

Styr- och reglersystem för luftdriven bergborr



Henrik Qvarford

Division of Industrial Electrical Engineering and Automation
Faculty of Engineering, Lund University

Styr- och regler-system för luftdriven bergborr



LUNDS UNIVERSITET
Campus Helsingborg

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg

Examensarbete:
Henrik Qvarford

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Lunds universitet
Lund 2024

Sammanfattning

En prototyp för ett styr- och reglersystem för en handhållen bergborr har tagits fram med avseende på att automatiskt stänga driften av maskinen för att undvika att borren fastnar i berget. Detta har gjorts genom en patent- och litteratursökning för att kartlägga liknande system på maskinen med likheter till denna men inte densamma då det i dagsläget inte finns några system med detta ändamål på en exakt handhållen modell.

Prototypen är framtagen med Beaglebone black som dator (integrerat kretskort). Programspråket är skrivet i Bonescript, som är specifikt designat för Beaglebone. Programmet mäter av tre olika parametrar som är: lufttryck, varvtalshastighet och position i tre dimensioner.

För att mäta och utvärdera dessa parametrar har simuleringar i labbet gjorts samt borrhning i sten. Ovanstående system har visat sig funktionellt och parametrarnas värde ändras på sådant sätt att de går att styra ett system för dess önskade ändamål.

Nyckelord: Riggborr, spränghålsborr, Beaglebone, mikroprocessor, Rise

Abstract

A prototype for a system controlling a handheld rock drill has been produced with the goal of automatically shutting down the machine to avoid getting stuck in the rock. This has been done with a literature and patent search to map out similar systems on machines similar to but not equal to this one since they do not exist yet.

The prototype is built on Beaglebone black as it's computer (integrated circuit). The code is written in Bonescript, a specific language for Beaglebone. The program measures three different parameters which are: air pressure, rounds per minute, rotation speed and position in 3D.

To measure and evaluate these parameters have simulations in laboratory and drilling into stone been made. This system has proven itself to be functional and its parameters value are changing in a way that can control the system to act as desired.

Keywords: Rig drill, Blast hole drill, Beaglebone, microprocessor, Rise

Förord

Innan vi går vidare vill jag passa på att tacka ett antal personer för deras vägledning och respons på examensarbetet, mina handledare Hans Lindell och Henriette Weibull, examinator Avo Reinap, mina föräldrar och Snaevar Gretarsson på Rise för hjälp med det praktiska provet och riggandet inför detta.

Henrik Qvarford 2024

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	7
1.1 Bakgrund.....	7
1.2 Syfte och Målsättning.....	7
1.3 Problemformulering.....	7
1.4 Avgränsningar.....	8
1.5 Arbetsmetod och resurser.....	8
2 Teori.....	9
2.1 Formler och data.....	9
2.2 Testmetod.....	9
2.3 Dagens system.....	10
2.3.1 Automatisk kontroll av borrarborringssystem.....	10
2.3.2 Vibrationsreducerande system och metod för kraftverktyg.....	10
2.3.3 Programmerad automatisk borrarborring.....	11
2.3.4 Metod och enhet för kontroll av åtminstone en parameter för stenborring.....	12
2.3.5 Automatiskt kraftjusterings kontrollsystem för mobila borrarborringar.....	12
2.3.6 Sten ingångs borrarborring och kontrollsystem och kontrollmetod därav.....	13
3 Utformning.....	14
3.1 Testdesign.....	14
3.2 Prototypdesign.....	15
3.3 Konfiguration.....	17
3.3.1 Styrsystem och beskrivning av dess funktion.....	17
3.4 Testprocess.....	18
3.4.1 Test och installation av givare i labbmiljö.....	18
3.4.2 Överföring till borrarborring för borrar i sten.....	20
4 Resultat.....	24
4.1 Simulering i labbet.....	24
4.2 Borrarborring i sten.....	26
5 Diskussion.....	29
6 Slutsatser.....	30
6.1 Svar på problemformulering.....	30
6.2 Övriga slutsatser.....	31
7 Referenser.....	32
7.1 Källkritik.....	33
8 Bilagor.....	34
8.1 Vibbtest.....	34
8.2 Programkod.....	37

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Examensarbetet har gjorts på Rise (Research institutes of Sweden) som är ett oberoende statligt ägt företag. Företaget jobbar med alla typer av innovation. Detta innebär produkter, processer, tjänster och teknologier. De gör detta med ett särskilt fokus att stötta små och medelstora företag i deras innovationsprocesser [1].

I Norge är den tredje vanligaste orsaken till arbetsskador skador på grund av vibrationer. Rise har blivit anlitate av ett norskt bolag för att ta fram en ny modell på en handhållen bergborr för att minska denna risk. Borrmaskinen skall vara baserad på Montabert t18. Det finns i dagens läge inget system för handhållna bergborrar som ska förebygga fastkörning av borr i berg.

1.2 Syfte och Målsättning

I projektets helhet är målet att ta fram en ny modell som skall vara byggd för att minska arbetsskador för användaren på grund av vibrationer. Detta kan delas upp i två större delar vilket är ansträngning att köra med maskinen (konstanta vibrationer) och när borret kör fast (tyngre, kortare belastning). Den senare nämnda är målet för detta projekt, att ta fram ett system som minskar energi konsumerad på att ta loss fastkörda borr i form av en prototyp på ett styr- och reglersystem som skall förhindra att borren kör fast.

1.3 Problemformulering

Frågor som projektet ska svara på.

- Hur ser system ut som styr och reglerar bormaskiner?
- På vilka sätt kommer systemet och programmet tillgodose målet att förebygga fastkörning alternativt minskar kraft som borren kör fast med?
- Systemet skall vara styrd av en mikroprocessor, vilken och varför?
- De sensorer som används, hur betar dem sig under de olika förhållanden som borren utsätts för? Går de att använda dessa för att förutse att borren kommer fastna?
- Vad kan förbättras/undersökas vidare efter projektet.

1.4 Avgränsningar

Det som räknas ingå och inte i projektet är:

- Förundersökning genom patentsökning för att se dagens och gårdagens teknik inom det relevanta området. Däremot förekommer ingen hänsyn till eventuella patentintrång.
- Utifrån förundersökningen ta fram ett förslag på komponenter som ska användas i projektet. Dessa är inte optimerade utan ska endast användas för att se om dem fungerar att använda för att nå målet med projektet.
- Programmera en mikroprocessor som styr och reglerar komponenterna som valts. Samma avgränsning som ovan, inget optimalt system utan kravet ligger på funktionalitet.
- Testningen som görs fysiskt i sten är vid Rise labb. Dvs inte i ett berg
- En grundläggande utvärdering av resultatet.

Därefter blir det Rise som tar vid och gör sin utvärdering och vidareutvecklar systemet.

1.5 Arbetsmetod och resurser

- Google patents – sökning av dagens teknik inom området
- Cloud9 IDE – programmeringsmiljö
- Bonescript - programspråk
- Google diagrams – kretsschema och diagram
- NI Max – mjukvara och mätverktyg

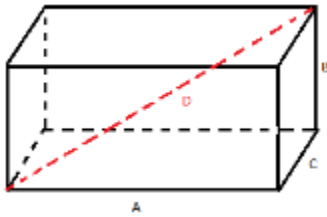
2 Teori

Detta kapitel behandlar den teori som krävs för att utföra mätningar, metoden för att göra dessa mätningar och utvärdera tekniska lösningar som redovisas i utvalda patent.

2.1 Formler och data

Formler och beräkningar som kommer användas för mätdata: 1) vibrationsmätning och 2) hastighetsmätning.

Formel 1: $D = \sqrt{C^2 + B^2 + A^2}$



Där A, B, C är de olika axlarna på accelerometern [8]. D är distansen mellan ordinarie position origo och nya positionen.

Formel 2: $RPM = ((x \div 2) \div y) \times 240$

där x är mätningvärdet från IR-sensorn [9] och y är den teoretiska hastigheten per cykel. 240 är den teoretiska hastigheten per minut. RPM står för varv per minut.

Alternativen till mät och styrsystemimplementering stod mellan BeagleBone10, Arduino11 och Raspberry pi [15]. Då snabbhet är av vikt blev valet naturligt Beaglebone (BB) med 1 GHz hastighet jämfört med Arduinos högsta 48 MHz. Övrigt har Raspberry pi hårdvara som kommer nära i prestanda men det hade krävts en större investering i lärdom av programspråk mm som gjorde tillverkaren ointressant.

2.2 Testmetod

Framtagningen av metoden för borrhningen baseras på borrhning i verkligt berg. Det som driver borren är luft som utöver drift också rengör hålet för borren. Den vanligaste anledningen att borren fastnar är när luften inte längre tränger ut sten ifrån hålet.

Från detta finns två olika test som kan göras, borra i solid sten och borra i en sten med en spricka. Resultaten från de olika mätningarna (graf 4.6-graf 4.9) visar om parametrarna kan urskilja ifall borren kommer köra fast eller inte.

2.3 Dagens system

Styr- och reglersystem till handhållna bergborrar för projektets bormaskin finns inte patenterade. I dagens situation finns andra maskiner patenterade som riggborrar/språnghålsborrar. Allt är inte direkt överförbart från dessa maskiner till handhållen borr men funktionellt är det ett system som styr en bormaskin. Detta är också skälet till att en praktisk del gjordes, för att undersöka exakt vad av det som används på andra maskiner som går att använda och till vilken grad. Då programkod inte är direkt offentlig är det främst hårdvara som undersöks. Det finns flertalet system som är byggda i andra syften med olika sammansättningar av sensorer, men inget av dem i detta exakta syfte. Följande är system som existerar och anses relevanta:

2.3.1 Automatisk kontroll av borrhållningssystem

Patent: Automatic control of drilling system[2]

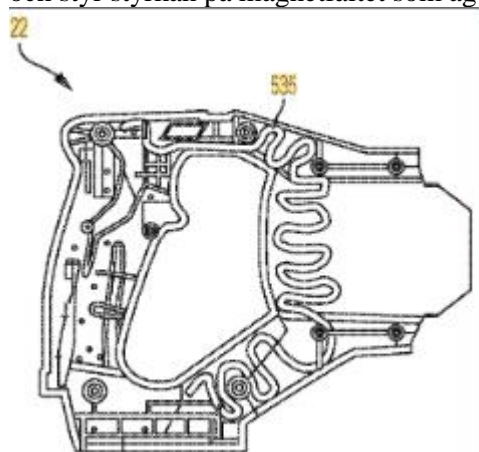
Maskin för att borra språnghål som mäter fyra parametrar: rotationshastighet på borrhölen, vridmomentet på kronan, tryck med tryckgivare på utflödet och vibration.

Systemet fungerar följande: En kontroller styr pumpar som förser motorer med rätt mängd hydraulisk vätska. Detta är uppdelat i en rotationspump och en matningspump där rotationspumpen styr rotationsmotorerna genom en elektrisk signal som anger hur mycket vätska som motorerna ska förseras med. Matningspumpen styr också vätskemängden till matningsmotorerna men av ett system som bygger på spänning mellan en hjälppump och ett elektrohydrauliskt valv som agerar som referensspänning till mängden vätska som skall överföras till motorerna.

2.3.2 Vibrationsreducerande system och metod för kraftverktyg

Patent: Vibration reduction system and method for power tools[3]

Ett elverktyg (figur 2.1) använder en magnetisk mottaglig vätska inuti handtaget och med en induktor skapas ett magnetfält. Det finns en processor som får ett vibrationsvärde av en sensor och styr styrkan på magnetfältet som agerar för att reducera vibrationerna.



Figur 2.1 535 i figuren illustrerar ett alternativ att använda den magnetiska vätskan i. (rör sig vid magnetfältets aktivering/ av-aktivering)

2.3.3 Programmerad automatisk borrhälskontroll

Patent: Programmed automatic drill control[4]

En programmerad automatisk borrhälsreglering för att optimera borrhälsningen av hål med borrhälsmaskiner som spränghälsborrar (figur 2.2). Systemet bygger på att avkänna två uppsättningar av parametergränser den första för att åstadkomma maximalt varvtal på motorn för att rotera borrhälskronan. Den andra uppsättningen för att åstadkomma en maximal hastighet för lyftanordningens neddragning. När en gräns nås kommer styrningen att reglera till ett satt varvtal per minut eller hastighet som tillåter driften vid gränsvärdet.

Första uppsättningen är huvudpositionen för borrhälskronan, kraften på borrhälskronan samt vertikal och horisontell vibration hos ett borrhälsrör. Den andra uppsättningen innefattar avkänningshuvudets position för borrhälskronan, den horisontella och vertikala vibrationen av borrhälsröret, rotationsförstärkarna och motorns hastighet för att driva borrhälsröret och lufttrycket i borrhälsröret.

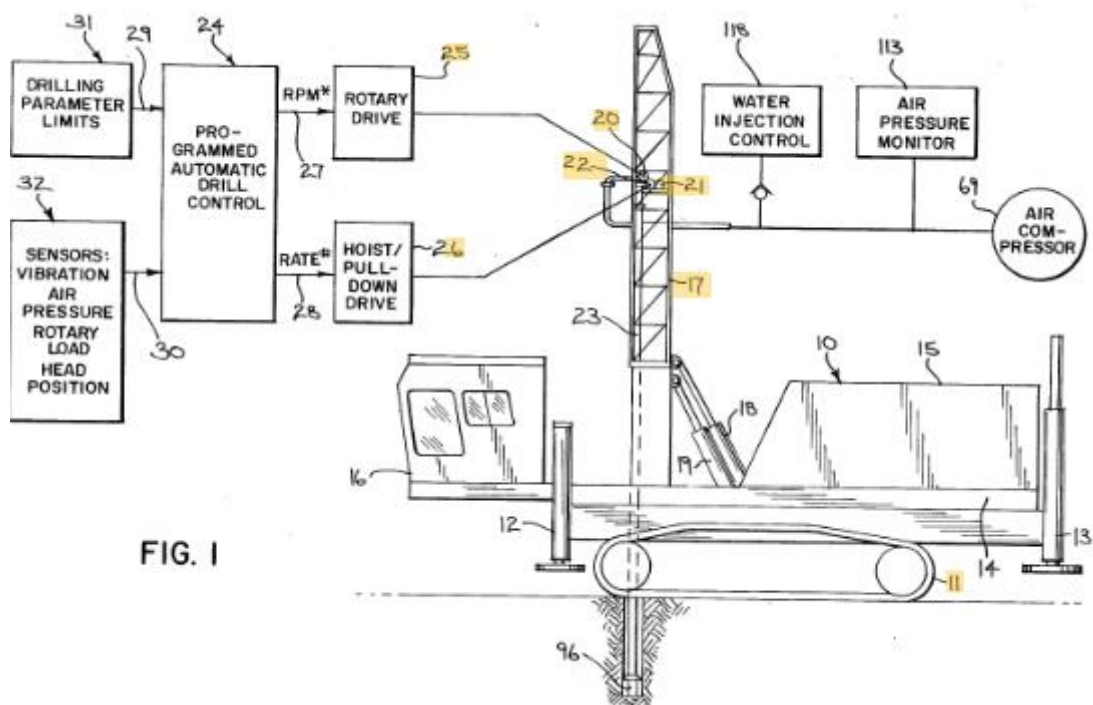


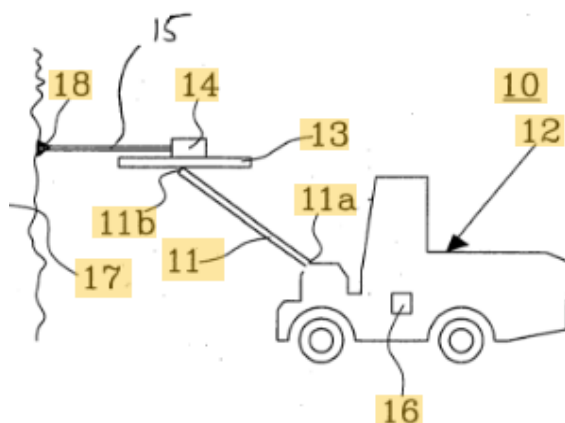
FIG. 1

Figur 2.2 illustrerar en spränghälsborr och tillhörande komponenter för styrsystemet.

2.3.4 Metod och enhet för kontroll av åtminstone en parameter för stenborring

Patent: Method and device for controlling at least one drilling parameter for rock drilling.[5]

Metod för mätning av tryckvågor från berget vid borring (figur 2.3). När maskiner borrar i sten förekommer ofta slag från maskinen i kombination med rotation, i dessa fall bildas också tryckvågor som denna metod mäter.

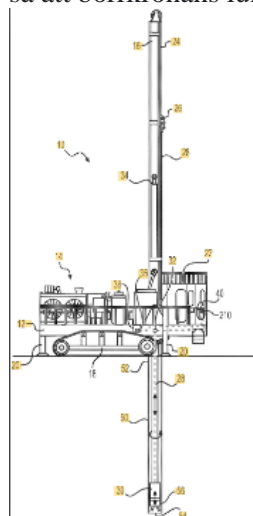


Figur 2.3: Figuren visar hur man mäter tryckvågor med 18 från berget 17.

2.3.5 Automatiskt kraftjusterings kontrollsystem för mobila bormaskiner

Patent: Automatic force adjustment control system for mobile drilling machines[6]

Ett styrsystem för automatisk kraftjustering av mobila bormaskiner (figur 2.4) och metoder för att automatiskt justera kraften på en borkrona i en borksträng baserat på borkronans lufttryck så att borkronans lufttryck närmar sig ett målvärde för lufttrycket.



Figur 2.4 visar hur ett sådant system kan se ut på en mobil bormaskin.

2.3.6 Sten ingångs bormaskin och kontrollsystem och kontrollmetod därav

Patent: Rock entering drilling machine and control system and control method thereof[7]

Styrsystem som används för en bergbormaskin som innefattar en positionssensor, trycksensor, rotationskraftsensor och kontrollanordning. Positionssensorn mäter djupet för en bormaskin, trycksensorn för bormaskins trycksättande, rotationskraftsensorn används för att detektera bormaskins rotaterande kraft och styranordningen tar emot signalerna och jämför med referensvärden för att automatiskt gå in i sten enligt förinställd strategi.

3 Utformning

Delar av tekniken från sökta patent är designade för större maskiner och dess placeringar och direkta användningsområden går inte att använda pga. att dem delarna inte finns på mindre maskiner, är för små för att placera en sensor där eller större ombyggnationer av maskinen behövs för att uppnå ett relevant mätvärde. Dessa förkastades.

Exempelvis i fallet för större ombyggnation, inducera en magnetisk vätska [3]. Här behöver hela maskinen få kanaler igenom konstruktionen, fyllas, montera givare och sedan försegla vilket är otroligt mycket arbete.

Däremot användning av en rörelsesensor kräver inga extra påbyggnader och blev något som var väldigt enkelt att inkludera. Liknande resonemang följde med mätning av rotationshastighet som inte heller kräver invändig/håltagande konstruktionsändringar.

När det gäller lufttryck är det inte samma sak då det behöver borrar i maskinen för att skapa ett mäthål eller mäta på en icke-optimal position. Med det sagt uppkom detta tillräckligt frekvent och är exakt samma princip och sätt att mäta på som stora maskinen för att investeringen i form av extra tid och resurser gjordes.

3.1 Testdesign

Testerna tog plats utanför labbet på Rise för det fanns stenblock tillgängligt på plats och det var lättare att rigga upp där än att åka i väg med transport och personal.

Logiska antagandet är att om materialet är detsamma blir det inte betydande om det är hängande eller stående, parametrarna fungerar likadant. Detta resulterar i att borrarningen genomförs stående. För att göra utförandet så lite krävande möjligt utförs testet av två personer, en som borrar och en som loggar data.

För att genomföra de olika testerna borrades det en gång på halvfart i stenblocket, en gång full fart i stenblocket och en gång mot ett rätvinkligt hål i stenen för att simulera en spricka/ändring av förutsättningar.

De olika hastigheterna kördes för att undersöka att borren beter sig likadant oberoende av kraft men också att sensorerna klarar kraften de utsätts för och inte faller av. Då stenblocken stod på en träpall var det inte lägligt att direkt få en spricka som önskat men principen av att testa vid tryckfall (luft åker inte bara upp ur borrhålet utan även in i sprickan eller i detta fall ut ur hålet) blir densamma vid borrarning in i ett hål.

3.2 Prototypdesign

Prototypen använder sig av tre olika signaler för att styra en magnetventil [14] genom en transistor-switch. Dessa är rörelse i tre dimensioner(vibrationer), utgående lufttryck genom borret och rotationshastighet.

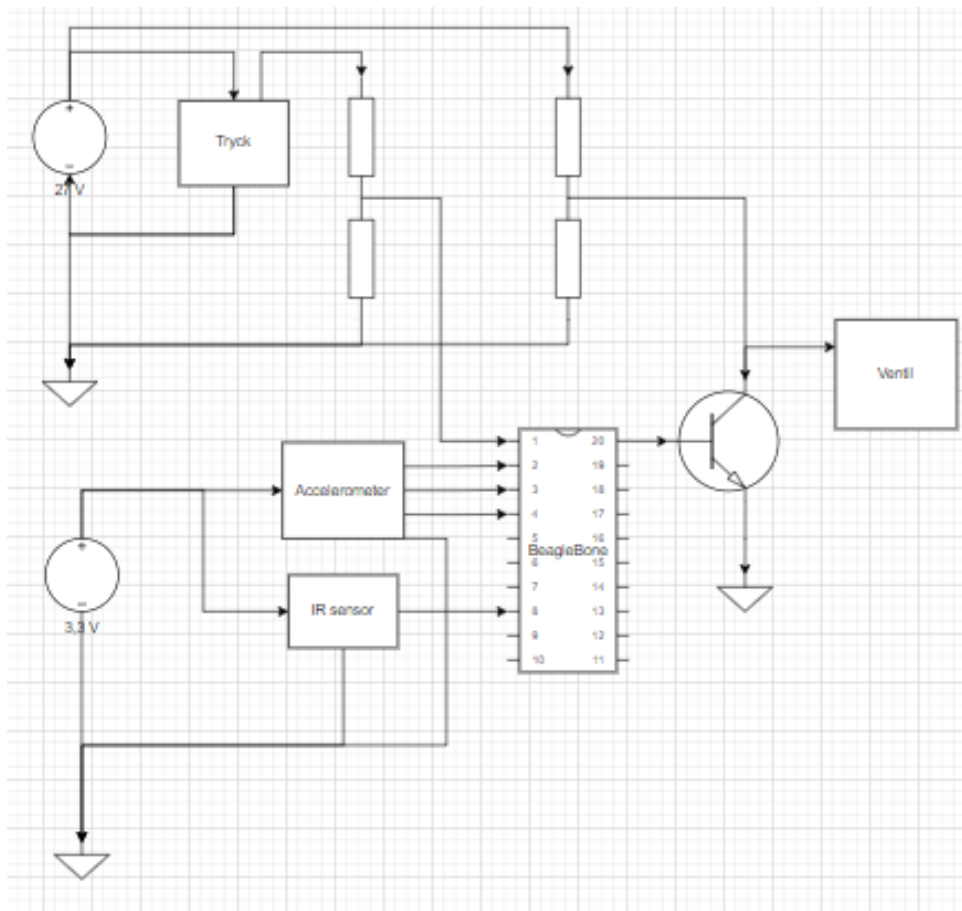
Rotationen mäts av IR-sensorn [9] som läser av svart eller vitt och ger etta eller nolla tillbaka beroende på bakgrund. Den gör detta med 42 ms mellanrum för att ge ett så nära medelvärde som möjligt på rotationen som räknas ut genom formel 2. Sensorn har sex mätpunkter för att öka precisionen och göra programmet och responsen snabbare i praktiken.

Accelerometern [8] mäter analogt hur långt den har rört sig i de olika dimensionerna. Ett referensvärde sätts i mät datorn, Beaglebone är origo i detta fall då alla signaler använder den som referenspunkt och använder sig av formel 1 för att räkna ut avståndet i kvadrat, då roten ur inte är en inkluderad funktion i bonescript. För att styra borren sätts en gräns som, när den överskrids öppnas backflödet och borren slutar snurra. Utöver detta uppdateras referenspunkten mot origo när borren endast rör sig djupare i hålet för att inte gradvis komma utanför detta värde naturligt.

Trycksensorn [12] läser av om lufttrycket inuti borren i flödeskanalen mot borrtoppen och sjunker värdet under en gräns öppnas backflödet och borren slutar snurra.

Ventilen [14] är en magnetventil 3/2 dvs en elektriskt styrd ventil med backflöde vid avstängning för snabbare uttömning av luft i borren. Den placeras på slangen vid intaget av luft från kompressorn. En 3/2 funktion är riktigt för att borren ska stanna snabbast möjligt. Den är enkel att styra från datorn i programmeringen.

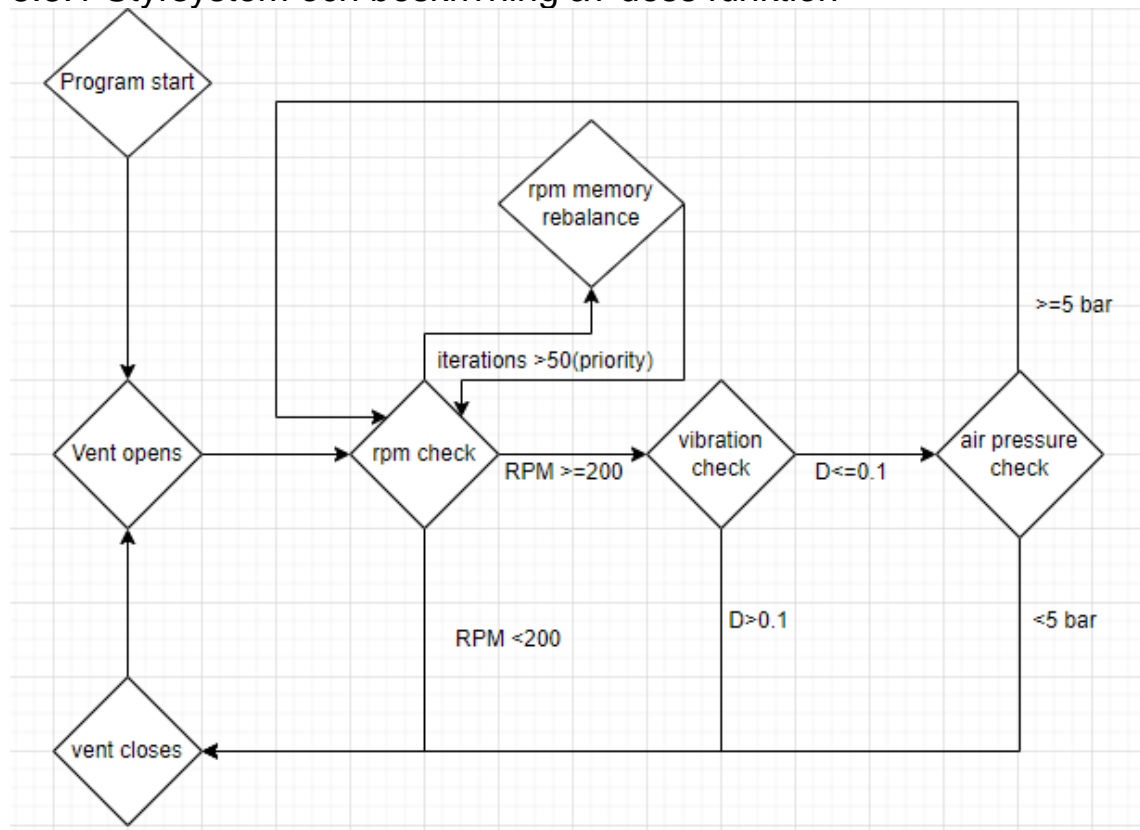
Systemet använder sig av en Beaglebone black [10] som CPU. Det är en mikroprocessor som har en egen programmiljö Cloud9 IDE, däri går de att skriva programmet i flera språk ibland dem Bonescript som detta program är skrivet i. Bonescript jobbar sekventiellt likt andra mikroprocessorer därav är hastigheten på processorn viktig som nämns i *2.1 Formler och data*.



Figur 3.1: Kopplingschema till systemet.

3.3 Konfiguration

3.3.1 Styrsystem och beskrivning av dess funktion



Figur 3.2: Flödesschema för programmeringen. Värden i schemat är exempelvärden

Bilaga 8.2 programkod beskrivs i korthet av (Figur 3.2) och är baserat på olika funktioner som utför följande i fallande ordning:

- Namnger benen på Beaglebonen och skapar konstanten b som krävs för alla kommandon
- skapar mätparametrar för varvtalsmätning
- skapar origo för vibration (tar positionen i x, y, z led vid programmets start som origo)
- kör programmet var 250 millisekund.
- går in i vardera av sensorernas funktioner, varvtalsmätning, rörelse i planet och tryck i den ordningen (rpm, vibb och tryck).
- delar upp 250 ms i fem lika stora delar och mäter värdet på sensorn i de första 4 av dem, medelvärdet bör teoretiskt vara 0.5= 240 rpm enligt uträkningen. refererar till fakta om borren. den jämför aktuella värdet(nutidsvärde+minnesvärde) mot teoretiska värdet för att kontrollera att det befinner sig inom gränsen och byter minnesdel (senaste 50 mätta värdena) efter behov för att värdet skall vara relevant.
- uppdelade tidsperioden för mätningen vid 0,10.5,21 och 31.5. ger +1 om den är en etta.
- byter minnesdel av mätningen varje sekund för att skapa kontinuitet i mätningen och behålla faktiska nuet relevant.
- jämför förväntat resultat mot nutidsvärdet+minnesvärdet efter varje cykel. öppnar backflödet till ventilen om värdet avviker för mycket.
- läser av trycket för utflödet ur borren

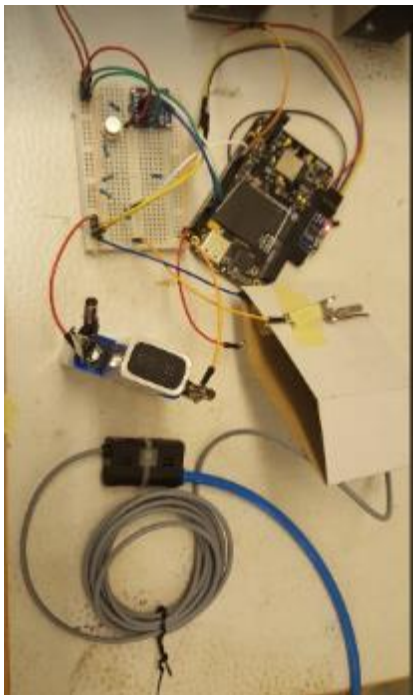
- om lufttrycket är under godkända nivå öppnas backflödet
- mäter sensors rörelse i rummet i förhållande till beaglebonen(origo). mäter avståndet med rymddiagonalen (utan att ta roten ur resultatet)
- kontrollerar sensors position och ifall den endast rör sig strikt neråt (längre ner i hålet) blir detta nya “referenspunkten” för x. kontrollerar också ifall sensorn vibrerar för mycket och öppnar backflödet i sådant fall.
- stannar tills en knapp trycks på

När 8.2 *programkod* samlar in data skrivs det ut som *bilaga 8.1 vibbtest*, som i detta fall är en isolerad mätning på endast accelerometern i testningen.

3.4 Testprocess

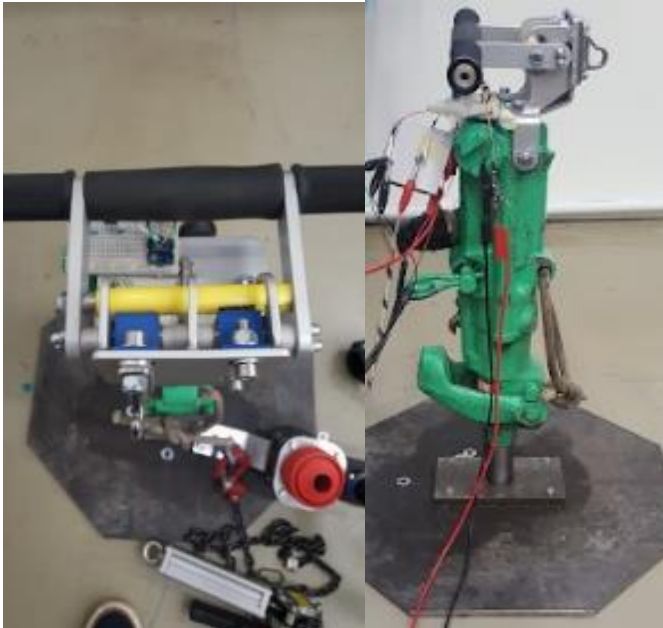
3.4.1 Test och installation av givare i labbmiljö

Först testades alla komponenter separat med spänningsaggregat och batteripack som komplement i labbmiljö (Figur 3.3). Till en början endast på kopplingsdäck med voltmeter som koll på funktionalitet och sedan provisoriska substitut för att simulera den riktiga händelsen med respektive sensor.



Figur 3.3: Kopplingsschemat i fysisk form.

Accelerometern [8] kopplades på toppen av borren vid en plan yta (parallellt mot x+y-planet), då man kan betrakta borren utöver spettet som en stel kropp och därav få samma rörelse på toppen som på sidan av borren. Därefter skakades borren för att mäta rörelse (Figur 3.4).



Figur 3.4: Placering av sensor vid vibrationssimulering.

IR-sensorn [9] fästes på en plan yta och för att mäta RPM användes en skruvdragare som maskerades med svarta och vita partier för att mäta ettorn och nollor som resulterar i ett rpm värde när det omvandlas till tid (Figur 3.5). Maskinen står på en metallpinne i stället för låst längs med en axel (som den gör när den aktivt borrar).

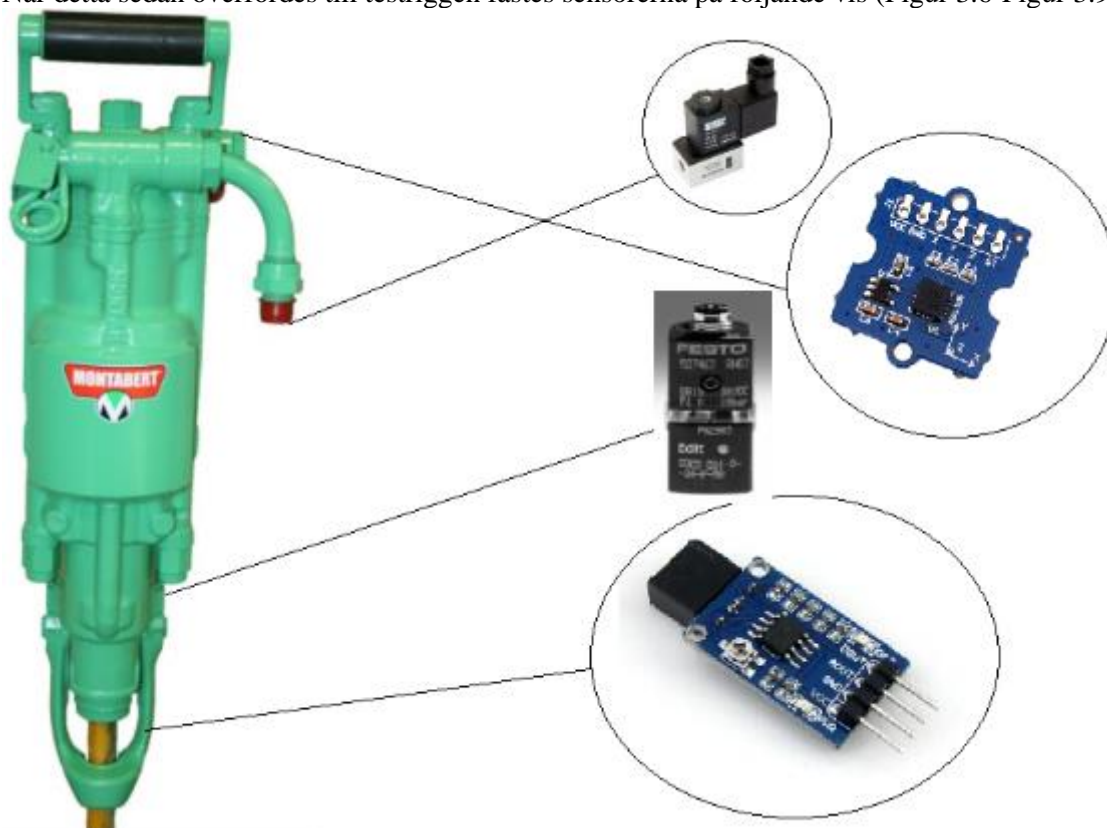


Figur 3.5: Simulerande mätning av varvtal.

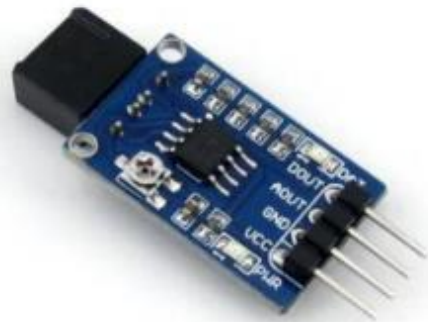
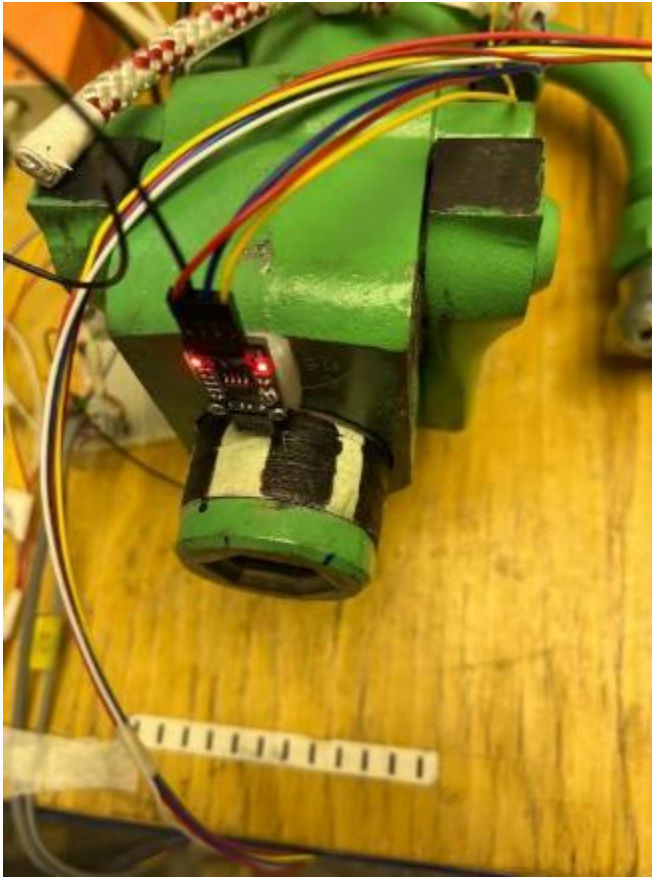
Trycksensorn [12] kopplades till en kompressor för att ställa in trycket i givaren för på/av.

3.4.2 Överföring till bormaskin för borr i sten

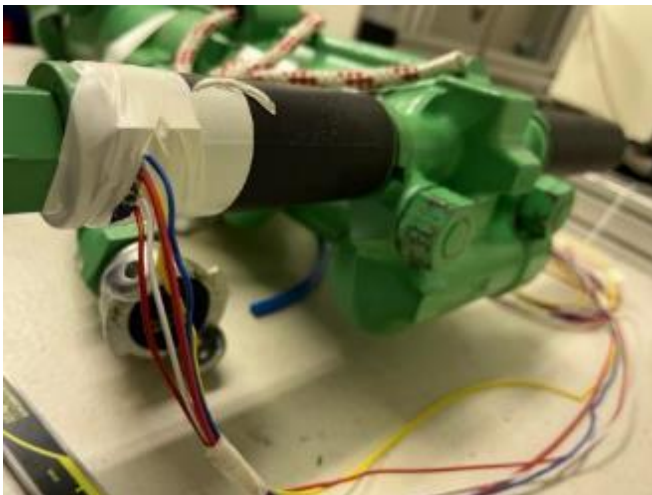
När detta sedan överfördes till testtriggen fästes sensorerna på följande vis (Figur 3.6-Figur 3.9):



Figur 3.6 Bergborr Montabert t18 (vänster) och använda sensorsystem (höger) som uppifrån ner är: 1) magnetventil [14], 2) accelerometer [8], 3) Trycksensor [12], 4) IR sensor [9]



Figur 3.7: IR-sensorn [9] underkant så högt upp som möjligt för att undvika maximalt med damm och fungera på samma sätt som i simulering. Den fästes med vanlig limpistol.



Figur 3.8: Accelerometern [8] flyttades ut till handtaget för att utöver för rörelserna också bli känsligare för det vridmoment som uppstår när borsten fastnar och därav ge större värdeändring. I samtliga bilder med accelerometern är x vinkelrät mot handtaget med riktning bakåt mot den som håller i maskinen för körning, y är i linje med handtagen höger till vänster och z är i borrarlinjen neråtgående riktning.

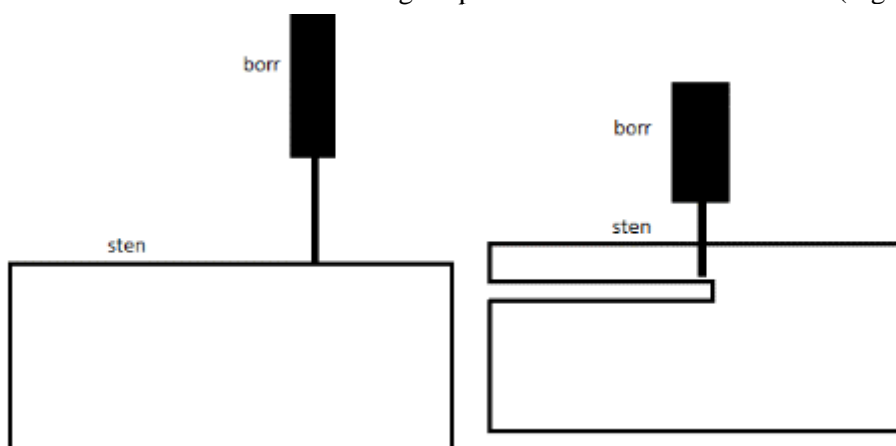


Figur 3.9: Trycksensorn [12] kopplades in med en slang till ett borrar hål där luftflödet färdas mot borrar toppen (närmast utflödet som möjligt).



Figur 3.10 och 3.11: 3.10 visar stenblocket som användes vid test och 3.11 hur riggingen såg ut med borren och dess placering vid testen.

Fälttestet genomfördes genom att borra i block av sten (Figur 3.9 och 3.10). Målet var att mäta av två olika situationer: borra i sten för att simulera konstant borrhning i berget och borra igenom ett block in i ett hål för att se ändringar i parametrarna när borren fastnar (Figur 3.12 och 3.13).



Figur 3.12 och 3.13: Figurerna visar de olika förhållandena vid testerna, där den vänstra är borrhning i sten med halv och full hastighet och den högra illustrerar borrhningen igenom ett hål med endast full fart.

4 Resultat

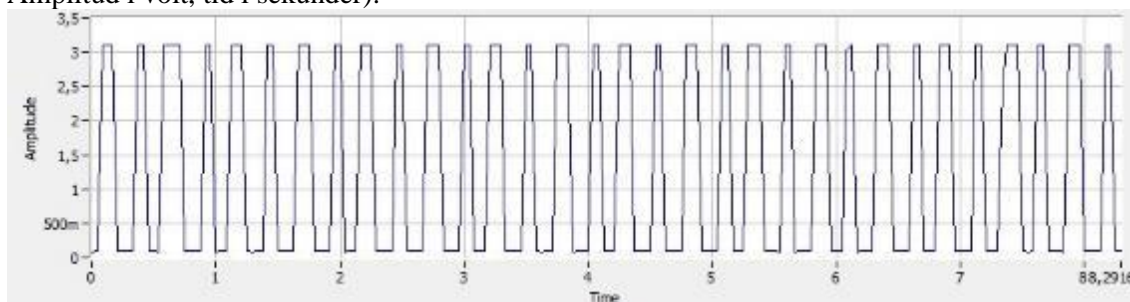
Från projektet lämnas en patentsökning och vilka patent som verkar för respektive lösningar som företaget vill testa vidare, Ett funktionellt program som mäter acceleration att räkna vibrationer, borrens rotation hastighet och lufttrycket i borren och ett förslag till prototyp med placering, monteringsförslag och sensortyper.

För att visa detta gjordes simuleringar och mätningar på borring med testrigg med datainsamling som visar att konceptet fungerar även på mindre enheter.

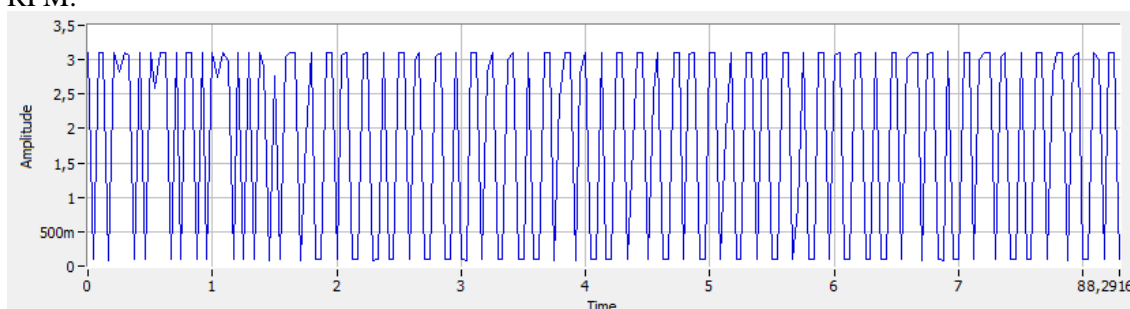
4.1 Simulering i labbet

I avsnittet redovisas provmätningar gjorda i labbet (Figur 4.1) som inte är relaterade till praktisk borring.

Varvtalsmätningen gjordes genom att i stället för borren använda en skruvdragare (Figur 3.7) och göra kontrastskillad på tejp där signalen mäts. Resultat från mätningar (Graf 4.1 och 4.2, Amplitud i volt, tid i sekunder):

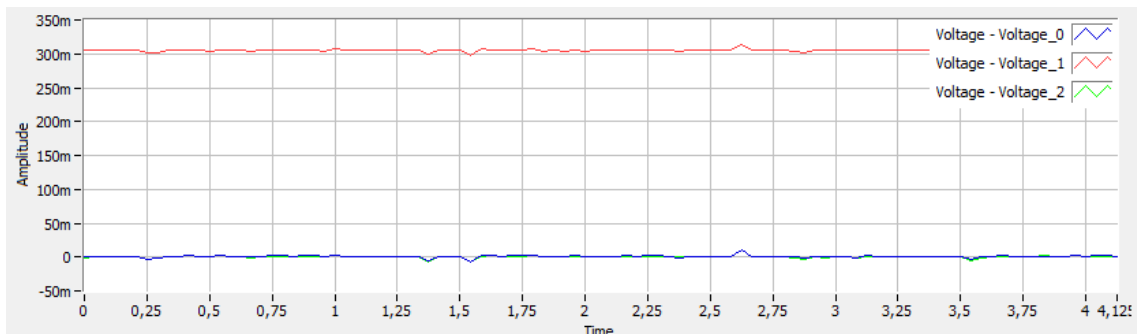


Graf 4.1: Grafen visar mätning av rotation i lägre hastighet med provisoriskt hjälpmedel, 232 RPM.

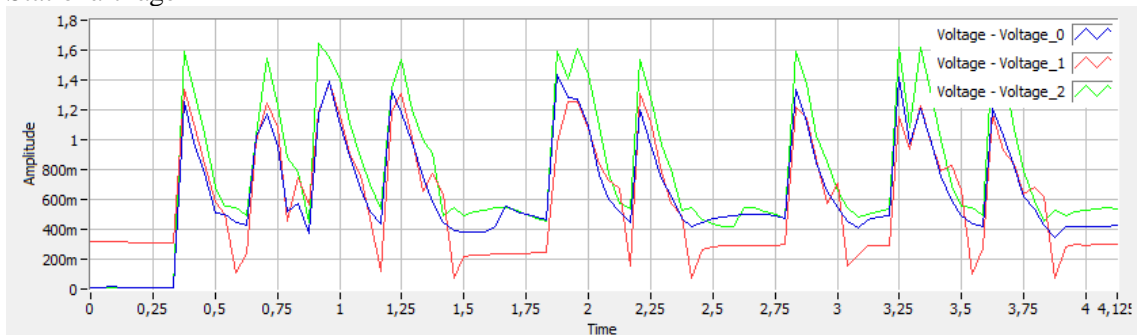


Graf 4.2: Grafen visar mätning av rotation i högre hastighet med provisoriskt hjälpmedel, 480 RPM.

När vibrationer mäts med BeagleBone:n ser det ut på Graf 4.3 och 4.4 där Amplitud i volt, tid i sekunder (det är inte från samma testfall, utan olika tester första för initialisering (Graf 4.3) och nästa (Graf 4.4) bergborren i drift):

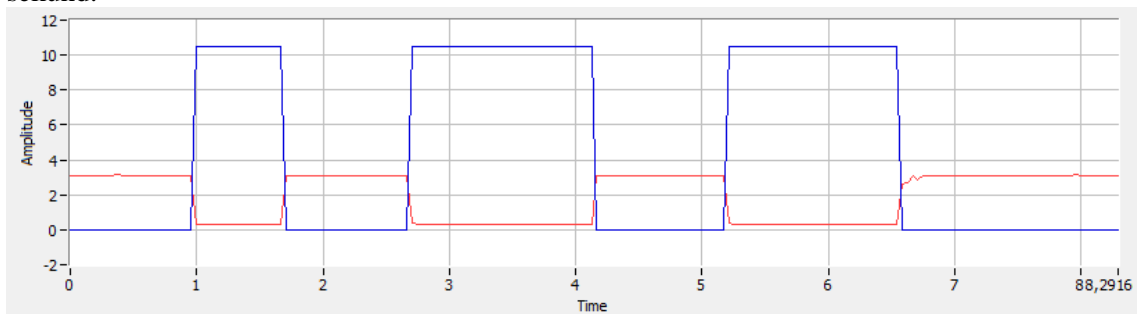


Graf 4.3: Graf över rörelse i rummet där x-axeln är blå, y-axeln är röd och grön är z-axeln. Stationärt läge



Graf 4.4: Graf över rörelse i rummet där x-axeln är blå, y-axeln är röd och grön är z-axeln. I rörelse. Grafen är den grafiska speglingen av 8.1 vibbtest, då det är ett isolerat test av accelerometern uppdateras värdena i processorns maxhastighet. I 8.1 vibbtest är det insamlade värdet i enheten meter dvs x: 0.004151404151404137 är 4.2 mm, med undantag för distansvärdena som är mätta i kvadrat.

Graf 4.5 presenterar öppning och avstängning av magnetventilen där amplitud är i volt och tid i sekund.



Graf 4.5: Graf över transistorswitch där röd är signal från BB blå är spänning till ventil.



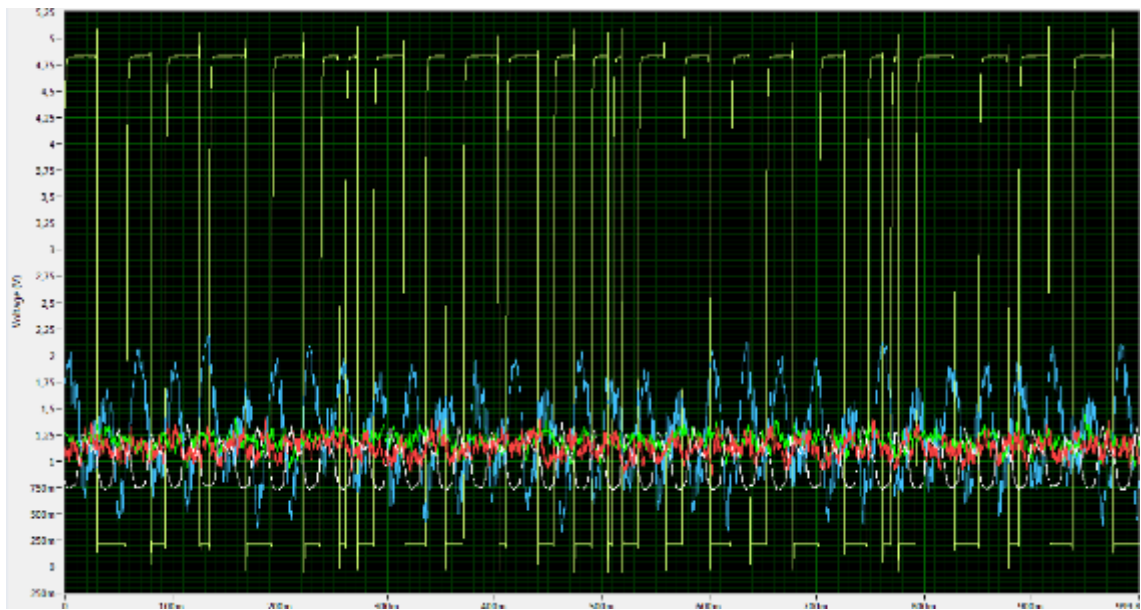
Figur 4.1: Bygg och simuleringsplats i labbet.

4.2 Borring i sten

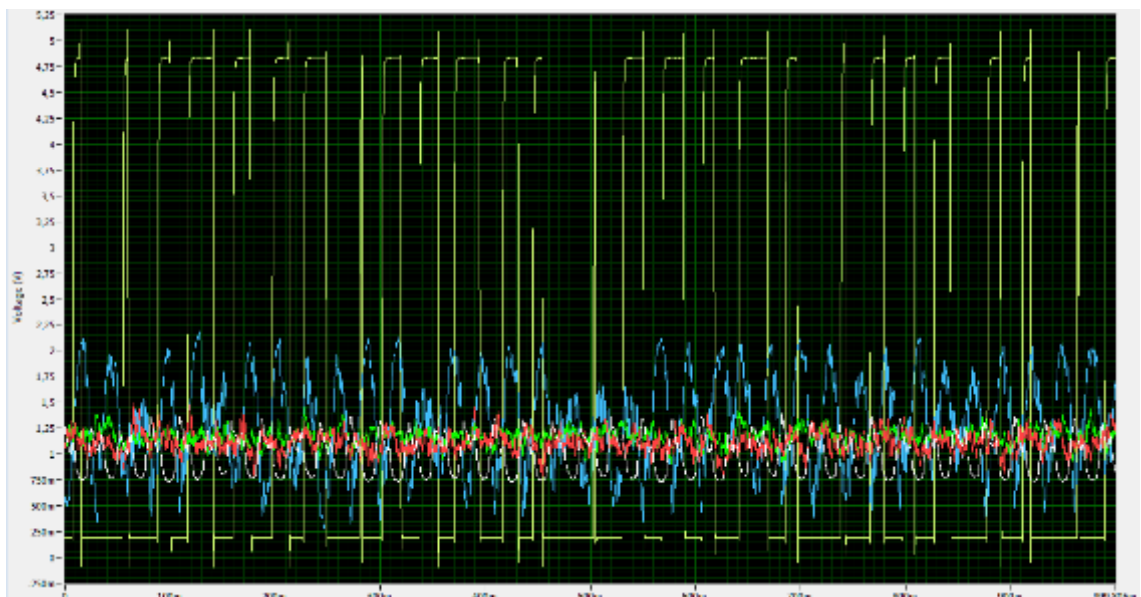
I avsnittet redovisas mätningar som är relaterade till praktisk borring i stenblock.



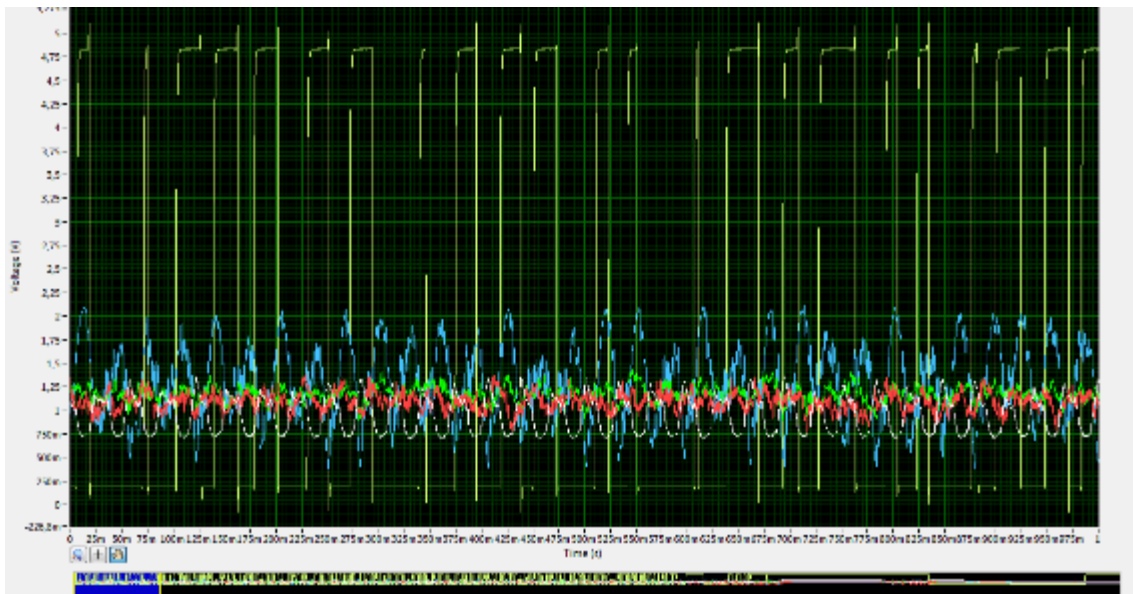
Figur 4.2: Setup för borring i sten med mätdator.



Graf 4.6: Grafen illustrerer borring i solid sten på halv fart.



Graf 4.7: Grafen illustrerer borring i solid sten på full fart.



Graf 4.8: Grafen illustrerar borrarning i sten med hål i borrarlinjen innan kontakt med hålet.



Graf 4.9: Grafen illustrerar borrarning i sten med hål i borrarlinjen vid tiden för kontakt med hålet.

I samtliga grafer representerar gul rotationen, vit lufttryck, blå, röd och grön x, y och z respektive.

I graf 4.9: Fram till sekund 8 är värdena likvärdiga med graf 4.7 och 4.8, dvs innan borren kommer in i hålet. Vid 8.4 sekunder i graf 4.9 är tidpunkten då borren fastnar i stenen. Borren försöker rotera i pulser, vilket gör att den står stilla ett kort tag och sedan försöker snurra igen vilket är ändringen vi ser vid sekund 9.4. Alla signaler efter sekund 10 användarens ryckande i maskinen för att försöka få loss den. Det är också tidpunkten lufttillförseln stängs av manuellt.

Det är i ändringen vid 8.2s i graf 4.9 börjar den förändring av mätvärdena som behöver tolkas för att få fram vilket värde på respektive parameter som är accepterat eller inte.

5 Diskussion

En prototyp för ett styr och reglersystem för en handhållen bergborr har tagits fram med avseende på att automatiskt stänga driften av maskinen för att undvika att borren fastnar i berget. Även om det inte har varit möjligt att utveckla den automatiska avstängningen till en praktisk tillämpning, ger graf 4.9 ett typiskt mätresultat i driftfall där bergborren har fastnat och dess efterföljande släppning. Styrsystemets uppgift är att utvärdera arbetscykeln baserat på mätdata och proaktivt begränsa luftinflödet för att undvika påverkan av kast som orsakas av att borren fastnar.

6 Slutsatser

6.1 Svar på problemformulering

1. Hur ser system ut som styr och reglerar bormaskiner?

I kapitel 2.3 *dagens system* ges flertalet exempel hur liknande bormaskiners system är designade. Det finns system som har mer fokus på mätteknik och hårdvara, exempelvis 2.3.6 *Sten ingångs bormaskin och kontrollsystem och kontrollmetod därav* där fokus ligger på att samla in mätvärden och jämföra de mot referensvärden. Det finns också system som kräver mer ändringar i modellen 2.3.4 *Vibrationsreducerande system och metod för kraftverktyg* för att ange några.

2. På vilka sätt kommer systemet och programmet tillgodose målet att förebygga fastkörning alternativt minskar kraft som borren kör fast med?

Genom programmeringen 8.2 *programkod* samlar systemet in data från de olika sensorerna och jämför de med referensvärden. Om dessa finner sig utanför angivna gränser öppnas backflödet i ventilen och borren stannar.

3. Systemet skall vara styrd av en mikroprocessor, vilken och varför?

Den mikroprocessor som valdes var Beaglebone black, av anledningarna att processorhastighet, programmeringsmiljö och intresse från Rise och författare.

4. De sensorer som används, hur beter dem sig under de olika förhållanden som borren utsätts för? Går det att använda dessa för att förutse att borren kommer fastna?

Enligt graf 4.6- graf 4.9 ser vi att när förhållandena är lika, borring i solid sten ligger mätvärdena inom samma intervall. Det syns också tydligt att när förutsättningarna förändras som de gör i graf 4.9 att sensorerna går utanför dessa intervall. Detta både före fastkörning och efter.

- Lufttryckssensorn ökar i tryck innan borren kör fast, i graf 4.9 syns det att innan borren fastnar stiger trycket i borren. Detta sker kort innan fastkörning och presenterar en möjlighet att öppna backflödet till ventilen.
- Accelerometern vibrerar inom ett brett spann, där den avtar i rörelse när den håller på att fastna. Den gör detta senare än lufttrycket stiger vilket gör den långsammare att stänga av borren med. Vidare krävs en annan typ av programmering då den inte avviker från sitt normala intervall utan värdena minskar inom det.
- IR-sensorn är svårare att utvärdera baserat på hur programmet är kodat. Den står uppenbarligen stilla innan fastkörningstillfället men hur snabbt den uppfattar det beror på var i programmet den befinner sig. Att ändra koden och omvärdera krävs för en mer exakt tolkning.

5. Vad kan förbättras/undersökas vidare efter projektet.

- Eftersom det är en smutsig och oljig miljö kan en induktiv magnetisk givare vara av intresse i stället för IR-sensorn [9]. Om tejen som mätningarna gjordes med blivit täckt av damm under mätning eller olja och blivit glatt skulle mätvärdena inte blivit relevanta
- Optimera placering av sensorer baserat på vad man vill mäta
- Bygga ett eget system från mikroprocessor alternativt ha en annan typ av styrenhet
 - Optimera koden i programmet
- Utvärdera vilka parametrar som är nödvändiga och om behovet finns att addera fler parametrar att mäta.
- Borra i verklig miljö, hängande längs en bergssida.

6.2 Övriga slutsatser

- Flertalet patent innehåller viktig teknik men det kan bli ett problem för vidareutveckling av konceptet med flertal parametrar i denna kombination.
- I fallet när hålen i borrhölen täcks vid fastkörning (vilket detta fall var) stiger trycket i borrhölen. Göra ett test där hela hålet i borrhölen finns sig vid fastkörning behövs för att utvärdera alla värden för den andra typen av fastkörning.
- För att få ut maximal nytta av parametern varvtalshastighet behövs ett programspråk/dator och programkod som kan mäta cykel för cykel precist och inte basera det på att mäta en gång per x antal tid.
- I testriggen användes programmet NI som mätinstrument, för att få exakta värden för Beaglebonen [10] krävs en omvandling av värdena eller köra samma test med den som datasamlare.

7 Referenser

1. RISE. "Rise I korthet" ri.se. <https://www.ri.se/sv/om-rise/rise-i-korthet> (Hämtat 2024-06-07)
2. George P. Schivley, Jr., Automatic control of drilling system, U.S. Patent No. US5449047A, 1994
3. John S. Dey, IV, Jacob P. Schneider, Matthew J. Mergener, Vibration reduction system and method for power tools, U.S. Patent No. US11014224B2, 2017
4. Richard A. Jasinski, Programmed automatic drill control, U.S. Patent No. US4793421A, 1987
5. Jonas Sinnerstad, Magnus Olsson, Marcus LEÜ, Method and device for controlling at least one drilling parameter for rock drilling, EP2140105B1 European Patent Office, 2007
6. Rajesh R. Gunda, Carl J. Moberg, Ross L. Hoult, Automatic force adjustment control system for mobile drilling machines, U.S. Patent No. US20210180405A1, 2019
7. 冯志雄, 刘振岳, Rock entering drilling machine and controlsystem and control method thereof, China Patent No. CN101798916B, 2010
8. Small, Low Power, 3-Axis ± 3 g Accelerometer ADXL335 (Analog Devices) <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/adxl335.pdf> (Hämtat 2024-06-07)
9. Infrared Reflective Sensor (Waveshare) <https://files.waveshare.com/upload/f/f7/Infrared-Reflective-Sensor-UserManual.pdf> (Hämtat 2024-06-07)
10. BeagleBone black wireless, BBBWL-SC-562 (Beagleboard) <https://mm.digikey.com/Volume0/opasdata/d220001/medias/docus/2537/BBBWL-SC-562.pdf> (Hämtat 2024-06-07)
11. Arduino zero ABX00003 (Arduino) <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-zero> (Hämtat 2024-06-07)
12. Pressure sensor SDE5-D10-C3-Q6E-P-K (Festo) https://media.distrelec.com/Web/Downloads/_t/ds/SDE5-D10-C3-Q6E-P-K_eng_tds.pdf (Hämtat 2024-06-07)
13. Air solenoid valve VUVS-L30-M32C-AD-G38-F8-1C1 (Festo) <https://docs.rs-online.com/2ab7/A700000006927533.pdf> (Hämtat 2024-06-07)

14. Pneumatisk Borrmaskin Montabert T18 (Montabert)
www.montabert.com/docs/default-source/product-documents/pneumatic-equipment/pneumatic-equipment.pdf?sfvrsn=ea25ce9_4 (Hämtat 2024-06-07)
15. Raspberry Pi 2 1GB Model B (Raspberry pi)
https://media.distrelec.com/Web/Downloads/_m/an/Raspberry2_eng_man.pdf (Hämtat 2024-06-07)

7.1 Källkritik

Vid insamling av information är det svårt att vara kritisk mot någon av källorna då majoriteten är produkter med offentliga data på uppbyggnad med syftet att skydda sin teknik från andra företag eller för försäljning. I båda dessa fall finns det ingen anledning att vara oärlig.

Det uteliggande fallet från detta är Rise som källa, deras hemsida som är offentlig information från ett statligt ägt bolag. Något som bör anses trovärdigt.

8 Bilagor

8.1 Vibbtest

Vänster spalt läses först.

x: 0.0031746031746031633
y: 0.00024420024420024333
z: 0.005616605616605597
dist 0.012678316121539468

x: 0.0026862026862026767
y: 0.00024420024420024333
z: -0.00024420024420024333
dist 0.005452612778620025

x: 0.00293040293040292
y: 0.0004884004884004867
z: 0
dist 0.006662999190471641

x: 0.0026862026862026767
y: 0.00024420024420024333
z: -0.0004884004884004867
dist 0.005192788489491729

x: -0.0009768009768009733
y: -0.00366300366300365
z: -0.007081807081807057
dist -0.01647692695311742

x: 0.00073260073260073
y: -0.0031746031746031633
z: -0.017094017094017144
dist -0.02262278218322178

x: -0.00073260073260073
y: -0.005372405372405353
z: -0.010012210012209977
dist -0.022368980903779423

x: 0.00073260073260073
y: -0.006105006105006083
z: -0.01391941391941387
dist -0.024993045212825415

x: 0.00219780219780219
y: -0.0026862026862026767
z: -0.008547008547008517
dist -0.009940053163496443

x: 0.004151404151404137
y: -0.00146520146520146
z: -0.008302808302808273
dist -0.0035054512710190333

x: 0.007081807081807057
y: 0.0024420024420024333
z: 0.00146520146520146
dist 0.020144343514306773

x: 0.005372405372405353
y: -0.00073260073260073
z: -0.00512820512820511
dist 0.0036399253981670987

x: 0.0073260073260073
y: 0.0024420024420024333
z: 0.0012210012210012167
dist 0.02036284160826274

x: 0.004884004884004867
y: -0.00146520146520146
z: -0.007814407814407787
dist -0.0015597806073996412

x: 0.008547008547008517
y: 0.0034188034188034067
z: 0.009279609279609247
dist 0.03332388138248926

x: 0.007570207570207543
y: 0.00219780219780219
z: 0.00366300366300365
dist 0.0229796902324374

x: 0.0073260073260073
y: 0.005616605616605597
z: 0.018070818070818118
dist 0.04480600392688294

x: 0.00293040293040292
y: 0.00439560439560438
z: 0.017338217338217388

dist 0.03301497850948393

x: 0.0031746031746031633
y: 0.00024420024420024333
z: 0.00073260073260073
dist 0.007447242758597983

x: 0.00293040293040292
y: 0.00073260073260073
z: 0.009279609279609247
dist 0.01710278325662934

x: 0.0031746031746031633
y: 0.00024420024420024333
z: 0.0004884004884004867
dist 0.007186941399395519

x: 0.00293040293040292
y: 0.00024420024420024333
z: -0.00024420024420024333
dist 0.005929623219000424

x: 0.00293040293040292
y: 0.0004884004884004867
z: 0
dist 0.006662999190471641

x: 0.0026862026862026767
y: 0.00024420024420024333
z: -0.0004884004884004867
dist 0.005192788489491729

x: 0.0026862026862026767
y: 0
z: -0.00073260073260073
dist 0.004459770320576095

x: 0.0031746031746031633
y: -0.00024420024420024333
z: -0.0004884004884004867
dist 0.005200421610677963

x: 0.0026862026862026767
y: 0
z: -0.00024420024420024333
dist 0.004979299631314216

x: 0.0004884004884004867
y: 0.00024420024420024333
z: -0.00073260073260073

dist 0.000645356542792408

x: 0.00293040293040292
y: 0
z: 0
dist 0.005716253628341494

x: 0.0026862026862026767
y: 0
z: -0.00024420024420024333
dist 0.004979299631314216

x: 0
y: 0
z: -0.0012210012210012167
dist -0.0012985251080489535

x: 0.0026862026862026767
y: 0.00024420024420024333
z: -0.00024420024420024333
dist 0.005452612778620025

x: 0.0026862026862026767
y: 0.00024420024420024333
z: 0
dist 0.005712556335266905

x: -0.00024420024420024333
y: 0.0004884004884004867
z: -0.0009768009768009733
dist -0.0005678922895040461

x: -0.0034188034188034067
y: -0.0034188034188034067
z: -0.0034188034188034067
dist -0.016889473299729674

x: 0.0026862026862026767
y: 0
z: -0.00024420024420024333
dist 0.004979299631314216

x: -0.00073260073260073
y: 0.00024420024420024333
z: -0.0012210012210012167
dist -0.002251591848661527

x: -0.00146520146520146
y: -0.00366300366300365
z: -0.006105006105006083

dist -0.016399880136143852

x: 0.0004884004884004867
y: -0.004639804639804623
z: -0.017338217338217388
dist -0.02617838544578477

x: 0.0004884004884004867
y: -0.00586080586080584
z: -0.01391941391941387
dist -0.024998650786196452

x: -0.0019536019536019467
y: -0.00366300366300365
z: -0.007814407814407787
dist -0.01914571658161407

x: 0.0024420024420024333
y: -0.0024420024420024333
z: -0.010012210012209977
dist -0.010524106201761863

x: 0.00586080586080584
y: 0
z: -0.004884004884004867
dist 0.006273471474936565

x: 0.00586080586080584
y: -0.0004884004884004867
z: -0.005372405372405353
dist 0.00481220583784675

x: 0.009035409035409003
y: 0.0034188034188034067
z: 0.0073260073260073
dist 0.03217128008336784

x: 0.00293040293040292
y: -0.0026862026862026767
z: -0.0012210012210012167
dist -0.0007808444438481832

x: 0.006349206349206327
y: 0.00219780219780219
z: 0.00146520146520146
dist 0.01823320079730323

x: 0.007081807081807057
y: 0.00512820512820511
z: 0.013431013431013383

dist 0.03828886891157934

x: 0.00586080586080584
y: -0.0004884004884004867
z: -0.00512820512820511
dist 0.005069644776604376

x: 0.008547008547008517
y: 0.0031746031746031633
z: 0.00586080586080584
dist 0.029157210988712656

x: 0.008547008547008517
y: 0.0031746031746031633
z: 0.006105006105006083
dist 0.029420136233322902

x: 0.00805860805860803
y: 0.0026862026862026767
z: 0.005372405372405353
dist 0.02672296093541504

x: 0.007081807081807057
y: 0.00293040293040292
z: 0.00366300366300365
dist 0.023444773920964224

x: 0.005616605616605597
y: -0.00073260073260073
z: -0.005616605616605597
dist 0.003603489171254748

x: 0.00879120879120876
y: 0.0031746031746031633
z: 0.006837606837606813
dist 0.030689500433090044

x: 0.00879120879120876
y: 0.00293040293040292
z: 0.006837606837606813
dist 0.03021475607556179

x: 0.00659340659340657
y: 0.00219780219780219
z: 0.00219780219780219
dist 0.01949469334084708

x: 0.008547008547008517
y: 0.00293040293040292
z: 0.005616605616605597

dist 0.028419660654092738

z: 0.00146520146520146

dist 0.019190918971138615

x: 0.006837606837606813

y: 0.00219780219780219

8.2 Programkod

```
// namnger benen på Beaglebonen och skapar konstanten b som krävs för alla kommandon
const b= require('bonescript');
const optik = "p9_11";
const movex = "p9_39";
const movey = "p9_37";
const movez = "p9_38";
const pressure = "p9_13";
const vent = "p9_12";

// skapar mätparametrar för varvtalsmätning
var cntr=0;
var periods=0;
var nperiods=0;
var mcntr=0;
var mperiods=0;

// skapar origo för vibration (tar positionen i x, y, z led vid programmets start som origo)
var hoppx=b.analogRead(movex);
var hoppy=b.analogRead(movey);
var hoppz=b.analogRead(movez);
const origox=hoppx;
const origoy=hoppy;
const origoz=hoppz;
var x,y,z,vibb,volle,air;
b.digitalWrite(vent,b.low)

// kör programmet var 250 millisekund.
var start=setintervall(go,250);

// går in i vardera av sensorernas funktioner, varvtalsmätning, rörelse i planet och tryck i den
ordningen.
function go(){
    rpm();a
    vibration();
    pressureCapture();
}

// delar upp 250 ms i sex lika stora delar och mäter värdet på sensorn i dem första 4 av dem,
medelvärde bör teoretiskt vara 0.5= 240 rpm enligt uträkningen. refererar till fakta om borren.
den jämför aktuella värdet(nutidsvärde+minnesvärde) mot teoretiska värdet för att kontrollera
att det befinner sig inom gränsen och byter minnesdel (senaste 50 mätta värdena) efter behov för
att värdet skall vara relevant.
function rpm(){
    volle=b.digitalRead(optik);
```

```

for(var i=0;i<4;i++){
  var periodCapture = setTimeout(period,84);
  period();
  clearTimeout(periodCapture);
}
cntr++;
nperiods=periods/2;
console.log('perioder = '+ nperiods);
console.log('counter = '+ cntr);
console.log('RPM = '+ (nperiods/cntr)*240);
contR();
if(cntr>=24){
  balance();
}
}

```

// uppdelade tidsperioden för mätningen vid 0,42,84 och 126 ger +1 om den är en etta.

```

function period(){
  var bVal=0;
  valle=b.digitalRead(optik);
  console.log('value = ' + valle);
  if (valle==1){
    periods++;
    bVal++;
  }
  If (bVal==1){
    periods=periods+2;
  }
  If (bVal==0){
    periods=periods+4;
  }
}
}

```

// byter minnesdel av mätningen varje sekund för att skapa kontinuitet i mätningen och behålla faktiska nuet relevant.

```

function balance(){
  mcntr=cntr;
  mperiods=nperiods;
  cntr=0;
  periods=0;
  nperiods=0;
}

```

// jämför förväntat resultat mot nutidsvärdet+minnesvärdet efter varje cykel. öppnar backflödet till ventilen om värdet avviker för mycket.

```

function contR(){
  var tc=mcntr+cntr;
  var tp=mperiods+nperiods;
  var cv=(tp/tc)*240;
  var ccv=(nperiods/cntr)*240;
}

```



```

console.log("Total Cntr: ' +tc);
console.log('Mätning över: '+tp+' perioder');
console.log('RPM: +(tp/tc)*240);
console.log("");
if(ccv<cv && ((ccv+cv)/2)<220){
    b.digitalWrite(vent,b.HIGH);
    reset();
}
}

// läser av trycket för utflödet ur borren går sedan in i
function pressureCapture(){
    air=b.digitalRead(pressure);
    console.log('air : ' + air);
    contP();
}

// om lufttrycket är under godkända nivån öppnas backflödet
function contP(){
    if(air ==0){
        b.digitalWrite(vent,b.HIGH);
        reset();
    }
}

//mäter sensorns rörelse i rummet i förhållande till beaglebonen(origo). mäter avståndet med
rymddiagonalen (utan att ta roten ur resultatet)
function vibration(){
    hoppx=b.analogRead(movex);
    hoppy=b.analogRead(movey);
    hoppz=b.analogRead(movez);
    var x = hoppx-origox;
    var y = hoppy-origoy;
    var z = hoppz-origoz;
    var vibb=hoppx*hoppx-origox*origox+hoppy*hoppy-origoy*origoy+hoppz*hoppz-
origoz*origoz;
    console.log('x: ' + x);
    console.log('y: ' + y);
    console.log('z: ' + z);
    console.log('dist '+ vibb );
    console.log("");
    contV();
}

//kontrollerar sensorns position och ifall den endast rör sig strikt neråt(längre ner i hålet) blir
detta nya "referenspunkten" för x. kontrollerar också ifall sensorn vibrerar för mycket och
öppnar backflödet i sådant fall.
function contV(){
    if(x!=0 && y!=0 && z==0){
        origox=hoppx;

```

```

    }
    if (vibb < 0.4 ||(x==0 && y==0 && z==0)){
        b.digitalWrite(vent,b.HIGH);
        reset();
    }
}

// stannar tills en knapp trycks på
function reset(){
    var res;
    While(res!=1){
        res= b. digitalread("p9_13");
        if (res==1){
            b.digitalWrite(vent,b.LOW);
        }
    }
}

```