

Kunnskap for en bedre verden

# Forprosjekt - Low power GPS tracker

**IELET2900 Bacheloroppgave elektronikk og sensorsystemer**



**NORDIC<sup>®</sup>**  
SEMICONDUCTOR

## Forprosjekt

Eirik Ekrheim Bjørklund  
Torje Farbu Johansen  
Jonas Marelius Saari  
Håvard Kalliainen  
Andreas Ipsen

Totalt antall sider inkludert forsiden: 18  
Trondheim, 16/05/2022

---

Tittel:

**E2223**

## **Forprosjekt - Low power GPS tracker**

Eirik Ekrheim Bjørklund

Torje Farbu Johansen

Jonas Mærelius Saari

Håvard Kalliainen

Andreas Ipsen

Dato:

16/05/2022

Emnekode:

IELET2900

Emne:

Bacheloroppgave elektronikk og sensorsystemer

Dokument tilgang:

Studium:

BIELEKTRO

Ant. sider/vedlegg:

18 / 0

Bibl. nr:

Veileder:

Rolf Kristian Snilsberg (intern) Richard McCrae, (ekstern), Eirik Skanke (ekstern)

Sammendrag:

Sammendrag følger på neste side.

## Sammendrag

Denne rapporten inneholder definisjoner og akronymer som brukes gjennom rapporten. Innledning forklarer at det skal lages fysisk GPS-Tracker med PCB-utlegg, samt produsere strømeffektiv kode for produktet. Oppgaveteksten fra arbeidsgiver deler oppgaven i to deler: analog design og firmware. Videre belyser problemstillingen at trackeren skal spore sau. I den tekniske delen presenterer rapporten prosjektmålene som går ut på å samle og analysere data, utvikle prototype og produsere et produkt. Den tekniske modulen utbedrer også nødvendige spesifikasjoner med teknologi som skal brukes. Underkapittelet Arbeidspakker bryter ned arbeidet i følgende moduler: Forprosjekt, koding software, PCB Design, Hardware og testing og Organisering Administrasjon. Deretter følger en presentasjon av gruppemedlemmer med ansvarsområder og kort CV og frister på prosjektleveranser. Gantt-skjema inneholder tids og kostnadsplan som underbygger kvalitetssikring av prosjektet. Risikovurderingen oppsummerer at det er liten risiko forbundet med prosjektet.

## Abstract

This report contains definitions and acronyms used throughout the report. The introduction explains that a physical GPS-Tracker product with PCB layout is to be created as well as produce power-efficient code for the product. The assignment text from the employer divides the assignment into two parts: analog design and firmware. Furthermore, the problem sheds light on the fact that the tracker will track sheep. In the technical part, the report presents the project objectives, which are to collect and analyze data, develop a prototype and produce a product. The technical module also outlines the necessary specifications with the technology to be used. The subchapter Work packages breaks down the work into the following modules: Pre-project, coding software, PCB Design, Hardware and testing and Organization Administration. This is followed by a presentation of group members with areas of responsibility, a short CV and deadlines for project deliveries. The Gantt form contains a time and cost plan that supports quality assurance of the project. The risk assessment summarizes that there is little risk associated with the project.

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Figurliste</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>INNLEDNING</b>	<b>5</b>
2.1	Bakgrunn . . . . .	5
2.2	Oppgaveteksten . . . . .	5
2.3	Rapportens oppbygging . . . . .	6
<b>3</b>	<b>TEKNISK DEL</b>	<b>6</b>
3.1	Problemstilling . . . . .	6
3.2	Prosjektmål . . . . .	6
3.2.1	Effektmål . . . . .	7
3.2.2	Resultatmål . . . . .	7
3.2.3	Prosessmål . . . . .	8
3.3	Prosjektbeskrivelse . . . . .	8
3.4	Spesifikasjoner . . . . .	9
3.5	Problemområder . . . . .	10
<b>4</b>	<b>ARBEIDSPAKKER</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>PROSJEKTORGANISERING</b>	<b>12</b>
5.1	Prosjektdeltagere . . . . .	12
5.2	Utstyr og ressurser . . . . .	13
5.3	Prosjektleveranser . . . . .	14
5.4	Tids- og kostnadsplan . . . . .	15
5.5	Kvalitetssikring . . . . .	16
5.6	Risikovurdering . . . . .	16
<b>6</b>	<b>VEDLEGG</b>	<b>17</b>
	<b>Referanser</b>	<b>18</b>

# 1 Figurliste

- Figure 1: WBS
- Figure 2: S-diagram
- Figure 3: Gantt diagram

## 2 INNLEDNING

### 2.1 Bakgrunn

På oppdrag fra Nordic Semiconductors AS har vi blitt utfordret til å lage en lav-effekts GPS tracker. Denne skal basere seg på Nordics nRF9160-mikrokontroller, som er laget for å være ultra low-power. Utfordringen består i å produsere det fysiske produktet med PCB-utlegg, samt produsere koden for produktet.

Gruppen står fritt til å velge hvilken anvendelse vi skal produsere det for. Vi har valgt en anvendelse hvor vi kan utforske både de mest sparsomme- og de mest krevende situasjoner. Dette tillater oss å bruke flere av de ulike moduser som chippen støtter, og vi kan måle strømtrekk i de ulike moduser og transisjoner mellom disse.

### 2.2 Oppgaveteksten

*"This project will be based on Nordic's relatively new nRF9160 cellular IOT system-in-package. This is a low power device with an integrated LTE modem and GPS receiver. The goal of this project is to design and program a low power GPS tracker which interfaces with Nordic's Nrf Cloud online service. The device is to use a USB rechargeable battery where Nordic's brand new nPM1100 power management IC can be of use.*

*There are two parts to this task: analog design and firmware.*

*1) Analog Design:*

*Research, design, and test all components necessary from the power supply to the chip and to the GPS and LTE antennas. The focus will be on designing the analog circuit and selecting the optimal components to achieve a small (can easily fit on a pet collar or bike handle bar), a low power, and a quality device. PCB design considerations must be made but fabricating a PCB will only become a focus if time permits.*

*2) Firmware:*

*Write all software required to enable a GNSS connection utilizing Assisted GPS (AGPS).*

## 2.3 Rapportens oppbygging

*Here, students must write code which minimizes power consumption and cellular data use. Considerations will include cellular network configurations, type of AGPS to use, and methods for communicating data to Nordic's Nrf Cloud online service. Applications can be tested using the nRF9160 development kit. All code is to be written in C.*

*No previous knowledge of cellular IOT, GPS, or cloud computing is required.*

*Successful completion of this project can lead to employment opportunities at Nordic.*

## 2.3 Rapportens oppbygging

Gi en oversikt over forprosjektrapportens oppbygging (flere kapitler etter behov), dvs. en kort beskrivelse av hva leseren vil finne i hvilken del

# 3 TEKNISK DEL

## 3.1 Problemstilling

Gruppen har landet på å lage en GPS Tracker for husdyr på gård, som fe og sau. Disse skal i hovedsak være på gården/beitemarka, og vi antar at det under normaldrift kreves lite energi for å holde en grov oversikt på hvor de er. Dersom de vandrer unna området sitt, eller man av andre årsaker behøver å finne dem, kan man slå på en modus med høyere nøyaktighet.

En utvidelse av dette produktet kan være å gi beskjed og lokasjon dersom dyret har vært stillestående i en gitt tid, og man kan anta at dyret er tatt av rov eller at sporingsenheten har falt av. Dette kan gjøres ved å sjekke mer nøyaktig posisjon med gitte tidsintervaller, selv om dyret ikke har vandret vekk fra sitt område.

Produktet og programmet skal utvikles med spesielt hensyn til strømtrekk, og vi skal teste all strømtrekk i de ulike moduser og transisjoner.

---

## 3.2 Prosjektmål

### 1. Samle og analysere data fra strømtrekk

Nordic tilbyr nRF9160-brikken sin for selskaper som ønsker å utvikle trackingenheter til

## 3.2 Prosjektmål

---

ulike bruksområder. De markedsfører produktet sitt som "ultra low power", og dette er et av deres sterkeste salgspunkter. De inviterer oss for å utfordre dette i en realistisk applikasjon og estimere levetid på denne.

### 2. Utvikle prototype

Muligheten for å være nære og hands-on på utviklingen gir Nordic tilbakemelding om hvordan deres produkter kan bli brukt av en kunde. Dette inkluderer bruk av Nordic sine guides til Developer Kits og veiledning, samt deres nyere nRF Cloud-tjeneste. De kan også bruke vår prototype til å videreutvikle eksempelprodukter de kan fremvise i kunde-caser.

### 3. Produsere "ferdig" produkt

Hvis tiden strekker til ønsker de også et utlegg til fungerende produkt, og "best case" et faktisk produkt i hånden. Men det viktigste er en fungerende prototype med energi-effektiv kode, og kloke valg ved bruk at de ulike operasjonsmodusene.

---

#### 3.2.1 Effektmål

Effekten av prosjektmålene vil være å kunne bringe ekstra data til Nordic Semiconductor i den form av strømtrekk. Det vil også være matnyttig med metadata angående hvordan uerfarne/amatør ingeniører utvikler og tester utstyret deres.

#### 3.2.2 Resultatmål

Sluttproduktet skal være en sporingsenhet med veldig lavt effektforbruk. Denne er tenkt å kunne brukes på husdyr på beite. Det skal kunne monteres rundt halsen på dyret. Produktet skal påse at dyret er i rett område, og skal kunne plassere dyret med stor nøyaktighet dersom det vandrer for langt vekk, eller man av andre grunner ønsker å finne det.

Grunnpilaren vi har satt angående produktutvikling er å først få på plass all grunn-funksjonalitet. Videre er det interessant for oss å optimalisere designet og legge til ekstra egenskaper. Det er viktig for å oss å produsere et produkt med lang levetid og til en konkurransedyktig pris.

---

### 3.3 Prosjektbeskrivelse

#### 3.2.3 Prosessmål

I løpet av prosjektet har vi som mål å tilegne oss kompetanse om:

- Mikrokontrollerprogrammering i C
- IoT-applikasjoner
- GPS-anvendelser
- Produksjon av PCB
- Dimensjonering av antennekretser
- Måling av strømtrekk
- Beregning av levetid
- 3D modellering
- Simulering av kretsdesign

Vi skal også få verdifulle erfaringer om prosjektjobbing, gruppedynamikk, konflikthåndtering og ledelse.

Vårt overordnede mål er i alle tilfeller å produsere et godt produkt, en god rapport, og oppnå en god karakter i vår bacheloroppgave.

---

I noen prosjekter, f.eks. studentprosjekter, kan det også være hensiktsmessig å formulere en tredje type mål, prosessmål. Dette er mål som er knyttet til prosjektet som prosess og skal gi uttrykk for forventet effekt prosjektarbeidet skal ha på prosjektdeltagerne (dvs. dere). Prosessmål vil typisk være en kombinasjon av individuelle og kollektive forventninger til prosjektet. Kompetanseoppbygging, samarbeidstrening, god karakter i prosjektet vil være typiske prosjektmål i et studentprosjekt. I et studentprosjekt er prosessmål viktig å avklare fordi det er viktig at deltagerne er kjent med hverandres forventninger til og ambisjon med det de skal i gang med

### 3.3 Prosjektbeskrivelse

HÆR OPPSUMERER VI alt arbeid som skal utføres for å sikre at prosjektmålsettingen blir oppfylt. !!

Spesifisering av aktivitetene er beskrevet nærmere i arbeidspakkene i kapittel 5.

Oppgaven vi har foran oss er altså et prosjekt bestående av mange ulike deler. Først og fremst, så skal vi lære oss å bruke de værktøy og komponenter som Nordic tilbyr, mere eksakt nRF Toolkit, nRF Connect og nRF Cloud, med nRF9160 som komponent. Deretter, så skal prototypen vi ender opp med optimiseres til så lav som mulig effektforbruk. Dette er hovedsakelig opptil programmeringen og hvilke valg som tas der, og er antakelig det punktet som kommer til å ta lengst tid. Til slutt, så skal det vurderes om det er tid til overs til å produsere en versjon for produksjon. Her skal PCB utvikles, produseres og testes etter strengere, mer intense krav. Etter denne delen sitter vi med



### 3.4 Spesifikasjoner

et ferdig produkt, enten som prototype eller produkt.

### 3.4 Spesifikasjoner

**nRF9160 SiP:**

<b>LTE-M/NB-IoT modem</b>	
Frequency range	700-2200 MHz
Throughput (DL/UL)	LTE-M: 300/375 kbps NB-IoT: 30/60 kbps
Output power	Up to 23 dBm
RX sensitivity	LTE-M: -108 dBm NB-IoT: -114 dBm GPS: -155 dBm
Mode	HD-FDD

<b>Application processor</b>	
CPU	64 MHz Arm Cortex-M33 Arm TrustZone
Flash:	1 MB
RAM:	256 KB
Security:	Arm Cryptocell 310
Mode	HD-FDD
Peripherals	4xSPI/UART/TWI 4 x PWM, PDM, I2S 12 bit/200 ksps ADC 3xTIMER, 2xRTC, WDT

<b>Current consumption (23 dBm TX power, 3.7 V supply)</b>	
PSM floor current	LTE-M: 2.7 uA NB-IoT: 2.7 uA
eDRX, 655 seconds	LTE-M: 6 uA NB-IoT: 9 uA

<b>Operating conditions and package</b>	
Supply voltage	3.0-5.5 V
Temperature	-40 to 85 °C
Package	10x16x1.04 mm LGA

### 3.5 Problemområder

#### nPM1100:

<b>Battery charger</b> Regulatory compliance Termination voltage Charge current	JEITA compliant 4.1 V or 4.2 V selectable 20 mA to 400 mA
<b>Input regulator</b> Input voltage Output voltage Overvoltage protection USB current limit	4.1 to 6.7 V 3.0 to 5.5 V unregulated 20 V transient 100 mA or 500 mA
<b>Buck regulator</b> Output voltage Current limit	1.8, 2.1, 2.7 or 3.0 V 150 mA output
Quiescent currents	800 nA typical, 460 nA in ship mode
Battery voltage	2.3 V to 4.35 V
Operating temperature	-40 °C to 85 °C

#### IPC-2221A:

Generic Standard on Printed Board Design - May 2003

### 3.5 Problemområder

Identifiser problemområder som det må tas spesielle hensyn til, dvs. foreta en analyse og dokumentasjon av forhold som kan hindre at prosjekt lykkes. Dette skal/kan tas opp igjen i "Risikovurdering". Eksempel: • Den teknologien vi har valgt er ny og uprøvd og kan derfor ha alvorlige mangler • Det kan oppstå problemer med å skaffe kompetanse eller ressurser i prosjektgruppen • Det kan oppstå forsinkelse i andre prosjekter som vi er avhengige av

## 4 ARBEIDSPAKKER

For å realisere dette produktet, er det en rekke barrierer som må overkommes. De største utfordringene er følgende:

Det er viktig for gruppen at alle får læringsutbytte fra alle deler av prosjektet, men også at man jobber med sine dedikerte deler for å sikre kvalitet i hvert enkelt steg. Dette løser vi ved at arbeidspakker fordeles, og at man på fellesmøtene tar grundige gjennomgang av hva man gjør og hvilke utfordringer man møter.

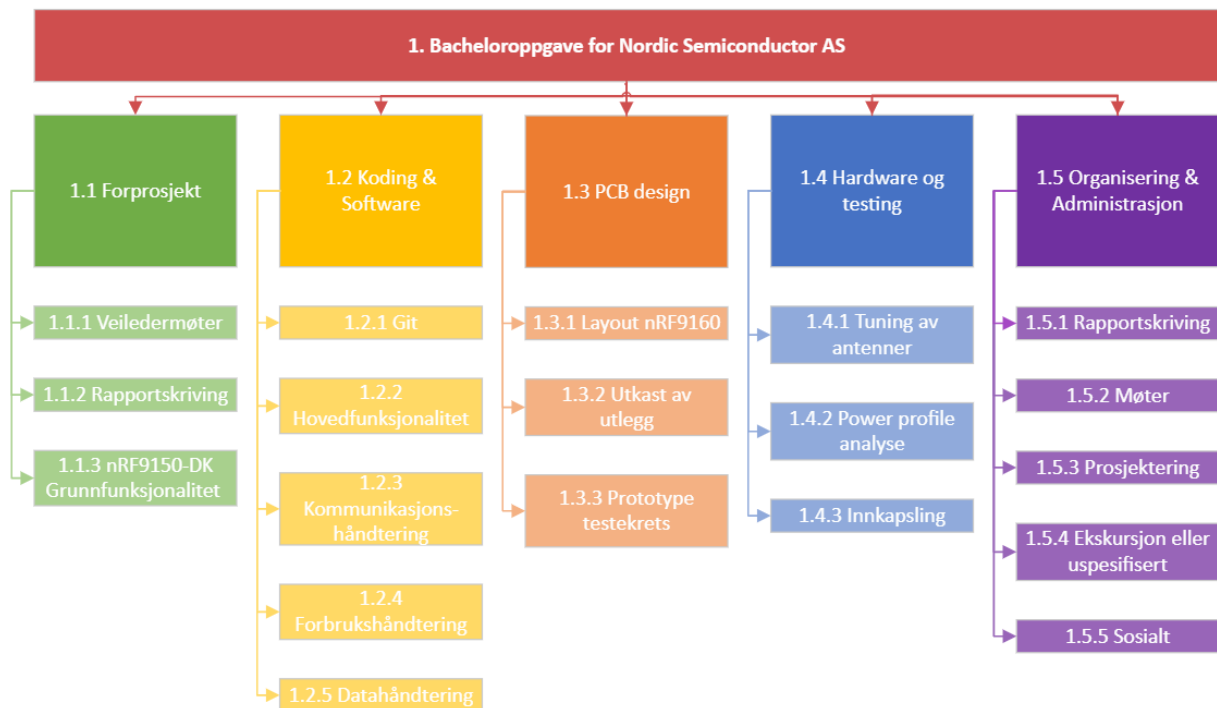


Figure 1: WBS diagram

Ved siden av disse arbeidspakkene vil det organisatoriske rundt arbeidet alltid være et gjøremål i seg selv. Prosjektledelse er også en erfaring vi skal ta med oss fra dette arbeidet, og dette trenger noen faste rammer.

PA-mappen, rapportskriving, dokumentasjon etc er en oppgave som av sin natur må tilfalle alle; det skal til enhver tid være en som har overordnet ansvar for dette, og dette ansvaret skal rullere. Dette løser vi i praksis ved å rullere på dette ansvaret etter hver leverte takers-rapport.

Foreta en nedbrytning av prosjektet i arbeidspakker, dvs. identifiserbare «selvstendige» delaktiviteter. Selv om det er viktig å foreta en slik nedbrytning, er det viktig å ikke gå for langt i nedbrytingen. Det medfører at prosjektet blir uoversiktlig og vanskelig å styre. Hvis man får til mer enn 10-15 delaktiviteter, bør man tenke gjennom oppdelingen på nytt. Vurder hvor mye tid/ressurser hver arbeidspakke trenger og hvordan de henger sammen, siden dette skal da senere legges inn under «Tids og kostnadsplan».

## 5 PROSJEKTORGANISERING

### 5.1 Prosjektdeltagere

Anvarsområder er placeholders da alle i gruppen har ansvar for alle delene av prosjekter. Områdene benevner et hovedansvar der personene har ansvar for kvaliteten av det nevne aspekt. Gruppen består av følgende medlemmer:

#### Eirik Ekrheim Bjørklund

- Ansvarsområder:
  - GPS - Programmvare
  - PCB Design
  - 3D-Modellering
- Tidligere oppnåelser:
  - Utviklet IoT platform for innhenting og utsending av sensordata fra/til database. Mulighet for styring og nåtids-fremstilling av data ved bruk av websockets.
  - Design av krets og PCB utlegg.
    - \* 5 V til 1 V stepdown converter
    - \* Treleder EKG m/ ESP-32

#### Torje Farbu Johansen

- Ansvarsområder:
  - Organisering
  - PCB Design
  - Testing og forbedring
- Tidligere oppnåelser:
  - Veiledet i- og utviklet kurs innen mikrokontrollerprogrammering

#### Jonas Marelius Saari

- Ansvarsområder:
  - Dataanalyse
  - GPS Programvare
- Tidligere oppnåelser:
  - Trådløs EKG Pulsmåler, "Kjøkkenhandleliste" - Iot, Temperaturmåling i hydrogenbrennselcelle, Automatisk sortering med fargesensor.

## 5.2 Utstyr og ressurser

---

- Studass - Thora Storm

### Håvard Kalliainen

- Ansvarsområder:
  - Projektering, Prosjektledelse.
  - Programmering
  - PCB Design
- Tidligere oppnåelser:
  - Fagbrev gruppe L
  - Trådløs EKG Pulsmåler, Automatisk sortering med fargesensor, Curipod-koordinator.

### Andreas Ipsen

- Ansvarsområder:
    - Unit-Tests
    - GPS Programmvare
  - Tidligere oppnåelser:
    - Krashet serveren til Elektra
- 

## 5.2 Utstyr og ressurser

For gjennomføring av prosjektet kreves følgende:

- Maskinvare:
  - nRF9160 DK m/ SIM
  - Eksterne antenner for DK
  - Power profiler kit 2
- Programvare:
  - Visual Studio Code m/ Nordic Extension
  - nRF Connect
  - Altium

### 5.3 Prosjektleveranser

---

- Andre ressurser:
    - Kontaktpersoner i Nordic og NTNU
    - 3D-printer
    - Mulighet til å produsere PCB
    - Stort uteområde for å teste produktet
- 

### 5.3 Prosjektleveranser

I løpet av hele prosjektperioden skal følgende leveres:

Prosjektleveranser		
Aktivitet	Dato	Ansvarlig
Toukers-rapport	Hver andre uke	Gruppa
Forprosjektrapp.	15.02	Gruppa
Utlegg til PCB	15.04	HW
Kode	15.04	SW
Testresultater	20.04	Testere
PA-Mappe	20.05	Gruppa
Endelig rapport	20.05	Gruppa

## 5.4 Tids- og kostnadsplan

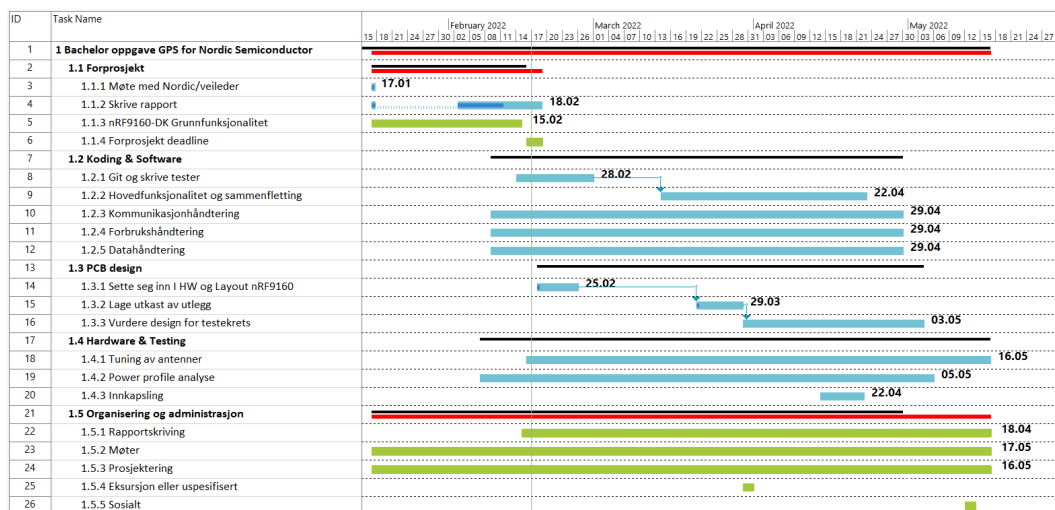


Figure 2: Gantt diagram

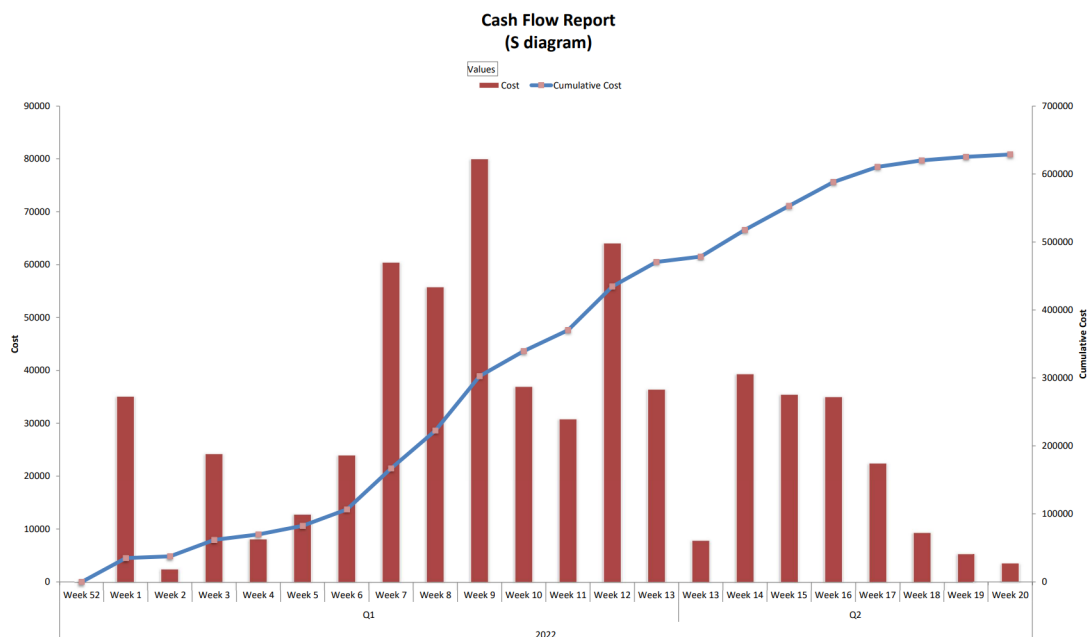


Figure 3: S-diagram

Estimert timebruk er lagt til på arbeidspakkene som vises i Gantt-skjemaet slik at S-diagrammet og Gantt-skjemaet samsvarer. Kostnadene er kun knyttet til timesbetaling prosjektdeltakerne da vi ikke ser for oss andre utgifter.

## 5.5 Kvalitetssikring

Kvalitetsikring er delt opp i tre hoveddeler som består av Unit-test, Samarbeisavtale og Prosjektering. Unit-test er kvalitetssikring av kode. Hver programmodul skal ha respektiv testkode for å kvalitetssikre fusjon av forskjellig kode. Samarbeisavtalen sikrer at arbeid blir utført. Prosjektering og gantskjema er med på å gi en realistisk måloppnåelse slik at frister er møtt. De tre hoveddelene sammen med ukentlige møter med gruppen og møter hver andre uke med veileder sikrer kvaliteten av prosjektet.

## 5.6 Risikovurdering

Komplett risikovurderingstabell ligger vedlagt i PA-mappe.

Oppsummert er det i hovedsak én svært liten og én svært stor risiko tilknyttet dette arbeidet. Den lille er forbundet med for mye skjermtid, og den store er forbundet med stress.

---



## 6 VEDLEGG

For eksempel: • Tidsplan • Adress-/kontaktliste • Dokumenter • Store tabeller og bilder som ikke har plass i hoveddelene av rapporten

Husk: BSc-oppgaven handler ikke bare om å skrive en rapport, men "prosjektering" av arbeidet og gjennomføring er en essensiell del. Anser dere som «prosjektmedarbeider» i et firma, som må planlegge ressurser (=timer, personal), material, oppgaver, arbeidsfordeling, gjennomføring, møter osv. Forprosjektet er en slags «startpakke» hvor man kartlegger det egentlige prosjektet som kommer etterpå. Hvis planleggingen er dårlig her, vil også gjennomføring av hovedprosjektet være krevende.

1. The labels consists of sequential numbers.
2. The numbers starts at 1 with every call to the enumerate environment.

## **Referanser**