



## Effektiv närvarodetektering och närvaroräkning för optimerad lokalanvändning

Sensorbaserad användningsindikation för effektiv grupprumsanvändning på Chalmers

Kandidatuppsats inom Industri- och materialvetenskap

Gustaf Asplund  
Ella Dahlström  
Oscar Eriksson  
Lilly Hakeskog  
Isak Nordin  
Hugo Olsson



KANDIDATUPPSATS 2024

# Effektiv närvarodetektering och närvaroräkning för optimerad lokalanvändning

Sensorbaserad användningsindikation för effektiv  
grupprumsanvändning på Chalmers

Gustaf Asplund  
Ella Dahlström  
Oscar Eriksson  
Lilly Hakeskog  
Isak Nordin  
Hugo Olsson



**CHALMERS**

Institutionen för Industri- och materialvetenskap  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2024

Effektiv närvarodetektering och närvaroräkning för optimerad lokalanvändning  
Sensorbaserad användningsindikation för effektiv grupprumsanvändning  
på Chalmers

Gustaf Asplund, Ella Dahlström, Oscar Eriksson,  
Lilly Hakeskog, Isak Nordin, Hugo Olsson

© GUSTAF ASPLUND, ELLA DAHLSTRÖM, OSCAR ERIKSSON,  
LILLY HAKESKOG, ISAK NORDIN, HUGO OLSSON, 2024.

Handledare: Erik Hulthén, Chalmers Tekniska Högskola institutionen för Industri-  
och materialvetenskap  
Examinator: Lars Almefelt, Chalmers Tekniska Högskola institutionen för Industri-  
och materialvetenskap

Kandidatuppsats 2024  
Institutionen för Industri- och materialvetenskap  
Chalmers Tekniska Högskola  
SE-412 96 Göteborg  
Telefon +46 31 772 1000

Omslagsbild: En illustration av en planlösning med rum markerade som upptagna  
eller lediga. Använder element från [1], CC-BY.

Skriven i L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X  
Göteborg, Sverige 2024

## Abstract

This project involves creating a system for occupancy measurement and people counting. The system has been tested in group study rooms at Chalmers University of Technology. A customer survey has been conducted among Chalmers students. In the survey, they rated the difficulty of finding group study rooms and what technical solutions they are most comfortable with. In addition, they were asked what medium that they would prefer to receive data regarding availability of group study rooms.

The project was carried out iteratively with two different testing periods using different sensors. An occupancy sensor was created containing a PIR sensor HC-SR301 and a radar unit Micradar R60AMP1. Since the Micradar radar unit could only measure up to two people in a room, a second prototype was developed using the same PIR sensor and another radar unit – MinewSemi MS72SF1. During the second testing period, up to 6 people could be counted in a group room using the radar unit but more have not been tested.

The occupancy sensors were connected to a Raspberry Pi Pico W microprocessor with custom embedded software. A Raspberry Pi 3A was used to provide the microprocessors with wireless internet, and a housing was created using CAD and 3D printing to mount the sensors in the group rooms.

A backend structure for data management and a web application that presents data from the group rooms were also created. The web application thus shows students which group rooms are available or in use, as well as displaying statistics on usage over time. The statistics gathered show that the radar sensors are superior to the PIR-sensor in people counting and occupancy measurement.



# Sammanfattning

Detta projekt innefattar att skapa ett system för närvaromätning och personräkning. Systemet har testats i grupprum på Chalmers Tekniska Högskola. Det har utförts en kundundersökning för studenter på Chalmers där de har angett hur svårt de anser det är att hitta grupprum och vilka tekniska lösningar som de är mest bekväma med. De angav även genom vilken kanal de helst hade tagit del av information gällande närvaro i grupprum.

Projektet har utförts iterativt med två olika testningsperioder med olika närvarosensorer. Det har skapats en närvarosensor innehållande en PIR-sensor HC-SR301 och en radarenhet Micradar R60AMP1. Det framkom dock att Micradar radarenheten enbart kunde mäta upp till två personer i ett rum. På grund av detta skapades en andra närvarosensor som innehöll en PIR-sensor HC-SR301 och en radarenhet MinewSemi MS72SF1. Under den andra testningsperioden kunde upp till 6 personer räknas i ett grupprum med hjälp av radarenheten men fler har inte testats.

Närvarosensorerna har kopplats till en mikroprocessor Raspberry Pi Pico W med en mjukvara som har programmerats. En Raspberry Pi 3A har använts för att förse mikroprocessorerna med trådlöst internet, och ett hölje har skapats med CAD och 3D-utskrift för att montera sensorerna i grupprum.

Det har även skapats en backend-struktur för datahantering och en webbapplikation som presenterar datan från grupprummen. Webbapplikationen visar därmed för studenter vilka grupprum som är lediga eller använda, och visar även statistik på användning över tid. Statistiken som samlats in har visat på att radarenheterna var bättre än PIR-sensor ur ett personräknings- och närvaroperspektiv.

Nyckelord: närvaro, personräkning, mmWave, radar, PIR, webbapplikation, embedded, grupprum



## Förord

Vi vill rikta ett stort tack till detta projektets handledare Erik Hulthén för det stöd och förtroende som du haft och gett oss genom hela projektets gång. Även examinator Lars Almefelt för ditt stöd och din uppmuntran. Ni skapade en miljö som vi och projektet kunde utvecklas inom.

Vi vill även tacka alla som ställt upp på intervjuer och svarat på våra undersökningar.

Gustaf Asplund, Ella Dahlström, Oscar Eriksson, Lilly Hakeskog,  
Isak Nordin, Hugo Olsson, Göteborg, juni 2024



# Lista av förkortningar

BFF	Backend-For-Frontend
CAD	Computer-Aided Design
CSS	Cascading Style Sheets
FFT	Snabb Fouriertransform
FMCW	Frekvensmodulerad Kontinuerlig Våg
GPIO	General Purpose Input/output
HTML	Hypertext Markup Language
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure
PIR	Passiv Infraröd
WPAN	Trådlöst Personal Area Network



# Innehåll

<b>Lista av förkortningar</b>	<b>xi</b>
<b>1 Introduktion</b>	<b>1</b>
1.1 Syfte . . . . .	3
1.2 Problemanalys . . . . .	3
1.3 Forskningsfrågor . . . . .	4
1.4 Projektavgränsningar . . . . .	4
1.5 Prototypöverblick . . . . .	5
1.6 Etik . . . . .	6
1.7 Projektstruktur . . . . .	8
<b>2 Teknisk Bakgrund</b>	<b>11</b>
2.1 Trådlös Kommunikation . . . . .	11
2.1.1 WiFi . . . . .	11
2.1.2 LoRa och LoRaWAN . . . . .	11
2.1.3 BLE . . . . .	12
2.1.4 Zigbee . . . . .	12
2.2 Hårdvara . . . . .	14
2.2.1 Radar . . . . .	14
2.2.2 PIR . . . . .	15
2.2.3 Mikroprocessor . . . . .	16
2.3 Inbyggd mjukvara . . . . .	17
2.4 Backend-mjukvara . . . . .	18
2.4.1 Lagring av data . . . . .	18
2.5 Frontend-mjukvara . . . . .	18
<b>3 Metod</b>	<b>23</b>
3.1 Kundundersökning . . . . .	23
3.2 Hårdvara . . . . .	23
3.3 Programmering av inbyggd mjukvara . . . . .	25
3.4 Programmering av backend-mjukvara . . . . .	26
3.4.1 Lagring av data . . . . .	26
3.5 Programmering av frontend-mjukvara . . . . .	26
3.5.1 Tidig utformning . . . . .	26
3.5.2 Utveckling mot en färdig applikation . . . . .	27
3.5.3 Hantering av eventuella buggar . . . . .	27

3.6	Mekanisk konstruktion . . . . .	28
3.7	Testning av prototyper . . . . .	30
3.8	Validering av prototyp . . . . .	31
<b>4</b>	<b>Resultat</b>	<b>33</b>
4.1	Resultat av kundundersökning . . . . .	33
4.2	Prestanda av hårdvaran . . . . .	38
4.3	Inbyggd mjukvara . . . . .	38
4.4	Backend-mjukvara . . . . .	39
4.5	Frontend-mjukvara . . . . .	40
4.6	Mekanisk konstruktion . . . . .	42
4.7	Mätresultat och tillförlitlighet . . . . .	43
4.8	Validering av prototyp . . . . .	47
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>51</b>
5.1	Diskussion av resultat . . . . .	51
5.2	Kundperspektiv . . . . .	53
5.3	Etik . . . . .	53
5.4	Utvecklingsarbeten . . . . .	54
5.5	Projektutvärdering . . . . .	55
<b>6</b>	<b>Slutsats</b>	<b>57</b>
	<b>Källor</b>	<b>59</b>
<b>A</b>	<b>Bilagor</b>	<b>I</b>
A.1	Frågorna till kundundersökningen . . . . .	I
A.2	Frågorna i återkopplingsformuläret . . . . .	VI
A.3	Intervjufrågor till studenter på Chalmers . . . . .	IX
A.4	Intervjufrågor till en anställd på Chalmers . . . . .	X

# 1

## Introduktion

På universitet väcks ofta frågan om effektiv lokalanvändning. Frågan är oftast speciellt kopplad till konferensrum och mindre studierum, så kallade grupprum. Dessa lokaltyper är speciellt intressanta då de utgör en viktig roll för universitetets anställda och studenter när dessa grupper vill mötas med sina jämlika och arbeta ostört i grupp. Universiteten vill ha en hög användningsgrad på lokalerna för att ytor inte ska vara outnyttjade men de vill inte heller inte få klagomål om att lokalerna inte räcker till.

Idag finns det några system som syftar till att effektivisera lokalanvändning. Density är ett företag som använder sig av radarteknik för att känna av personnärvaro och de erbjuder mjukvara för att monitorera ett kontorslandskap [2]. Nimway från Sony erbjuder också hårdvara och mjukvara för övervakning av kontorslandskap. Till skillnad från Density använder Nimway främst inomhuspositionering av mobiltelefoner genom att söka efter Bluetooth-signaler för att avgöra var olika personer befinner sig [3]. Bluetooth-teknologin kombineras också med några sensorer, så som Passiv infraröd (PIR)-sensor.

Trots att de båda systemen primärt är utformade för kontorsanvändning så har vissa lärosäten i Sverige kunnat implementera Nimway till viss grad [4]. Chalmers Tekniska Högskola är inget undantag till att vilja ha ett system för effektiv lokalanvändning på campus, men där är inte Nimway ett alternativ. Det visar ett kandidatarbete på Chalmers från 2023 [5].

Kandidatarbetet från 2023 syftade till att bedöma vilka tekniker för närvaromätning som var mest lämpliga att använda på Chalmers [5] och av deras resultat visar att Nimways teknologi inte är passande. Bluetooth-avläsning avfärdades nämligen av två anledningar. Den första var att studenterna på campus ansåg att avläsning med Bluetooth inte var tillräckligt anonymt. Även om användare i ett närvarosystem inte kan se vems mobiltelefon som befinner sig i vilket rum så kan hanteraren av systemet teoretiskt sett göra det.

Den andra anledningen till att Bluetooth-avläsning bedömdes som opassande var dess mätresultat [5]. Bluetooth-avläsning var inte tillräckligt precist för att kunna avgöra i vilken av två angränsande grupprum som en person befann sig i. Därför är det giltigt att ifrågasätta hur Nimway skulle prestera i samma lokaler. Då grupprummen kan vara tätt placerade i vissa korridorer men även utspridda över hela hus är det även giltigt att ifrågasätta hur många Bluetooth-sensorer och tillvalssenso-

rer som skulle behövas för att mäta och hantera hela campus Johanneberg på ett tillförlitligt sätt.

Den här rapporten undersöker därför hur ett närvaromätande system kan skapas för Chalmers Tekniska Högskolas behov. Främst finns behov av effektiviserad lokalanvändning, men med hjälp av mätdata på lokalanvändningen kan Chalmers även göra ett informerat beslut vad gäller eventuell utbyggnation. Detta kan vara till hjälp inför den annalkande flytten för högskoleingenjörsprogrammen ifrån campus Lindholmen till campus Johanneberg där cirka 2500 studenter ska flytta [6]. Ett system som mäter lokalanvändningen skulle dessutom kunna kopplas samman med styrning av ventilation och värme för att anpassa dessa utefter hur många personer som finns i lokalen.

För att systemet ska leda till effektiv lokalanvändning är det kritiskt att användarna, det vill säga främst studenterna, vill använda systemet. På så sätt kan studenterna själva hitta grupprum som är lediga och använda dem. Därför behöver systemet täcka studenternas behov samtidigt som det dokumenterar mätdata som Chalmers kan använda.

För att identifiera studenternas behov krävs en inledande förståelse för den nuvarande situationen. På Chalmers finns både grupprum som kan bokas i förväg och grupprum som används enligt principen först till kvarn. När bokningsbara grupprum inte är bokade gäller samma princip. Lokalbokningar görs och syns i systemet TimeEdit som även är Chalmers schemavisningssystem. För att en student garanterat ska ha tillgång till ett bokningsbart grupprum krävs förutom lokalbokning att studenten kommer till rummet inom en halvtimme efter att bokningen börjat gälla. Efter att 30 minuter har gått från det att en bokning startats får nämligen en annan person än bokaren ta grupprummet om det inte används. Den andra personen blir då den nya ägaren av bokningen fram tills sluttiden [7].

Då det förekommer att bokade grupprum står oanvända innebär det att det är svårt för studenter att veta vilka grupprum som är lediga och därmed möjliga att överta bokningen ifrån. När studenter vill hitta ett ledigt rum behöver de följaktligen gå runt och kontrollera varje grupprum om det är ledigt eller inte vilket kan vara tidskrävande. Samma problem förekommer för grupprum som används enligt principen "först till kvarn".

Problemet förvärras dessutom under högentensiva studieperioder. Under dessa perioder ökas efterfrågan på grupprum ytterligare från den redan generellt höga efterfrågan. Det leder bland annat till att det blir fler studenter som letar efter outnyttjade bokningar och därmed lediga grupprum. Processen att lyckas hitta ett ledigt grupprum kan därför vara utdragen och bidra till stress [8].

På grund av den tidskrävande processen att hitta ett grupprum blir det mer troligt att studenter istället väljer att studera i universitetets allmänna studieytor eller i hemmet. Då det befinner sig mycket fler personer på de allmänna studieytorna än i grupprum kan ljudnivån vara hög och därmed försämrats studieförhållandena. Vissa studenter kan till följd av det välja bort studerande på campus fullständigt för att undvika ljudnivån i allmänna studieytor och den tidskrävande processen med

att hitta ett ledigt grupprum. Konsekvensen blir att studenterna istället studerar isolerat i deras hem vilket kan bidra till försämrad mental hälsa [9].

Med denna bakgrund har studenter stort intresse i ett system som ger dem direkt återkoppling om var de kan hitta ett ledigt grupprum. Precis som Chalmers har stort intresse i att studenterna nyttjar grupprummen. Denna rapport har undersökt hur just ett sådant system kan konstrueras.

## 1.1 Syfte

Syftet med detta projekt är att skapa ett system för att övervaka och kommunicera närvaro i grupprum på Chalmers Tekniska Högskola. Systemet ska kunna användas av studenter för att enkelt kunna se om ett grupprum är tomt och därmed ledigt, eller om det närvarar personer där och grupprummet därmed är upptaget. Chalmers ska även ha enkel tillgång till närvarostatistik med personräkning från sensorerna. Närvarostatistiken ska kunna användas för att förstå utnyttjandegraden av grupprummen och grupprummens kapacitet.

## 1.2 Problemanalys

Eftersom projektet syftar till att skapa ett system som mäter och kommunicerar närvaron i grupprum på ett lättillgängligt sätt för studenter behövs ett robust system skapas. För att projektet ska kunna skapa ett sådant system kommer flera utvecklingsområden och flera delmål behövas.

För att närvaromätningen ska vara pålitlig utnyttjas sensorer för att registrera närvaro. Om systemet istället hade varit utformat med att användarna själva rapporterar om de befinner sig i rummen hade deras benägenhet att rapportera påverkat tillförlitligheten till systemet. Sensorerna och deras strömförsörjning kommer utgöra hårdvaran i det system som projektet skapar.

Det har beslutats att använda fast strömförsörjning för hårdvaran. Detta har valts istället för ström över ethernet då inte alla grupprum har uppkoppling för ethernet. Batterier har valts bort då det anses vara för dyrt och innebär mycket underhållsarbete.

Att sensorerna kan samla in data på antal studenter som sitter i grupprummen kan användas för att ge statistik som Chalmers Tekniska Högskola kan använda. För att kontrollera om sensorerna korrekt kan registrera antal personer kontrolleras statusen manuellt under projektet.

För att enkelt kunna hämta information om närvarostatus i grupprum är en webbapplikation en start för att i framtiden kunna implementeras med schemalaggnings-tjänster. Med en webbapplikation får studenter tillgång till närvaroinformationen utan inloggning eller nedladdning av en app. Chalmers kan också hämta statistik om utnyttjande av grupprum på webbapplikationen. Systemets mjukvara utgörs av webbapplikationen och dess stödtjänster.

### 1.3 Forskningsfrågor

För att ge projektet tydlig riktning och fokus formuleras ett antal forskningsfrågor. Dessa utgör en grund för analys och beslut under projektets gång.

- På vilket sätt kan en tjänst för direktinformation om närvaro i rum integreras för att skapa en effektiv lokalanvändning?
- Vilken sensorteknik är mest lämplig för på ett skalbart sätt skaffa information om närvaro i rum? Är denna sensorteknik även lämplig att detektera antalet personer i dessa rum eller bör annan teknik användas för detta ändamål?
- För användarvänlig tillgång till informationen, vilket medium är mest lämpligt för kommunikation till användare?
- Om en tjänst för direktinformation om närvarostatistik skulle tas i bruk, vilka eventuella nackdelar skulle denna tjänst medföra och hur är dessa beroende av olika lösningsval?

### 1.4 Projektavgränsningar

Fokus i projektet ligger på att utveckla en prototyp på hårdvara och mjukvara som kan visa att konceptet fungerar. Närvarodatan som samlas in kan användas för att förbättra funktionaliteten hos schemaläggningstjänster. Synkroniserad närvarostatistik till schemaläggningstjänsten kan användas för att göra bokade rum som inte tagits i anspråk bokningsbara igen. Detta är inte något som kommer att undersökas eller implementeras under projektets gång. Detta beror på att en utredning där andra tjänster integreras med insamlad data hade lagt till en tidskomplexitet som blir för stor för projektets omfattning.

Baserat på slutsatserna från det tidigare kandidatarbetet [5] har detta arbetet valt att försätta med passiv infraröd (PIR) sensorer. En begränsning av denna tekniken är dock att den endast kan detektera om rörelse sker och inte hur många personer som är i ett rum. Radartekniken har inte denna begränsning och utreds därför i detta projekt.

En avgränsning är att prototypen endast testas i tio grupperum av liknande storlek i ett hus på Chalmers Tekniska Högskola. Det gör att storleken på rummets inverkan på resultatet inte undersöks. Anledningen är att eftersom det är liknande förutsättningar i de grupperum som testas blir det enklare att undersöka hur exempelvis ändringar av montering och byte av radarenhet påverkar resultatet.

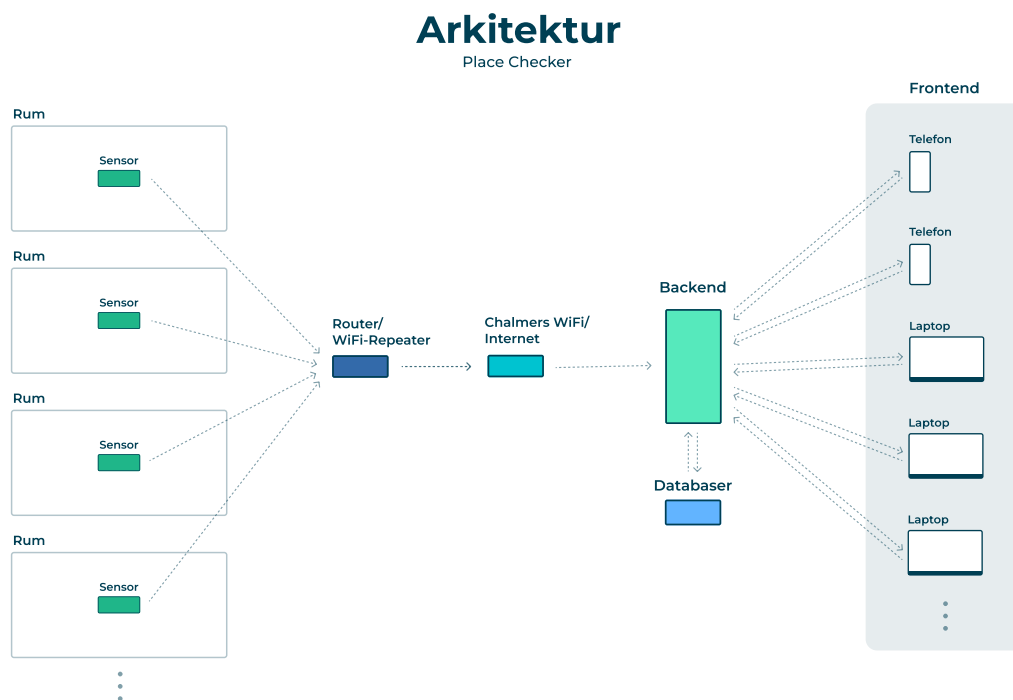
Hårdvaruprototypen implementeras i ett fåtal exemplar för att först utveckla en fungerande produkt innan den i framtiden kan tillverkas i större skala. Trots att en storskalig tillverkning inte kommer genomföras på grund av tid och kostnadsåtgång tas faktorer med som kan göra prototypen skalbar. Mjukvaran är även konstruerad på ett vis för att kunna hantera många sensorer vid eventuell storskalig användning.

En annan avgränsning är att endast strömförsörjning med nätadapter testas och

batterianvändning väljes bort. Detta eftersom kostnaden att byta ut batterier som ofta tar slut i många grupprum hade blivit stor.

## 1.5 Prototypöverblick

Under projektets gång kommer en fungerande prototyp konstrueras istället för att enbart utföra projektet teoretiskt. En prototyp skapas utifrån tidigare beskrivning av avgränsningar, forskningsfrågor och problemanalys. Prototypen av systemet ska innehålla hårdvara som mäter närvaro och kan kommunicera den, en backend-mjukvara som kan hantera inkommande mätdata, en databas som kan spara mätdata, en frontend-mjukvara som kommunikationsplattform för studenter samt en sida för statistisk visualisering av mätdata för högskolan. Denna systemarkitektur visualiseras i Figur 1.1.



**Figur 1.1:** Överblick av systemarkitekturen.

För hårdvaran finns två generationer eftersom prototypen utvecklas iterativt. Den första generationen använder sig av en PIR-sensor av typen HC-SR501 och en radarenhet som heter R60AMP1 från MicRadar. Den andra generationen använder också en HC-SR501 men har istället radarn MS72SF1 från MinewSemi installerat. Dessa sensorer väljs då PIR-sensorn visar god potential för att endast mäta om det finns närvaro i ett rum [5] och radarenheterna väljs då de marknadsförs som att de även kan räkna antal personer i ett rum. PIR-sensorn finns på båda generationerna då den kan användas för mätsäkerhetsvalidering.

Oavsett generation så kopplas dessa sensorer samman med en mikroprocessor och

strömförsörjning av en 5 V USB mikro-B laddare. Mikroprocessorn är en Raspberry Pi Pico W och den väljs på grund av dess förmåga att kommunicera sensorernas mätvärde över WiFi. Denna är sedan programmerad med Rust eller C.

I den iterativa utvecklingsprocessen testas först mikroprocessorn och en PIR-sensor ansluten för att avgöra stabiliteten av den inbyggda mjukvaran och backendmjukvaran. Då upptäcks att Chalmers WiFi opererar på 5 GHz-bandet och mikroprocessorn kan därför inte självständigt koppla upp sig mot WiFi:t. Detta för att mikroprocessorn endast kan kommunicera på 2,4 GHz-bandet. Av den anledningen införs en "repeater" som kan ta emot mätvärden på 2,4 GHz-bandet och föra vidare dem till högskolans nätverk på 5 GHz-bandet. Repetern byggdes av en Raspberry Pi, en USB-WiFi adapter av typ TP-Link Archer T2U+ och en likadan 5 V laddare.

Mjukvara på olika nivåer hanterar mätdata, lagrar och förmedlar den till studenter. Samtliga beskrivs i detalj i kapitlet teknisk bakgrund, här förklaras endast kort uppgifterna för varje programmsdel. Den inbyggda mjukvaran läser av, hanterar och skickar mätdata över 2,4 GHz WiFi och internet. Backend-mjukvaran tar emot mätdata, lagrar den i en databas och förmedlar data till Frontend-mjukvaran. Frontend-mjukvaran är den webbapplikation som kommunicerar var lediga grupperum finns till studenter och visar statistik för Chalmersanställda. Mjukvaran utvecklas kontinuerligt från första mjukvarutestet.

## 1.6 Etik

För att systemet ska vara uppskattat hos studenter och personal är det viktigt att tekniken som används inte skapar obehag i form av känsla av övervakning eller integritetsintrång. De etiska aspekterna av en PIR-sensor som är den ena typen av sensor som testas, behandlades delvis av ett tidigare kandidatprojekt [5]. Dess resultat visade att den var bäst av de alternativ ur en etisk synpunkt eftersom PIR-sensorn inte kan identifiera studenter utan endast indikerar om en värmekälla rör sig över dess mätområde.

Radar, som är den andra typen av sensor har behovet av att utredas då den tekniken inte innefattades i det tidigare kandidatarbetet. En anonym kundundersökning med onlineformulär utförs därmed för att samla in information om hur studenter upplever sensorn och hur de upplever idén om att mäta närvaron i grupperum. Frågorna som ställdes finns i bilaga A.1. En potentiellt avgörande aspekt för om studenter känner sig obekväma med radar är dess potentiella inverkan på människor. En studie har dock visat att radar med lågeffektstrålning kring 60 GHz inte har någon betydande påverkan på människors hälsa [10].

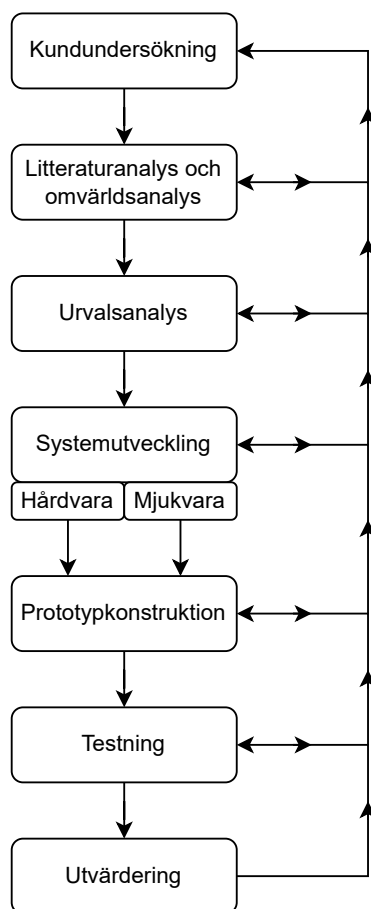
Att informationen om vilka grupperum som är lediga eller inte blir mer lättillgänglig kan få konsekvensen att personer enklare kan lokalisera vart människor befinner sig. Det gör att det även är värt att reflektera över vissa säkerhetsrisker det kan medföra. Ett exempel som nämndes i det föregående kandidatarbetet [5] är den möjligt förhöjda risken av rån eller andra attacker mot studenter som sitter i grupperum. Detta på grund av att potentiella gärningspersoner kan få reda på vilka rum som faktiskt används. Projektet bedömer dock för tillfället att den eventuellt förhöjda

riskerna fortfarande är relativt låga och därför inte nödvändigtvis en fällande faktor för idén. Däremot kan den mer lättillgängliga informationen även få positiva effekter. Informationen skulle exempelvis kunna användas i händelse av brand när det kan vara av intresse att veta vart människor befunnit sig den senaste tiden för att snabbare kunna evakuera dem.

En annan möjlig påverkan av att informationen blir mer lättillgänglig är att rum som är mer avlägsna eller som studenter använder mer sällan, så kallade gömställen, kommer bli mer använda. Systemet kommer avslöja dessa gömställen som mindre studiegrupper känner till och utnyttjar ostört. För dessa grupper kan systemet innebära sämre tillgänglighet till grupprum. Men utilitaristiskt sett kommer systemet göra nytta för majoriteten.

## 1.7 Projektstruktur

Projektet har planerats att genomföras i en iterativ process. Det är anledningen till att det finns en första och en andra generation av hårdvaran, där testning utförs löpande. Det här underkapitlet syftar till att förklara hur projektet fortlöpt i kronologisk ordning. Rapporten skrivs i traditionell struktur och presenterar därför samtliga metoder, resultat och slutsatser under samma kapitel. Det gör att risk finns att innebörden av tidiga resultat, förbättringar och slutgiltiga resultat förminskas eller förvirras utan förståelse för projektets struktur. Bilden nedan sammanfattar inte bara projektstrukturen men även varför förståelsen är viktig.



Figur 1.2: Strukturen som projektet arbetade efter.

Den här projektstrukturen väljs för att få tidiga resultat på behovet från det tänkta systemets användare samt tidig prototyptestning. På grund av tidig testning och därmed tidiga resultat är inte flödet av metodiken strikt fastslagen till att fortgå till nedanstående aktivitet. De tidiga resultaten planeras att förändra beslut och prototypen. Därför syns det i Figur 1.2 att resultat i någon av produktutvecklingsfaserna kan flytta tillbaka projektet till tidigare faser.

Projektet börjar dock med en kundundersökning av Chalmers studenter och högskolans behov, därefter flertalet analyser och prototyputveckling innan generation ett av prototypen kan testas. Efter att generation ett testats utvärderas resultaten och

ny urvalsanalys samt prototyputveckling görs inför testningen av generation två.

Innan generation ett kan testas behövs dock mjukvaran testas för att undersöka om programmen presterar som önskat. Resultaten används för att utveckla en färdig välfungerande generation ett.

När generation ett testas är målet att testa hur 10 stycken prototyper presterar med olika monteringspositioner. Detta för att undersöka vilken den optimala placeringen av produkten skulle vara utifrån detektionsförmåga och störningar. Även mjukvarans skalbarhet och långtidsprestations undersöks då testperioden varar under två veckor. Dessa resultat utvärderas sedan för att skapa generation två.

Generation två testas och jämförs sedan mot generation ett. I detta avslutande skede i projektet görs även kundvalideringar för att analysera hur studenter och Chalmersanställda ser på prototypen.



# 2

## Teknisk Bakgrund

Projektet använder sig av flera olika tekniska lösningar som bygger på olika teorier. Detta kapitel förklarar dessa tekniker och det är med den bakgrunden som produkten utvecklats.

### 2.1 Trådlös Kommunikation

Det finns flera olika typer av trådlös kommunikation som är ämnade för olika ändamål. Beroende på vilken typ av data som ska överföras och syftet med de ingående enheterna kan olika trådlösa kommunikationstekniker vara mer eller mindre lämpliga. Det är viktigt att välja rätt teknik för att säkerställa effektivitet, tillförlitlighet och säkerhet i kommunikationen.

#### 2.1.1 WiFi

WiFi-standarden IEEE 802.11 finns i flera versioner, varav 802.11n (WiFi 4) och 802.11ac (WiFi 5) är relevanta för denna rapport.

802.11n-standarden (WiFi 4) [11] kan fungera i både 2,4 GHz- och 5 GHz-bandet. Implementeringen kan vara antingen i ett av dessa band eller i båda, men enheter som endast stödjer det ena bandet kan inte kommunicera direkt med enheter som endast använder det andra bandet. 802.11ac-standarden (WiFi 5) [12] använder enbart det 5 GHz-bandet för att möjliggöra högre datahastigheter, vilket kan leda till en minskad räckvidd jämfört med 2,4 GHz-bandet.

I Europa är det 2,4 GHz WiFi-bandet uppdelat i 13 kanaler, var av endast kanal 1, 5, 9 och 13 kan användas utan överlapp med en kanalbredd på 20 MHz [11].

På grund av 2,4 GHz-bandets begränsade antal användbara kanaler och dess relativt långa räckvidd förhållande till 5 GHz-bandet är det vanligt att endast använda 5 GHz i områden med en hög densitet av enheter.

#### 2.1.2 LoRa och LoRaWAN

LoRa, förkortning för "long range", är en trådlös kommunikationsmetod som bygger på chirp spread spectrum (CSS)-tekniken [13]. Den är utformad för att erbjuda lång räckvidd och samtidigt ha en låg energikonsumtion. I Europa använder LoRa

frekvenser mellan 868 och 870 MHz, som är en del av det licensfria UHF-bandet EU863-870 [14][15]. Genom att kombinera LoRa med LoRaWAN-protokollet, som följer standarden ITU-T Y.4480 [16], kan ett low-power WAN (LPWAN) etableras. Denna teknik möjliggör att data från sensorer i närheten kan samlas in av internetanslutna gateways.

Ett LoRaWAN-nätverk har stor räckvidd och ger anslutningar med hastigheter som varierar mellan 0,3 kbit/s och 5 kbit/s per kanal [15]. Enligt samma källa bör varje enhet inom EU863-870-frekvensbandet ha stöd för tre standardkanaler. Utöver det bör enheter också kunna kommunicera på mellan 24 och 80 kanaler inom frekvensbandet, med en bandbredd på 125 kHz vardera.

LoRa och LoRaWAN möjliggör även säker kommunikation genom möjligheten att kryptera dataöverföringar [17]. Detta innebär att informationen som skickas mellan sensorer och gateways kan skyddas från obehörig åtkomst och manipulation, vilket är avgörande för många tillämpningar inom IoT och trådlösa sensornätverk.

### 2.1.3 BLE

Bluetooth low energy (BLE) är ett protokoll för att skapa ett trådlöst personal area network (WPAN) på 2.4 GHz-bandet. Till skillnad från klassiska Bluetooth är det byggt för att ha en lägre energikonsumtion och ha en förenklad kommunikation [18]. Varje BLE-enhet har ett unikt ID, som kan användas för att identifiera vilken enhet som är vilken. Ett vanligt sätt en enhet kan exponera data är via Generic Attribute Profile (GATT)-specifikationen, som görs med dataattribut [18].

Inom BLE-protokollet kan enheter agera som så kallade beacons, där varje enskild enhet sänder ut sitt unika ID tillsammans med informationen som den vill rapportera, istället för att skicka till en specifik mottagare [19]. Denna informationen kan sedan avläsas av alla mottagare som finns i närheten.

För att hämta information från BLE-enheter kan internetanslutna gateways placeras i dess närhet, som sedan rapporterar dess status till en centraliserad server. Eftersom att Bluetooth-WPAN har låg räckvidd [18] kan ett högre antal av dessa gateways behövas placeras kring rum.

### 2.1.4 Zigbee

Zigbee är ett protokoll för att skapa WPAN som bygger på standarden IEEE 802.15.4. Det stöder krypterad kommunikation och kan använda nätverksstrukturerna mesh, star och tree med en hastighet på upp till 250 kbit/s [20].

Inom Zigbee-nätverk finns det tre olika typer av enheter enligt [20]: koordinator, router och slutenhet. Varje nätverk kräver en central koordinator som har kontroll över hela nätverket. Koordinatören samlar in statusinformation från alla enheter och kan sedan kommunicera med klienter utanför nätverket.

För att utöka nätverkets räckvidd och täckning kan routerenheter användas. Dessa enheter har vanligtvis en fast strömkälla och kan koppla samman olika delar av nät-

verket. De kan kommunicera med alla andra typer av enheter för att vidarebefordra data, samt även skicka ut egen data [20].

En slutenhet är en enhet som oftast är batteridriven. Den kan endast ansluta till en router eller koordinator och vidarebefordrar inte data till andra enheter [20].

För att möjliggöra extern rapportering av en enhets status måste alla signaler propagera genom nätverket till koordinatoren. Det innebär att vissa signaler kan behöva passera genom flera routerenheter och ibland sträcka sig över flera byggnader. Denna process kan vara utmanande för storskaliga nätverk eftersom Zigbee har en begränsning för hur många enheter en signal kan passera [20]. Detta begränsar potentiellt koordinators fysiska placering och kan ibland göra det omöjligt att använda ett enda nätverk. För att implementera Zigbee-kommunikation på en skala som ett campus kan det vara mest praktiskt att ha flera Zigbee-nätverk med flera koordinatorenheter.

## 2.2 Hårdvara

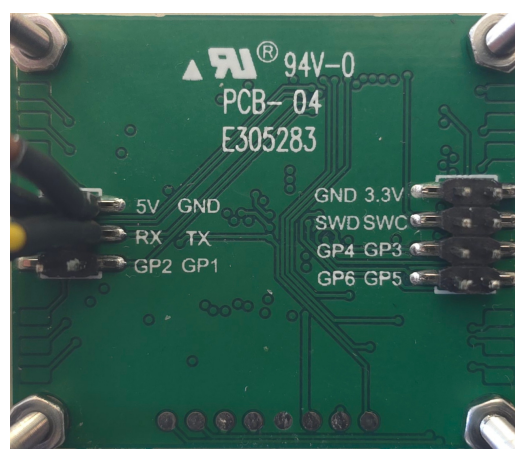
Projektet använder sig av flera olika hårdvarulösningar som har utvärderats och utvecklats.

### 2.2.1 Radar

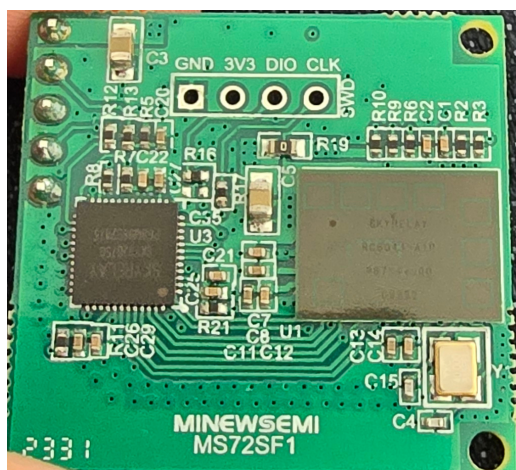
För detta projektet finns det två relevanta radarenheter; R60AMP1 och MS72SF1 från MicRadar respektive MinewSemi för att mäta antalet personer i ett grupprum med hjälp av radiovågor. Bilder på radarenheterna går att se nedan, R60AMP1 i Figur 2.1 och Figur 2.2 samt MS72SF1 i Figur 2.3 och Figur 2.4. En sammanfattning av dess specifikationer finns i Tabell 2.1.



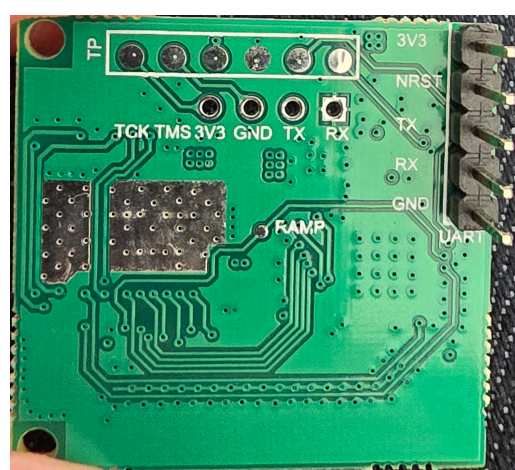
Figur 2.1: Micradar R60AMP1 framsida



Figur 2.2: Micradar R60AMP1 baksida



Figur 2.3: MinewSemi MS72SF1 framsida



Figur 2.4: MinewSemi MS72SF1 baksida

Båda radarenheterna använder sig av frekvensmodulerad kontinuerlig våg (FMCW)-sändare, som är en vanlig teknik som används av kontinuerlig våg (CW) radarenheter [21]. CW-radar innebär att den utsända signalen inte pulseras ut utan sänds kon-

tinuerligt under hela mättiden [22]. För att radarn ska kunna mäta hastigheten av rörande objekt används frekvensmodulering och Dopplerskift.

Frekvensmoduleringen sker i sändaren. Den utsända signalen skickas kontinuerligt men med varierande frekvens beroende av tid. Då mottagaren mottar signalen och känner till frekvensvariationen från sändaren kan radarn beräkna den tid som krävs för att resa fram och tillbaka från mätobjektet [22]. Det är möjligt då den mottagna signalen kommer vara skiftad i tiden jämfört med den utsända signalen. Radarn filtrerar då ut den utsända frekvensdelen och lämnar efter sig en signal som symboliserar tidskiftet. Denna signal kallas skillnadsfrekvens [23]. Genom snabb Fouriertransform (FFT) kan skillnadsfrekvensen analyseras som en tidsfördröjning och därmed kan sträckan mellan radar och mätobjekt beräknas.

Därtill kommer dopplerskiftet. Dopplerskifte innebär att frekvensen förändras utifrån mätobjektets hastighet enligt Dopplereffekten [22]. För den utsända signalen innebär det en frekvensökning eller minskning beroende på mätobjektets rörelseriktning och magnituden av objektets fart. I mottagaren sker ett triangelsvep för att eliminera dopplerskiftet för att sedan skicka vidare signalen för FFT [22]. Men för att eliminera dopplerskiftet behövs det analyseras och med kunskapen från analysen kan radarn även plocka ut fart och riktning på mätobjektet för radaranvändaren.

För radarenheterna är dopplerskiftet väsentligt. På grund av möjligheten att spåra hastighet avslöjar Dopplerskiftet var det finns personer som rör sig och vad som är stillastående inredning [22].

Då mottagarna är skilda från sändaren faller radarn inom klassificeringen bistatisk.

**Tabell 2.1:** Sammanfattning av databladen för radarenheterna R60AMP1 [24] och MS72SF1 [25].

	R60AMP1	MS72SF1
Maxantal personräkning	10	10
Radarfrekvens	61 - 61,5 GHz	60 - 64 GHz
Ingångsspänning	5 V	3,3 V
Effekt	465 mW	363 mW
Synvinkel	100°	120°
Detektionsavstånd	4 m	8 m
Montering	Horisontell	Vertikal

## 2.2.2 PIR

Den sensorn som är relevant i projektet är rörelsedetektorn HC-SR501 och dess utseende kan studeras i Figur 2.5. Denna känner av den infraröda (IR) strålningen som sänds ut från objekt som förflyttas eller rör sig inom sensorns synfält [21].

Infraröd strålning är en del av det elektromagnetiska spektrumet, med en våglängd på mellan 0,75  $\mu\text{m}$  och 1 mm [26]. Det gör att infraröd strålning är utanför det spektrum som uppfattas av det mänskliga ögat, men det finns tekniker och instrument som används för att uppfatta infraröd strålning.

Det finns flera olika användningsområden för Infraröd strålning, bland annat för att kartlägga molnmönster, för att visualisera väderleksrapporter och för sjukvårdsdiagnostik inom bland annat svåra brännskador och diagnostik av bröstcancer [26]. Det finns även flera rörelsedetektorer som använder infraröd strålning vilket är en av lösningarna som presenteras i detta projekt.



**Figur 2.5:** PIR-sensor HC-SR501

PIR-sensorn har en lins som sitter längst ut och bakom den en sensor med två IR-känsliga pyroelektriska element [21][27]. Dessa element använder sig av en pyroelektriska effekten för att skapa små spänningsskillnader som kan avläsas [27]. Linsen byggs upp av flera mindre hexagonala Fresnellinser som gör att synfältet delas upp i flera mindre konformade synfält ställdes utåt från sensorn. När en person rör sig inom sensors synfält märks en spänningsskillnad mellan sensorerna, vilket talar om att någon befinner sig inom synfältet. På PIR-sensorn finns två justerbara skruvar för att justera elementens detektionskänslighet och tidsfördröjningen mellan detektion och att den skickar en utsignal.

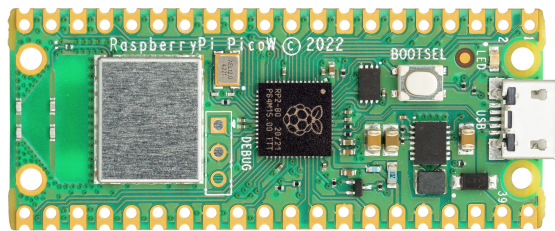
PIR-sensorn som används måste placeras för att undvika eventuella störningar. Dessa störningar inkluderar ljuskällor nära sensorn och vind nära sensorn. Därför ska sensorn placeras riktat ifrån och ovanför fönster med ett avstånd ifrån lampor i rummet. Sensorns synfält är ett område på 120 grader, vilket gör att det optimala är att placera den vid en vägg eller i ett hörn, i takhöjd [28]. Sensorn kan även mäta ifrån 7 meters avstånd vilket täcker takhöjden på grupprummen [28].

### 2.2.3 Mikroprocessor

För att effektivt läsa av och rapportera data från de sensorer som används i detta projekt krävs en mikroprocessor. Den mikroprocessor som är relevant för det här projektet är Raspberry Pi Pico W. En bild på dess utseende syns i Figur 2.6.

Mikroprocessorn är utrustad med två ARM Cortex-M0+ processorkärnor med en klockhastighet på upp till 133MHz, 264 kB SRAM, 26 multifunktionella general purpose input/output (GPIO) pins för att ansluta enheter för input/output, och en intern temperatursensor för att förhindra överhettning [29]. För strömförsörjning och anslutning till dator har den även en microUSB-port. För trådlös kommunikation

mellan mikroprocessorer och server har mikroprocessorn IEEE 802.11 b/g/n 2.4 GHz wireless LAN samt Bluetooth 5.2.



**Figur 2.6:** Raspberry Pi Pico W mikroprocessor. [30], CC-BY-SA

## 2.3 Inbyggd mjukvara

För att läsa av och rapportera sensorvärden behövs inbyggd mjukvara för mikroprocessorn skrivas. Denna typ av programmering benämns ofta som inbyggd programmering och involverar att skriva mjukvara utan att ha ett traditionellt operativsystem såsom Windows eller Linux under den egenskivna koden. Detta leder till att den skrivna koden mer direkt interagerar med hårdvarans olika funktioner.

Det traditionella sättet att skriva inbyggd programvara är att använda C. Detta ger stor kontroll över hårdvaran men kan möjliggöra stabilitetsproblem och minnesbuggar på grund att C språkets osäkra hantering av minne [31]. Till Pico W mikroprocessorn har tillverkaren Raspberry Pi utvecklat ett Software Development Kit (SDK) [32] som abstraherar bort mycket av hårdvaran till färdiga funktioner som går att kalla från egen skriven C kod. Denna SDK innehåller också en komplett nätverks- och krypteringsstack. Nätverksstacken implementerar

Ett nyare alternativt språk för att utveckla inbyggd mjukvara är Rust [33][31]. Rust försöker lösa många av de minnesproblem som kan uppstå i C genom att implementera ett system som kallas för Borrow Checker. Detta system garanterar att varje variabel alltid har exakt en ägare som är ansvarig för den variabelns minne [34]. Sen kan andra funktioner som behöver tillgång till en specifik variabel antingen låna variabeln eller ta över ägandeskapet av variabeln. När en variabel lånas är det fortfarande ägaren som är ansvarig men funktionen som har lånat variabeln är ansvarig för att lämna tillbaka variabeln när funktionen når sitt slut. När en funktion tar över ägandeskapet så blir den funktionen ansvarig för minnet där variabeln ligger [34].

Hela detta systemet plus flera andra säkerhetssystem ser till att all Rust kod som inte är explicit markerad som osäker garanterat kommer hantera minne på ett säkert sätt [34]. För att använda Rust på Pico W mikroprocessorn behövs dock en annan SDK än den officiella från Raspberry Pi [32]. Embassy är ett ramverk för att bygga inbyggd mjukvara men hjälp av Rust. Det implementerar majoriteten av funktionaliteten från den officiella systemet men skrivet i Rust istället för C [35].

### 2.4 Backend-mjukvara

För att kunna behandla flödet av information behövs kommunikation mellan olika delar av systemet upprätthållas. En simpel lösning på detta är att låta varje klient prata direkt med delar av systemet, men samtidigt är detta något som ofta kan utgöra stora logistikproblem samt skapa potentiella säkerhetshål. För att kunna göra en så simpel och säker kommunikation som möjligt kan en centraliserad koordinator, ett backend, användas. Denna kan ta hand om all hämtning och lagring av data, samt se till att endast klienter med rätt befogenhet får åtkomst till särskilda resurser. På grund av detta kan den även agera som en abstraktionsnivå som ger ett förenklat kommunikationsprotokoll till samtliga klienter.

Fastify är ett webbramverk som utgör en robust backend-lösning och bygger på Node.js-plattformen [36]. Det är kompatibelt med programmeringsspråken JavaScript och TypeScript. Fastify har konstruerats med en inriktning mot hög prestanda, skalbarhet och användarvänlighet för utvecklare. Detta används för att exponera ändpunkter som kan användas av en frontend och tredje part för att hämta data.

#### 2.4.1 Lagring av data

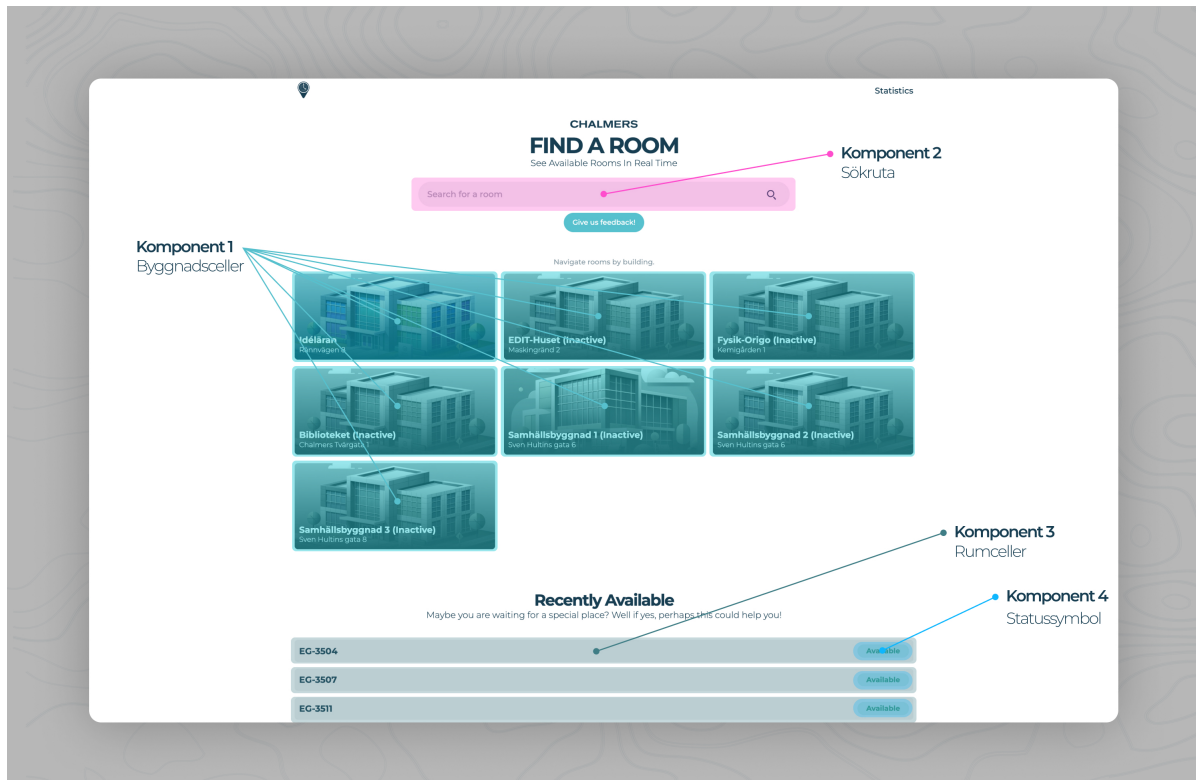
För lagring av allmänndata kan en relationsdatabas användas. En typ av relationsdatabas är PostgreSQL, som lagrar information i tabeller [37]. Kommunikation mot denna för att lagra och hämta data sker med SQL, ett språk för att göra så kallade databasfrågor. Projektet använder även ett verktyg vid namn DrizzleORM vilket möjliggör att skriva databasfrågor i TypeScript men som genererar SQL-frågor [38], vilket är vad databasen förstår [37]. Den främsta anledningen till att använda detta verktyg är att ge typsäkerhet vid backendprogrammering och att låta utvecklaren använda ett familjärt språk vid kommunikation med databas.

Högfrekvent data med historik kan ofta lagras i en så kallad tidsseriedatabas, som lagrar data med primär indexering på datapunkternas tidsstämpel [39]. Med denna indexering kan ett flertal optimeringar göras, vilket kan underlätta hämtning, lagring och behandling av data, samt minska mängden lagringsutrymme som behövs [39][40].

### 2.5 Frontend-mjukvara

För att göra datan och funktionaliteten tillgänglig för studenter och Chalmers byggs en applikation — i detta sammanhang benämnt som frontend. Det finns flera olika typer av applikationer, native för respektive plattform såsom iOS och Android eller en så kallad webbapplikation som körs i en webbläsare. Fördelen med den sistnämnda är att den enkelt blir nåbar via en URL och kan köras på flera olika plattformar, både mobiler och på datorer.

Webbläsare kan främst förstå tre olika saker: HTML, CSS och JavaScript [41] [42]. Dessa är därför grundverktygen för att skapa en webbapplikation. Generellt kan dessa kategoriseras som att HTML och CSS specificerar layout och utseende medans



**Figur 2.7:** Visuellt exempel på vad komponenter kan vara för något och hur de används i en webbapplikation.

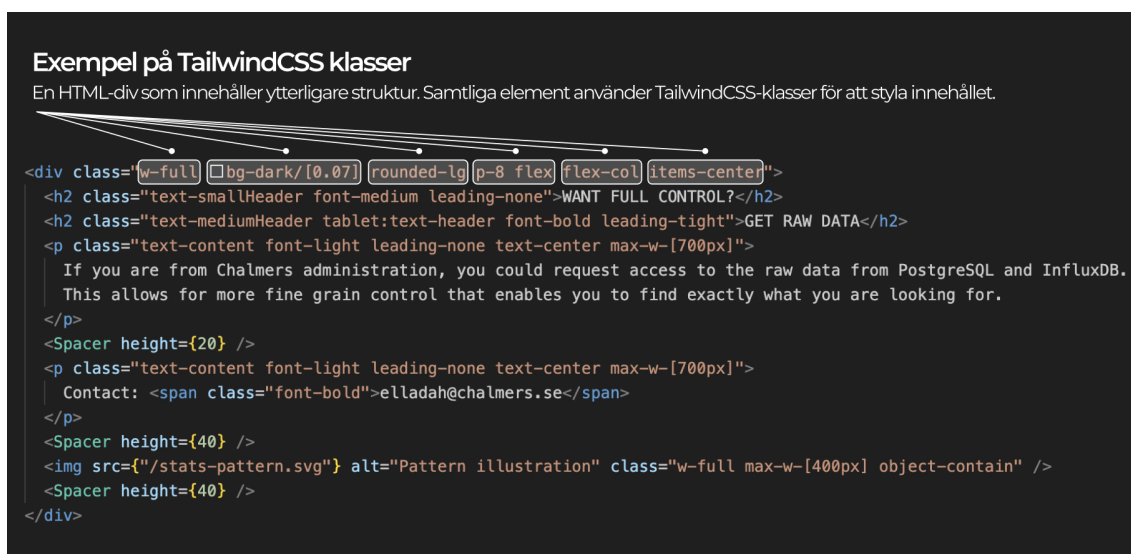
JavaScript anger logik. Att skriva en webbapplikation med endast dessa är fullt möjligt men ofta inte tillvägagångssättet. Anledningen till detta beror främst på tre anledningar:

1. Ofta är logik och layout upprepat och kan återanvändas, därför önskas ett sätt som kan hantera denna återanvändning på ett vis som är smidigt och resurseffektivt.
2. Vid skrivning av mer avancerad kod är ett typsystem ofta att föredra, detta då programmeraren kan bli noterad om typer ej verkar stämma. Detta kan öka antalet misstag som kan märkas vid utveckling istället för i produktion.
3. När en användare besöker webbapplikationen får de approximativt ett paket med information av en server, såsom kod, bilder och data. För en snabb användarupplevelse är det av intresse att detta paket är minimalt och endast innehåller saker som behövs.

Det finns flera olika verktyg som kan vara till hjälp för att underlätta dessa tre punkter. Detta projektet har valt att använda Svelte [43], SvelteKit [44], TypeScript och TailwindCSS [45]. Följande text beskriver dessa verktyg, hur det fungerar och deras syfte.

Svelte är ett ramverk för att bygga återanvändbara komponenter och hantera så kallat “state”, direktöversatt “tillstånd” på svenska. Detta är därför ett mycket fun-

damentalt verktyg till hur mycket av webbapplikationens kod är strukturerad. En komponent är en återanvändbar layout som kan innehålla logik och styling. Konceptuellt kan detta delvis jämföras med klasser som används i många programspråk, då dessa också kan användas för att kapsla in logik och funktionalitet för återanvändning. Svelte berör därför syftet för punkt 1 i ovanstående lista. Figur 2.7 illustrerar hur komponenter kan struktureras och användas. Ett annat verktyg som används är TailwindCSS, detta är ett verktyg för att hantera styling av innehåll. Idéen hos TailwindCSS är att använda fördefinierade style-klasser vid ofta förekommande style-instruktioner. Detta faller också under syftet hos punkt 1 då det förenklar utveckling av återkommande styling och underlättar ett standardiserat utseende. Figur 2.8 visar hur TailwindCSS klasser kan se ut.



**Figur 2.8:** Illustration på hur TailwindCSS-klasser används. Dessa används som ett sätt att specificera vanligt förekommande style-instruktioner.

För syftet i punkt 2 används TypeScript. Detta är ett programmeringsspråk som är ett superset av JavaScript med möjligheten att använda typer vid programmering. Som tidigare nämnt är en webbläsare begränsad att förstå HTML, CSS och JavaScript. TypeScript är därför ett språk som transpileras till JavaScript vid byggnation av applikationen. Detta innebär att utvecklaren kan ta del av fördelar från ett typat system men samtidigt generera kod som kan köras i en webbläsare.

Det sista verktyget som frontenden använder är SvelteKit. Detta är ett så kallat meta-ramverk, det ger en struktur för applikationer skrivna i Svelte att hantera navigation (engelska, routing), förpackning (engelska, bundling) och andra aspekter som krävs för att exponera en webbsida. Detta berör alltså punkt nummer 3. En viktig funktion som används hos SvelteKit är dess möjlighet att göra så kallad server side rendering. Detta innebär att en sida renderas hos servern innan den skickas till användaren. Rendering i denna kontext kan tänkas som att "plocka ihop" något som kan visas utan ytterligare beräkning hos användaren. Denna för-rendering har två betydande fördelar, det förbättrar sökmotoroptimering och det möjliggör en snabb första visning för användaren.

För att förstå hur denna för-rendering kan förbättra sökmotoroptimering krävs en grundläggande kunskap om hur en sökmotor hittar sidor på internet. Sökmotorer som Google har så kallade crawlers som indexerar webben [46]. Dessa använder en algoritm för att besöka nya webbsidor och analysera deras innehåll. Denna analysen bedömer innehållet och potentiellt kvaliteten för att kunna ge precisa förslag vid kommande sökningar från sina användare. För att återanvända den tidigare analogin om att användaren får ett paket av servern vid besök av hemsidan, kan det tänkas att detta paket ska vara förpackat på ett vis som är lättillgängligt för dessa crawlers. Det är generellt lättare att läsa ett färdigt HTML-dokument med information än att läsa in JavaScript och andra resurser för att sedan rendera innehållet själv. Därför är det fördelaktigt att dessa crawlers får ett för-renderat HTML-dokument som svar vid besök av hemsidan — därför kan server side rendering förbättra sökmotoroptimering.



# 3

## Metod

Projektet innefattar flera olika delar, och det har krävts flera olika metoder för att utföra dem. I detta kapitel benämns och beskrivs dessa metoder.

### 3.1 Kundundersökning

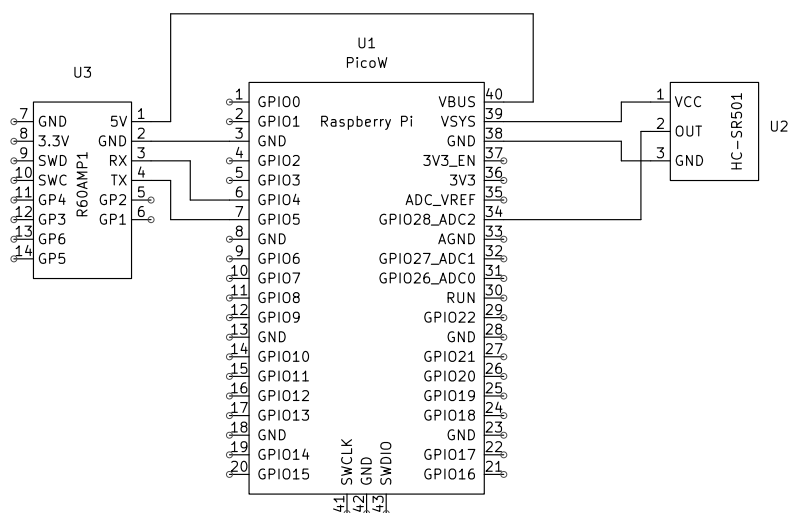
Projektet har genomfört en undersökning för det upplevda behovet av systemet och upplevelsen av olika sensorer. Undersökningen genomfördes tidigt i projektet för att få information om studenters åsikter gällande olika lösningar. Det primära syftet var att undersöka om studenterna kände sig bekväma med de två typer av sensorer som planerades att användas i relation till andra sensortekniker som kunde använts. För att respektera integriteten hos studenterna som använder sig av grupprummen behövdes deras åsikter tas i beaktande. Frågor skapades där studenterna fick ta ställning till olika sensortekniker, lämna sin åsikt gällande hur svårt det är att hitta grupprum idag och lämna andra relevanta synpunkter. Frågorna som ställdes i undersökningen finns i bilaga A.1.

Kundundersökningen behövde marknadsföras för att kunna nå ut till så många studenter som möjligt. Detta genomfördes genom inlägg i olika sektionsgrupper på bland annat Facebook och Slack och även fysiska affischer med en QR-kod till formuläret som placerades ut på olika platser på campus Johanneberg. För att få representation av högskoleingenjörerna på Campus Lindholmen skickades även formuläret ut i en kurshemsida. Undersökningen var aktiv i två veckor för att ge många studenter möjlighet att svara.

### 3.2 Hårdvara

Hårdvaruprototyperna byggdes upp av 3 distinkta komponenter. En PIR-sensor, en mikroprocessor i form av en Raspberry Pi Pico W och en radar varav två olika varianter har testats.

För att skapa en prototyp byggdes först hårdvaran. De två typerna av sensorer, PIR och radar anslöts till mikroprocessorn med kopplingstråd. Endast en sort av radarenhet anslöts åt gången, antingen Micradar R60AMP1 eller MinewSemi MS72SF1. För att kunna ansluta sensorerna hade anslutningspinnar lötts fast på mikroprocessorn. Ena änden av kopplingstråden löddes fast på den första typen av radarenhet



**Figur 3.1:** Kopplingschema för hårdvara med MicRadar radarenhet

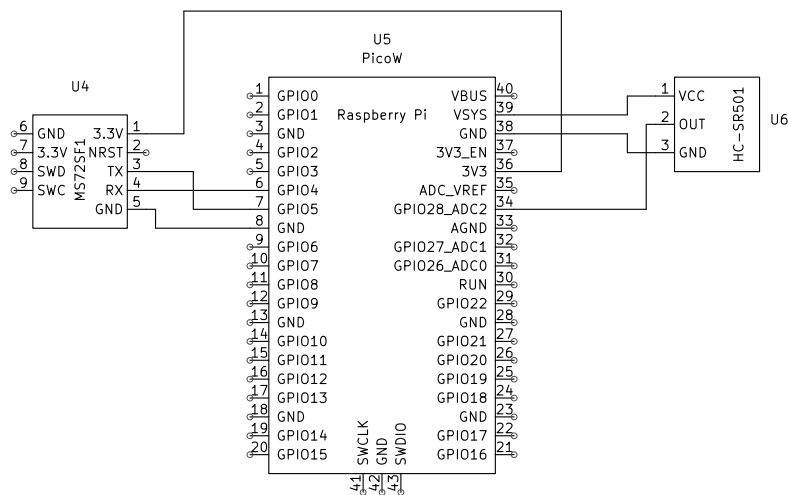
(Micradar R60AMP1) eftersom dess anslutningspinnar inte passade dimensionerna för kopplingstrådarnas hylsor. Strömförsörjningen av en prototyp bestod av en strömadapter som anslöts till ett vägguttag. Strömadaptern gav utspänningen 5 V likspänning och maxströmmen 1,5 A och anslöts till mikroprocessorn. Kopplings-scheman för dessa anslutningar finns i Figur 3.1 och Figur 3.2.

Mikroprocessorn användes för att samla in och behandla datan från sensorerna och sedan trådlöst rapportera sensors status till en centraliserad insamlingstjänst.

För att förenkla prototypens komplexitet och samtidigt använda existerande infrastruktur för trådlös kommunikation gjordes valet att använda mikroprocessorns WiFi-krets. Chalmers Tekniska Högskolas WiFi-nätverk använder enbart 802.11ac-standarden och 5 GHz-bandet inom 802.11n-standarden. På grund av detta, och eftersom den valda mikroprocessorn endast stöder 2,4 GHz-bandet inom 802.11n-standarden, är en direkt anslutning till den befintliga WiFi infrastrukturen inte möjlig.

För att lösa detta problem installerades en Raspberry Pi 3A-enkortsdator på en central plats i testbyggnaden.

Enkortsdatoren konfigurerades för att ansluta till Chalmers 5 GHz WiFi med dess integrerade WiFi-modul, och sedan använda en USB-WiFi-adapter av modell TP-Link Archer T2U Plus för att sända ut ett nytt WiFi-nätverk med 802.11n 2,4 GHz-standarden, vilket alla sensorer anslöt till. Enkortsdatoren fungerade sedan som en repeater för att tillhandahålla en internetanslutning till alla sensorer i byggnaden.



Figur 3.2: Kopplingschema för hårdvara med MinewSemi radarenhet

### 3.3 Programmering av inbyggd mjukvara

Den inbyggda mjukvaran till sensorn utvecklades i steg under projektets gång enligt projektstrukturen nämnd i avsnitt 1.7.

Under den tidiga testningen av mjukvaran användes en inbyggd mjukvara skriven i programmeringsspråket Rust [33] med Embassy-ramverket [35]. Denna initiala mjukvara hade endast stöd för att läsa av PIR-sensorn och inte radarn som var monterad i prototypen. Mjukvaran rapporterade sedan sensorns status var nittionde sekund till backend-mjukvaran via en Hypertext Transfer Protocol Secure (HTTPS) POST-förfrågan.

Till testning av första generationens prototyp skrevs den inbyggda mjukvaran om i programmeringsspråket C. Denna mjukvara hade möjlighet att både läsa av PIR-sensorn samt en radar av modell Micradar R60AMP1. Mjukvaran räknar ut ett rullande genomsnitt av radarns rapporterade antal personer för att stabilisera mätvärdet. Sedan rapporterar mjukvaran var sextionde sekund till backend-mjukvaran över HTTPS likt första mjukvaran. Denna versionen av mjukvaran använder sig även av ett hårdvaruövervaknings system som är inbyggt i mikrokontrollern [29] för att automatiskt starta om enheten vid fel.

För testningen av den andra generationen skapades en ny version av mjukvaran som har stöd för båda modellerna av radar baserat på en kompilers flagga. Denna mjukvara har fortfarande samma funktionalitet vad gällande PIR-sensorn. Utöver kärnfunktionaliteten implementerades även en utvecklings och konfigurations konsol över Bluetooth serial port profile (SPP) som möjliggör felsökning och konfigurering av sensorn trådlöst.

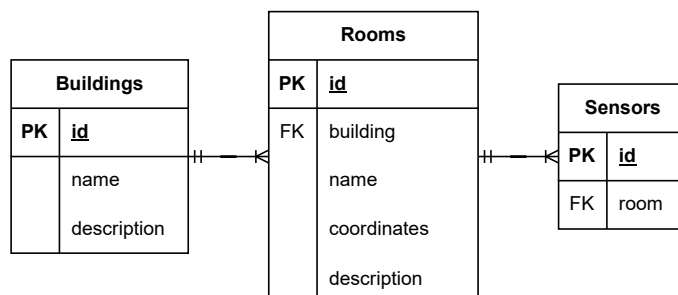
## 3.4 Programmering av backend-mjukvara

För att upprätthålla en tydlig separation mellan olika delar av programvaran konstruerades ett diskret backend. Detta byggdes för att kunna hantera samtlig information från sensorerna, som exponerades via ett API som webbsidan kunde använda, samt andra eventuella applikationer. Detta använde sig av designmönstret backend-for-frontend (BFF), där färdigbehandlad och strukturerad data rapporterades till webbsidan. Backendprogrammeringen har utvecklats iterativt mellan de olika prototypgenerationerna.

### 3.4.1 Lagring av data

För att hålla aktuell status om alla sensorutrustade grupprum användes tidsserie-databasen InfluxDB. Med hjälp av denna sparades användningshistorik persistent för att möjliggöra en statistisk långtidsanalys.

Informationen från denna databas kunde sedan kombineras med en vanlig databas, som innehöll lågfrekvent och aktuell information utan historisk kontext. Bland denna datan fanns information om olika byggnader, deras enskilda rum och sensorer som var knutna till varje rum. En visuell representation av den här strukturen återfinns i ER-diagrammet som finns i Figur 3.3.



Figur 3.3: ER-diagram för slutgiltig struktur på databas

## 3.5 Programmering av frontend-mjukvara

Utvecklingen av frontend har gjorts successivt under projektets gång. Funktioner har utvecklats i takt med nya resultat i enlighet med projektstrukturen i avsnitt 1.7.

### 3.5.1 Tidig utformning

För att ge en grund till en lättanvänd, enhetlig och prydlig applikation började utvecklingsprocessen med att skapa en skiss i Figma, ett program för att skapa prototyper av grafiska gränssnitt. Först bestämdes en färgpalett för applikationen och tillhörande grafik. Efter detta påbörjades en process för att hitta en bra layout för applikationen. Detta gjordes delvis experimentellt genom att testa olika sätt att organisera och forma innehållet men också genom att använda tidigare erfarenhet

från hur layout och design kan se ut. Under denna process ritades även projektets logga, vilken används i applikationen och i projekt-presentationer.

Efter en första prototyp av designen påbörjades ett projekt i Svelte och SvelteKit för att ta fram en körbar applikation som kunde agera skal för en framtida applikation med underliggande logik och funktionalitet. Detta skal implementerade simulerade värden för att ge en bild av hur den verkliga datan kan te sig i framtiden. Att skapa en prototyp av en skal-version gjordes för att ge gruppen en konkret bild av planen för applikationen, vilket möjliggör smidig feedback. Detta gjordes även för att tillsammans enklare kunna fundera på vilka funktioner som ska finnas och hur de ska placeras.

### 3.5.2 Utveckling mot en färdig applikation

Efter ett initialt arbete i att ta fram design och funktionalitet för en prototyp skulle applikationen utvecklas till att visa riktig data och inneha den funktionalitet som krävs för att brukas efter ändamål. Denna process inkluderade även att bygga statistiksidan och de grafer som visas där. Först byggdes funktionaliteten för att hämta den verkliga datan från de exponerade ändpunkterna i backenden. Detta konstruerades så att SvelteKits möjlighet till server side rendering utnyttjades, ett av koncepten som diskuterades i teoriavsnittet för frontend. När datan fanns tillgänglig i frontend skulle det tidigare benämnda skalet få logik för att utnyttja denna. Sveltes möjligheter att bygga komponenter och hantera tillstånd i dessa användes för detta.

Efter detta kvarstod att bygga en översiktsvy för att visa övergripande statistik, att skriva samtliga texter och att skapa sökfunktionaliteten som kan visa tillståndet för rum från startsidan. Sökfunktionaliteten använder information från de rum som returnerats från backenden vid start, den gör alltså en matchning lokalt på enheten. För att hålla sökningen enkel att utveckla använder den JavaScripts “includes()” med den sträng som användaren matar in.

På statistiksidan finns en plot som visar närvaron för samtliga rum över tid. Denna använder egenskriven grafik istället för att utnyttja ett färdigt bibliotek. För att rita grafiken används en HTML-canvas. Flera hjälpfunktioner skapades för att hantera transformation från clip-space till pixlar, att rita återkommande grafik, att reagera på ändring av fönsterstorlek och att på ett effektivt sätt lokalisera närmaste punkt vid hovring över datapunkterna.

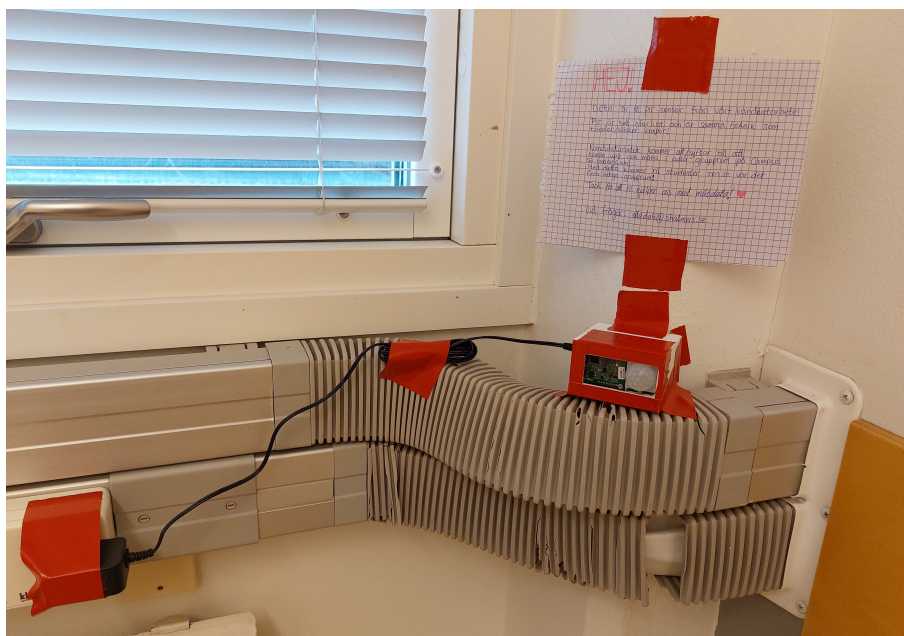
### 3.5.3 Hantering av eventuella buggar

Applikationen har under utvecklingen varit tillgänglig via en exponerad URL. Detta har möjliggjort för samtliga gruppmedlemmar att kontinuerligt testa den. Vid fel eller buggar har dessa noterats och dokumenterats för att kunna åtgärdas. Innan varje ny uppdatering som publicerats har applikationen och dess förändringar testats lokalt för tidigt hitta fel och annat som kan förbättras.

## 3.6 Mekanisk konstruktion

När hårdvara var bestämt började konstruktionen av ett hölje som skulle innesluta prototypen. Det gjordes genom att konstruera höljet med hjälp av computer-aided design (CAD). Från CAD-filen kunde höljet bli verklighet genom 3D-utskrift.

Med denna metod skapades ett första hölje för tidig testning av PIR-sensor och mikroprocessorn. För att montera hårdvaran i det första höljet behövdes skruvar, muttrar och värmelim. Höljet konstruerades endast för att ligga på ett fönsterbräde, dvs. inga fästpunkter för takmontage inkluderades. När höljet då skulle monteras för sin första testning behövdes tejp och för att inte avskräcka studenter från att använda rummet sattes även en lapp upp som förklarade tekniken och hänvisade till kontakt om man hade frågor. Monteringsmetoden är visad i Figur 3.4.



**Figur 3.4:** Monteringsmetod för den första lådan.

När denna låda monterades ihop och var uppsatt gavs flera insikter kring konstruktionen. Då sensorn monterats i ett hörn av rummet med en 90 graders vinkel mot ett bord noterades att den hade problem med att detektera personer som satt precis intill väggen framför sensorn. Utifrån detta och att en radarenhet skulle monteras i lådan för första prototypgenerationen utvecklades konstruktionen. Det gjordes likt tidigare i CAD och förverkligades genom 3D-utskrift. För montering av hårdvaran i höljet krävdes skruvar och muttrar.

Då R60AMP1 monteras horisontellt men personräknande radarenheter ofta monteras vertikalt genomfördes tester för vilket monterings sätt R60AMP1 mäter noggrannast. Därför adderades fästpunkter för takmontage till lådan. För takmontage behövdes då även två buntband. För väggmontage användes istället fortsatt tejp. Denna låda utgjorde den mekaniska konstruktionen för prototyp generation ett och de två monteringsätten ser ut som nedan i Figur 3.5 och Figur 3.6.

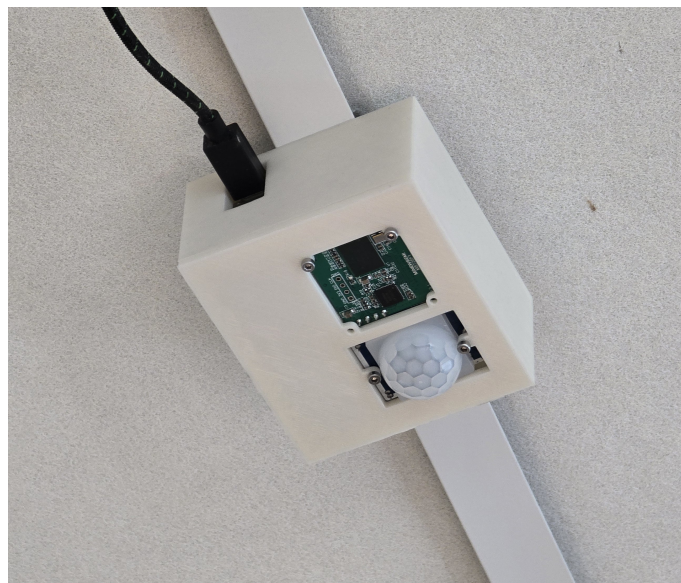


**Figur 3.5:** Takmonterad låda generation ett.



**Figur 3.6:** Vägmonterad låda generation ett.

När MinewSemi-radarn MS72SF1 skulle byta ut R60AMP1 för generation två prototypen behövdes konstruktionen också uppdateras. Då det endast var dimensioner som skiljde sig mellan de två radarenheterna kunde endast locket uppdateras utefter MS72SF1s mått. Resten av lådan, det vill säga botten, behölls oförändrad. En monterad MS72SF1 radar går att se i Figur 3.7



**Figur 3.7:** Takmonterad låda för generation två.

### 3.7 Testning av prototyper

För att testa de framtagna prototyperna genomfördes först ett mjukvarutest med en tidig prototyp. Generation ett och två av prototyperna testades sedan där prototyperna var mer sammansatta produkter med PIR-sensor och radarenhet.

Mjukvarutestningen med en tidig prototyp utfördes i grupprummet EG-3512 i Idéläran på Chalmers. Testningen pågick i en vecka under tentaveckan i läsperiod tre, vilket innebar att grupprummet användes ofta. Data samlades in och jämfördes med gruppens observeringar under veckan, där kontroller av antal personer i grupprummet genomfördes tre gånger per dag. Testning pågick under en vecka för att få tillräckligt mycket data för att få en uppfattning om hur väl systemet fungerade.

Under testomgångarna av generation ett och två användes både PIR sensor och mmWave radar. Genom att också testa radarlösningen kunde dess precision mätas och analys kunde göras om den kunde väga upp eventuella för och nackdelar hos PIR sensorn. För att få ett bättre synfält monterades 7 stycken av de nya prototyperna i taken på de varsitt grupprum och 3 stycken på väggar. Lösningen testades i 10 stycken olika grupprum i Idéläran på Chalmers. Dessa grupprum finns listade i Tabell 3.1. I rum EG-3511 testades först radar R60AMP1 som sedan byttes ut mot radar MS72SF1, och i rum EG-3509 testades endast radar MS72SF1.

**Tabell 3.1:** Grupprum som lösningen testats i

Grupprum	Monteringsplats	Bokningstyp	PIR	Radar R60AMP1	Radar MS72SF1
EG-2515	Vägg	Bokning	Ja	Ja	Nej
EG-3503	Tak	Bokning	Ja	Ja	Nej
EG-3504	Tak	Bokning	Ja	Ja	Nej
EG-3506	Tak	Bokning	Ja	Ja	Nej
EG-3507	Vägg	Bokning	Ja	Ja	Nej
EG-3509	Tak	Först till kvarn	Ja	Nej	Ja
EG-3510	Tak	Först till kvarn	Ja	Ja	Nej
EG-3511	Tak	Först till kvarn	Ja	Ja	Ja
EG-3512	Vägg	Först till kvarn	Ja	Ja	Nej
EG-3513	Tak	Först till kvarn	Ja	Ja	Nej

Gruppen genomförde även denna gång observeringar under tidsperioden för att kontrollera antal personer i grupprummen. Två nya aspekter som testades var precisionen, om hur korrekt systemet är för att avgöra huruvida ett rum är upptaget och hur kommunikationen fungerade från sensor till backend till webbapplikation. Detta gjordes genom jämförelser mellan rådatan som skickades till backend från sensorerna och datan som visades på webbapplikationen.

Sensorernas exakthet bestämdes genom att analysera datans korrekthet med hjälp av att konstruera förvirringsmatriser för användning av rum och personräkning. För att bedöma exaktheten av sensorerna beräknades den balanserade precisionen av matriserna, vilket viktade dataklasserna så att deras storlekar blev jämförbara.

### 3.8 Validering av prototyp

För att utvärdera webbapplikationen samlades svar in i ett återkopplingsformulär där studenter som använde tjänsten kunde lämna sina åsikter och eventuella förbättringsförslag. Frågorna i formuläret finns i bilaga A.2. Intervjuer genomfördes också med tre studenter och en person anställd på Chalmers med expertis inom visualisering av statistik och testning. Intervjuerna syftade till att få en djupare förståelse av vad potentiella användare av webbapplikationen hade för åsikter om den.

Intervjuerna med tre studenter på Chalmers pågick i ungefär 15 minuter vardera, där de utfördes fysiskt och det ställdes frågor som vad studenterna tycker. Alla studenter fick svara på samma frågor, frågorna finns i bilaga A.3. En fråga var om de lagt märke till hårvaran när de varit i ett rum med hårvaran i och om den stört dem på något sätt. Fokuset under intervjuerna med studenterna var att få deras intryck av hur studentdelen av webbapplikationen fungerade och vad de tyckte om den. Studenterna blev tillfrågade om de sett applikationen tidigare och fick sedan testa att använda den. Sedan fick de uttrycka sina åsikter om applikationen, vad de tyckte om designen, om de såg någon förbättringspotential och om sidans färgkodning var tydlig och enkel att tolka.

Efter det fick studenterna försöka hitta ett grupprum genom applikationen och de fick uttrycka deras helhetsupplevelse om applikationen och om de hade några synpunkter kring processen. De fick även bedöma upplevelsen av mobilversionen. Slutligen fick de lämna sina sista tankar kring produkten innan intervjun avslutades.

Intervjun med den anställde på Chalmers fokuserade istället på statistikdelen av applikationen som är ämnad för användning av högskolan. Frågorna till den anställda på Chalmers finns i bilaga A.4. Personen fick lämna sina åsikter på applikationens design och den statistik som visas efter val av grupprum. Personen fick även lämna sina åsikter kring om statistikdelen bör vara på samma applikation som studentdelen eller om den bör vara en separat applikation hos Chalmers. Den anställde besvarade också på vilka sätt som statistiken kan användas i framtiden och om funktionen med att ge ut rådata kan vara relevant.



# 4

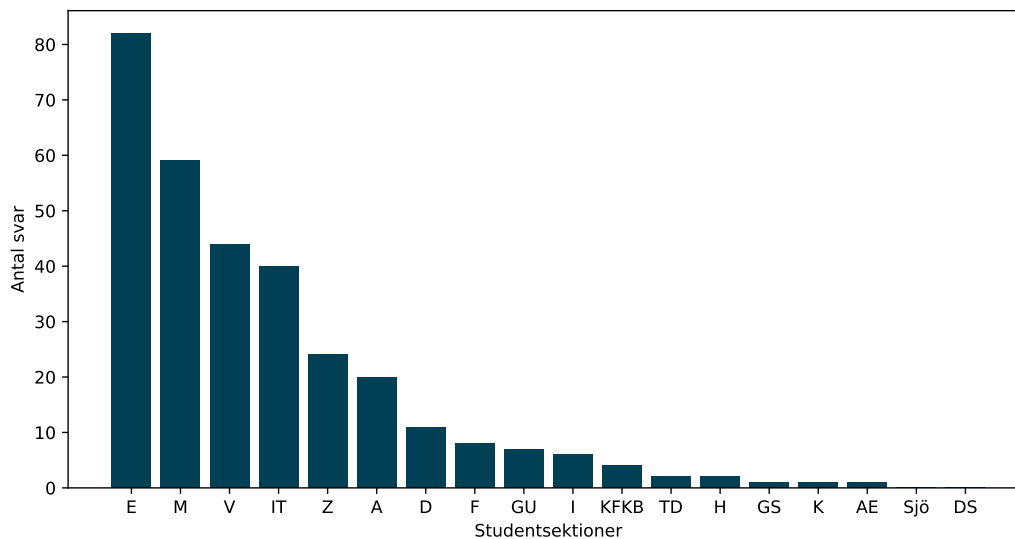
## Resultat

I detta kapitel presenteras resultatet av de olika momenten som har utförts under projektets gång.

### 4.1 Resultat av kundundersökning

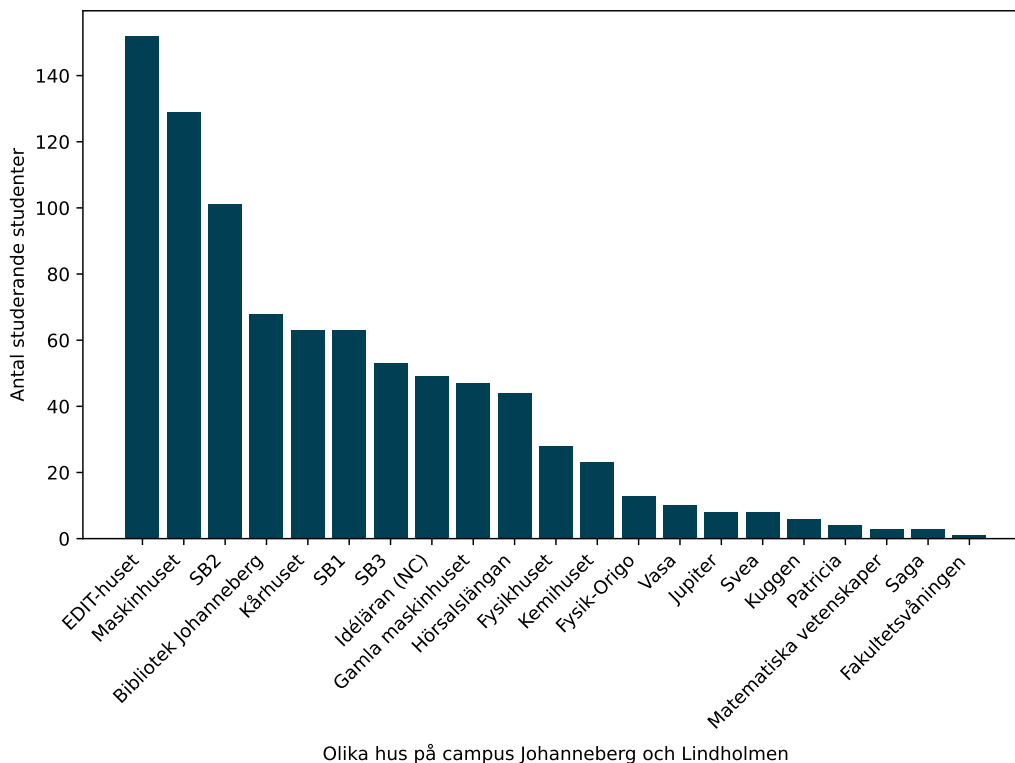
Resultaten av undersökningen presenteras nedan, där sensorlösningar som kamera, IR-kamera och ultraljud hade svagt förtroende men lösningar som PIR-sensor och mmWave-radar hade högre förtroende hos studenterna som tillfrågades.

Undersökningen fick spridning mellan olika studentsektioner, varje sektion förutom två blev representerat i svarsformuläret, och det var en stor del studenter som upplevde att det är svårt att hitta grupprum i nuläget. Studentsektioner är grupper av studenter som studerar på samma eller liknande program, och de har varierande storlek. Representationen mellan sektionerna syns i Figur 4.1.



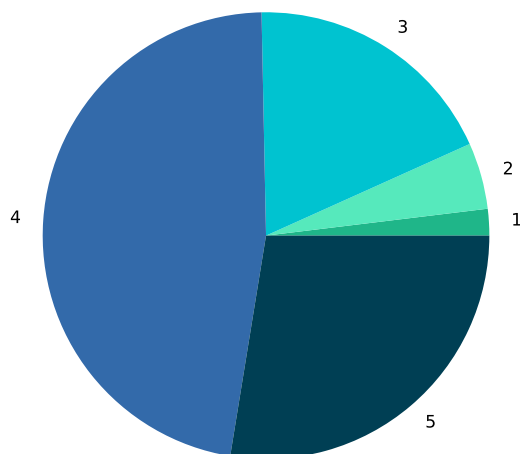
Figur 4.1: Svaren fördelade på sektioner

På frågan om vilket hus som studenterna spenderar mest tid i, så var EDIT, maskinhuset och SB-huset de hus som hade högst representation. Detta överrensstämmer med de sektioner som var mest representerade, då det är i dessa hus som Elektroteknik, Maskinteknik, Samhällsbyggnadsteknik och Informationsteknik har flest lektioner och även deras sektionslokaler. Denna fördelningen kan avläsas i Figur 4.2.



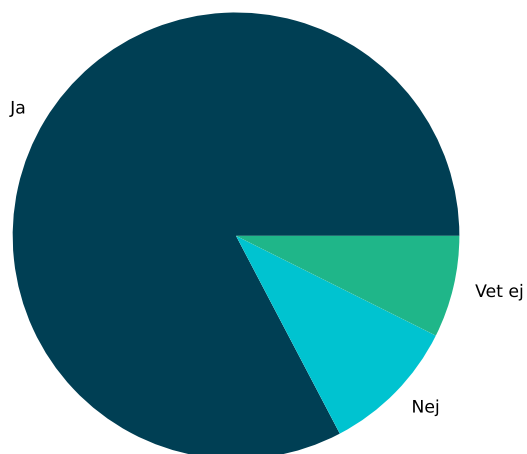
**Figur 4.2:** De hus som studenter uppger sig studera i

Bland de tillfrågade svarade 45 procent att de främst använder bokade grupprum, vilket innebär att en majoritet av de tillfrågade inte bokar grupprum i förväg och därför letar upp lediga grupprum. På en femgradig skala där 1 är mycket enkelt och 5 är mycket svårt, så blev det genomsnittliga svaret 3.94 på frågan om det är svårt att hitta ett tillgängligt grupprum i nuläget. Detta visar på ett stort problem att hitta tillgängliga grupprum i dagsläget. Den totala spridningen syns i Figur 4.3.



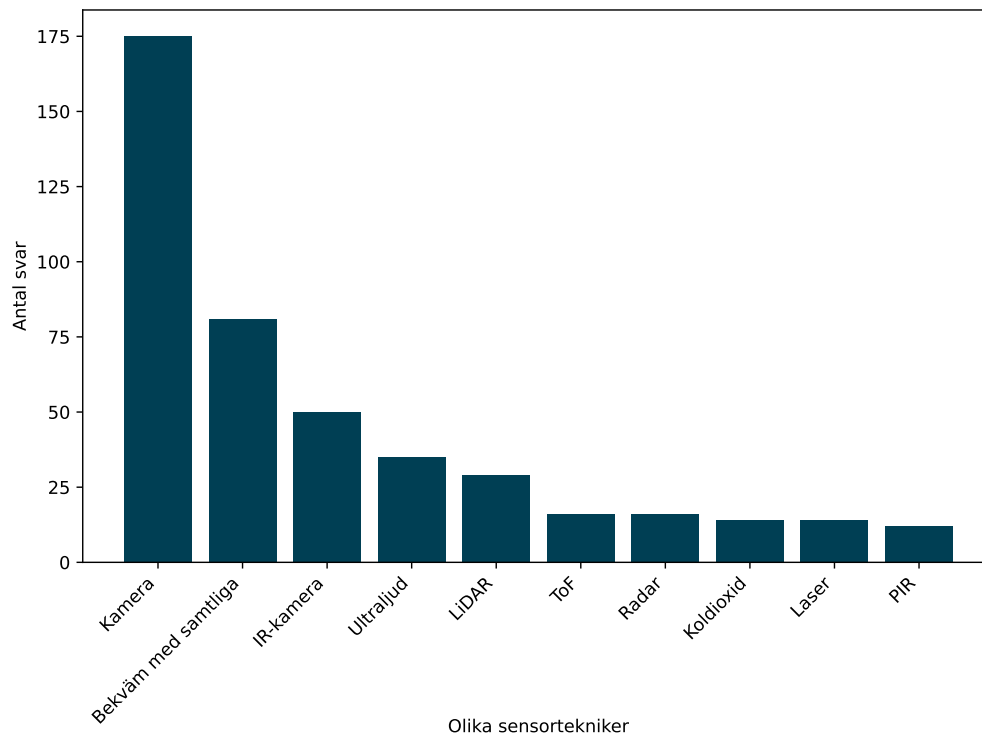
**Figur 4.3:** Svar på hur svårt det är att hitta grupprum

Bland de tillfrågade svarade 83 procent att de hade använt en tjänst som ger live-info om lediga grupprum, vilket visar på att det finns ett behov av en sådan tjänst bland studenter. Den totala fördelningen syns i Figur 4.4.



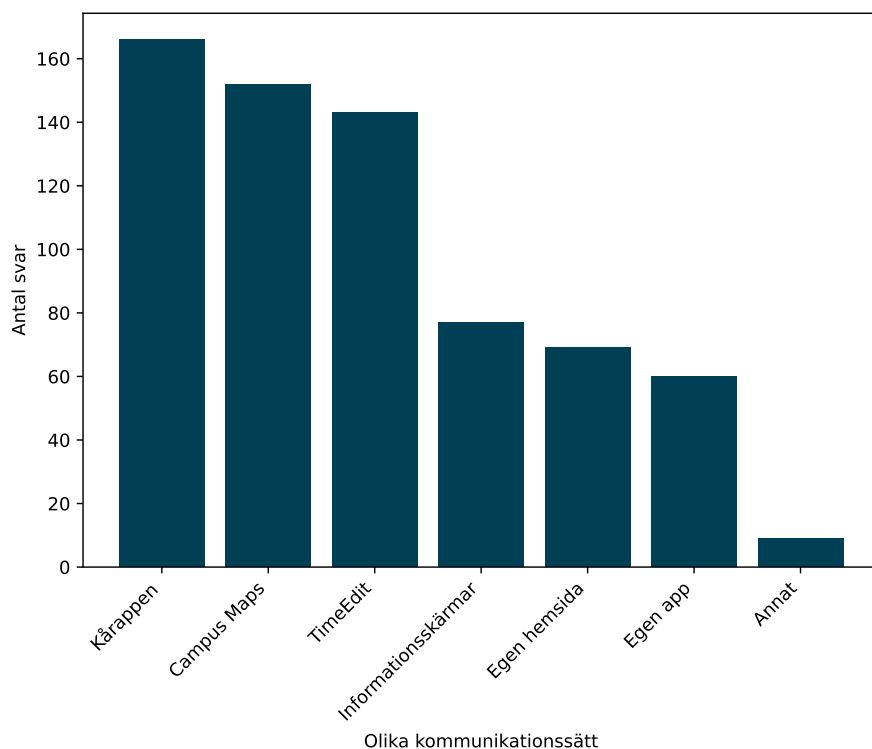
**Figur 4.4:** Svar på hur många som skulle använda tjänsten

Studenterna blev tillfrågade om vilka av de 9 olika sensoreralternativen kamera, PIR-sensor, mmWave-radar, IR-kamera, koldioxidmätare, lasersensor, LiDAR, ToF, och ultraljud som de känner sig obekväma med. Resultat syns i Figur 4.5.



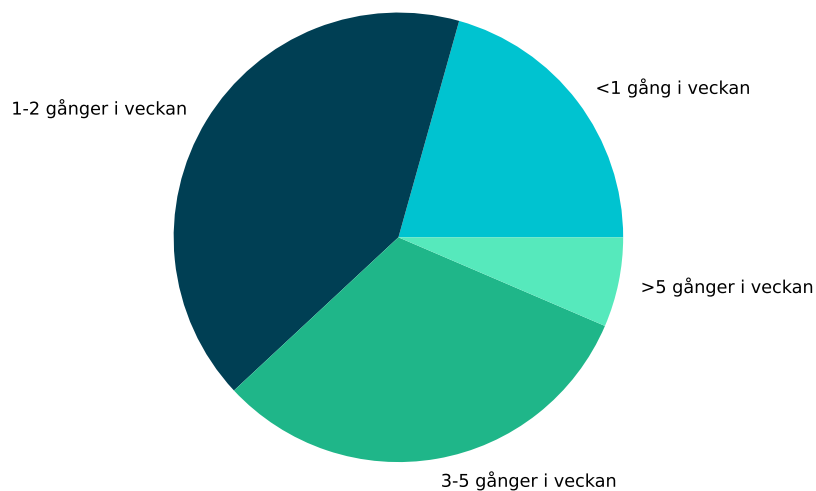
**Figur 4.5:** Svar på vilka sensortekniker studenter ej är bekväma med

Ungefär hälften av de tillfrågade svarade att de hade velat ha tillgång till live-info om grupprum i TimeEdit, kårappen eller Campus maps, och enbart cirka en femtedel svarade att de ville använda en egen app eller hemsida för informationen. Denna fördelningen syns i Figur 4.6.



**Figur 4.6:** Studenters svar på frågan var de vill se rumsstatus

En stor majoritet av de tillfrågade studenterna uppgav att de använder grupprum minst en gång i veckan, där flera använder grupprum 3-5 gånger i veckan. Denna fördelning syns i Figur 4.7.



**Figur 4.7:** Användning av grupprum i veckan

### 4.2 Prestanda av hårdvaran

Hårdvaran som har använts under projektet har bildat ett fungerande närvaromätningssystem, där PIR och mmWave radar används för att mäta närvaro, mikroprocessor används för att strömförsörja sensorerna och rapportera data till backend, och en Raspberry Pi 3A används som WiFi-repeater för alla mikroprocessorer. Majoriteten av hårdvaran har fungerat och uppfyllt dess syfte, vilket har resulterat i ett fungerande system. Vissa av sensorerna har rapporterat ogiltig data, där antingen radar enheten har rapporterat felkoder eller att PIR-sensorn slumpmässigt rapporterat rörelse även när så inte var fallet.

Resultatet av sensorerna är att PIR-sensorn rapporterar en nolla om rummet är tomt, och en etta om det finns personer där. Radarenheten MicRadar R60AMP1 rapporterar en nolla om det är tomt, en etta om det är en person och en tvåa om det är två eller fler personer och radarenheten MinewSemi MS72SF1 mäter en nolla om rummet är tomt och kan mäta upp till 10 personer.

Kostnaden för att köpa in all hårdvara exklusive moms och kopplingstråd var 440,5 kr för en komplett sensor med en MicRadar R60AMP1 enhet medans en komplett sensor med en MinewSemi MS72SF1 kostade 407,4 kr. I detta priset ingick även kostnaden för USB laddaren. För att få priset utan PIR-sensor ska 39,2 kr dras av från respektive sensor.

### 4.3 Inbyggd mjukvara

Den första versionen av den inbyggda mjukvaran skriven i Rust med Embassy-ramverket som användes under första testperioden fungerade under testperioden men fick en okänd systemkrasch efter att testperioden var över. Den uppvisade också instabilitet vid uppkoppling till vissa WiFi-nätverk som stundtals resulterade i en systemkrasch.

Den andra versionen av den inbyggda mjukvaran skriven i C som användes under den andra testperioden fungerade mestadels under testperioden. Vid ett antal tillfällen har dock vissa enheter tappat anslutningen och på grund av en bugg i mjukvaran misslyckades mjukvaran med att detektera den tappade anslutningen och kunde därigenom inte genomföra en automatisk omstart.

Den tredje versionen av mjukvaran fungerade enligt plan med MS72SF1-radarn och hade även inte den tidigare nämnda buggen som förhindrade omstart vid fel. Det trådlösa konfigurationssystemet fungerade enligt design och möjliggjorde kalibrering av radarenheten.

## 4.4 Backend-mjukvara

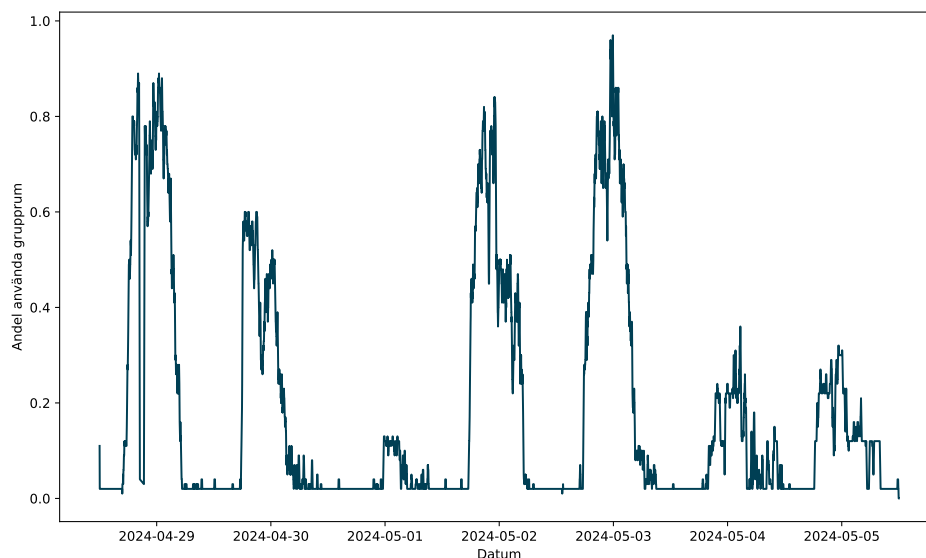
Den utvecklade backend-mjukvaran hade kapacitet att ta emot data från olika sensorer och vidarebefordra deras status till en specificerad tidsseriedatabas. Det var även möjligt att hämta olika typer av data direkt från den, exempelvis nuvarande upptagna rum och historik för specificerade rum. Historisk data kunde även hämtas i både formaten JavaScript-objektnotation (JSON) och kommaavgränsade värden (CSV).

Under testningen framträdde inga prestandarelaterade problem hos systemet. Data från både den vanliga databasen och tidsseriedatabasen krävde minimal bearbetning för att visas i ett lämpligt format på frontend-sidan.

För eventuell framtida integration med andra applikationer, såsom TimeEdit eller Chalmers Campus Maps, skulle ett API behöva exponeras. Backendens nuvarande ändpunkter kan kommuniceras med från tredje part men inget officiellt API är skapat.

Backendens använder två databaser, PostgreSQL och InfluxDB för att lagra samtlig data. InfluxDB används för att lagra tidsseriedata och PostgreSQL för generell data. Mjukvaran är skriven för att kunna använda lokala kopior av databaserna för utveckling utan att påverka den data som används i produktion.

Backendens kunde även göra tolkningar av datan under en längre tid för att se historisk användning. Ett exempel på datatolkning finns i Figur 4.8 och Tabell 4.1.



**Figur 4.8:** Exempel på tolkning av resulterande data, genom en användningsgraf under vecka 18 2024.

**Tabell 4.1:** Exempel på tolkning av resulterande data, genom en tabell för användningsfrekvens av varje rum med olika mättekniker.

Grupprum	PIR (10 min)	PIR (1 min)	Radar R60AMP1	Radar MS72SF1
EG-2515	33,15 %	17,64 %	30,72 %	-
EG-3503	34,29 %	27,17 %	25,15 %	-
EG-3504	29,63 %	24,82 %	26,10 %	-
EG-3506	31,99 %	28,58 %	29,65 %	-
EG-3507	39,84 %	25,67 %	24,48 %	-
EG-3509	59,93 %	32,72 %	21,55 %	22,47 %
EG-3510	32,78 %	27,86 %	29,77 %	-
EG-3511	37,66 %	30,56 %	-	25,68 %
EG-3512	97,91 %	40,39 %	7,68 %	-
EG-3513	40,54 %	37,41 %	30,18 %	-

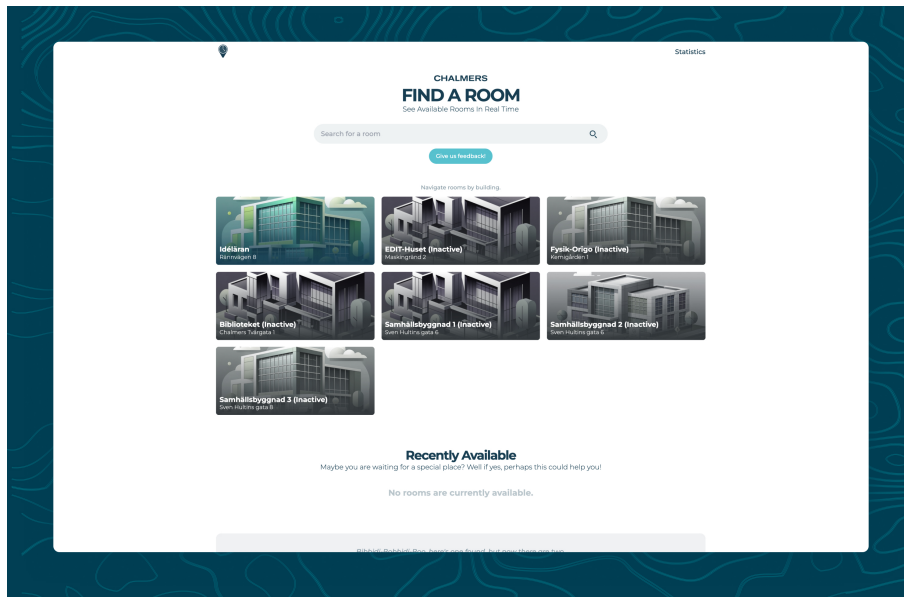
## 4.5 Frontend-mjukvara

Utvecklingen av en frontend har givit en webbapplikation som kan visa närvarostatus för samtliga grupprum med monterad enhet, en sida för att visa statistik och flera texter och illustrationer som förklarar projektets syfte. Status för rummen rapporteras med tillstånden “Available”, “In Use” eller “Unknown”. Unknown rapporteras då signal saknas eller ifall annat fel förhindrat möjligheten att rapportera ett korrekt värde.

Applikationen har varit exponerat för publik användning i flera veckor och kan utföra sin uppgift. Sidan för statistik som syns i Figur 4.10 har grundläggande funktionalitet för att se närvarostatus för samtliga rum över tid. Detta visas med en egenutvecklad graf. Statistiksidan är endast tillgänglig genom att använda ett bestämt lösenord.

Applikationen kan navigeras genom att välja bland byggnader från Chalmers campus (se Figur 4.9). Vid klick av byggnad listas dess rum. För byggnaderna som inte har implementerats i projektet så står det att byggnaden är “inactive”. Det finns även en funktion på applikationens startsida där grupprum visas som nyligen har blivit lediga. För snabb navigering då användaren vet vilket rum de är intresserad av finns sökmöjlighet tillgängligt. Detta visar samtliga rum som matchar användarens söksträng. Denna funktion kan ses i Figur 4.11.

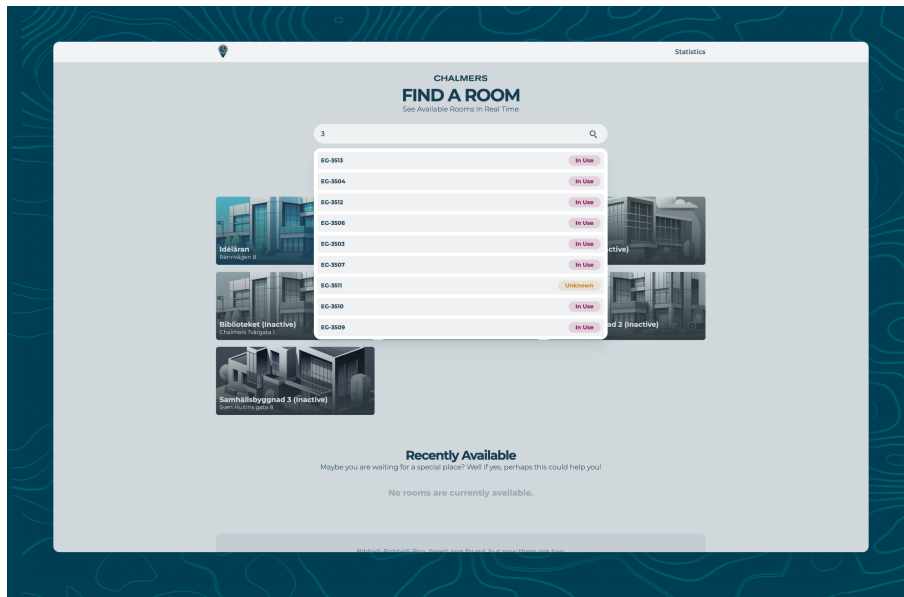
Sidan använder endast egenutvecklade komponenter och grafik. Detta gör den oberoende av externa bibliotek. Det bidrar till att utseendet kan kontrolleras i detalj. På detta vis möjliggörs att skapa ett välanpassat utseende på flera olika enheter och möjlighet att skapa specialiserade funktioner i komponenter. Ett exempel på en sådan mer specialiserad komponent är statistikgrafan.



Figur 4.9: Skärmbild på startsidan från applikationen.



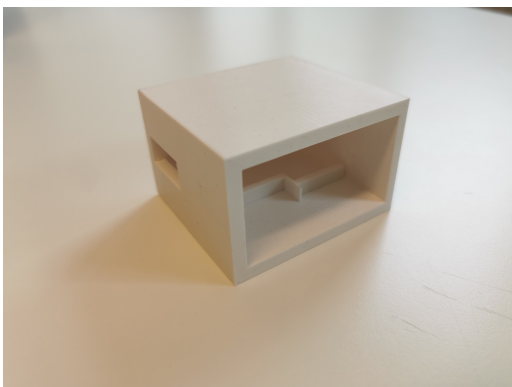
Figur 4.10: Skärmbild på statistiksidan från applikationen.



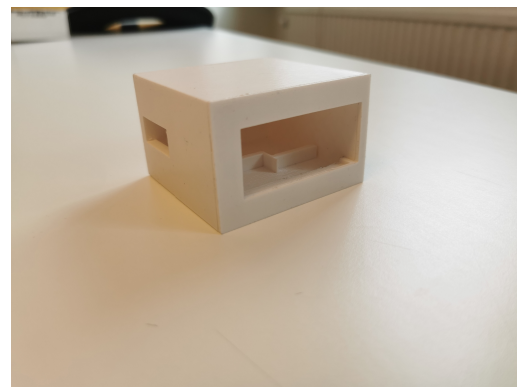
Figur 4.11: Skärmbild på startsidan med sökfunktionaliteten.

### 4.6 Mekanisk konstruktion

Den första versionen av höljet var utrustad med ett större hål för sensorernas synfält, och ett mindre hål för uppkoppling med USB-kabel. Den var utformad som ett rätblock utan fästen för montering. I Figur 4.12 syns lådan och hur den placerades vid mätning. I Figur 4.13 syns lådan med locket på.

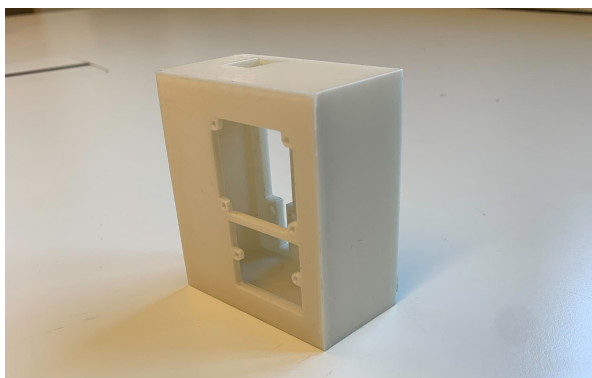


Figur 4.12: Det gamla höljet utan lock

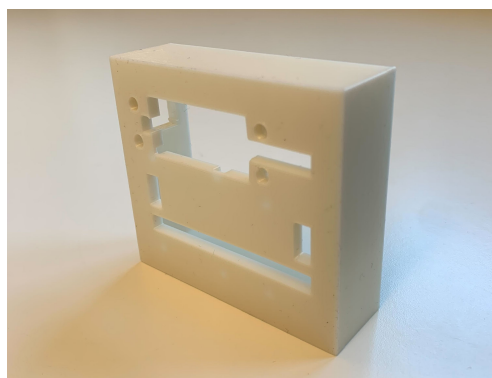


Figur 4.13: Det gamla höljet med lock

Den andra versionen av höljet var utrustad med hål för sensorerna och USB-kabel. Höljet utrustades även med öppningar på baksidan som möjliggjorde väggfästning samt felsökning utan att demontera höljet och hårdvaran. Det innehåller även skruvhål för montering av komponenterna. Det nya höljet syns i Figur 4.14 och Figur 4.15.



Figur 4.14: Nya höljets framsida



Figur 4.15: Nya höljets baksida

Det andra höljet skapade ett bredare synfält för radarenheten då radarenheten nu blev monterad utan hindrad sikt. Det resulterade även i att takmontage blev möjligt. Takmontaget inverkan för sensorernas mätvärden presenteras i avsnitt 4.7.

## 4.7 Mätresultat och tillförlitlighet

När mjukvaran testades för första gången användes en PIR-sensor för att mjukvaran skulle kunna testa att hantera mätvärden. Även om testningen användes för att främst se brister i mjukvaran så är dessa mätvärden ett resultat för hur PIR-sensorn presterar i den första lådan och första rumsplaceringen. Med 28 mätpunkter blev resultatet att med en tidsförskjutning på en minut var träffsäkerheten 74 procent. Sensorn kunde följaktligen inte detektera att det var någon i rummet 26 procent av de tillfällen som kontrollerades. Med en tidsförskjutning på 10 minuter gav det istället ett resultat på en 85-procentig träffsäkerhet. Vid de fyra tillfällen som de 15 procent motsvarar hade tidsförskjutningen behövt vara mer än 40 minuter.

I Tabell 4.2 och Tabell 4.3 syns statistiken på tillförlitligheten hos PIR-sensorn med de två olika tidsförskjutningarna. Tabellerna visar till vilken grad mätresultatet stämmer överens med den kontrollerade verkliga statusen. För raden Ledigt som har 0,0 % betyder det att inga uppmätta tomma rum kontrollerades, i övrigt är matrisen normerad efter raderna.

**Tabell 4.2:** Förvirringsmatris över resultat i mjukvarutest med en minuts tidsförskjutning.

		Uppmätt	
		Ledigt	Upptaget
Sant	$n = 28$	0,0 %	0,0 %
	Ledigt	26,0 %	74,0 %
Sant	Upptaget		

**Tabell 4.3:** Förvirringsmatris från resultat i mjukvarutest med tio minuters tidsförskjutning.

		Uppmätt	
		Ledigt	Upptaget
Sant	$n = 28$	0,0 %	0,0 %
	Ledigt	15,0 %	85,0 %
Sant	Upptaget		

I tabellerna presenteras att en tidsförskjutning av en minuts ger en korrekt avläsning 74,0 % av mätpunkterna. En tidsförskjutning på tio minuter ger istället en korrekt

avläsning för 85,0 % av mätpunkterna.

Eftersom att PIR-sensorn var oförändrad mellan första och andra generationen togs mätvärden in från båda, vilket resulterade i 264 mätpunkter. Resultatet för dessa mätpunkter syns i Tabell 4.4.

**Tabell 4.4:** Förvirringsmatris över resultat från PIR-testningen av de båda generationerna, ingen tidsfördröjning.

		Uppmätt	
		Ledigt	Upptaget
Sant	$n = 264$	88,33 %	11,67 %
	Ledigt	88,33 %	11,67 %
Sant	Upptaget	11,76 %	88,24 %
	Upptaget	11,76 %	88,24 %

Mätvärdena i Tabell 4.4 visar att PIR-sensorerna hade korrekta avläsningar med en balanserad precision på 88,28 %. Definitionen av balanserad precision förklaras i avsnitt 3.7. Observera att resultatet presenteras för mätdata utan tidsförskjutning tillskillnad från Tabell 4.2 och Tabell 4.3.

När generation ett av prototypen testades uppmättes tillförlitligheten för Micradars R60AMP1. Totalt togs 139 mätpunkter från nio stycken sensorer.

Resultatet av olika monteringsätt av sensorerna finns i Tabell 4.5 och Tabell 4.6, där resultatet är normerat efter rad. Observera att mätpunkterna för tabellerna summerar till 264, för Tabell 4.5 finns alltså 65 mätpunkter och för Tabell 4.6 148 mätpunkter.

**Tabell 4.5:** Förvirringsmatris, normerad efter rad, över total tillförlitlighet för MicRadar R60AMP1, väggmonterad.

		Uppmätt	
		Ledigt	Upptaget
Sant	$n = 65$	80,00 %	20,00 %
	Ledigt	80,00 %	20,00 %
Sant	Upptaget	10,00 %	90,00 %
	Upptaget	10,00 %	90,00 %

**Tabell 4.6:** Förvirringsmatris, normerad efter rad, över total tillförlitlighet för MicRadar R60AMP1, takmonterad.

		Uppmätt	
		Ledigt	Upptaget
Sant	$n = 148$	90,91 %	9,09 %
	Ledigt	90,91 %	9,09 %
Sant	Upptaget	1,74 %	98,26 %
	Upptaget	1,74 %	98,26 %

Ur tabellerna ovan syns det att takmontage resulterar i 9,09 % respektive 1,74 % för felmätningar till fördel för andelen korrekta mätningar. Dessa låg på 90,91 % samt 98,26 %. Den balanserade precisionen är då 94,58 %. Samtidigt ger väggmontage felmätningar i 20 % och 10 % av de uppmätta fallen vilket reflekteras i andelen korrekta mätningar som var 80 % och 90 %. Det ger en balanserad precision på 85,00 %.

Personräkningen utförd av R60AMP1 under testningen av generation ett sammanställs också i en förvirringsmatris. Axlarna beskriver hur många personer som befann

sig i rummet respektive hur många radarn mätte och resultatet i matrisen är normerat utefter raderna. Då radarn inte kunde mäta över två presenteras alla större grupper som 3+. Resultatet är synligt nedan i Tabell 4.7 för 213 mätpunkter.

**Tabell 4.7:** Förvirringsmatris, normaliserad per rad, för personräkning från resultat med MicRadar R60AMP1 i första generationen. Högre värden närmare diagonalen innebär säkrare mätning.

$n = 213$		Uppmätt			
		0	1	2	3+
Sanning	0	87,50 %	6,25 %	6,25 %	0,00 %
	1	13,04 %	60,87 %	26,09 %	0,00 %
	2	4,62 %	16,92 %	78,46 %	0,00 %
	3+	1,30 %	19,48 %	79,22 %	0,00 %

Resultatet i Tabell 4.7 visar att radarenheten inte kan registrera fler än 2 personer. För tre eller fler personer mäter den istället oftast två med sannolikheten 79,22 %. Resultatet visar dock att radarn är tillförlitligare på att mäta noll och ett korrekt med 87,50 % respektive 60,87 %. Bland de mätpunkter som togs räknade radarn antal personer korrekt med en balanserad precision på 53,73 %.

Mätdata för personräkningen sammanställs i tillförlitlighet till att avgöra om rummet är ledigt eller upptaget i Tabell 4.8. Bredvid presenteras resultatet för generation 2s Minewsemis radarenhet MS72SF1 då det sammanställs på samma vis. Notera att de två generationerna har olika antal mätpunkter. Resultatet för MS72SF1 syns nedan i Tabell 4.9.

**Tabell 4.8:** Förvirringsmatris, normerad efter rad, över total tillförlitlighet för generation ett, MicRadar R60AMP1

$n = 213$		Uppmätt	
		Ledigt	Upptaget
Sant	Ledigt	87,50 %	12,50 %
	Upptaget	4,24 %	95,76 %

**Tabell 4.9:** Förvirringsmatris, normerad efter rad, över total tillförlitlighet för generation två, MinewSemi MS72SF1.

$n = 27$		Uppmätt	
		Ledigt	Upptaget
Sant	Ledigt	100,00 %	0,00 %
	Upptaget	0,00 %	100,00 %

I Tabell 4.8 får RS60AMP1 en korrekthet i 87,50 % samt 95,76 % av samtliga mätpunkter. Den balanserade precisionen blir då totalt 90,28 %. Resultaten från MS72SF1, som visas Tabell 4.9, mäter 100 % korrekt och den balanserade precisionen blir därför också 100 %.

Det totala resultatet för MS72SF1 och dess personräkning presenteras nedan i Tabell 4.10. Samma 27 mätpunkter har använts för att framställa denna tabell och

den är återigen normaliserad radvis. För vissa personantal saknas mätpunkter, därför förblir dessa 0 %. Det gäller speciellt för mätpunkter på fler än fyra närvarande personer. I databasen finns mätningar på upp till sex personer men då ingen kontrollpunkt gjorts med detta antal är de inte presenterade nedan.

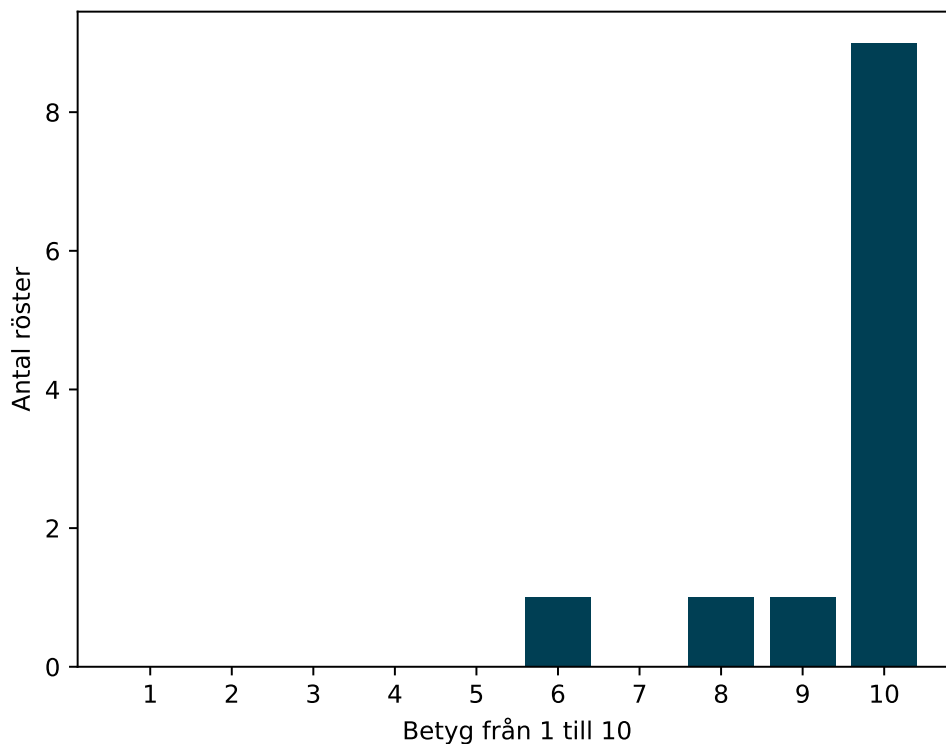
**Tabell 4.10:** Förvirringsmatris, normaliserad per rad, för personräkning från resultat med MinewSemi MS72SF1 i andra generationen. Högre värden närmare diagonalen innebär säkrare mätning.

$n = 27$		Uppmätt					
		0	1	2	3	4	5+
Sanning	0	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
	1	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
	2	0,00 %	18,18 %	63,64 %	0,00 %	18,18 %	0,00 %
	3	0,00 %	0,00 %	0,00 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %
	4	0,00 %	0,00 %	0,00 %	33,33 %	66,67 %	0,00 %
	5+	0,00 %	0,00 %	14,29 %	42,86 %	42,86 %	0,00 %

I förvirringsmatrisen ovan visas att resultatet för korrekt antal uppmätta personer varierar mellan 100 %, 63,64 % och 66,67 %. Den balanserade precisionen blir således 66,067 %.

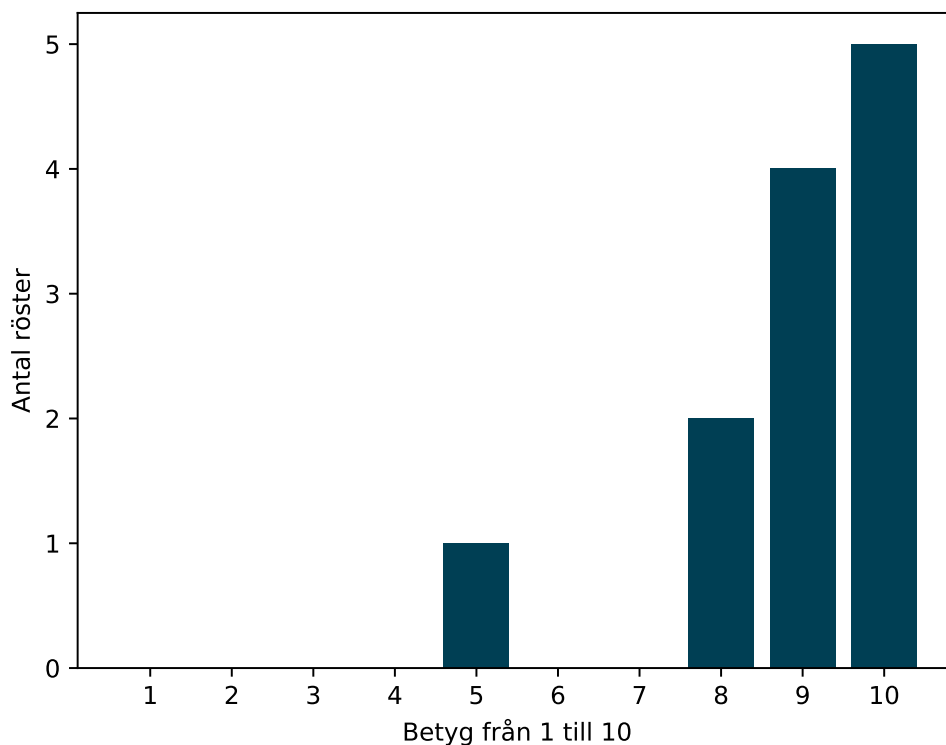
## 4.8 Validering av prototyp

Studenters synpunkter på webbapplikationen samlades in ett återkopplingsformulär. Frågorna som studenterna svarade på i formuläret kan ses i bilaga A.2. En majoritet av studenterna ansåg att applikationen var enkel att navigera, vilket ses i Figur 4.16.



**Figur 4.16:** Omdöme för fråga hur lättnavigerad frontenden är på en skala från 1-10 där 10 är mycket lättnavigerad.

I Figur 4.17 visas att en majoritet angav att applikationen också var estetiskt tilltalande. En förbättringsmöjlighet som sågs var att ange om ett grupprum var bokningsbart eller först till kvarn, och att länka till TimeEdits bokningssida för bokningsbara grupprum. Det ansågs även att lediga grupprum kunde visas högst upp på förstasidan samt att hus med alla grupprum upptagna kunde markeras som fulla.



**Figur 4.17:** Omdöme för fråga hur estetisk frontenden är på en skala från 1-10.

Från intervjuerna med intervjufrågorna i bilaga A.3 med de tre studenterna framkom det att de ansåg att sensorn i grupprummen inte störde dem och att de knappt märkt av dem. De uttryckte också att webbapplikationen var lättnavigerad, såg professionell ut och att mobilversionen fungerade lika bra att använda sig av som datorversionen. Studenterna ansåg att sökfunktionen var bra men att "recently available" funktionen lätt missades med den nuvarande placeringen längre ner på sidan. Någon form av integration med schema- eller bokningsverktyg var också önskvärt. Det för att kunna få information om hur länge ett bokningsbart rum är ledigt eller att direkt från webbapplikationen kunna boka ett grupprum.

Alla tre studenter svarade att de troligen hade använt applikationen även om inte alla grupprum på Chalmers var uppkopplade. Det viktiga ansågs vara om de som brukar studera i var uppkopplade eller inte. En student uttryckte även att en funktion för stjärnmarkering av byggnader man brukar besöka och filtrering i sökfunktionen hade förbättrat applikationen. Ett förslag var att lägga in adresser till grupprummen eller att lägga till en karta för att enklare hitta till dem.

Den anställde på Chalmers som intervjuats med intervjufrågorna i bilaga A.4 hade flera förslag på hur statistikdelen av webbapplikationen kunde utvecklas. Graferna som visar användning av grupprum över tid kunde vidareutvecklas genom att tydligare förklara vad ett värde i grafen betyder och som jämförelse visa hur många platser grupprummen har. Datan kunde också visas över en längre tidsperiod än

den senaste timmen, till exempel en vecka eller ett år, och även hur kapaciteten av rummet utnyttjas i procent.

Den anställda beskrev att statistiken för specifika rum kunde komma att användas men att det för Chalmers kan vara mer användbart att få statistik på utnyttjandegraden, antingen för hus eller för rum. Även integration med bokningssystem som TimeEdit föreslogs vara en bra funktion att lägga till för att få en bättre statistik-sida.

Den anställda ansåg att den gråa färgen på knapparna kunde förändras, då en knapp med grå färg indikerar "inte tillgänglig". Det ansågs även att knapparnas positionering kunde förändras, eftersom de var svåra att hitta när de fanns nedanför grafen på statistiksidan. Att ansöka om rådata genom email ansågs även vara problematiskt ur ett integritetsperspektiv, och ett formulär kunde vara ett bra sätt att begära ut rådatan.



# 5

## Diskussion

Projektet har givit ett system som kan mäta och presentera närvarostatistik från grupprum. De som arbetade i projektet och studenter från Chalmers har kunnat få en bild av hur ett eventuellt närvarosystem kan se ut och fungera.

### 5.1 Diskussion av resultat

Den första radarenheten Micradar R60AMP1 som köptes in rapporterade felaktig data gällande om ett grupprum var ledigt eller inte 9.72 % av tiden, vilket är en relativt hög felmarginal. Denna statistik finns i Tabell 4.8. En såpass hög felmarginal som 9.72 % hade skapat hög osäkerhet för produkten och inte gett användarna den upplevelse som var målet. Även PIR-sensorn från första testningsperioden hade fel 11.74 % av tiden, vilket tyder på att systemet inte hade varit pålitligt med bara en PIR-sensor. Statistik för PIR-sensorn finns i Tabell 4.4. Den andra radarenheten MinewSemi MS72SF1 som köptes in rapporterade korrekt data 100 % av tiden gällande om ett grupprum var ledigt eller inte, inom de mätpunkter som togs. Denna statistik finns i Tabell 4.9.

Radarenheten från Micradar fullföljde inte heller de förhoppningar som fanns på den, eftersom förhoppningen var att den skulle kunna identifiera och räkna upp till 10 personer i ett rum. I verkligheten kunde den egentligen bara kunde räkna upp till 2 personer. Därför behövdes en andra radar köpas sent under projektets gång och testas under den andra testningsperioden.

Efter kalibreringsperioden av MinewSemi radarenheten kunde den göra mätningar med upp till 6 personer i ett grupprum. Att radarenheten skulle kunna räkna upp till 10 personer bevisades inte eftersom den högsta antalet personer som registrerats var 6 personer och vid manuell kontroll 4 personer. Det kan dock bero på att inga större grupper befann sig i rummet. Minewsemi radarenheten blev därmed den bästa lösningen ur personsräkningsperspektiv eftersom det kunde räkna högst antal personer. Den kunde dock endast testas under en kortare period, på grund av att den köptes in så pass sent i projektet. Den har även en hög säkerhet för att mäta upp om det är 0 personer eller inte i ett grupprum. Därmed skulle en uppskalad lösning inte behöva en PIR-sensorn för validering, eftersom radarenheten kan uppfylla samma syfte som PIR-sensorn samt räkna antal personer i ett rum.

Statistiken som har tagits fram och presenterats under resultat har ibland relativt få

mätpunkter, vilket gör att den saknar viss trovärdighet. Särskilt radarenheten från MinewSemi har relativt få mätpunkter eftersom den köptes in sent under projektet och därmed inte hann testas under en lika lång period som resterande sensorer. Med det i beaktande bör MinewSemi undersökas ytterligare för att få en ordentlig överblick över dess långtidsresultat. Trots det indikerar resultatet fortfarande att radartekniken är bättre att använda än PIR för att mäta närvaro i ett rum då den balanserade precisionen för båda radarenheterna är högre än för PIR-sensorn.

Radarteknikens förmåga att korrekt räkna antal personer var med den begränsade mängden mätpunkter liknande för båda radarenheterna. Micradarn hade 53,73 % exakthet och MinewSemi 66,06 %, vilket tydligt visar att båda sensorerna hade svårt att kunna ange exakt antal personer. Ur förvirringsmatriserna i Tabell 4.7 och Tabell 4.10 kan ses att skillnaden mellan de uppmätta värdena och de sanna värdena är liten. De allra flesta värdena kan i de förvirringsmatriserna ses vara tydligt samlade runt diagonalen och därmed vara nära sanningen. Om statistik efterfrågas från Chalmers på hur väl lokaler nyttjas kan dessa värden vara tillräckligt bra om de som efterfrågar statistiken inte behöver veta exakt hur många som använt varje rum utan mer ungefärligt. Exempelvis kan avgörande data på ca två och ca sex personer räcka för att välja om Chalmers ska bygga mindre eller större grupprum i framtiden.

Ur ett ekonomiskt perspektiv är valet av MinewSemi också rätt, så länge personräkning också efterfrågas. Inte bara gör radartypen hårdvaran billigast med 33 kronor mindre än Micradar, den har dessutom bäst mätresultat.

Ibland rapporterade PIR-sensorn att det inte var någon i ett rum trots att det faktiskt var det. En orsak till att sensorn inte detekterade att det var någon i rummet under en längre tidsperiod kan ha varit placeringen av sensorn. Om personen satt utanför sensorns synfält detekterades inte personen förrän personen rört sig in i detektionsområdet. Då sensorn monterats i ett hörn av rummet med en 90 graders vinkel emot bordet noterades att den hade problem med att detektera personer som satt precis intill väggen framför sensorn. Dessa problem uppstod under första mjukvarutestet och togs i åtanke när sensorerna placerades ut under testomgångarna. Därför syns en förbättring i PIR-sensorns resultat, trots att tidsförskjutning inte används, när den placeras på ett annat vis i generation ett och två.

Det skedde stundtals att systemet på webbapplikationen gick ner, och att alla grupprum visade statusen “unknown” istället för “in use” eller “available”. En anledning till detta var att eduroam nätverket på Chalmers ibland gick ner eller slutade kommunicera med enkortsdatorn, vilket innebar att inget nätverk kunde ges till mikroprocessorerna och därför kunde även ingen data skickas ifrån dem.

Den inbyggda mjukvaran valdes till en början att skrivas i Rust i hopp om att det skulle göra mjukvaran mer stabil och robust men så blev inte fallet. Den största faktorn bakom detta tros vara att Embassy ramverket som fortfarande är relativt tidigt i sin utvecklings fas och därmed fortfarande har en större mängd buggar. Vi beslutade därmed att gå över till C och den officiella SDK:n från Raspberry Pi.

## 5.2 Kundperspektiv

För att studenter enklare ska hitta till webbapplikationen så skulle integration i TimeEdit eller Campus Maps vara fördelaktigt, eftersom dessa tjänster används mycket av studenter och skulle öka synligheten för tjänsten. Enligt kundundersökningen som utfördes i början av projektet så är även detta vad studenterna skulle föredra, jämfört med en egen hemsida eller applikation. Integration i TimeEdit skulle även kunna innebära synkronisation med bokningssystemet så att ett bokad grupprum som varit ledigt i över 30 minuter skulle kunna bli obokat och därmed bokas av andra studenter. Även integration hos systemet i kårappen var ett populärt förslag bland de tillfrågade studenterna, men detta ses som det minst troliga alternativet då det är Chalmers Studentkår som äger appen och webbapplikationen har skapats för användning av högskolan.

Potentiell integration med Campus Maps har diskuterats under projektets gång och kan vara en framtida utvecklingsmöjlighet då Campus Maps ägs och utvecklas av Chalmers. Detta ses även som det mest användarvänliga eftersom studenterna då skulle kunna se vilket det närmaste lediga grupprummet är, och använda Campus Maps väganvisning om de inte vet vart det närmaste lediga rummet är lokaliserat. Detta skulle kunna ske genom att integrera webbapplikationens API i Campus Maps, och därmed visa statusen för alla grupprum som sensorer har monterats i inuti appen. Eftersom Campus Maps används väldigt mycket av studenter så skulle det även öka projektets synlighet jämfört med en separat webbapplikation.

Eftersom endast 12 studenter svarat på återkopplingsformuläret har det resultatet liten statistisk signifikans. Det gör att resultaten om webbapplikationen är lätt-navigerad och estetisk tilltalande inte kan generaliseras för vad alla studenter på Chalmers har för åsikt. Men de förslag som studenterna har om att länka till bokningsverktyg som TimeEdit förankras också med resultatet från djupintervjuerna med tre studenter. Detta pekar på att det enligt studenter är viktigt att i framtiden integrera webbapplikationen med bokningsverktyg.

Till följd av att den anställde på Chalmers hade kompetens inom visualisering av statistik och testning hade frågorna som ställdes den karaktären. Följaktligen behandlade de flesta svaren från den anställde hur väl webbapplikationen visualiserade sin statistik genom grafer. För att få ett bättre perspektiv gällande hur statistiken på applikationen kan användas skulle fler anställda på Chalmers behöva konsulteras.

## 5.3 Etik

Systemet har en anonymitet i grunden, eftersom att det inte kan identifiera individuella människor. Detta innebär att systemet inte kan kränka individers integritet eftersom den enda datan som samlas in är en siffra på antalet personer i rummet. Detta är mer anonymt än andra system så som Nimway som använder Bluetooth-avläsning och därmed kan få tillgång till personers position genom deras personliga enheter.

En eventuell nackdel med produkten är att vissa grupperum som har varit “undantagna” kommer att bli mer synliga. Detta kan innebära problem för studenter som har vetat om och nyttjat dessa grupperum, eftersom många fler skulle se dessa grupperum i applikationen. Därmed skulle konkurrensen om dessa grupperum öka och de studenter som tidigare alltid haft ett grupperum att gå till kan plötsligt bli utan grupperum. Det har inte observerats i denna rapport men är rimligt då hela campus blir uppkopplat.

Det finns även en risk att detta projekt kommer att leda till att vissa studenter använder grupperum mindre eller slutar använda grupperum helt. Av de som besvarade kundundersökningen så angav 12 att de inte hade varit bekväm med PIR-sensor och 16 att de inte hade varit bekväm med mmWave radar. Det är möjligt att de därför inte skulle vara bekväm med att använda grupperum som sensorerna har monterats i. Om projektet skulle etableras på en större skala, och eventuellt finnas i varje grupperum på campus, så finns det därför en risk att de inte skulle vara bekväm med att använda något grupperum.

Ett alternativt system för närvarorapportering utan sensorer skulle vara ett system där användarna självrappporterar närvaro. Detta kan möjliggöras genom en QR-kod i ett grupperum där personer rapporterar när de går in i rummet och när de går ut. Detta system skulle inte ha någon teknik som kan uppfattas som obekvämt, men den skulle inte heller ha samma säkerhet som en sensor. Eftersom personer själv behöver rapportera om de befinner sig i ett grupperum så är det högst troligt att en stor mängd närvaro inte skulle rapporteras. Det hade kunnat vara på grund av att personer glömmer bort att rapportera, eller att de väljer att inte rapportera.

## 5.4 Utvecklingsarbeten

Framtida utvecklingsarbeten är att implementera produkten i flera grupperum och i andra byggnader på Chalmers då den i nuläget så har produkten endast implementerats i Idéläran. Förhoppningen finns är att den ska implementeras i alla grupperum på högskolan i framtiden. Det finns redan stöd för detta i mjukvaran, men fler enheter skulle behöva produceras, monteras och eventuella monteringsplatser i grupperummen skulle behöva utredas.

För en mer robust internetuppkoppling för enheterna så skulle även ethernetuppkoppling till Chalmers nätverk vara fördelaktigt, eftersom de i dagsläget är uppkopplade till en enkortsdator som agerar repeater mellan Chalmers nätverk och enheterna. För att detta ska vara möjligt så skulle mikroprocessorerna som används behöva bytas ut mot mikroprocessorer med ethernet-kontakt och alla grupperum skulle även behöva en aktiv ethernetuppkoppling. Det finns inte i dagsläget och därför så skulle detta arbete behöva utföras av Chalmers Fastigheter eller Akademiska hus. Detta skulle vara en mer kostsam och tidskrävande lösning än lösningen i dagsläget, men det skulle också innebära en potentiell felkälla färre eftersom det eliminerar risken för en trasig enkortsdators-repeater som inte kan framföra sensordata. Framdragen ethernet möjliggör även alternativet elförsörjning över ethernet. Eftersom strömförsörjning ändå kan behövas installeras i grupperumstak utan fast elförsörjning skulle

den ekonomiska aspekten av installationerna kunna bli likvärdiga.

En utvecklingsmöjlighet skulle vara att skapa en prototyp som kan strömförsörjas med ett batteri istället för uppkoppling till elnätet, men med den strömkonsumtionen som den nuvarande prototypen har så är det inte hållbart, på grund av antalet grupper som finns på Chalmers och därmed antalet sensorer och batterier som skulle behöva bytas ut. Det skulle innebära ett mycket större underhållsarbete för en prototyp med batteri jämfört med prototypen med fast strömförsörjning, som enbart kräver underhållsarbete i form av eventuella kontroller vid problem hos mjukvaran eller hårdvaran.

En alternativ framtida lösning skulle också kunna vara att byta ut alla mikroprocessorer som används till en nyare version med 5 GHz WiFi, istället för 2.4 GHz WiFi. Vid tiden för projektet så hittades inga mikroprocessorer med den kapabiliteten, men om det skulle finnas så kan det vara en lösning.

Om lösningen med ethernetuppkoppling inte skulle vara genomförbar skulle det även vara fördelaktigt att undersöka andra kommunikationsprotokoll. Många av de trådlösa protokoll som finns visar lovande egenskaper, exempelvis meshnätverk eller lång räckvidd men valdes i slutändan bort på grund av dess ökade komplexitet för hårdvaruprototypen utan trolig stor vinst i slutprodukten.

Även användning i större rum har varit en forskningsfråga och en eventuell framtida utveckling, i dagsläget är systemet byggt för att använda en radarenhet och därmed mäta upp till maximalt 10 personer, men ett framtida projekt skulle kunna utvärdera möjligheten att använda en liknande lösning för att mäta antalet personer i större salar så som en föreläsningssal. För detta så skulle en sensor med mycket större kapacitet, alternativt flera samarbetade sensorer krävas i ett större system. Med PIR-sensorer skulle detta inte fungera, eftersom de enbart rapporterar om det finns närvaro eller inte, men med radarenheter skulle det vara möjligt.

## 5.5 Projektutvärdering

Arbetet i gruppen har delats upp så att halva gruppen har haft ett större ansvar för mjukvaruutveckling och andra halvan har haft ett större ansvar för hårdvarukonstruktion och montering. Projektet har genomförts genom att arbeta tillsammans på plats, ofta flera gånger per vecka. Att bestämma tid för att arbeta tillsammans på plats har underlättat att få arbetet att fortgå. Det kan även underlätta kommunikation och feedback vilket är viktigt för att styra projektet och inkluderande beståndsdelar i rätt riktning.

Gruppen hade goda förutsättningar att utföra projektet då gruppmedlemmarna tillsammans hade en bred kompetens inom projektets huvudområden, hårdvara, mjukvara och design. Detta möjliggjorde en effektiv arbetsprocess då kunskapen fanns för att tidigt forma en bild av hur en rimlig lösning kan se ut.

Synen på projektetstrukturen är god. Prototyptestningarna har givit nödvändiga resultat och lärdomar för att skapa den prototyp som presenteras i generation två. Om endast en generation av prototypen skulle skapats och endast en testning gjorts

är risken stor att resultatet inte blivit vad det är idag. Med mer brister och problem lämnade olöst och utforskade.

# 6

## Slutsats

I detta kandidatarbete har ett system för närvarodetektering, analys och presentation utvecklats. Projektet har funnit lämpliga tekniker för att mäta närvaro utan att göra intrång på studenters integritet. Dessa har förverkligats med byggda prototyper, genom både hårdvara och mjukvara.

För praktisk användning hade fler enheter behövts byggas och monterats för att en större andel av tillgängliga grupprum ska ha närvaroinformation och därmed göra systemet allmänt användbart för studenter. Projektets prototyper och teknik har skapat en god grund för detta.

De framtagna sensorerna ger i allmänhet en korrekt bild huruvida ett rum är upptaget eller ej. De ger ofta även en korrekt siffra för antalet individer och vid felräkning var felet ofta litet.

För att konsumera den data sensorerna rapporterar har projektet utvecklat en frontend i form av en webbapplikation. Denna fungerar väl och låter studenter kontrollera tillgänglighet för rum av intresse. Webbapplikationen har även en sida för att se mer avancerad statistik som tidserier för respektive rum. Denna sida är för tillfället endast utrustad med en begränsad mängd statistik, men skulle som ett framtida arbete kunna göras mer mångsidig med ytterligare statistik.

Projektet har som helhet uppnått sitt mål och presenterat en lösning på effektiv närvarodetektering och närvaroräkning. Med ytterligare framtida arbete skulle systemet kunna skalas upp för användning på Chalmers för förenklat användande av skolans grupprum samt att integrera med existerande system för navigering och bokning på högskolan.



# Källor

- [1] “Floor Planner”. [Online]. Tillgänglig: <https://www.figma.com/community/file/974749303635571369/floor-planner> (hämtad 2024-05-08).
- [2] Density, “Meet Open Area”, 2024. [Online]. Tillgänglig: <https://www.density.io/open-area?ref=joshhorne.com> (hämtad 2024-02-20).
- [3] Nimway from Sony, “The essential guide to office occupancy sensors”, 2024. [Online]. Tillgänglig: [https://5133606.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/5133606/Nimway%20Web%20-%202023-2024/The%20essential%20guide%20to%20office%20occupancy%20sensors%20\(Nimway%20from%20Sony\).pdf?utm\\_campaign=C16012024-Nimway-Sensors-Pillarpages&utm\\_medium=email&\\_hsenc=p2ANqtz--lhzir\\_5a\\_ZDr08t01nVMfrl2Wpdu phA7AWDVWz4D3-88zya9zuSJLbHOYGB9YWre8r4WqUrSdHa6sEm0AYypshmlc3A&\\_hsmi=290168272&utm\\_content=290168272&utm\\_source=hs\\_automation](https://5133606.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/5133606/Nimway%20Web%20-%202023-2024/The%20essential%20guide%20to%20office%20occupancy%20sensors%20(Nimway%20from%20Sony).pdf?utm_campaign=C16012024-Nimway-Sensors-Pillarpages&utm_medium=email&_hsenc=p2ANqtz--lhzir_5a_ZDr08t01nVMfrl2Wpdu phA7AWDVWz4D3-88zya9zuSJLbHOYGB9YWre8r4WqUrSdHa6sEm0AYypshmlc3A&_hsmi=290168272&utm_content=290168272&utm_source=hs_automation) (hämtad 2024-05-03).
- [4] Future by Lund, “LOSC/FLOW, delprojekt: Sonys smarta kontorssystem blir till living lab på IKDC”, 2023. [Online]. Tillgänglig: <https://www.futurebylund.se/project/sonys-smarta-kontorssystem-blir-till-living-lab-pa-ikdc> (hämtad 2024-05-02).
- [5] A. B. Nylén, J. Färenmark, J. Sandberg, A. Svedberg, H. Thörn och A. Wickman, “A Comparative Study of People Counting Technologies”, kandidatuppsats, Institution för institutionen för data- och informationsteknik, Chalmers Tekniska Högskola och Göteborgs universitet, 2023.
- [6] Y. Jonsson, “Chalmers samlar utbildningen på campus Johanneberg”, 2023. [Online]. Tillgänglig: <https://www.chalmers.se/aktuellt/nyheter/chalmers-samlar-utbildningen-pa-campus-johanneberg> (hämtad 2024-05-02).
- [7] Göteborg, Sverige: Chalmers Tekniska Högskola, “Schema och boka grupp- rum”, 2024. [Online]. Tillgänglig: <https://www.chalmers.se/utbildning/dina-studier/planera-och-genomfora-studier/schema-och-boka-grupprum> (hämtad 2024-01-30).
- [8] N. Sohail, “Stress and academic performance among medical students”, *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*, vol. 23, ss. 67–71, jan. 2013. DOI: 01.2013/jcpsp.6771.
- [9] L. Giusti, S. Mammarella, A. Salza m. fl., “Predictors of academic performance during the covid-19 outbreak: impact of distance education on mental health, social cognition and memory abilities in an Italian university student sample”, *BMC Psychology*, vol. 9, s. 142, sept. 2021.

- [10] M. Zhadobov, C. Nicolas Nicolaz, R. Sauleau m. fl., “Evaluation of the Potential Biological Effects of the 60-GHz Millimeter Waves Upon Human Cells”, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 57, s. 7, nov. 2009. DOI: 10.1109/TAP.2009.2029308.
- [11] “IEEE Standard for Information technology– Local and metropolitan area networks– Specific requirements– Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput”, *IEEE Std 802.11n-2009 (Amendment to IEEE Std 802.11-2007 as amended by IEEE Std 802.11k-2008, IEEE Std 802.11r-2008, IEEE Std 802.11y-2008, and IEEE Std 802.11w-2009)*, 2009. DOI: 10.1109/IEEESTD.2009.5307322.
- [12] “IEEE Standard for Information technology– Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific requirements—Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications—Amendment 4: Enhancements for Very High Throughput for Operation in Bands below 6 GHz.” *IEEE Std 802.11ac(TM)-2013 (Amendment to IEEE Std 802.11-2012, as amended by IEEE Std 802.11ae-2012, IEEE Std 802.11aa-2012, and IEEE Std 802.11ad-2012)*, 2013. DOI: 10.1109/IEEESTD.2013.6687187.
- [13] “LoRa™ Modulation Basics”, Semtech Corporation, maj 2015. [Online]. Tillgänglig: <https://web.archive.org/web/20190924155205/https://www.semtech.com/uploads/documents/an1200.22.pdf> (hämtad 2024-04-26).
- [14] D. Kjendal, “LoRa-Alliance Regional Parameters Overview”, *Journal of ICT Standardization*, april 2021, ISSN: 2245-800X. DOI: 10.13052/jicts2245-800x.914.
- [15] “LoRaWAN Regional Parameters RP002-1.0.4”, LoRa Alliance, okt. 2022. [Online]. Tillgänglig: <https://resources.lora-alliance.org/technical-specifications/rp002-1-0-4-regional-parameters> (hämtad 2024-05-02).
- [16] “LoRaWAN® Formally Recognized as ITU International Standard for Low Power Wide Area Networking”, Fremont, USA: LoRa Alliance, 7 dec. 2021. [Online]. Tillgänglig: <https://lora-alliance.org/lora-alliance-press-release/lorawan-formally-recognized-as-itu-international-standard-for-low-power-wide-area-networking/> (hämtad 2024-05-02).
- [17] LoRa Alliance, “LoRaWAN® Is Secure (but Implementation Matters)”. [Online]. Tillgänglig: <https://resources.lora-alliance.org/security/lorawan-is-secure-but-implementation-matters>.
- [18] Bluetooth SIG, “Core Specification”, 6 dec. 2016. [Online]. Tillgänglig: <https://www.bluetooth.com/specifications/specs/core-specification-5-0>.
- [19] Texas Instruments, “Bluetooth® low energy Beacons”. [Online]. Tillgänglig: <https://www.ti.com/lit/an/swra475a/swra475a.pdf>.
- [20] “ZigBee Specification”, The ZigBee Alliance, 5 aug. 2019. [Online]. Tillgänglig: <https://zigbeealliance.org/wp-content/uploads/2019/11/docs-05-3474-21-0csg-zigbee-specification.pdf> (hämtad 2024-05-04).

- 
- [21] E. Yavari, A. Lee, K. Pang, N. A. McCabe och O. Boric-Lubecke, “Radar and conventional occupancy sensors performance comparison”, i *2014 Asia-Pacific Microwave Conference*, ss. 444–446, ISBN: 978-4-9023-3931-4.
- [22] M. Richards, “Fundamentals of radar signal processing, third edition”, en, 3. utg. Columbus, OH: McGraw-Hill Education, april 2022.
- [23] O. Eriksson, “Filterdesign och hårdvarukonstruktion för FMCW-radar”, examensarbete, Linköping, Sverige, 2006. [Online]. Tillgänglig: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:22880/FULLTEXT01.pdf>.
- [24] MicRadar, “R60AMP1 Datasheet v1.2”, 2023.
- [25] MineSemi, “MS72SF1 Datasheet”, 2023.
- [26] J. J. Puschell, “Infrared radiation”, *McGraw Hill*, aug. 2020. DOI: 10.1036/1097-8542.344500.
- [27] K. C. Sahoo och U. C. Pati, “IoT based intrusion detection system using PIR sensor”, i *2017 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT)*, 2017, ss. 1641–1645. DOI: 10.1109/RTEICT.2017.8256877.
- [28] “HC-SR501 Datasheet”. [Online]. Tillgänglig: <https://www.electrokit.com/upload/product/41015/41015509/datasheet.pdf> (hämtad 2024-05-07).
- [29] “Pico W Datasheet”, Cambridge, Storbritannien: Raspberry Pi Foundation, 2024. [Online]. Tillgänglig: <https://datasheets.raspberrypi.com/picow/pico-w-datasheet.pdf> (hämtad 2024-02-16).
- [30] “Raspberry Pi Documentation Four Picos”, Raspberry Pi Ltd, 7 maj 2024. [Online]. Tillgänglig: [https://github.com/raspberrypi/documentation/blob/develop/documentation/asciidoc/microcontrollers/raspberrypi-pico/images/four\\_picos.jpg](https://github.com/raspberrypi/documentation/blob/develop/documentation/asciidoc/microcontrollers/raspberrypi-pico/images/four_picos.jpg) (hämtad 2022-10-12).
- [31] P. C. van Oorschot, “Toward Unseating the Unsafe C Programming Language”, *IEEE Security & Privacy*, vol. 19, nr 2, ss. 4–6, 2021. DOI: 10.1109/MSEC.2020.3048766.
- [32] “Raspberry Pi Pico SDK. (1.5.1)”, Raspberry Pi Ltd, 14 juni 2023. [Online]. Tillgänglig: <https://github.com/raspberrypi/pico-sdk> (hämtad 2024-05-06).
- [33] “Rust”, Rust Foundation. [Online]. Tillgänglig: <https://www.rust-lang.org/> (hämtad 2024-05-06).
- [34] W. Crichton, “The Usability of Ownership”, 2020. arXiv: 2011.06171 [cs.PL].
- [35] “Embassy”, 2024. [Online]. Tillgänglig: <https://github.com/embassy-rs/embassy> (hämtad 2024-05-06).
- [36] “Fastify: Fast and low overhead web framework, for Node.js”. [Online]. Tillgänglig: <https://fastify.dev/> (hämtad 2024-05-08).
- [37] The PostgreSQL Global Development Group, “PostgreSQL 16.2 Documentation”. [Online]. Tillgänglig: <https://www.postgresql.org/files/documentation/pdf/16/postgresql-16-A4.pdf> (hämtad 2024-05-08).
- [38] “Drizzle ORM - Overview”. [Online]. Tillgänglig: <https://orm.drizzle.team/docs/overview> (hämtad 2024-05-08).
- [39] S. Rinaldi, F. Bonafini, P. Ferrari, A. Flammini, E. Sisinni och D. Bianchini, “Impact of data model on performance of time series database for internet

- of things applications”, i *2019 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)*, IEEE, 2019, ss. 1–6. DOI: 10.1109/I2MTC.2019.8827164.
- [40] S. Di Martino, L. Fiadone, A. Peron, A. Riccabone och V. N. Vitale, “Industrial internet of things: persistence for time series with NoSQL databases”, i *2019 IEEE 28th International Conference on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE)*, IEEE, 2019, ss. 340–345. DOI: 10.1109/WETICE.2019.00076.
- [41] Mozilla Foundation, “HTML: HyperText Markup Language”. [Online]. Tillgänglig: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML> (hämtad 2024-05-08).
- [42] Mozilla Foundation, “CSS: Cascading Style Sheets”. [Online]. Tillgänglig: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS> (hämtad 2024-05-08).
- [43] “SVELTE: cybernetically enhanced web apps”. [Online]. Tillgänglig: <https://svelte.dev/> (hämtad 2024-05-08).
- [44] “SVELTEKIT: web development, streamlined”. [Online]. Tillgänglig: <https://kit.svelte.dev/> (hämtad 2024-05-08).
- [45] “TailwindCSS: Rapidly build modern websites without ever leaving your HTML.” [Online]. Tillgänglig: <https://tailwindcss.com/> (hämtad 2024-05-08).
- [46] “Search engine”. [Online]. Tillgänglig: [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/Search\\_engine](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/Search_engine) (hämtad 2024-05-08).

# A

## Bilagor

### A.1 Frågorna till kundundersökningen

De frågor som ställdes i kundundersökningen och den information som presenterades för respondenterna följer här:

#### Hittar du inte heller ett grupprum?

*Har du någon gång behövt ett grupprum men alla är bokade?*

*Har du behövt gå runt på campus på intensiv jakt efter någonstans att plugga?*

*Har grupprummen varit för små eller för stora?*

*Är du trött på att en person tar upp ett helt grupprum för sig själv?*

Vi arbetar med ett kandidatarbete som ämnar att **förmedla liveinformation om lediga grupprum** till studenter.

Tanken är att **mäta närvaro** och **räkna antal personer** i grupprummen, detta kan göras med olika typer av **sensorer**. Era tankar och erfarenheter skulle vara väldigt uppskattade!

\* Obligatoriskt

1. Vilken sektion tillhör du? \*

- A
- AE
- D
- DS
- E
- F
- GS
- H
- IT
- I
- K
- KFKB
- M
- Sjö
- TD
- V
- Z
- Studerar på GU

2. Vilket eller vilka hus brukar du studera i? \*

- Biblioteket Johanneberg
- Chalmers Kårhus
- EDIT
- Fakulitetsvåningen
- Fysik-Origo
- Fysik-Huset
- Gamla Maskinhuset
- Hörsalslängan
- Idéläran (NC)
- Jupiter
- Kemihuset
- Kuggen
- Maskinhuset
- Matematiska vetenskaper
- Patricia
- SB1
- SB2
- SB3
- Saga
- Svea
- Vasa
- Äran
- Annat

3. Upplever du att det är svårt att hitta tillgängliga grupprum?

1 - Instämmer inte alls  
5 - Instämmer helt

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

### 4. Upplever du att

- Grupprummen är till största del rätt storlek
- Grupprummen är oftast för stora (det finns t.ex 8 stolar men 2 används)
- Grupprummen är för små

### 5. Hur många gånger i veckan använder du grupprum?

- Under en gång i veckan
- 1-2 gånger i veckan
- 3-5 gånger i veckan
- Mer än 5 gånger i veckan

### 6. Använder du främst bokade grupprum eller först till kvarn?

- Bokade grupprum
- Först till kvarn
- Använder båda lika mycket
- Har ingen preferens

### 7. Hade du använt en tjänst som ger live-info om var det finns lediga grupprum? \*

- Ja
- Nej
- Vet ej

### 8. Var hade du velat ha tillgång till liveinfo?

- Egen hemsida
- Campus maps/hitta på campus
- TimeEdit
- Kårappen
- Digital Informationspanel i entrén av byggnader
- Egen app
- Annat

9. Finns det någon typ av sensor du INTE hade varit bekväm med?

**mmWave** - Radar som upptäcker rörelsemål för att mäta antalet människor

**PIR** (Passiv Infraröd Sensor) - Samma sensor som rörelsestyrda lampor använder

**IR-kamera** (Infraröd Sensor) - Värmeamera, mäter temperatur

**Kamera** - Mäter antal människor i rummet

**Koldioxidmätare** - Mäter koldioxid

**Lasersensor** - Skickar ut en laserstråle, mäter hur många gånger någon passerar den

**LiDAR** - Light Detection And Ranging, skickar ut en ljusstråle och mäter hur lång tid det tar för den att reflektera tillbaka. Hög detalj

**ToF** (Time of Flight) - Likt en LiDAR, men är inte lika detaljerad

**Ultraljud** - Likt LiDAR men skickar ut en ljudvåg istället

- mmWave
- PIR
- IR-kamera
- Kamera
- Koldioxidmätare
- Lasersensor
- LiDAR
- ToF
- Ultraljud
- Jag känner mig bekväm med alla alternativen

10. Övriga åsikter

## A.2 Frågorna i återkopplingsformuläret

Återkopplingsformulärets utformning med dess frågor om webbapplikationen följer här:

### Feedback för "Find a Room"

Detta formulär är till för att ge feedback om hemsidan "Find a Room" som är sammankopplat till projektet att mäta och se vart det finns lediga grupprum som studenter kan använda. I denna testperiod är 9 grupprum i Idéläran uppkopplade. Vid fler frågor kan du kontakta Ella på mailen [elladah@chalmers.se](mailto:elladah@chalmers.se).

Vi är jättetacksamma för att du ger oss feedback på din upplevelse!

\* Anger obligatorisk fråga

[Har du varit inne på Find a room? \(liveinfo.spacenet.se\)](https://liveinfo.spacenet.se) \*

Ja!

Använde du hemsidan för att hitta ett ledigt grupprum i Idéläran? \*

Ja

Nej, jag var bara inne och kikade på hemsidan.

Om du letat upp ett ledigt grupprum genom "Find a Room", vilket grupprum sökte du dig till?

- EG-2515
- EG-3503
- EG-3504
- EG-3506
- EG-3507
- EG-3509
- EG-3510
- EG-3511
- EG-3512
- EG-3513

Om du letat upp ett ledigt grupprum genom "Find a Room", var rummet ledigt när du kom fram?

- Ja
- Nej
- Nej, men jag tror grupprummet blev taget under tiden jag gick dit.

På en skala 1-10 där 10 är jättelätt att navigera på sidan och 1 är jättesvårt att navigera, hur lättnavigerat var "Find a Room"? \*

1   2   3   4   5   6   7   8   9   10

Jättesvårt att navigera på sidan               Jättelätt att navigera på sidan

På en skala 1-10 där 10 är att "Find a Room" är en jättesnygg sida och 1 är att sidan är jätteful, hur snygg tyckte du att "Find a Room" var? \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

"Find a Room" är  
jätteful

"Find a Room" är  
jättefin

Berätta gärna mer om din upplevelse med hemsidan och ev. i samband med att du letat upp ett rum <3

Ditt svar

### A.3 Intervjufrågor till studenter på Chalmers

Under intervjuerna som hölls med studenter på Chalmers var frågorna som ställdes följande:

1. *Intervjuaren visar hårdvaran som sitter i taket eller frågar om studenten suttit i ett rum med radarn. Vad tycker du om hårdvaran som sitter i taket? Tänker du på den när du kliver in i rummet? Stör den dig?*
2. Har du varit inne på eller sett hemsidan innan?
3. *Intervjuaren går in på hemsidan utan att visa funktionerna på en dator som studenten också kan styra. Vad är din första tanke om den första sidan? Är sidan tilltalande? Ser du någon förbättringspotential? Är färgkodningen tydlig?*
4. *Intervjuaren ber studenten hitta ett grupprum i Idéläran genom att klicka på Idéläran knappen. Hur var upplevelsen? Vad tyckte du om den sidan du kom till? Vill du göra något speciellt på sidan? Vill du förändra eller berömma något?*
5. *Intervjuaren ber studenten hitta ett grupprum i Idéläran genom att klicka på sökknappen. Tips ges eventuellt om att alla grupprum i idéläran börjar på EG-. Intervjuaren tar inte studenten tillbaka till startskärmen utan låter studenten själv göra det. Hur var upplevelsen? Vad tyckte du om den sidan du kom till? Vill du göra något speciellt på sidan? Vill du förändra eller berömma något?*
6. *Intervjuaren ber studenten leta upp första bästa lediga grupprum genom att titta på "recently available" som finns på första sidan. Vad tycker du om denna flik? Är fliken på rätt plats? Lätt att förstå vilket hus det rör sig om (ex om du inte visste att det var Idéläran som var uppkopplad)? Vill du interagera på något vis med den?*
7. *Intervjuaren låter studenten testa hemsidan på en mobil. Är det någon skillnad på den mobilanpassade upplevelsen? Något du vill berömma eller ser förbättringspotential i?*
8. *Intervjuaren förklarar att några generella avslutande frågor kommer ställas. Vad tycker du om hemsidan? (Vad är det som är bra? Enkelhet, snygg, lätt-navigerad?)*
9. Ser du några andra förbättringsmöjligheter innan sidan lanseras för hela skolan?
10. Tror du att du skulle använda den? Skulle du använda den om en mindre del av campus var uppkopplat? Eller skulle hela campus behöva vara uppkopplat?
11. Några andra tankar om projektet eller produkten?

## A.4 Intervjufrågor till en anställd på Chalmers

Intervjun med en anställd på Chalmers hölls på engelska och de frågor som ställdes var följande:

1. *The interviewer shows the first page and the button "statistics".* What do you think about this button and this login page? Is the button too small, is it in a good position on the screen?
2. *The interviewer shows the statistics login page.* What are your thoughts on the login page?
3. *The interviewer logs in to the statistics page.* Choose a room. What do you think of the graph that appears? Is it useful? How can it be useful?
4. What functions should be added to the graph to make it better?
5. Is this single graph useful for all departments at Chalmers? Or are more over-viewing graphs needed? Which graphs would be necessary and which departments would use them?
6. Which graphs/statistics would be "fun" to have and maybe useful in the future?
7. *The interviewer scrolls down to the choice of room.* What do you think of this way of choosing a room to inspect? Will it be as easy to choose when all the buildings are monitored? What do you think of the position of these buttons? Do we need a choice of the entire campus and entire buildings?
8. *The interviewer shows the Raw Data section.* What do you think of this function? Is it good to get the raw data in this format .csv?
9. Is it okay with an email or would you like a direct "download" button?
10. *The interviewer wraps up the interview to ask the last questions.* Is it good that the statistics page is on the same website as the student-used page? Is it a good thing that the data is closed off from students?
11. In which ways can these statistics be used? Given future updates, how could it be used then? Has it potential? (Can it be used for decision-making? In which ways?)