

Gjutasfalts läggbarhet med inverkan av vax och stenmaterial



KTH Vägteknik

Andreas Miderman
Rahman Mizanur

Förord

Detta examensarbete har utförts under hösten 2007 vid institutionen för Bygghvetenskap på avdelningen för Vägteknik vid Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm.

Riktlinjerna och samordning för examensarbetet har utarbetats tillsammans med vår handledare Anders Bergman på BINAB och på KTH, Tek. Dr. Ylva Edwards.

I examensarbetet har inverkan av vaxtillsats i polymermodifierat gjutasfalt och stenkurvans utseende för läggbarhet undersökts. Arbetet har fokuserats på stenmaterialets egenskaper och geometri för att hitta en mer miljövänligt och lätthanterligt gjutasfalt för låga temperaturer.

Vi hoppas att examensarbetet har gett värdefulla kunskaper till BINAB, NCC Roads, Akalla om gjutasfaltens läggbarhet både ekonomiskt och arbetsmässigt vid produktion och utläggning. Samtidigt hoppas vi att läsaren får en bättre förståelse om läggbarhet vid låga temperaturer med hjälp av vax och stenmaterial.

Ett stort tack till

Vår handledare på KTH, Tek. Dr. Ylva Edwards för stöd och hjälp under examensarbetets gång.

Vår handledare på BINAB, Anders Bergman för stöd, goda råd och konstruktiv vägledning.

Dr. Jonas Ekblad på NCC Roads, för hjälp och konstruktiv kritik.

Alla anställda på BINAB, NCC Roads, Akalla som har hjälpt oss och gjorde det möjligt för oss att genomföra vårt examensarbete, speciellt: Johan Fredriksson på laboratoriet, Jörgen Ågren och Håkon på BINAB, Akalla.

Stockholm, juli 2008

Andreas Miderman
Rahman Mizanur

Sammanfattning

NCC Roads tillsammans med GAFS genomför ett SBUF projekt som syftar till att sänka temperaturen på gjutasfalt vid utläggning och tillverkning, vilket resulterat i ett förslag till att undersöka vidare om stenkurvans utseende och form har stor betydelse för läggbarhet, vilket hade framkommit i deras projekt.

Människor som exponeras för höga halter miljöföroreningar, emissionsgaser riskerar hälsoproblem. Frågor kring möjligheter att sänka temperaturen på gjutasfalt samt att den ska kunna läggas utan att kvaliteten och stabiliteten rubbas med hjälp av vaxtillsatser och stenmaterialens form är mycket intressant för företag och samhället.

Avsikten med vårt examensarbete är att ge gjutasfalt tillverkaren BINAB en bättre läggbar gjutasfalt vid låga temperaturer, minskning av energiförbrukning samt förbättra arbetsmiljö för arbetarna och bidra till minskning av miljöfarliga föroreningar i luften, vi vill också ge alla läsare en bild av gjutasfaltsläggbarhet i låga temperaturer.

Detta examensarbete har behandlat stenkurvan samt vax i olika former och mängder dess påverkan på gjutasfaltens läggbarhet. Främst gäller det att finna en metod för mätning av gjutasfaltens läggbarhet men också hur samspelet mellan olika typer av stenmaterial och vaxtillsatser och dess läggbarhet samspelar.

Examensarbetet avgränsades till 4 % Asfaltan, samt de mest flisiga och mest kubiska stenmaterial som man kunde få tag i som vilket var 4-8 mm.

Genom denna studie framkom att det med hjälp av stenkurvans utseende, och form samt vaxinblandning (Asfaltan) kan gjutasfalt bli läggbar under 200°C.

I vårt arbete har vi undersökt och kommit fram till att med hjälp av vaxtillsatser och stenmaterial kan temperaturen på gjutasfalt sänkas ner mellan 20-40°C grader.

Vår egen bedömning är att de nämnda effekterna på läggbarhet kan mätas utifrån utläggarens upplevelse i samband med utläggningen samt många andra faktorer (t.ex. mastix, kornstorlek, bindemedelstyp och tillsatser, omgivningstemperatur mm.) som kan lätt påverka läggbarheten. Utan utveckling av handredskap och logistikutveckling på arbetsplatsen kan man inte få fullt ut i praktiken sänkning av temperaturen under 200°C.

Abstract

NCC Roads with GAFS are conducting a SBUF project for the purpose of reducing temperature of mastic asphalt during production and laying. Result of this project initiated a proposal for further examination, whether the stone size and forms have any effect on pavement and workability of mastic asphalts in low temperature. The current project investigates the same proposal.

The question about the possibility of reducing asphalt mixing temperature by adding wax and stone material without significant negative effect on the characteristics of mastics asphalts is interesting for the asphalt industry and society.

The main objective of this study was to give the asphalt producer BINAB a better workable mastic asphalt in low temperatures, reduction of energy consumption and emissions of carbon dioxide, better working environment for the workers.

The study presented in this M.Sc. thesis discusses the effects of different types and quantities of wax and stone materials on workability of mastic asphalts. By definition, mastic asphalt is polymer modified. Particularly, finding a suitable method for measuring the workability of mastic asphalt as well as finding the interaction between the different wax and stone materials was the purpose of our study.

The study was limited to 4% Asfaltan and to the most cubical and most flaky stone material which we could obtain. Stone size and form play an important role; more over addition of 4% Asfaltan gives the better workability of mastic asphalt. Cubical size of the stone provided the best workability.

With this study it has been emerged that the influence of stone size, forms and wax (Asfaltan) played an important role for workability of mastic asphalt under 200°C.

This study demonstrates that mixing of 4% Asfaltan with mastic asphalt reduces viscosity which shows good result on pavement and workability. Temperature of production of mastic asphalt is also reduced to 20°C - 40°C from around 230°C which is conventional all over the world.

Our opinion, however, is that the mentioned effects of workability of mastic asphalt can be measured in best way by the workers experience in connection with paving of mastic asphalt. Many others factors can also affect the workability of mastic asphalt (i.e. mastix, stone size, binders and additives types, surroundings temperature etc.). Without the hand devices modification and development of working place logistics, the laying of mastic asphalt can be difficult to accomplish in practice under temperature of 200°C.

Innehållsförteckning

1. Inledning	6
1.1. Bakgrund	6
1.2. Syfte	7
1.3. Metoder	7
1.4. Begränsningar	8
1.5. Definitioner och förklaringar	9
2. Asfaltbeläggningar	11
2.1. Allmänt om asfaltbeläggningar	11
2.2. Bindemedel	13
2.3. Tillsatsmedel i asfaltprodukt – översikt	14
2.4. Vax som tillsatsmedel	16
2.5. Stenmaterial	17
2.6. Produktion & beläggning	19
3. Material och mätningsprocessen	22
3.1. Mättningsprocess	22
3.2. Materialbeskrivning	23
3.3. Provtagningar med flytcylindermetoden	23
3.4. Stämpelvärde	24
4. Genomförande	26
4.1. Kontrollvärde med standardmassa	26
4.2. Vaxinblandning i gjutasfalt	27
4.3. Arbetsordning för vax i bitumen	27
5. Resultat	29
5.1. Inblandning av vaxtillsats i standardmassan	29
5.2. Olika stenmaterials påverkan av gjutasfaltens läggbarhet	32
5.3. Inverkan av kornstorleksform och geometri	33
6. Fältstudier	37
7. Värmeförlust försvårar gjutasfaltbeläggning	39
8. Diskussion och slutsats	41
8.1. Diskussion	41
8.2. Slutsats	43
9. Källförteckning	45
Bilagor	46

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Den 18 september 2007 ägde ett möte rum där Anders Bergman från NCC Roads AB/BINAB, och vår handledare på KTH, Tek. Dr. Ylva Edwards lade fram ett förslag till examensarbete. Förslaget var ett resultat av ett SBUF projekt som genomförde av NCC Roads AB tillsammans med GAFS som syftar till att sänka temperaturen på gjutasfalt vid utläggning och tillverkning.

I samband med SBUF projektet framkom det att stenkurvans utseende och form har stor inverkan på gjutasfaltens läggbarhet. Detta skulle kunna vara ett lämpligt område för ett examensarbete.

Gjutasfalt är en besvärlig typ av massa ur arbetsmiljösynpunkt, dock något mindre miljöfarlig än många andra produkter. Den läggs som skyddslager och isoleringsskikt på till exempel broar och som slitlager på parkeringsdäck och gator.

Utläggningstemperaturen är väsentligt högre än vanliga asfalt. Gjutasfalt har en läggningstemperatur uppåt 225°C. Rökigheten vid läggning inomhus blir därför betydande. Redan vid temperaturer över 160°C har massor med öppen struktur tillräckligt med rökighet som kan vara besvärande för arbetarna. Rökigheten fördubblas vid varje 10°C graders temperaturökning. Det innebär att gjutasfaltmassor med 180-190°C och med öppen struktur har mer än 16 gånger så stor rökighet som massor vid 160°C.

För att komma åt rökigheter måste man sänka temperaturen men då får man problem med bearbetbarhet och utläggning. För att få en läggbar gjutasfaltsmassa med temperaturer under 200°C, vill man undersöka vilka typer av vaxinblandning och stenmaterial som på ett avgörande sätt kan förbättra gjutasfaltens läggbarhet utan att den på viktiga punkter försämrar gjutasfaltens egenskaper.

Svenska regeringen har pekat ut klimatet som ett prioriterat område. Utmaningen är tydlig: "Utsläppen av växthusgaser måste stabiliseras på en nivå som inte ger skadliga effekter på människor och natur. En tillväxtvänlig politik ska bedrivas med hänsyn till klimatförändringarna."

Miljöfrågor får allt större betydelse i det moderna samhället. Den globala uppvärmningen och dess effekter på miljön påverkar så gott som alla beslut som fattas och detta gäller naturligtvis även asfaltbranschen som i likhet med övrig industriell verksamhet påverkar miljön. Därför är vårt examensarbete en viktig del av den miljömålsättning som Sverige har för att minska emissionsgaser, föroreningar och motverka global uppvärmning i samband med tillverkning och utläggning av gjutasfalt.

Det finns en del frågetecken kring vaxinblandning i syntetiskt form främst gällande dess hälso- och miljöpåverkan, på människor och natur framför allt under tillverkning och läggning. Frågor finns kring kostnader för tillsatsmedel, livslängd, framtida användningsområden, ökande användning och återbruk om t.ex. 20 år eller mer.

1.2. Syfte

Syftet med vårt examensarbete om gjutasfalt, som idag används till broar, terrasser och parkeringsdäck, var att hitta en mer miljövänligt och lätthanterlig gjutasfalt för låga temperaturer. Gjutasfalten förväntas genom denna tillsats och stenmaterialens egenskaper och geometri kunna läggas ut vid lägre temperaturer, med mindre rökutveckling, mindre föroreningsutsläpp.

Klimatförändringen har gjort att behovet av forskning och arbetet för att minska föroreningar är mycket viktigt. Därför är avsikten med vaxtillsats en del av det arbete som behövs för att sänka blandnings- och utläggningstemperaturen och därmed också minska energiåtgången samt uppkomsten av emissioner och koldioxidutsläpp.

Målsättning med rapporten är att finna en metod som kan fastställa olika typer av läggbarhet för gjutasfalt, samt att finna om vax i olika former och mängder kan få gjutasfalten läggbar under 200°C grader. Rapporten avser att förklara och redogöra olika typer av vaxtillsatser samt stenmaterialens olika geometriska former och dess inverkan för läggbarhet.

Rapporten studerar förutsättningarna för och nyttan med gjutasfalts läggbarhet i låga temperaturer med hjälp av vax och stenmaterial från ca 225°C till under 200°C som normalt läggs ut i högre temperaturer på arbetsplatserna.

I andra länder förekommer utläggning och bearbetning av gjutasfalt vid temperaturer upp till 250°C, man har hittills utan hänsyn till miljö och energiåtgång bidragit med det negativa utsläppet som påverkar den globala klimatförändringen.

Idag är man mycket väl medveten om problemet och i en del länder har man på allvar börjat testa vaxtillsatser för att kunna sänka utläggningstemperaturen. Förutom vaxtillsatser i gjutasfalt vill man förbättra läggbarhet genom stenmaterialens struktur, form och slag. Rapporten redogör även för stenmaterialens kubiskhetseffekt på läggbarhet som vi under vårt examensarbete testade olika kornstorlek och flisighetsgrad med olika stenmaterial.

Frågor som finns kring fillersandel, fukthalt, stenarnas kornstorlek och vaxtillsats mängd- och typ i gjutasfalt diskuteras.

1.3. Metoder

Litteratur i ämnet gjutasfalts läggbarhet med hjälp av vaxtillsatser och olika stenmaterials kornstorleksandel och form har studerats för att beskriva problematiken med gjutasfaltens läggbarhet i låga temperaturer och beskriva hur läggbarheten kan uppnås i låga temperaturer. Resultatet från försök, mestadels i Norge med gjutasfalts läggbarhet, med hjälp av olika kubiska stenmaterial har studerats.

För att få en uppfattning om hur gjutasfaltens läggbarhet praktiskt ser ut, har vi gjort olika fältbesök och studerat problemen kring utläggning på parkeringsdäck och broar.

Genom vår egen metod som vi praktiskt uppfann och utvecklade, kunde vi få mer kännedom om gjutasfaltens läggbarhet i låga temperaturer.

Vi planerade och genomförde våra tester för att få en klar och tydligt indikation på vaxinblandning och stenmaterialeffekt på läggbarhet. Vi fick önskade resultat med god repeterbarhet samt rimliga tidsgränser att utföra testerna på.

Vi gjorde våra tester på gjutasfaltmassan som idag produceras i BINABs asfaltverk i Akalla med så kallade 6-8 mm stenmaterial och av de värdena skapade vi en kontrolltabell för att jämföra och bedöma våra senare tester med olika vaxinblandningar och olika stenmaterial, dvs. att läggbarhetstemperaturer på standardmassan ska jämföras med temperaturer på runt 200°C när vax och olika stenmaterial testades.

Utifrån olika vaxinblandningsmängd- och typ (Asfaltan 3 %, 4 %, Sasobit 3 %, sen en kombination av Asfaltan och Sasobit 1,5 % av varje) i standardmassa (6-8 mm), kom vi fram till att 4 % Asfaltan hade den bästa önskvärda effekten på gjutasfaltens läggbarhet.

För att få det lämpligaste stenmaterialet för läggbarhet i lägre temperaturer, testade vi det mest kubiska och mest flisiga stenmaterialet som vi fick tag i. Vi skaffade 4-8 mm stenmaterial och testade gjutasfaltmassor med och utan vaxtillsatser för att se stenmaterialens effekt på läggbarhet i de önskvärde temperaturerna dvs. under 200°C.

Jämförande beräkningar och grafer har utförts mellan olika resultat från standardmassa och de senare resultaten från 4-8 mm stenmaterial.

1.4. Begränsningar

Examensarbetet behandlar enbart gjutasfaltens läggbarhet i temperaturer från 170 °C till 230°C. Det finns en rad andra typer och mängder av vaxtillsatser som vi inte har tagit tester på som kan ha positiva effekter på läggbarheten.

Effekten på temperaturförlust i cylinder, SI-mellanlägg och omgivningen har inte räknats ut. Temperaturvariationerna under testerna har varit runt 9°C-14°C.

Beträffande rökmängden från gjutasfaltsmassorna under testerna har enbart visuella observationer gjorts.

Testerna har gjorts manuellt och avlästs enbart med hjälp av synen på de ritade diametrarna.

Resultaten är baserade på de tester som vi har gjort i det provisoriska labbet på BINAB.

1.5. Definitioner och förklaringar

Asfalt – Bitumen som i lägre eller högre grad är bemängt med andra ämnen och karakteriseras av vidhäftningsförmåga, tånjbarhet samt beständighet mot vatten och vissa kemiska angrepp.

Asfaltbeläggning – Det bitumen bundna delen av vägöverbyggnaden.

Asfaltgranulat – Returasfalt som sönderdelats i mindre partiklar, vanligen med kornstorlek mindre än 25 mm, innehållande stenmaterial och bindemedel.

Asfaltmassa – Graderat stenmaterial blandat med bituminöst bindemedel.

Asfaltläggare – Maskin, självgående eller bogserat, hjul - eller bandburen, som mottager, breder ut och eventuellt packar asfaltmassa.

Ballast – Stenmaterial i bunden överbyggnad.

Beläggning – Slitlager eller bärlager som är cement- eller bitumen bundet.

Bitumen – Bitumen är vid rumstemperatur ett fast till halvfast material. Färgen är svart till mörkbrun. Vanligaste framställningssätt är genom destillation av råolja. Bitumen måste värmas innan det kan hanteras. Bitumen är inte hälsovådligt vid rumstemperatur. Vid varm hantering avges rök från bituminet som kan verka irriterande, varför höga exponeringar bör undvikas. Bitumen är inte klassat som miljöfarligt.

Bitumenemulsion – Bitumen som emulgerats i vatten med hjälp av emulgatorer och andra tillsatser i syfte att kunna hanteras och användas som bindemedel även vid lägre temperaturer.

Duktilitet – Brottförlängningen hos ett bindemedel vid dragprovning.

Filler – Stenmaterial <0,075 mm (i beläggningssammanhang).

Flisig kornform – Kornform med väsentlig skillnad mellan bredd och tjocklek.

GAFS – Gjutasfaltföreningen i Sverige, är en branschorganisation som verkar för en ökad kännedom om fördelarna vid användningen av gjutasfalt i olika byggnadskonstruktioner. Föreningen består av ett antal medlemsföretag såsom entreprenörer, tillverkare och konsulter.

Gjutasfalt – Blandning utan hålrum av bitumen, filler och stenmaterial. Stenmaterialet kännetecknas av kontinuerlig gradering från filler upp till ca 16 mm.

Kornform – geometriskform hos det enskilda kornet.

Mastix - Blandning av filler och bitumen. Max partikelstorlek 2 mm.

Modifierat bitumen – Bitumen, vars egenskaper modifierats genom kemiskt aktiva

tillsatser, t.ex. polymerer.

Naturasfalt – I naturen förekommande asfalt, oftast av mycket hög viskositet så att den kan brytas; ofta blandad med fint vulkaniskt stoft. Ett exempel på naturasfalt är den asfalt som utvinns på Trinidad, och som efter förädling säljs under namnet Trinidad Epuré. Andra exempel är asfaltit, gilsonit, glansbeck och grahamit.

Polymerer – Tillsatser till bitumen eller asfaltmassa (gummi eller elastomerer, termoplaster eller termoplastiskt gummi) för att bl. a. minska belägningens temperaturkänslighet.

PGJA – Polymer Modifierade Gjutasfalt.

SBUF – Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF, instiftad 1983, är byggbranschens egen organisation för forskning och utveckling med nära 5000 anslutna företag i Sverige.

Slitlager – Anger vilken typ av slitlager, t ex asfaltbetong eller grus med sin tjocklek i mm, som finns på konstruktionen.

Stenmaterial – Gemensam benämning på bergmaterial, erhållet genom landisens nedbrytande inverkan eller genom sprängning.

Tillsatsmedel – Material utöver stenmaterial och bituminöst bindemedel som ingår i en bituminös beläggning och som tillsätts för erhållande av önskad effekt, t ex, ökad elasticitet, förbättrad vidhäftning mellan (sten) aggregat och bindemedel.

Stabilisering – Förbättring av bärigheten hos jord, stenmaterial eller blandade material genom inblandning av ett bindemedel (bituminöst bindemedel, kalk, cement, etc.), antingen direkt i den befintliga marken genom s.k. markinblandning eller i ett blandningsverk, s.k. verksblandning.

Viskositet – Konsistensen eller lättflutenheten hos en vätska.

2. Asfaltbeläggningar

2.1. Allmänt om asfaltbeläggningar

Asfaltbetong

Talar man om asfalt går tanken till bindemedel, alltså bitumen, som används i väg- och gatubeläggningar. Det är en oljeasfalt, och är destillerat ur råolja. Asfaltbeläggning är den bitumenbundna delen av vägöverbyggnaden som består av ballast och bindemedel, samt eventuellt tillsatsmedel i olika mängder. Stenmaterialet (ballast) utgör 93-96% av beläggningens vikt.

Användningsområdet för beläggningar avgör vilka krav som ska ställas på det ingående stenmaterialet.

Bindemedlet som används är bitumen som binder samman stenmaterialet, det är en naturlig vattenolöslig kolväteförening. Tillsatsmedel används i olika mängder och typer för att förbättra vissa egenskaper hos beläggningen, till ex. värme- och köldegenskaper, slitage och utmattning, dessutom bidrar tillsatsmedel till läggbarhet i lägre temperaturer.

Vid en tillbakablick i historien finner man emellertid att naturasfaltfyndigheter över hela världen från till ex. Döda havet, Trinidad och Orienten var tillgänglig och har använts sedan urminnes tid. Före 1900-talet användes asfalt från naturen som bindemedel vid sammanfogning av sten, tegel och trä i byggnadskonstruktioner samt i gatubeläggningar. Naturasfalt är bituminösa material som finns i naturen.

Stenkoltjära som smälts och blandas med sand, grus, slagg eller annat stenmaterial påfördes de gator och vägar som var mest utsatta för dåtidens trafik. Trafiken bestod av tungt lastade hästvagnar med järnskodda hjul som frestade på vägarna. Under 1830-talet började man i England använda tjärnakadam, indränkningar och ytbehandlingar med tjära.

Under 1970-talet förbjöds tjärbeläggningarna för beläggningsändamål i Sverige sedan forskning visat att tjäran innehöll cancerogena ämnen som frigjordes då tjäran hettades upp.

Gatubeläggningarna i Sverige bestod av små- och storgatsten före 1920-talet men kraven på landets vägar ökade i takt med ett större antal motorfordon. I början av 1920-talet började Sverige importera oljeasfalt och 9 år senare togs raffinaderiet i Nynäshamns i bruk, där man tillverkade dieselolja och asfalt. Det stora behovet av vägbeläggningar tvingade fram en utveckling av ett flertal nya beläggningsmaterial och beläggningstyper de följande åren.



Bild nr. 2.1.1. NCC Roads AB, Asfaltverk Gustafs i Borlänge, från grus till färdig asfalt i asfaltverk.

Gjutasfalt

En gjutasfalt karakteriseras av att den saknar hållrum och är därför tät och homogen. Den ger en beläggning mycket god slitstyrka. Man använder gjutasfalten som slitlager och beläggning på broar och samt beläggning på terrasser och parkeringsdäck. Gjutasfalt är även lämplig för lagningar av andra beläggningar.

Gjutasfalt har en korngradering med mycket hög filler- och bindemedelshalt. Bindemedlet utgör 6-17 % B60 och 2-3 % naturasfalt, alt. polymerbitumen PMB 32. Den maximala stenstorleken i gjutasfalt är vanligtvis 12 mm.

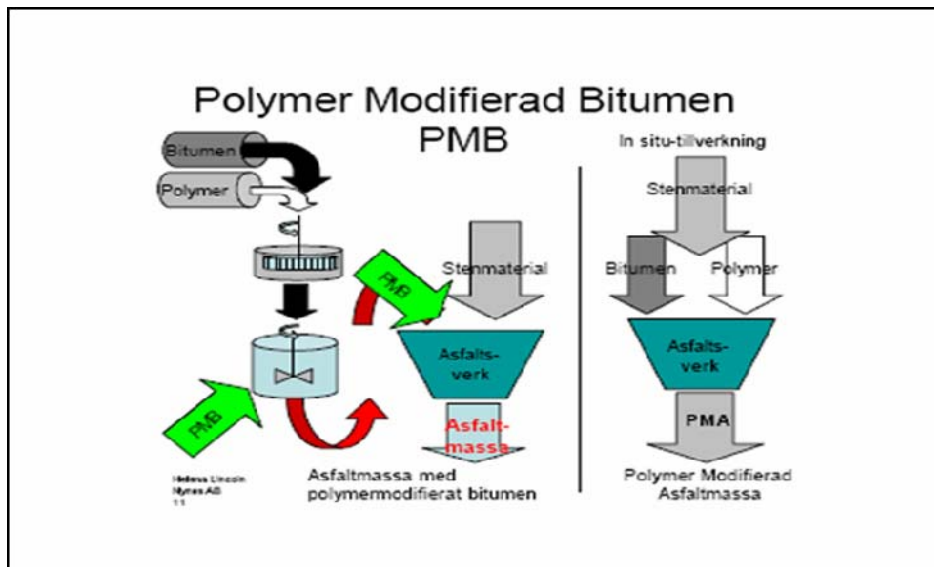
Kombinationen av den höga filler- och bitumenhalten ger en mycket god vidhäftning mot övrigt ballastmaterial. Nackdelen med högt bindemedelsinnehåll är instabila beläggningar men det kan kompenseras med en stabil och hårdare bitumen. Man måste finna en balans mellan läggbarhet och stabilitet där vi tror att vax är den ideala lösningen.

Bindemedelshalt, fillermängd och andelen fint ballast material < 4 mm är de faktorer som har störst inverkan på gjutasfaltens egenskaper.

I gjutasfalt är hållrumshalten 0,1- 0,2 %. Gjutasfalt med högkvalitativ ballaststen har mycket god nötningsresistens och god stabilitet.

En gjutasfaltbeläggning är kostnadseffektiv med tanke på dess långa livslängd och små driftkostnader.

I Norden använder man som regel polymermodifierad gjutasfalt som är mer stabilt vid högre temperatur och mindre spröd vid låg temperatur än motsvarande icke modifierade gjutasfalt som är mer värmekänslig.



Figur nr. 2.1.1. Schematiskbild - produktionen av polymermodifierad asfaltmassa.

2.2. Bindemedel

Bitumen och polymerer

Bitumen är det svarta klistret som håller samman stenmaterialen i en asfaltmassa. Idag tillverkas nästan all bitumen genom destillation av råolja. För att utnyttja råoljans värdefulla produkter måste man raffinera genom destillation. Det är en process som separerar ämnen med olika kokpunkter. Efter destillation av olika oljefraktioner erhålls destillerat bitumen.

Vid bitumenmodifiering tillsätts polymerer antingen på raffinaderiet eller i asfaltverkets bitumentank. Då talar man om polymermodifierat bitumen (PMB).

Normalt tillsätts polymerer direkt i bituminet men vissa polymerer inblandas i det varma stenmaterialet innan blandningen av asfaltmassan vid asfaltverket. Polymerer används i varmblandade standardmassor, till gjutasfalt, asfaltmastix och isolermattor. Polymerer är högmolekylära föreningar som är uppbyggda av många lika byggstenar som kopplas ihop till en lång kedja.

Bitumenmodifiering varierar beroende på applikationen. Polymerhalten i en PMB ligger mellan 2-5 % beroende på användningsområde. PMB är något segare jämfört med omodifierade bitumen. D.v.s. vid tillsättning av polymerer i bitumen ökar bindemedlets viskositet, kohesion (inre sammanhållande kraft) och duktilitet vilken ibland kan vara nödvändig för att klara god beständighet och täthet.

De vanligaste polymerer i bitumen är SBS (Styren-Butadien-Styren), men det finns en mängd andra olika typer av polymerer som har används i bitumen. Polymerer kan indelas i plaster och elastomerer och är beständiga vid höga tillverknings- och utläggningstemperaturer.

Även andra tillsatser som naturgummi i bitumen ger positiva effekter vid både höga och låga temperaturer. Tillsatser i gjutasfalt har man ägnat sig åt i många länder i Europa för att variera egenskaperna.

Höga temperaturer är skadligt för de tekniska egenskaperna hos bitumen och inte minst hos PMB vars polymerer förstörs. Vid högre temperaturer ökar samtidigt emissioner.

Användning av polymerer i bitumen är viktig för att minska temperaturkänslighet hos en beläggning både sommar och vinter. Polymerer förbättrar också fasthet och minskar vattenkänslighet samt minimerar risk för stensläpp och förbättrar kemikalieresistensen hos asfaltbeläggningar.

2.3. Tillsatsmedel översikt

I takt med trafikökning och påkänningar samt ökade krav har god hållbarhet och beständighet hos asfaltbeläggningar medfört att tillsatsmedel blivit allt vanligare i asfaltmassor. Tillsatsmedel används också för att kompensera och förbättra svagheter hos ingående material.

Vissa typer av tillsatser minskar risken för bristande kvalitet vid asfalt produktionen och utläggning av asfaltbeläggningar. Tillsatser förbättrar även asfaltbeläggningarnas livslängd som har stor betydelse för samhällsnyttan. En ökat livslängd på bara 1 % hos asfaltbeläggningar i Norden skulle medföra ca 80 miljoner svenska kronor i årliga besparingar.

Exempel på en del prestandahöjande tillsatser i asfaltmassor är polymerer, vaxer, naturasfalt, aktiva filler som kalk, och cement, aminer och naturasfalt mm. Det är främst i slitlager och bindlager där påfrestningarna från trafiken eller miljön är som störst som prestandahöjande tillsatsmedel förekommer.

För förbättring av friktion och reducering av buller har använts gummipulver . Andra tillsatser i bitumen som påverkar egenskaperna är lösningsmedel, färgpigment, vatten, rapsolja mm.

Vid tillverkning av asfaltmassor är det av miljöskäl viktigt att använda returafalt från upprivna beläggningar. Vid asfaltåtervinning som är i sig en resurshushållning med hållbar utveckling inblandas returafalt som ersättning på asfaltmassa.

På det högtrafikerade vägnätet används tillsatser som innehåller fibrer och vidhäftningsmedel för att förbättra framkomlighet, ökad livslängd och beständigheten Den ökande och allt mer tunga trafiken på våra vägar och gator tvingar fram sökande efter tillsatser i asfaltmassor för att förbättra stabilitet och beständighet.

Nedan är en lista över de olika tillsatser i PMB:

1. Tillsatser i asfalt produkter

a) Filler: Kalk, flygaska

b) Vidhäftningsmedel: Organiska aminer och amider

- c) Extenders: Lignin, svavel
- d) Antioxidanter: Zinkantioxidant, fenoler, aminer
- e) Organo-metaller: Organomangan och -kobolt substanser
- f) Andra: Skifferolja, gilsonit, kisel, oorganiska fibrer

2. Polymerer

- a) Plaster
 - i) Termoplaster: Polyetylen (PE), Polypropylen (PP), Polyvinylklorid (PVC), Etylvinylacetat (EVA).
 - ii) Härdplast: Epoxihartser
- b) Elastomerer
 - i) Naturgummi
 - ii) Syntetiskt gummi: Styren-butadien blocksampolymer (SBR), Styren-butadien-styren blocksampolymer (SBS), Etenpropengummi (sampolymerisation av etylen propylen och dien-monomer, EPDM), Butylgummi (sampolymerisation av isobutylen och isopren, IIR)
- c) Återvunnet gummi
- d) Fibrer: Polyesterfibrer, polypropylenfibrer

3. Reaktiva tillsatser

- a) Additionsreaktion (bitumen + monomer), Vulkanisering (bitumen + svavel), Nitreringsreaktion (bitumen + salpetersyra).

Miljöaspekter

I takt med ökade användning av tillsatsmedel för att uppnå de krav och önskemål för beläggningsprestanda ökar de negativa effekterna som man upplever vara störande för arbetsmiljön på asfaltverk och framförallt på utläggningsplatserna.

I första hand bör man tänka att tillsatsmedel inte får försvåra återvinning eller påverka den yttre miljön negativt, för kommande generationer.

Som nämnts ovan kan tillsatser ge stora förbättringar framför allt när det gäller hållbarheten och livslängden på asfaltbeläggningar, vilket även är bra för miljön och resurshushållning, för företaget och samhället. Det får dock inte ske till priset av försämrade arbetsmiljö eller negativ påverkan på miljö i det långa loppet.

Miljöaspekterna bör prioriteras lika tungt som de tekniska frågorna och man bör vara ständigt uppdaterad för att upptäcka skadliga ämnen innan det är för sent. Det är

viktigt att rätt information når de berörda på arbetsplatserna för att minska oro för eventuella risker och olägenheter när det gäller nya tillsatsmedel i gjutasfalten.

2.4. Vax som tillsatsmedel

Vax är syntetiska föreningar med fasta och flyttande käraktar som är paraffiniskt kristalliserande material med smältpunkt på över 25°C.

Vax förekommer i naturligt och som tillsatsmedel i bitumen. Skilda åsikter om användning av vax och dess inverkan på bituminet har diskuterat under lång tid. Vax som flyttillsatsmedel används idag i många länder. Anledningen att man började använda vaxtillsatsmedel var för att sänka temperaturen vid blandningen och utläggningen och därmed fick man minskad energiåtgång och minskade emissioner.

Andra möjliga effekter är förbättring av läggbarhet och hantering vid högre temperaturer samt möjligen tätare och beständigare beläggning. Även effekter på bituminets kemiska, reologiska egenskaper, kristallina strukturer och smältegenskaper påverkas. För att minska miljöpåverkan krävs mera insatser för att förbättra lågtemperaturegenskaper hos bitumen som medför bearbetbarhet i låga temperaturer med vaxtillsatsmedel. Temperaturreduktionen på upp till 40°C har andra positiva effekter på polymermodifierade gjutasfaltsåldring och lagring.

Energivinsterna som kan vara de stora fördelarna med vaxmodifiering för verket och för samhället, är i takt med det ständigt höjda energikostnaderna. Miljövinsten kan vara miljöpåverkande emissioner vid tillverkning och utläggning. Dessutom kan en vinst vara minskningen av materials förslitningar i verket med förkortning av produktionstiden.

Vax finns i naturliga och syntetiska föreningar i fasta och flytande former. Flyttillsatsmedel som viskositetsänkandemedel är FT paraffin, Montanavaxer (fossilt estervax), Polyetylenvax och Zeoliter. Vaxets smältpunkt ökar med paraffinkedjans längd och minskar med mängden förgreningar och ringar med smältpunkt över ~25°C i petroleumprodukter.

Man kan dela vax i tre huvud delar som makrokristallint vax, mikrokristallint vax och amorft eller ickekristallint vax.

Makrokristallint vax ofta har negativa inverkan på högre och lägre temperatur som kan ge sprödhet och större känslighet mot plastisk deformation och har vanligtvis cirka 30 kolatomer, framför allt i form av raka kolvätekedjor. Naturligt vax finns i bitumen i huvudsak av mikrokristallint eller amorft och dess inverkan på asfaltbeläggningar kan ha marginellt eller till och med positivt inverkan när det gäller lägre styvhet för låga temperaturer och med det lättare läggbarhet.

Naturlig vax i bitumen i huvudsak mikrokristallint eller amorft slag och smälter i låga temperaturer cirka 20-70°C medan vax i form av tillsatsmedel smälter i högre temperatur. Kolvätekedjors fördelning och längd som varierar mellan olika produkter påverkar kristallisationsområdet och smältning.

Kristallisationsvärme avger från gjutasfalt med tillsatsmedel vilket inverkar positivt på läggbarheten. Om kolvätekedjorna är längre eller innehåller ett större antal förgreningar eller ringar bildande mindre kristaller, s.k. mikrokristallint vax. Om vaxet också innehåller aromatiska komponenter försvåras kristallisationen och vaxets karaktäriseras som amorft.

Vaxtillsatserna har även en annan viktig funktion på polymermodifierad gjutasfalt. Det är nämligen med hjälp av tillsatsmedlet som man kan sänka temperaturen på utläggningssmassan och med det behålla polymeregenskaperna, som annars kan brytas ner i de höga temperaturer som krävs för utläggningen. Syftet är att förbättra flytegenskaperna och samtidigt öka beläggningssmotståndet mot plastisk deformation.

Vaxtillsats upp till 4 % är gränsen för de utnämnda egenskaperna, en annars högre procentuell sats kan medföra icke önskvärda egenskaper på vägen, eller på utläggningssmassans funktioner. Vad tillsatsmedel medför när det gäller interaktion mellan komponenterna i polymermodifierade bitumen, är mindre känd i detta sammanhang.

2.5. Stenmaterial

I Sverige återfinns bergarter som tillhör de äldsta på jorden. Huvuddelen av berggrunden är mycket gammal. Några bergarter till exempel: magmatiska bergarter, sedimentära bergarter och metamorfa (omvandlade) bergarter.

Magmatiska bergarter bildas genom att smältmagma från jordens inre kyls ner och stelnar. Sedimentära bergarter bildas genom avlagringar i hav, sjöar och på land. Med högtryck och kemiska reaktioner har de sedan sedimenterat som bergart. Metamorfa (omvandlade) bergarter bildas genom att en magmatisk eller sedimentär bergart har förskjutits till en djupare del av jorden med högre tryck och temperatur.

Berget sprängs och krossas till olika stenmaterialfraktioner och sedan skickas till asfaltverk och blandas med bindemedel till gjutasfalt. Idag används i huvud sak krossas sten till att bl.a. bygga vägar som slitlager, bärlager och förstärkningslager även som fyllnadsmaterial vid dränering.

Granit och Gnejs är ett viktigt byggmaterial och vanligt förekommande som krossmaterial eller naturgrus i väggbyggnad och som betongballast. Granit tillhör sura bergarter som är magmatiska bergarter. Färgen är ljus, grå till röd och kornstorleken är medel till grovkornig. Mineralsammansättningen i Granit består av fältspat, kvarts och glimmer. Diabas, Porfyr, Kvartsit är också förekommande byggmaterial, men är ett sprött material. Den har högre kullkvarnsvärde (ju högre kullkvarnsvärde desto bättre motstår dubbslitage) och ljusare stenmaterial, ibland blandas den med asfalt för att få ljusare yta på asfalten.

Diabas är slitstark, bra vidhäftning med mörk färg. Porfyr är slitstark och ger ett slitage på däck. Kvartsit är slitstarkt och har ljus färg, nackdelen att den ger mycket slitage på däck.

Bergartens hårdhet påverkar krossproduktens storlek. Fin kornstorlek, oregelbundhet och stark sammanfogning av kornen ger seghet vilket medför grövre krossprodukt.

Makadam har en ojämn kornform medan singel har rundad form. Makadam är mer stabilt när det är packat, används i betong och asfalt. Vi har undersökt makadam i de olika storlekarna, till exempel: 2-4, 4-8, 6-8, 8-11, 11-16 och 16-25 mm. Benämningen 4-8 innebär att minst 75 % av produktens vikt består av korn med en storlek mellan 4 till 8 mm. Maximalt 15 % av vikten består av korn som är mindre än 4 mm och högst 10 % av korn som är större än 8 mm.

Stenmaterials egenskap har stor betydelse för slutprodukten gjutasfalt när det gäller friktion, mekaniska egenskaper som ger stabilitet och inte minst ljushet. God vidhäftning mellan stenmaterialet och bindemedel ger slitstyrka på beläggnings yta. En sammansättning mellan olika kornstorlekar i gjutasfalts stenskelett ger ekonomi- och stabilitetsvinster.

För att ta reda på de olika fraktionernas andel används två metoder. Den ena är SS-EN 933-1 och den andra FAS 480. Den första används för provtagning av enbart stenmaterialet medan den andra metoden används för att ta fram stenstorlekarnas andel i asfalts massa genom att tvätta bort bituminet.

Mängden av grovstenmaterial i gjutasfalt har betydelse för beläggningstjocklek, dvs. tjockleken på beläggningen bör ta hänsyn till de stora stenarnas storlek X 2,5 som är viktigt för stabilitet och interaktionen mellan fraktionerna.



Bild nr. 2.5.1. & 2.5.2. Leverans av filler & cement till asfaltverket.

2.6. Produktion & beläggning

Vid produktion, transport och utläggning krävs noggrann hantering av gjutasfalt. Gjutasfalt består av stenmaterial i bitumen som kräver kontinuerlig omrörning för att förhindra separation samt att få jämnare temperatur i tankbilen. Även polymeren kan sträva efter separering pga. att den har lättare densitet i jämförelse med bitumen. Omrörning är viktig för att förhindra separation. Tillgång på syre skall begränsas och uppsikt över temperaturen i förvaringstanken och kokaren skall alltid ske.



Bild nr. 2.6.1. Läggnig av AB- massa med hand redskap.

Polymer i bitumen fungerar som ett nätverk i en polymer modifierad gjutasfalt. Höga temperaturer krävs för gjutasfaltläggning men höga temperaturer kan påverka polymeren negativt i polymermodifierade bitumen. Den höga temperaturen som krävs påskyndar värmeåldringsprocessen och ökar avdunstningen av koldioxidemissioner om tillgången på syre inte kontrolleras.

Gjutasfaltläggning kan utföras både med maskin och handredskap. Tjockleken uppgår till max 40 mm men det finns undantag i vissa länder.

Beläggningstyper

Man har framförallt två olika beläggningstyper på våra gator och vägar; nämligen *asfaltmassabeläggningar* och *tankbeläggningar*.

Det som förenar asfaltmassabeläggningar är att bitumen och ballasten eller stenmaterial blandas i ett asfaltverk eller, i en kombinerad blandning och utläggningsmaskin, innan den läggs ut på vägen med hjälp av en utläggmaskin och packas med vältrar.



Bild nr. 2.6.2. Läggnig av AB- massa med utläggningsmaskin och vältar

Asfaltmassabeläggningar

Det finns i grunden tre olika typer av asfaltmassabeläggningar; varmt blandad asfaltmassa, halvvarmt blandad asfaltmassa och kallt blandad asfaltmassa.

Varmt blandad asfaltmassa: tillverkningsstemperaturer ligger mellan 135 och 180°C och bitumen används som bindemedel.

Halvvarmt blandad asfaltmassa: tillverkningsstemperaturer ligger mellan 50 och 120°C som bindemedel används mjukbitumen och används på låg- och medeltrafikerade vägar.

Kallt blandad asfaltmassa: tillverkningsstemperatur ligger på temperaturer under 50°C stenmaterialet behöver inte värmas upp eller torkas.

Tankbeläggningar

Allmänt för tankbeläggningarna är att bindemedel och stenmaterialet blandas vid utläggningsplatsen. Det finns olika varianter av tankbeläggningar; *ytbehandling*, *bindemedelsförsegling* och *slamasfalt*.

Ytbehandling består av stenar, med en kornstorlek mellan 4 och 16 mm, som sprids på ett underlag som förklustrats med bitumenemulsion eller bitumenlösning. Den används framför allt på låg- och medeltrafikerade vägar.

Bindemedelsförsegling bildas av ett fingraderat stenmaterial med fraktioner på 0–2 eller 0–4 mm, som sprids i ett tunt skikt på ett underlag som förklustrats ofta med en bitumenemulsion. Beläggningvarianten används i förhindrande eller förbättrande syfte på låg och medeltrafikerade vägar.

Slamasfalt består av en blandning av fingraderat stenmaterial, bitumenemulsion, cement och vatten som blandas till en slamma med flyktigkonsistens och läggs ut med en specialbyggd maskin. Belägningsvarianten används som underhållsåtgärd på lågtrafikerade gator och på ytor som gång- och cykelvägar m.m.

Miljö kring tillverkning och utläggning

Asfaltverk räknas som något mindre miljöfarliga verksamheter och det krävs enligt miljöskyddslagen inga tillstånd för att bedriva verksamheten. Beträffande miljö kring asfalt och asfaltläggning kan ses ur olika perspektiv, t.ex. produktion och utläggning.

De miljöproblem som kan uppstå vid asfaltproduktion och utläggning är svaveldioxid, kväveoxider, koldioxid, kolväten och utsläpp från torktrumman i form av stoft dock inte i fallet gjutasfaltverk där man återanvänder stoffet som egen filler.

Röken från varmasfaltmassa som till största delen består av kolväteföreningar, även dålig arbetsmiljö pga. diffus damning för de som arbetar framförallt på verket i grannskapet och de omkringboende. Buller, spill, läckage av flytande bränslen och kemikalier och avfall av olika slag är andra negativa effekter på miljön och hälsa.

3. Material och mättningsprocessen

3.1. Mättningsprocess

Branschen har inte haft en metod för att mäta läggbarhet för gjutasfaltbeläggning. Därför har vi skapat och utvecklat en metod som beskrivs nedan för att göra detta.

Mättningen omfattar flytutbredning på SI-mellanlägg i sekunder för gjutasfalt som ska tolkas, kopplas och standardiserats till läggbarhetsproblematik vid lägre temperaturer med hjälp av olika vaxtillsatser och olika stenmaterial. Alltså provningarna kopplas till gjutasfalts praktiska läggbarhet på arbetsplatserna.

Vi kontrollerade och kalibrerade utrustningen som vi hade fått för provtagningarna detta nämns under rubriken *"Materialbeskrivning"*. Vi separerade den nödvändiga utrustningen för provtagningarna. Vi behövde en plats för att utföra våra tester. I början placerade vi våra tester på SI-mellanlägg (skiva) direkt på marken men vi såg att värmen lagrades i betongen under skivan. Detta kunde påverka våra näst kommande prov, därför placerade vi SI-mellanläggen direkt på en träpall.

På grund av den höga temperaturen som gjutasfalten har, buktade skivan och vi fick inte de cirkulerade diametrarna på gjutasfaltens utbredning på SI-mellanläggen som vi önskade få. Vi beslutade att spika fast SI-mellanläggen med tillräcklig många spikar på pallen för att hålla SI-mellanläggen plan. Vi tycker att vi lyckades med arbetet att få goda repeterbara och tillförlitliga prover inom rimliga tidsgränser.

Innan vi spikade SI-mellanläggen på pallen, testade vi också plywood och stålskiva för att få ett slätt underlag. Vi kom fram till att spikningen var den lämpligaste och bästa metoden för att få de goda effekterna.

Gjutasfalt tas från en större asfaltkokare som blandas kontinuerligt för att få rätt konsistens och temperatur på gjutasfalten. Asfaltkokare har en termostat som kan höjas eller minskas vid behov. I asfaltkokaren bör finnas minst ett ton gjutasfalt.

Före varje provtappning tappas en tillräcklig mängd gjutasfalt upp och kasseras eller återanvänds pga. nedkylning vid lucköppningen till asfaltkokaren med omdöme.

Därefter fylls en hink med gjutasfalt som ska hällas i flytcylindern som har inoljas tunt och placeras på mitten av SI-mellanläggen. Skivan har markerats med diameter 30, 40, 50 och 60 cm. Mitten av skivan är centrum för de olika cirkeldiametrarna ovan. Skivan ska placeras på en stabil pall och plant underlag. För att undvika värmedeformering eller buktning av skivan måste skivan spikas fast på pallen med tillräckligt antal spikar för att förhindra detta. Vi kallar denna provtagningsprocess för flytcylindermetoden.

Flytcylindermetoden (FCM) var den metod vi valde för vi tyckte att det fungerade bäst. Vi bestämde att fylla cylindern till höjden 26 cm. i stället för 30 cm för att gjutasfalten inte skulle rinna över kanten skivan.

Provningen bör ske under kontrollerade förhållande vad avser omgivnings temperatur runt och framförallt temp under skivan för att inte påverka kommande provtagningar.

Vi strävade efter samma omgivningstemperatur under våra prover som låg mellan 9°C – 14°C.

3.2. Materialbeskrivning

- En öppen flytcylinder av stål som i *bild 3.2.1*.
- Cylinderns invändiga mått: H = 300 mm. D = 200 mm.
- Trä hinkar = 20 liter
- Tidur
- SI-mellanlägg (papper skiva), arean är 1200 * 800 mm och tjockleken är ≥ 3 mm. På skivan markeras diametern på 30, 40, 50, 60 cm. med och samma cirkel centrum.
- Termometer med insticksgivare, med en noggrannhet av $\pm 2,5^\circ\text{C}$
- Hammare och spikar (20 mm)
- Borste och skrapverktyg av trä mm.
- Formolja som släppmedel för cylindern/provet.

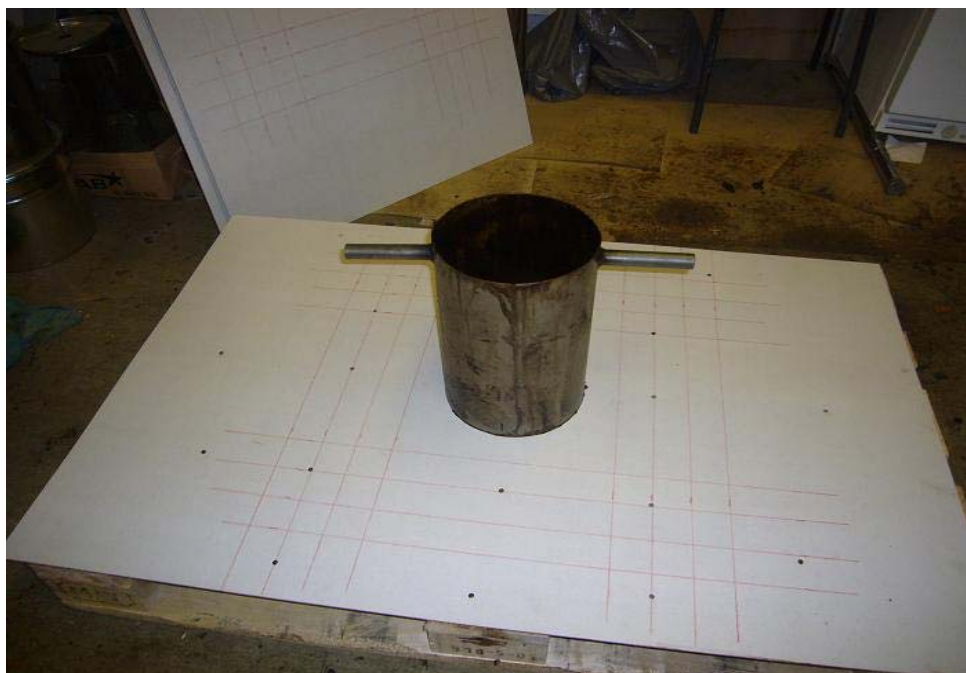


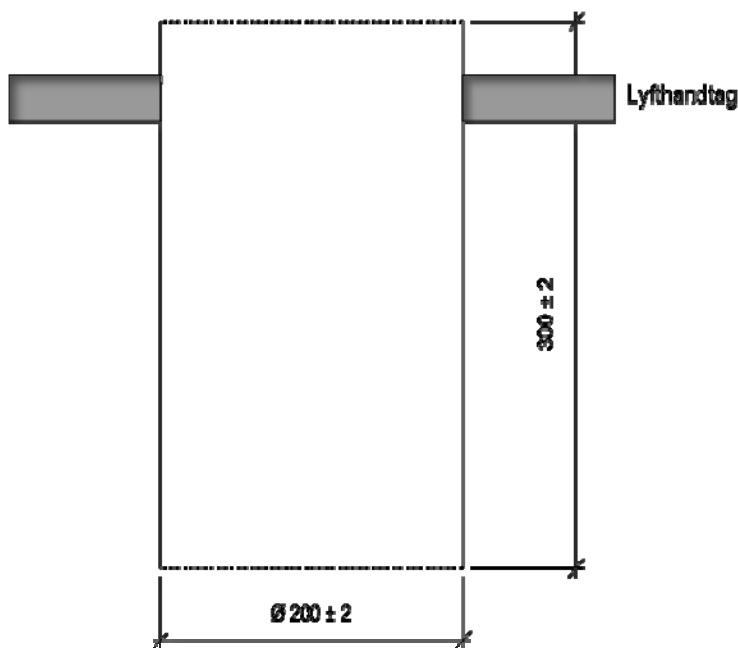
Bild 3.2.1. Flytcylinder på SI-mellanlägg som vi använt vid provtagningarna.

3.3. Provtagningar med flytcylindermetoden

Provet ska vara homogent och representativt. Förfarandet beskrivs av följande steg:

- 1) Den insmorda flytcylindern placeras centriskt.
- 2) Häll gjutasfalten från hinken i flytcylindern till given höjd. H = 26 cm. V = 8168 cm³.
- 3) Sätt instickstermometern i mitten av provet (det är viktigt att man inte sticker fram och tillbaka på olika platser i provet), skaka formen lätt och läs av efter 30 ± 5 s. och ta sedan bort givaren.
- 4) Lyft cylindern i en långsamt, med en bestämd rörelse som bör ta 3 ± 1 s. Samtidigt som lyftningen påbörjas, startas klockan.

- 5) Notera tiden vid de markerade cirkeldiametrarna D30, D40, D50 och D60 cm. Dessa tider benämns i siffror med sekunder.
- 6) Vi mäter diametern på den asfalt som flutit ut efter 5 minuter och efter 15 minuter. Samt mäter diameter i 4 riktningar och vi tar medelvärde för diametrarna som benämns t_{300s} resp. t_{900s} .
- 7) Vi observerar och bedömer om sammansättningen av asfalt som flutit ut dvs. bedöm eventuell separation av grovstenmastix. Vi bedömer enligt tre gradig skala: homogen, separation av bindemedel eller om stenarna inte flyttar sig tillräckligt från centrum.
- 8) Det är viktigt att cylindern smörjs med formolja direkt efter varje prov, sedan ska cylindern kylas ned och smörjas igen med formolja för att gjutasfalten ska flöda igenom utan att fastna. Den första smörjningen med formolja fungerar som rensning av cylindern.



Figur 3.3.1. Flytcylinders dimension i mm. Cylindern är försedd med lyfthandtag i den övre delen för att underlätta att lyftningen blir rak.

3.4 Stämpelvärde

För varje gjutasfaltmassa som levereras ut från BINABs asfaltverket i Akalla tar man stämpelvärde som normal procedur. Vid varje provtagningsdag togs stämpelvärde för undersökning av karakterisering av deformationsegenskaperna. I samband med våra mätningar för läggbarhet med FCM-metoden tog man också stämpelvärde för att jämföra om det finns andra lärdomar och erfarenheter för läggbarhet.

Stämpelbelastningsprovning är en av de vanligaste metoderna för bedömning av hårdheten hos gjutasfalt genom bestämning av det intryck som en belastad stämpel förorsakar under en bestämd tid. Nedskjutningen mäts under en viss tid på ett stämpelprov.

Vid bestämning av stämpelintryck med FAS metod 465 belastas en kub av gjutasfalt med en plan cirkulär stämpel. Den totalt verkande kraften är 525N och stämpelns belastningsyta är 500 mm². Stämpelns intryck i kuben bestäms efter 30 minuter med en noggrannhet av 0.01 mm. Även en s.k. intryckskurva kan bestämmas om avläsningar görs efter 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60 och 120 minuter. Innan provning tempereras provform med kub i vatten vid 40 ±1°C under minst 60 minuter.

4. Genomförande

4.1. Kontrollvärde med standardmassa

Vi gjorde många prover och skapade en tabell med **standardmassa** från BINAB verket i Akalla för att finna och fastställa en metod över gjutasfaltsläggbarhet samt att kunna jämföra med olika vaxtillsatsmedel i olika former och mängder. Tabellen används också som en modell för att jämföra med olika stenmaterial för att finna det bästa och lämpligaste stenmaterialet för läggbarhet. Vi kallar tabellen nedan för **kontrollvärde**. Mätningarna gjordes med handsredskap därför krävs fokusering, noggrant omdöme och kognition för att få korrekt värde.

Mätningarna över tiden används för att beräkna massans utbredning i sekunder dvs. tidstagning på utbredningsförändringar i förhållande till temperatur ökning.

*Tabell 4.1.1. **Kontrollvärde** (gjort med BINABs standardmassa) över gjutasfaltsmassutbredningstid i sekunder i förhållande till temperatur ökning. Samt massans diameterutbredning (cm.) efter 5 min (t_{300s}) och efter 15 min (t_{900s}).*

Temp	D30	D40	D50	D60	t_{300s}	t_{900s}
183°C	12	41	123		52 cm	52,5 cm
185°C	10	32	99		52 cm	52,5 cm
186°C	9	31	98		52 cm	52,5 cm
187°C	8	29	97		52,5 cm	53 cm
190°C	7	26	96		58 cm	58,5 cm
194°C	6	22	70		58,5 cm	59 cm
195°C	5	21	65		59 cm	59,5 cm
198°C	4	18	55		60 cm	60,5 cm
199°C	4	17	45	155	62,5 cm	63 cm
200°C	4	16	41	154	63 cm	63,5 cm
207°C	4	15	35	80	64,5 cm	65,5 cm
217°C	4	10	27	70	65 cm	67 cm
218°C	4	9	26	68	65,5 cm	67,5 cm
219°C	4	9	24	65	66 cm	68,5 cm
221°C	3	9	22	65	67 cm	68,5 cm
222°C	3	9	21	63	67 cm	69 cm

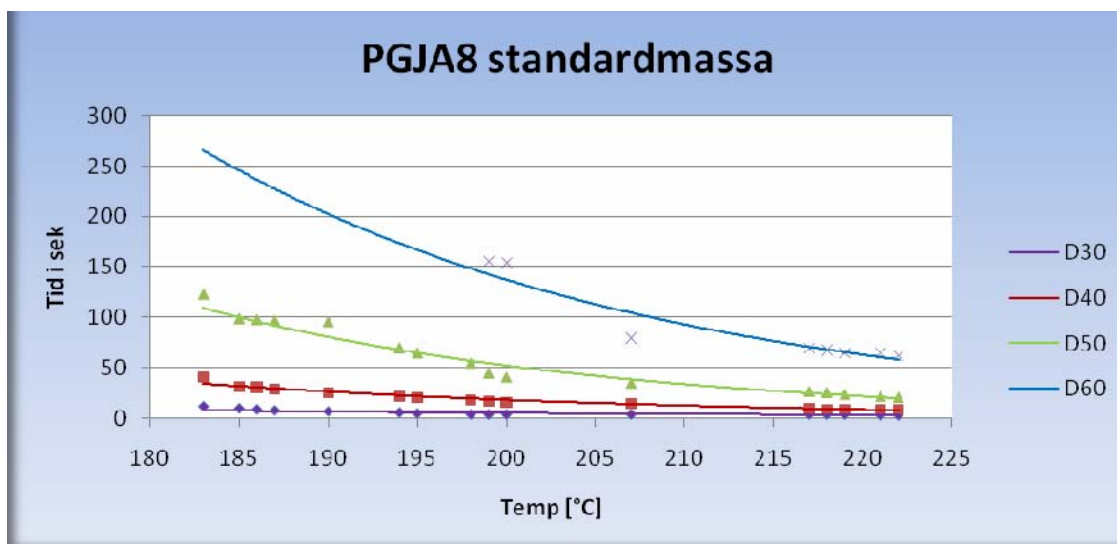


Diagram 4.1.1. Visar massans utbredning i sekunder i förhållande till temperaturökning [°C].

4.2. Vaxinblandning i gjutasfalt

Den 30 oktober 07, arbetade vi med provtagningar för att finna om vax i olika former (Sasobit 3 %, Asfaltan 3 % och 1,5 % Sasobit plus 1,5 % Asfaltan) påverkar gjutasfaltens läggbarhet. Provningsen genomfördes vid 175°C till 207°C. Syftet med provtagningarna var att få provvärden med vaxtillsatser i olika sorter, mängder och temperaturer för att jämföra med standardmassans prover och se möjligheter till eventuellt förbättrad läggbarhet i låga temperaturer.

Vaxtillsatsen gjorde det möjligt att sänka utläggningstemperaturen för gjutasfalt till den grad att rökutveckling från blandaren blev mindre, men det kan bero på temperatur sänkning i blandaren. Vaxtillsatsen kan möjligen ha positiva effekter på interaktionen mellan komponenterna i det polymermodifierade bituminet när det gäller rökutveckling, alltså mindre emissioner.

Med FCM metoden, mätte vi massans utbredning i sekunder på skivan i förhållande till temperaturökning med fokusering på 200°C graders nivå.

Mätvärdena utan vax följde i princip vårt gamla **kontrollvärde** från den här dagen dvs. den 30 oktober 07. Därför är jämförelse möjlig mellan dagens provtagningar och vårt **kontrollvärde** med vaxtillsatser för att se de önskade effekterna.

4.3. Arbetsordning för vax i bitumen:

Den 30 oktober 07 tillverkades gjutasfalt från BINABs asfaltverk i Akalla och fylldes ett ton på en av dumprarna (asfaltkokarna) och vi tog 3 prover utan vax. Sedan fylldes 3 kokare efter varandra med ett ton av gjutasfalt i varje och blandades med först 3 % Sasobit i den första kokaren sedan med 3 % Asfaltan i den andra och sist med 1,5 % Sasobit plus 1,5 % Asfaltan i den tredje och vi tog 6 prover från varje kokare.

Provtagning A:

Först tappade vi en hink av PGJA8 från den kokaren som hade ett ton på temperatur 195°C sedan två hinkar till på temp 198°C (se Tabell.5.1.1.).

Provtagning B:

Vi började med en ny kokare med gjutasfalt blandad med vaxtillsatsen 3 % Sasobit. Vi tar 6 prover med temperatur 172°C till 199°C (se Tabell.5.1.2.). Sasobit är en vaxtillsats som tillverkas kommersiellt av Schumann-Sasol GmbH.

Provtagning C:

Vi tar en ny kokare med 3 % Asfaltan och till samma procedur tar vi 6 prover från temperatur 177°C till 205°C (se Tabell.5.1.3.). Temperaturer runt 200°C var intressanta för oss för jämförelse med våra kontrollvärden för att på så sätt finna läggbarhets- möjlighet med Asfaltan och sänka utläggningstemperaturen på upp till 20°C.

Romonta Normal var den först lanserade tillsatsprodukten för asfaltmassa och har sedan följts av produkter med beteckning Asfaltan. Asfaltan A är framtagen för att passa till modifiering av gjutasfalt även Asfaltan B kan användas.

Provtagning D:

Vi gjorde ett försök till med blandning av båda Sasobit och Asfaltan med 1,5 % var. Vi gjorde 6 prover från 181°C till 197°C (se Tabell. 5.1.4.).

5. Resultat

5.1. Inblandning av vaxtillsats i standardmassan

Prov A med PGJA8 utan vax den 30 oktober 07:

Värdena på massutbredningstiden följde i princip vårt kontrollvärde på gjutasfaltmassan som ni ser i tabell 5.1.1.

Mättningsvärde i sekunder för första tappning av ett ton PGJA8 utan vax.

Tabell.5.1.1. PGJA 8 utan vax.

Temp	D30	D40	D50	D60	t300s	t900s
195°C	5	18	45	165	62.5	63
198°C	4	15	41	139	63,5	64,5
198°C	4	13	39	142	63.5	64,5

Prov B med PGJA8 med 3 % Sasobit:

Värden som vi hade tagit från PGJA8 med 3 % Sasobit den 30 oktober '07, hade bättre massutbredningstid i jämförelse med vårt standardvärde utan Sasobit. Vid högre temperaturer bör det vara lättare att lägga ut gjutasfalt med 3 % Sasobit. Läggarheten runt 200°C med 3 % Sasobit för gjutasfalt kan jämföras med 215°C utan Sasobit.

Mättningsvärde i sekunder för en andra tappning av ett ton PGJA 8 med vax 3 % Sasobit.

Tabell. 5.1.2. PGJA 8 med 3 % Sasobit

Temp	D30	D40	D50	D60	t300s	t900s
172°C	7	27	107		55	55
174°C	6	25	95		56,5	57
175°C	6	25	91		56,5	57
197°C	3	9	35	110	63	63,5
198°C	3	9	34	105	63	63,5
199°C	3	9	29	104	63	63,5

Prov C med PGJA8 med 3 % Asfaltan:

PGJA8 med Asfaltan hittills har den lägsta massutbredningstid på låga temperaturer. Vi får halverad tid med 3 % Asfaltan i gjutasfalten. Det betyder att läggbarheten är möjlig i ännu lägre temperaturer än i Sasobit, alltså effekten och samspelen med komponenterna i PMB 32 kan möjligen fungera bättre med Asfaltan.

Mätningvärde i sekunder för tredje tappning av ett ton PGJA8 med vax 3 % Asfaltan.

Tabell. 5.1.3. PGJA 8 med 3 % Asfaltan.

Temp	D30	D40	D50	D60	t300s	t900s
177°C	4	10	45	175	61	63
183°C	3	8	24	140	62	62,5
183°C	3	8	25	142	62	62,5
198°C	2	7	18	72	66,5	67
202°C	2	5	17	73	66	67,5
205°C	2	5	16	62	66,5	68

Prov D med PGJA8 med 1,5 % Sasobit och 1,5 % Asfaltan var:

Värdena som vi fick hamnar mellan Sasobits- och Asfaltansvärde i prov B och C. Det ser ut som en kombination av båda effekterna. Vi får inte lika bra massutbredningstid på skivan som i prov C med enbart 3 % Asfaltan. En kombination av 1,5 % Sasobit + 1,5 % Asfaltan kan öka läggbarheten.

Mätningvärde i sekunder för fjärde tappning av ett ton PGJA8 med vax (1,5 % Asfaltan och 1,5 % Sasobit).

Tabell. 5.1.4. PGJA 8 med 1,5 % Asfaltan och 1,5 % Sasobit.

Temp	D30	D40	D50	D60	t300s	t900s
181°C	3	8	42	150	62,5	63
184°C	3	8	40	145	62,5	63
186°C	3	8	40	144	62,5	63
197°C	3	7	24	94	64	64,5
197°C	3	7	25	95	64	64,5
197°C	3	7	26	95	64	65

Prov E ett extra prov med PGJA8 med 4 % Asfaltan:

Den 28 november '07 gjorde vi 9 prover var av 6 prover med 4 % Asfaltan. 1 % ökad mängd Asfaltan gav en aning snabbare vid temperaturer under 200°C som ni ser i jämförelse grafen för D50 nedan.

En extra mätningsvärde i sekunder av ett ton PGJA8 med vax 4 % Asfaltan.

Tabell. 5.1.5. PGJA 8 med 4 % Asfaltan

Temp	D30	D40	D50	D60	t300s	t900s
183°C	3	8	25	180	61,5	62,5
183°C	3	8	24	170	61,5	62
186°C	3	8	24	170	62	62,5
199°C	2	5	19	95	63	63,5
199°C	2	7	21	90	63	64
200°C	2	5	20	99	64,5	65,5

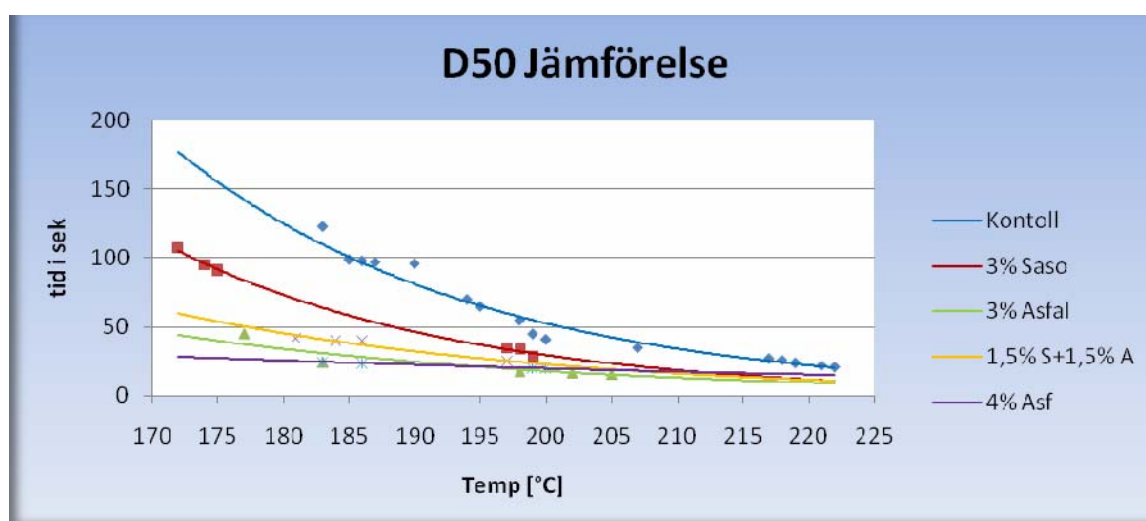


Diagram 5.1.1. Visar gjutasfaltsmassans utbredning i sekunder i förhållande till temperatur [°C] ökning med olika mängd- och vaxtillsats för D50.

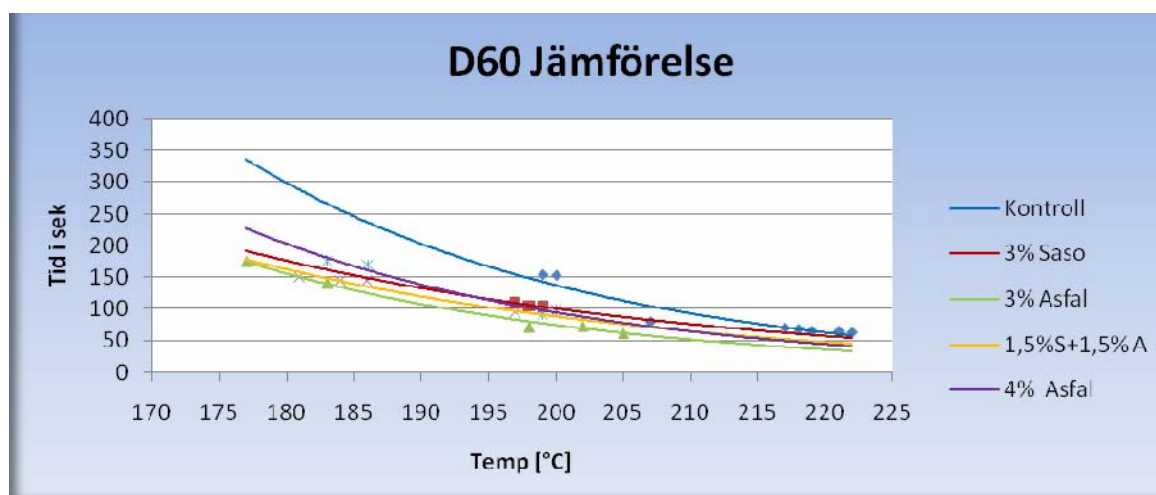


Diagram 5.1.2. Visar gjutasfaltsmassans utbredning i sekunder i förhållande till temperatur [°C] ökning med olika mängd- och vaxtillsats för D60.

5.2. Olika stenmaterials påverkan av gjutasfaltens läggbarhet

Undersökning av olika stenkurvurs utseende och form och inte minst kornstorleksandelen har stor betydelse för läggbarheten. Med våra 4 provomgångar över olika temperaturer och stenmaterialens egenskaper beträffande flisighet och krossytegrad, kan man möjligen se stenkurvans betydelse för läggbarheten.

Nedan är 4 olika tabeller med mest flisiga och mest kubiska med och utan vax.

Prov 1. Mättningsvärde i sekunder för mest flisiga 4-8 mm stenmaterial utan vax.

Tabell. 5.2.1. PGJA 4-8 mm. FLISIGA utan vax

Temp	D30	D40	D50	D60	T300s	T900s
184°C	6	25	120		55,5	56
184°C	6	24	160		55	55
185°C	4	22	115		55	55
195°C	4	24	200		55	55
199°C	4	25	180		54	54,5
203°C	4	22	180		53	53
214°C	4	25	120		52	52,5
220°C	4	22	110		50,5	51
222°C	4	20	105		52,5	53

Prov 2. Mättningsvärde i sekunder för mest flisiga 4-8 mm stenmaterial med vax 4 % Asfaltan.

Tabell 5.2.2. PGJA 4-8mm. FLISIGA med 4 % Asfaltan

Temp	D30	D40	D50	D60	T300s	T900s
185°C	4	10	45		59,5	60,5
192°C	3	8	34	150	61,5	62
194°C	3	7	32	150	61,5	62
201°C	3	6	30	135	62	63
205°C	3	6	27	135	62,5	63,5
207°C	3	6	25	135	62,5	63,5
217°C	3	5	18	80	65	67
222°C	3	4	12	56	66,5	68
222°C	3	4	10	46	67	69

Prov 3. Mättningsvärde i sekunder för mest kubisk 4-8 mm stenmaterial utan vax.

Tabell 5.2.3.PGJA 4-8, Kubisk utan vax

Temp	D30	D40	D50	D60	T300s	T900s
185°C	4	17	67		58	58,5
185°C	4	18	72		57	57,5
191°C	4	12	56		59	59,5
195°C	3	11	58		59	59,5
198°C	3	10	50		59,5	60
202°C	3	8	48		60	60,5
212°C	2	8	45		58	58,5
218°C	2	7	44		58	58,5
220°C	2	6	42		58,5	59

Prov 4. Mättningsvärde i sekunder för mest kubisk 4-8 mm stenmaterial med vax 4 % Asfaltan.

Tabell 5.2.4.PGJA 4-8, Kubisk med 4 % Asfaltan

Temp	D30	D40	D50	D60	T300s	T900s
180°C	3	5	23	177	61,5	62
194°C	2	4	18	120	63,5	64,5
196°C	2	4	15	118	64	65
212°C	1	2	8	42	67,5	68
215°C	1	2	7	41	68	68,5
217°C	1	2	7	40	68,5	68,5

5.3. Inverkan av kornstorleksform och geometri

Stenmaterialets kornstorleks inverkar på gjutasfalts läggbarhet. Vi har försökt att finna ett stenmaterial som på ett avgörande sätt kan förbättra gjutasfalts läggbarhet. Vi har gjort 4 olika tester med stenmaterial och vaxinblandning mest flisig (4-8 mm) och mest kubisk (4-8 mm) för att jämföra skillnader mellan olika stenmaterial.

Med de olika testerna har vi möjlighet att se skillnader mellan kubiska och flisiga stenmaterial och kan även se stenstorlekens påverkan på läggbarheten, när vi jämför med provvärdena på standardmassans utbredningstid. Men flisighet har större negativ effekt jämfört med kornstorleken. Man ska inte glömma fillrets stora påverkan på läggbarhet som skapar skillnader från massa till massa.

Nu tänker vi att gå genom och analysera och förklara de 4 mätningarna som vi har gjort. Inför de nämnda 4 mättningsdagarna visste vi inte vad vi hade fått för blandning med sten material och vax (Asfaltan) i våra prover och syftet var att se skillnader mellan olika provomgångar i förhållande till våra kontrollvärden. Och det visade sig att med hjälp av våra kontrollvärden som är baserade på standardmassa (6-8 mm)

PGJA8 kunde vi se de skillnader som finns mellan olika stenmaterial på vaxinblandning vilket vi kan förklara och gå närmare in på i varje delprov. Vi vill påpeka att man har använt Asfaltan som vaxtillsatsmedel för delproverna nedan.

Delprov 1:

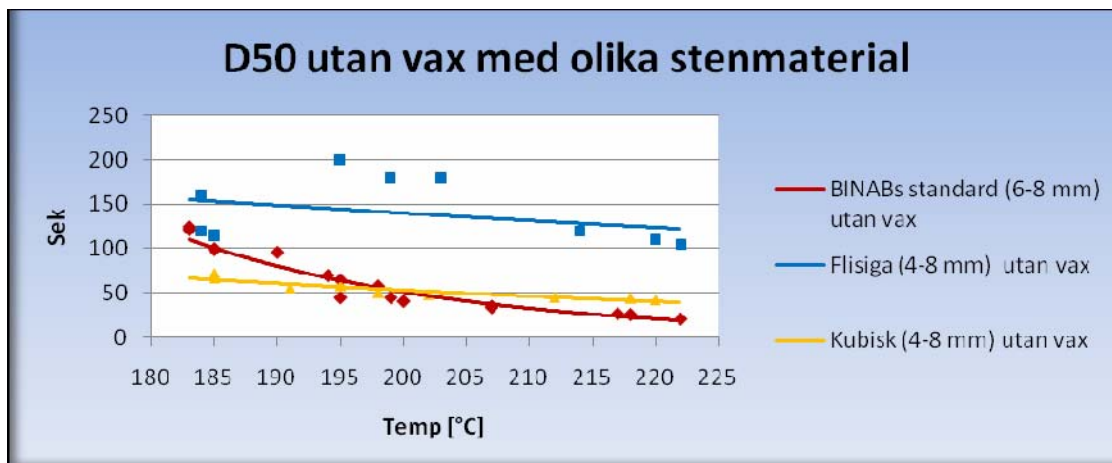


Diagram 5.3.1. Kontrollvärde i jämförelse med flisiga & kubiska (4-8 mm) stenmaterial utan vax i förhållande till temperatur [°C] ökning.

Med hjälp av FCM metoden kan man se att de mest flisiga stenmaterial är svårare att lägga ut. Man ser det tydligt på kurvan för D50 (Diagram 5.3.1.) utan vax att med de mest flisiga stenmaterial har man problem även i högre temperaturer. Istället för att utbredningstiden ska minska när vi höjt temperaturen på kokaren blev det mycket svag minskning på utbredningstiden.

Det kan förklaras med stenarnas flisighet i kombination med fillerandelen, samt avdunstning och upptagning av vaxerande oljeprodukter i massan.

Delprov 2

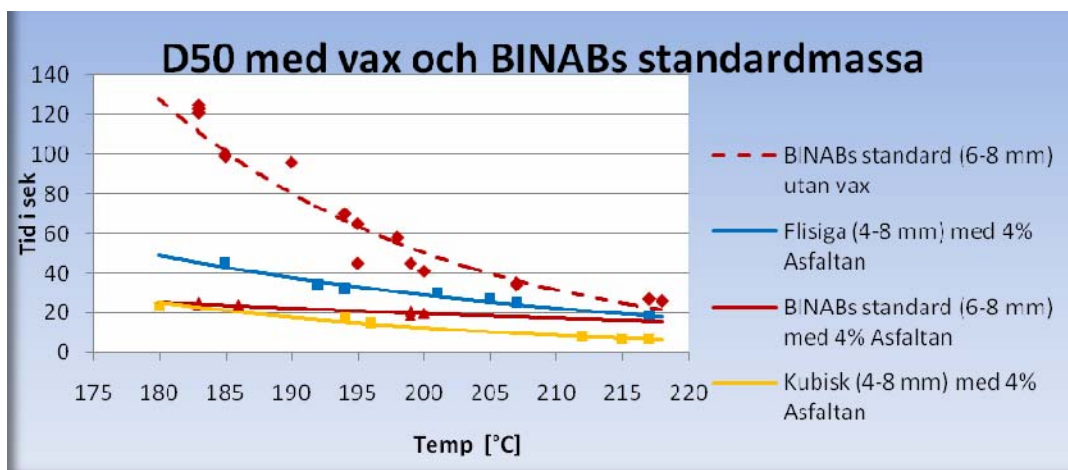


Diagram 5.3.2. Kontrollvärde i jämförelse med flisiga & kubiska (4-8 mm) stenmaterial med vax i förhållande till temperatur [°C] ökning.

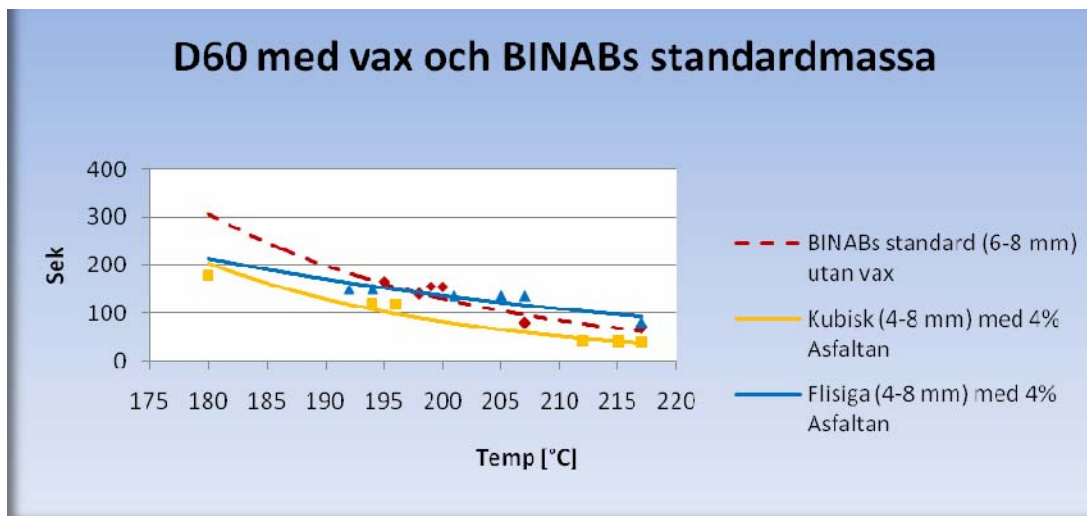


Diagram 5.3.3. Kontrollvärde i jämförelse med flisiga & kubiska (4-8 mm) stenmaterial med vax i förhållande till temperatur [°C] ökning.

Det mest flisiga stenmaterial som vi hade i provet innan får vi nu med vaxtillsats 4 % Asfaltan. Det visade sig att med hjälp av vax kunde vi få en bra läggbarhet även för ett stenmaterial som detta. Det kan innebära att med hjälp av vax och en kombination av flisig och kubiskt stenmaterial kan vi öka både läggbarhet och hållfasthet och balansen ligger i kontrollen över andelsfördelningen som man ser i D50 (Diagram 5.3.2.). Vill man ha styvhet och högre hållfasthet då ökar man det flisiga stenmaterialet med högre andelsfiller men på bekostnad av läggbarheten framför allt om man använder handredskap.

Mest flisiga 4-8 mm med vax har sämre läggbarhet efter 200°C grader för D60 (Diagram 5.3.3.). Därför kan vi säga att stenstorleken och fillret och flisighetsgraden påverkar olika och skapar skillnaden i läggbarhet mellan massa och massa. Fillerandel och stenstorlek kan ha sin effekt på läggbarhet i de högre temperaturerna som vi nämnde ovan. Och det finns belägg för det. Vi har studerat ett tidigare examensarbete som har gjorts med fokusering på kornstorlek och fillersandel.

Delprov 3:

Man ser i Diagram 5.3.2. & Diagram 5.3.3. att vårt mest kubiska stenmaterial visar klar tendens på att vara bättre för de lägre temperaturerna runt 200°C grader i jämförelse med vårt kontrollvärde. Men läggbarheten blir lite sämre på temperaturer över 200°C grader och vi tror att det kan beror på fillerandelen och fraktioner 0-4 mm. Fillret spelar samma funktion som mjöl gör i en allt varmare sås så att viskositeten blir högre.

Att massutbredningstiden var längre för de högre temperaturerna runt 200°C kan beror på avdunstning och stenarnas sug effekt av vaxerande oljeprodukter.

Läggbarheten för kubiska stenmaterial är betydligt bättre i jämförelse med flisigt stenmaterial. Som man kan se i diagrammet ovan (Diagram 5.3.3.), men man kan

också tolka att de kubiska stenmaterialen rullar betydligt lättare med massan när man gör prover med FCM metoden och det borde fungera även på samma sätt i verkligheten på arbetsplatserna.

Delprov 4:

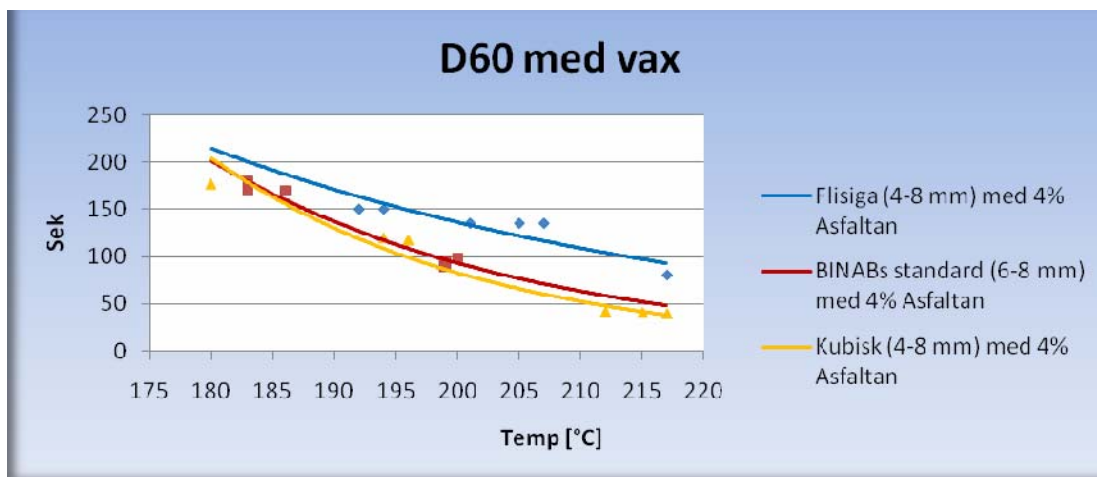


Diagram 5.3.4. Jämförelse med flisiga & kubiska (4-8 mm) stenmaterial med vax i förhållande till temperatur [°C] ökning.

I delprov 4 som vi gjorde på bästa kubiska stenmaterial 4-8 mm gav den bästa läggbarhet som baserade på massutflytningstid. Den är den hittills bästa läggbara massan som vi har tagit prover på. Med temperaturer runt 185°C grader kan vi få en läggbarhet för motsvarande 220°C grader för standardmassa (Diagram 5.3.2.).

Energibesparingen kommer att bli stor med en sänkning av temperaturen 20 – 40°C och en stor samhällsekonomisk vinst. Vi såg en tydlig minskning av avgaser, men det är inte det vi ska undersöka i vårt examensarbete, men det är dock värt att påpeka.

Man ser ovan i Diagram 5.3.3. på D60 att man vinner dyrbara sekunder när det gäller läggbarhet på temperaturer över 200°C grader. Vårt kontrollvärde följer i princip samma exponentialfunktion med vinst i tid och energiåtgång.

6. Fältstudier

Den 24 juni 08 testade man vaxinblandningsinverkan på gjutasfalt i stor skala för att jämföra och utvärdera vaxinblandningens påvisade effekt på läggbarhet i det verkliga arbetet.

Normalt transporterar man gjutasfalt till arbetsplatserna med hjälp av transportkokaren som kan rymma upp till 20 ton. Därifrån fyller man dumprar till utläggningsplatsen och med hjälp av kärra håller man gjutasfalt från dumprarna till utläggningsplatsen för utläggning med handredskap.

I början hade vi ställt in transportkokarens temperatur på 193°C för att gardera oss för nedkylning i samband med dumpningen från transportkokaren till dumparen. Vi tog vår hink från dumparen för provtagning med hjälp av FCM metoden. Temperaturen blev 190°C. Det tog en kort stund innan arbetarna började med utläggningen. Första kärrans temperatur var 198°C som ökade under tiden till 212°C i de kommande kärrorna. Man hade inte riktig kontroll över temperaturförändringen på dumparen. Temperaturen var 198°C från kärran som var läggbart men något svårt rakbart. När temperaturen ökade till 212°C blev det även rakbart. Vi tog vår nästa hink från andra dumparen och vi fick 197°C med bättre utbredningsresultat på skivan.

Under tiden hade vi ett öga på rökutvecklingen i samband med utläggningarna. De lägsta temperaturerna på kärran låg mellan 192°C och 195°C som man kunde lägga med handredskap men inte med rakan. Lägre än 192°C kom vi aldrig den dagen. Den verkliga temperaturen kan ha varit lägre än 192°C pga. nedkylningen från kärran till utläggningsplatsen. Vi tog två prover till med temperaturer på 195°C och 200°C med 4 % Asfaltan.

Efter de sista proverna kom nya leveranser med gjutasfalt utan vaxtillsatser och vi tog på samma sätt som ovan två prover till för provtagningar med FCM metoden med temperaturer på 211°C och 224°C.

Vad vi observerade under provtagningarna när det gäller rökutveckling och rakning var att rökutvecklingen blev mindre och kan kopplas till de lägre temperaturerna i samband med utläggningarna. Men när det gäller rakning vill vi säga att för en god rakning behövdes 212°C med vax och utan vax 237°C.

Nämligen med hjälp av rakning kan man öka läggningshastighet och man kan arbeta stående men det krävs högre temperaturer som i sin tur skapar mera rökutveckling. Så man kan säga att för rakbarhet krävs högre temperaturer än läggbarhet med hjälp av handläggning.

Syfte med den här dagens provtagningar var att se om de positiva effekterna på läggbarhet från FCM metoden kan konstatera i verkligheten.

Man kan inte direkt dra slutsatser från enbart den här dagen. Det krävs mera provtagningar och mera fältarbete samt bättre organisation i samband med provtagningarna. Det är viktigt att påpeka att vi hade en annan leverantör för bitumen och omgivningstemperaturen var cirka 8 graders högre än temperaturomgivning

under våra labbprovtagningar som kan ha signifikant effekt på läggbarhet den här dagen. Nedan beskrivs några av förslagen:

- 1) Provtagningarna bör tas direkt i anknytning med en påfyllning av kärnan.
- 2) Provpplatsen bör vara så nära som möjligt utläggningsplatsen.
- 3) Förfarandet på temperaturlagningarna på proverna bör följa metodbeskrivningar för FCM metoden även på fältet.
- 4) Handredskapsutveckling för snabbare utläggning och belastningsminimering för arbetarna och företaget.
- 5) Förkortning och effektivisering av arbetsplatslogistiken.
- 6) Istället för handläggning bör man utveckla handrivna utläggningsmaskiner som kan användas i trånga och smala utläggningsplatser.
- 7) Överskrid inte föreslagna maximala gjutasfaltmassans temperaturer.

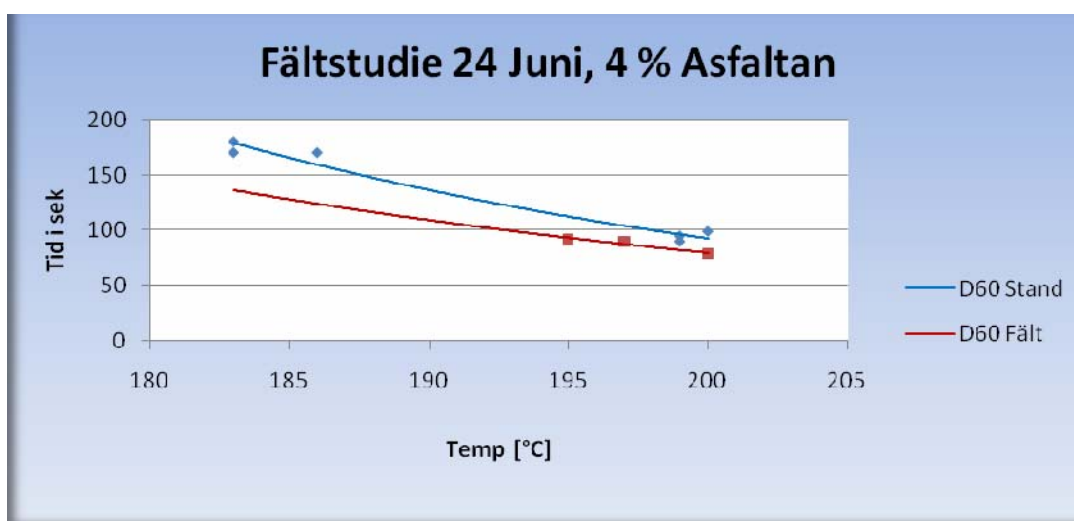


Diagram 6.1. Visar massansutbredning i sekunder i förhållande till temperaturökning [°C] med 4 % Asfalten för D60.

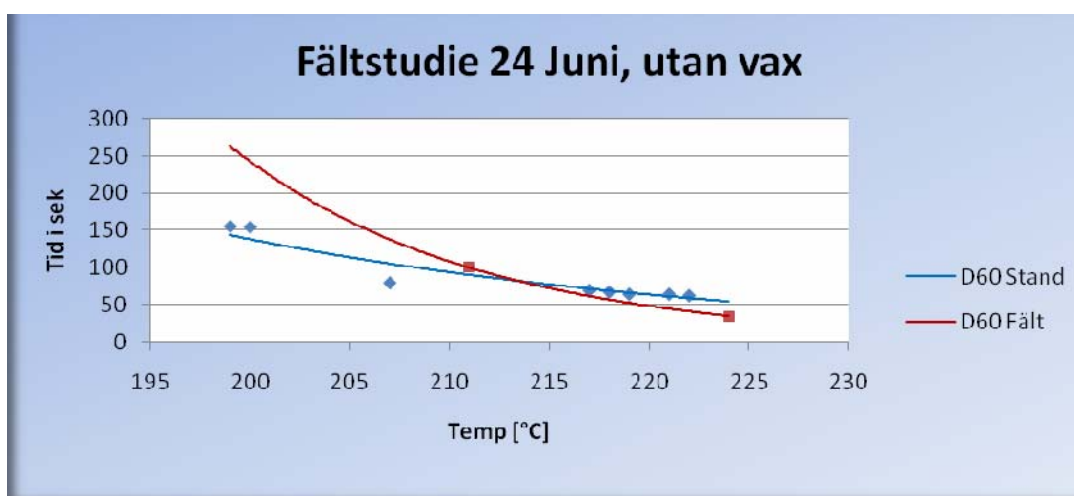


Diagram 6.2. Visar massansutbredning i sekunder i förhållande till temperaturökning [°C] utan vaxtillsatser för D60.

7. Värmeförlust försvårar gjutasfaltbeläggning

Vid gjutasfaltmassans olika temperaturpåverkan på läggbarhet kan de transienta värmeledningsproblemen s.k. Lumped Capacitance- metoden ge en del förklaring om varför omgivningens låga temperaturer försvårar läggbarhet.

Gjutasfaltmassan avger värme direkt till omgivningen som omger gjutasfaltan, framförallt kontaktytan med grunden. Värmekapaciteten som lagras i gjutasfaltmassan ger värdefulla sekunder för läggbarhet, ju tjockare gjutasfaltmassan är desto längre håller värme och med det vinner man dyrbara sekunder för arbetarna i samband med utläggning. Men gjutasfaltbeläggningarna är ofta i tunna lager. För att motverka värmeförlusten mot omgivningen fungerar bitumenmattor som isolerings skikt när temperaturdifferensen är stor.

Värmeförlusten är stor under arbetsplatslogistiken från transportkokaren, dumparen, kärran och till slut till utläggningen men vi fokuserar på utläggningsplatsen, där värme övergångskoefficienten h avgör hur snabbt massan avger värme till omgivningen. Ju större temperaturdifferensen och kontaktytan är desto snabbare blir värmeförlusten.

Differensen i temperatur spelar stor roll för hur snabb förlusten av värme ska vara. Om vi har en kropp med temperaturen T i en omgivning med temperaturen T_∞ så ändras temperaturen med tiden enligt följande ekvation.

$$\frac{\theta}{\theta_i} = \frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \exp\left[-\left(\frac{hA_s}{\rho Vc}\right)t\right]$$

Ekvationen ovan förklarar den tiden som behövs för gjutasfaltmassan att nå temperaturen T , ($T = T_{nu}$, är lägsta temperaturen för läggbarhet). I vårt fall motsvarar läggbarhetstemperaturen många faktorer för just den specifika massan. Eller omvänt, ekvationen kan användas för att räkna den uppnådda temperaturen för massan med tiden t . Den föregående slutsatsen indikerar att temperaturdifferensen mellan massan och omgivnings temperatur T_∞ går exponentiellt mot noll när t närmar sig oändlighet (men vi är intresserade av en tid på cirka en minut). Där T_i är massans (kroppens) initialtemperatur. Termen ($\rho Vc / hA_s$) kan bestämmas som värmetidens konstant, täljarens värde är den kompakta värmekapaciteten för massan och nämnarens värde är motståndet mot värme konvektionen (och värmeledning) från massans yta.

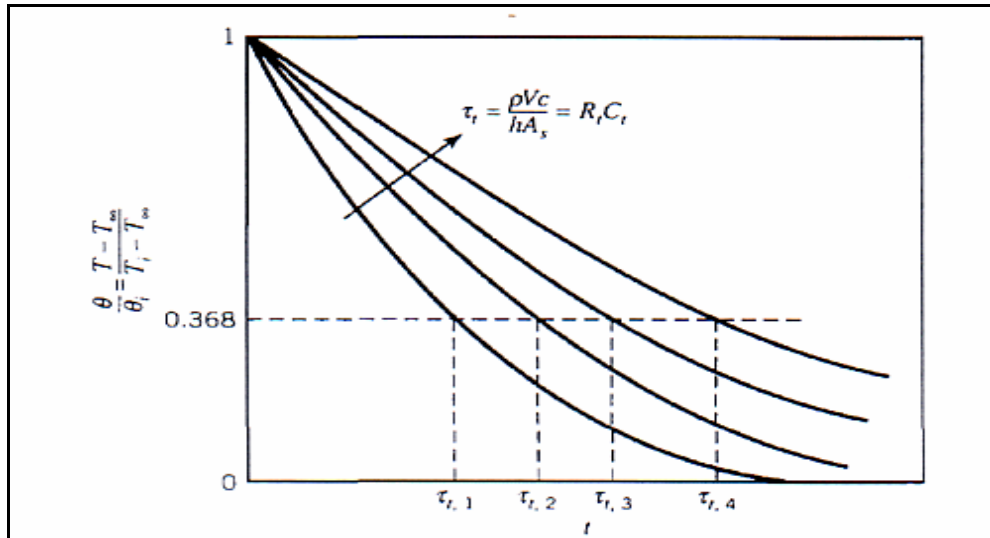


Diagram. 7.1. Transienta värmeledning för olika tidskonstanter, τ

$\tau = (1/hA_s)(\rho Vc) = R_t C_t$, R_t är värmekonvektionsresistans och C_t är massans lumpade värmekapacitet, som kan användas då det inre värmemotståndet i kroppen är litet jämfört med det yttre, dvs. då kroppens temperatur i varje ögonblick kan antas samma i varje punkt (inga inre temperaturskillnader).

Ett ytterligare villkor är att omgivningens temperatur plötsligt ändras från kroppens temperatur till en lägre temperatur. När R_t och C_t ökar, saktar de ner massans värmeändringsbenägenhet i dess omgivning. Det här beteende liknar kapacitansens urladdning genom resistans i en **el krets** (RC).

Men det är möjligt att det yttersta skiktet som har kontakt med underlaget kyls ner snabbare och stenarna i massan bidrar till en jämnare temperatur i varje ögonblick. Man kan också tänka sig att stenarnas form och storlek kan bidra till snabbare värmeförlust framförallt mot underlaget.

8. Diskussion och slutsats

8.1. Diskussion

Kokar man gjutasfalten längre tid i blandaren med högre fillerhalt och högre temperatur än 200°C får man klart sämre massa för läggbarhet med stenmaterial som har 4-8 mm. Det var det vi kunde se när vi jämförde de två tester som vi gjorde utan Asfaltan med tidigare kontrollvärde. Även andra faktorer som avdunstning av vaxerande oljeprodukter i bitumen har med höjning av viskositet att göra.

Men de två andra tester som vi gjorde med samma kornstorlek 4-8 mm mest flisig och mest kubisk med Asfaltan blev resultatet betydligt bättre även när man kokade massan en längre tid.

Under de här olika proverna som vi har gjort med mest flisig och mest kubisk stenmaterial ser vi en annan tendens framför allt när vi använder 4-8 mm att massan tappar värme betydligt snabbare i jämför med 6-8 mm. På det sättet kan vi säga att kornstorleken kan ha betydelse för läggbarhet i den viktiga sista minuten när man lägger asfalten.

Diameterutbredningen på skivan för mest kubiska och mest flisiga stenmaterial utan vax nådde aldrig D60 (Tabell 5.2.1. & 5.2.3.) även för högre temperatur.

Eftersom de här massorna gick utanför ordinarie produktion med stenstorlek 4-8 mm, kan vi inte direkt jämföra med 6-8 mm. Andra omständigheter med egen filler och andel stenstorlek 0-4 mm kan ha sin effekt på resultatet framför allt när det gäller tidsfaktor i kokaren.

För att få en gjutasfaltmassa som inte varierar från gång efter gång när det gäller läggbarhet behövs betydligt jämnare andel av stenmaterial. Stenmaterial från 6-8 mm som asfaltverket redan använder är bättre lämpat (än 4-8 mm) för att få gjutasfalten stabilt och läggbart bör man kontrollera fraktionsandelen mellan 0-4 mm till den nivå att stabiliteten inte rubbas.

När man tittar på D50 med vax (Diagram 5.3.2.) för mest flisigt och mest kubiskt stenmaterial ser man en annan skillnad som är att flisighetsgraden har större effekt än stenarnas kornstorlek.

Vi kan tolka ovan nämnde D50 (Diagram 5.3.2.) att kubiskt stenmaterial med vax hamnar bäst när det gäller utbredningstiden och med det läggbarheten. Och gör det möjligt för att hinna med utläggning med de viktiga minuterna i början.

Stenmaterial som idag används som standard i Akallas asfaltsverk hamnar mitt emellan mest flisiga och mest kubiska stenmaterial när det finns vax inblandat. Vi tolkar resultatet så att kubiskhet är viktigare än stenstorleken för en bra läggbarhet i de viktiga minuterna som är nödvändigt för utläggningen.

Det är inte bara stenarnas volym och form som är viktig i det här sammanhänget för läggbarhet. Man kan också tänka sig att flisiga stenmaterial löser in sig i varandra

och med dess större vidhäftningsyta blockerar massutbredning och försvårar läggbarhet.

Från ett tidigare examensarbete som fokuserar på stenmaterialet 0-4 mm får vi några viktiga påpekanden som kan komplettera det vi har kommit fram till vad avser kornstorlek och fillrets påverkan som vi nämner nedan.

Proverna visar att effekten på (i en specifik bergkross) krossen har stor inverkan på provresultatet. En lägre effekt i krossen ger generellt en lägre fillerhalt i 0-4 mm fraktionen. Effekten bör ligga mellan 95-105 kW vilket ger en fillerhalt på mellan 8-13 %. Fukthalten i stenmaterialet har även den en stor inverkan på resultatet. En hög fukthalt ger generellt en hög fillerandel medan en låg ger en lägre fillerandel i provet. Enligt deras provresultat ger en fukthalt mellan 1,1-1,8 % en fillernivå på mellan 8-12 %.

En jämn andel av stenmaterial som man får till asfaltverket och kontroll över fillret för att få jämn andel från gång till gång löser viktiga problem framför allt när det gäller stenstorlek under 0,063 mm. Andelen av dessa olika stenstorlekar skiljer sig från kross till kross vilket leder till att receptet på gjutasfaltsmassan blir olika från gång till gång. Där stenstorlekar 0-4 mm kan spela stor roll.

Vi hade önskat att kunna mäta utsläppen i samband med våra prover antingen direkt från kokaren eller från själva utläggningsmomenten på SI-mellanlägggen. En annan tanke som utvecklade sig under vårt arbete var att modifiera våra handredskap när det gäller volym och antal prover.

Vi rekommenderar att man ska kontrollera möjligheterna att minska avgasor i samband med produktion, transport och avlagring av gjutasfaltmassa inte minst i sampelet med olika stenmaterial.

Arbetsplatslogistiken är ett annat område som är väldigt viktigt för energisparandet och med det emissionsutsläppen. Läggbarheten på gjutasfalt kan underlättas med handredskapsutveckling och modifiering. Genom att använda maskinell läggare kan arbetet med utläggning blir snabbare och det kan läggas på lägre temperaturer.

Förkortning för arbetsplatslogistiken är ett annat viktigt område för energisparande. Man slipper höja temperaturen så mycket över läggbarhetstemperaturen för att kompensera energiförlusten i kedjan t.ex. transportkokaren, dumparen och kärnan.

Den föreslagna modifieringen kan vara som nedan:

- 1) Dumpning från transportkokaren till små dumprarna ska förbättras och utvecklas.
- 2) Sluten och korrekt temperaturgivare på dumprarna med högre rotation hastighet på blandaren.
- 3) Det är möjligt att avvara kärnan i en sluten kedja för dumpare. Dumpningen kan ske med hjälp av tryck och inte bara med hjälp av gravitation.
- 4) Utveckling av rakaren (rakan) eller användning av minimaskinläggare för utläggningarna.

8.2. Slutsats

Med hjälp av de två graferna nedan kan vi dra vår slutsats.

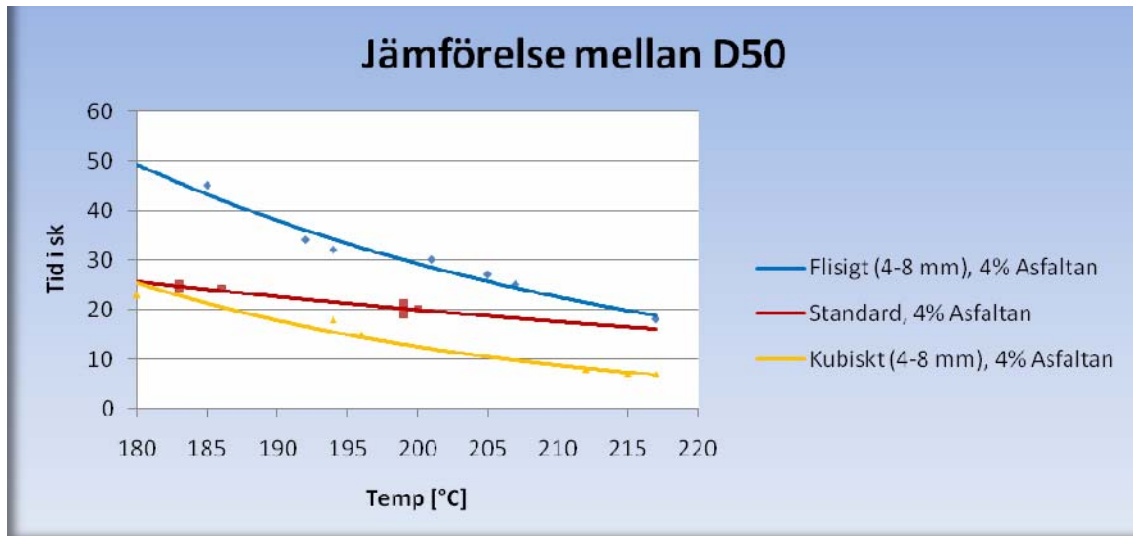


Diagram 8.2.1 . D50 visar kornstorlek- och flisighetsinverkan på gjutasfalts läggbarhet i förhållande till temperatur [°C] ökning.

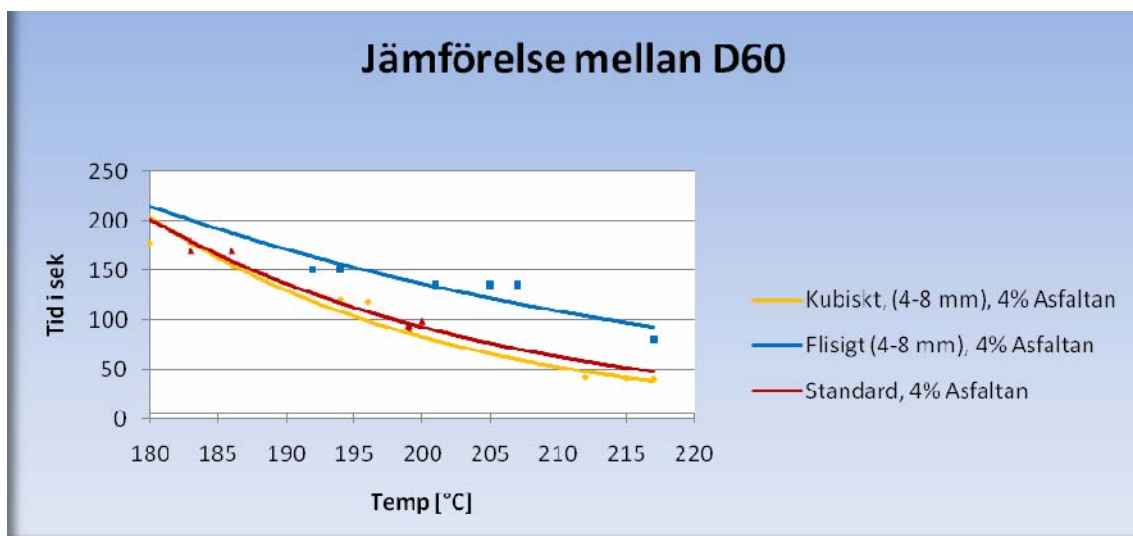


Diagram 8.2.2. D60 visar kornstorlek- och flisighetsinverkan på gjutasfalts läggbarhet i förhållande till temperatur [°C] ökning.

- Vårt examensarbete i BINAB visar att olika stenmaterial med vax har inverkan på gjutasfaltsläggbarhet.
- Inverkan av stenmaterial varierar beroende på flisighetsgraden, kornstorleken, fillerandelen, fukthalten och olika vax- och mängdtillsatser.
- Det mest kubiska stenmaterial gav den bästa resultat på läggbarhet.
- Stenarnas kornstorlek och fraktionsandelen är näst viktiga för läggbarhet.

- 4 % Asfaltaninblandning är i samspel med de ovan nämnda punkterna ovan är avgörande för att få en bra läggbarhet på låga temperaturer. Vinsten är upp till 20-40°C beroende på flisighetsgraden och kornstorleken.
- Vår egen bedömning är att de nämnda effekterna på läggbarhet kan värderas utifrån utläggarens upplevelse i samband med utläggningen samt många faktorer som lätt kan påverka läggbarheten. Utan handredskaps- och arbetsplatslogistikutveckling kan man inte få fullt ut sänkt temperatur under 200°C.

9. Källförteckning

Litteratur:

Robert K, Ylva Edwards (2003), Gjutasfalt som slitlager på broar och viadukter, Stockholm, s. 4-21.

<http://www.asfaltskolan.se/alltomasfalt.html>

Föreningen för Asfaltbeläggningar i Sverige (1995), *FAS Asfaltbok*, Stockholm Kap. 2, A1-21.

Anders Jonsson, Robert Långh (2005), Stenmaterial vid asfalttillverkning, Chalmers Tekniska Högskolan, Göteborg.

Transient Conduction: The Lumped Capacitance Method Chapter Five Sections 5.1 through 5.3. bama.ua.edu/~cbrazel/306ch5abw.pdf

<http://www.energy.kth.se/courses/4A1601/Files/VT-tenta%20050312.pdf>

www.vv.se/filer/31983/bilaga2_vax_som_tillsatsmedel_i_gjutasfalt2007.pdf

Björn Samuelson (2001), Byggbranschens arbetsmiljö, sid. 4, av, Sveriges Byggindustrier.

FAS Metod 465-00, <http://www.vv.se/filer/Publikationer/fas465-00.pdf>

INFORMATIONSBLAG FRÅN MILJÖDEPARTEMENTET, (2008, april), Stockholm, Regeringens klimatpolitik.

Kia Klaesson Pettersson och Jenny Matsson (2003), Användning av Plastgjutenmarkbetong: Reg.kod: Oru-Te-EXA096-B107/03, Örebro

Isacsson U, Lu X (1995), "Testing and appraisal of polymer modified road bitumens – state of the art" *Materials and structures*, 28, pp.139-159.

<http://www.eng-tips.com/viewthread.cfm?qid=125441&page=4>

<http://www.roymech.co.uk/Related/Thermo.html>

<http://en.citizendium.org/wiki/Asphalt>

[http://www.vv.se/filer/17591/Provv%C3%A4g_E6_\(PMB\).pdf](http://www.vv.se/filer/17591/Provv%C3%A4g_E6_(PMB).pdf)

[http://vgwww.vegagerdin.is/nvf33.nsf/2bcd72cf0978d05280256f620045f485/80d9e90ddcc4bdc200257439002784ad/\\$FILE/Utskott33%202006%20del%201.pdf](http://vgwww.vegagerdin.is/nvf33.nsf/2bcd72cf0978d05280256f620045f485/80d9e90ddcc4bdc200257439002784ad/$FILE/Utskott33%202006%20del%201.pdf). (NI-projekt 03014, asfaldeckers beständighet).