

Fukthaltsmätning i råbentonit

Haidar Abdali

Teknologie kandidatexamen
Väg- och vattenbyggnad

Luleå tekniska universitet
Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser



Examensarbete

Fukthaltsmätning i råbentonit

Haidar Abdali

Förord

Det här examensarbetet är skrivit av en student som inte har Svenska som modersmål vilket innebär att examensarbetaren kommer att använda enkelt språk.

En kandidatingenjörsutbildning vid Luleå Tekniska Universitet avslutas med att studenten utför ett examensarbete som omfattar 15 högskolepoäng. Studenten utför arbetet självständigt med hjälp av en projekthandledare i en djupare studie i ett ämne som ingått i students utbildning. Detta arbete är utfört under sommaren 2012 på Institutionen för Samhällsbyggnad och naturresurser vid Luleå Tekniska Universitet i samarbete med LKAB i Malmberget.

Under den tiden jag arbetar med det här arbetet har många bidragit med sitt stöd som har hjälpt mig väldigt mycket, stort tack till min handledare Martin Lindmark på Luleå Tekniska Universitet och Jaska Tamminen på LKAB/Malmberget. Stort tack till alla mina lärare på Luleå Tekniska Universitet och till alla som delgett sin kunskap för att förbättra det här arbetet.

Luleå, augusti 2012

Haidar Abdali

Sammanfattning

Arbetet handlar om en mätare som heter Water Content Monitor WCM411. Det är en fukthaltsmätare som används i det här arbetet för att mäta den verkliga fukthalten i råbentonit. Den är tillverkad i Finland med ganska ny teknik. Den bygger på infraröd mätteknik och är helt beröringsfri.

Syftet med det här arbetet är kunna mäta fukthalten i råbentoniten på ett tillförlitligt sätt i det nya verket som ska byggas i Sandskär. Fukthalten ska kunna styra temperaturen och mängden på torkluften till bentoniten.

Utrustningen behöver kalibreras innan den tas i bruk. Det finns tre metoder som kan användas för att kalibrera utrustningen så att den kan mäta den verkliga fukthalten i råbentoniten. Den första metoden bygger på att man tar ett prov för att bestämma kalibreringsfaktor. Den andra metoden bygger på att man gissar ett värde ``Learning by doing``. Den tredje metoden bygger på att man gör matematiska beräkningar för att hitta kalibreringsfaktor.

I resultatet går examensarbetaren igenom de viktigaste momenten som har upptäckts och som gör att man kan köra igång utrustningen på ett tillförlitligt sätt. Man kan läsa vilka moment som kan vara bra att kunna innan man tar utrustningen i bruk.

I diskussionen kan man se vilka frågeställningar angående utrustningen som examensarbetaren tar upp och vilka åtgärder som examensarbetaren föreslår. Slutligen sammanfattar examensarbetaren vilka slutsatser som kan dras efter det här arbetet.

Abstract

The project is about a meter called Water Content Monitor WCM411. It is a moisture meter used in this assignment to measure the actual moisture content of raw bentonite. It is made in Finland with a quite new technology. It is based on infrared measurement technology and is completely non-contact.

The purpose of this project is to measure the moisture content of raw bentonite in a reliable manner so that the new plant to be built in Sandskär can control the temperature and amount of drying air to the bentonite.

The equipment needs to be calibrated before its initial use. Three methods can be used to calibrate the equipment so that it can measure the actual moisture content of the crude bentonite. The first method is based on taking a sample and determine calibration factor. The second method is based on guessing a value "Learning by doing". The third method is based on doing mathematical calculations to find calibration.

At the end the master's student reviews the key elements that have been discovered which allows one to start up the equipment in a reliable manner. You can read about the instances that can be helpful to know before taking equipment into use.

Through discussion, you can see which questions concerning equipment work that the master's student has taken up and which measures student has suggested. Finally, summarizing the student has the conclusions that can be made after this work

Innehållsförteckning

| | |
|--------------------------------------|----|
| Förord | 2 |
| Sammanfattning..... | 3 |
| Abstract..... | 4 |
| Innehållsförteckning | 5 |
| 1. Inledning..... | 6 |
| 1.1 Bakgrund | 6 |
| 2. Syfte och mål | 7 |
| 2.1 Syftet..... | 7 |
| 2.2 Målet..... | 7 |
| 2.3 Avgränsningar | 7 |
| 3. Objekt och fallbeskrivningen..... | 8 |
| 3.1 Utrustningen | 8 |
| 3.2 Kalibreringen | 8 |
| 4. Kalibreringsmetod | 9 |
| 4.1 Första metoden | 9 |
| 4.2 Andra metoden | 9 |
| 4.3 Tredje metoden | 9 |
| 5. Resultat och Analys | 10 |
| 5.1 Kalibrering..... | 10 |
| 5.2 Lutningen..... | 10 |
| 5.3 Vibrationen och avståndet | 10 |
| 5.4 Linsen | 11 |
| 5.5 Mätnoggrannheten | 11 |
| 6. Diskussion | 13 |
| 7. Slutsats..... | 15 |
| 8. Referenser..... | 16 |
| Bilaga 1..... | 1 |
| Bilaga 2..... | 2 |
| Bilaga 3..... | 3 |
| Bilaga 4..... | 4 |

1. Inledning

Det här examensarbetet handlar om en liten fukthaltsmätare som ska användas för att mäta fukthalten på råbentonit. Det är en mätare som bygger på infraröd mätteknik. Den är helt beröringsfri. Man sätter upp den på ett stativ som mäter på ett bentonitflöde på ett transportband. Tanken är att utrustningen kommer att spara data som visar hur fukthalten varierar och hur utrustningen läser variationer. Verkliga fukthalten bör ligga på 13-14 %.

1.1 Bakgrund

Bentonit är en beteckning på en geologisk lera, med vulkaniskt ursprung och innehåll av svällande material. Den svällande huvudkomponenten är nämligen mineralet *montmorillonit*, som har en stark förmåga att binda positivt laddade joner och vatten mellan de lameller som bygger upp partiklarna. Montmorillonit består av mycket tunna skikt som ligger staplade på varandra. Dessa skikt har hög negativ laddning och de balanseras av positiva joner som tillsammans med vatten befinner sig på ytorna. Bentoniten förekommer över hela jorden dock mest i Nordamerika, Japan och Sydeuropa. I Sverige användes bentoniten bland annat i industrimineralområden som pelletisering av järnmalm som är särskilt viktig i Sverige. Bentoniten kan även användas inom byggnadsbranschen, gjutindustrin och oljeindustrin. Dessutom finns forskning som visar att bentoniten även kan användas till exempel i fyllningsdammar.

2. Syfte och mål

2.1 Syftet

Huvudsyftet med det här examensarbetet är att se om utrustningen är tillförlitlig och att utreda om det är möjligt att använda utrustningen som ett moment i det nya bentonitverket. Detta görs genom att testa utrustningen, som ska kunna kontrollera fukthalten på ett tillförlitligt sätt så att man i det nya verket som ska byggas i Sandskär. Utrustningen ska kunna styra temperaturen och mängden torkluft till bentoniten. När bentoniten blir fuktigare ska utrustningen automatiskt styras så att mängden torkluft/värme ökar. På motsvarande sätt skall flödena minskas om råbentoniten är för torr.

2.2 Målet

Målet med detta examensarbete är att ge rekommendationer och tips om hur utrustningen arbetar och utreda vilka risker som kan leda till stora konsekvenser. Dessutom att utvärdera utrustningens funktion på kort sikt respektive lång sikt.

2.3 Avgränsningar

Arbetet omfattar endast utrustningens tillförlitlighet d.v.s. om den kan används i det nya bentonitverket som kommer att byggas i Sandskär inom de kommande åren. Ekonomiska aspekter eller liknande kommer inte att behandlas i någon del av arbetet.

3. Objekt och fallbeskrivningen

3.1 Utrustningen

Själva utrustningen, Water Content Monitor WCM411 är tillverkad i Finland och har ganska ny teknik. Enligt tillverkaren är utrustningen tillverkad för fukthaltsmätning och kan användas på råbentonit. Utrustningen är kompletterad med ett program som installeras på datorn där kan man se hur fukthalten varierar genom en tydlig kurva.

Utrustningen är enkel att montera och är ganska kompakt. Den är 10 cm lång och 5 cm i diameter och ser ut som en liten cola burk. Den sitter på ett stativ och kopplas ihop med datorn. Utrustningen kopplas med ett rör som är 15 cm i diameter och 86 cm långt. Avståndet från linsen till bentoniten bör ligga mellan 70 och 90 cm enligt tillverkaren. Det finns två sensorer som skjuter med NIR (Near InfraRed) på bentoniten. En transmitter belyser materialet varvid en del av ljuset återreflekteras. Denna återreflektion detekteras av sensorerna. Det är viktigt att sensorerna riktas på samma sätt som vid kalibreringen enligt tillverkaren.

3.2 Kalibreringen

Det finns flera metoder som kan användas för att hitta den rätt kalibreringsfaktorn och beroende på bentoniten och omgivningen kan man välja vilken metod som används. När man har kalibrerat utrustningen kan man köra utrustningen under en period och efter det kan man bestämma om det är rätt kalibrering eller inte. I verkligheten finns det tre metoder som används för att kalibrera utrustningen. De enklaste metoderna är de första två och den tredje används om det inte funkar på de två metoderna. Metoderna kommer att beskrivas i kommande kapitel.

Kalibreringen är självklart den viktigaste åtgärden för att få ett bra resultat. Får man inte rätt kalibreringsfaktor kan man inte få rätt fukthalt på bentoniten och det kan leda till stora konsekvenser. Tanken är att denna utrustning måste ge den verkliga fukthalten på bentoniten och beroende av det kommer kommande moment i bentonitverket att fungera.

4. Kalibreringsmetod

4.1 Första metoden

Den första metoden bygger på att man tar en viss mängd bentonit, direkt från bandet som rullar under utrustningen. Sen torkar man bentoniten i en torkugn och efter det räknar man hur mycket vatten det har varit i bentoniten. När man har beräknat hur mycket vatten det har varit i bentoniten kan man beräkna den verkliga fukthalten och jämföra det med indikerad fukthalt. Man gör om detta prov flera gånger tills man fått den rätta kalibreringsfaktorn som behövs för en rätt kalibrering.

Som exempel ska det första provet beskrivas i detalj. Man torkade 200 g bentonit och efter torkningen fick man att bentoniten innehöll 28,38 g vatten. Efter beräkningen konstaterade man att bentoniten hade verklig fukthalt på 14,2 % och utrustningen läste indikerad fukthalt på 16,0 %. Efter beräkningen kom man till att första koden i kalibreringsfaktor var 0,888. Efter ett tag tog man ett annat prov bara för att kolla om kalibreringsfaktor var rätt men tyvärr det var fel. Då behövdes göra ett ytterligare prov.

Den första metoden har examensarbetaren gjort flera gånger men det gav osäkra resultat. Det har gjort att examensarbetaren tagit flera prov med olika mängder av bentonit och försökt att hitta rätt kalibreringsfaktor men resultatet var inte tillförlitligt.

4.2 Andra metoden

Den andra metoden bygger på att man gissar ett värde, Learning by doing, som möjligen kommer att hjälpa för att hitta en rätt kalibrering.

4.3 Tredje metoden

Den tredje metoden bygger på att man ritar ett koordinatsystem där y-axeln är indikerad fukthalt och x-axeln är verklig fukthalt. Man gör ca fyra prov och därefter räknar man lutningen, k-värdet samt m-värdet som behövs för kalibrering.

5. Resultat och Analys

I resultatet kommer jag att analysera hur utrustningen har fungerat. Det kommer att bli en kortfattad beskrivning med några diagram som visar hur utrustningen har fungerat under tiden den har testats. Resultatet kommer att delas i underrubriker vilket kommer att underlätta beskrivningen. Dessutom kommer jag att behandla viktiga moment som hela arbetet bygger på.

För att kunna kontrollera hur utrustningen fungerar har utrustningen installerats och tagit i bruk i två månader. Utrustningen har fungerat i väldigt tuff miljö där det finns damm samt fukt och ibland även har det varit dåligt med ventilation. Detta visar att utrustningen har väldigt bra skydd när det gäller damm och fukt. Linsen har kontrollerats fyra gånger under två månader och det har visat att inget damm har nått linsen förutom en gång vid slutet av det här arbetet.

5.1 Kalibrering

Det har varit svårt att kalibrera utrustningen trots att examensarbetaren och projektledaren flera gånger tagit kontakt med tillverkaren. Bästa sättet att kunna kalibrera utrustningen är den andra metoden, ``Learning by doing``. Den första samt den tredje metoden kan inte används och ifall de användas kommer att ge felaktig kalibrering vilket leder till felaktig fukthaltsmätning.

5.2 Lutningen

Det är väldigt viktigt att ha en liten lutning på utrustningen. Detta kan inte visas i något diagram men examensarbetaren tror att det är en orsak för varför det har varit svårt att få rätt fukthaltsmätning. Enligt tillverkaren ska lutning ligga på 78 grader, se bilaga 3.

5.3 Vibrationen och avståndet

Enligt tillverkaren får vibrationen ligga på en till två mm. Dock får den inte vara mer än så. Ligger den på en cm får man felaktig fukthaltsmätning vilket examensarbetaren tror att det har varit en orsak för varför det har varit svårt att kalibrera/få rätt fukthaltsmätning. Avståndet är också jätteviktigt för rätt fukthaltsmätning. Enligt tillverkaren ska avståndet vara mellan 60 och 80 cm. Det får inte vara längre än 80 cm då får man felaktig fukthaltsmätning.

5.4 Linsen

Enligt tillverkaren är det otänkbart att dammet når linsen. Examensarbetaren har kontrollerat linsen fyra gånger under två månader och konstaterat att inget damm nått linsen. Detta på grund av att linsen sitter långs upp i röret som kopplas till det. Däremot har dammet nått linsen en gång under sista veckan när personalen som arbetar på bentonitsverket monterat ett ventilationstorn i närheten av utrustningen. Detta har lett till att utrustningen läst fel fukthalt och resultatet har varit mycket felaktigt.

Examensarbetaren har undersökt hur dammet nått linsen och ansett att dammet kunnat nå linsen på grund av att rörets öppning är på den sidan där ventilationstorn finns. Mängden av damm som nått linsen är jätteliten och är inte större än små prickar men detta har lett till väldigt felaktiga resultat. Tre små prickar av damm har gjort att utrustningen istället för att läsa den indikerade fukthalten som möjligen är på 14 % har läst indikerad fukthalt på 1,3 %. Detta innebär att damm utgör ett stort hot för utrustningen.

5.5 Mätnoggrannheten

På grund att utrustningen inte har fått rätt kalibrering har den läst felaktiga fukthalter. Indikerade fukthalter som utrustningen läser har varierat hela tiden och avvikelser mellan indikerad och verklig fukthalt är inte konstant.

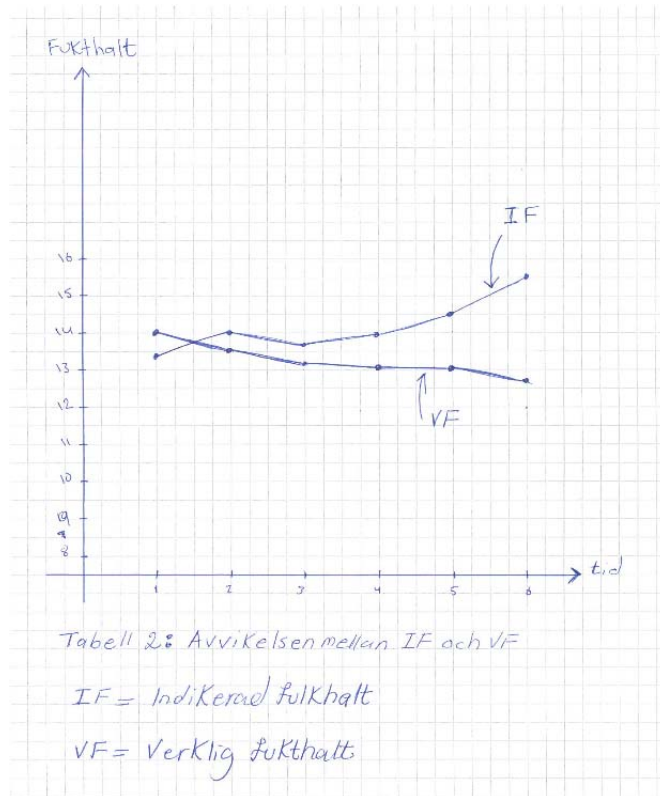
Tabell 1: några prov som visar indikerad- och verklig fukthalt

| prov | Våt bentonit | Torr bentonit | IF | VF | K-värdet | Datum |
|------|--------------|---------------|--------|--------|----------|----------|
| 1 | 451,77 | 424,24 | 13,4 % | 14 % | 1,045 | 1-(6/8) |
| 2 | 451,77 | 424,75 | 14 % | 13,5 % | 0,964 | 2-(6/8) |
| 3 | 451,77 | 425,54 | 13,6 % | 13,2 % | 0,971 | 3-(7/8) |
| 4 | 451,77 | 425,55 | 14 % | 13 % | 0,929 | 4-(8/8) |
| 5 | 451,77 | 425,85 | 14,5 % | 13 % | 0,897 | 5-(9/8) |
| 6 | 431,94 | 406,5 | 15,5 % | 12,7 % | 0,819 | 6-(10/8) |

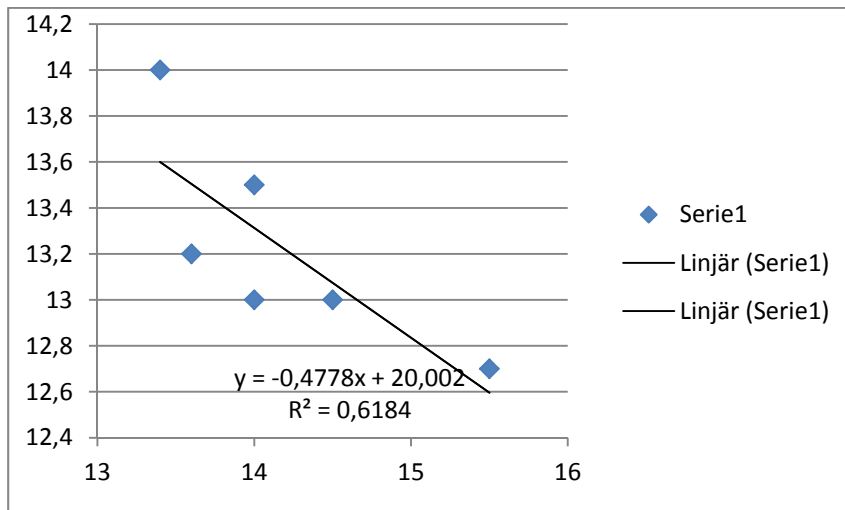
Man kan se tydligt i tabell 2 att avvikelser mellan IF och VF inte är konstant. Hade avvikelser varit konstant skulle man kunna konstatera att utrustningen fungerade och att den läste verkliga fukthalten på tillförlitligt sätt.

I tabell 3 har jag beräknat sambandet mellan IF och VF enligt metod 3 och i diagrammet ses att förklaringsprocenten är så låg som 62% vilket inte är acceptabelt.

Tabell 2: Avvikelsen mellan IF och VF



Tabell 3: Trendlinje



6. Diskussion

Utrustningen är tillverkad på ett utmärkt sätt som ger skydd till de delar som sitter inne i själva utrustningen. Sensorer och led-dioden är helts beröringsfria och linsen sitter långs bak i det externa röret. Under den tid som utrustningen har testats har inget damm kommit till linsen förutom en gång och ingen fukt har heller nått linsen.

Utrustningen är endast provisoriskt upphängd/monterad. Miljön där utrustningen fungerar är jättedålig. I det nya bentonitsverket kommer utrustningen att monteras på riktigt och datorn förmodligen kommer att finnas längre bort d.v.s. i en säker miljö.

Det finns olika risker som kan leda till stora konsekvenser om de inträffar. Man kan dela upp riskerna i två kategorier, interna risker respektive externa risker. Interna risker kan man inte göra något åt d.v.s. det har att göra med, hur bra utrustningen är tillverkad. Följande risker kan vara interna: -

1. Att sensorerna går sönder.
2. Elektriska fel i själva utrustningen.
3. Linsen går sönder.
4. Programvaran havererar.
5. Kabelavbrott.
6. Datorn havererar

Största och allvarligaste risken bedömer examensarbetaren vara är att om datorn havererar. Man kan konstatera att de flesta riskerna är åtgärdbara. Men när datorn havererar och hårddisken dör kan man inte göra något. Examensarbetare föreslår att man använder två hårddiskar eller intern och extern minne eller helt enkelt kan ärendet lämnas till en specialiserad dataingenjör som kan ge olika förslag på hur det kan förbättras.

Att det har tagit lång tid för examensarbetaren att kalibrera utrustningen kan också konstaterats som en fördel. Detta har gjort att examensarbetaren hittar de orsakerna som kan vara de saker som hindrar utrustningens arbete. Lutningen, vibration samt avstånd, fukt och damm är de saker som examensarbetaren tycker att de utgör största hotet för utrustningens arbete. Varför är det viktigt med lutningen och vad utgör det för hinder för utrustnings arbete har examensarbetaren funderat jättemycket på. Enligt tillverkaren bör det vara lite lutning men ytterst lite men varför? Det har examensarbetare inte fått någon

förklaring till, men examensarbetaren har funnit att lutningen verkligen behövs för utrustningen fungerar bättre med en liten lutning.

Inget direkt svar har examensarbetare för varför det är oaccepterat med vibration som är större än två mm och inte heller tillverkaren har givit något direkt svar på detta. Men examensarbetaren tror att det har att göra med hur grovt materialet är. Grovt material tar lite mer fukt i jämförelse med nästan mald lera. När det gäller avståndet tror examensarbetaren att det har med damm att göra. Om det är kort avstånd så finns det risk att dammet kan nå linsen vilket kan leda till stora konsekvenser.

Oavsett resultatet så tycker examensarbetare att utrustningen bör köras under en lång period och innan dess kan det behövas att LKAB tar kontakt med tillverkaren. Dataprogrammet för utrustningen är för klassiskt och behöver uppgraderas. Utrustningens stativ är just nu ostabilt och i framtiden behövs det mycket stabilare stativ eller en annan teknik för hur utrustning sitter eller hängs.

Sammanfattningsvis kan man säga att utrustningen inte är godkänd att läsa fukthalten på råbentonit. I resultatet läser man att i tabell ett att variationen mellan indikerad fukthalt respektive verklig fukthalt inte är konstant. Ifall problemet ligger på kalibreringen och om k-värdet är felaktig i detta läge bör variationen vara konstant.

7. Slutsats

De tre nämnda metoderna som används för att kalibrera utrustningen har tillämpats många gånger för att hitta rätt kalibreringsfaktor. Den första metoden som bygger på att man tar ett prov och kalibrerar utrustningen, har används flera gånger men den gav inte rätt kalibreringsfaktor. Den andra metoden ``Learning by doing`` som bygger på att man gissar ett värde för kalibreringsfaktor och därefter gör ett prov för att se om det stämmer eller inte, har också används och resultatet är inte tillfredsställande. Den tredje metoden har också använts flera gånger. Den ger inte rätt kalibreringsfaktor och man kan inte alls använda den.

Genom tiden har man tillämpat de tre metoderna och sett att VF, verklig fukthalt ligger mellan 14 % och 14.6 % och man har fått olika k-värde för kalibreringsfaktor. Detta har medfört till att man har använt olika k-värde och resultatet har blivit att examensarbetare använt metoden ``Learning by doing`` och kommit på ett påhittat k-värde. Detta påhittade k-värde kan man inte lita på eftersom man har funnit att efter en-vecka har utrustningen läst felaktiga fukthalter. Enligt tabell två kan man se att avvikelser mellan VF verkliga fukthalten och den IF indikerade fukthalten inte är konstant vilket visar att utrustningen läser felaktiga fukthalter beror på något fel på utrustningen även man har använt det rätta k-värdet.

Utrustningen har används i två månader och det visar sig att den är tillförlitlig med avseende på att den fungerar i dammig miljö men den läser inte fukthalten korrekt. Examensarbetaren rekommenderar vidare utvärdering och fördjupad teknisk felsökning av utrustningen.

8. Referenser

Brundin, H. (2001). *Långtidsegenskaper hos tätskikt innehållande bentonit*. Malmö: RVF.

Bilaga 1



Figur 1 Fukthaltsmätning

Bilaga 2



Figur 2 Fukthaltsmätning sitter på stativet

Bilaga 3



Figur 3 Lutningen på utrustningen

Bilaga 4



Figur 4 datorn som är kopplad till utrustningen