

Rullflaskmetoden

Bestämning av vidhäftning mellan sten och bitumen i närvaro av vatten enligt rullflaskmetoden.



LUNDS UNIVERSITET
Campus Helsingborg

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Institutionen för Teknik och samhälle

Examensarbete: Rullflaskmetoden
Ida Kellokoski Adamsson

© Copyright Ida Kellokoski Adamsson

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 2014

Sammanfattning

Idag levereras stora mängder aggregat för tillverkningen av asfalt. Kravet som ställs på materialet för tillverkningen är vidhäftningsförmågan. Vidhäftningsförmågan har en stor betydelse för beläggningens beständighet och funktion, genom att till exempel minimera risken för stenskott, göra vägen starkare m.m. Idag har man gjort flera undersökningar enligt metoden *Rullflaskmetoden*. Resultaten visar att det inte endast räcker att tillverka asfalt genom att använda bitumen och makadam, det krävs dessutom ett vidhäftningsmaterial. De vidhäftningsmaterial som anses vara de mest lämpliga för tillverkningen idag är bland annat kalk, cement och Wetfix I.

Rullflaskmetoden innebär i korthet att aggregat från samma stenbrott blandas med bitumen. I denna laboration kommer även olika vidhäftningsmaterial att blandas med för att undersöka om vidhäftningen blir till det bättre eller sämre. När stenarna blivit täckta av bitumen och det tillsatta vidhäftningsmedlet kommer de lagras över natten i rumstemperatur och sedan placeras i specialutformade glasflaskor som är fyllda med destillerat vatten. Flaskorna kommer sedan att rullas på ett rullbord där man sedan efter olika tidpunkter kommer utvärdera stenarnas täckningsgrad. I denna laboration kommer man testa 3 olika vidhäftningsmedel och utvärdera respektive vidhäftning, dessutom kommer aggregat från två olika stenbrott att användas. Syftet med laborationen är att undersöka vidhäftningsförmågan för olika bindemedel. Dessutom kommer även aggregatens egenskaper grundligt att undersökas för att se om det har någon påverkan på vidhäftningsförmågan.

Metodiken innebär att stenmaterialet fotograferas med och utan vidhäftningsmaterialen, samt vid respektive utvärderingstillfälle. Vid varje tillfälle kommer ett flertal bilder att tas av stenmaterialet. Bilderna kommer att namnges för respektive tillfälle och material för att lättare kunna identifieras i bildbehandlingsprogrammet. Mjukvaran är utvecklad i matlabmiljö, som är ett kommersiellt tillgängligt beräkningspråk. Systemet för att uppskatta täckningsgraden av bitumen består av flera steg. Dessa steg tas upp i rapporten under punkten *2.7.2 Steg för steg bildanalys*.

Resultatet från undersökningen visar att ingen av de prövade vidhäftningsmedlen gav några positiva resultat. För att ett vidhäftningsmedel ska kunna vara användbart krävs det att vid sista

kontrollen att täckningsgraden är upp mot 70 %. De vidhäftningsmedel som användes gav dock olika resultat beroende på det aggregat som täcktes.

Nyckelord: Okulär bedömning, vidhäftningsförmåga, bildanalys och täckningsgrad.

Abstract

Today large amounts of macadam are being delivered for the production of asphalt. One of the requirements of the material that's being used is the adhesion. The adhesion is essential for the performance of the coating. It minimizes the risk of stone chips and makes the construction of the pavement stronger etc. Several studies have been made using the Roller bottle method. The results show that it is not enough to produce asphalt by only using bitumen and macadam, an adhesive is also required. Some of the adhesive materials that are considered to be the most suitable for the manufacture today are lime, cement and Wetfix I.

The roller bottle method basically means that homogenous aggregate is being mixed with bitumen. In this study, adhesive will be in the mix to see if the results are affected in either a positive or a negative way. When the stones have been covered with bitumen and the adhesive they will be stored overnight at room temperature, then they will be placed in specially designed glass bottles filled with distilled water. The bottles will then be rolled on a roller table and will be evaluated regarding the stone coverage during different times. Three different adhesives will be evaluated in this study and aggregates from two different locations will be used. The aim of the study is to examine the adherence of various binders. The study will also examine, but only thoroughly, if the adherence varies depending on the aggregates qualities of the stones.

The method involves taking photographs of the aggregate with and without adhesive materials at the different times of evaluation. On each occasion, several images will be taken of the aggregate. The images will be named for each material and occasion for easy identification of the images in the image editing software. The software is developed in Matlab environment, which is a commercially available computing language. The system for estimating the coverage of the bitumen consists of multiple steps. These steps are mentioned below item 2.7.2 *Steg för steg bildanalys*.

The results of the survey show that none of the evaluated adhesives yielded any positive results. For an adhesive to be useful it requires the coverage to be at least 70 % at the last check. The adhesive that were used showed different results depending on what aggregate was being covered.

Keywords: Ocular assessment, adhesion, image analysis and coverage.

Förord

Detta examensarbete har utförts på Peab Asfalts Labb i Helsingborg under våren 2014 i samarbete med Lunds tekniska högskola.

Jag vill framförallt tacka min handledare på Peab Asphalt Per Lindh som har hjälpt mig genom hela arbetet och väglett mig. Jag vill även tacka Olof Åkesson, Martin Rydh och Anders Ivarson som varit tillgängliga på labbet under arbetets gång. De har bidragit med värdefulla kommentarer och stöd till forskningen. Även ett stort tack till Hanna Källén som har hjälpt mig med fotografering och bildanalys.

Innehållsförteckning

1 Inledning	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte	3
1.3 Frågeställning	3
1.4 Avgränsning	3
1.5 Definitioner	4
2 Litteraturundersökning	6
2.1 Tidigare studier	6
2.2 Prestandahöjande tillsatser i asfaltsbeläggningar	6
2.3 Bergarters påverkan i asfalt	7
3 Okulär metod	7
3.1 Material	7
3.2 Provberedning	10
3.2.1 Stenmaterial	10
3.2.2 Bindemedel	10
3.3 Blandning sten och bitumen	10
3.4 Rullförsök	11
3.5 Beräkning av okulär täckningsgrad	12
3.6 Beräkning av okulärt resultat	13
4 Bildanalys Metod	13
4.1 Program för bildanalys	13
4.2 Steg för steg bildanalys	14
4.2.1 Transformera bilder	15
4.2.2 Segmentera bakgrund	16
4.3 Beräkning täckningsgrad bildanalys	16
4.4 Beräkning av bildanalys resultat	18
5 Resultat	18
5.1 Okulärt resultat	18
5.1.1 Rullflaska LD-Slagg 108 min, Stenbrott 1	19
5.1.2 Rullflaska SiO ₂ , Stenbrott 1	20
5.1.3 Rullflaska LD-Slagg 108 min, Stenbrott 2	21
Figur 13. Stenbrott 2 med vidhäftning LD-Slagg 108 min, täckningsgrad beroende på tiden.	21
5.1.4 Rullflaska SiO ₂ , Stenbrott 2	22
5.1.5 Rullflaska Terra G, Stenbrott 1 & Stenbrott 2	23
5.1.6 Rullflaska nollprov, Stenbrott 1 & Stenbrott 2	24
5.2 Resultat bildanalys	25

6 Analys	26
6.1 Analys okulärt resultat.....	26
6.1.1 Rullflaska SiO ₂ och LD-Slagg 108 min, Stenbrott 1	26
6.1.2 Rullflaska SiO ₂ och LD-Slagg 108 min, Stenbrott 2	27
6.2 Analys av bildanalysens resultat.....	28
7 Felkällor	29
7.1 Felkällor okulärt resultat.....	29
7.2 Felkällor bildanalys	30
8 Diskussion	31
9 Slutsats	32
10 Rekommendationer	33
11 Referenser	34
Bilaga 1	36
Bilaga 2	37

1 Inledning

Årligen uppkommer många skador på asfaltsbelägningarna runt om i Sverige. Detta på grund av den ökade trafikmängden och de påkänningar som ges på belägningarna idag, det ställs därför allt högre krav på en god hållbarhet hos belägningen. Flera av dessa skador har varit i form av sten och materialsläpp från asfalten. Den dåliga beständigheten hos asfaltsbelägningarna har varit den vanligaste orsaken till belägningsskador, inte enbart i Sverige utan även i flera av de nordiska länderna. Denna problematik har diskuterats mellan Trafikverket och asfaltsindustrin i Sverige. Där det har utförts analyser och undersökningar för att lösa problemet.

Under år 2000 visade resultatet att användningen av något vidhäftningsmedel påverkat vidhäftningen positivt (NVF, 2006)(SBUF, 2014). Detta resultat visade sig tydligast i bl.a. rullflaskmetoden. Där gav det en indikation på att vidhäftningen mellan sten och bindemedel påverkas positivt vid användningen av vidhäftningsmedel (SBUF, 2014). Där av har vidhäftningsmedel i allt högre grad börjat användas vid tillverkningen av asfaltsbelägningar (NVF, 2006) Vilket har medfört att tillsatsmedel blivit allt vanligare i asfaltmassor. Tillsatsmedel i asfalten kan förbättra till exempel beständigheten mot vatten, salt, bränslespill eller göra asfaltslagren mer flexibla eller stabila. Vissa tillsatsmedel används även för att reducera risken för bristande kvalitet vid tillverkning och utläggning av asfaltsbelägning (NVF, 2006).

1.1 Bakgrund

Dagligen anläggs flera asfaltsbelägningar runt om i landet. Ett av de problemen med belägningen är materialsläpp från asfalten. För att minimera detta problem är därför vidhäftningen mellan sten och bitumen viktig. Rullflaskmetoden är den enda metod som tillåter sig att testa vidhäftningsförmågan mellan ren sten och bitumen, utan att först tillverka en asfaltmassa. Aggregatens täckningsgrad kommer både okulärt och genom bildanalys att utvärderas. Bildanalysen är en utveckling som Peab arbetar med idag och kommer därför användas i detta arbete. Det som skall undersökas i detta arbete är två nya vidhäftningsmedel som tidigare inte har testats. Vidhäftningsmedlen kommer undersökas för att se om dem har en fungerande vidhäftningsförmåga mellan sten och bitumen. För att senare

kunna ge svar på om dem är fungerande för att användas vid tillverkning av asfalt.

1.2 Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka vidhäftningsförmågan för två nya vidhäftningsmedel SiO₂ och LD-Slagg 108 min. Undersökningen kommer genomföras enligt rullflaskmetoden (FAS metod 455-01), vilket innebär att vidhäftningsförmågan kommer undersökas mellan sten, bindemedlet bitumen och aktuellt vidhäftningsmedel i närvaro av vatten. I arbetet kommer SiO₂ och LD-Slagg 108 min jämföras med ett fungerande vidhäftningsmedel Terra G. Egenskaperna hos stenmaterialet som kommer från två olika stenbrott kommer att utredas för att se om stenarten har någon påverkan på vidhäftningen. Ett nollprov kommer att genomföras för att se om SiO₂ och LD-Slagg 108 min har en fungerande effekt eller inte. Syftet med arbetet kommer även vara att kritiskt granska metoden för att se vilka brister metoden innehåller och samtidigt ge förslag på åtgärder och förbättringar.

1.3 Frågeställning

- Hur förhåller sig de två nya vidhäftningsmedel i jämförelse med ett fungerande vidhäftningsmedel?
- Hur förhåller sig de två olika metoderna för utvärderingen av täckningsgraden?

1.4 Avgränsning

Rapporten är indelad i två delar: okulär analys och bildanalys. De båda delarna är avgränsade till två olika sorters stenmaterial, från två olika bruk Stenbrott 1 och Stenbrott 2. De vidhäftningsmedel som kommer att testas är avgränsat till två helt främmande medel som tidigare inte har testats i denna undersökning, SiO₂ och LD-Slagg 108 min. Även ett fungerande vidhäftningsmedel Terra G och ett nollprov kommer att utföras, för att sedan kunna jämföra de olika vidhäftningarna med varandra. Den okulära analysen kommer att göras av två oberoende laboranter. Dessa två laboranter kommer att vara närvarande vid varje tillfälle för bedömning. Bildanalysen kommer analysera de två nya vidhäftningsmedel efter 24 h resp. 48 rulltid, för att sedan jämföra resultatet från den okulära bedömningen.

1.5 Definitioner

Homografi	En homografi är en projektiv avbildning, alltså en avbildning där skala eller vinklar bevaras. I detta fall behöv inte hela homografen, utan bara rotationen.
Binär	Något som är binärt är antingen svart eller vitt, det finns bara två alternativ. Datorn representerar allt binärt med ett och noll. Det betyder här att varje pixel antar värdena ett eller noll. Används för att säga vad som är förgrund eller bakgrund.
Korresponderande	Korresponderande punkter betyder att punkterna föreställer samma ställe i bilden, att ett hörn i bilden är samma hörn som ett annat i en annan bild.
Permutationer	Ordningen är omkastad. T.ex. är 3, 1, 2 en permutation av 1, 2, 3. Alla permutationer är alla kombinationer av ett visst antal objekt.
Pixel	Ett litet bildelement. I en gråskalebild antar pixlarna (vanligtvis) värden mellan 0 och 255, där 0 är svart och 255 vitt. För en färgbild är en pixel en vektor med ett värde för de tre olika färgkanalerna; röd, grön och blå.
Transformera	I detta fall betyder det att rotera bilderna, men kan också göra andra transformationer för att förvränga bilder.
Segmentering	Delar upp bilden i olika delar. Varje del, eller område blir då ett segment.
Tröskling	En slags enkel segmentering. Vid tröskling på intensitet delas bilden upp så att alla pixlar med högre intensitet än en viss förutbestämd intensitet

(trösklingsvärde) tillhör en klass och pixlar med lägre intensitet tillhör en annan klass.

Mask	En binär (tvåfärgad ofta svartvit), bild som kompletterar originalbilden. Masken berättar vilka pixlar i originalbilden som är intressanta, oftast de vita pixlarna i masken.
Matchning	Med matchning menas här att för ett objekt i t.ex. en bild hitta motsvarande objekt i en annan bild.
Bitumen	En komplex blandning av kolväten. Ett bindemedel som bland annat används vid asfaltstillverkning. I detta arbete används bitumen 70/100, siffrorna innebär penetrationsvärdet vid 25 °C.
Penetration	Är ett konsistensmått och penetrationstalet bestäms genom att en nål sänks ner i ett bitumenprov. Att det är 70/100 bitumen betyder att penetrationen ligger mellan 70 och 100 tiondels mm. Ett högre penetrationsvärde betyder att bituminet är mjukare och ett lägre värde betyder att det är ett hårdare bitumen.
Täckningsgrad	Hur stor andel av stenmaterialet som är täckt av bitumen, hur hög procent som är täckt.
Stenaggregat	Stenmaterial, i denna rapport är det ett stenmaterial med fraktionen 8-11, stenar som har storleken 8-11 mm.

2 Litteraturundersökning

I detta avsnitt redovisas tidigare studier av denna forskning.

2.1 Tidigare studier

Exakta siffror från tidigare laborationer på Peabs Labb är sekretessbelagda och kan dessvärre inte redovisas.

Utöver de resultat som finns tillgängliga på Peabs Labb har även litteratursökning gjorts. Detta för att inhämta kunskaper om området och tidigare resultat. Det har tyvärr endast gjorts ett fåtal studier inom denna metod, dessa studier har dessutom inte enbart varit inriktade på den undersökning som detta arbete handlar om. Litteraturstudien gav trots det information om hur tidigare undersökningar gått till väga och vilka svårigheter man stött på.

Länkar till tidigare resultat:

- VTI utlåtande 767, Dnr: 2009/0200-29 (2011-02-24)
- VTI utlåtande 752, Dnr: 209/0200-29 (2011-05-02)
- NVF 2006, Beständiga Beläggningar, Delrapport Etapp 3.
- SBUF nr 10:21

2.2 Prestandahöjande tillsatser i asfaltsbeläggningar

Viktigt vid användningen av tillsatsmedel är att det inte i allt för hög grad försvårar återvinningen eller påverkar omgivningen negativt. I de flesta fall används tillsatsmedel för att förbättra egenskaperna hos asfaltsbeläggningen. Men ibland används tillsatsmedel som en extra försiktighetsåtgärd för att kompensera brister i ingående material eller i utförandet. Motivet att använda större mängd tillsatsmedel kan i vissa fall vara att, till exempel om stenmaterialet har sämre vidhäftningsegenskaper eller att trafikbelastningen är extremt hög. Vissa tillsatsmedel kan upplevas som besvärliga av asfaltspersonal på asfaltverk och även vid utläggningen på vägen. Dock visar de mätningar som har gjorts att uppmätta halter av skadliga ämnen oftast är låga och under detektionsgränsen. Det som visat sig vara ett problem är obehagliga lukter, damm, rök m.m. som då gett irritation på hud, ögon och luftvägar. Valet av tillsatsmedel måste förutom de tekniska frågorna även ta hänsyn till miljöaspekterna. Tillsatsmedel kan ge stora förbättringar för hållbarheten hos asfaltsbeläggningar. Vilket är positivt för miljön eftersom livslängden hos beläggningen blir högre och förhoppningsvis ger lägre årskostnader (NVF, 2006).

2.3 Bergarters påverkan i asfalt

Glimmer är ett vanligt förekommande mineral i den svenska berggrunden. Allmänt är ballast som innehåller mycket glimmer ansedd som ett dåligt bergmaterial för användning som byggnadsmaterial. Används glimmerrika bergarter som ballast i en asfaltsbeläggning kan det ge upphov till försämrade funktionsegenskaper som t.ex. dålig slitstyrka i slitlager (Hassan, et al., 2003; Höbeda, 1969). Vid krossning av bergarter där glimmer är orienterad bildas ofta flakiga och stängliga korn, vilket då bildar sammanhängande skikt i moderberget. Dessa skikt bildar brottanvisningar och mineralet ger då upphov till försvagad vidhäftning till bitumen. Detta eftersom det kan spalta upp mekaniskt i partikelytan. Glimmer gör dessutom att asfalten blir mer svårpackad pga. glimmerns flakiga kornform och elasticitet. Vid tillverkningen av en asfaltsmassa med aggregat som har en hög halt av glimmer måste hänsyn tas till att öka bindemedelsmängden (Hassan, et al., 2003).

3 Okulär metod

Rapporten har två olika delar. Första delen innefattar den okulära bedömningen som rapporten främst är inriktad på. Andra delen är bildanalys som inte kommer att beröras lika djupt. I detta avsnitt beskrivs även den utrustning som krävs för denna laboration samt en beskrivning av tillvägagångssättet för den okulära bedömningen.

3.1 Material

- **Aggregat**
Stenbrott 1 och stenbrott 2, 8-11 mm fraktion. Denna fraktion storlek används eftersom det visat sig ge bäst resultat vid tidigare laborationer.
- **Bindemedel**
Bitumen 70/100, siffrorna innebär penetrationsvärdet vid 25 °C.
- **Vidhäftningsmedel**
SiO₂, Nollprov, och LD-slagg 108 min.

- **Kylskåp**

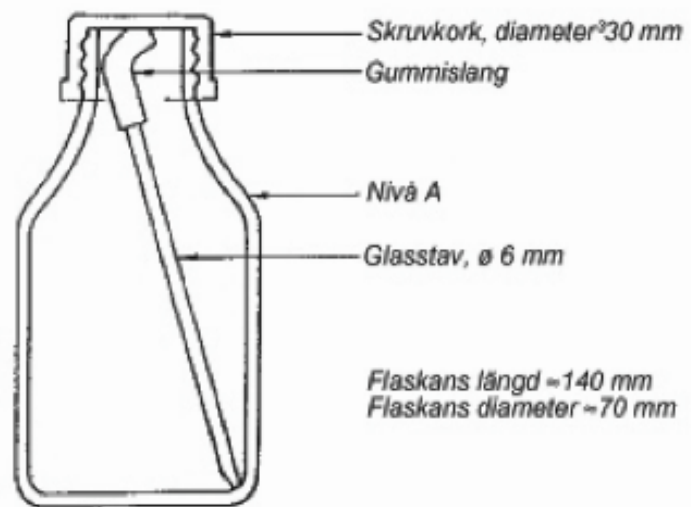
Kylskåp med temperatur på 5 °C.

- **Skakbord**

Vid tvättande av stenarna används ett skakbord, konstruerat med siktar med kvadratiska maskor med maskvidden 5,6 resp. 8 mm.

- **Flaskor**

Glasflaskor med en glasstav. Flaskans konstruktion: skruvkork med 30 mm i diameter, glasstav med \varnothing 6 mm, gummislang på glasstavens topp, flaskans längd är 140 mm och dess diameter är 70 mm. Stavens uppgift är att ge aggregaten en mekanisk omröring och därmed minimera risken för klumpbildning mellan aggregaten.



Figur 1. Rullflaska

- **Ugn/Värmeskåp**

Temperaturregulator (40-220 °C) och kontroll termometer. För att torka stenarna och för upphettning av bituminet. Temperatur noggrannhet på 5 °C.

- **Våg**

Kapacitet på minst 600 gram och en noggrannhet på 0,1 g. För att mäta upp rätt mängd av respektive material.

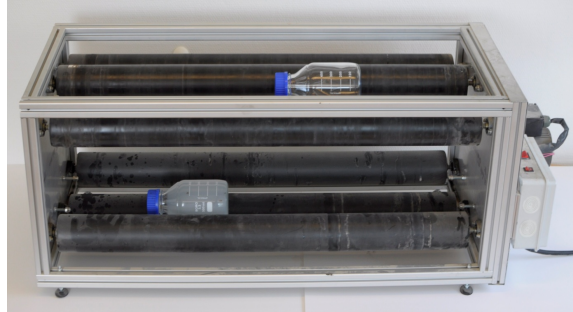
- **Burkar**

Burkarna är gjorda av metall och konstruerade med lock.

- **Tachometer**

Används för att mäta upp rätt rotationshastigheten på rullbordet.

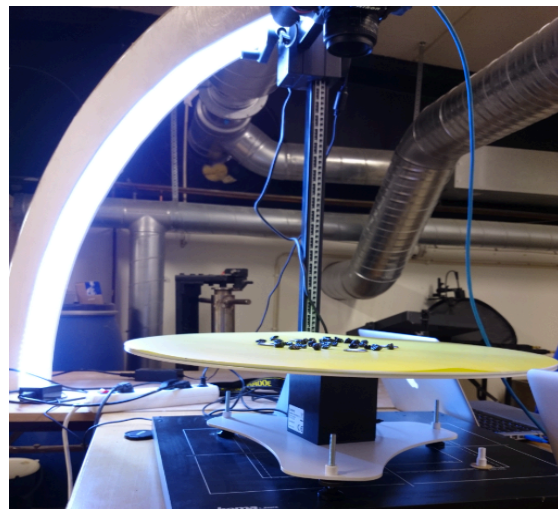
- **Rullbord**
Rullbordet har tre valsar i de två planen (se figur 1). En variation på rotationshastighet mellan 20-60 vara/min, onoggrannhet på 1 vara/min. Rotationshastighet i detta försök är ca 60 vara/min.



Figur 2. Rullbord

- **Stativ belysning**
Två stora lampor i form av strålkastare.
- **Repro-stativ**
Hjälpmiddel för att kunna ta bilder rakt uppifrån på aggregaten. Kameran är fastmonterad på stativet.
- Gul bakgrund
För att enkelt kunna urskilja stenarna och lättare att bedöma dess täckningsgrad.

- **Tält**
För att minimera reflexer och skuggor.
- **Nikon D800e kamera**
Kamera med en hög upplösning, 36 mega pixlar.
- **Snurrbord**
Snurrbordet snurrar 10° mellan varje bild. Totalt 36 bilder tas för att analysera aggregaten.



Figur 3. Snurrbord, repro-stativ och bågbelysning.

- **Båg belysning**
Egengjord belysning för att få belysning från alla håll. Snurrbord och bågbelysning

3.2 Provberedning

3.2.1 Stenmaterial

Ca 2 kg stenmaterial av stenbrott 1 och av stenbrott 2 med fraktionen 8/11 vägs upp. Stenmaterialet tvättas i en skakmaskin för att få bort eventuellt filler och andra medel som kan förekomma på aggregaten. Låt aggregaten ligga kvar i skakmaskin ytterligare ca: två minuter för att endast ta vara på fraktionen 8/11 som ska användas. Placera stenmaterialet i en ugnform och torka stenmaterialet i en ugn med temperaturen 110 ± 5 °C. Tag sedan ut stenmaterialet ur ugnen efter att allt vatten försvunnit, därefter skall stenmaterialet åter anta rumstemperatur. Fördela stenmaterialet i fyra olika metallburkar med 150 ± 1 g i vardera burk (SS-EN 12697-11:2012. 2014). Värm upp burkarna med stenmaterialet till blandningstemperaturen i en ugn under 2-3 h. Blandningstemperaturen skall vara referenstemperaturen för bitumen (SS-EN 12697-35:2004. 2014).

Tabell 1. Blandningstemperatur enligt SS-EN 12697-35:2004.

Bindemedel	Blandningstemperatur
70/100	145 ± 5 °C

3.2.2 Bindemedel

Upphetta bindemedlet enligt SS-EN.

Förvara neddelade prover i lämpliga behållare täckt med lock eller aluminiumfolie. Det är viktigt att bindemedlets yta är täckt med aluminiumfolie under uppvärmningen, eftersom bindemedlet annars föråldras (SS-EN 12697-11:2012. 2014).

3.3 Blandning sten och bitumen

För att kunna utvärdera täckningsgraden efter angivna tidsintervall skall det tidschema följas som är skisserats i bilaga 1. Analysarbetet påbörjas måndag morgon och avslutas fredag under samma vecka.

Ugnformen placeras med stenmaterialet och behållaren med bindemedlet i ugnen. Blandningstemperaturen skall vara referenstemperaturen för blandningar enligt definitionen i SS-EN. Materialen värms upp till den temperatur de skall blandas i ± 5 °C. Blandningstemperaturen ges i tabellen ovan (Tabell 1.). Tiden för uppvärmningen är 3 ± 1 h (SS-EN 12697-11:2012. 2014).

Ungsformen tas ut med stenmaterialet och behållaren med bindemedlet ur ugnen, tillsatt *omedelbart* genom successiva vägningar $11,2 \pm 0,1$ g bindemedel till stenarna 360 ± 2 g. Blandningens bindemedelshalt blir 3,0 vikt-%. Mängden vidhäftning som ska tillföras i blandningen räknas ut på följande vis:

$$\alpha = \frac{2,650 \text{ (Mg/m}^3\text{)}}{\text{stenens densitet (Mg/m}^3\text{)}}$$

Ekvation 1.

Bindemedlet och stenmaterialet blandas intensivt i en burk genom att skaka burken. Blandningen skall utföras så att stenmaterialet till 100 % blir täckta med bindemedlet. I annat fall förkastas blandningen.

Stenmaterialet sprids omedelbart ut på ett ugnformspapper. Stenmaterialet ska därefter lagras över natten i rumstemperatur (SS-EN 12697-11:2012. 2014).

3.4 Rullförsök

Tidsschema för flaskorna, se *bilaga 1*.

- Neddela stenmaterialet till 4 analysprover med vardera 150 ± 1 g. Märk flaskorna med siffror för att inte blanda ihop flaskorna. Fyll flaskorna till hälften med destillerat vatten som ska ha temperaturen $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Den låga temperaturen på vattnet minimerar risken för sammanklumpning mellan de täckta stenarna innan rullningen av flaskorna startar.
- Neddelandet av stenmaterialet till de olika flaskorna görs för hand. Uppvägningen av stenmaterialet görs på en våg med en onoggranhet på 0,1 g. Fyll upp resten av flaskan med destillerat vatten efter den fyllts med den rätta mängden stenmaterial.
- Lägg därefter i glasstaven och skruva på skruvkorken på flaskan. Se till att korken är hårt åtdragen för att undvika läckage då flaskan kommer att rullas liggande ner på rullbordet.
- Rotationshastigheten på rullbordet för analysen är 60 varv/min enligt (SS-EN 12697-11:2012. 2014) Kontrollera rotationshastigheten på bordet med hjälp av en tachometer.
- Placera flaskorna på rullbordet och starta första provningen. Provningen ska starta på förmiddagen och rulla enligt tidsschemat

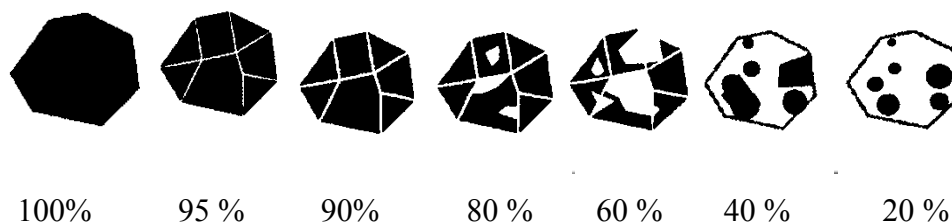
mellan 4-6 h innan första tillfälle för utvärdering ska göras (SS-EN 12697-11:2012. 2014).

För varje tillfälle av bedömning ska två flaskor analyseras och jämföras med varandra. Plocka bort en flaska efter varje bedömning, för att vidare analysera stenmaterialet i en fotoanalys. Endast de oprövade vidhäftningsmedlen ska analyseras i bildanalysen.

3.5 Beräkning av okulär täckningsgrad

Utvärdera täckningsgraden efter 4-6 h, 24 h, 48 h och 72 h på följande sätt:

- Stanna rullbordet och tag av rullflaskorna. Utvärdera flaskorna en efter en. Börja med att hälla ut vattnet ur flaskan i en bägare. Spara vattnet som varit i flaskan.
- Häll ut stenarna på ett vitt underlag och fyll upp en glasbägare till hälften med kallt vatten. Lägg i ca hälften av stenarna i glasbägaren med vatten. Glasbägaren skall stå på ett vitt underlag, detta för att lättare kunna utvärdera stenarnas täckningsgrad. Utvärderingen görs under en stark skrivbordslampa.
- För att underlätta utvärderingen är följande figur nedan tillhjälp:



Figur 4. Utvärdering täckningsgrad (SS-EN 12697-11:2012. 2014)

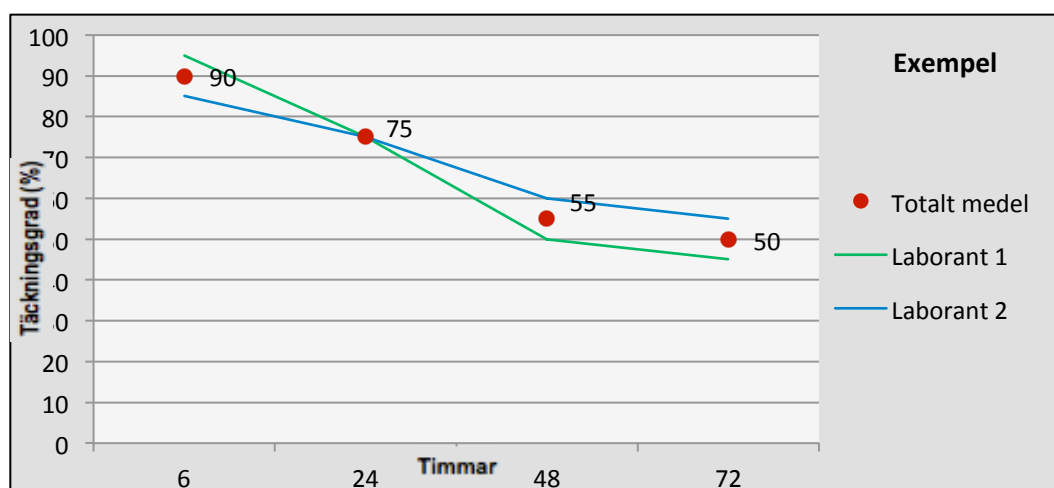
- Lägg tillbaka stenarna i respektive flaska efter första utvärderingen och fyll upp flaskan med det *ursprungliga* vattnet.
- Vid varje tillfälle ska utvärderingen av täckningsgraden göras av två laboranter, dessa SKA göra utvärderingen oberoende av varandra. Samma personer skall medverka vid varje tillfälle för utvärdering. Under utvärderingen får laboranterna inte ha tillgång till tidigare analysresultat från de aktuella försöken. Utvärderingen sammanställs på en särskild blankett, se *bilaga 2*.
- Utvärderingen av täckningsgraden avrundas uppåt till närmsta 5 % (SS-EN 12697-11:2012. 2014)

3.6 Beräkning av okulärt resultat

Beräkna medelvärdet av täckningsgraden efter respektive rulltid. Beräkna även för respektive laborant X_1 & X_2 och för det totala värdet X_{tot} . Inför beräknade medelvärden på resultatblanketten (*bilaga 2*) och avsett ett diagram för täckningsgraden % som funktion av tiden. Se exempel nedan, *figur 5* och *tabell 2*.

Tabell 2. Exempel på täckningsgrad beroende på tiden.

<i>Tid</i>	<i>6 h</i>	<i>24 h</i>	<i>48 h</i>	<i>72 h</i>
<i>Laborant 1</i>	95 %	75 %	50 %	45 %
<i>Laborant 2</i>	85 %	75 %	60 %	55 %
<i>Totalt medelvärde</i>	90 %	75 %	55 %	50 %



Figur 5. Exempel på täckningsgrad beroende på tiden.

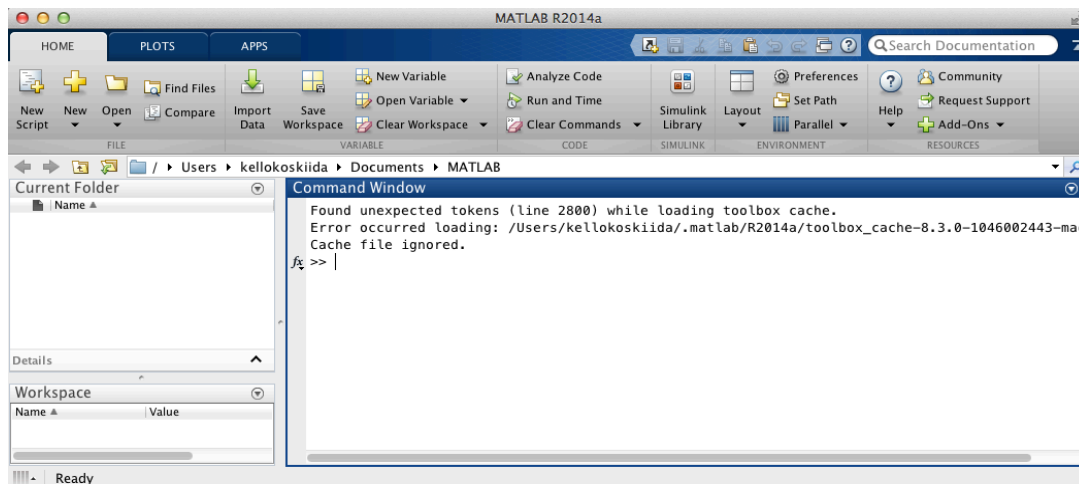
4 Bildanalys Metod

Den andra delen, bildanalys, i detta arbete förklaras under detta avsnitt. I avsnittet beskrivs även vilka program som används och hur täckningsgraden räknas ut.

4.1 Program för bildanalys

MATLAB är ett datorprogram och programspråk från företaget MathWorks som främst används för matematiska och tekniska beräkningar.

Matlab används överallt där det finns beräkningsproblem. Företaget MathWorks producerar 100 extra produkter för specialiserade uppgifter som till exempel dataanalys och bildbehandling som används vid denna undersökning (Mathworks, 2014). Matlab är för studenter vid LTH fritt tillgänglig för nedladdning på Matematikcentrums hemsida, <http://www.maths.lth.se/vision/downloads/>.



Figur 6. Matlab.

Fönster som kommer upp när Matlab öppnas ser ut enligt *figur 6* nedan. Här finns det flera verktyg som kan användas för vilket problem man vill beräkna och analysera (Mathworks, 2014). I denna rapport är det bildanalysen som skall användas. För bildanalys används det flera olika kommandon och funktioner för att analysera och fotografera det objekt som är aktuellt. Nedan förklaras olika funktioner kortfattat varför och hur de används för bildanalysen.

4.2 Steg för steg bildanalys

Systemet för att uppsatta täckningsgraden av bitumen består av flera steg. Första steget är att transformera alla bilder så att de roteras på samma sätt. Detta görs genom att automatiskt hitta fyra referenspunkter i varje bild och räkna ut en homografi från alla bilder till en referensbild. Homografin används sedan till att transformera bilderna.

När bilderna transformeras beräknas en medelbild och en differensbild som för varje pixel visar skillnaden mellan det högsta och det lägsta pixelvärdet för alla bilder. Medelbilden används sedan för att segmentera stenarna från bakgrunden och differensbilden används för att avgöra var reflexer uppkommit.

Täckningsgraden beräknas därefter genom att beräkna andel reflexer och kompensera för att det inte bildas reflexer överallt i bituminet.

4.2.1 Transformera bilder

Transformimages

Läser in alla bilder i en katalog. Hittar de fyra referenspunkterna i varje bild och beräknar en homografi från den aktuella bilden till första bilden. Därefter transformeras respektive bild och sparas med tillägget `_t`. Plottar även upp referenspunkterna om så önskas.

FindCheck

Letar reda på fyra markörer i form av små schackmönster i bilden. Detta görs med hjälp utav Sliding Window. Bilden skalas ner till en lämplig skala för att detektionen ska gå snabbare, därefter undersöks varje patch. Det vill säga att FindCheck går igenom varje pixel och området kring pixeln i bilden. Rutan görs om till en binär bild som sedan jämförs med flera mönster, schackmönstret roterat på olika sätt. Poängen för den bästa matchningen sparas för varje liten ruta i bilden, när alla rutor undersökts plockas de fyra punkterna ut som gett bäst matchning. Punkterna plockas ut en åt gången och alla pixlar i en omgivning av den aktuella pixeln diskvalificeras för att undvika att programmet plockar ut punkter för nära varandra.

MyCorner

Plockar ut skärningen mellan de svarta och vita fälten i ett litet schackmönster. Där fås en liten gråskalebild in som sedan gör om den till binär och plockar ut de punkter som är på gränsen mellan vitt och svart. Med hjälp av dessa punkter anpassas sedan två linjer, relativt vinkelräta mot varandra, och den korresponderande punkten plockas ut som skärningen mellan dessa linjer.

Optorder

Matchar ihop de fyra punkterna med deras korresponderande punkter i föregående bild. Detta görs genom att beräkna det totala avståndet mellan punkterna i föregående bild och olika permutationer av punkterna i den aktuella bilden. Konfigurationen som ger det totalt minsta avståndet väljs.

Findpoints

Plockar ut punkter där derivatan i x-, y-led eller diagonalt är tillräckligt

stor. För varje punkt tas punkter i en omgivning runt punkten bort, så att de i varje liten ruta bara finns en punkt, den starkaste.

Int2lines

Anpassar två linjer till punkter med hjälp av RANSAC och beräknar skärningen mellan dem. Först anpassas en linje med hjälp av RANSAC, de punkter som anses vara inliers tas bort och en ny linje anpassas på samma sätt. Skärningen beräknas genom att lösa ett enkelt ekvationssystem.

4.2.2 Segmentera bakgrund

Maxminim

Läser in alla bilder i en katalog med rätt slut på filnamnet. Beräknar medelbildens och högsta och lägsta intensitet för varje pixel. Beräknar även en differensbild som för varje pixel är skillnaden mellan den högsta och lägsta intensiteten. Funktionen plockar även ut en mask som anger vilken del av bilden som finns med i alla bilder.

Segmentbackground

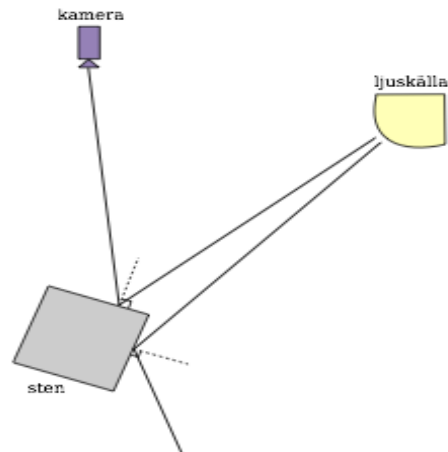
Plockar ut den vanligast förekommande färgen, bakgrundsfärgen, i medelbilden och beräknar färgskillnaden till alla pixlar. Sedan trösklas bilden på färgskillnaden. Därefter fylls småhål igen i stenarna. För att bli av med segmenten vid markörerna letas dessa upp och dem segmenten som innehåller skärningspunkten tas bort. På samma sätt tas segmentet som innehåller punkten i mitten av bilden bort. På så sätt är det bara stenar kvar som klassificeras som förgrund.

Colordiff

Transformerar bilden till L*a*b färger och beräknar färgskillnaden mellan alla pixlar till en referensfärg.

4.3 Beräkning täckningsgrad bildanalys

Ljuset från lamporna som är uppställda måste träffa de bitumenklädda ytor som sedan skall träffa kameran som är placerad ovanför stenarna. Detta illustrerar *figur 7*. Ljuset som träffar stenarna kommer reflekteras i kameran (Källén, 2014).



Figur 7. Ljusets reflexer.

För att beräkna andelen reflexer fotograferas först en serie med 100 % bitumenklädda stenar. För att definiera vad en reflex är väljs en bild ut som visar skillnaden mellan den högsta och lägsta intensiteten för en pixel genom hela serien bilder. Därefter definieras en reflex till var skillnaden överskrider en viss tröskel (Källén, 2014). I detta fall är tröskeln satt till 120, där 0 är svart och 255 är vitt. Andelen reflexer beräknas på följande vis:

$$\text{andel reflexer} = \frac{\text{antal förgrundspixlar med intensitet högre än 120}}{\text{antalet förgrundspixlar}}$$

Ekvation 2.

Från uträkningen räknas det fram hur stor andel reflexer som motsvarar 100 % täckning. I detta fall innebär det att en bild (stenarna) som är 24 % bitumen täckt motsvarar 100 % från de ovanstående beräkningarna. Från detta kan sedan täckningsgraden beräknas på stenarna som rullats enligt tidsschemat i bilaga 1. Andelen reflexer för helt täckta stenar betecknas med a_0 , beräkningen av täckningsgraden beräknas på följande vis:

$$\text{täckningsgrad} = \frac{1}{a_0} \times \frac{\text{antal förgrundspixlar med intensitet högre än 120}}{\text{antalet förgrundspixlar}}$$

Ekvation 3.

På detta sätt fås en uppskattning av täckningsgraden oavsett färg på stenarna, mörka eller ljusa (Källén, 2014).

4.4 Beräkning av bildanalys resultat

Beräkning för bildanalys kommer göras enligt ovanstående instruktioner 4.3 *Beräkning täckningsgrad bildanalys*. Författaren har valt att analysera stenarna vid två olika kontroll tillfällen, efter 24 h rulltid och efter 48 h rulltid. Resultatet redovisas i en tabell.

5 Resultat

Nedan presenteras resultatet både bildanalysen och den okulära bedömningen. Resultatet presenteras för respektive vidhäftningsmedel och stenbrott.

5.1 Okulärt resultat

Resultatet redovisas i både tabellform och i en graf. Grafen förtydligar siffrorna från respektive tabell som visar hur täckningsgraden är beroende av tiden.



Figur 8. Rullflaska med stenmaterial.



Figur 9. Bild från okulär bedömning.

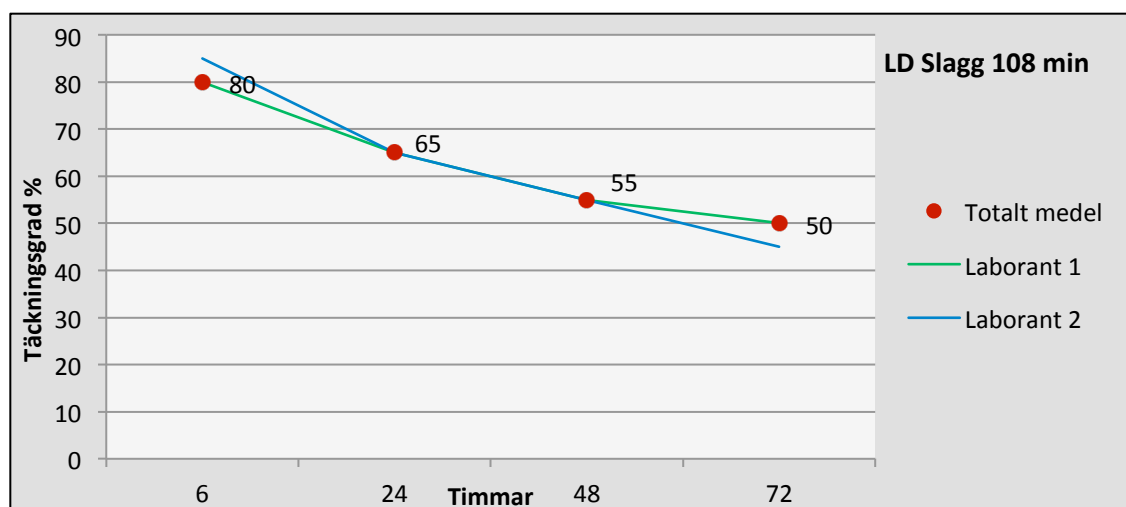
5.1.1 Rullflaska LD-Slagg 108 min, Stenbrott 1

Flaskorna innehållande LD-Slagg 108 min är märkta med 5,6,7 och 8.

Tabell 3 nedan visar hur täckningsgraden är beroende av tiden. För varje tillfälle för bedömning väljs flaska nr 5 att utvärderas för alla utvärderingstillfällen.

Tabell 3. Stenbrott 1 med vidhäftning LD-Slagg 108 min, täckningsgrad beroende på tiden.

Laborant 1 & 2	5 h		24 h		48 h		72 h	
	1	2	1	2	1	2	1	2
5	75 %	85 %	60 %	70 %	55 %	55 %	50 %	45 %
6	80 %	85 %						
7					55 %	55 %		
8			60 %	70 %				
Totalt medelvärde	81,25 % \approx 80 %		65 %		55 %		50 %	



Figur 10. Stenbrott 1 med vidhäftning LD-Slagg 108 min, täckningsgrad beroende på tiden.

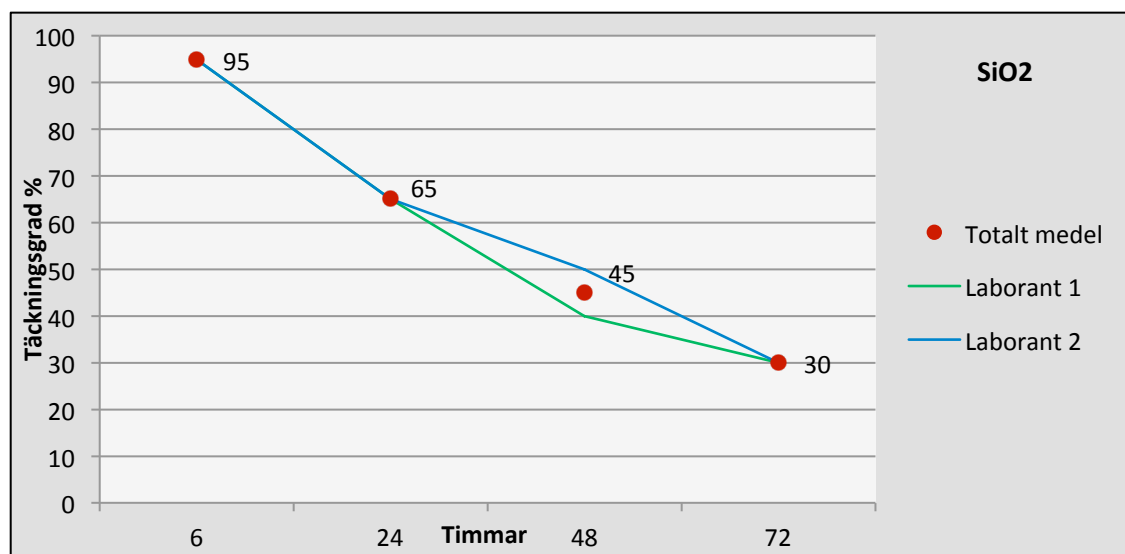
I grafen ovan *Figur 10*, visar den gröna linjen laborant 1 utvärdering för täckningsgraden och den blå linjen visar laborant 2 utvärdering. De röda punkterna visar medelvärdet av de två laboranternas utvärdering. I detta resultat har medelvärdet och laborant 1 fått samma värde för täckningsgraden.

5.1.2 Rullflaska SiO₂, Stenbrott 1

Flaskorna innehållande SiO₂ är märkta med 1,2,3 och 4. *Tabell 4* nedan visar hur täckningsgraden är beroende av tiden. För varje tillfälle för bedömning väljs flaska nr 1 att utvärderas för alla utvärderingstillfällen.

Tabell 4. Stenbrott 1 med vidhäftning SiO₂, täckningsgrad beroende på tiden.

Laborant 1 & 2	5 h		24 h		48 h		72 h	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	95 %	95 %	65 %	65 %	40 %	50 %	30 %	30 %
2	95 %	95 %						
3					40 %	50 %		
4			65 %	65 %				
Totalt medelvärde	95 %		65 %		45 %		30 %	



Figur 11. Stenbrott 1 med vidhäftning SiO₂, täckningsgrad beroende på tiden.

I grafen ovan *Figur 11*, visar den gröna linjen laborant 1 utvärdering för täckningsgraden och den blå linjen visar laborant 2 utvärdering. De röda punkterna visar medelvärdet av de två laboranternas utvärdering. I detta fall visar resultat på att laborant 2 anser att täckningsgraden är högre än vad laborant 1 anser.

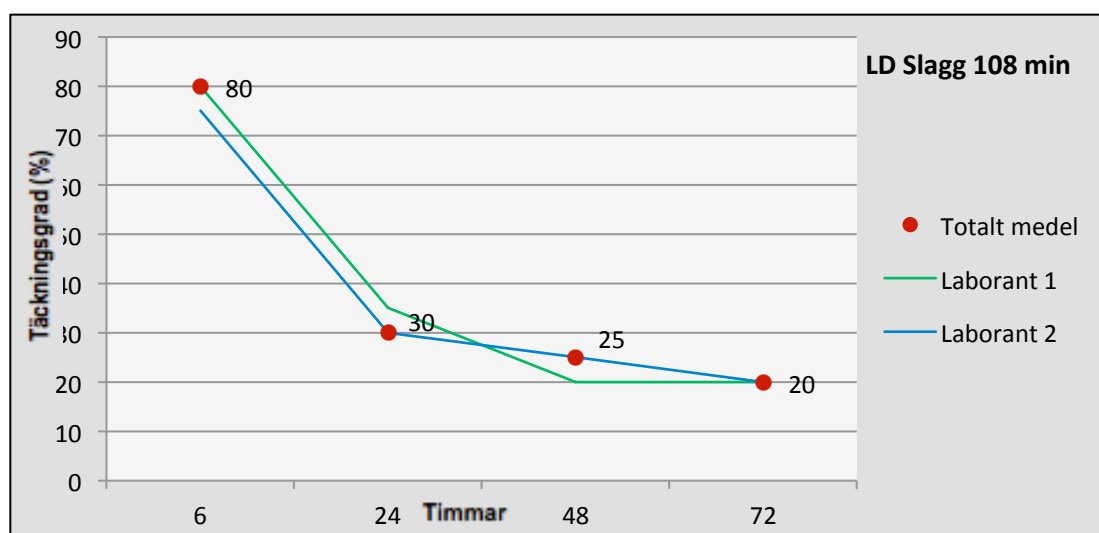
5.1.3 Rullflaska LD-Slagg 108 min, Stenbrott 2

Flaskorna innehållande LD-Slagg 108 min är märkta med 5,6,7 och 8.

Tabell 5 nedan visar hur täckningsgraden är beroende av tiden. För varje tillfälle för bedömning väljs flaska nr 5 att utvärderas för alla utvärderingstillfällen.

Tabell 5. Stenbrott 2 med vidhäftning LD-Slagg 108 min, täckningsgrad beroende på tiden.

	5 h		24 h		48 h		72 h	
Laborant 1 & 2	1	2	1	2	1	2	1	2
5	80 %	75 %	35 %	30 %	20 %	25 %	20 %	20 %
6	80 %	75 %						
7			30 %	30 %				
8					20 %	25 %		
Totalt medelvärde	80 %		30 %		25 %		20 %	



Figur 12. Stenbrott 2 med vidhäftning LD-Slagg 108 min, täckningsgrad beroende på tiden.

I grafen ovan *Figur 12*, visar den gröna linjen laborant 1 utvärdering för täckningsgraden och den blå linjen visar laborant 2 utvärdering. De röda punkterna visar medelvärdet av de två laboranternas utvärdering. I detta resultat visar grafen att laborant 1 anser att täckningsgraden är högre vid de första två avläsningarna jämfört med laborant 2 utvärdering. De två sista avläsningarna anser laborant 2 att täckningsgraden är högre jämfört med vad laborant 1 anser.

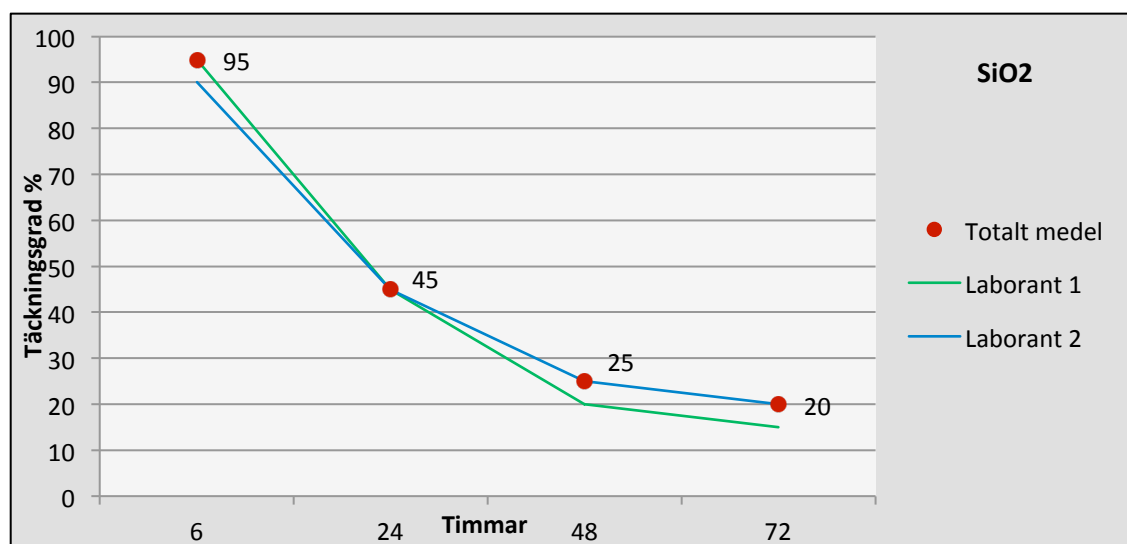
Notering: Efter 72 h fanns det klumpbildning mellan stenarna.

5.1.4 Rullflaska SiO₂, Stenbrott 2

Flaskorna innehållande SiO₂ är märkta med 1,2,3 och 4. *Tabell 6* nedan visar hur täckningsgraden är beroende av tiden. För varje tillfälle för bedömning väljs flaska nr 1 att utvärderas för alla utvärderingstillfällen.

Tabell 6. Stenbrott 2 med vidhäftning SiO₂, täckningsgrad beroende på tiden.

Laborant 1 & 2	5 h		24 h		48 h		72 h	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	95 %	90 %	45 %	45 %	20 %	25 %	15 %	20 %
2	95 %	90 %						
3			45 %	45 %				
4					20 %	25 %		
Totalt medelvärde	95 %		45 %		25 %		20 %	



Figur 13. Stenbrott 2 med vidhäftning SiO₂, täckningsgrad beroende på tiden.

I grafen ovan *Figur 13*, visar den gröna linjen laborant 1 utvärdering för täckningsgraden och den blå linjen visar laborant 2 utvärdering. De röda punkterna visar medelvärdet av de två laboranternas utvärdering. Båda laboranterna hade en lik uppfattning av täckningsgraden för respektive utvärdering.

Notering: Efter 48 h fanns det klumpbildning mellan stenarna. Valde ändå att fortsätta med processen. Efter 72 h var det ytterligare mer klumpbildning.

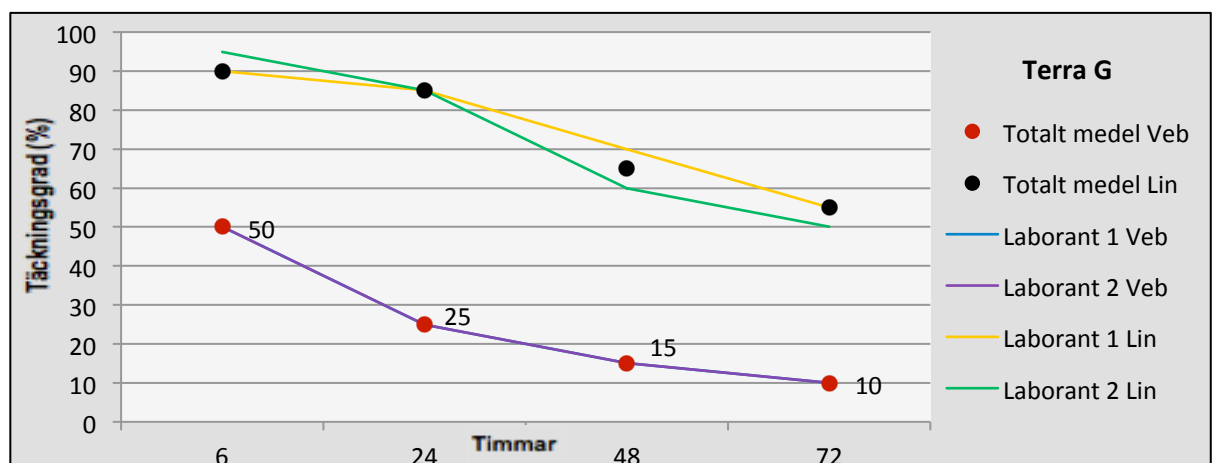
5.1.5 Rullflaska Terra G, Stenbrott 1 & Stenbrott 2

Resultatet av Terra G för de olika stenmaterialen väljs att lägga i samma diagram och tabell. Eftersom Terra G är en referens till om respektive vidhäftningsmedel är lika väl fungerande.

Flaskorna innehållande Terra G är märkta enligt följande: Stenbrott 1 (3 och 4) och Stenbrott 2(1 och 2).

Tabell 7. Stenbrott 1 och Stenbrott 2 med vidhäftning Terra G, täckningsgrad beroende på tiden

Stenbrott 1								
Rulltid	6 h		24 h		48 h		72 h	
Laborant 1 & 2	1	2	1	2	1	2	1	2
3	85 %	90 %	85 %	85 %	75 %	60 %	55 %	50 %
4	90 %	95 %	80 %	85 %	60 %	55 %	55 %	50 %
Totalt medelvärde	90 %		85 %		62,5 % ≈ 65 %		55 %	
Stenbrott 2								
1	50 %	50 %	25 %	25 %	15 %	10 %	10 %	10 %
2	45 %	50 %	20 %	25 %	15 %	10 %	10 %	10 %
Totalt medelvärde	50 %		25 %		15 %		10 %	



Figur 14. Stenbrott 1 och Stenbrott 2 med vidhäftning Terra G, täckningsgrad beroende på tiden.

I grafen ovan *Figur 14*, visar den gröna linjen laborant 1 utvärdering förtäckningsgraden och den gula linjen visar laborant 2 utvärdering av täckningsgraden för stenbrott 1. De svarta punkterna visar medelvärdet av de två laboranternas utvärdering för stenbrott 1.

Den blåa linjen visar laborant 1 utvärdering och den lila linjen visar laborant 2 utvärdering av täckningsgraden för stenbrott 2. De röda punkterna är medelvärdet av de två laboranternas utvärdering för stenbrott 2. Resultatet för den blåa och lila linjen får samma värden som för det totala medelvärdet och ligger därför bakom de röda punkterna.

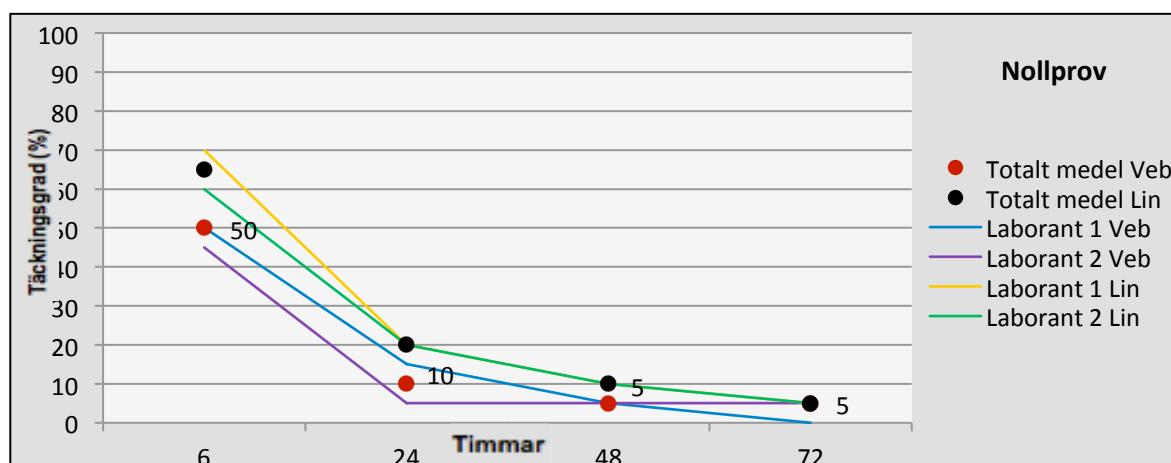
5.1.6 Rullflaska nollprov, Stenbrott 1 & Stenbrott 2

Resultatet av nollproven för de olika stenmaterialen väljs att lägga i samma diagram och tabell. Eftersom nollprovet är en referens till om respektive vidhäftningsmedel är fungerande eller inte.

Flaskorna innehållande nollprov är märkta enligt följande: Stenbrott 1 (8 och 7) och Stenbrott 2 (6 och 5).

Tabell 8. Stenbrott 1 och Stenbrott 2 utan vidhäftning, täckningsgrad beroende på tiden

Stenbrott 1									
Rulltid	6 h		24 h		48 h		72 h		
Laborant 1 & 2	1	2	1	2	1	2	1	2	
8	75 %	55 %	15 %	20 %	10 %	10 %	5 %	5 %	
7	65 %	60 %	25 %	20 %	10 %	10 %	5 %	5 %	
Totalt medelvärde	63,75 % \approx 65 %		20 %		10 %		5 %		
Stenbrott 2									
6	50 %	45 %	15 %	5 %	5 %	5 %	0 %	5 %	
5	50 %	45 %	15 %	5 %	5 %	5 %	0 %	5 %	
Totalt medelvärde	50 %		10 %		5 %		5 %		



Figur 15. Stenbrott 1 och Stenbrott 2 utan vidhäftning, täckningsgrad beroende på tiden.

I grafen ovan *Figur 15*, visar den gröna linjen laborant 1 utvärdering för täckningsgraden och den gula linjen visar laborant 2 utvärdering av täckningsgraden för stenbrott 1. De svarta punkterna visar medelvärdet av de två laboranternas utvärdering för stenbrott 1.

Den blåa linjen visar laborant 1 utvärdering och den lila linjen visar laborant 2 utvärdering av täckningsgraden för stenbrott 2. De röda punkterna är medelvärdet av de två laboranternas utvärdering för stenbrott 2.

5.2 Resultat bildanalys

Resultat Stenbrott 1

Tabell 9, resultat av bildanalys Stenbrott 1

Vidhäftning	24 h	48 h
SiO ₂	37,19 %	37,96 %
LD-Slagg 108 min	60,25 %	48,66 %

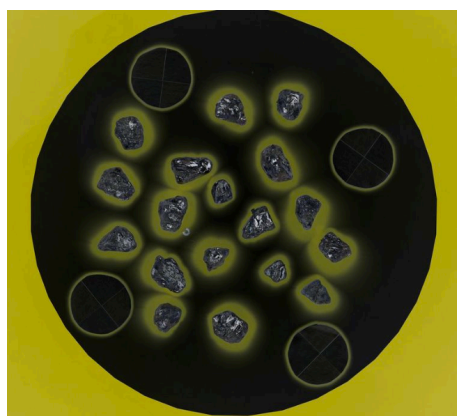
Resultat Stenbrott 2

Tabell 10, resultat av bildanalys Stenbrott 2

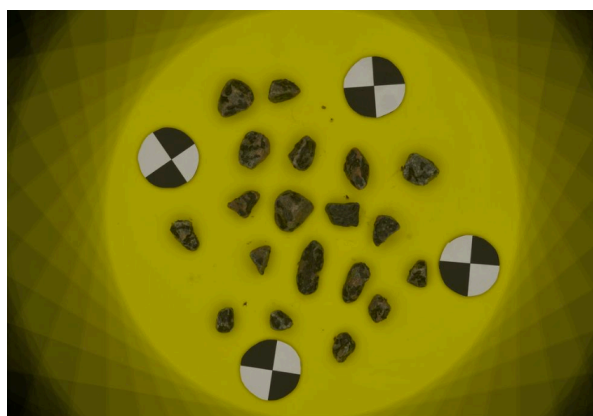
Vidhäftning	24 h	48 h
SiO ₂	53,63 %	18,96 %
LD-Slagg 108 min	31,48 %	29,11 %

Tabell 9 och 10 ovan, redovisar resultatet från bildanalysen som datorn räknat ut.

Det röd markerade resultatet gav anmärkningsbara värden att analysera och diskutera.



Figur 16. Bildanalys av reflexer



Figur 17. Bildanalys, medelbild.

6 Analys

Nedan analyseras resultaten från den okulära delen och bildanalys delen.

6.1 Analys okulärt resultat

6.1.1 Rullflaska SiO₂ och LD-Slagg 108 min, Stenbrott 1

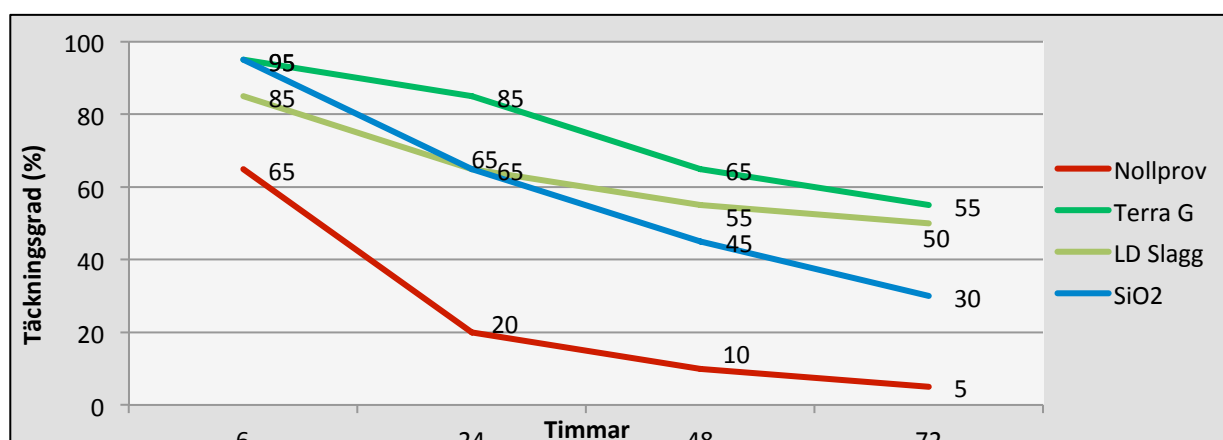
Skillnaden mellan de olika vidhäftningsmedlen var markant efter första kontrollen (4-6 h). Resultatet visade tydligt att aggregaten som blivit täckta av LD-slagg 108 min hade en betydligt högre täckningsgrad än aggregaten som var täckta med SiO₂.

Efter andra kontrollen (24 h) var resultatet mer jämlikt. Täckningsgradens medelvärde för båda vidhäftningsmedlen hamnade på 65 %. Vilket tyder på att LD-slagg 108 min hade försämrats mer än vad SiO₂ efter att rullat i ytterligare timmar.

Tredje kontrollen (48 h) visade att SiO₂ hade en högre täckningsgrad än LD-Slagg 108 min. D

Fjärde och sista kontrollen visade även här att SiO₂ hade en högre täckningsgrad än LD-Slagg 108 min.

Sammanfattningsvis tyder resultaten på att SiO₂ börjar med ett sämre värde men håller en mer jämn försämringsgrad än LD-Slagg 108 min. LD-Slagg 108 min försämrar väsentligt mer desto längre den får rulla på rullbandet.



Figur 18. Sammanställning vidhäftningsmedel, Stenbrott 1.

I grafen ovan *figur 18*, kan man se hur resultatet blev av de olika vidhäftningsmedel som testades. Nollprovet är till för att jämföra respektive vidhäftningsmedel för att se om det är användbart eller inte. För att se om vidhäftningen har någon förmåga eller inte. Terra G som är med i grafen har använts vid tidigare undersökningar och visat sig fungera bra som vidhäftningsmedel. Därför finns Terra G även med här för att jämföra hur de nya vidhäftningsmedlens förmåga fungerar i jämförelse med ett redan fungerande vidhäftningsmedel. Grafen visar tydligt att de nya vidhäftningsmedlen har en fungerande effekt i jämförelse med nollprovet. Men är inte lika fungerande i jämförelse med vidhäftningen Terra G.

6.1.2 Rullflaska SiO₂ och LD-Slagg 108 min, Stenbrott 2

Skillnaden mellan de olika vidhäftningsmedlen var tydlig efter första kontrollen (4-6 h). Resultatet visade att aggregaten som blivit täckta av SiO₂ hade en högre täckningsgrad än aggregaten som var täckta med LD-slagg 108 min.

Efter andra kontrollen (24 h) var resultatet även här tydligt mellan vidhäftningsmedlen. Täckningsgraden var fortfarande högre bland aggregaten som var täckta med SiO₂. Slitningen av täckningsgraden var jämlig för de båda vidhäftningsmedel, båda ansågs slitit bort samma andel procent.

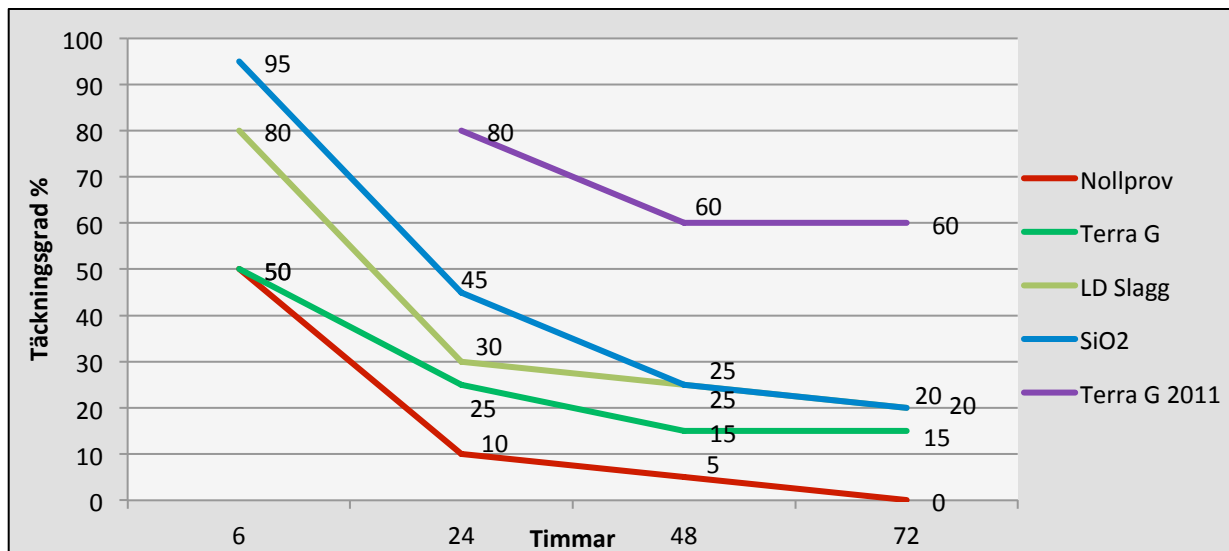
Efter tredje kontrollen (48 h) var resultatet mer jämlikt. Täckningsgradens medelvärde för båda vidhäftningsmedlen hamnade på 25 %. Vilket tyder på att SiO₂ hade försämrats mer än vad LD-Slagg 108 min gjorde efter att rullat i ytterligare 24 timmar.

Notering som gjordes under denna kontroll var att en del av aggregaten med vidhäftningsmedlet SiO₂ börjat klumpa ihop sig. I vanliga fall skall undersökningen stannas och förkastas. Men det beslutades om att undersökningen skulle fortsätta hela vägen.

Fjärde och sista kontrollen ansåg den ena laboranten att SiO₂ hade något sämre täckningsgrad. Medelvärdet visade att de båda vidhäftningsmedel fick samma täckningsgrad 20 %.

Det noterades även vid denna kontroll att fler av aggregaten med vidhäftningsmedlet SiO₂ hade klumpat ihop sig. Även aggregaten med LD-Slagg 108 min hade börjat klumpa ihop sig.

Sammanfattningsvis tyder resultaten på att SiO₂ börjar med ett högre värde men försämras betydligt mer under tiden aggregaten får rulla i flaskan. LD-Slagg 108 hade en sämre utgångs punkt men hade en jämnare förslitning sett till täckningsgraden. De båda vidhäftningsmedel började klumpa sig, vilket innebär att man i egentligen skall förkasta båda proverna.



Figur 19. Sammanställning vidhäftningsmedel, Stenbrott 2.

I grafen ovan *Figur 19*, kan man se hur resultatet blev av de olika vidhäftningsmedel som användes. Nollprovet är till för att jämföra respektive vidhäftningsmedel för att se om det är användbart eller inte. För att se om vidhäftningen har någon förmåga eller inte. Terra G som är med i grafen visade sig inte vara fungerande. Därför läggs ett tidigare resultat in för Stenbrott 2 med Terra G från 2011. Grafen visar att de nya vidhäftningsmedlen har en fungerande effekt i jämförelse med nollprovet men inte i jämförelse med Terra G från 2011.

6.2 Analys av bildanalysens resultat

Resultatet för stenbrott 1 med vidhäftningsmedlet SiO₂ gav ett anmärkningsvärt resultat. Efter 48 h rulltid var täckningsgraden högre än vid 24 h rulltid.

Resultatet av LD-Slagg 108 min gav inget anmärkningsvärt resultat.

Resultatet för stenbrott 2 och de två vidhäftningsmedel som fotograferades gav klara och relevanta värden på täckningsgraden.

7 Felkällor

7.1 Felkällor okulärt resultat

Det första som påverkar resultatet för den okulära utvärderingen är att antalet stenar som utvärderats varit för få. Desto färre stenar som utvärderas ger ett mindre rättvist resultat.

Det som kan vara avgörande för bedömningen av täckningsgraden är de naturligt mörka stenarna. Att stenarna har en mörk färg kan vilseleda ögat och ett antagande att täckningsgraden är högre än vad den egentligen är noteras.

Vid provberedningen har man utvecklat blandningen när stenarna skall bli täckta med bituminet och vidhäftningen. Tidigare har man blandat stenarna med hjälp av en sportel, man rör frekvent om stenarna i en ugnform tills de blivit 100 % täckta. Idag skakar man stenarna i en metallburk där man tillsätter bituminet och vidhäftningsmedlet och skakar burken intensivt tills alla stenar blivit 100 % täckta. Detta kan vara en felkälla eftersom man tagit ett avsteg från vad som står i metodbeskrivningen.

Andra felkällor kan vara att utrustningen varit sliten eller av någon anledning gett felaktiga uppgifter vid doseringen av bindemedel, vidhäftningsmedel.

En felkälla sett till stenmaterialet som används är att stenarna kommer från olika delar i berget och kan därmed ha olika egenskaper som kan påverka resultatet.

Vid rullförsöket för stembrott 2 med vidhäftningen Terra G blev resultatet väldigt dåligt. En teori kan vara att detta kan bero på att vidhäftningsmedlet haft för mycket kontakt med luften. När vidhäftningsmedlet får för mycket kontakt med syret i luften försämras dess kemiska egenskaper. Därför valde författaren att ta med ett tidigare resultat för stembrott 2 då Terra G har använts som vidhäftningsmedel. Detta för att kunna jämföra de oprövade vidhäftningsmedlen med ett fungerande vidhäftningsmedel.

7.2 Felkällor bildanalys

Det första som påverkar resultatet från bildanalysen är att antalet stenar som fotograferas varit för få. Desto färre stenar som fotograferas ger ett mindre rättvist resultat. Eftersom det inte används endast ett tjugotal stenar vid en asfaltsbeläggning utan hundratusentals stenar gör det att bedömningen av stenarna blir bristande. Bedömningen för de stenar som analyseras gäller därmed för all den stenmängd som skall användas.

Det gäller att bildanalysen har rätt inställningar för bakgrunden, att programmet segmenterar ut vad som är bakgrund och aggregat. Att färgen på bakgrunden som stenarna ligger på är i rätt färg. Tidigare har en blå bakgrund används vid fotografering, men den blå bakgrunden fanns inte tillgänglig vid detta experiment. Därför valdes en gul bakgrund som då krävde att programmet fick programmeras om med rätt inställningar m.m. Detta kan vara en felkälla till varför resultatet blev anmärkningsvärt för Stenbrott 2 med vidhäftningen SiO₂. Det krävs också att de reflexer som skall räknas ut har rätt inställningar.

Vid fotograferingen av stenarna hade man i det ideala fallet reflexer på alla de ytor som är täckta av bitumen. Dock är det inte möjligt att få reflexer på alla ytor med den uppställning som används. Det beror på att ytans vinkel på stenarna inte får luta mer än 45° då kameran är placerad rakt ovanför stenarna. Strålarna från ljuskällan kommer då att reflekteras åt andra håll än till kameran och därmed fås det ingen reflex.

Stenar som är spetsiga blir därmed svåra att analysera och beräkna reflexer och täckningsgrad på.

En ytterligare felkälla är att stenarna enbart fotograferas då man endast ser dem från en sida. Den sida av stenen som fotograferas kan ge en orättvis bedömning kring stenens täckningsgrad. Eftersom sidan som fotograferas antingen kan vara helt bitumentäckt och undersidan av stenen kan vara helt fri från bitumen, eller tvärt om. Därför är det viktigt att många stenar fotograferas vid bildanalysen för att resultatet skall vara rättvisande och felmarginalerna färre.

8 Diskussion

Eftersom utvärderingen av täckningsgraden för det okulära resultatet enbart grundar sig till ögat, anses resultatet inte vara lika tillförlitligt. En person kan anse att täckningsgraden är högre än en annan. Trovärdigheten ökar dock om det är fler än två laboranter som utvärderar täckningsgraden. När stenarna är naturligt mörka gör det bedömningen av täckningsgraden svårare. För att underlätta bedömningen lades stenmaterialet i en glasbägare med vatten som stod på ett vitt underlag. Författaren observerade att de stenar som var skrovliga till ytan hade en högre täckningsgrad jämfört med de stenar som hade en slät yta. Detta kan bero på att vidhäftningen enklare fastnar på en skrovlig yta än vid en slät yta. Täckningsgraden var även högre på de stenar som har platta ytor än de stenar som har en rund i form. Detta kan bero på att de stenar som är rundare i formen slits mer under rulltiden i flaskan. Eftersom alla sidorna på stenen då enklare träffas av det andra stenmaterialet i flaskan och även mot själva flaskans sidor.

De två nya vidhäftningsmedel SiO₂ och LD-Slagg 108 min som undersöktes i detta arbete hade inte den vidhäftningsförmåga som man hoppats på. Dessa vidhäftningsmedel var inte fungerande för just de två stenbrott som användes. Men det innebär inte att de två vidhäftningsmedel är obrukbara för andra stenbrott. Eftersom material från olika stenbrott har olika egenskaper. Det finns därmed en möjlighet att dem kan vara fungerande för andra stenbrott. Egenskaper i ett stenmaterial som kan påverka vidhäftningen kan vara glimmerhalten. Vid en krossning av berg där halten av glimmer är hög bildas ofta flakiga och stängliga korn. När berget innehåller en hög halt av glimmer och krossas bildas det skikt i moderberget. Skikten bildar brottanvisningar och mineralet glimmer ger då upphov till att vidhäftningsförmågan till bitumen försvagas. Glimmerns flakiga kornform gör även att asfalten blir mer svårpackad. Glimmer har även en elastisk egenskap vilket också påverkar packningen av asfalt.

Vid blandningen av sten och bitumen används referenstemperaturen för bituminet då aggregaten ska täckas till 100 %. Vid första testförsöket av rullflaskorna användes en temperatur som var högre än referenstemperaturen. Detta reflekterade författaren över och använde sedan den rätta referenstemperaturen. Skillnaden mellan de olika temperaturerna som användes för blandningen av bituminet och aggregaten

var att aggregaten enklare täcktes till 100 % med bituminet som blivit uppvärmd med en högre temperatur.

Vad som är avgörande för bildanalysen är att rätt inställningar är programmerade i bildbehandlingsprogrammet. En annan faktor som kan påverka resultatet är att antalet reflexer som bildas från fotograferingen blivit för få. Detta på grund av att reflexerna som uppstår då ljuset från ljuskällorna runt om stenmaterialet inte reflekterats in i kameran.

De två valda tidpunkterna för bildanalysen var efter 24 h och 48 h. Dessa två tidpunkterna valdes på grund av att man vid dessa tidpunkter ser om vidhäftningsmedlet har någon vidhäftningsförmåga eller inte. Resultaten från bildanalysens täckningsgrad var jämlig med resultaten från den okulära bedömningen av täckningsgraden. Författaren anser detta vara positivt då den okulära bedömningen förhåller sig bra till resultatet som datorn räknat ut för bildanalysen. Författaren observerade att det ena resultatet för bildanalysen blivit fel. Eftersom uträkningen av täckningsgraden blev högre vid rulltiden 48 h än vid 24 h, vilket inte är möjligt. Varför resultatet blev på detta vis kan ha och göra med att de stenar som slumpmässigt valts ut för att fotograferats efter 48 h, varit de stenar som lyckats behålla vidhäftningen bäst. För stenarna som fotograferats efter 24 h kan motsatt anledning inträffat.

9 Slutsats

I detta stycke kommer de två frågeställningarna att besvaras.

Frågeställningarna var följande:

- Hur förhåller sig de två nya vidhäftningsmedel i jämförelse med ett fungerande vidhäftningsmedel?
- Hur förhåller sig de två olika metoderna för utvärdering av täckningsgraden?

De två vidhäftningsmedel, SiO₂ och LD-Slagg 108 min, förhöll sig inte i den grad som det fungerande vidhäftningsmedlet Terra G. Observera att detta resultat enbart gäller för de två stenbrott som de två nya vidhäftningsmedel har testats på. Men för dessa två stenbrott anses inte SiO₂ och LD-Slagg 108 min vara användbara.

Då man jämför de olika metoderna för analys av täckningsgraden förhåller sig resultaten bra tillvarandra. Det ena resultatet för bildanalysen blev dock

anmärkningsvärd då uträkningen av täckningsgraden visade sig vara högre vid 48 h än vid 24 h.

Fördelen med att göra en bildanalys är att datorn räknar ut täckningsgraden. Ytterligare en fördel med bildanalys är att stenmaterialet fotograferas och man kan därmed skicka bilderna vidare till andra personer. Som då också har möjlighet att analysera stenmaterialets täckningsgrad. Därför kan bildanalysen anses vara mer trovärdig än den okulära bedömningen.

10 Rekommendationer

Författaren rekommenderar vid uppvärmningen av bituminet 70/100 att en högre temperatur bör användas. Detta för att underlätta då aggregaten skall täckas till 100 % med bitumen. Dock bör man analysera vilka konsekvenser som medförs då en högre temperatur används istället för referenstemperaturen 145 ± 5 °C vid uppvärmningen.

Det rekommenderas att stenmaterialet bör skakas i en metallburk, i det steg då materialet skall täckas med bindemedel till 100 %. Fördelen med att skaka materialet i en burk är att värmen från både stenmaterialet och bituminet bibehålls i burken.

Eftersom bildanalysen innefattar kunskaper kring inställningar i en datormiljö är det svårt för författaren att ge rekommendationer för ett fortsatt arbete. Men bildanalysen är som tidigare sagt ett projekt som Peab arbetar med att utveckla.

Det som bör tänkas på vid kommande fotografering av stenmaterial är, att man bör se till att det bildas en rättvis mängd reflexer från ljuskällorna runt om stenarna upp i kameran. Hur detta kan åtgärdas kan vara att man har flera ljuskällor som kommer in från flera olika håll som reflekteras mot stenarna.

För att få ett mer trovärdigt resultat från bildanalysen bör stenmaterialet fotograferas från alla vinklar. Därför kan man utveckla metoden genom att konstruera en uppställning där två kameror används, om detta är möjligt är det något som bör undersökas. Vända på stenmaterialet efter att det fotograferats, för att få täckningsgraden på fler sidor av stenmaterialet.

11 Referenser

Europastandarden EN 12697-35:2004:2007

[Använd: 2014-04-08]

FAS metod 455-01

[Använd: 2014-03-25]

SVENSK STANDARD, SS-EN 12697-11:2012

Swedish standards institute

Publicerad/Published: 2012-05-02

Utgåva/Edition: 3

[Använd: 2014-03-25]

Elektroniska källor:

Hassan. H., Safwat. S. (2003). *Glimmer i bitumenbundna beläggningar, inverkan av fina, fria glimmerkorn*. Statens geotekniska institut, Linköping.

Available at: VTI Notat 8–2003, (www.vti.se/publikationer)

[Använd: 2014-03-25]

Heyden Anders, Lindh Per, Källén Hanna, 2013.

Measuring Bitumen Coverage of Stones using a Turntable and Specular Reflections, Lund

Conference: *8th International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 2013)*.

Publisher: SciTePress.

Available at: <http://lup.lub.lu.se/record/4015962/file/4015975.pdf>

[Använd: 2014-03-23]

Höbeda, P., 1969. *Bergmaterial till vägbyggnad*. Specialrapport 84. Statens Väginstitut, Stockholm.

Available at: VTI Notat 8–2003, (www.vti.se/publikationer)

[Använd: 2014-03-25]

<http://www.maths.lth.se/vision/downloads/>.

[Använd: 2014-03-25]

<http://www.mathworks.se/company/aboutus/products.html>

[Använd: 2014-04-16]

NVF (Nordiska Vägtekniska Förbundet)

2006-års förbundsutskottsmöte i Uppsala, utskott 33, Beläggningar.

Dokument: *Prestandahöjande tillsatser i asfaltbeläggning
Erfarenheter från de nordiska länderna.*

Available at:

[http://www.vegagerdin.is/nvf33.nsf/0/80d9e90ddcc4bdc200257439002784ad/\\$FILE/Utskott33%202006%20del%201.pdf](http://www.vegagerdin.is/nvf33.nsf/0/80d9e90ddcc4bdc200257439002784ad/$FILE/Utskott33%202006%20del%201.pdf)

[Använd: 2014-04-24]

SBUF

Asfaltbeläggningar med bindemedel av olika ursprung, PublNr 12091.

Available at: www.sbuf.se

[Använd: 2014-04-25]

SBUF

Beständiga Beläggningar, etapp III Peab Asfalt AB, PublNr 11856.

Available at: www.SBUF.se.

[Använd: 2014-04-25]

VTI: Glimmer i bergmaterial för vägbyggnation, 2013.

Available at:

<http://www.vti.se/sv/publikationer/pdf/glimmer-i-bergmaterial-for-vagbyggnation-en-kunskapsversikt.pdf>

[Använd: 2014-05-05]

VIT (767):

Available at:

http://www.trafikverket.se/TrvSeFiler/Foretag/Bygga_och_underhalla/gummiasfalt/ref_20_vti_utlatande_767_skadentredning_soderleden.pdf

[Använd: 2014-04-25]

VTI (752):

Available at:

http://www.trafikverket.se/TrvSeFiler/Foretag/Bygga_och_underhalla/gummiasfalt/00_huvudrapport_vti_sammanstallning_gummiasfalt_2011_05_02.pdf

[Använd: 2014-04-25]

Bilaga 1

Tidsschema vid rullflaskeförsök

Dag 1	Förmiddag	Uppvärmning av stenmaterial och bindemedel till blandningstemperaturen.
	Eftermiddag	Blandning av bindemedel och stenmaterial. Iordningställande av prov för lagring över natten.
Dag 2	Förmiddag	Delning av provet till analysprover. Överföring av analysprov till flaskorna. Start för rullförsök.
	Eftermiddag	Utvärdering av täckningsgrad efter 4-6 h.
Dag 3	Förmiddag	Utvärdering efter 24 h. Lägg tillbaka rullflaskorna och låt rulla i ytterligare 24 h efter granskning.
Dag 4	Förmiddag	Utvärdering efter 48 h. Lägg tillbaka rullflaskorna och låt rulla i ytterligare 24 h efter granskning.
Dag 5	Förmiddag	Utvärdering efter 72 h.

Bilaga 2



Provnnummer
1410059
 Provtagningsdatum
2014-03-10

Referens
 Idnummer

2014-05-08 10:49:34 **Arbetsblankett FAS 455** 1 (3)

Beställare Peab Asfalt AB	Ankomstdatum 2014-03-10	Analys start 2014-03-10	Analys slut
Produkt Makadam 8-11 mm	Objekt Examensarbete Rullflaska	Provtagningsplats	
Leverantör Peab Asfalt AB Linneryd	Provtagare R.T		
Entreprenör Peab Asfalt AB	Märkning SiO2		

FAS 455

Datum		Fraktion	
Stenmaterial		Bindemedelshalt (%)	
Bindemedel		Rullningstemperatur (°C)	
Vidhäftningsmedel		Rullningshastighet (rpm)	
Utvärderat av			
Utvärderat av			

Nr	1	2	1	2	1	2

Ort och datum
Helsingborg 2014-05-08

Martin Rydh, Laboratorietekniker
 Digitalt utfärdad signatur

Peab Asfalt AB Teknik Karbingatan 10 254 67 Helsingborg	Besöksadress Karbingatan 10 Styrelsens säte Båstad	Telefon nr 042-152564 Telefax nr 042-201749	Org. nr 556098-8122 VAT nr 556098912201	E-mail adress förnamn.efternamn@peabasfalt.se Internetadress www.peabasfalt.se
-------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------