vid behov. Det vanligaste är att givaren mäter av koldioxid (CO₂) och skickar signal för ökade ventilationsflöden vid höga halter av gasen i luften. Det finns dock givare som mäter av andra gaser, så som kolmonoxid (CO), kvävedioxid (NO₂), med flera. Olika gaser kan vara relevanta att mäta i olika miljöer.

Tekniken för att mäta de olika gaserna kan vara olika, men vanligtvis mäts koldioxid genom infraröd spektrometri medan andra gaser ofta mäts genom elektrokemiska sensorer.

4.1.3 Temperaturgivare

Temperaturgivare är den kanske vanligaste givaren i alla typer av byggnader och används ofta för att anpassa ventilationsflöden och kyl-/värmebehov i byggnader. Det finns olika typer av temperaturgivare, med olika för- och nackdelar [14], [15]. Generellt är många temperaturgivare begränsade till ett relativt snävt mätområde, t.ex. ca -50 till +50 °C.

4.1.4 VOC-givare

VOC-givare är en förhållandevis ny typ av givare som börjat komma in på den svenska marknaden. VOC står för *Volatile Organic Compounds*, eller flyktiga organiska föreningar på svenska, och är ett samlingsnamn på en stor mängd olika ämnen som naturligt avges från människor och andra enheter i byggnader [16], [17]. Syftet med VOC-givaren är i grunden samma som med gasgivare, det vill säga att anpassa ventilationsflöden till behov. Dock kan en VOC-givare känna av fler situationer för ökat ventilationsbehov än en gasgivare, exempelvis om det kommer föroreningar i luften från färg eller maskin användning.

VOC kan mätas på olika sätt och bland annat kan teknikerna som används för gasmätning ovan tillämpas även här. Det finns dock även andra tekniker, så som mätningar av partikelstorlek och genom UV-analys av gaserna.

4.1.5 Luftfuktighetsgivare

Givare som mäter luftfuktighet används i många utrymmen, exempelvis bostäder, kontor och industrier, för att mäta luftkvalitet. Givarna är idag ofta kombinerade med temperaturmätningar.

4.1.6 Kamerasystem

Kamerasystem installeras ofta med huvudsyftet att övervaka byggnaden ur ett säkerhetsperspektiv. Dock kan kamerasystem även användas som närvarosensorer och även ge insikt om rörelsemönster, beteenden, aktiviteter, etc.

4.1.7 Ljudsensorer

En i dagsläget väldigt ovanlig typ av sensor, men i vissa fall kan ljudupptagning vara en del av t.ex. kamerasystem eller liknande. Då kan AI/ML-system användas för att spåra vissa ljudmönster och på så vis utläsa t.ex. närvaro eller aktivitet i en byggnad [18].

4.2 Utomhusklimat

För smarta byggnader kan mätning av utomhusklimat/-förutsättningar vara en viktig del ur flera aspekter. Det kan handla om att anpassa inomhusklimatet efter förutsättningarna utomhus, övervaka närvaro och/eller säkerställa skydd och säkerhet för en byggnad.

I Figur 3 nedan redovisas de utvändiga givare som identifierats i litteraturen [13], [19] samt i intervjuer och genom erfarenhet av projektering av byggnader. Vissa har redan redovisats övergripligt ovan, men det huvudsakliga syftet kopplat till utomhusklimat/-miljö redovisas översiktligt under respektive rubrik nedan.



Figur 3. Sensorer/givare som identifierats för att mäta utomhusklimat.

4.2.1 Temperaturgivare

På liknande sätt som för inomhusklimatet är temperaturgivare en vanlig sensor att installera i en utomhusmiljö. Syftet är ofta att anpassa/optimera inomhusklimatet. Se även avsnitt 4.1.3.

4.2.2 Luftfuktighetsgivare

Även luftfuktighet mäts ofta både inomhus- och utomhus för att kunna optimera system och anpassa byggnadens inomhusklimat och energianvändning till rådande situation. Se även avsnitt 4.1.5.

4.2.3 Fotosensorer

Utomhus används fotosensorer primärt för styrning av solskydd eller liknande. Se även avsnitt 4.1.1.

4.2.4 Väderstationer

Väderstationer är en typ av kombinerad sensor/givare som mäter flera olika storheter som kan vara relevanta för utomhusklimatet. Det handlar i princip alltid om temperatur- och luftfuktighetsmätningar, men det kan även vara andra väderparametrar så som lufttryck, regnmängd och vindhastighet.

4.3 Närvaro

En viktig del av en smart byggnad är att kartlägga närvaro av de som bor i, eller använder, byggnaden. Detta för att kunna optimera inomhusklimat, energiförsörjning och andra aspekter för att nå bästa möjliga prestanda av byggnaden till lägsta möjliga kostnad. Närvaro kan mätas på olika sätt men de huvudsakliga sensorkategorierna redogörs för i Figur 4 nedan.

Närvaro
Närvarogivare
Rörelsegivare
Radiobaserade givare
Mekaniska givare
Kamerasystem

Figur 4. Sensorer/givare som identifierats för att mäta närvaro i en byggnad.

Nedan ges en övergripande sammanställning av respektive givare.

4.3.1 Närvarogivare

Närvarogivare är en vanlig givare som kan användas utav både styrsystem och elsystem. För elsystem är syftet belysning eller larm som skall hanteras. Styrsystem använder istället närvarogivare för att minska flöden eller energianvändning när ingen befinner sig i det aktuella rummet, t.ex. konferensrum.

Det vanligaste är att närvarogivare är av typen Passiv Infraröd sensor, PIR, vilken mäter värme (t.ex. kroppsvärme) och rörelse. Det finns dock även andra typer av närvarogivare, t.ex. baserade på microvågor eller ultraljud.

4.3.2 Rörelsegivare

Rörelsegivare följer i grunden samma princip som närvarogivare, men har en lägre känslighet och är endast till för att detektera rörelser. Detta används normalt för att exempelvis styra belysning i trapphus, korridorer eller liknande utrymmen där primärt passage sker. Andra situationer, som till exempel långvarig närvaro i ett utrymme, detekteras inte av en rörelsegivare. Tekniken för rörelsegivare är dock i grunden samma som för närvarogivare.

4.3.3 Radiobaserade givare

Radiobaserade givare används generellt för att spåra närvaro i byggnader. Radiobaserade givare kan vara exempelvis Radiofrekvens Identifiering (RFID), WIFI, Bluetooth, Globalt Positionerings System (GPS) och Ultra-Wideband (UWB). Givarna har olika för- och nackdelar och skiljer sig framför allt när det kommer till räckvidd, "upplösning" på närvaroidentifiering och kostnad.

4.3.4 Mekaniska givare

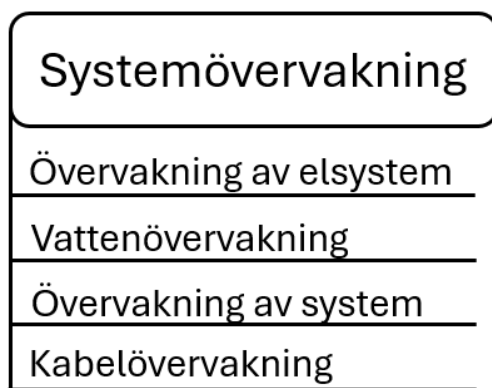
Mekaniska givare kan användas för att detektera närvaro eller andra förutsättningar i byggnader när personer interagerar med särskilda enheter, t.ex. dörrar och fönster. Det kan handla om olika typer av magnetkontakter, IR-enheter eller tryckmattor. Det senare kan installeras även oberoende av dörrar/fönster och kan ge en uppfattning om exempelvis antalet personer som passerar en viss plats eller liknande. Mekaniska givare kan även vara kopplade till läs- och passagesystem där närvaro kan utläsas i systemen, dock ofta med begränsad precision.

4.3.5 Kameran system

Kameran system för närvaro är ofta motsvarande de som anges under avsnitt 4.1.6.

4.4 Systemövervakning

Systemövervakning kan användas med olika syften i en byggnad. Ett huvudsyfte är att övervaka funktionaliteten i ett visst system, där det kan handla om t.ex. hissar, ventilationssystem, eller andra viktiga byggnadstekniska system. I och med att fler och fler enheter blir uppkopplade finns dock möjligheten att övervaka även flera olika system/enheter. I Figur 5 nedan redovisas de övergripande kategorier av systemövervakning som har identifierats och bedöms vara relevanta inom det aktuella arbetet.



Figur 5. Sensorer/givare som identifierats för att övervaka olika system i en byggnad.

Under respektive rubrik nedan ges en översikt över respektive kategori i figuren ovan.

4.4.1 Övervakning av elsystem

I många byggnader övervakas elsystemet med högre och högre noggrannhet. Detta innebär att elförbrukning görs mer och mer spårbar och i vissa fall kan detta ge insikter kring närvaro eller aktivitet i olika delar av en byggnad.

4.4.2 Vattenövervakning

Likt elsystem har fler och fler byggnader vattenmätare som innebär att vattenåtgång kan mätas för enskilda delar av en byggnad.

4.4.3 Övervakning av enskilda system

Övervakning av enskilda system kan vara exempelvis hissar, brandlarm, ventilationssystem, eller liknande. Övervakningen sker då ofta genom att systemet vid fel skickar en signal till en särskild enhet. I många fall behöver en tekniker sedan ta sig ut till en centralenhet eller liknande i byggnaden för att få mer information. Mer avancerade system kan dock även vara uppkopplade, vilket gör att typ av fel kan avläsas direkt på distans.

4.4.4 Kabelövervakning

I fall där man använder trådburna system, det vill säga system med kommunikation genom en fysisk kabel, för att ansluta till givare kan man i ett övervakat system få en indikation på om signalen inte längre når givaren. Det kan vid en kommunikationslösning visa sig genom att man inte

får kommunikationssvar, vid aktiva givare kan man istället få en indikation på att kabeln "gått av" någonstans.

4.5 Säkerhet

Säkerhetssystem blir vanligare och vanligare i byggnader och syftar till att säkerställa skalskydd och förhindra intrång i byggnaden. Det finns olika typer av sensorer för detta men många är liknande vissa av de som även mäter närvaro i byggnaden. En översikt över de olika kategorierna av sensorer för säkerhet redovisas i Figur 6 nedan.



Figur 6. Sensorer/givare som identifierats för säkerhet i en byggnad.

Dessa kategorier redogörs för vidare nedan.

4.5.1 Närvaro

Systemen för att registrera närvaro är i stort samma som de som listats i avsnitt 4.3, även om endast en delmängd används i säkerhetssyften.

4.5.2 Kamerasystem

Likt ovan är kamerasystemen för säkerhet ofta motsvarande de som anges under avsnitt 4.1.6.

4.5.3 Mekaniska givare

Mekaniska givare kan för säkerhetssystem vara exempelvis magnetkontakter för fönster och dörrar, fönsterkrosssensorer och/eller andra typer av vibrationsensorer.

5. FRAMTIDEN INOM SENSORTEKNOLOGI FÖR BRANDTILLÄMPNINGAR

Att förutspå framtiden är alltid vanskligt, men det kan konstateras att marknadsvärdet för byggnadssensorer och uppkopplade enheter för smarta byggnader förutspås dubbleras fram till 2032 [20]. De huvudsakliga trenderna som lyfts för framtidens smarta byggnader är utökad installation av sensorer i flera typer av byggnader, ökad uppkoppling och ökad användning av analysverktyg i form av AI/ML modeller. Det finns även en trend mot att sensorerna blir mer och mer multifunktionella, där en och samma sensorenhet fungerar som givare för flera olika parametrar.

Drivkrafterna bakom framtidens sensorteknologi i byggnader är ökad digitalisering, hållbarhetskrav och behovet av effektivare drift. Det leder till att fler byggnader utrustas med ett växande sensorlager för inomhusklimat, närvaro, säkerhet samt energi- och vattenanvändning — data som även kan nyttjas för brandskyddsändamål i form av tidig varseblivning, utrymningsstöd, stöd till räddningstjänsten och identifiering av risker.

Tekniskt går utvecklingen till stora delar mot att fler sensorer i de kategorier som redan används i byggnader installeras på bredare front. Det gäller inomhusklimat (t.ex. temperatur-, gas-, VOC- och luftfuktighetsgivare, samt kamera- och ljusensorer), utomhusklimat (t.ex. temperatur och luftfuktighet), närvaro (närvaro- och rörelsedetektorer, radiobaserade och mekaniska givare), systemövervakning (kraft, vatten, kabel- och systemspecifik övervakning) samt säkerhet (kamera- och mekaniska givare).

Sedan AI:s intåg i världen har utvecklingen gått snabbt, vilket även omfattar fastighetsförvaltningssektorn. I en rapport från Research and Markets kan det utläsas att tillväxttakten på den globala marknaden för artificiell intelligens (AI) inom byggsektorn uppgick till cirka 25 % mellan 2025 och 2026 och har ett uppskattat värde på 3,64 miljarder USD [21]. År 2032 uppskattas den siffran uppgå till cirka 14 miljarder USD. Integreringen av smart logik och artificiell intelligens i fastighetsförvaltning möjliggör byggnader som kontinuerligt lär sig, anpassar sig och optimerar sin drift för att förbättra både energieffektivitet och driftskostnader. Genom avancerade algoritmer för automatiskt beslutsfattande kan systemen bearbeta stora mängder data och identifiera mönster som stödjer mer träffsäkra och dynamiska styrstrategier. Smart logik kombinerar erfarenhetsbaserade regler med AI-drivna analyser, vilket gör det möjligt att automatisera centrala funktioner och därmed reducera mänskliga fel, driftstörningar samt energiförbrukning. Utfallet speglar sig i fallstudier som visar på att energieffektivisering vid implementering av AI/ML uppgår till mellan 15-40 % [22].

Vidare innebär AI-stödd fastighetsautomation stora fördelar inom prediktivt underhåll och realtidsanalys. Genom maskininlärningsmodeller som använder historiska och aktuella driftsdata kan systemet förutse utrustningsfel och möjliggöra proaktivt underhåll, vilket minskar risken för kostsamma driftavbrott och bidrar till en mer resiliënt och optimerad byggnadsförvaltning [21]. Automatiserade funktioner och kontinuerlig optimering av energisystemen medför dessutom betydande kostnadsbesparingar, samtidigt som den övergripande systemprestandan förbättras. Sammantaget utgör smart logik och AI ett centralt verktyg för framtidens fastigheter där ökad autonomi, förbättrad resurseffektivitet och datadriven styrning står i fokus.

Det pågår även forskning kring att nyttja sensorteknik för att förbättra brandskydd i byggnader där studier i närtid som visar att artificiell intelligens i kombination med modern sensorteknik tydligt kan stärka brandskyddet i byggnader. Forskningen pekar på att AI-baserade system gör det möjligt att

upptäcka brandindikatorer tidigare och i vissa fall mer tillförlitligt än traditionella system, bland annat genom att använda flera typer av sensorer samtidigt och bearbeta informationen lokalt via edge-lösningar. Det finns även försökstester med avancerade skyddssystem där detektion, rökkontroll och släckning integreras i en sammanhängande kedja. Dessa system använder både rök- och värmesensorer kopplade till AI-moduler, samt mekaniserade komponenter för ventilation och riktad släckning, vilket tillsammans skapar en snabb och koordinerad respons. [23] [24]

Utöver detta visar resultaten att AI-drivna system kan stärka byggnaders brandskydd genom förbättrad detektionssäkerhet, mer robust realtidsintegration mellan sensorer och avancerade funktioner för prediktivt underhåll. Kvantitativa analyser har visat att parametrar såsom AI-stödd detektionsförmåga, realtidsövervakning och prediktiv diagnostik kan ge upp till 56 % i förbättrad säkerhetsnivå. I smarta storskaliga sensornätverk har IoT-baserade system kombinerade med djupinlärningsmodeller, exempelvis CNN-strukturer, visat att de kan överträffa traditionella detektionssystem vad gäller både noggrannhet och responstid, särskilt genom distribuerad edge-bearbetning som minimerar kommunikationsfördröjningar. Vidare har AI-förstärkta IoT-system i flerbostadshus visat att branddetektionstiden kan minskas med cirka 30 %, utrymningstider reduceras med 25 %, och detektionsnoggrannheten öka till 95,2 % genom att kombinera temperatur-, CO- och rökgivare med dynamiska riskindex. [21] [22] [25]

Samtidigt kvarstår utmaningar. Variationer i mätkvalitet och rapporteringsintervall, samt påverkan från brandmiljö (rök, värme, förbränningsprodukter), ställer krav på robusta lösningar med redundans, filtrering och validering. Integritets- och cybersäkerhetsfrågor är centrala, särskilt för kameror och närvarosensorteknik. Tydliga gränssnitt mot byggnadens primära brandtekniska system kan därför behöva definieras för att lösningarna ska bli praktiskt användbara. Under intervjuerna i projektet lyftes även utmaningar med underhåll av sensorer, där behov av batteribyten och tillförlitlighet gör att fler sensorer förutspås förses med strömförsörjning via kabel. Här går dock åsikterna isär och det finns andra som tror att framtiden ligger inom trådlösa sensorer. Trenden är även att försöka optimera mängden sensorer, med färre enheter som är bättre placerade.

Sammantaget pekar utvecklingen mot att befintliga och kommande byggnadssensorer i större utsträckning kan stärka brandskyddet genom tidigare och mer kontextmedveten detektion, bättre utrymningsstöd och mer effektivt underhåll. För att realisera potentialen krävs dock utveckling av områdesspecifika algoritmer, strukturerad integration i drift- och styrsystem, stegvis införande och validering i praktiken, samt hänsyn till integritet och tillförlitlighet.

6. MÖJLIGA BRANDTILLÄMPNINGAR

Med grund i den utförda kartläggningen av byggnadssensorer har en analys av möjliga brandskyddstillämpningar genomförts. Denna grundar sig delvis i de utförda intervjuerna, i litteraturunderlag (exempelvis [26], [27], [28]) samt på analyser utförda i projektgruppen.

6.1 Sensorer för detektion

Sensorer för detektion kan användas för att upptäcka en brand i de fall som en brandvarnare/brandlarm saknas eller felfungerar. Här bedöms de flesta givarna inomhusklimat kunna användas i olika utsträckning. Nedan redogörs för hur olika typer sensorer skulle kunna tillämpas för detektion.

6.1.1 Temperatur-, gas- och VOC-givare

Temperatur-, gas- och VOC-givare har liknande möjliga användningsområden. Här skulle AI/ML-modeller kunna användas för att ta fram algoritmer som kan identifiera brandsignaturer, som sedan skulle kunna användas för att identifiera möjliga brandförlopp [26]. Detta har även visat sig effektivt i de praktiska tester som genomförts [29]. Med kombinationer av givare, antingen som separata givare eller inom en och samma enhet, kan även precisionen i sådan prediktion ökas och eventuella falsklarm reduceras.

Detta skulle kunna innebära ett kostnadseffektivt sätt att detektera bränder i byggnader. Hur varseblivning ska ske om en brand identifieras kan vara en mer komplicerad fråga och beror på situation. Men signal skulle kunna skickas till exempelvis lägenhetsinnehavares eller fastighetsskötares mobiltelefon eller liknande. En möjlighet är även att sensorerna kopplas till exempelvis brandvarnaren, om denna är uppkopplad, för att genom den antingen larma eller skicka en signal om att någonting har hänt.

Inom detta område bedöms det finnas stor potential i att möjliggöra branddetektion för utrymmen som saknar detektering. Här finns dock utmaningar i tillförlitlighet och mätintervall för att sensorerna ska fungera under de förutsättningar som kan uppstå vid brand.

6.1.2 Kamerasystem

Flamdetektorer är en relativt beprövad teknik som funnits under en längre tid. Numera kan dock även "vanliga" kamerasystem användas för att identifiera bränder i ett tidigt skede med grund i AI/ML-modeller [30]. Studier har visat att kameraövervakning har potential att identifiera bränder i ett tidigt skede. Det finns dock utmaningar och tillämpningen kan behöva "tränas in" i förhållande till vilken typ av brandrisk som föreligger i kombination med eventuell förväntad bakgrundsaktivitet i kamerafånget. Det kan alltså bli nödvändigt att träna AI/ML-modellen som används specifikt för respektive användningsområde.

Även här behöver systemet för varseblivning efter att en brand detekterats utredas vidare och anpassas till den aktuella situationen.

På området finns även ett pågående projekt som finansieras av Brandforsk där kameraövervakning studeras som möjligt verktyg för detektering av gnistor vid heta arbeten [31]. Projektet är pågående med resultat att förvänta under 2026.

6.1.3 Ljudsensorer

Även om ljudsensorer visat sig ovanliga i byggnader, enligt de intervjuer som genomförts, så finns det potential i att upptäcka bränder även genom ljudupptagning. På liknande sätt som för en

kamera används då AI/ML-modeller för att identifiera brandsignaturer i ljudmönster, vilket visat sig fungera på skogsbränder [32] och för konstruktionsbränder [33]. Även här kan vidare utredning dock behövas för att säkerställa att relevanta ljudsignaturer finns inom den träningsdata som används för upplärning av AI/ML-modellen.

6.2 Sensorer för utrymning

För utrymning finns möjligheten att via sensorer identifiera var i en byggnad personer befinner sig och på så sätt anpassa utrymningen i realtid, genom exempelvis dynamisk skyltning eller liknande [34]. Det finns genomförda studier där sådan identifiering baseras på kamerasytem [35], koldioxidmätning [36] eller WiFi-anlutningar [37]. Samtliga metoder är dock förknippade med relativt stora begränsningar och det finns mycket utveckling som behöver göras innan systemen blir tillförlitliga för att identifiera personer i en byggnad.

Vissa sensorer, exempelvis radiobaserade sensorer, kan även användas för att identifiera de vanliga rörelsemönster som förekommer i en byggnad. Detta dataunderlag kan sen ligga till grund för exempelvis förstärkt skyltning, anpassning av utrymningsvägar eller träningsscenarier för att förbättra utrymningsförhållandena.

6.3 Sensorer för att upprätthålla brandavskiljningar

Mekaniska sensorer, exempelvis magnetkontakter eller liknande, skulle kunna användas för att identifiera dörrar i brandcellsgränser som står uppställda i brandcellsgränser eller liknande. Detta område har sannolikt begränsade tillämpningsmöjligheter, men skulle kunna vara en del av det Systematiska Brandskyddsarbetet (SBA) där särskilt viktiga brandceller identifieras och övervakas.

6.4 Sensorer för att stödja räddningstjänstens insats

Sensorer för att stödja räddningstjänstens insats har diskuterats i ett stort antal studier, där en omfattande sammanställning finns i [27]. Här diskuteras sensorer för att identifiera och övervaka brandens utveckling och spridning inom byggnaden men även som underlag för aktiv prediktering kring hur brandutvecklingen kan komma att bli.

Sensorer som identifierar var personer kan befinna sig i en byggnad kan också understödja räddningstjänstens insats, genom att de kan fokusera eventuella livräddande insatser mot sådana områden. Här är det dock viktigt att beakta att räddningstjänsten kommer in i byggnaden i ett senare skede än utrymningen normalt sker och det kan därför finnas faktorer från exempelvis förbränningsprodukter som kan störa personantalsuppskattningar, beroende på vilket system som tillämpas.

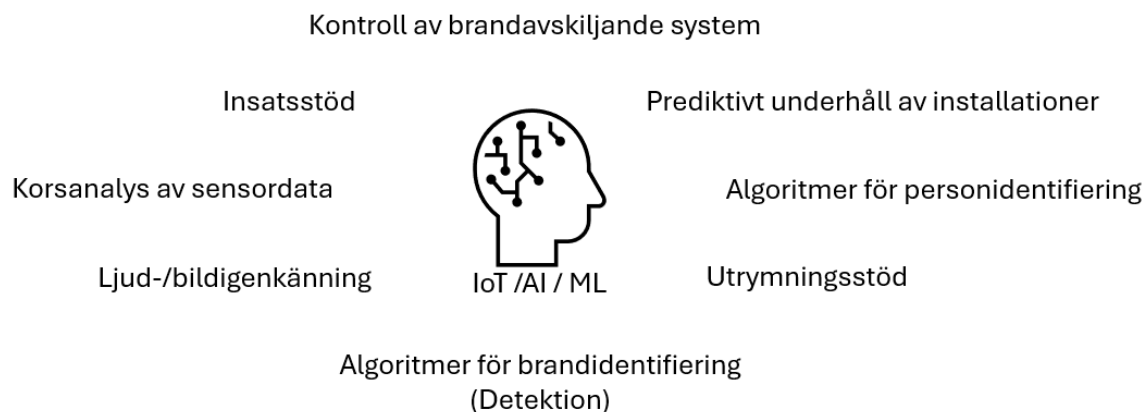
Viktigt är även att beakta att räddningstjänsten under insats har begränsade möjligheter att ta in, och utvärdera, avancerade dataunderlag. Det behöver därför finnas en enkelhet och robusthet i överföringen till räddningstjänsten [14].

6.5 Sensorer för proaktivt underhåll

Många brandtekniska system kräver ett underhåll som ska hanteras inom SBA. Med uppkopplade system och systemövervakning kan sådant underhåll styras och anpassas till behovet på ett mer informerat sätt. Det kan effektivisera och förbättra brandskyddet i en byggnad genom att systemen kontrolleras och underhålls när det behövs.

7. HINDER OCH MÖJLIGHETER

Införandet av sensorer och givare som ett förstärkt brandskydd i byggnader rymmer både tydliga möjligheter och reella hinder. Möjligheterna finns i att byggnader redan utrustas med ett brett sensorlager för drift och inomhusmiljö, från temperatur-, gas- och VOC-givare till närvarosensorer, kameror och systemövervakning. Genom att även nyttja dessa installationer för att förbättra brandskyddet kan en plattform skapas för tidig varseblivning, utrymningsstöd, upprätthållande av brandavskiljningar, proaktivt underhåll och stöd till räddningstjänsten. Genom att använda och integrera dessa datakällor kan man skapa redundans i detektionen, vilket bedöms särskilt gynnsamt i bostäder där traditionella brandvarnare ofta saknas eller inte fungerar. Statistik visar att en stor andel dödsbränder sker i bostadsmiljö och att brandvarnare inte alltid löser ut och kompletterande detektionskällor kan därför ha stor livräddande potential [8]. Därtill kan systemövervakning och uppkopplade installationer effektivisera underhåll inom SBA och öka funktionsdugligheten hos brandtekniska system genom behovsstyrd service.



Figur 7. Övergripande illustration av möjligheterna med IoT/sensorer och AI/ML-teknik i smarta byggnader ur ett brandtekniskt perspektiv.

Samtidigt finns hinder som måste hanteras för att dessa möjligheter ska realiseras på ett säkert och robust sätt. För det första varierar datakvalitet och rapporteringsintervall mellan givare, och funktionsdugligheten kan påverkas av både miljö och underhåll. Det finns en risk att felaktiga data eller felaktiga tolkningar genererar missvisande information, vilket ställer krav på redundans, filtrering, rimlighetskontroller i systemen. Det kan även krävas larmklasser (indikativ kontra bekräftad detektion) för att tydliggöra skillnaderna i tillförlitlighet mellan olika system.

En central svårighet av att även nyttja AI tillsammans med sensorer i brandskyddssystem är att AI-modeller kräver omfattande och högkvalitativa datamängder från både experimentella och simulerade brandscenarier för att kunna göra korrekta prediktioner. Brist på representativa data kan leda till felaktiga analyser eller begränsad generaliserbarhet över olika byggnadstyper och brandförlopp. Dessutom är sensorsystemen själva känsliga för miljöpåverkan såsom smuts, varierande luftflöden och temperaturförhållanden, vilket kan påverka precisionen negativt. Att kombinera flera sensortyper — så kallad sensorfusion — ökar visserligen robustheten men introducerar även komplexitet och risk för motstridiga signaler.

Utöver tekniska utmaningar finns betydande organisatoriska och regulatoriska hinder. Systemens funktion måste vara robust även vid driftstörningar, eftersom brandskyddssystem har höga krav på tillförlitlighet, något som inte alla AI-drivna lösningar ännu uppfyller. Samtidigt skapar beroendet av uppkopplade system nya risker kopplade till cybersäkerhet och dataskydd. Eftersom AI-baserade lösningar ännu inte är fullt integrerade i etablerade brandstandarder försvåras certifiering, verifiering och godkännande i praktiska byggprojekt. Slutligen kräver dessa tekniskt avancerade system att förvaltare och ansvariga aktörer har tillräcklig kompetens för att förstå, övervaka och agera på AI-genererad information — något som forskningen återkommande lyfter som en brist. Sammantaget visar studierna att medan potentialen är stor så kräver en bred användning av AI-drivna brandskyddssystem att tekniska, regulatoriska och kompetensmässiga utmaningar hanteras parallellt. [22] [38]

Ännu en utmaning är operativ användbarhet under insats för system kopplade till räddningstjänsten. Räddningstjänsten har begränsade möjligheter att ta in och värdera avancerade dataflöden i skarpa lägen. För att sensordata ska bli ett verkligt stöd behöver överföringen vara enkel och robust, med hög relevans och låg kognitiv belastning för insatspersonalen. Dessutom kan förbränningsprodukter, värme och siktförsämring störa personantalsskattningar och andra dataunderlag, vilket innebär att lösningar måste valideras i scenarier som reflekterar verkliga insatsmiljöer innan de tillämpas i praktiken.

Trots dessa hinder finns flera vägar framåt. En möjlig strategi är stegvisa inriktade pilotprojekt där befintliga byggnadssensorer studeras och algoritmer eller mätetal för detektion etableras för särskilda situationer. Parallellt bör integrationen mot byggnadsautomation och standardiserat datautbyte stärkas för att säkerställa en kontrollerad och acceptabel larmkedja. I bostäder, där riskerna statistiskt är störst och fungerande traditionella brandvarnare i stor uträkning inte finns eller ofta fel fungerar [8], kan redundanta lösningar ge särskilt stor effekt, till exempel genom korsanalys av temperatur-, CO₂- och partikelsignaler som komplement till brandvarnarna. Här behöver dock även larmindikering studeras för att säkerställa att önskade resultat nås.

Sammanfattningsvis är möjligheterna betydande: tidigare och mer kontextmedveten detektion, stärkt utrymnings- och insatsstöd, samt effektivare och mer behovsanpassat underhåll. Hindren är sannolikt hanterbara men kräver medveten systemuppbyggnad, tydliga roller mellan certifierade och kompletterande system, krav på datakvalitet och integritet samt användarcentrerad utformning för insatsorganisationen. Med en sådan ansats kan sensorer och givare i smarta byggnader utvecklas från driftstöd till ett robust, kompletterande lager i brandskyddet.

8. DISKUSSION

Den pågående utvecklingen av sensorteknik i byggnader ger en tydlig möjlighet att stärka brandskyddet genom användning av data från redan installerade sensorer/givare. Fler multifunktionella sensorer, samt ökad uppkoppling med AI/ML-analys, möjliggör ett kompletterande skyddslager som exempelvis kan ge tidig varseblivning (t.ex. i bostäder där brandvarnare ibland inte löser ut) och stöd för drift och underhåll.

Redan idag nyttjas sensortekniken i kombination med AI/ML i byggnader för att exempelvis energieffektivisera. För att även kunna nyttja teknologin för brandtekniska ändamål finns många hinder och utmaningar, exempelvis i form av datakvalitet, påverkan på sensorer från brandförloppet, underhållsbehov (batterier mm.) samt integritets- och cybersäkerhetskrav. Dessutom måste informationsgivning från sensorerna/systemen vara anpassad för ändamålet och tillräckligt robust utformad för syftet. På grund av osäkerheterna bedöms störst nytta kunna uppnås när flera sensortyper kombineras, exempelvis temperatur och partiklar/gas, och analyseras med särskilt utvecklade algoritmer. Edge-AI och lokal händelsekorrelation skulle kunna vara lösningen för att minska falsklarm och svarstider, medan integrerad statusövervakning möjliggör proaktivt underhåll av brandtekniska system. Kameror och ljudsensorer är lovande i vissa riskområden men kräver domänspecifik träning och noggrann hantering av integritets- och säkerhetsfrågor.

I den aktuella studien har primärt data från olika översiktsstudier på området studerats, i kombination med workshops och intervjuer med personer inom området. Det kan därför finnas risk att vissa informationskällor inte identifierats.

9. SLUTSATSER

Byggnader utrustas med en ökande mängd sensorer för att förbättra olika områden. Primärt handlar det om:

- sensorer för att förbättra/anpassa inomhusklimat,
- sensorer för att känna av utomhusklimat och på så vis effektivisera byggnadens drift,
- sensorer för att känna av närvaro och anpassa byggnadens system efter denna,
- olika typer av systemövervakning för att säkerställa korrekt funktion i tekniska system samt
- sensorer för att upprätthålla byggnadens säkerhet.

Dessa sensorer har i varierande grad även en brandteknisk potential. I den genomgång som gjorts bedöms den största potentialen ligga i att nyttja sensorerna för varseblivning (detektion) vid brand, för att effektivisera utrymningsförlopp, för att övervaka integriteten hos brandcellsgränser, för att stödja räddningstjänstens insats eller för att identifiera lämpligt underhåll av brandtekniska installationer. Potentialen varierar för de olika områdena och så gör även den tekniska närheten i tillämpningen.

Det bedöms finnas relativt stor livräddande potential i att använda sensorer för varseblivning i bostäder. Här kan ett utökat lager av säkerhet ge stor nytta, i och med att många dödsbränder sker i fall där brandvarnare saknats eller inte fungerat. För varseblivning, liksom för de flesta brandtekniska tillämpningarna, krävs dock vidare arbete med att identifiera situationsanpassade algoritmer och anpassade för det avsedda ändamålet. Det finns även många felkällor och problem som måste hanteras innan lösningarna kan bli praktisk verklighet. För att uppnå erforderlig tillförlitlighet i data kan situationer där det finns flera olika sensortyper eller kombinerade sensorer underlätta, då flera datakällor då kan användas som underlag. Därtill kommer AI/ML-analys utgöra en viktig komponent i nyttjandet av sensorer för brandtekniska ändamål.

Det bedöms även finnas stor potential inom övriga områden av byggnaders brandskydd, men även där behövs vidare utveckling och arbeten. I avsnitt 10 ges förslag på vidare forskningsområden.

10. FÖRSLAG PÅ FRAMTIDA FORSKNINGSOMRÅDEN

Följande områden har identifierats som viktiga för framtida forskning om hur sensorer kan användas för att förbättra brandskyddet i byggnader.

- Utveckling av situationsanpassade algoritmer/modeller för detektion:

Identifiera olika "brandprofiler" i sensordata för att kunna använda dessa till att detektera brand i den miljö som sensorn är monterad.

- Multisensorbaserad varseblivning:

Validera hur kombinationer av temperatur-, gas- och VOC-givare kan identifiera brandförlopp med AI/ML.

- Indikativ vs. bekräftad detektion:

Utveckla larmklasser, beslutsregler och verifikationsmetoder för kompletterande IoT-detektion i relation till brandvarnare och certifierade brandlarmsystem.

- Robusthet under brandpåverkan:

Systematiskt testa hur rök, värme och förbränningsprodukter påverkar inomhusklimatgivare, närvarosensorer och kameror samt ljudsystem.

- Utrymningsstöd med sensorer:

Utvärdera olika närvarosystem för att studera hur väl de fungerar i en brand-/utrymningsituation samt vilken precision och tidsupplösning de kan ge av närvaron. Som vidare arbete bör möjlig implementering i utrymningsystem (t.ex. aktiv dynamisk vägledning) utvärderas ytterligare.

- Upprätthållande av brandavskiljningar:

Metoder för kontinuerlig övervakning av exempelvis brandcellsörrar, eller andra känsliga punkter i brandceller, och brandtekniska installationer i kombination med enkel integration i byggnaders SBA.

- Proaktivt underhåll av brandtekniska installationer:

Algoritmer och processer för proaktiv service baserat på drift- och hälsodata från sensorer och systemövervakning.

- Standardiserat datautbyte och integration:

Krav, gränssnitt och säkerhetsarkitektur för att koppla IoT-sensorer till BMS/SCADA och brandsystem på ett spårbart och säkert sätt.

- Placering och antal sensorer:

Optimeringsmetoder för färre men bättre placerade sensorer som ger högre täckning och tillförlitlighet, med hänsyn till faktorer som tillförlitlighet, kabelmatning och underhåll.

11. REFERENSER

- [1] J. Anund Vogel, *Smarta och hållbara byggnader: för minskad klimatpåverkan och ökat fastighetsvärde*. Stockholm: Svensk Byggtjänst, 2024.
- [2] Y. Ding, S. Han, Z. Tian, J. Yao, W. Chen, och Q. Zhang, "Review on occupancy detection and prediction in building simulation", *Build. Simul.*, vol. 15, nr 3, s. 333–356, mar. 2022, doi: 10.1007/s12273-021-0813-8.
- [3] R. H. Dodier, G. P. Henze, D. K. Tiller, och X. Guo, "Building occupancy detection through sensor belief networks", *Energy Build.*, vol. 38, nr 9, s. 1033–1043, sep. 2006, doi: 10.1016/j.enbuild.2005.12.001.
- [4] Y. Jiang *m.fl.*, "ARIEL: automatic wi-fi based room fingerprinting for indoor localization", i *Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing*, i UbiComp '12. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, sep. 2012, s. 441–450. doi: 10.1145/2370216.2370282.
- [5] L. M. Candanedo och V. Feldheim, "Accurate occupancy detection of an office room from light, temperature, humidity and CO2 measurements using statistical learning models", *Energy Build.*, vol. 112, s. 28–39, jan. 2016, doi: 10.1016/j.enbuild.2015.11.071.
- [6] J. Gibbons och D. Nilsson, "Sensor based occupant monitoring", *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2885, nr 1, s. 012102, nov. 2024, doi: 10.1088/1742-6596/2885/1/012102.
- [7] M. Runefors, N. Johansson, och P. van Hees, "The effectiveness of specific fire prevention measures for different population groups", *Fire Saf. J.*, vol. 2017, 2017.
- [8] "Omkomna i bränder", MSB:s Statistikdatabas. Åtkomstdatum: 02 februari 2026. [Online]. Tillgänglig vid: https://statistik.msb.se:443/PXWebPXWeb/pxweb/sv/PxData/START__A__A1/A10/
- [9] COOR, "Coor Guide - Smarta byggnader", 2019.
- [10] "Vad är smarta byggnader? [2024 Guide] | Zynka BIM", Zynka. Åtkomstdatum: 08 januari 2026. [Online]. Tillgänglig vid: <https://zynka.se/smarta-byggnader/>
- [11] "Värdering av "smarta byggnader"", KTH. Åtkomstdatum: 08 januari 2026. [Online]. Tillgänglig vid: <https://www.liveinlab.kth.se/nyheter/kronikan/vardering-av-smarta-byggnader-1.894953>
- [12] D. Kolokotsa, "The role of smart grids in the building sector", *Energy Build.*, vol. 116, s. 703–708, mar. 2016, doi: 10.1016/j.enbuild.2015.12.033.
- [13] B. Dong, V. Prakash, F. Feng, och Z. O'Neill, "A review of smart building sensing system for better indoor environment control", *Energy Build.*, vol. 199, s. 29–46, sep. 2019, doi: 10.1016/j.enbuild.2019.06.025.
- [14] O. Abrahamsson och S. Svensson, "Smart insatsstöd - Data från smarta byggnader som ett stöd för räddningstjänsten", *LUTVDG/TVBB, 2025*, Åtkomstdatum: 20 februari 2026. [Online]. Tillgänglig vid: <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/9187599>
- [15] S. Kirchner, "4 Most Common Types of Temperature Sensor", Ametherm. Åtkomstdatum: 20 februari 2026. [Online]. Tillgänglig vid: <https://www.ametherm.com/blog/thermistors/temperature-sensor-types/>
- [16] J. G. Allen, P. MacNaughton, U. Satish, S. Santanam, J. Vallarino, och J. D. Spengler, "Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments", *Environ. Health Perspect.*, vol. 124, nr 6, s. 805–812, juni 2016, doi: 10.1289/ehp.1510037.
- [17] O. US EPA, "What are volatile organic compounds (VOCs)?" Åtkomstdatum: 18 januari 2026. [Online]. Tillgänglig vid: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/what-are-volatile-organic-compounds-vocs>
- [18] J.-W. Yeow, E.-L. Tan, S. Peksi, och W.-S. Gan, "Environmental acoustic intelligence through sound event localization and detection: a review", *Npj Acoust.*, vol. 1, nr 1, s. 31, dec. 2025, doi: 10.1038/s44384-025-00036-3.
- [19] Y.-C. Tsao och T.-L. Vu, "Determining an optimal sensor system for smart buildings with uncertain energy supply and demand", *J. Build. Eng.*, vol. 71, s. 106532, juli 2023, doi: 10.1016/j.jobe.2023.106532.

- [20] Semiconductor insight, "Advanced Smart Building Sensing Technology Market, Trends, Business Strategies 2025-2032", New York, 2025. Åtkomstdatum: 23 februari 2026. [Online]. Tillgänglig vid: <https://semiconductorinsight.com/report/advanced-smart-building-sensing-technology-market/>
- [21] Reserach and Markets, "AI in Construction Market - Global Forecast 2026-203", 360iResearch, jan. 2026.
- [22] F. El Hussein, H. N. Noura, O. Salman, och K. Chahine, "Machine Learning in Smart Buildings: A Review of Methods, Challenges, and Future Trends", *Appl. Sci.*, vol. 15, nr 14, s. 7682, jan. 2025, doi: 10.3390/app15147682.
- [23] S. Talebian, A. Golkarieh, S. Eshraghi, M. Naseri, och S. Naseri, "Artificial Intelligence Impacts on Architecture and Smart Built Environments: A Comprehensive Review", 2024.
- [24] S.-J. Lee, H.-S. Yun, Y.-B. Sim, och S.-H. Lee, "Design and Validation of an Edge-AI Fire Safety System with SmartThings Integration for Accelerated Detection and Targeted Suppression", *Appl. Sci.*, vol. 15, nr 14, s. 8118, jan. 2025, doi: 10.3390/app15148118.
- [25] P. M. Krödel och G. Martin, "Artificial Intelligence in the field of Building Automation", 2020.
- [26] A. Leiva-Araos, V. sai Kalasapudi, A. Jiang, och H. Kaushal, "Evaluating Smart Building Features for Fire, Electrical, and Life Safety: A Rapid Human-LLM Framework for Literature Review and Research Mapping", *IEEE Access*, vol. PP, s. 1–1, jan. 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3613246.
- [27] J. A. M. Mere, N. Johansson, och E. Ronchi, "A Scoping Review and Bibliometric Analysis on Smart Firefighting in Buildings and Infrastructures", *Fire Mater.*, vol. 50, nr 2, s. 145–173, 2026, doi: 10.1002/fam.70035.
- [28] S. Shaharuddin, K. N. Abdul Maulud, S. A. F. Syed Abdul Rahman, A. I. Che Ani, och B. Pradhan, "The role of IoT sensor in smart building context for indoor fire hazard scenario: A systematic review of interdisciplinary articles", *Internet Things*, vol. 22, s. 100803, juli 2023, doi: 10.1016/j.iot.2023.100803.
- [29] U. I. Abdullahi, W. Zhang, Y. Cao, och G. Irankunda, "Integrating IoT Technology for Fire Risk Monitoring and Assessment in Residential Building Design", *Buildings*, vol. 15, nr 8, s. 1346, jan. 2025, doi: 10.3390/buildings15081346.
- [30] D. Gragnaniello, A. Greco, C. Sansone, och B. Vento, "Fire and smoke detection from videos: A literature review under a novel taxonomy", *Expert Syst. Appl.*, vol. 255, s. 124783, dec. 2024, doi: 10.1016/j.eswa.2024.124783.
- [31] "Identifiering av gnistor vid heta arbeten – en förstudie med avancerad kamerateknik och sensorer", Brandforsk. Åtkomstdatum: 23 februari 2026. [Online]. Tillgänglig vid: <https://www.brandforsk.se/forskningsprojekt/pagaende/identifiering-av-gnistor-vid-heta-arbeten-en-forstudie-med-avancerad-kamerateknik-och-sensorer/>
- [32] C. Brüel *m.fl.*, *Detecting and Localizing Forest Fires from Emitted Noise*. 2010.
- [33] J. Martinsson, M. Runefors, H. Frantzich, D. Glebe, M. McNamee, och O. Mogren, "A Novel Method for Smart Fire Detection Using Acoustic Measurements and Machine Learning: Proof of Concept", *Fire Technol.*, vol. 58, nr 6, s. 3385–3403, nov. 2022, doi: 10.1007/s10694-022-01307-1.
- [34] H. Y. Wong, M. Wang, X. Zhang, Y. Zhang, M. C. Wong, och X. Huang, "Safe evacuation framework with intelligent dynamic exit sign system and demonstration in tunnel fire", *J. Saf. Sci. Resil.*, vol. 6, nr 3, s. 100183, sep. 2025, doi: 10.1016/j.jnlssr.2024.12.001.
- [35] Y. Ding, X. Chen, Y. Zhang, och X. Huang, "Smart building evacuation by tracking multi-camera network and explainable Re-identification model", *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 148, s. 110394, maj 2025, doi: 10.1016/j.engappai.2025.110394.
- [36] J. Gibbons och D. Nilsson, "Sensor based occupant monitoring", *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2885, nr 1, s. 012102, nov. 2024, doi: 10.1088/1742-6596/2885/1/012102.
- [37] H. Frantzich, K. Fridolf, S. Liljestränd, A. Henningsson, och J. Lundin, *Locating people in tunnels using Wi-Fi technology*. 2023.
- [38] L. U. G. Ekanayaka Gunasinghalge, A. Alazab, och Md. A. Talukder, "Artificial intelligence for energy optimization in smart buildings: A systematic review and meta-analysis", *Energy Inform.*, vol. 8, nr 1, s. 135, nov. 2025, doi: 10.1186/s42162-025-00592-8.

Stödorganisationer

under 2025 då detta projekt beviljades

Asplan Viak AS • Bengt Dahlgren Brand & Risk • Brand och Bygg Sverige AB
Brandkonsulten AB • Brandkåren Attunda • Brandskyddsföreningen
Brandskyddsföreningen Dalarna • Brandskyddsföreningen Gävleborg
Brandskyddsföreningen Södermanland • Brandskyddsföreningen Värmland
Brandskyddsföreningen Väst • Brandskyddsföreningen Västernorrland
Brandskyddslaget • Brandutredarna • Bricon AB • Cold Cut Systems
Deap Fire Safety Design • Dina Försäkringar • Eld & Vatten • Fabege AB
Finlands Svenska Brand & Räddningsförbund, FSBR • Fire Safety Design AB
FireTech Engineering Folksam • FSS Solutions AS • Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap, BIV
Försäkrings AB Göta Lejon • GellCon • GKN Aerospace Sweden AB • Hovedorganisationen KA
Höglandets räddningstjänstförbund • If Skadeförsäkring • Jämtlands Räddningstjänstförbund
Kiruna Räddningstjänst • Kommunassurans Försäkrings AB • Kristianstads Räddningstjänst
Kyrkans Försäkring • Lantmännen • Mariöff Skandinavien AB • MAUS Sweden AB
MSB, myndigheten för samhällsskydd och beredskap • NBSG, Nationella Brandsäkerhetsgruppen
Nerikes Brandkår • Q-Fog i Nora AB • Ramboll Sweden AB • RED Fire Engineers Sweden AB
Region Stockholm, Trafikförvaltningen • Region Uppsala • RISE, Research Institutes of Sweden
Räddningstjänsten Boden • Räddningstjänsten Dala Mitt • Räddningstjänsten Fyrbodol
Räddningstjänsten Gotland • Räddningstjänsten Halmstad • Räddningstjänsten Hässleholm
Räddningstjänsten Kalix • Räddningstjänsten Karlstadregionen • Räddningstjänsten Ljungby
Räddningstjänsten Luleå • Räddningstjänsten Mälardalen • Räddningstjänsten Skaraborg
Räddningstjänsten Skellefteå • Räddningstjänsten Skinnkatteberg • Räddningstjänsten Storgöteborg
Räddningstjänsten Strömstad • Räddningstjänsten Syd • Räddningstjänsten Väst
Räddningstjänsten Östra Götaland • St Eriks Försäkring • SIMBRA Rädgivning AS
Stockholms Stads Brandförsäkringskontor • Storstockholms Brandförsvär
Svenska Institutet för standarder, SIS • Svensk Brand- och säkerhetscertifiering AB, SBSC • Swedisol
Säkerhetsbranschen • Södertörns brandförsvärsförbund • Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund
Trygg Hansa • Trä- och möbelföretagen TMF • Umeåregionens brandförsvär • Uppsala Brandförsvär
Västra Sörmlands Räddningstjänst

Insamlingsstiftelsen Brandforsk verkar för ett brandsäkert hållbart samhälle byggt på kunskap. Det gör vi genom att initiera och finansiera kunskapsutveckling inom området brandsäkerhet, och vi arbetar för att sprida den kunskapen så att den ska göra nytta.

Vi finansierar detta med insamlade medel från våra stödorganisationer som på så sätt bidrar till vår vision om **Ett brandsäkert och hållbart samhälle byggt på kunskap.**

Brandforsk

info@brandforsk.se, www.brandforsk.se

Projektgrupp



Finansierad av Brandforsk

Brandforsks verksamhet möjliggörs av stöd från olika organisationer i samhället. Läs mer om våra stödorganisationer på www.brandforsk.se

