



AARHUS SCHOOL OF ENGINEERING

SUNDHEDSTEKNOLOGI  
2. SEMESTERPROJEKT

---

# Rapport

---

*Gruppe 1*

Lise Skytte Brodersen (201407432)  
Mads Fryland Jørgensen (201403827)  
Albert Jakob Fredshavn (201480425)  
Malene Cecilie Mikkelsen (201405722)  
Mohamed Hussein Mohamed (201370525)  
Sara-Sofie Staub Kirkeby (201406211)  
Martin Banasik (201408398)  
Cecilie Ammizbøll Aarøe (201208778)

*Vejleder*

Studentervejleder  
Lars Mortensen  
Aarhus Universitet

26. maj 2015



# Resumé

---

Dette projekt beskæftiger sig med hjertesygdommen atrieflimren samt elektrokardiografi. Formålet for projektet er at lave et program, der ud fra en virtuel patients EKG-signal kan afbilde en EKG-graf. Grafen skal være analyserbar i forhold til at detektere atrieflimren hos patienten. Programmet skal desuden kunne gemme EKG-signalets data, både i en privat- og offentlig database. Alt dette er opnået i det kodet program, som er projektets produkt. Analysen er den essentielle del af programmet, som er skrevet på baggrund af viden omkring, hvordan atrieflimren udformer sig som EKG-graf. // Vandfaldsmodellen er benyttet til at udvikle softwaren. Metoderne SysML samt UML er benyttet til henholdsvis systembeskrivelse og softwarebeskrivelse. Til beskrivelse af hjertesygdommens patofysiologi, er anvendt metoden tekstanalyse og kildekritik.

Programmet lever op til de væsentlige opstillede krav, både funktionelle og ikke-funktionelle. Programmet kan afbilde, analysere og gemme EKG-grafens data.

En kort konklusion

*Gruppemedlemmer*

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| Lise Skytte Brodersen (201407432)    | Dato |
| Mads Fryland Jørgersen (201403827)   | Dato |
| Albert Jakob Fredshavn (201480425)   | Dato |
| Malene Cecilie Mikkelsen (201405722) | Dato |
| Mohamed Hussein Mohamed (201370525)  | Dato |
| Sara-sofie Staub Kirkeby (201406211) | Dato |
| Martin Banasik (201408398)           | Dato |
| Cecilie Ammitzbøll Aarøe (201208778) | Dato |

*Vejleder*

|                |      |
|----------------|------|
| Lars Mortensen | Dato |
|----------------|------|

# Godkendelsesformular

---

## *Godkendelsesformular*

Forfattere:

---

Lise Skytte Brodersen

---

Mads Fryland Jørgensen

---

Albert Jakob Fredshavn

---

Malene Cecilie Mikkelsen

---

Mohamed Hussein Mohamed

---

Sara-Sofie Staub Kirkeby

---

Martin Banasik

---

Cecilie Ammitzøll Aarøe

**Godkendes af:** Lars Mortensen

**Antal sider** 31

**Kunde** Aarhus Universitet

Ved underskrivelse af dette dokument accepteres det af begge parter som værende kravene til udviklingen af det ønskede system.

**Dato:** 28/5-2015

---

Kundens underskrift

---

Leverandørens underskrift



# Ordliste

---

| Ord                   | Forklaring                                       |
|-----------------------|--|
| EKG                   | Elektrokardiografi                               |
| DAQ                   | Data acquisition                                 |
| AV-klapper            | Atrioventrikulær-klapperne                       |
| AV-knuden             | Atrioventrikulær-knuden                          |
| ISE                   | Indledende System Engineering                    |
| SysML                 | System Modeling Language                         |
| BDD                   | Block Defination Diagram                         |
| IBD                   | Intern Block Diagram                             |
| SD                    | Sekvensdiagram                                   |
| UML                   | Unified Modeling Language                        |
| Cerebral apopleksiske | Slagtilfælde i hjernen (blodprop/hjerneblødning) |
| Hjerteinsufficiens    | Hjertesvigt                                      |





# Indholdsfortegnelse

---

|  |     |
|--|-----|
| Resumé                                 | i   |
| Godkendelsesformular                   | iii |
| Ordliste                               | v   |
| Kapitel 1 Indledning                   | 3   |
| Kapitel 2 Projektformulering           | 5   |
| Kapitel 3 Baggrund                     | 7   |
| 3.1 Hjertet . . . . .                  | 7   |
| 3.2 Elektrokardiogram . . . . .        | 9   |
| 3.3 Atrieflimren . . . . .             | 11  |
| Kapitel 4 Systembeskrivelse            | 13  |
| Kapitel 5 Krav                         | 15  |
| Kapitel 6 Projektbeskrivelse           | 17  |
| 6.1 Projektgennemførelse . . . . .     | 17  |
| 6.2 Metode . . . . .                   | 18  |
| 6.3 Specifikation og analyse . . . . . | 18  |
| 6.4 Arkitektur . . . . .               | 19  |
| 6.4.1 Design . . . . .                 | 21  |
| 6.4.2 Implementering . . . . .         | 22  |
| 6.4.3 Test . . . . .                   | 23  |
| 6.5 Resultater og diskussion . . . . . | 23  |
| 6.6 Opnået erfaringer . . . . .        | 25  |
| 6.7 Fremtidigt arbejde . . . . .       | 25  |
| Kapitel 7 Konklusion                   | 27  |
| Litteratur                             | 29  |
| Bilag                                  | 31  |



**Versionshistorik**

| Version | Dato  | Ansvarlig | Beskrivelse |
|---------|-------|-----------|-------------|
| Tekst   | Tekst | Tekst     | Tekst.      |



# Indledning

# 1

I dagens Danmark er incidensen af hjertesygdomme på ca. 45.000 nye tilfælde årligt<sup>1</sup>. Mange typer af hjertesygdomme diagnosticeres via et EKG-apparat, der måler patientens hjerterimpulser. Disse impulser bliver afbildet som en graf, der indeholder P-, Q-, R-, S- og T-takker. Det er forholdet mellem disse takker, der fortæller, hvordan hjerterimpulserne hos patienten er. Hvis en patient har et rask EKG-signal, skal forholdet mellem takkerne være indenfor nogle bestemte intervaller. Et EKG-signal, der afviger fra disse standarder siges at være abnormt og patienten bør tjekkes for en eventuel hjertesygdom. Derfor er et EKG-apparat en vigtig teknologi indenfor sundhedsvæsenet i forhold til videre diagnosticering af hjertesygdomme.

Formålet med dette projekt er, at udvikle en software, som netop har til formål at detektere en selvvalgt hjertesygdom. Den nødvendige hardware samt et stykke kode, der betragtes som Blackbox, er blevet udleveret ved projektets start.

Dette specifikke projekt omhandler sygdommen atrieflimren. En sygdom, der særligt omfatter den ældre befolkning, da prævalensen i Danmark er 5-10%<sup>2</sup> for borgere over 80 år. Atrieflimren forekommer, når patientens atrie-kontraktionsmønster forstyrres og dermed begynder at flimre. Atrieflimren karakteriseres ved, at der forekommer 220-300 små udsving pr. minut på EKG-signalets baseline. Desuden vil der i frekvensspektret 300-400 Hz, opstå forhøjede amplituder. Det er ud fra denne karakteristik af amplituder, der, i Visual Studio, er blevet udarbejdet en analyse, som kan detektere atrieflimren. Denne analyse er en del af et større program, hvis formål også er, at kunne visualisere og gemme et givet EKG-signal i en privat- samt offentlig database.

Rapporten er udført som en naturvidenskabelig rapport med først og fremmest et baggrundsafsnit. Dette afsnit fortæller overordnet omkring hjertets funktionalitet, atrieflimren og elektrokardiografi. Det er denne teori, som ligger til grund for systemets design og opbygning, samt hvilke krav, der er stillet til systemet.

---

<sup>1</sup>[http://www.si-folkesundhed.dk/upload/hjertekarsygdomme\\_i\\_2011-2\\_rapport.pdf](http://www.si-folkesundhed.dk/upload/hjertekarsygdomme_i_2011-2_rapport.pdf)

<sup>2</sup><https://www.sundhed.dk/borger/sygdomme-a-aa/hjerte-og-blodkar/sygdomme/hjertearytmier/atrieflimren-og-flagren/>



# Projektformulering 2

---

Dette projekt har til formål at udvikle software, der kan afbilde, detektere atrieflimmer samt gemme et EKG-signal i en database. Projekt tager udgangspunkt i virtuelle patienters EKG-signaler. Disse EKG-signaler hentes fra Physionet<sup>1</sup>, som er en ekstern database, der indeholder mange forskellige EKG-signaler fra forskellige patienter. EKG-signalerne ændres fra en CSV-fil til et digitalt signal af udleveret hardware, som består af Analog-discovery og en DAQ.

Det er dette digitale signal softwaren skal kunne afbilde som en graf - en såkaldt EKG-graf. Et andet krav til projektet er, at softwaren skal via en analyse detektere atrieflimren hos den virtuelle patient. Målingen skal også gemmes i en privat database. Den private database skal forstås således, at databasen er tilknyttet et specifikt sted, fx et sygehus, hvor lige præcis denne EKG-måling er foretaget.

Den 4. Maj 2015 indførte Sundhedsstyrelsen et krav, om at alle EKG-målinger foretaget i Danmark skal gemmes i en offentlig database. Det vil sige, at EKG-signalet skal både gemmes i den private- og den offentlige database. Den offentlige database gør det muligt at kunne tilgå et EKG-signal uafhængig af, hvor målingen er foretaget.

Softwaren skal udarbejdes i Visual Studio på baggrund af trelagsmodellen<sup>2</sup>.

Så helt specifikt skal dette projekts produkt være en prototype til et software system, som kan benyttes i et EKG-apparat. Softwaren kan afbilde EKG-grafen, gemme EKG-signalets data i privat- og offentlig database, samt detektere forekomsten af atrieflimren for den virtuelle patients EKG-signal.

**Mangler en tabel over hvad der er blevet lavet af de forskellige**

---

<sup>1</sup>[www.physionet.org](http://www.physionet.org)

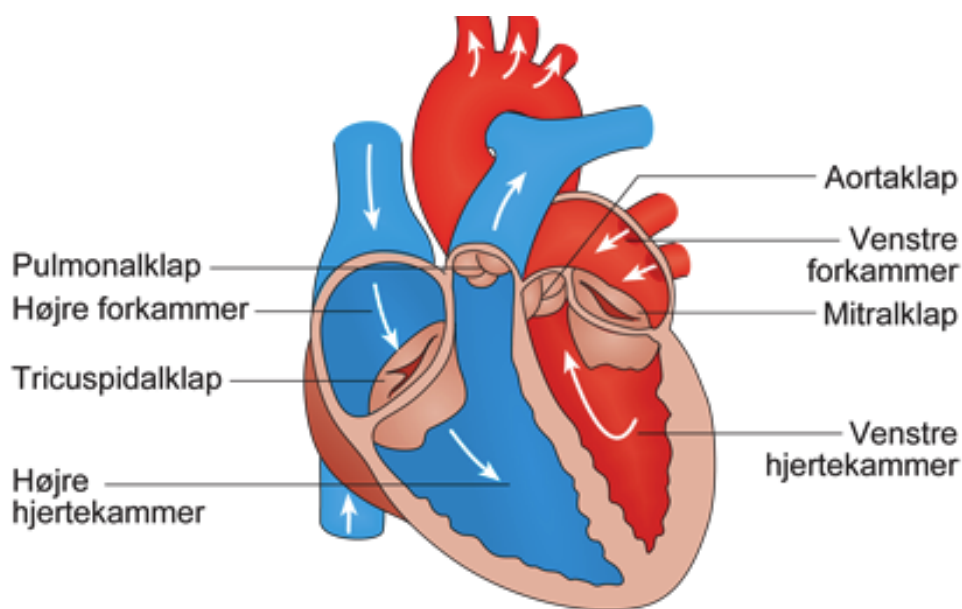
<sup>2</sup>Se dokumentation 3.3





## 3.1 Hjertet

Hjertet, *cor*, er en hul muskel, der har til opgave at pumpe blodet rundt til hele kroppen. Hjertet består af i alt fire kamre, som det kan ses på figur 3.1 nedenfor. To forkamre, atrier, og to hjertekamre, ventrikler. Atrierne fungerer primært som reservoir for blod, mens ventriklerne fungerer som den effektive pumpe.



Figur 3.1: Hjerte med forklarende pile <sup>1</sup>

Hjertekamrene og forkamrene er adskilt fra hinanden af anulus fibrosus, som er en plade af bindevæv. Anulus fibrosus består af fire bindevævsringe, der er forbundet med hinanden. To af disse udgør åbningerne mellem atrierne og ventriklerne. De to sidste danner åbningerne mellem højre hjertekammer og lungepulsåren og venstre ventrikel og hovedpulsåren. Ved alle bindevævsringene er der klapper, der fungerer som ventiler.

AV-klapperne sidder mellem atrierne og ventriklerne. Klappen mellem højre atrium og ventrikel kaldes tricuspidalklap, mens klappen mellem venstre atrium og ventrikel kaldes mitralklap, se figur 3.1. Aortaklappen er placeret ved afgangenen af hovedpulsåren og pulmonalklappen ved afgangenen af lungepulsåren. Klapperne fungerer således, at blodet kun kan løbe én vej gennem dem. Åbningen samt lukningen af disse er en passiv proces, som

<sup>1</sup>[http://www.hjertelunge.dk/hjertesygdomme/hjerte\\_og\\_kredsloeb/hjertet/](http://www.hjertelunge.dk/hjertesygdomme/hjerte_og_kredsloeb/hjertet/)

bestemmes af forskelle i væsketrykket på de to sider af klapperne.



Figur 3.2: De forskellige faser i hjertets cyklus <sup>2</sup>

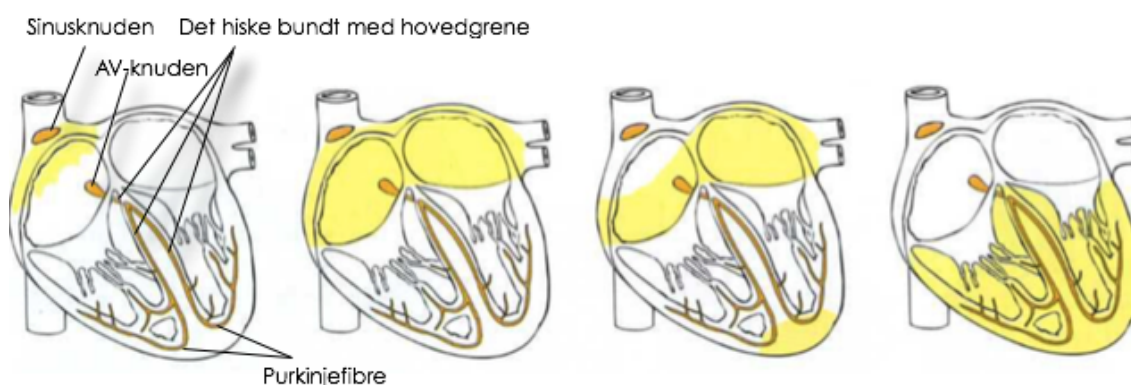
Hjertets cyklus, som er illustreret ved figur 3.2, inddeles i to hovedfaser. Den første kaldes diastolen. I diastolen er ventriklene afslappede og fyldes med blod. Det vil sige, at trykket i ventriklene bliver lavere end trykket i atrie, således at AV-klapperne åbnes, og blodet begynder at strømme ind i ventriklene. Under hele diastolen er aortaklappen lukket. Den anden fase kaldes systolen. I systolen kontraherer ventriklene sig. Trykket i ventriklene overstiger trykket i atrie, således at AV-klapperne lukkes, så tilbagestrømning af blod til atrie forhindres. Når ventriklene har kontraheret sig så meget, at trykket i ventriklene overstiger trykket i hovedpulsåren samt i lungepulsåren, åbnes aortaklappen og pulmonalklappen, og blodet strømmer ud i hovedpulsåren og lungepulsåren. Ventriklernes tryk falder igen til under atriernes tryk, hvilket påvirker, at AV-klapperne åbnes igen og diastolen begynder igen.

Hjertets cyklus igangsættes i sinusknuden ved aktionspotentialer, der føres til de forskellige dele af hjertet. Dette sker enten ved, at aktionspotentialer går fra hjertemuskelcelle til hjertemuskelcelle gennem åbne celleder forbindelser, eller gennem åbne celleder forbindelser mellem specialiserede hjertemuskelceller i hjertets specielle ledningssystem. Det specielle ledningssystem består af tre sammenhængende dele - AV-knuden, det hvide bundt gennem anulus fibrosus og det hvide bundt over i purkinjefibre (se figur 3.3).

Hjertets ledningssystem har to hovedopgaver. Først at sørge for, at aktionspotentialer

<sup>2</sup>Billede fra "Menneskets anatomi og fysiologi"s. 273 figur 9.6

spredtes hurtigt gennem hjertet, og dermed sørge for at hjertemuskulaturen i ventriklen kontraheres næsten samtidig. Denne næsten samtidige kontraktion medfører, at der inde i ventriklerne opbygges et effektivt tryk. Purkinjefibre, som kun er i ventriklerne og ikke atrierne, gør at aktionspotentialerne spredtes hurtigere i ventriklerne end i atrierne. Den anden hovedopgave er derfor at sørge for en vis forsinkelse i impulsledning fra atrierne til ventriklerne. Forsinkelsen er mulig, da anulus fibrosus, der adskiller atrierne og ventriklerne, fungerer som en elektrisk isolator. Derfor skal aktionspotentialet ledes fra atrierne til ventriklerne via det specialiserede ledningssystem, og da AV-knuden leder aktionspotentialet særlig langsomt, opstår forsinkelsen. Dette medfører, at atriernes kontraktion fuldføres, før ventriklernes igangsættes, dermed er der sikret en tilstrækkelig fyldning af ventriklerne, før de pumper blodet videre. Denne spredning og udløsning af aktionspotentialer sker regelmæssigt, og er den afgørende faktor for hjertets kontraktions rytme.



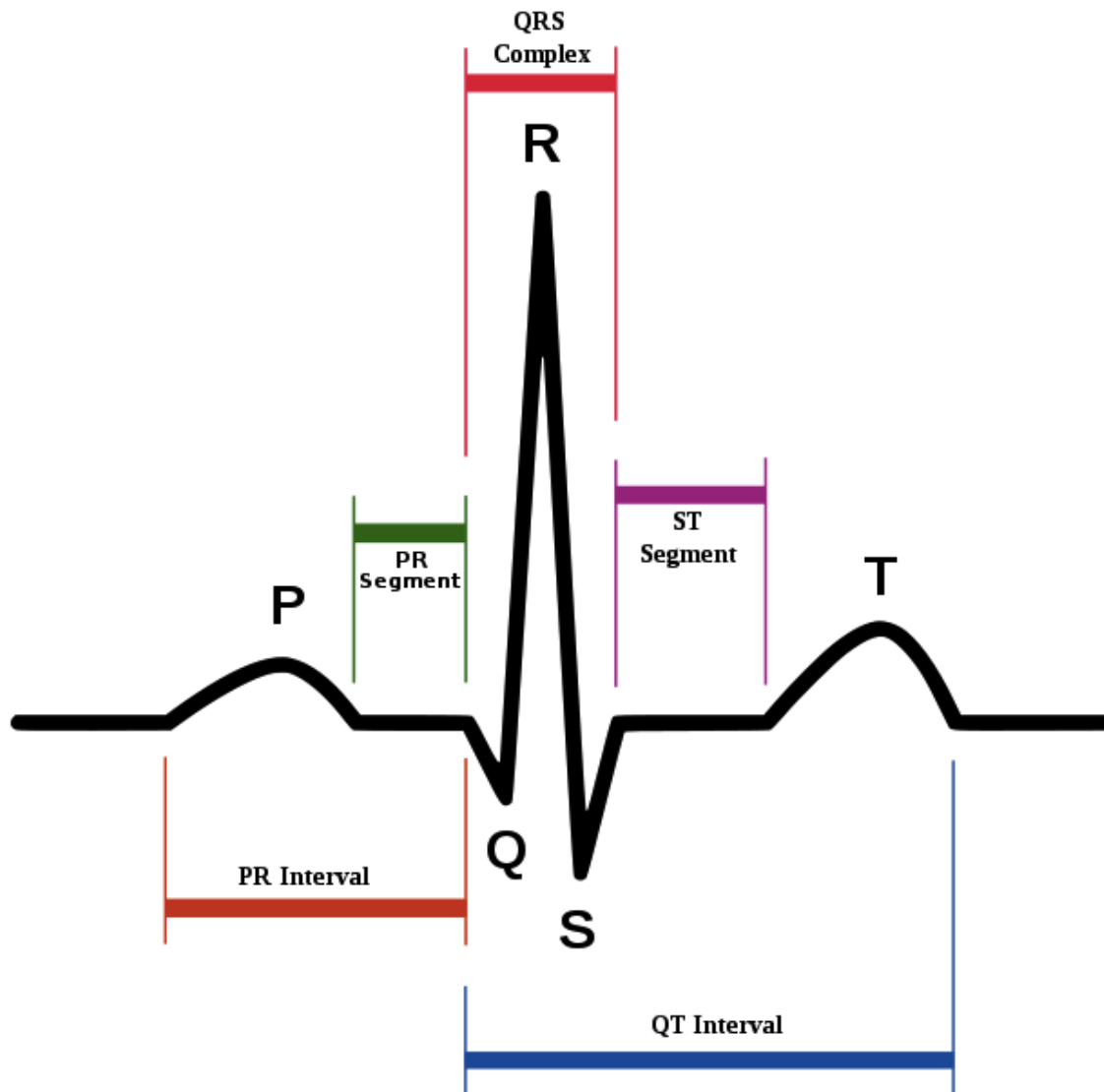
Figur 3.3: Spredning af aktionspotentialer gennem hjertet <sup>3</sup>

I Figur 3.3 ses spredningen af aktionspotentialer gennem hjertet. Aktionspotentialet udløses i sinusknuden og forsinkes i AV-knuden. Dernæst ledes aktionspotentialet videre til ventrikelmuskulaturen. De farvelagte områder er de depolariserede områder og det ses, at atriernes depolarisering er afsluttet før ventriklernes er startet.

## 3.2 Elektrokardiogram

Et elektrokardiogram, EKG, afspejler hjertets elektriske aktivitet. Teknikken kaldes elektrokardiografi og udføres via elektroder, der er placeret forskellige steder på kroppen, primært omkring hjertet. Elektroderne måler den elektriske aktivitet via en overflade strøm, der går ud fra thorax. Det er disse strømme, som danner de forskellige graf-udsving, som er EKG-signalets takker. Takkerne viser atriernes- og ventriklernes systole og diastole, og er inddelt i P-takken, QRS-komplekset og T-takken. Grafisk vil EKG signalet være vist som det ses på figur 3.4 nedenfor.

<sup>3</sup>"Menneskets anatomi og fysiologi"s. 275 figur 9.9



Figur 3.4: Normalt EKG-signal <sup>4</sup>

P-takken viser atriets depolarisering, og dertil er der P-takken til QRS-komplekset, der er aktionspotential fra atrier til ventrikler. QRS-komplekset udgør ventrikel depolarisering. QRS-komplekset er større end P-takken, da muskelmassen i ventriklerne er større end atriernes muskelmasse, hvilket påvirker en højere elektrisk aktivitet. T-takken beskriver ventriklernes repolarisering. Denne er også mindre end QRS-komplekset, da repolariseringen forløber langsommere end depolariseringen.

Elektrokardiografi giver et billede af, hvordan ens hjerte fungerer. På figur 3.4 ses et EKG-signal for et raskt hjerte. Hvis hjertet ikke fungerer optimalt, vil EKG-signalet se anderledes ud, og en sundhedsfaglig person vil kunne diagnosticere eventuelle sygdomme ud fra grafen. En patient kunne eventuelt have atrieflimren, som er den sygdom, dette projekt omhandler.

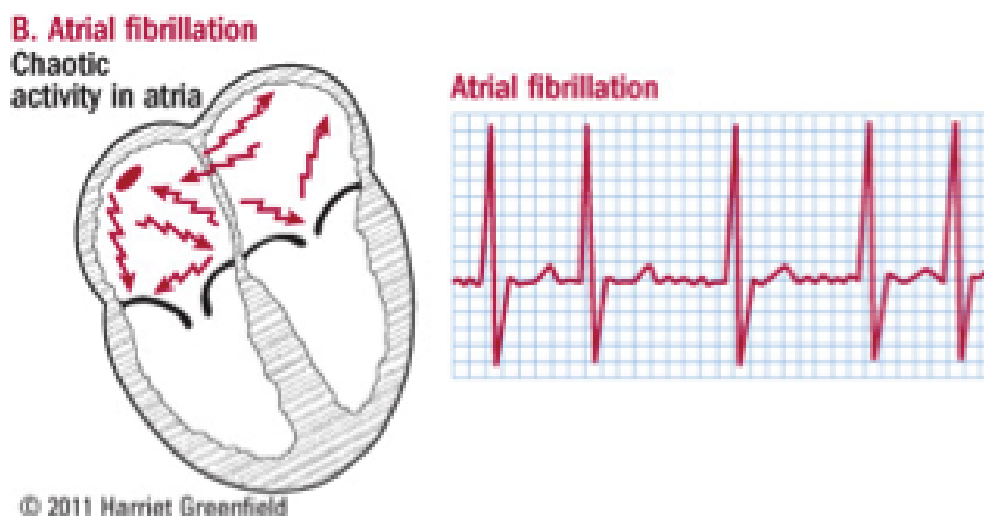
<sup>4</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/QRS\\_complex#/media/File:SinusRhythmLabels.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/QRS_complex#/media/File:SinusRhythmLabels.svg)

### 3.3 Atrieflimren

Atrieflimren forekommer, når atrieerne ikke kontraherer sig ordentligt. Den hyppigste udløsning af atrieflimren forefalder pga. en serie af hurtige impulser (ekstrasystoler), hvilket er illustreret på første del af figur 3.5. Ekstrasystolerne kommer fra den atriemuskulatur, som sidder nær lungevenerne i venstre atrium. Dermed bliver atriernes normale kontraktionsmønster ødelagt, og de begynder at "flimre". Under atrieflimren fungerer sinusknuden stadig som normalt, men har ingen kontakt til atrium.

Pga. arytmien mister man den regelmæssige arietømning og får nedsat funktion af hjertets pumpningen. Blodet vil ophobe sig i atriet og danne lokale tromber. De kan løsne sig og flyde med blodstrømmen ud i kroppen, hvor de kan sætte sig fast (embolisere). Ubehandlet emboliserende atrieflimren er årsagen til 1/3 af alle cerebral apopleksiske tilfælde. Derfor er det vigtigt at være opmærksom på tilstedeværelse af atrieflimren hos netop disse patienter. Hvis arytmien står på i længere tid, og ventrikelfrekvensen er hurtig, kan det udløse hjertheinsufficiens med tiltagende dilatation og dårlig kontraktion af ventriklerne.

Atrieflimren opstår som anfald (paroksysisk), der spontant konverterer til normal sinusrytme efter få timer til dage. Med årene bliver arytmien mere vedvarende (persisterende) for til sidst at blive kronisk. De symptomer, som kan forbindes med atrieflimren er en øget træthed, åndenød og en forhøjet samt uregelmæssig puls, der kan være utydelig og hurtig. Desuden vil blodtrykket falde, og der kan være tegn på hjertheinsufficiens, både i højre og venstre side af hjertet.



Figur 3.5: Aktivitet i atrie ved atrieflimren<sup>5</sup>

Man får stillet diagnosen via elektrokardiografi. EKG-grafen er domineret af mange irregulære og smalle QRS-komplekser uden ordentlige P-takker, som set på figur 3.5 ovenover. Med andre ord siger man, at der forekommer 220-300 små udsving/minut. Der kan også være forhøjede amplituder i frekvensspektret 300-400 Hz. Hvis disse forhold forekommer, kan patienten muligvis have atrieflimren.

Den hyppigste form for behandling er ved betablokkere, flekainid, dronaderon og

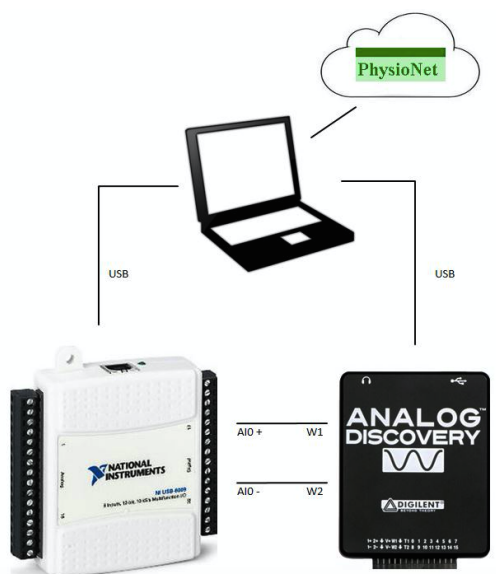
<sup>5</sup><http://www.health.harvard.edu/heart-health/atrial-fibrillation-common-serious-treatable>

amiodaron. Man indfører katere i venstre atrium, der ødelægger atriemuskulaturen, der udøser flimren.

# Systembeskrivelse 4

Overordnet set, består systemet af en hardware- og en software-del.

Hardwaren er blevet udleveret og består af en DAQ og Analog-discovery. DAQ'en og Analog-discovery har begge forbindelse til computeren, som har forbindelse til hinanden. Se figur 4.1.



Figur 4.1: Opstilling af Hardwaren

I projektet analyseres virtuelle patienters EKG-signaler. Disse EKG-signaler kommer fra PhysioNet, som er ekstern database, der kan tilgås via internettet<sup>1</sup>. EKG-signalet, der ønskes analyseret, hentes ned som en CSV-fil. Filens information bliver omdannet til et analogt signal, som simuleres af Analog-discovery. Det analoge signal bliver konverteret til et digitalt signal af DAQ'en. Det er dette digitale signal, som systemet kan afbilde og analysere.

Softwaren for systemet er kernen i dette projekt. Der er blevet udleveret et program, der anses som en blackbox. Dette program skabes der reference til således, at systemet kan fungere optimalt. Softwaren kan illustrere og analysere EKG-signaler med henblik på atrieflimren. Systemet kan desuden lagre information om signalerne i en privat- og offentlig database.

Projektets endelige produkt er en prototype af et software system, som kan benyttes i et EKG-apparat.

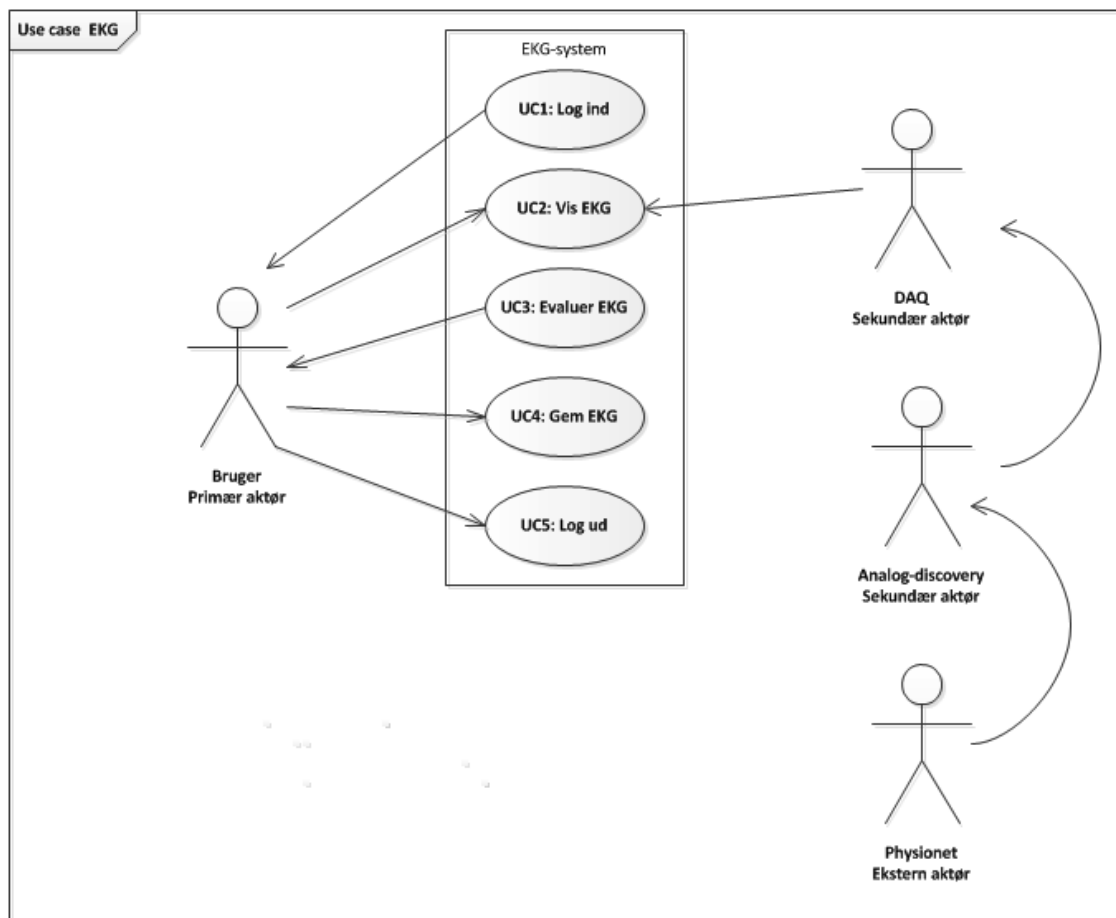
<sup>1</sup>[www.physionet.org](http://www.physionet.org)





# Krav 5

I starten af projektet var der opstillet nogle krav til produktet. Vores system skulle være i stand til at indsamle EKG-data, detektere en selvvalgt hjertesygdom og lagre abnormale EKG i en database. Disse krav ligger til grund for de tre væsentligste Use Cases (se figur.....)



Figur 5.1: Use case-diagram

Som vist på figuren, er der i alt 5 Use Cases som beskriver, systemets funktionelle krav. De vigtigste Use Cases er UC2, UC3 og UC4, da de nævnt tidligere er i forvejen opstillede krav til projektet. Inden programmet kan startes er der dog tilføjet visse krav til anvendelse. Hver bruger skal have et personligt login, så de på den måde "underskriver" målingerne, de foretager. Det gør det nemmere at rette henvendelse i tilfælde af spørgsmål til enkelte målinger. Desuden skal patientens CPR-nummer intastes. Når EKG'et evalueres er programmet indstillet til at detektere sygdommen atrieflimmer. Hvis denne arytmie opstår på de målte EKG'er, meldes dette til brugeren af systemet. Dermed ved lægen, at der skal

holdes øje med denne sygdom. Når EKG-målinger gemmes vil de blive gemt i en SQL- og offentlig database. Desuden gemmes de i forbindelse med patientens CPR-nummer. Dermed gøres det nemmere for sundhedsfaglig personale at finde den enkelte patients målinger. De ikke-funktionelle krav er beskrevet udfra (F)URPS+ og MoSCOW metoden. Her beskrives hvilke krav der stilles til systemts interface og pålidelighed. For yderligere beskrivelse af både funktionelle og ikke-funktionelle krav se under 'Kravspecifikation' i projektdokumentationen.

Projektets produkt er en prototype.

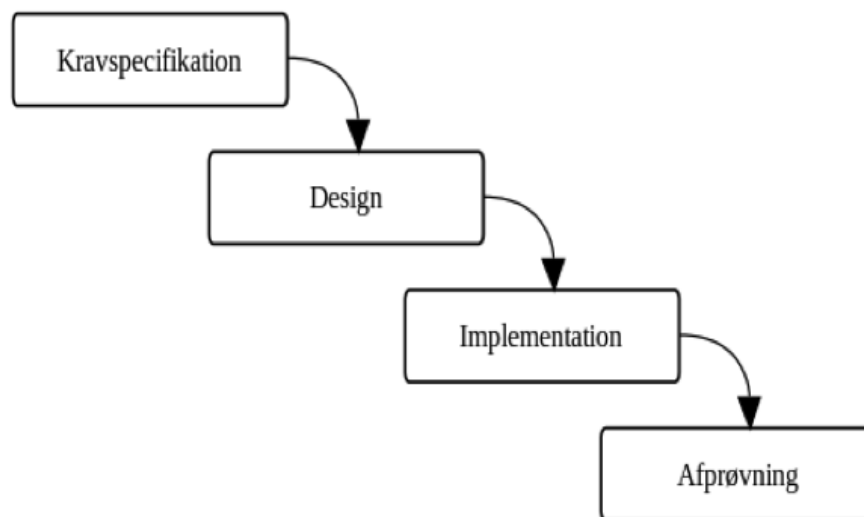
# Projektbeskrivelse 6

---

## 6.1 Projektgennemførelse

Projektet startede med, at der blev lavet en tidsplan, hvor der var mulighed for ændringer undervejs, dog var der nogle faste deadlines, som skulle følges. De forskellige deadlines ledte op til, at man kunne arbejde efter vandfaldsmodellen, da projektet startede med, at der blev lavet kravspecifikation og accepttest, som beskrev de krav, som programmet skulle kunne udfylde. Derefter var næste deadline, at der skulle laves design, ligesom viste forskellige diagrammer over, hvordan programmet skulle opbygges og hvad der skulle indeholde. Derefter blev programmeret færdiggjort og testet og til sidst finpudset.

Altså er der i dette projekt blevet arbejdet efter vandfaldsmodellen, som benyttes, når man arbejder med software, ligesom der er blevet gjort i det pågældende projekt. Vandfaldsmodellen er opbygget på sådan en måde, at man arbejder med de forskellige dele som et vandfald, hvor man tager en af del af gangen og bevæger sig ned gennem de forskellige. De forskellige deadlines vi har haft stemmeroverens med de forskellige led i vandfaldsmodellen, som ses i figur(NUMMER)



*Figur 6.1: Vandfaldsmodel*

Projektgruppen har været på 8 medlemmer, som er blevet delt ind i 2 grupper, således

at arbejdsbyrden blev delt. Den ene gruppe arbejdede med softwareudviklingen, mens den anden gruppe arbejdede med dokumentation og udarbejdelsen af design. Da gruppen har været opdelt, har der været projektmøde hver uge, hvor gruppen har opdateret hinanden og rettet tidsplanen til, hvis det var nødvendigt.

## 6.2 Metode

Dette afsnit har til formål, at beskrive hvilke metoder der er benyttet i udarbejdelsen af dette projekt. Primært er der tale om metoder fra faget ISE, samt Sundhedsvidenskab. Desuden bliver der i dette afsnit også beskrevet hvilken arbejdsredskaber der er benyttet til udførelse af projekt, rapport og dokumentering.

Til beskrivelse, samt opbygning er EKG-målings systemet, er der fra ISE benyttet metoden SysML. SysML er en metode der vha. digrammer analyserer, specificerer, designer og verificerer et givet system. Altså er metoden benyttet til at beskrive systemets opbygning og kommunikationen. Systemets virkning og de hvordan de enkelte dele interagerer er beskrevet ved SD, som er specifik for hver enkelt use case.

Yderligere er der en applikationsmodel, hvor et samlet overblik over systemet er beskrevet. Denne model består af en domæne model, hvor alle aktiviteterne i systemet er beskrevet, samt en tilhørende klasse applikationsmodel. Desuden er SD også benyttet til at lave metoderne i applikationsmodellen.

Software er beskrevet gennem metoden UML, helt specifikt ved et UML klassediagram. Klassediagrammet viser hvilke klasser og metoder al softwaren (med undtagelse af black-box) består af, samt hvordan systemet er bygget op efter trelagsmodellen.

Baggrundsafsnittet, afsnit 3, er udarbejdet ved tekstanalyse og kildekritik, ud fra sundhedsvidenskabelige bøger og IT teori.

Af benyttede arbejdsredskaber, er der først og fremmest brugt en fælles arbejdsplatform, GitHub. GitHub er en online platform, hvor der er mulighed for at foretage ændringer samtidigt, og gemme i en fælles mappe, yderligere er der mulighed for en detaljeret versionshistorik. Alle SysML- og UML-diagrammer er udarbejdet i programmet Visio. Koden er skrevet i sproget `c#`, i programmet Visual Studio. Visual Studio spiller også sammen med programmet WaveForms generator, i forbindelse med simulering af EKG-signalet. Selve rapporten, mødereferater, logbog og dokumentationen er udformet i tekstprogrammet LaTeX. Yderligere er Facebook brugt til mødeindkaldelse og generel kommunikation.

## 6.3 Specifikation og analyse

I udarbejdelsen af analysen var der mange komplikationer. Dette skyldes primært, at atrieflimren ikke nødvendigvis påvirker et EKG-signal på samme måde, hver gang.

Først var der tiltænkt en analyse som skulle tage udgangspunkt i den originale definition for atrieflimren. Måden dette skulle foregå på, var at tage et gennemsnit af baseline, og derefter detektere hvor mange gange, der skete en svingning over baseline. Her skulle der så tjekkes, om svingningerne overtrådte en tærskel. Denne tærskel skulle vurderes ud fra den patofysiologiske baggrund for sygdommen. Efter visualisering af reelle målinger,

blev denne metode dog afskrevet, da baseline ikke bliver repræsenteret ved en regulær linje i reelle signaler.

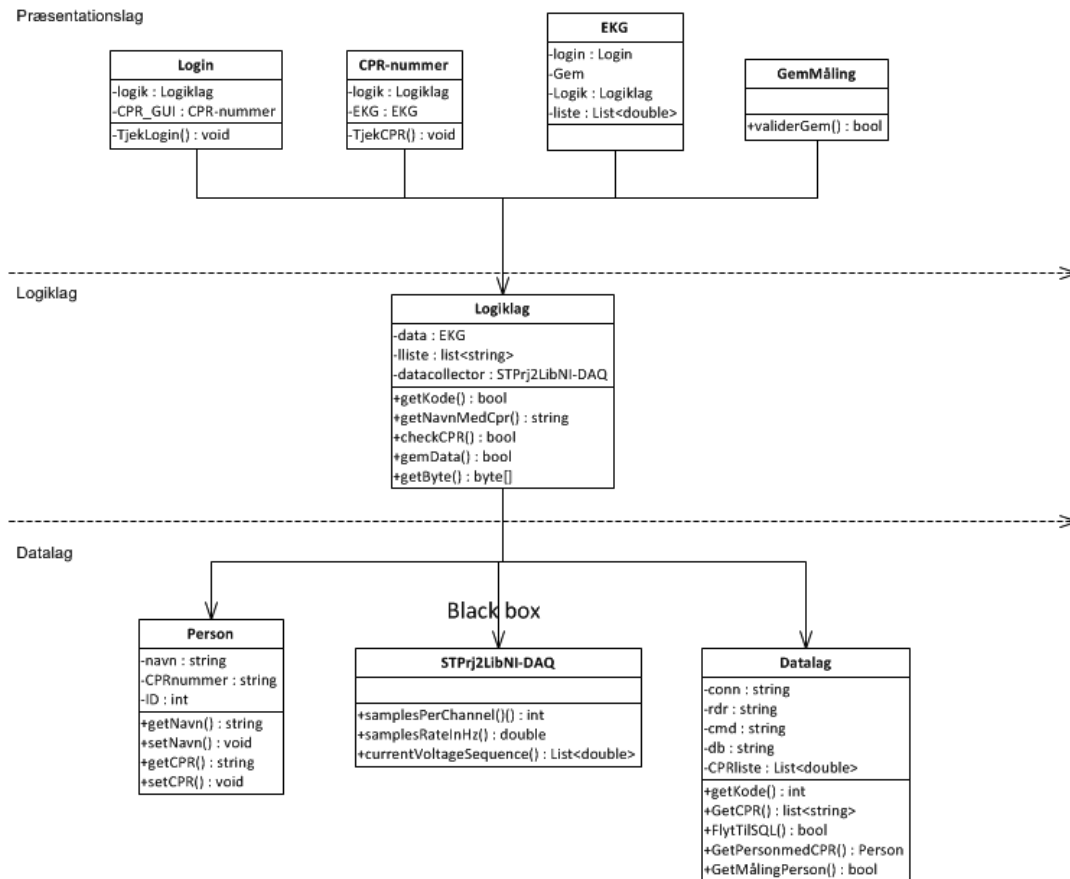
Derefter blev der udtænkt en metode med en dynamisk baseline. Denne metode viste sig meget tideligt i udviklingsprocessen, til ikke at være kompatibel. Den største komplikation ved denne metode, er at finde en algoritme, kunne udelukke de kendte takker, som karakteriserer et EKG-signal. Hvis denne algoritme ikke blev fundet, ville den dynamiske baseline altid ligge et stykke over den reelle baseline, grundet de høje R-takker.

De to første metoder blev aldrig færdiggjort, da problemerne opstod, efter pseudokode begyndte at blive udarbejdet. Herefter gik gruppen til vejleder for at finde en alternativ løsning til analysen. Vejleder fik herefter input fra en anden professionel, og kunne derefter hjælpe med at udarbejde en analyse, som virkede.

Vejleder kunne oplyse at atrieflimren har specifikke kendetegn, hvis der bliver analyseret på EKG-signalets amplituder inden for specifikke frekvenser, og det er ud fra denne information, at den endelige analyse blev udarbejdet.

## 6.4 Arkitektur

Softwareen er bygget op i henhold til trelagsmodellen, hvor GUI'erne fungerer som programmets brugerinterface, med et login-vindue, et CPR-vindue og et EKG-vindue. Her fungerer EKG-vinduet, som det primære vindue, hvor EKG-signaler kan måles. Grafiklaget er yderligere beskrevet i dokumentationen, men kan også visualiseres ud fra figur XX nedenfor.

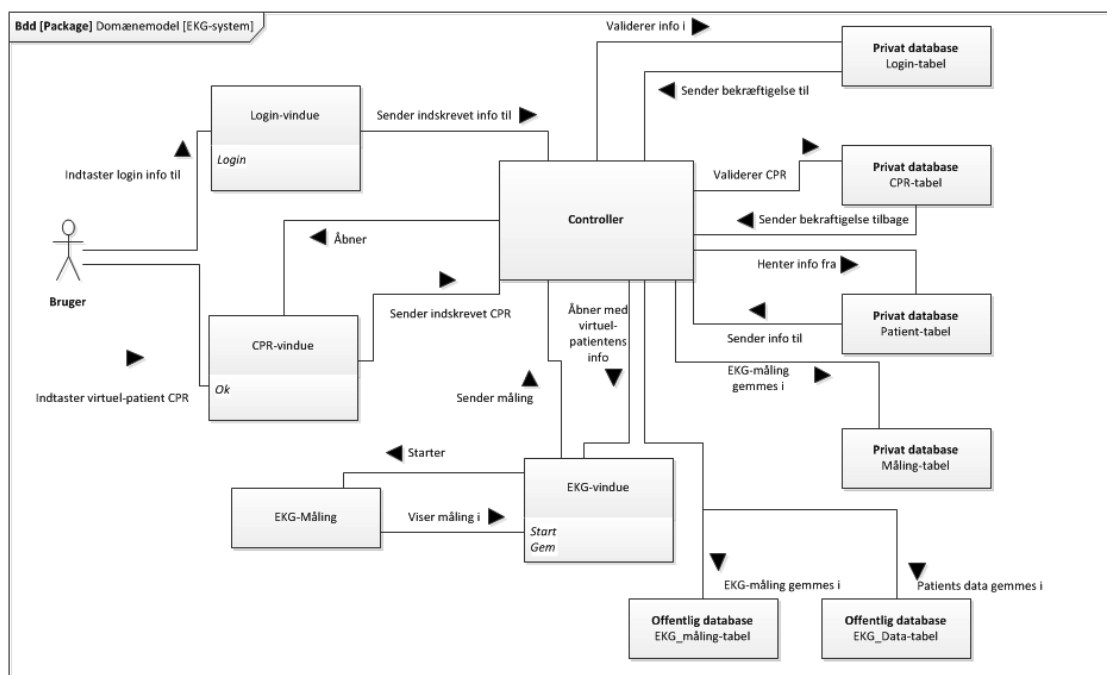


Figur 6.2: UML-klassediagram

Logiklaget kan ses som kernen i softwaren. Det er her alt data bliver behandlet fra datalaget, samt videresender data fra målinger til datalaget. Det er blandt andet her analysen af målingen sker, og hvor indtastede oplysninger bliver valideret. Logiklaget fungerer som bindeleddet mellem de data, som kommer fra datalaget, og GUI'erne.

Datalaget er til, for primært at håndtere forbindelsen med hardwaren og databaserne. I denne klasse bliver der skabt forbindelse til både SQL og DAQ. Datalaget henter data fra den private database, som logiklaget bruger til validering. Denne klasse gemmer også data givet fra logiklaget i både den private- og offentlige database. Klassen logiklag og datalag er beskrevet yderligere i dokumentationen.

For at beskrive koden yderligere, er der lavet en domænemodel. Domænemodellen repræsenterer hele koden, altså hvordan flowet imellem klasserne går, og hvilken overordnet kommunikation, der foregår. Alle vinduerne repræsenterer GUI'er og alle tabeller er tabellerne i den private database. Domænemodellen kan ses på figur XX.



Figur 6.3: Domænemodel

### 6.4.1 Design

Alle tanker omkring, hvordan koden skulle være bygget op, bunder i trelagsmodellen. Der er derfor sørget for at der ikke er noget kode, som kommunikerer med et lag, som de ikke har tilladelse til. Der kan læses mere om trelagsmodellen i dokumentationen(henvisning).

I dette projekt, har der i slutfasen været fokuseret meget på brugervenlighed og feedback til brugeren. Tidligt i projektet, var det ikke tydeligt, hvornår der blev foretaget en måling. Dette er blevet tydeliggjort, ved at musen bliver til en cirkel, der er i bevægelse, imens der tages en måling. Der er også lavet et pop-up vindue, som bekræfter, at en måling er blevet gemt.

Der er desuden, lavet en feature, som viser grid-lines på grafen. I gruppen, blev der besluttet, at der skulle være to typer af grids. En lille og en stor type. De store grids, repræsenterer hver 0,2 sekunder og de små, svarer til 0,04 sekunder. Disse intervaller er fastlagt, ud fra standarder for professionelle EKG-displays. Dette blev herefter implementeret i koden.

En anden ting, som har været meget dominerende i overvejelserne, er sikkerhed. Det er personfølsomme oplysninger, som skal detekteres i dette program, er det er derfor vigtigt at det ikke er alle og enhver, der skal kunne få adgang til det. Derfor er der et vindue, som beder brugeren om at logge ind, med et gyldigt brugernavn og kodeord. Dette vil validere, at denne person har rettigheder, til at få adgang til systemet. En valideret person, vil typisk være en sundhedsprofessionel.

Yderligere er der lavet et identifikationsvindue, hvor der skal indtastes et CPR-nummer. Ved hjælp af denne oplysning, bliver der hentet en person. Denne person bliver brugt

igennem systemet, som indikator for, hvem den her person er. Navnet bliver f.eks. vist i EKG-vinduet, og det er også dette nummer der bliver brugt, når målingerne skal gemmes.

### 6.4.2 Implementering

Analysen er det essentielle i implementeringen. Hvis ikke der er en analyse der fungerer, så programmet obsolet. I et tidligere afsnit er der beskrevet, at analysen blev bygget op omkring en anden definition af atrieflimren, end den patofysiologien beskriver.

Analysen er i stedet bygget op omkring tre for-løkker, som identificerer forhøjede amplituder inden for et specielt frekvensspektrum. Ved hjælp af matematikbiblioteket `alglibnet2`, bliver signalet først konverteret til et komplekst Fourier-transformeret array, som indeholder koordinater repræsenterende vektorer for amplituden i signalet.

```
alglib.complex[] array;  
alglib.fftr1d(datacollector.currentVoltageSeqArray, out array);
```

Figur 6.4: Kode udsnit af analyse implementering

Herefter bliver amplituderne regnet ud, ved hjælp af standard formelen for vektorudregning. Disse værdier bliver tilføjet til en ny liste.

```
for (int i = 0; i < array.Length; i++)  
{  
    double amp = (Math.Sqrt(Math.Pow(array[i].x, 2)+Math.Pow(array[i].y, 2)));  
    amplitude.Add(amp);  
}
```

Figur 6.5: Kode udsnit af analyse implementering

Herefter bliver arrayet udspecificeret til kun, at indeholde de pladser, som repræsenterer amplituderne for det valgte frekvensspektrum.

```
for (int i = 600; i < 802; i++)  
{  
    specifikamplitude.Add(amplitude[i]);  
}
```

Figur 6.6: Kode udsnit af analyse implementering

Disse værdier bliver derefter tjekket for, om de indeholder en amplitude, som ligger over tærskelværdien. Hvis dette er tilfældet, returnere metoden 'true', hvilket repræsenterer at det er rigtigt, at denne person kan have atrieflimren. Hvis der ikke findes en værdi, som er højere end tærsklen, returnerer metoden 'false'.



```
for (int i = 0; i < specifikamplitude.Count; i++)
{
    double vaerdi;
    vaerdi = specifikamplitude[i];

    if (vaerdi > thresh)
    {
        return true;
    }
}

return false;
}
```

*Figur 6.7: Kode udsnit af analyse implementering*

Tærskelværdien er blev fundet ud fra testprogrammet, som der kan læses yderligere om i dokumentationen(henvisning). Der kan desuden også læses yderligere specifikation omkring implementeringen i dokumentationen(henvisning).

### 6.4.3 Test

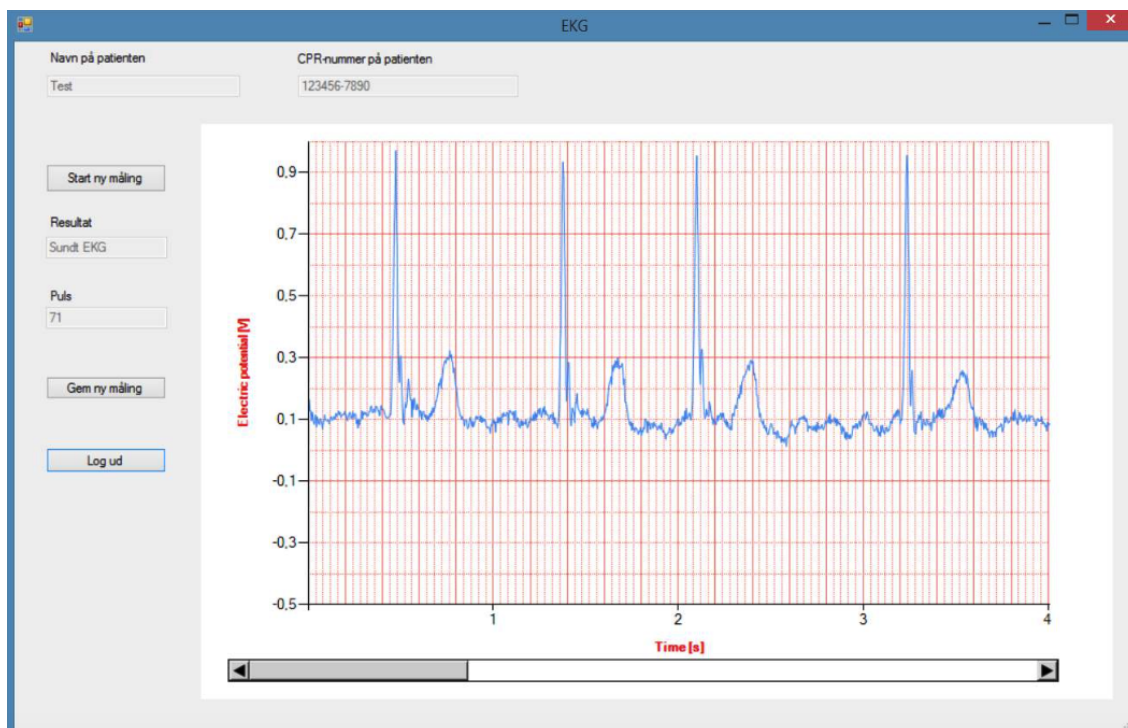
I dette projekt er der hverken lavet modul eller integrationstest. I stedet er koden blevet testet efterhånden, som metoder er blevet færdigt gjort. Det er også på denne måde, at gruppen har kunnet tjekke, at metoden ikke melder fejl, eller får systemet til at bryde sammen. Metoden "KørEKG"kan give et eksempel på hvordan forløbet har været. "KørEKG"er en essentiel del af koden, og det var derfor vigtigt, at den fungerede fra starten af. Her blev den estimerede kode først skrevet, og der blev derefter kørt et EKG for at se, om grafen kom frem. Dette gjorde den ikke i første omgang, og der blev derfor tilføjet en linje kode, som henter den maksimale volt, som kommer igennem Analog Discovery.

## 6.5 Resultater og diskussion

Kravene til dette projekt er at afbillede, analysere og gemme EKG-signaler fra virtuelle patienter. Alt dette er lykket.

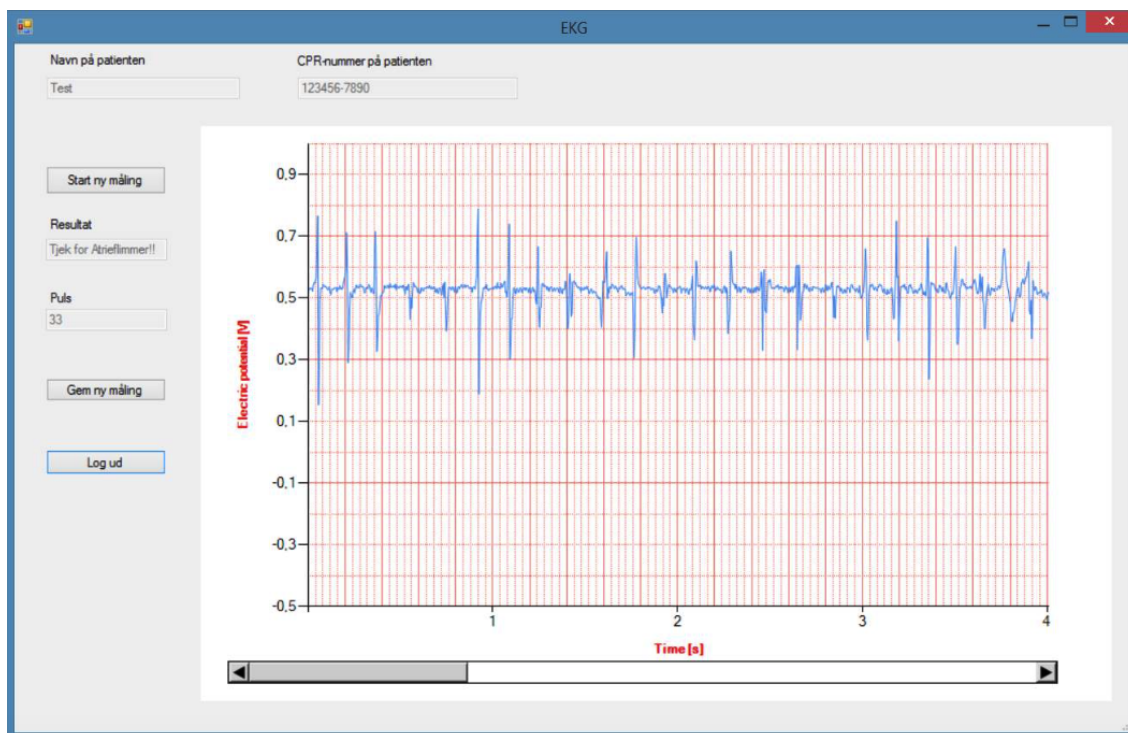
Før det er muligt at starte en måling skal man igennem et Login-vindue samt et CPR-vindue, hvor man indtaster den virtuelle patients CPR-nummer. Når login og CPR-nummeret til blevet godkendt vises EKG-vinduet, som er vinduet, hvor programmet køres fra.

Ved tryk på "Start ny måling"går der X-antal minutter og EKG-signalet bliver afbilledet som en EKG-graf. Se figur NUMMER.



Figur 6.8: Visning af EKG-signal samt analyse af Sundt EKG-signal

Når EKG-grafen vises i EKG-vinduet har programmet også analyseret EKG-signalet i forhold til atrieflimren. Hvis EKG-signalet er normalt skriver programmet "Sundt EKG" under Resultat, se figur Nummer (ovenfor). Hvis EKG-signalet afviger fra standard værdierne skriver programmet "Tjek for Atrieflimmer!!", se figur Nummer.



Figur 6.9: Analyse af sygt EKG-signal

Efter visningen samt analysen af EKG-signalet skal data om målingen gemmes i en privat samt en offentlig database. Dette sker ved tryk på "Gem ny måling". Et pop-up vindue fremkommer og bekræfter handlingen. Efterfølgende kan man i den private database under "Måling"-tabellen, se de gemte målinger, se figur nummer.

|  | Målinger      | MålingerId | PatientId | Dato                |
|--|---------------|------------|-----------|---------------------|
|  | <Binary data> | 1          | 2         | 30-04-2015 11:39:45 |
|  | <Binary data> | 2          | 2         | 30-04-2015 11:42:50 |

Figur 6.10: Lagring af data i privat database

I den offentlige data base er der to tabeller. Den ene hedder EKG\_Data. Her bliver den virtuelle patients og brugerens data gemt, se figur nummer. Den anden hedder EKG\_måling. Her bliver informationer omkring selve målingen gemt, se figur nummer.

|   | ekgdataid | raa_data       | samplerate... | interval_sec | interval_min | data_format | bin_eller_te... | maaleform... | start_tid      | kommentar | ekgmaaleid | maalenehe... |
|---|-----------|----------------|---------------|--------------|--------------|-------------|-----------------|--------------|----------------|-----------|------------|--------------|
| ▶ | 4         | <Binary dat... | 250           | 10           | NULL         | CSV         | b               | double       | 13-05-2015 ... | NULL      | NULL       | NULL         |
|   | 5         | <Binary dat... | 250           | 10           | NULL         | CSV         | b               | double       | 13-05-2015 ... | NULL      | NULL       | NULL         |
| ★ | NULL      | NULL           | NULL          | NULL         | NULL         | NULL        | NULL            | NULL         | NULL           | NULL      | NULL       | NULL         |

Figur 6.11: Lagring af den virtuelle patients- og brugerens data i den offentlig database

|    | ekgmaaleid | dato           | antalmali... | sfp_maaila... | sfp_maitag... | sfp_maaila... | sfp_mt_org | sfp_mt_ko... | sfp_ansvfor... | sfp_ansvft... | sfp_ansvrm... | sfp_ans_org | sfp_ansko... | borger_for... |
|----|------------|----------------|--------------|---------------|---------------|---------------|------------|--------------|----------------|---------------|---------------|-------------|--------------|---------------|
| 1  |            | 13-05-2015 ... | 0            | NULL          | NULL          | NULL          | NULL       | NULL         | NULL           | NULL          | Leder         | IHA         | NULL         | NULL          |
| 2  |            | 13-05-2015 ... | 1            | NULL          | NULL          | NULL          | NULL       | NULL         | NULL           | NULL          | Leder         | IHA         | NULL         | NULL          |
| ★★ | NULL       | NULL           | NULL         | NULL          | NULL          | NULL          | NULL       | NULL         | NULL           | NULL          | NULL          | NULL        | NULL         | NULL          |

Figur 6.12: Lagring af målingens data i offentlig database

Med hensyn til visningen af målingen, kunne der godt have været et mere præcis gitter, således at lægerne nemmere kunne aflæse ud fra grafen om patienten har atrieflimmer. Det kan godt lade sig gøre at aflæse på nuværende tidspunkt, men det er mindre præcis, da ternene ikke er kvadratiske.

muligvis noget om analysen!!!!

Med hensyn til at gemme i offentlig database er flere af værdierne blev fravalgt pga. tidspres, men man kunne have indført nogle flere værdier, så man f.eks. kunne ligge patientens CPR-nummer og navn ind og gemme det i EKG\_Data.

## 6.6 Opnået erfaringer

## 6.7 Fremtidigt arbejde

Som følge af at projektet er tiltænkt som en prototype, er der løbende gennem projektudførelsen opstået en masse muligheder og idéer for videreudvikling af systemet.

Den første helt basale idé, som også er forsøgt udført sideløbende i projektet, er etablering af en "opret ny patient"funktion. Funktionen skal muliggøre, at den sundhedsprofessionelle kan oprette en ny patient i systemet, i forbindelse med indtastning af patientens

CPR-nummer. Funktionen skal fungere således, at hvis ikke det indtastede CPR-nummer i forvejen er kendt i systemet, skal skridtet efter CPR-vinduet være et nyt "Opret Patient-vindue. Her skal den sundhedsprofessionelle kunne indtaste relevante oplysninger omkring patienten, og til slut oprette patienten i både den private- og offentlige database.

Et ideelt område til videreudvikling er brugervenlighed, både på software plan og i særhed på hardware plan.

Software kun udvikles i en retning, hvor det bliver lettere og mere overskueligt for den sundhedsprofessionelle, at analysere og evaluere EKG-signalet. En forbedring ville være, at der skal være mulighed for at trække en eller flere x- og y-cursors ned over EKG-signalet, og dermed få vist amplitude og tid, og relevante intervaller. Herefter kunne en mulighed være, at de observerede værdier kunne gemmes som tilhørende tekst til det specifikke EKG-signal.

Sideløbende, imens EKG-målingen foretages, vil det være muligt, at have direkte adgang til den pågældende patients sygejournal. Adgangen til sygejournalen skal kunne læse i en et andet vindue, som er synligt samtidig med EKG-vinduet arbejder, hvorefter det er muligt at skifte mellem disse vinduer, og tilføje ændringer, notater etc. i journalen. Med andre ord skal systemet understøtte EPJ

Den endelige udgave af softwaren skal implementeres på et mere brugervenligt interface, eksempelvis en tablet eller lignende. Samtidig skal systemet være tilknyttet en håndholdt EKG-måler, i form af en holter, hvorefter softwaren aflæser data fra, og udskriver på tabletten. Desuden skal det være muligt for den sundhedsprofessionelle at vælge indstillinger, alt efter hvad der ønskes analyseres for. Det endelige produkt er kun tilpasset analyse for atrieflimren, men det skal være muligt at kunne vælge, undersøgelse for eksempelvis andre sygdomme som ventrikelflimren, ST-elevation osv. De forskellige undersøgelser skal derudover også kunne mikses på kryds og tværs, hvis patienten har blandede symptomer, således at der søges for flere sygdomme. Dette vil medføre, at den sundhedsprofessionelle kan tage tage udstyr med sig på hjemmebesøg, såvel som at patienten selv kan foretage en måling.

# Konklusion 7

---



# Litteratur

---

- [1] Olav Sand m.fl. & Jan G. Bjålie - *"Menneskets anatomi og fysiologi"*  
Gads Forlag, 18. August 2008
- [2] Sanford Friedenthal, Alan Moore og Rick Steiner - *"A Practical Guide to SysML"*  
Morgan Kaufmann OMG Press, 17. Oktober 2011
- [3] Craig Larman - *"Applying UML and Patterns"*  
Prentice Hall, 30. Oktober 2004
- [4] Poul Staal Vinje - *"Projektledelse af systemudvikling"*  
Nyt Teknisk Forlag, 23. April 2004
- [5] [http://www.si-folkesundhed.dk/upload/hjertekarsygdomme\\_i\\_2011-2\\_rapport.pdf](http://www.si-folkesundhed.dk/upload/hjertekarsygdomme_i_2011-2_rapport.pdf)
- [6] <https://www.sundhed.dk/borger/sygdomme-a-aa/hjerte-og-blodkar/sygdomme/hjertearytmier/atrieflimren-og-flagren/>
- [7] [www.physionet.org](http://www.physionet.org)
- [8] [http://www.hjertelunge.dk/hjertesygdomme/hjerte\\_og\\_kredsloeb/hjertet/](http://www.hjertelunge.dk/hjertesygdomme/hjerte_og_kredsloeb/hjertet/)
- [9] [http://en.wikipedia.org/wiki/QRS\\_complex#/media/File:SinusRhythmLabels.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/QRS_complex#/media/File:SinusRhythmLabels.svg)
- [10] <http://www.health.harvard.edu/heart-health/atrial-fibrillation-common-serious-treatable>





