

Hantering av returafalt för ökad återvinning

- *Siktning av granulat*



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Trafik och Samhälle / Trafik och väg

Examensarbete:

Karl Negrell

Viktor Larsson

© Copyright Karl Negrell & Viktor Larsson

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
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2021

Sammanfattning

Hållbar utveckling är ett mål för samtliga branscher men även för landet och världen. Byggnationen av infrastruktur och bostäder står i dagsläget för omkring 40% av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser, vilket innebär att stora förändringar krävs för att nå de uppsatta klimatmålen till år 2045, alltså att Sverige inte skall ha några nettoutsläpp av växthusgaser.

Asfalt består till majoriteten av bitumen samt stenaggregat vilket är ändliga resurser. I teorin är asfalt en 100% återvinningsbar produkt, men i dagsläget är praktik och teori långt ifrån varandra. Skillnaden mellan teorin och praktiken kommer som en effekt av diverse begränsningar såsom material, tillverkningstekniska och hanteringen av returafalt.

Detta examensarbete har som målsättning att göra anspråk på gapet mellan teori och praktik. För att möjliggöra detta skall de befintliga begränsningarna identifieras, vilket görs i form av en litteraturstudie. Därefter utreds teorin ifall en förändring i granulat hanteringen kan bidra till ökad andel återvinning. Detta sker genom laboratorieförsök där granulatet siktas till tre fraktionsstorlekar (0–4, 4–8, 8–11) för att jämföras med dagens granulatkrossning som vanligtvis sker i storleksordningen 0–11 mm. Det siktade granulatet används sedan för att proportionera kornkurvorna för en ABT 11 beläggning med fyra olika andelar återvinning och en referensmassa med 0% återvinning. Marshallprovkropparna med 0, 40, 60, 80 och 100% återvinning analyseras och utreds med hjälp av kornstorleksfördelning, bindemedelshalt, hålrumshalt, bitumenfyllt hålrum, mjukpunkt och marshallstabilitet.

Återvinningen av asfalt kan i allmänhetens ögon anses vara en trivial process, men detta är inte fallet då det är en mängd olika faktorer som påverkar dess resultat. I dagsläget är det framför allt hanteringen av returafalten som tillför de största osäkerheterna, vilket hämmar en effektiv återvinningsprocess. Osäkerheterna kommer som en effekt av att granulatets mjukpunkt, kornstorleksfördelning och bindemedelshalt varierar kraftigt och därav kan ingen kontinuitet skapas i produktionen. Den heterogena granulat strukturen härstammar ifrån att returafalt från diverse beläggningar och platser blandas på upplagen, vilket fortplantar sig i den färdiga återvinningsmassan. Men osäkerheterna kan även bero på att en del asfaltverk inte är byggda för att producera återvinningsmassor. I takt med att begreppet hållbarhet har vuxit och tagit en större position i allmänhetens ögon men även det politiska landskapet, har asfaltverken tvingats att modifieras för att kunna tillgodose den förändrade efterfrågan och kraven som hör där till. Vilket ställer större krav på kompetensen och kreativiteten hos de som sköter drift och underhåll av verken.

Analysen av kornstorleksfördelning av marshallprovkropparna bevisade att siktningen av granulatet möjliggjorde provkroppar med goda kornkurvor upp till 80% återvinning. För återvinningsmassan som bestod av 100% granulat blev det endast mindre översteg vid 0,063 fraktionen, vilket talar för metodens potential. Utifrån den utförda marshallstabiliteten kan man säga med ett konfidensintervall på 95% att det inte finns någon statistisk signifikant skillnad på brotthållfastheten på en återvinningshalt upp till 60%. För recepten med 80% respektive 100 % återvinning presterade inte provkropparna likaväl som övriga vid marshallpressen. Detta kan troligtvis kopplas till den låga marshallhålrumshalten i kombination med den höga bindemedelshalten som provkropparna hade, jämfört med övriga provkroppar. För analysen av bitumenfyllt hålrum presterade inte provkropparna med 80 samt 100% återvinning godtyckligt, vilket kan kopplas till ovan nämnda faktorer. Mjukpunkten för samtliga provkroppar blev högre än målvärdet. Detta kan troligtvis härledas till att det jungfruliga bindemedlet antogs ha en lägre mjukpunkt än vad den bevisades ha. Det kan även bero på att det siktade granulatet hade en högre mjukpunkt än vad analyserna kunde påvisa. Trots detta klarade alla återvinningsrecept de ställda kraven förutom recepten med 60% och 100% återvinning som blev aningen för höga. Samtliga massor klarade de ställda kraven på bindemedelshalt, men visade dock en stor variation där den ökade i takt med återvinningsandelen.

Utan siktning av granulatet krävs det en separering på upplagen efter returafaltens sammansättning, alltså dess bindemedelshalt, kornkurva och mjukpunkt, för att möjliggöra en hög återvinningshalt vid varm återvinning. En ökad planering genom hela återvinningsprocessen, det vill säga att returafaltens ändamål redan är fastställt innan den bryts upp, skulle effektivisera processen som helhet och troligtvis öka möjligheten att producera högkvalitativa återvinningsbeläggningar. En hantering av granulatet som efterliknar den av det jungfruliga stenmaterialet ökar kunskapen om granulatets sammansättning och på så vis minskar osäkerheterna som granulatet i dagsläget tillför tillverkningen. Genom att endast använda det framsiktade 8–11 granulatet, möjliggör det en ABS 11 beläggning med 80% återvinning, vilket visar metodens potential. Granulatet har även visat att bindemedelshalterna varierar beroende på fraktion, däremot är mjukpunkten snarlik oavsett fraktion.

Abstract

Sustainable development is an important goal for industries, both nationally and globally. The construction of infrastructure and housing currently accounts for about 40% of Sweden's total greenhouse gas emissions, which means that major changes are required to achieve the set climate goals by 2045, i.e., that Sweden will have no net greenhouse gas emissions.

Asphalt consists for the most part of bitumen and stone aggregates, which are finite resources. In theory, asphalt is a 100% recyclable product, but the present practice and theory are far apart. The difference between theory and practice is probably an effect of various limitations such as materials, manufacturing technical reasons and the handling of recycled asphalt.

The overall goal of this bachelor thesis is to reduce the gap between theory and practice. To enable this, existing limitations must be identified, which is done in the form of a literature study. Thereafter is the theory of whether a change in granule handling can contribute to an increased proportion of recycling is investigated. This is done through laboratory experiments where the granules are sieved to three fraction sizes (0–4, 4–8, 8–11 *mm*) to be compared with today's granulate crushing, which usually is between 0–11 *mm*. The sieved granulate is then used to proportion the gradation curve for an ABT 11 asphalt pavement with four different contents of reclaimed asphalt and a reference mass with 0% reclaimed asphalt. The Marshall test pieces with 0, 40, 60, 80 and 100% recycled asphalt content are analyzed and investigated using gradation curve, binder content, marshall voids ratio, aggregate voids filled, softening point and marshall stability.

The recycling of asphalt can in the eyes of the public be considered a trivial process, but this is not the case as there are a variety of factors that affect its results. At present, it is above all the handling of the reclaimed asphalt that adds the greatest uncertainties, which hampers an efficient recycling process. The uncertainties come as an effect of the granule's softening point, gradation curve and binder content varying sharply; this implies that a continuity in production cannot be created. The heterogeneous structure of the granulate stems from the used asphalt, which originates from various bituminous road surfaces and places which then ends up in the same storage area. These variations then propagate in the finished product. However, the uncertainties may also be due to that some asphalt plants are not built to produce recycled asphalt pavements. As the concept of sustainability has grown and taken a larger position in the eyes of the public and on the political agenda, the asphalt plants have been forced to be modified in order to meet the changing demands and the associated requirements. This places greater demands on the

competence and creativity of those who handle the operation and maintenance of the asphalt mixing plants.

In the current project, sieve analysis of the marshall test pieces showed that the sieve of the granulate enabled good grading of the aggregate grain curves up to a content of 80% recycled asphalt. For the mixture that consisted of 100% recycled asphalt, there was only a slight deviations at the 0.063 *mm* fraction. These findings speaks in favor of the method. Based on the performed marshall stability, it can be said with a confidence interval of 95% that there is no statistically significant difference in the yield strength of a recycling content up to 60%. For the recipes with 80% and 100% recycled asphalt, the test pieces did not perform as well as the others in the marshall press; this can most likely be linked to its low marshall voids ratio in combination with its, in relation to other, high binder content. For the analysis of aggregate voids filled, the test specimens with 80 and 100% recovery did not meet the previously set requirements, which can be linked to the above-mentioned factors. The softening point for all specimens was higher than the target value. This can probably be attributed to the fact that the virgin binder was assumed to have a lower softening point than it was proven to have. This may also be explained by that the sieved granules might have had a higher softening point than the analyzes could prove. Despite this, all recycling recipes met the set requirements, except for the recipes with 60% and 100% recycling, which were slightly too high. All masses met the set requirements for binder content, but showed a large variation where it increased in step with the recycling ratio.

Without sieving the granulate, a separation of the storage area according to the composition of the recycled asphalt, i.e., its binder content, gradation curve and softening point, is required to enable a high recycling content. Increased planning throughout the recycling process (i.e., even before the old coating is broken up, its purpose should be established) would streamline the process as a whole and probably increase the possibility of producing high-quality recycled asphalt pavement. A handling of the granulate that mimics that of the virgin stone aggregate increases the knowledge of the composition of the granulate and thus reduces the uncertainties that the granulate currently adds to the production. By only using the 8-11 *mm* granulate, it enables an ABS 11 asphalt pavement with a content of 80% recycled asphalt, which shows the potential of the method. The granules have also shown that the binder contents vary depending on the fraction, however, the softening point is similar regardless of the fraction.

Förord

Som en avslutande del av Högskoleingenjörsutbildning i byggteknik – väg- och trafikteknik skrivs detta examensarbete. Arbetet som påbörjades i januari 2021 och avslutades i juni 2021 har skrivits i samarbete med Skanska Industrial Solution och Malmö kommun. Projektidén och utförandet genomfördes utifrån egna idéer och önskemål som godkändes av samtliga parter.

Vi vill först och främst tacka våra handledare Pajtim Sulejmani som arbetar på Lunds Tekniska Högskola samt Malmö kommun och Kenneth Olsson som är asfaltspecialist på Skanska. Sulejmani har genom hela utbildningen varit ett bollplank för våra idéer och funderingar och det råder inget undantag för detta projekt. Vi har både fått beröm och kritik vilket har resulterat i en mycket lärorik process. Olsson har bidragit med sin kompetens angående asfalt som helhet men framför allt inom återvinning. Både Sulejmani och Olsson har givit snabba svara oavsett tidpunkt, vilket har lett projektet framåt i alla lägen. Vidare vill vi även tack vår handledare Magnus Kask, produktionschef på Skanska för uppgifter och kontaktvägar inom företaget.

Mattias Herlin skall även ha ett stort tack för tiden han avsatt för att öka vår förståelse för hur ett asfaltverk är uppbyggt och fungerar och hur dom olika komponenterna samspelar. Vi vill även visa tacksamhet mot Per Tyllgren för intressanta diskussioner samt den värdefulla förståelsen som han givit oss angående olika återvinningstekniker. Vilket hade varit svårt att reda ut om det inte vore för hans långa erfarenhet inom branschen.

En särskilt stor eloge skall även Emma Ohlsson och Martin Nilsson ha, som arbetar på Skanskas laboratorium i Önnestad. De har stått ut med eviga frågor kring diverse metoder och förfaranden men även en hel del spring i deras lugna och städade miljö. Utan dom skulle laboratorium försöken varit närmre omöjliga att utföra. Även Madelaine Matsson på laboratoriet i Göteborg skall ha ett stort tack för hjälpen med diverse provtagningar.

Slutligen vill vi även tacka övrig personal inom Skanska och Universitetet för intressanta diskussioner och deras hjälpande hand. Ingen nämnd, ingen glömd.

Karl Negrell & Viktor Larsson

Lund, juni 2021

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte & frågeställning	2
1.3	Metodbeskrivning	3
1.4	Avgränsningar.....	4
2	Litteraturstudie	5
2.1	Väggkroppens uppbyggnad	5
2.1.1	Olika materiallager.....	6
2.2	Ingående material & dess egenskaper	6
2.2.1	Bituminösa bindemedel	7
2.2.1.1	Bitumen	7
2.2.1.2	Bitumen föråldring.....	8
2.2.2	Stenmaterial	9
2.2.3	Tillsatsmedel	10
2.2.3.1	Föryngringsmedel.....	10
2.3	Tillverkning.....	12
2.3.1	Stenmaterialhantering.....	12
2.3.2	Kalldosering.....	13
2.3.3	Torkning	13
2.3.4	Rökgasrening	15
2.3.4	Fillerhantering.....	15
2.3.6	Siktning.....	16
2.3.7	Varmstenslagring.....	16
2.3.8	Bindemedelssystem	17
2.3.9	Varmdosering– proportionering– vägning	17
2.3.10	Blandning.....	18
2.3.11	Färdigmasshantering	18
2.4	Återvinning	19
2.4.1	Varm återvinning i verk	20
2.4.2	Övriga återvinningsmetoder.....	21
2.5	Returasfaltens hantering	22
2.5.1	Borttagning	22
2.5.2	Bearbetning av returasfalt.....	23
2.5.3	Förvaring	24
2.5.4	Returasfalt, avfall eller råvara?	24
2.6	Tidigare försök & utredningar	25
2.6.1	Återvinning av högkvalitativa slitlagerbeläggningar.....	25
2.6.2	Lundavägen.....	25
2.6.3	Försökssträckor med ökad asfaltsåtervinning	26
2.6.4	Återvinning i beläggningar med PMB.....	27

2.6.5	Föryngring av returafalt med miljöanpassade tillsatsmedel	27
2.7	Analysmetoder	28
2.7.1	Kornstorleksfördelning	28
2.7.2	PAH	28
2.7.3	Asfaltanalysator och rotationsindunstare.....	29
2.7.4	Bindemedelshalt	29
2.7.5	Mjukpunkt	29
2.7.6	Marshallinstampning	30
2.7.7	Marshallstabilitet	30
2.7.8	Hålrums halt.....	30
2.7.9	Bitumenfyllt hålrumshalt.....	30
2.8	Krav	31
3.	Utförda försök	32
3.1	Tillvägagångssätt	33
3.2	Utförande av test	35
3.3	Material.....	37
3.4	Arbetsrecept för provkropparna.....	39
4.	Resultat.....	41
4.1	Återvinningens potential och begränsningar.....	41
4.1.1	Material begränsningar	41
4.1.2	Tillverkningens begränsningar	42
4.1.3	Hanteringens begränsningar.....	43
4.2	Analys av provkroppar.....	44
4.2.1	Mjukpunkt	44
4.2.2	Bindemedelshalt	45
4.2.3	Marshallstabilitet	46
4.2.4	Marshallhålrumshalt.....	47
4.2.5	Bitumenfyllt hålrum	48
4.2.6	Kornstorleksfördelning	48
5.	Diskussion och slutsatser	51
5.1	Resultatdiskussion.....	51
5.1.1	Återvinningens begränsningar	51
5.1.2	Provkroppar	53
5.2	Metoddiskussion	55
5.3	Praktisk tillämpning	58
5.4	Slutsatser	59
5.5	Fortsatta studier	60
	Referenslista.....	61
	Bilagor.....	63

Begreppslista

ABD	Dränerande asfaltbetong
ABS	Stenrik asfaltbetong
ABT	Tät asfaltbetong
Asfaltgranulat	Förädlad returafalt, vanligen krossad
BBR	Bending Beam Rheometer
BFH	Bitumenfylld hålrumshalt
DSR	Dynamic Shear Rheometer
Föryngringsmedel	Tillsatsmedel som ger tillbaka retur bindemedlet dess forna egenskaper, kan även benämnas som rejuvenator
Marshall	Metod för framtagning och testning av provkroppar
PABS	Polymermodifierad stenrik asfaltbetong
PMA	Polymermodifierad asfaltmassa
PMB	Polymermodifierad bindemedel
Polymer	Kedjeformade molekyler av syntetiskt eller naturligt men oftast organiska ämnen
RA	Returasfalt, asfalt som legat på en befintlig väg och sedan brutits upp
ÅDT	Årsdygnstrafik
Tixotropa effekter	En tjockflytande produkts förändring av egenskaper vid omrörning.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Samhället och världen som helhet förändras snabbare än någonsin tidigare. Överlag har levnadsstandarden höjts och samtidigt lever vi längre än någonsin tidigare, vilket har lett till en ökad konsumtion. Med en befolkning som både växer till antal och med en ökad köpkraft ställs det enorma påfrestningar på miljön och våra gemensamma resurser. Så som vi tidigare har producerat och konsumerat produkter är inte längre hållbart. Därav krävs en omställning mot en cirkulär ekonomi, där vi nyttjar de resurser som redan finns i bruk (Naturskyddsföreningen, 2021). Sveriges huvudsakliga klimatmål är att till senast år 2045 inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären. När detta är uppnått skall sedan utsläppen bli negativa, vilket innebär att landets totala utsläpp understiger vad naturen naturligt tar upp som en del av kretsloppet, alternativt mindre än de utsläpp Sverige kan medverka till att sänka utomlands genom investeringar i diverse klimatprojekt (Regeringskansliet, 2017).

Omställningen till en cirkulär ekonomi måste ske effektivt om vi ska lyckas uppnå Sveriges klimatmål till år 2045. Genom att effektivisera användning av material kan deras livslängd och värde öka, vilket får effekten att utvinningen av nya råvaror och deponering av förbrukade minskar. Vilket både ger stora miljö- och ekonomiska samhällsvinster. Denna omställning måste genomföras gemensamt av politik, näringsliv, offentliga sektorn, akademi, privatpersoner och civilsamhället (Regeringskansliet, 2020).



Figur 1: En cirkulär ekonomi (Olsson, 2019).

För att Sverige ska vara och förbli ett föredöme för andra länder måste en förändring ske gällande byggnationen av infrastruktur och bostäder då 40 procent av Sveriges utsläpp av växthusgaser kommer från denna bransch (Länsstyrelsen, 2020). EU:s direktiv har slagit fast att 70 procent av allt

ofarligt avfall från byggkonstruktioner samt rivningsobjekt skall återvinnas till år 2020. Detta direktiv har Sverige inte nått upp till inom den aktuella tidsperioden och statistiken från asfaltentreprenörerna gapar tom (Olsson, 2019).

Asfalt är i teorin 100 procent återvinningsbar men begränsas i praktiken av faktorer som bristande kunskap om returafaltens sammansättning, dess hantering, val av återvinningsmetod och verkens uppbyggnad. Idag återvinns inga större mängder returafalt vid varm återvinning och det finns stora skillnader beroende på vart i landet man befinner sig. Denna variation kan härledas till de skillnader i kompetens, incitament och möjlighet som olika geografiska platser besitter. Detta trots att det har bevisats att en återvinning med 50 procent mynnar ut i goda resultat (Olsson, 2019). Den huvudsakliga anledningen till gapet mellan teorin och verkligheten ligger i osäkerheterna som asfaltgranulatet tillför. Vid tillsättning av jungfruliga material finns det mycket god kunskap om de ingående materialen och dess sammansättning. Men då returafalt från diverse objekt ofta lagras på samma upplagsyta blandas både bindemedelskvalitéer, bindemedelshalt, stensorter och stenstorlek, vilket innebär att det krossade granulatet blir av varierande kvalitet, som sedan speglas i den färdiga återvinningsmassan.

1.2 Syfte & frågeställning

Detta arbete syftar på att sammanställa de potentialer och begränsningar som återvinningen av returafalt har. Detta genom att identifiera de begränsningar som de befintliga processerna resulterar i, men även hur de ingående materialen och dess sammansättning påverkar slutprodukten, vilket sker i form av en litteraturstudie. Därefter skall en utredning göras för att undersöka om en ökad kunskap om granulatet och dess beståndsdelar kan bidra till att en högkvalitativ återvinningsmassa kan produceras kontinuerligt.

Följande frågeställningar skall besvaras:

- Vad begränsar i dagsläget en återvinningshalt på 100%?
- Skulle hantering av granulat som efterliknar hantering av jungfruligt stenmaterial kunna bidra till ökad andel återvinning?

1.3 Metodbeskrivning

Detta examensarbete inleds med en litteraturstudie för att samla information om asfaltens beståndsdelar och egenskaper, hantering och tillverknings- samt återvinningsprocesser. Informationen om detta hämtas från publikationer från till exempel *Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF)*, *Vägverket* som senare blev en del av *Trafikverket*, myndigheter såsom *Naturvårdsverket*, *Länsstyrelsen* samt diverse universitet och allmänna bransch intressenter. Detta ligger sedan till grund för resultatet och dess tolkning och diskussion.

För att utreda huruvida en flerfördelad granulatsiktning skulle kunna resultera i en högre andel tillsättning av asfaltgranulat, har provkroppar enligt *Marshall* byggts upp och analyserats genom laborationsförsök. Testkropparna producerades på Skanska Industrial Solutions laboratorium i Önnestad där de sedan analyserades samt på Skanskas asfaltlaboratorium i *Vikans Industrivägen 6* i Göteborg.

Laborationen kan delas in i fyra huvudmoment som presenteras nedan. En mer detaljerad beskrivning finner man i *Kapitel 3*.

Förberedning inför analyser

Granulat samt jungfruligt material av stensorten kvartsit härstammar från asfaltverket i Dalby vilket skickades till laboratoriet i Önnestad. Där siktades sedan granulatet till fraktionsfördelningarna som presenteras nedan i *Tabell 1*, vilket skede med hjälp av en grov sikt. Detta för att få en bättre insikt hur fördelningen av granulatets komponenter ser ut och utifrån detta kunna avgöra den lämpligaste fördelningen för en fullskalig produktion.

Tabell 1: Siktningens intervaller för granulatet.

Intervall (mm)	0–4	4–8	>8

Analys av de ingående materialen

Därefter togs ett representativt prov från varje intervall där kornkurva, bindemedelshalt och mjukpunkt analyserades för samtliga.

Framställning av provkroppar

Därefter plockades arbetsrecepten fram och marshallprovkropparna tillverkades. Det presenterades fem olika recept där det tillverkades fyra provkroppar per recept.

Tabell 2: Recept 1–5 och dess andel returafalt.

ABT 11 recept nr	1	2	3	4	5
Andel RA (%)	0	40	60	80	100

Analyser av provkroppar

Marshall provkropparna analyserades delvis på laboratoriet i Önnestad samt i Göteborg och på Lunds Tekniska Högskola. Där följande parametrar plockades fram; marshallstabilitet, marshallhålrumshalt, bitumenfyllt hålrum (BFH), bindemedelshalt, kornkurvor och mjukpunkt.

1.4 Avgränsningar

Laboratorietesterna avgränsas till beläggningstypen ABT 11, bitumenkvalitén 70/100, stensorten kvartsit samt ett krossat 0–11 granulat av samma stensort. Rejuvenatorn som projektet utgår ifrån är *Sylvaroad RP 1000*, det vill säga tillsatsmedlet som skall återge returbindemedlets forna egenskaper. Testerna som kommer utföras under laboratorieförsöken kommer endast hantera varm återvinning men övriga metoder nämns kortfattat eller inte alls i litteraturstudien.

I litteraturstudien kommer fokuset ligga på asfaltens materialegenskaper, dess tillverknings- och återvinningsprocesser, returafaltens hantering och tidigare utförda försök angående återvinning och alternativa hanteringsmetoder. Tillsatsmedel bortsett från rejuvenatorer kommer endast beröras kortfattat eller inte alls. Tillverknings- och återvinningsprocessen kommer framför allt fokusera på de tekniker som i dagsläget används av Skanska på deras asfaltverk i Dalby och övriga metoder presenteras för att kunna skapa en diskussionsgrund angående eventuella utvecklingsområden. Det kommer inte ske någon större djupdykning i den kemiska sammansättningen av bitumen.

Geografiskt kommer arbetet utföras på följande platser; Lunds Tekniska Högskola Campus Lund, Skanska laboratorium i Önnestad och Göteborg asfaltverket i Dalby.

2 Litteraturstudie

Denna litteraturstudie syftar på att bygga upp den kunskapsgrund som anses vara behövlig för att kunna demontera det som i dagsläget begränsar återvinningen av asfalt samt undersöka hur en förändring av returafaltens hantering skulle kunna öka andelen återvinning. Det som presenteras är följande; vägkroppens uppbyggnad, materialegenskaper, tillverkning, returafaltens hantering, tidigare försök och utredningar, analysmetoder samt ställda krav på den färdiga massan.

2.1 Vägkroppens uppbyggnad

En vägkropp består av två huvuddelar, det vill säga en överbyggnad samt en underbyggnad. Överbyggnaden har som uppgift att fördela lasten som vägkroppen utsätts för och detta för att underbyggnaden inte skall utsättas för högre last än den klarar av, men även för att uppfylla de krav som ställs på komfort och säkerhet (Agardh och Parhamifar, 2014).

Normalt sett står överbyggnaden för en stor del av den totala investeringen då lasten sprids ut djupare ner i konstruktionen. Detta resulterar i att de översta materiallagrena kräver en högre bärighet än de som är placerade lägre ner i konstruktionen (Agardh och Parhamifar, 2014).

Vägöverbyggnader kan delas in i tre huvudgrupper det vill säga flexibla-, halvstyva- och styva överbyggnader. Dessa huvudgrupper kan sedan delas upp i ett flertal olika typer med varierande materialkombinationer. De överbyggnader som är vanligast i Sverige är *Grusbitumenöverbyggnad* (GBÖ), *Betongbitumenöverbyggnad* (BBÖ), vilka båda är av flexibel karaktär, och *Cementbitumenöverbyggnad* (CBÖ), vilket är av en styvare variant (Agardh och Parhamifar, 2014).

GBÖ	BBÖ	CBÖ
Slitlager 40 mm	Slitlager 40 mm	Slitlager av betong
Bitumenbundet bärlager: asfaltgrus	Bitumenbundet bärlager	Bitumenbundet bärlager 100 mm
Obundet bärlager av krossat material	Bitumenindränkt makadamlager 40 mm	Obundet bärlager 80 mm
Förstärkningslager av krossat eller okrossat material	Förstärkningslager av obunden bergkross 460 mm	Förstärkningslager 220 mm
Ev. skyddslager av okrossat material		Ev. skyddslager av okrossat material

Figur 2: Tre överbyggnadstyper (Agardh och Parhamifar, 2014).

2.1.1 Olika materiallager

Överbyggnaden består generellt av flera olika materiallager med olika egenskaper och funktioner som gemensamt ska skapa konstruktionen. GBÖ är den vanligaste överbyggnaden i Sverige och konstruktionen består av följande lager:

- *Bitumenbundet slitlager:* Består i regel av en varmblandad asfaltmassa som har en hög beläggningstemperatur. Vanligast typen i Sverige är av en tät struktur.
- *Eventuellt ett bindlager:* Används främst på vägar som har en hög andel tunga fordon ($>250\text{ÅDT}_{k,tung}$) eller för att undvika bildning av reflektionssprickor.
- *Bitumenbundet bärlager:* Den huvudsakliga funktionen är att fördela trafikens belastningar så att inga deformationer bildas.
- *Obundna lager:* Under det bundna bärlagret ligger i regel ett *obundet bärlager* som följs av ett *förstärkningslager* och eventuellt ett *skyddslager*. Dessa lager konstrueras på terrassen och utformas med samma tvärfall som övriga konstruktionen. De obundna lagerna, har precis som ovan liggande lager, funktionen av att fördela vidare de belastningar som väggroppen blir utsatt för, samt att transportera bort vatten från konstruktionen. Dessa lager har en kornstorlek som ökar med konstruktionens djup och bör precis som övriga lager packas så att en homogen struktur bildas (Agardh och Parhamifar, 2014).



Figur 3: Väggroppens uppbyggnad (Asfaltboken, 2021)

2.2 Ingående material & dess egenskaper

Asfalt består till huvuddelen av ett aggregat och ett bindemedel. Bindemedlet härstammar i regel från raffinerad råolja, vilket benämns som *Bitumen*, och aggregatet består av diverse stenfraktioner. Eventuellt kan även tillsatser av olika typer såsom cement, rejuvenator och fiber, tillsättas för att förändra slutproduktens egenskaper till det eftersökta.

2.2.1 Bituminösa bindemedel

Bindemedlet har flera essentiella funktioner för att vägen skall klara av de krav som den ställs inför. Den skall fungera som ett smörjmedel vid utläggning och packning så att sten aggregatet kan få en tät och stabil struktur. Men även skydda stenmaterialet från krossning, klimat och giva vägen flexibilitet så att den kan forma sig utan att brott uppkommer som en följd av förändringar i temperatur och fuktighet samt ge beläggningen en lastfördelande förmåga. För att kunna skapa beläggningssmassa med bitumen behövs denna bli lättflytande som oftast sker via uppvärmning, men kan även göras med hjälp av lösningsmedel eller emulgering i vatten (Agardh och Parhamifar, 2014).

2.2.1.1 Bitumen

Bitumen är huvudsakligen högmolekylära kolväten som har ett svart till mörkbrunt utseende (Agardh och Parhamifar, 2014). Molekylerna består bortsett från kol och väte även av minst en heteroatom av kväve, svavel och syre. Det kan även påträffas spårmängder av metaller. Bitumens komplexa kemiska sammansättning är inget man i första taget analyserar (Scholz, 1995). Därav görs en förenklad indelning av de två huvudsakliga kemiska grupperna, det vill säga *asfaltén* och *maltén*. Maltén kan därefter delas upp ytterligare till; Mättade kolväten *Saturates*, aromatiska kolväten *Aromatics* och harts *resin* (Aurell & Olsson, 2015). Dessa undergrupper av maltén är samtliga av lättflytande karaktär, vilka lägger sig som en hinna runt de mer trögflytande asfaltéerna. Genom att förändra kvoten av dessa huvudgrupper förändras bitumen reologiska egenskaper och på så vis kan man skapa diverse bitumen kvaliteter (Scholz, 1995).

Bitumen kan skapas naturligt och kallas då naturasfalt. Generellt bildas det genom raffinering av petroleum (TRVKB 10, 2011). Majoriteten av den bitumen som används i Sverige kommer från trakterna Boscan eller Laguna, som befinner sig runt Venezuela. Bitumens konsistens skiljer sig stort beroende på vilken temperatur det har. Vid temperaturer som överstiger 120 °C blir materialets konsistens flytande, vilket nyttjas vid blandning av massor, och vid rumstemperatur är den fast. I länder med högre medeltemperaturer används ett hårdare bitumen för att undvika plastiska deformationer. I Sverige som har ett kallare klimat används en mjukare typ för att undvika sprickbildning (NVF, 2000).

Viktiga eftersökta egenskaper är vidhäftningsförmåga, motstånd mot vatten, resistens mot kemikalier och klimat. Vidhäftningen mellan stenfraktionerna och bindemedlet har en avgörande faktor för beläggningens livslängd.

Damm och fukt kan orsaka problematik kring huruvida god vidhäftningen blir i slutändan. Generellt ger en mjukare bitumen sämre vidhäftningsförmåga än en hårdare typ. Bitumen kan motstå de flesta baser, syror och salter i rimliga mängder, däremot löser de flesta petroleumprodukter upp bitumenblandningar (Agardh och Parhamifar, 2014).

Bitumen kan förekomma i flera olika former såsom lösning och emulsion. Bitumenlösning framställs via fluxning, det vill säga att man värmer upp bitumen och lösningsmedel, vilket möjliggör bearbetning vid lägre temperaturer. När lösningsmedlet sedan avdunstar kvarstår endast bitumen. En emulgering med vatten gör dock att bituminet kan användas redan vid 5–10°C. Tillverkningen sker genom att man driver uppvärmt bitumen och emulgeringsmedel, som består av emulatorer och andra nödvändiga kemikalier blandat i vatten, genom en kvarn. Ovan nämnda bitumen typer passar dock bäst till tankbeläggningar (Agardh och Parhamifar, 2014).

2.2.1.2 *Bitumen föråldring*

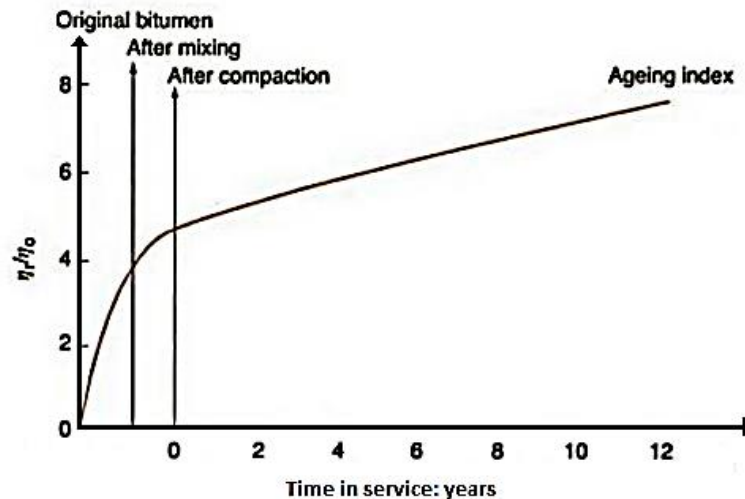
Som så mycket annat förändras även bitumen med tiden, det blir styvare som en följd av förändringar av den strukturella sammansättningen. Mekanismerna som ligger till grund för detta är flera men förenklat handlar det om att den mer lättflytande oljedelen av maltén minskar vilket resulterar i en högre andel av de trögflytande asfaltén. Precis vad som händer under dessa förändringar är inte helt förstått, vilket primärt har att göra med att bitumen är en relativt komplex blandning av organiska molekyler som skiljer sig stort beroende på vart oljan är utvunnen (Scholz, 1995).

Faktorerna som påverkar den kemiska sammansättningen hos bitumen är många, men dess effekter kan presenteras enligt följande:

- Förlust av de oljiga komponenterna som en följd av aggregatets absorption.
- Förändringar i den kemiska sammansättningen av bitumen molekyler genom en reaktion med atmosfärens syre.
- Molekylära strukturer som bildar tixotropa effekter, bindemedlet hårdnar naturligt över tid (Scholz, 1995).

Dessa effekter påverkar i olika grad, men det är oxidationen som är mest påtaglig. Det är även denna effekt som mest forskning har skett kring. Beroende på den kemiska sammansättningen kan motståndskraften mot denna effekt skiljas och därav krävs en förståelse för hur den kemiska sammansättningen påverkar de fysiska egenskaperna (Aurell & Olsson, 2015).

Vid oxidation av bitumen skapas polära starkt interagerande och syrerika kemiska kedjor som bildar kluster. Över tid ökar detta bitumens viskositet och modifierar dess flödesegenskaper. Vilket bildar ett sprödare bitumen som i sin tur resulterar i en ökad sprickbenägenhet. Ökade temperaturer påskyndar oxidationen, så redan vid tillverkningen, förvaringen och utläggningen försämras bitumens egenskaper kraftigt, som kan ses i figuren nedan (Aurell & Olsson, 2015).



Figur 4: Bitumens åldring under dess livstid. Blandning, utläggning och bruk (Read & Whiteoak, 2003)

2.2.2 Stenmaterial

Framställningen sker genom sprängning eller krossning av naturgrus eller sprängsten. Naturgrus anses dock vara en ändlig resurs vilket tillsammans med att dess hållfasthet är lägre än sprängstens och Sveriges goda tillgång på bergmaterial är anledningen till att det knappt används i Sverige.

Stenaggregatet står för omkring 95 viktprocent och cirka 88 volymprocent av massan. Då stenmaterialet är en klar majoritet av beståndsdelarna i en asfaltmassa, har den en stor påverkan på dess egenskaper (Agardh och Parhamifar, 2014).

Beroende på ändamålet används det olika sten storlekar. Men vanligaste i bitumenbundna lager är fraktioner på <math><32\text{ mm}</math>. Det allra minsta fraktionerna, alltså de som är <math><0,074\text{ mm}</math>, kallas för *filler*. Vars huvudsakliga funktioner är att fylla upp viss del av hålrum som uppstår mellan de grövre partiklarna samt att styva upp bindemedlet (Agardh och Parhamifar, 2014).

Förädlingsprocessen för stenmaterialet till en beläggning är inte simpel. Detta då det ofta ställs höga krav på dess kvalitet och ju högre krav som ställs desto större bli också kostnaden för denna process. För att kontrollera kvaliteten hos stenmaterialet genomförs diverse olika prov, så som flisighetsindex, kulkvarnsvärde och kornstorleksfördelning (Agardh och Parhamifar, 2014).

Kvartsit är en omkristalliserad sandsten med en hög andel kvartssand. Omvandlingen från sandsten till kvartsit inträffar med hjälp av högt tryck och temperaturförändringar under en längre tid. Den stora mängden sprickor som kvartsiten innehåller samt hårdheten i bergarten medför att kvartsiten lätt spricker vid mindre stötar. Detta gör att den bäst lämpar sig för utfyllnad i asfaltmassor där den bidrar till en extra slitstark asfalt som är beständig mot dubbdäcksslitage. Färgskalan hos kvartsiten är i de flesta sammanhang ljus men blir vanligtvis missfärgad till en mörkare nyans som brunt och rött. Den ljusa färgen på kvartsiten bidrar till att belysningsbehovet på vägen reduceras på grund av att strålkastarnas ljus reflekteras betydligt kraftigare. Det är endast kvartsit och sur vulkanit som uppfyller kraven för slitlagersten med mycket hög trafikintensitet i Sverige (Kulkvarnsvärde <7%) (Wickström mfl, 2021).

2.2.3 Tillsatsmedel

För att förbättra egenskaperna och kvaliteten i asfaltmassan används olika tillsatsmedel. Amin, cement och hydratkalk används framför allt för att förbättra vidhäftningsförmågan i bindemedlet. För att möjliggöra en högre tillsättning av bitumen kan fibrer tillsättas. Skall asfaltmassans färgnyans ändras kan färgmedel tillsättas (Asfaltboken, 2018). Man kan även tillsätta polymerer, antingen direkt i bindemedlet (PMB) eller i form av små polymerkulor (PMA) som tillsätts i blandaren, för att förändra bindemedlets egenskaper. Polymerer ger beläggningen en minskad temperaturkänslighet, vilket vid högre temperaturer ökar dess resistens mot plastiska deformationer och vid lägre temperaturer skapas en ökad flexibilitet vilket i sin tur kan minska risken för sprickor. Detta möjliggör en användning av hårdare bitumen typer utan en ökad risk för sprickbildning samt en mjukare utan ökad risk för plastiska deformationer. Tillsättning av polymerer minskar även bindemedlet föråldring, skapar bättre utmattningsresistens, bättre beständighet och ger beläggningen en ökad resistens mot kemikalier (Vägverket, 2009).

2.2.3.1 Föryngringsmedel

Föryngringsmedel är en slags olja som mjukar upp och föryngrar bindemedlet i returafalten, detta för att återskapa de ursprungliga egenskaperna som returafalten har förlorat. Föryngringstillsatser kan delas in i två olika kategorier, vilka kan benämnas som mjukgörande- och återställande tillsatsmedel. Den mjukgörande kategorin består av mjukare bitumensorter vilka ersätter maltén fraktionens funktion hos det föråldrade bituminet. Vilket innebär att kategorin mjukgörare inte återställer bindemedlets kemiska struktur utan i stället kompenserar det föråldrade bindemedlet med ett mjukare, detta gör även så att den återvunna asfaltmassan får en ökad bindemedelshalt. Denna process kallas även bitumenkompensation och är den vanligaste tekniken för att överbrygga returafaltens föråldrade bindemedel. De föryngringsmedel som tillhör den återställande kategorin ersätter inte

maltén fraktionens reologiska funktion utan återställer den till sin ursprungliga form. Vilket leder till att en stor andel av det föråldrade bituminet återgår till sin ursprungliga struktur och den ordinarie bindemedelshalten bevaras (Tyllgren, 2010).

Maltén är uppbyggd av olika ämnen som påverkar dess egenskap, sammansättningen av dessa ämnen skiljer sig beroende på ursprunget av bituminet. De finns blandade uppfattningar om vilka sammansättningar som är att föredra men att kompatibilitet är en avgörande faktor är det ingen som motsätter sig. Med kompatibilitet menas ämnens samhörighet och molekylära stabilitet. Vid en låg kompatibilitet kan detta innebära att blandade komponenter eller bitumen av olika kvaliteter separerar, vilket kan få konsekvensen att beläggningar som tidigare varit stabila kan mjukas upp och bli instabila (Andersson & Sulejmani, 2014).



Figur 5: Spridarsystem för förnyngsmedel på Dalby asfaltverk.

De finns en del olika biobaserade restprodukter som kan användas som rejuvenatorer, såsom *Sylvaroad RP1000* från producenten *Kraton*, vilket är en raffinerad tallolja från pappersindustrin. Historiskt har även rapsoljederivat (ROD) använts som förnyngning, vilket var en restprodukt från rapsolja industrin. ROD visade stor potential men i takt med att teknikutvecklingen gick framåt förändrades produktionen vilket gjorde att restprodukten inte längre produceras¹.

¹ Tyllgren, Per; Ägare av Svenskt VägCentrum. Telefonsamtal den 5/3–2021

2.3 Tillverkning

Följande kapitel har som syfte att reda ut den komplexa processen som tillverkningen av asfalt innebär samt de olika momentens funktion och samspelet mellan dem. Verken kan delas in i två huvudgrupper, enligt nedan.

Diskontinuerliga asfaltverk är det vanligaste förekommande verket i Sverige och kan även benämnas som satsblandningsverk. I ett satsblandningsverk tillverkas asfaltmassorna i uppvägda satser mellan ett och fem ton. Satsblandningsverken är att föredra när flera olika sorters asfaltmassor behöver tillverkas under ett kortare tidsintervall. Kapaciteten ligger omkring 80–300 ton/h (Asfaltboken, 2018).

Kontinuerliga asfaltverk är relativt ovanliga i Sverige men vanligt förekommande i länder som USA och Frankrike. Detta beror framför allt på att denna typ av verk är fördelaktiga vid stora produktionsvolymmer med få sortbyten. Som namnet avslöjar sker produktionen i en kontinuerlig strid ström och verken finns i diverse kapaciteter (Asfaltboken, 2018).

2.3.1 Stenmaterialhantering

Som tidigare nämnts utgör stenmaterialet i en asfaltmassa en betydande majoritet, både volym- och viktmässigt av innehållet. Därav är stenmaterialets kvalitet klart avgörande för slutproduktens kvalitet (Asfaltboken, 2018).

För att kunna garantera en högkvalitativ asfaltmassa är det därav viktigt att bevaka och styra hela processen från utvinning till produktion. Stenmaterialets kornkurva bör hållas konstant, då den i hög grad påverkar massans egenskaper. Asfalttillverkningens mest energikrävande process är att förångat vatten i stenmaterialet, vilket är en kostsam process. Därav kan stora kostnadsbesparingar göras om materialet hålls torrt. För att minimera mängden vatten bör lagringstiden minimeras och skyddas från vattentillskott. Viktigast är att kontrollera de mindre fraktionerna då dessa binder mest vatten. Det är även viktigt att hålla en konstant låg vattenhalt, då variationer medför svängningar i den termiska processen (Asfaltboken, 2018).



Figur 6: Sydstens stentäkt vid asfaltverket i Dalby.

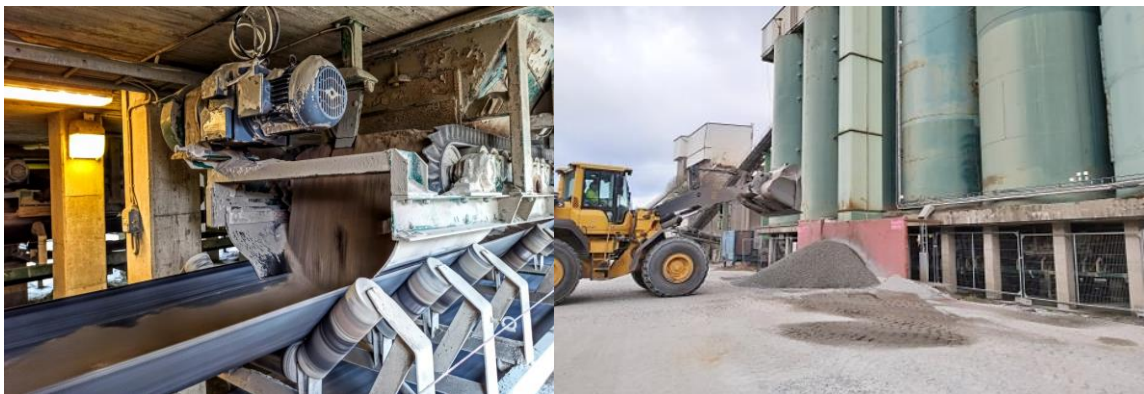
Separationer av materialet leder till en försämrad kornkurva, därav bör antalet omlastningar minimeras då detta moment ökar risken för att detta inträffar. Vid mellanlagringar av stenmaterialet bör det tippas i skikt i låga högar för att motverka höga och skarpa rasslänter, alternativt kan det lagras i avskilda fack där fackens väggar hämmar separationen (Asfaltboken, 2018).

2.3.2 Kalldosering

Vid kalldoseringen sker proportionering av stenmaterial, detta är ett avgörande moment för asfaltmassans resultat. Kalldoseringen består av *doseringsfickor* för respektive fraktionsstorlek och materialkvalitet. Antalet doseringsfickor som verket består av varierar beroende om det är ett mobilt eller stationärt verk (Asfaltboken, 2018).

Tekniskt förklarar sker doseringen genom doseringsapparater som är placerade vid bottenöppningen på vardera doseringsficka. De är vanligtvis konstruerade som en bandmatare vilket är en kort horisontell reglerbart transportband med eller utan bandvåg. Därefter förflyttas stenmaterialet till ytterligare ett transportband som tar det vidare till torktrumman. Detta transportband är alltid försett med en bandvåg för avläsning av den totala mängden stenmaterial (Asfaltboken, 2018).

För bästa resultat bör doseringsfickorna vara försedda med en reglerbar lucka. Luckans öppningshöjd bestämmer materialhöjden på bandmataren, vilket är en avgörande faktor för att undvika att stenar fastnar i fickans öppning. Därav är de bättre med en högre materialhöjd med en lägre matningshastighet (Asfaltboken, 2018).



Figur 7: Till vänster bandmataren vid bottenöppningen av doseringsficka, till höger inmatningen av kvartsit till doseringsfickorna.

2.3.3 Torkning

I torktrumman sker uppvärmningen av stenmaterialet till blandningstemperaturen. Trummans storlek bestäms utifrån den eftersökta kapaciteten och består av en ståltub. Runt tuben finns två stålringar vilket

normalt är avfjädrande för att kunna hantera tubens termodynamiska förändringar (materialets expansion och kompression beroende på temperaturen). Dessa går sedan mot fyra bärrullar som befinner sig i torktrummans underrede (Asfaltboken, 2018).



Figur 8: Torktrummans underrede på asfaltverket i Dalby, där dess kuggkrans och drivkedja kan skymtas.

Drivningen av trumman sker normalt med kuggväxelmotorer som monteras direkt på bärrullarna. Alternativt kan en kuggkrans monteras direkt på ståltuben som sedan drivs med en växelmotor och drivkedja. Trumröret monteras med en lutning på 4–6 grader i brännarens riktning med en rotation på 6–9 rotationer/minut. Insidan av trumman är till 75% täckt med skovlar vars funktion är att lufta och fördela materialet när trumman roterar. Förbränningszonen är den del av trumman som är närmast belägen brännaren, här är trumman utformad med ett skovelsystem som håller kvar stenmaterialet för att förhindra att trumröret överhettas. Den vanligaste brännaren använder sig av olja men gas eller en kombination av de båda kan även förekomma (Asfaltboken, 2018).

Via inmatningsband eller matarränna transporteras stenmaterialet in i trumman. Här är det viktigt att undvika att kall luft tar sig in då detta försämrar trummans kapacitet (Asfaltboken, 2018).

Inmatningen av stenmaterialet sker på motsatt sida av brännaren, vilket innebär att stenmaterialet och den varma rökgasen vandrar i motsatt riktning, denna princip kallas *motströmsprincipen*. Principen nyttjas då den är effektivare ur ett energiperspektiv samt att det genererar en lägre gastemperatur till textiltfiltret. Med en medströmmstrumma mattas det kalla stenmaterialet in vid brännaren, vilket innebär att gastemperaturen överstiger stenmaterialet vid utloppen, temperaturerna kan gå upp mot 200 grader (Asfaltboken, 2018).

I en motströmstrumma rör sig det fuktiga och kalla stenmaterialet mot brännaren. När materialet uppnår tillräcklig temperatur övergår vattnet till ånga, denna zon kallas *ångzonen* och varierar beroende på vattenhalten. Sedan stiger materialets temperatur i takt med att materialet närmar sig brännaren. I trummans utmatningssida finns det i regel en elevator för att transportera materialet till utloppsrännan som är ansluten till varm elevatorn, här sker en temperaturmätning av materialet. Förbränningen resulterar i att rökgas bildas, vilket sugas ut med hjälp av en fläkt. I samband med torkningen för gasen ut finmaterialet ur trumman (Asfaltboken, 2018).



Figur 9: Brännaren för torktrumma

2.3.4 Rökgasrening

Rökgasen från det föregående steget sugas in via en kanal till grovavskiljaren och vidare till filterhuset där en fläkt är placerad med en justerbar intagsöppning. När man justerar intagsöppningen påverkar man i sin tur gashastigheten och därmed storleken på de partiklar som följer med i rökgasen. Man styr gashastigheten genom att mäta undertrycket i kanalen (Asfaltboken, 2018).

Rökgaskanalen vid trumman är konstruerad som en vertikal huv med en stor area, vilket resulterar i att grövre partiklar faller tillbaka ner i trumman. Trumman i övrigt har en mindre area för att motverka avsättningar i kanalen. Vid grovavskiljaren ökar arean igen för att de grövre partiklarna skall falla ur gasen och transporteras tillbaka till varmelevatron. 80 % av gasen efter grovavskiljaren bör vara mindre än 0,063 mm (Asfaltboken, 2018).

Från grovavskiljaren transporteras rökgasen in i filterhuset där det renas från filler genom ett textfilter och den rena gasen går vidare ut genom skorstenen (Asfaltboken, 2018).

2.3.4 Fillerhantering

Det filler som fastnat i filterhuset kallas för egenfiller. Egenfillersystemet fungerar på följande vis; från filtret matas filler ner i en sluss med roterande slussmatare vars uppgift är att förhindra luft att sugas in. Med hjälp av transportskruvar förflyttas filler vidare till lagringssilo, där det sedan kan brukas (Asfaltboken, 2018).

Det finns två olika sorters fillersystem för egenfiller. I det enklare systemet faller all filler direkt ner till lagringssilon. I det andra systemet är första stoppet i mellanfickan vilket är ett kärl innan lagringssilon. När denna ficka är full rinner filler över till lagringssilon. Fördelen med detta system är att man får färskfiller. Avskiljningen och förbrukningen av filler är inte alltid konstant och därav behövs ett system för att lagra verkets egenfiller. Lagringskapaciteten för egenfillret är omkring 40–200 ton (Asfaltboken, 2018).



Figur 10: Filterhus med ingående rökgasledning

2.3.6 Siktning

Siktningen innebär att materialet sorteras efter partiklarnas enskilda storlek. I ett satsblandningsverk delas materialet vanligen upp i fem till sex fraktioner, beroende på vilken typ av anläggning det är. Vanligen används vibrerande frisvängande siktar av olika typer, på en del verk används även trumsiktar men dessa är mindre effektiva och i Sverige används de i princip uteslutande på mobila verk (Asfaltboken, 2018).

Innan torkningen sker i trumman, kalldoseras och blandas de noga proportionerade stenmaterialet. Blandningen krävs för att materialet skall få en homogen blandning så att värmefördelningen mellan rökgaser och stenmaterialet blir korrekt. Hos ett satsblandningsverk krävs det att satserna består av noga vägda och uppdelade fraktioner. Sikten fungerar sedan som en kvalitetskontroll av den inmatade materialets kornkurva (Asfaltboken, 2018).

2.3.7 Varmstenslagring

Under själva sikten hittas ett antal isolerade fickor där det siktade materialet lagras. Det finns minst en varmvstensficka för varje siktad fraktion, dock blir det vanligare med flera fickor för olika materialkvaliteter. Detta för att undgå att tömma fickorna vid varje kvalitetsutbyte. De stenar som inte passerar den grövsta sikten förflyttas i stället till en ränna med en separat behållare (Asfaltboken, 2018).

Asfaltverken är även försedda med bypass fickor, men stenmaterialet som fyller bypass fickorna är osiktat. Bypass används oftast vid stora tillverkningar där tillverkaren är mycket säker på materialets kornkurva (Asfaltboken, 2018).

Varmstensfickorna förbättrar inte det ursiktade materialet, dock kan en försämring ske beroende på fickornas utformning. Kalldoseringen skall alltid

ske med så små förändringar som möjligt oavsett storlek på varmsfickorna. Det sker alltså ett betydelsefullt samspel mellan kalldosering, torkning, siktning, varmslagring samt dosering (Asfaltboken, 2018).

2.3.8 Bindemedelssystem

Lagring av bindemedlet sker efter sort i isolerade tankar, som antingen är stående eller liggande, av olika storlekar med en kapacitet mellan 45–100 ton. Stående tankar möjliggör största möjliga lagringskapacitet till minsta möjliga markåtgång. Varmt bitumen oxideras mycket snabbt om det utsätts för höga temperaturer med god syretillförsel, denna process minimeras även med stående tankarna (Asfaltboken, 2018).



Figur 11: Isolerade tankar för lagring av bindemedel

Uppvärmningen av bindemedlet sker antingen med direktverkande elpatroner eller hetoljesystem, vars drivning sker med elpatroner eller oljebrännare. Den uppvärmda hetoljan förs sedan genom rörslingor genom tanken vilket medför en skonsam värmeöverföring (Asfaltboken, 2018).

Genom isolerade och uppvärmda rörsystem förs sedan bindemedlet till en vägningsstation, där doseringen enligt receptet sker. Doseringen kan dock även ske via genomströmningsmätare direkt till spridarsystemet i blandaren. Valet av bindemedel kan ske manuellt eller automatiskt beroende på verkets processtyrning. På en del anläggningar sker även blandning av bitumen, där mjukare och hårdare bitumen blandas för att få den eftersökta kvaliteten. Blandningen sker då antingen i vågen med hjälp av omrörare eller enbart med den blandning som pumptrycket resulterar i (Asfaltboken, 2018).

2.3.9 Varmdosering– proportionering– vägning

De olika typerna av asfaltmassor består av en specifik blandning med stenmaterialfraktioner. Därav krävs det ett recept till varje massasort. Recepten tas fram genom stenmaterialets grundfraktioner som utgångspunkt, som sedan justeras utifrån siktningen och filleravskiljning (Asfaltboken, 2018).

Asfaltverk är utrustade med separata vågar för stenmaterial, filler, bitumen samt tillsatsmedel. Stenmaterialfraktionerna vägs en efter en med fin- och grovvägsförfarande. Varmsfickans sektorlucka stängs nästan helt för att findosera till önskad mängd. När alla vägningar är klara kan luckorna öppnas och släppa ner materialen i blandaren (Asfaltboken, 2018).

2.3.10 Blandning

Blandarens syfte är att skapa en homogen massa. I satsblandningsverk blandas massans komponenter, alltså stenmaterialet, bindemedlet och tillsatser, i en tvångsblandare under en förutbestämd tid. En tvångsblandare är uppbyggd av en kammare med två roterande axlar, vilka är försedda med ett antal blad. Botten av tvångsblandaren är utrustad med en lucka för att möjliggöra en effektiv tömning (Asfaltboken, 2018).

Blandningstiderna skiljer sig beroende på vilken asfaltmassa som produceras och vilken typ av asfaltverk det produceras i. Tiden får varken vara för lång eller för kort. Blandningstiden kan behöva förlängas i takt med att bladen och armarna nöts ner. För att minimera effekterna av nednötningen är insidan av blandaren utrustad med utbytbara förslitningsplåtar (Asfaltboken, 2018).

Ett vanligt begrepp som hör samman med denna process är *cykeltid*, vilket beskriver tiden det tar mellan två öppningar av blandarens tömningsslucka. På moderna asfaltverk ligger cykeltiden på omkring 45–55 sek. Cykeltiden påverkas av följande parametrar; invägningstiden på de ingående materialen, tömningstiden på vågarna, blandningstiden och hundens cykeltid. Hunden refererar till det transportkärl som transporterar den färdiga massan till lagringsfickorna, vilket kan ses i *Figur 13* (Asfaltboken, 2018).



Figur 12: Tvångsblandaren i asfaltverket i Dalby.

2.3.11 Färdigmasshantering

När massan lämnar blandaren transporteras den, via ett transportsystem som kallas hundbana, till ett antal isolerade lagringsfickor. Hundbanan består av ett transportkärl som på hjul åker längs med två parallella balkar (Asfaltboken, 2018).

Innan massan levereras förvaras den som tidigare nämnt i isolerade lagringsfickor. Utformningen av dessa fickor är avgörande för att bevara asfaltmassa så homogen som möjligt. De vanligaste problemen som uppkommer vid lagringen är separation, sänkt temperatur och oxidation (Asfaltboken, 2018).



Figur 13: Hundbanan med transportkärl på väg tillbaka från de isolerade lagringsfickorna.

Separation mellan de största och minsta stenfraktionerna drabbar framförallt grova massor med en lägre bindemedelshalt. Separationen bildas vanligen när massan utsätts för långa rasslänor och en långdragen tömning. Lagringsfickor bör utformas med en begränsad tvärsnittsarea, vara cylindriska och med en 66 graders konvinkel med en stor rund tömningsöppning. För att massans temperaturminskning skall begränsas krävs det att fickorna är väl isolerade samt vara utrustad med ett varmhållningssystem. Den vanligaste orsaken till att asfaltmassor hårdnar och åldras är oxidation. Oxidation sker så fort massan utsätts för syretillförsel och temperaturförhöjningar. Separationsrisken är en viktig faktor att beakta vid utlastning av asfaltmassa. Grövre massor har större separationsrisk och därav skall lastningen ske så snabbt som möjligt. Vilket lättast uppfylls genom att asfaltmassan släpps ner genom en stor tömningslucka (Asfaltboken, 2018).



Figur 14: Upphämtning av asfaltmassa från isolerad lagringsficka.

2.4 Återvinning

Vilken återvinningsmetod som används beror bland annat på faktorer som produktionsresurser, tillgång och efterfrågan i närområdet. Det finns tre nivåer av asfaltåtervinning. I den högsta nivån skall returafalten återuppta sin ursprungliga kvalitet vilket kräver specialutrustade asfaltverk. Den andra nivån som är av enklare kvalitet, görs genom kall- eller halvvarm återvinningsteknik. Den tredje lägsta nivån inom återvinning sker genom att returafalten krossas för att användas som grus. Dock brukar detta inte beaktas som återvinning av asfalt (Tyllgren, 2010).

Beroende på vilken återvinningsmetod man väljer så kan de reologiska egenskaperna hos returafalten förändras, vilket kan påverka beläggningen och slutligen vägens livslängd. Den största skillnaden hos metoderna är att ju lägre temperatur massan tillverkas i, desto lägre initial styvhet får den slutgiltiga produkten, vilket innebär en lägre motståndskraft mot mekaniska påkänningar. Mängden asfaltgranulat som kan tillsättas beror till viss del av vilket verk som brukas. Satsverk som tillhandahåller utrustning för separat uppvärmning av asfaltgranulat möjliggör den högsta möjliga inblandningen. Dock är det inte bara verket som begränsar mängden asfaltgranulat som kan tillsättas utan det beror även på returafaltens egenskaper och hur väl den har processats (Vägverket, 2004).

2.4.1 Varm återvinning i verk

Den varma återvinningen kan ske i två olika typer av verk, satsblandningsverk och trumblandningsverk. Skillnaden på dessa verk är att trumblandningsverket nyttjar samma trumma för uppvärmning av stenmaterialet som för inblandning av bitumen, medan i satsblandningsverk värms först stenmaterialet först.

Satsblandningsverken möjliggör fyra olika metoder för tillsättning av returafalt, som illustreras nedan i figur 16:

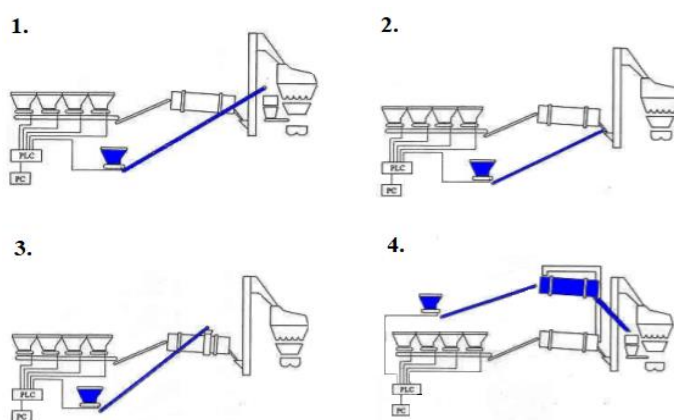
1. Granulatet tillsätts direkt i blandaren – uppvärmningen sker från den redan varma massan.
2. Tillsätts till ett uppvärmt och torkat stenmaterial vid varmtransportören – uppvärmningen sker från de redan varma stenaggregatet, innan bitumen tillsätts.
3. Inblandning sker i torktrumman – asfaltgranulatet och stenaggregatet värms upp tillsammans.
4. Tillsätts via en parallelltrumma – Granulatet och stenaggregatet värms i separata trummor och möts sedan i blandaren (Vägverket, 2004).



Figur 15: Parallelltrumman på asfaltverket i Dalby

För de tre förstnämnda metoderna är den gemensamma nämnaren att det jungfruliga stenaggregatet i varierande grad måste övertempereras för att kompensera för granulatets låga temperatur. Detta kan resultera i en ökad

oxidation för det nytillsatta bituminet, men även i viss grad av det gamla, vilket i sin tur leder till en förhårdning av bituminet, vilket refereras till som föråldring. Vid användning av parallelltrumma krävs det generellt ingen överhettning av stenaggregatet. De rökgaser som bildas i parallelltrumman förbränns i ordinarie trumman, vilket resulterar i lägre utsläpp. De tre första metoderna är begränsade till en inblandningshalt av granulat på omkring 20% då högre andelar kan leda till problematik kring ångbildning och låg masstemperatur. Parallelltrumman möjliggör en högre halt inblandning (Vägverket, 2004). Dock kan det uppkomma sättningar i trumman om det endast körs mindre mängder, vilket minskar dess effektivitet. Samtidigt som det generellt sett är en “för” hög andel finmaterial i granulatet behövs även denna del för att materialet skall kunna uppta värmen².



Figur 16: Schematisk bild över de olika inblandnings metoderna på ett satsblandningsverk. Blåfärgade områden visar var granulatet tillsätts (Vägverket, 2004).

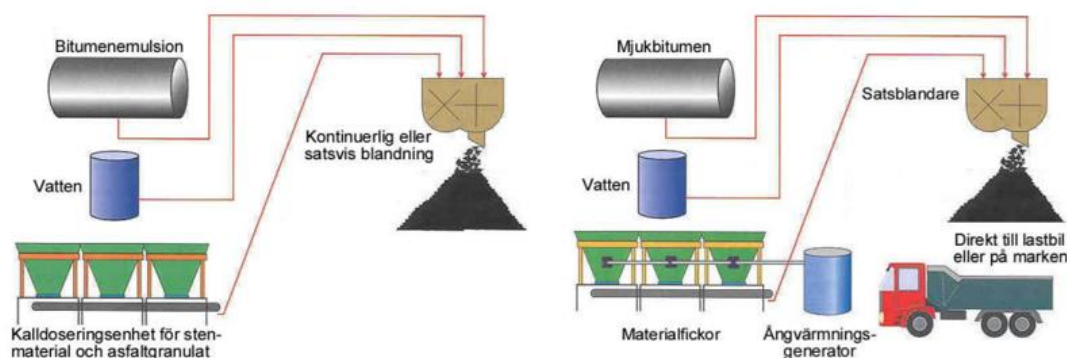
2.4.2 Övriga återvinningsmetoder

Förutom den varma återvinningen finns det även halvvarm, kall och återvinning på plats. Vid den halvvarma återvinningsmetoden värms materialet upp till 50–80 °C, vilket gör massan lättpackad samt ger en lägre hålrums halt jämfört med kall återvinning. Denna återvinningsmetod kan upplevas som svårlagd då det gamla bindemedlet blir klabbigt och trögflytande när det värms. För att undgå detta kan en rad faktorer justeras såsom temperatur, inblandningen av stenmaterial eller bindemedlet. Vanligtvis blandas 10–30 procent nytt stenmaterial in i massan men sammansättningen kan ske med enbart asfaltgranulat, bindemedel och vatten (Vägverket, 2004).

Den kalla återvinningen är resurssnål, då stenmaterialet inte värms upp eller torkas. Vilket medför en simpel behandlingsprocess där verken är lätta att förflytta vilket i sin tur minskar transportbehovet. Vid kall återvinning kan massan bestå av 100 procent returafalt men för att säkerhetsställa detta skall

² Mattias Herlin, Skanska Industrial Solutions, Maskinspecialist– Asfaltsverk. Samt

massan ha förbehandlats på ett korrekt vis. Det nya bindemedlet i en kall återvinning utgörs av bitumenemulsion men det är även vanligt att tillsätta vatten och nytt stenmaterial. Vattnet fungerar som ett smörjmedel som efter utläggning avdunstar med tiden, ytan blir då hårdare (Vägverket, 2004).



Figur 17: Till vänster skiss för kall återvinningsprocessen och till höger skiss för halvvarm (Vägverket, 2004)

2.5 Returasfaltens hantering

Hur returasfaltens hanteras och bearbetas påverkar i stort dess kommande användningsområden och därav är detta moment synnerligen viktigt för att ha en fungerande återvinningsprocess som kontinuerligt kan producera högkvalitativa återvinningsbeläggningar.

2.5.1 Borttagning

Återvinningsprocessen startar med *borttagningen*, vilket har en stor påverkan på de kommande stegen i processen. Detta moment avgör dels vilka möjliga användningsområden som returasfaltens får, dels vad som måste tillkomma i efterkommande arbetsmoment för att den tänkta användningen skall vara möjlig. Vid fel förfarande kan dels återvinningen bli omöjlig eller onödigt kostsam, därav är det viktigt att redan vid borttagningen ha planerat vad returasfaltens skall användas till (Andersson & Sulejmani, 2014).

Ett av dessa förfarande kan vara att gräva upp asfaltens, där en grävmaskin river upp asfaltkakor i en storlek som ämnar sig för den planerade efterbehandlingen. Därefter transporteras asfaltens till en mellanlagring, en återvinningscentral, ett asfaltverk eller till något övrigt projekt. Dock kan grävningen öka risken för att man får med sig oönskat material såsom underliggande obundna lager, jord eller växtlighet, vilket kan göra kommande efterbehandling onödigt resurskrävande. En annan nackdel är att transportkostnaderna kan bli höga om inte asfaltverken ligger nära till hands (Andersson & Sulejmani, 2014).

Asfaltfräsen fungerar genom att kraftfullt roterande valsar fräser ned den gamla beläggningen. Detta är en kostnadseffektiv metod som utförs på plats där profilhöjden behålls och trafikstörningarna blir relativt små (Knobe, 2014). Asfaltfräsar finns i diverse storlekar vilket möjliggör fräsning på bara några millimeter till hela beläggningar. Detta skapar möjligheten att demontera beläggningen lager för lager så att man kan ta vara på de olika kornkurvorna och dess egenskaper (Andersson & Sulejmani, 2014). En planfräsning ger den frästa ytan goda möjligheter att vidhäfta det nya slitlagret men kan också beaktas som en körklar yta. Om inte hela körbanan behöver åtgärdas är kantfräsning en god metod som kan användas för att få anslutningen starkare till den ej frästa körbanan, likaså för skarvfräsningar. Lådfräsning är ett effektivt tillvägagångssätt om endast en bit av körbanan är skadad och behöver en ny beläggning (Knobe, 2014). Vid infräsning eller djupfräsning fräses de befintliga bundna lagerna ner i det obundna för att förstärka och samtidigt undgå hanteringen av returafalten (Andersson & Sulejmani, 2014).



Figur 18: Fräsmaskin för större vägar (Vägverket, 2004)

2.5.2 Bearbetning av returafalt

I dagsläget är det vanligast att uppbrutna och frästa asfaltmassor blandas på upplagen, vilket gör att man måste krossa materialet för att få det så homogent som möjligt. Normalt krossas materialet till en storlek på 0–11 mm, för att granulatet skall passa majoriteten av de arbetsrecept som brukas. Denna process begränsar dock andelen återvinningen till högkvalitativa ABS-beläggningar till 10–15 %, detta då andelen finkorniga stenmaterial i återvinningen är för stor (Olsson, 2019).

När returafalten når mellanlagret vidtas bearbetningsmetoder som beror på stenmaterialets tänkta användning. Det första steget innebär mottagning och grovsortering av returafalten. I det andra steget sker frångiljning av grus, jord, lera eller andra främmande restprodukter. Därefter är det dags för krossning och siktning, krossnings processen medför en viss homogenisering av returafalten men jämnheten kan förbättras ytterligare genom att styra uttagen. Förvaring sker sedan i följande fraktioner, 0–11 mm eller 0–16 mm för slitlager och 0–22 mm för bundet bärlager. Det sista steget är

homogenisering för att inte riskera att alla mindre fraktioner ligger längst ner (Vägverket, 2004).



Figur 19: Krossningsmaskin (Vägverket, 2004)

2.5.3 Förvaring

I dagsläget sker förvaringen antingen skyddat från väder och vind, till exempel i förvaringstält som kan ses i *Figur 20*, eller på öppna upplag. Lagring utomhus kan påverka materialet negativt då det kan öka fuktkvoten samt materialets oxidation. Höga fukthalter orsakar efter en tid kvalitetsvariationer på upplagen och heta dagar bidrar till att bindemedlet klumpar sig. Fukthalten i returafalten har stor påverkan på den energikonsumtion som krävs vid uppvärmning. Hade fukthalten minskat med en procentenhet skulle koldioxidutsläppen minska med två kg per ton returafalt (Olsson, 2019).

Mottagningen av returafalt sker på de flesta asfaltverk i en upplagshög med blandade asfaltstyper och upptagnings metoder. Vilket inte är en önskvärd strategi för en effektiv hantering³.



Figur 20: Förvaringstält på asfaltverket i Dalby.

2.5.4 Returafalt, avfall eller råvara?

Idag klassificeras asfalt som avfall och får därav bara lagras i tre år, förutsatt att materialet skall återvinnas. Lagen kan dock undgås redan idag genom att hantera returafalten på ett sätt som medför återvinning och uppfyller samma

³ Mattias Herlin, Skanska Industrial Solutions, Maskinspecialist– Asfaltverk. Samtal 13/4–2

krav som jungfruligt material. I Trafikverkets databas PMSV3 finns det att tillgå beläggnings kvalité, sortering och ingående komponenter innan uppbyggnad eller fräsning sker. Detta medför en smidigare sortering, som kan resultera i en eftertraktad råvara om materialet visar på en högre kvalité, vilket på sikt medför en minskad efterfrågan på jungfruligt material (Olsson, 2019).

2.6 Tidigare försök & utredningar

Följande kapitel består av ett axplock rapporter från tidigare försök och utredningar som utförts i Sverige för att utreda olika metoder och tillvägagångssätt i syfte att föra utvecklingen inom återvinning framåt.

2.6.1  tervinning av högkvalitativa slitlagerbeläggningar

I det branschgemensamma projektet * tervinning av högkvalitativa slitlagerbeläggningar (2019)* utfördes det sex provsträckor där höga halter av återvinning har tillsatts i ABS 16 beläggningar. Projektets huvudsakliga syfte har varit att utvärdera de tekniska och funktionella egenskaperna för beläggningarna, men även visa hur en befintlig slitlagerbel ggning kan användas för att delvis bygga upp en ny beläggning av hög kvalitet. Projektets fokus har legat på slitstyrka, beständighet och rullmotstånd.

För att uppnå syftet valdes det ut 20 testsektioner där beläggningarna har varit med eller utan returafalt. Bindemedlen som användes var av typerna 50/70, 70/100, 100/150 och PMB. Vanligtvis krossas returafalten till 0–11 mm. Detta begränsar återvinningshalten i högkvalitativa ABS beläggningar till 10–15%, då andelen finkornigt material blir för hög och därav valde man att separera 0/8 fraktionerna från 8/16 fraktionerna (Olsson, 2019).

Det visade sig att en sortering av returafalt till grövre fraktioner kan resultera i en hög återvinningsandel i ABS 16-beläggningar, där upp till 50% har tillsatts utan att påverka kornf rdelningsskurvan. Trots den höga andelen återvinning har bindemedelsegenskaperna kunnat regenererats, med hjälp av föryngringsmedel samt bitumenkompensation. Slutsatserna efter en vintersäsong i bruk var att asfaltmassorna med hög andel returafalt kan prestera likvärdigt med en som endast bestod av jungfruligt material (Olsson, 2019).

2.6.2 Lundavägen

2019 genomfördes ett testprojekt på Lundavägen i Malmö där två olika massor testades, ABS 11 70/100 6,2% respektive PABS 11 45/80–55 6,2%, med en återvinningshalt på 58%. Båda slitlagerbel ggningarna jämfördes med referensmassor med 0%  tervinning. Beläggningarna visade sig ha hålrumshalter mellan ca 0,3–1,5 %, vilket  r otillräckligt. Även massornas

bitumenfyllda hållrumshalt (BFH) översteg de önskvärda intervallerna på 75–90%. Utifrån studering av fasvinklarna och av bestämningen av dynamiska krypstabilitet visade det sig att anläggningarnas stabilitet var långt över den önskvärda, vilket kom som en effekt av att inget förnyngsmedel hade använts. När återvinningshalter på över 15–20% tillsätts utan förnyngsmedel innebär det att granulatets bindemedel inte blandats tillräckligt med det nya, detta då deras styvhet skiljer sig för mycket. För att kompensera för granulatets styva bindemedel används bitumenkompensation. Men då den mjukaste kvaliteten på bitumen som används i Dalby är 160/220 är detta inte tillräckligt. En annan faktor som bidragit till det undermåliga resultatet är att BFH låg på ca 98%, dvs att bindemedlet inte har någonstans att ta vägen när beläggningen belastas vilket bidrar till instabilitet⁴.

Dock visade inte PABS 11 med 58% RA samma negativa effekter, vilket enligt tidigare interna utredningar har visats bero på att PMB/PMA överbygger returafaltens negativa inverkan på beläggningens stabilitet vid högre andel returafalt i kombination med bitumenblandning. Exakt hur detta fungerar finns det dock en del oklarheter om, men en teori är att polymeren underlättar blandningen av det nya bindemedlet med det befintliga på granulatet. PABS 11 58% RA hade även en lägre BFH vilket då minskar risken för att konstruktionen blir instabil⁵.

2.6.3 Försökssträckor med ökad asfaltsåtervinning

Sverige har infört nya produktstandarder vilket innebär att mer återvunnen asfalt kan nyttjas och 2018 öppnade Trafikverket upp möjligheten för större mängder återvinning, genom att plocka bort gränserna för max tillsatt halt returafalt. Projektet *Försökssträckor med ökad asfaltsåtervinning- E20 Hova* syfte var att jämföra tekniska egenskaper på asfaltbeläggningar med olika tillsatta mängder returafalt. I projektet lades sex provsträckor vid E20 i Hova med olika andel med returafalt samt referensmassor utan inblandning. Försöken visade att en returafalts inblandning med 50 procent i AG 22 respektive en inblandning på 30 procent i ABB 22 ger samma sammansättningar som provsträckor med lägre andel inblandning. Även bindemedlet som kompenserats för sitt åldrande påvisade marginellt med skillnader jämfört med referensvärdet (Olsson, 2018).

⁴ Sulejmani, Pajtim (2021). Malmö kommun, tillhandahållen utredning av tidigare försök. 24/2–2021

⁵ Sulejmani, Pajtim (2021). Malmö kommun, tillhandahållen utredning av tidigare försök. 24/2–2021

2.6.4 Återvinning i beläggningar med PMB

Skanska Teknik – väg och asfalt utförde 2017 en undersökning med fyra olika polymermodifierade bindemedel i beläggningar med återvinningshalterna 0, 10, 20, 30 och 40%. De PMB som användes var SBS 45/80–55, SBS 40/100–75 och EBA 45/90–55. Projektets syfte var att undersöka hur olika halter återvunnet asfaltgranulat påverkar polymermodifierad asfalt för att om möjligt öka de dåvarande högsta tillåtna halten på 10%. Egenskaperna utvärderades sedan i laboratorium där de använde sig av provningsmetoderna penetration, mjukpunkt, elastisk återgång och draghållfasthet med bestämning av deformationsenergi, BBR samt två olika metoder för DSR (Oscarsson, 2017).

Det polymermodifierade bituminet SBS 45/80–55 presterade bra under samtliga tester upp till och med 20% inblandning av returafalt. Därefter blev penetrationen för låg och draghållfasthetsprovning gav förtida brott. Den högmodifierade SBS 40/100–75 klarade samtliga krav bortsett från mjukpunkten vid 20% returafalt, som blev för låg. Enligt spekulationer bör detta vara på grund av ett mätfel, då testerna med en inblandning på 40% klarade kraven. EBA 45/90–55 klarade inte kraven för någon av inblandningshalterna, vilket hänvisas till dess naturligt spröda och styva tillstånd. Testerna hade troligtvis blivit bättre om ett mjukare basbindemedel hade använts vid framställningen (Oscarsson, 2017).

I samtliga PMB kunde en ökning i böjstyvheten ses efter en tillsättning på 20 % returafalt, vilket innebär en risk för lågtemperatursprickor har ökat. Generellt ökade både komplex styvhetsmodul och fasvinkeln för samtliga. Vid en tillsättning av 20% returafalt visade båda jungfruliga bitumentyperna SBS 45/80–55 och SBS 40/100–75 att deras kurvor gick från en typisk PMB till en konventionell bitumen. Spårbildningen minskade generellt för samtliga PMB (Oscarsson, 2017).

2.6.5 Föryngring av returafalt med miljöanpassade tillsatsmedel

Syftet med projektet *Föryngring av returafalt med miljöanpassade tillsatsmedel* är att prova och undersöka miljöanpassade tillsatsmedel med förmågan att föryngra returafalten vilket skall prövas på laboratorium innan det görs i full skala på asfaltverk. Tillämpliga regelverk används för att bedöma effekterna på den föryngrade utlagda asfaltmassan. Föryngringen skall bredda användningsområdet och öka användningen av returafalt (Tyllgren, 2010).

På svenska marknaden fanns det 2009 två föryngringsmedel för varm återvinning, rapsoljederivat där effekten är tidsbegränsad och Nytex där effekten i stället är beständig. Sedan testades en lämplig mängd föryngringsmedel, efter detta påbörjades tillverkningen på asfaltverket i Dalby som följdes av utläggning och provtagningar (Tyllgren, 2010).

Slutsatserna som kunde dras är att Nytex 820 går bra att pumpa ner till 10 grader och sammanbakningen påminde om en nykrossad asfalt. Dock påvisade Nytex 820 tendens till rykighet vid 175 grader men förbättrar utmattningsegenskaperna i massor med returafalt. En returafalt som är obehandlad tenderar att spricka om den välts som vanligt. En övertemperatur vid tillverkningen försämrar bitumens utmattningsegenskaper, framför allt i låga beläggningstemperaturer. Behovet av övertemperatur minskar med en förnygrad returafalt som värms i parallelltrumma, med en god proportionering behövs ingen övertemperatur alls. Den viktigaste slutsatsen i rapporten är att asfalt med förnygrad returafalt liknar nytillverkad asfalt i hanteringen (Tyllgren, 2010).

2.7 Analyismetoder

Analyseringen och framställningen av provkropparna regleras och utvärderas utifrån följande svenska och europeiska standarder:

- Kornstorleksfördelning (SS-EN 12697-2)
- PAH (SS-EN 15527)
- Rotationindunstare och asfaltanalysator (SS-EN 12697-3)
- Bindemedelshalt (SS-EN 12697-1)
- Mjukpunkt (SS-EN 1427)
- Marshallinstampning
 - Packning enligt SS-EN 12697-30
 - Packningstemperaturer enligt SS-EN 12697-35
- Marshallstabilitet (SS-EN 12697-34)
- Skrymdensitet (SS-EN 12697-6)
- Kompaktdensitet (SS-EN 12697-5)
- Hålrums halt (SS-EN 12697-8)
- Bitumenfyllt hålrum (FAS 460-0)

2.7.1 Kornstorleksfördelning

För att få representativt prov ur en större mängd ballast, används en nedfördelare. I nedfördelaren fördelas all ballast ner till en hanterlig mängd som tester kan tas på. Siktning utförs för att få en fördelning av stenfraktioner, med hjälp av siktar med diverse storlekar på dess maskvidd. Materialet från varje sikt vägs och kontrolleras med de ingående mängderna.

2.7.2 PAH

PAH står för polycykliska aromatiska kolväten vilket är sammanfogade bensenringar. Det finns 16 enskilda förorenings former men Sverige har plockat fram tre grupper PAH-L, PAH-M och PAH-H, vilket står för låg, medelhög eller hög molekylvikt. Ett av hoten för återvinning av asfalt är

stenkolstjära som innehåller just PAH. Stenkolstjära klassas som ett miljöfarligt avfall då det innehåller cancerogena ämnen. För att klassas som stenkolstjära skall en PAH-halt över 70 mg/kg påvisas men en halt över 300 mg/kg får ej återvinnas och måste behandlas som farligt avfall (Lindahl & Ulmgren, 2003).

2.7.3 Asfaltanalysator och rotationsindunstare

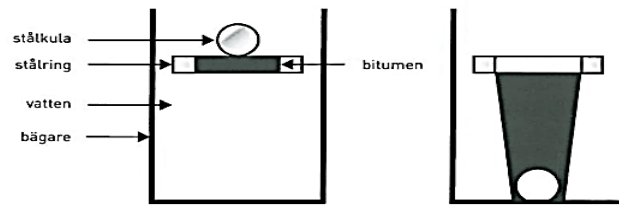
För att kunna fastställa bindemedelshalt, mjukpunkt och kornkurva på granulat och provkroppar krävs det att stenaggregatet och bindemedlet separeras, vilket sker genom en finmaskig nätcylinder där maskhålen endast är 0,063 mm. Cylinder 1 placeras sedan i trumma 1 med granulatet, där lösningsmedel tillsätts. Lösningsmedlet gör att bindemedlet och fillern på stenmaterialet lossnar. Bindemedlet, lösningsmedel och filler åker sedan till cylinder 2 där fillern separeras med hjälp av en centrifug och lösningsmedlet och bindemedlet kan sedan tappas ur analysatorn. För att sedan bestämma mjukpunkten på bindemedlet krävs det att man separerar lösningsmedlet från bindemedlet, vilket görs med hjälp av en rotationsindunstare, där bindemedlet och lösningsmedlet suggs upp i ett roterande glaskärl utformat som en glödlampa. Innehållet i kärlet värms sedan upp av oljebadet från 85 till 150 grader, samtidigt som trycket sjunker, vilket sänker kokpunkten och lösningsmedlet förångar. Detta resulterar i att endast bindemedlet kvarstår i det glödlamps liknande glaskärl.

2.7.4 Bindemedelshalt

Det finns en uppsjö med metoder för att bestämma halten bindemedel i en asfaltsbeläggning. Den vanligaste metoden är differensmetoden, vilket betyder att skillnaden räknas mellan provkroppens vikt och stenmaterialets (Agardh och Parhamifar, 2014).

2.7.5 Mjukpunkt

Mjukpunkten är ett mått på temperaturberoendet hos det testade bindemedlet. Mjukpunkten är den specifika temperaturen där bindemedlet börjar övergå till flytande form. För att testa och bestämma mjukpunkten finns det ett flertal aktuella metoder. Den vanligaste metoden är kula och ring metoden. Bindemedlet placeras i en ring med kulan ovanpå, därefter sänks det ner i en vattenfylld behållare. Där temperaturen höjs med 5 °C för varje minut. När kulan har sjunkit till ett djup av 25,4 mm med hjälp av bindemedlet som då har formats som en säck efter kulan kan mjukpunkten bestämmas (Agardh och Parhamifar, 2014).



Figur 21: Kula och ring-metoden (Agardh och Parhamifar, 2014).

2.7.6 Marshallinstampning

Marshall provkropparna framställs i en marshallinstampare, där 50 slag utförs på vardera sida. Detta görs för att efterlikna en väl packad beläggning i verklig miljö. Provkropparna skall väga mellan 1150–1250 gram.

2.7.7 Marshallstabilitet

Marshallstabiliteten är den maximala lasten i *kilonewton (kN)* som provkroppen klarar av innan ett brott sker av marshallpressen.

Utförandet går till på följande vis: först skall provkroppen samt kolven placeras i ett vattenbad för att få rätt temperatur. Därefter lyfts provkroppen upp och det ytliga vattnet torkas bort. När detta är genomfört kan provkroppen placeras i kolven och testet kan starta.

2.7.8 Hålrums halt

Provkroppens hålrums halt är volymen av luft och lättflyktiga ämnen i provkroppen. Hålrums halten kan beräknas med Formel 1:

$$H = 100 \cdot \frac{(A-B)}{A} \quad (1)$$

H= Hålrums halt [vol.-%]

A= Kompaktdensitet [cm^3]

B= Skrymdensitet [cm^3]

2.7.9 Bitumenfyllt hålrums halt

Det bitumen fyllda hålrums halten beräknas med hjälp av beläggningens hålrums halt samt av hålrums halten i det packade stenmaterialet, vilket kan beräknas med Formel 2 och 3.

$$HIS = 100 - V_s \quad (2)$$

$$\text{Bitumenfyllt hålrums halt} = \frac{HIS - H}{HIS} \quad (3)$$

HIS= Hålrums halten i det packade stenmaterialet [vol.-%]

V_s = Volym stenmaterial [vol.-%]

H= Hålrums halt [vol.-%]

2.8 Krav

Trafikverket har flera styrdokument med krav på tillverkning samt färdig slutprodukt av bitumenbundna lager i vägkonstruktioner. Dokumenten innehåller även krav på levererat materialet till beläggningarna. Dessa krav finns för att säkerhetsställa en god vägkonstruktion som skall brukas i många år med endast planerat underhållsarbete.

Tabell 7: Kornstorleksfördelning för ABT 11, värdet inom parentes motsvarar tillåtna avvikelse i vikt-% (TDK 2013:0529 ver 4)

Sikt [mm]	0,063	0,5	2	4	5,6	8	11,2	16
Andel passerande i viktprocent	6–9 (±2,4)	16–31	33–52	48–66	–	70–88	90–100	100

Tabell 8: Bindemedel, typ och halt för ABT 11, värdet inom parentes motsvarar tillåtna avvikelse i vikt-% (TDK 2013:0529 ver 4)

Bindemedelstyp	70–100
Bindemedelshalt (viktprocent)	6,2 (±0,5)

Tabell 9: Hålrumsintervall för ABT 11, värdet inom parentes motsvarar tillåtna avvikelse (TDK 2013:0529 ver 4)

Bindemedelstyp	70–100
Intervall för hålrums halt Marshall vol-%	1,5–3,5 (1,0–3,5)

Tabell 10: Krav på mjukpunkt för återvunnet bitumen (TDOK 2013:0529 ver 4)

Egenskap	Analysmetod	Enhet	Typbeteckning för beställd produkt
	SS–EN		70/100
Mjukpunkt	1427	°C	43–54

I dagsläget finns det inget krav när det gäller bitumenfyllt hålrum men för vår analys använder vi oss av tidigare ställda krav.

Tabell 11: Bitumenfyllt hålrum (Vägverket 1994)

Beläggningstyp	Bitumenfyllt hålrum Marshall %
ABT 11 70/100	70–85

3. Utförda försök

Dagens hantering av returafalt och asfaltgranulat resulterar i en rad okända parametrar, såsom bindemedelshalt, kornkurva och mjukpunkt. För att minska okunskapen krävs en förändring av dess hantering. Därav utreds huruvida en flerfördelad siktning av granulatet skulle kunna minska osäkerheterna och på så vis möjliggöra ett tillvägagångssätt som kontinuerligt kan producera en högkvalitativ beläggning med en hög andel återvinning.

Tester utfördes på fem olika ABT 11 recept (SS-EN 13108-1), med en inblandning av granulat på 0, 40, 60, 80 och 100 %. Därefter utvärderades provkropparna med hjälp av mjukpunkt, bindemedelshalt, kornkurva, marshallpress, hålrums halt och BFH.

Analyserna angående mjukpunkt, bindemedelshalt och kornkurva för granulatet och provkropparna utfördes delvis i Önnestad samt i Göteborg av utbildad personal. Övriga arbetsmoment och analyser utfördes av oss på Skanskas laboratorium i Önnestad samt LTH:s laboratorium i Lund.

3.1 Tillvägagångssätt

Tabell 12: Förfarandet i kronologisk ordning

Arbetsmoment	Plats	Beskrivning
Förberedning inför analyser		
Material- anskaffning	Dalby	Granulat samt jungfruligt stenmaterial av sorten kvartsit härstammar från verket i Dalby som skickades till Önnestad.
Siktning av Granulat	Önnestad	Granulatet siktades till de tre eftersökta fraktionerna (0–4, 4–8, 8–11 mm) med hjälp av en grovsikt under 10 min, enligt SS-EN 933-1.
PAH	Göteborg	Halter av cancerogena PAH-föreningar kontrollerades från tidigare tagna tester av Skanska, vilket kan ses <i>Bilaga 2</i> .
Analys av de ingående materialen		
Nedfördelnings- apparat	Önnestad	De tre granulatfraktionerna samt jungfruliga fraktionerna fördelades ned med en nedfördelnings apparat för att få ut representativa prov från varje fraktion enligt (EN 933-1).
Kornstorleks- fördelning	Önnestad	De representativa proven från granulatet analyserades kornkurva med hjälp av en asfaltsanalysator enligt SS-EN 12697-3 och siktning enligt SS-EN 12697-2. De jungfruliga fraktionerna genomgick endast siktning
Bindemedels- halt	Önnestad	Därefter bestämdes bindemedelshalten på de sex proverna genom differensmetoden enligt SS-EN 12697-1.
Mjukpunkt	Göteborg	För att ta reda på mängden rejuvenator som krävs, behövs mjukpunkten fastställas. Detta utfördes genom utvinning av bitumen med hjälp av en asfaltnalysator och rotationsindunstare enligt SS-EN 12697-3. Där sedan mjukpunkten kan fastställas enligt SS-EN 1427.

Tabell 13: Fortsatt förfarande i kronologisk ordning

Arbetsmoment	Plats	Beskrivning
Framställning av provkroppar		
Arbetsrecept	Önnestad	Utifrån resultatet av analyserna av de ingående materialen framställdes arbetsrecept för återvinnings halterna 0, 40, 60, 80, 100% med hjälp av Excel.
Blandning enligt arbetsrecept	Önnestad	Massan handblandades i en galvaniserad degbunke. De ingående jungfruliga stenmaterialen värmdes till 170°C samt 140°C för granulatet, bituminet och samtliga redskap. Först blandades granulatet och rejuvenator till en homogen struktur som sedan placerades i värmeskåpet tills den var uppe i 140°C. Därefter tillsätts det jungfruliga stenmaterialet, bindemedlet och eventuellt fillern in och blandas tills att stenfraktionerna är täckta av bindemedel, omkring 3 minuter. Därefter ställdes degbunken med alla de ingående komponenterna i värmeskåpet för att nå blandningstemperaturen. Blandningen skede därefter i ytterligare 3 minuter. För att efterlikna en tvångsblandare, roterades degbunken i lutning samtidigt som den andra skrapade och kastade runt materialet längs väggarna. Först utfördes en testblandning för recept 2, därefter gjordes de fem blandningarna.
Marshall instampning	Önnestad	Instampningen skedde enligt SS-EN 12697-30 och enligt packningstemperaturen som regleras av SS-EN 12697-35.
Analyser av provkroppar		
Mjukpunkt	Göteborg	Ett massprov från vardera recept analyserades för mjukpunkten enligt SS-EN 1427.
Bindemedels-halt	Göteborg	Bindemedelshalten beräknades enligt SS-EN 12697-1 och jämfördes med de tillåtna gränserna.
Marshall-stabilitet	Lund	Provkroppen testades i marshallpressen enligt SS-EN 12697-34 och jämfördes inbördes.
Hållrumshalt	Önnestad	Hållrumshalten analyserades enligt SS-EN 12697-8 detta med hjälp av kompakt densitet enligt SS-EN 12697-5 och skrymdensitet enligt SS-EN 12697-6.
Bitumenfyllt hållrumshalt	Lund	Det bitumenfyllda hållrummet beräknades enligt FAS 460-0.
Kornstorleks-fördelning	Göteborg	Kornkurvan togs fram för vardera recept enligt SS-EN 12697-2 och jämförs med en ordinarie kornkurva för en ABT 11 massa.

3.2 Utförande av test

Nedan finns bilder från de momenten som har utförts enligt standarder.

Kornstorleksfördelning

Utfördes enligt SS-EN 12697-2 med utrustning enligt EN 933-1.



Figur 22: Från vänster en apparat för att fördela ner proverna till hanterbara mängder, grovsikt och längst till höger en finsikt.

Asfaltanalysator och rotationsindunstrare

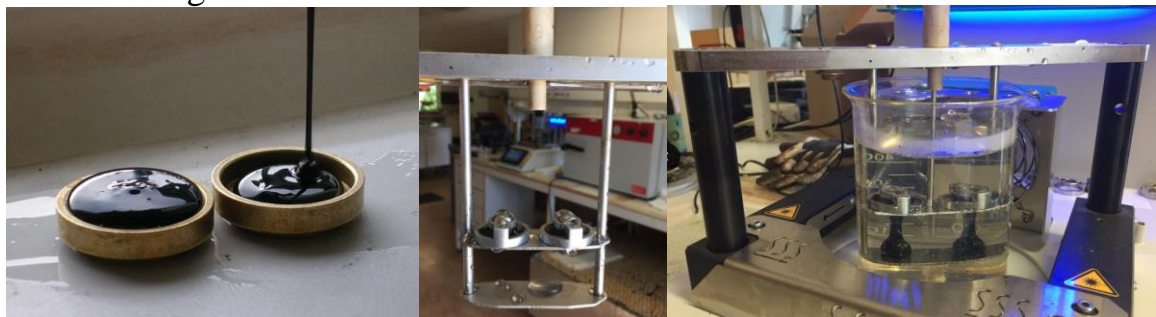
Utfördes enligt SS-EN 12697-3.



Figur 23: De två vänstra bilderna visar asfaltanalysatorn och tillhörande cylindrar och de två högra bilderna visar rotationsindunstaren.

Mjukpunkt

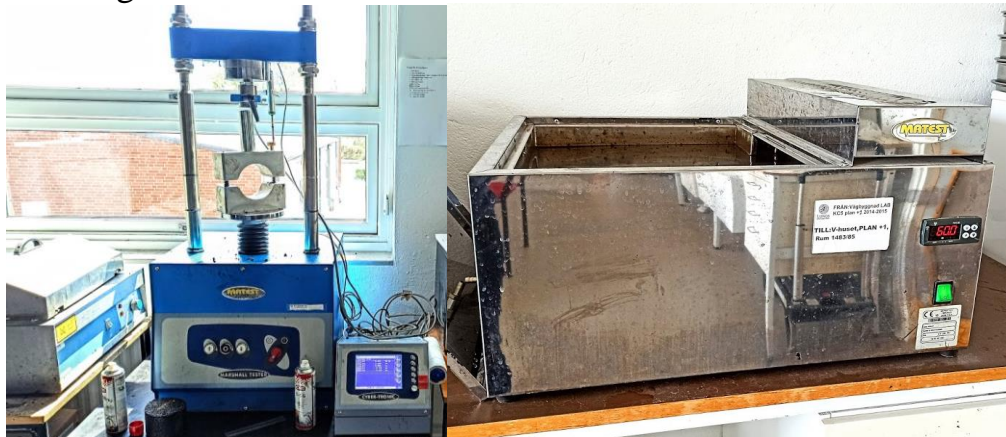
Utfördes enligt SS-EN 1427.



Figur 24: Från vänster; upphällning av bitumen i mässingsringar, mässingsringar monterat i provställning, utförandet av mjukpunkt.

Marshallstabilitet

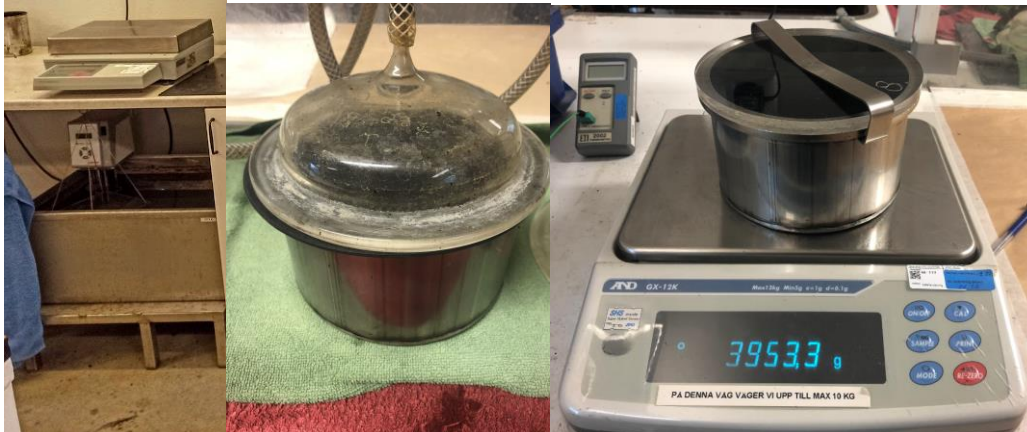
Utfördes enligt SS-EN 12697-34.



Figur 25: Till vänster Marshallpressen och till höger tempererat vattenbad (60°C).

Hålrums halt

Utfördes enligt SS-EN 12697-5 och SS-EN 12697-6.



Figur 26: Från vänster; vattenbad och våg, avlägsning av luftbubblor, uppvägning av vattenfylld pyknometer.

Marshallinstampning

Utfördes enligt SS-EN 12697-30.



Figur 27: Till vänster pågående marshallinstampning, till höger den färdiga marshallprovkroppen.

3.3 Material

Det jungfruliga stenmaterialet som användes i recept nr 1–4 och asfaltgranulatet som användes i recept nr 2–5 har sitt ursprung från asfaltverket i Dalby. Samtligt material är av stensorten kvartsit. Det jungfruliga bindemedlet som tillsattes i samtliga recept, är av kvaliteten 70/100 och har mjukpunkten 45,4 °C enligt den senaste deklARATIONEN från Önnestad. Kornkurvor för det jungfruliga stenmaterialet kan ses i *Tabell 15*.

Tabell 14: Recept 1–5 och dess andel returafalt.

ABT 11 recept nr	1	2	3	4	5
Andel RA (%)	0	40	60	80	100

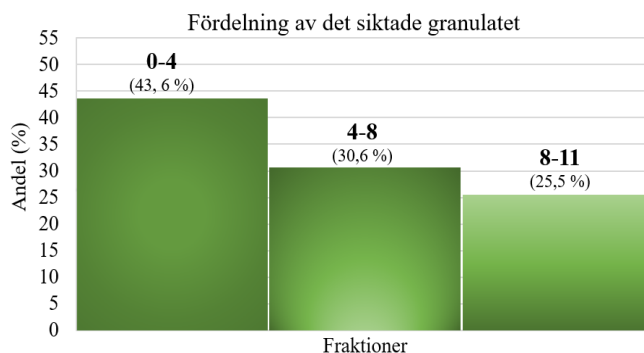
Tabell 15: Kornkurva för det ingående jungfruliga stenmaterialet

Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16
Kornkurva 0–2	0,2	5	19	36	57	87	100	100	100	100	100
Kornkurva 2–4	1,6	3	4	6	8	18,5	93	100	100	100	100
Kornkurva 4–8	0,6	1	1	2	2	3	12	44	88	99	100
Kornkurva 8–11	0,4	1	1	1	1	1	1	2	14	86	100

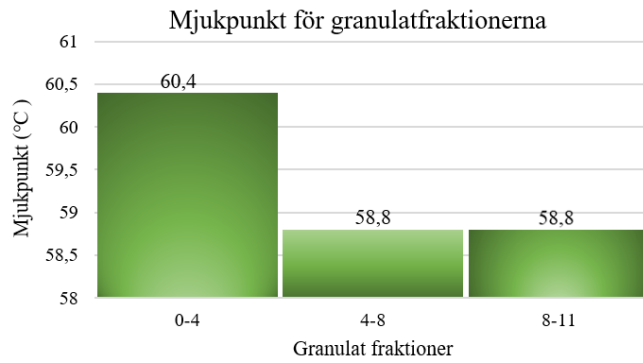
Totalt siktades 268,35 kg granulat, siktnings intervallen kan ses i *Tabell 16* och andels fördelningen kan ses i *Figur 28*.

Tabell 16: Granulatets siktnings intervaller

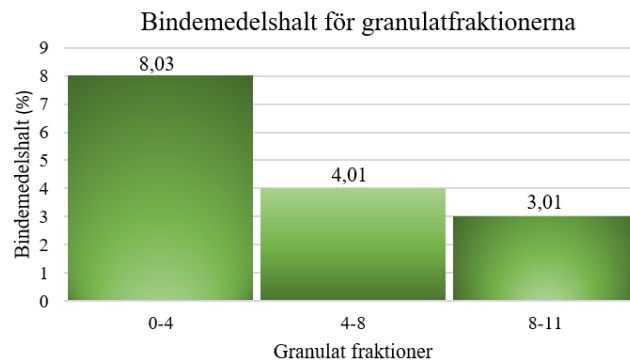
Intervall (mm)	0–4	4–8	>8



Figur 28: Siktat granulatfördelning i fuktigt tillstånd, totalt 99,7%, resterande 0,3% är bortfall.



Figur 29: Mjukpunkt för de siktade granulatfraktionerna, observera att y-axeln inte börjar på noll.

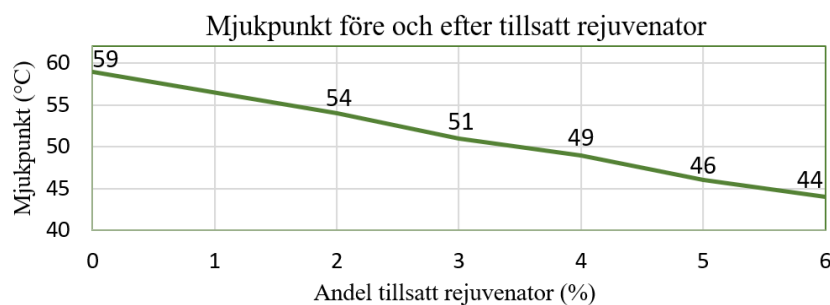


Figur 30: Bindemedelshalt (medel) för de siktade granulatfraktionerna.

Tabell 17: Kornkurva för de siktade granulatfraktionerna.

Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16
Kornkurva (0–4)	17	25	38	54	65	80	100	100	100	100	100
Kornkurva (4–8)	8	10	13	15	18	20	30	62	100	100	100
Kornkurva (8–11)	5,7	7	9	11	13	15	17	20	31	90	100

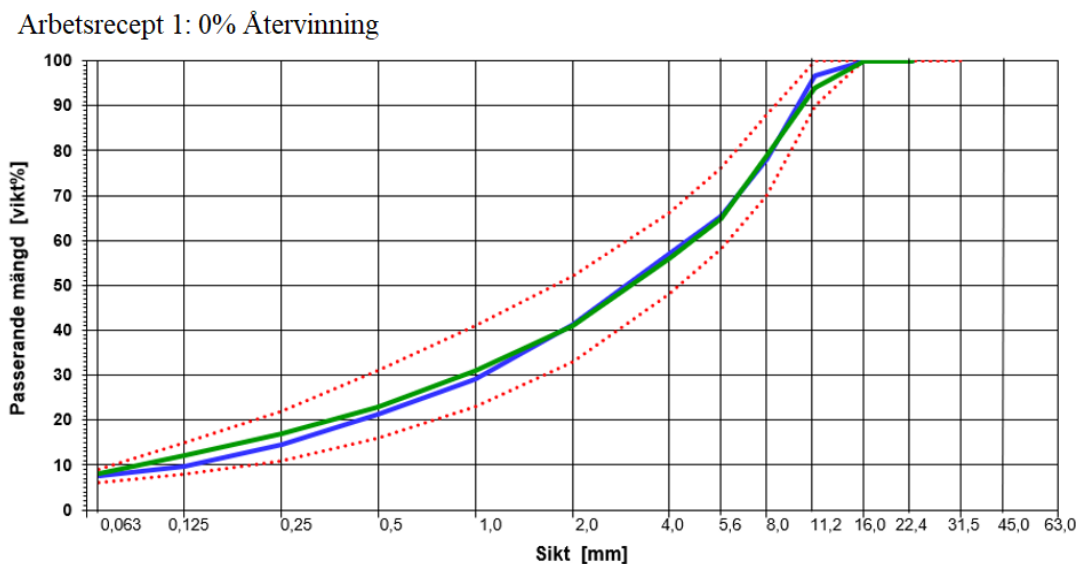
Rejuvenorn som tillsattes för återvinningsmassorna är Sylvaroad RP1000, i Figur 31 kan man avläsa hur mjukpunkten sjunker beroende på andelen tillsatt Sylvaroad.



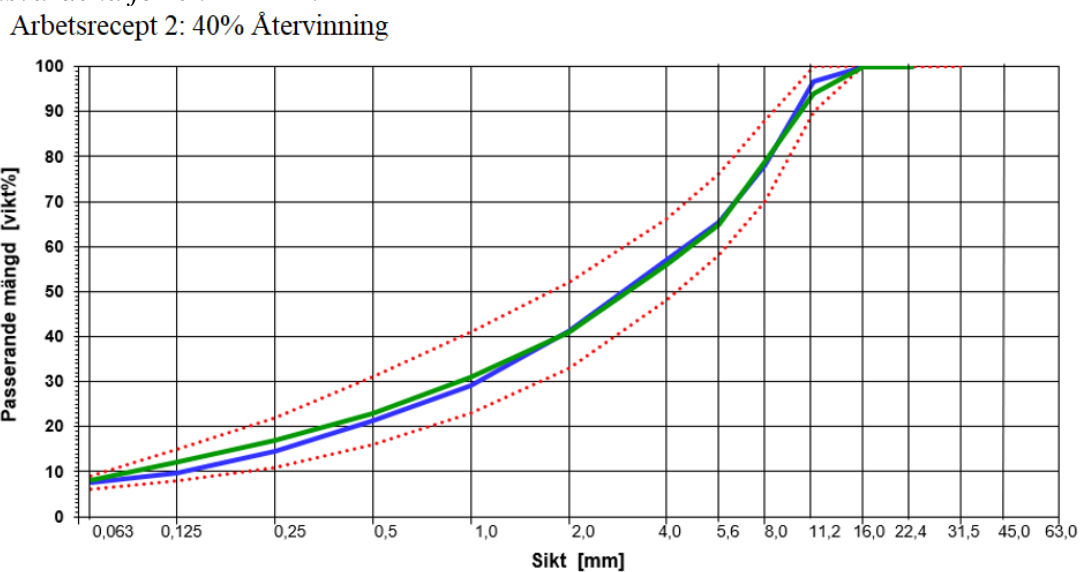
Figur 31: Procentandelen i x- led presenterar andelen tillsatt rejuvenator i förhållande till mängden bindemedel hos granulatet. Härstammar från granulatkrossningens deklARATION.

3.4 Arbetsrecept för provkropparna

Nedan presenteras arbetsrecepten för provkropparna med 0, 40, 60, 80 och 100% återvinning. Den gröna kurvan presenterar målkurvan och den blåa är den proportionerade kurvan. De röda punktade linjerna är gränslinjer för en ABT 11 massa.

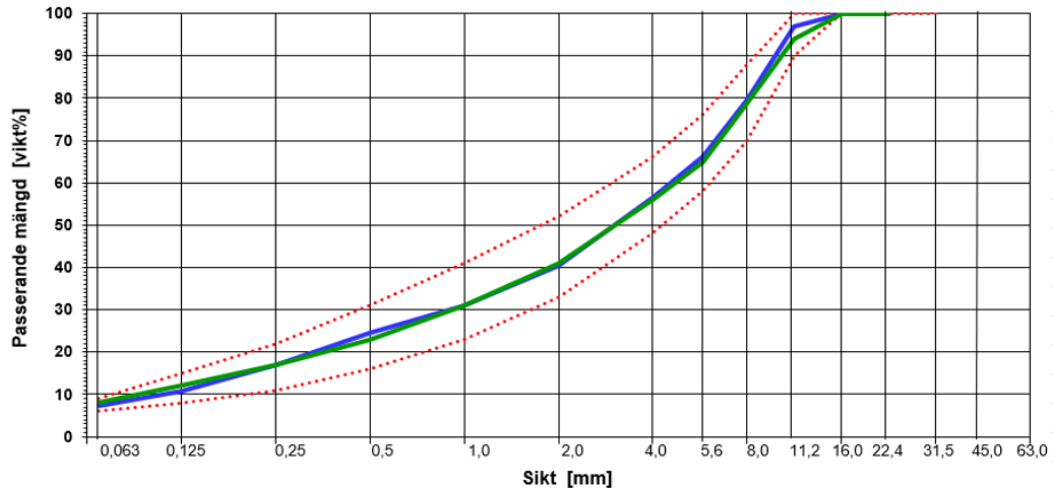


Figur 32: Målkurvan och den proportionerade kurvan liknar varandra och håller sig inom gränsvärdena för en ABT 11.

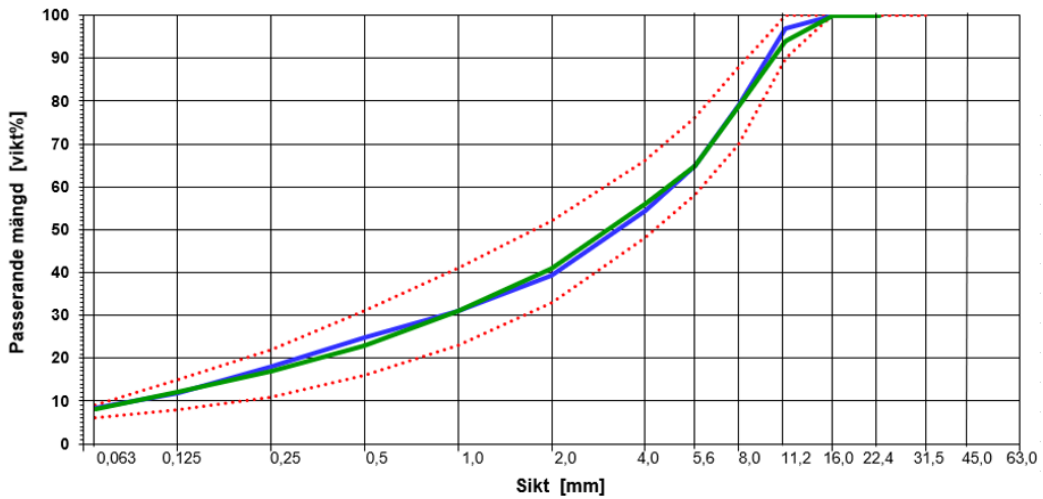


Figur 33: Målkurvan och den proportionerade kurvan matchar varandra och håller sig inom gränsvärdena för en ABT 11.

Arbetsrecept 3: 60% Återvinning

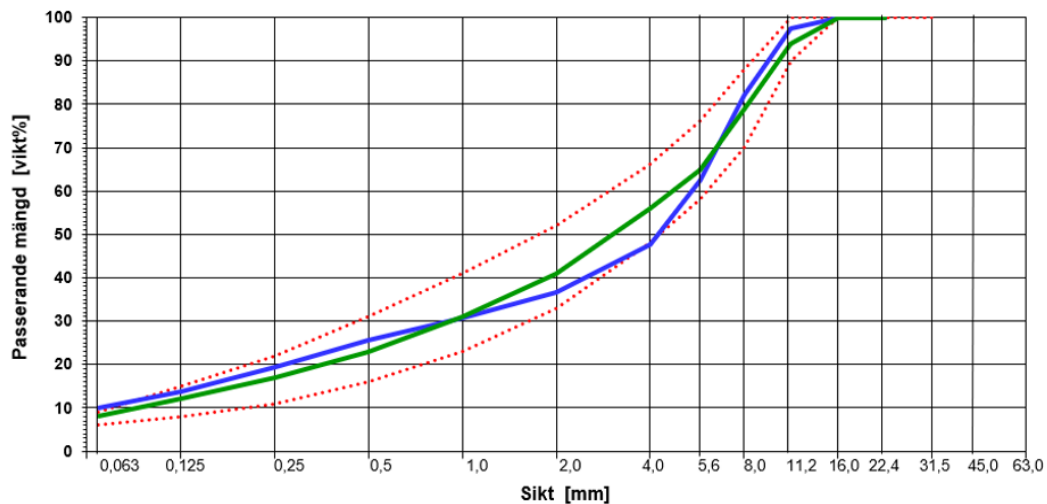


Figur 34: Den proportionerade kurvan håller sig inom gränsvärdena för en ABT 11.
Arbetsrecept 4: 80% Återvinning



Figur 35: Den proportionerade kurvan håller sig inom gränsvärdena för en ABT 11.

Arbetsrecept 5: 100% Återvinning



Figur 36: Något för hög andel finfraktioner och för låg andel 1 till 5,6 millimeters fraktioner.

4. Resultat

Resultatdelen presenterar först resultaten från litteraturstudien, gällande återvinningens potential. Detta görs för att kunna utreda vad som begränsar en återvinningshalt på 100 %. Slutligen presenteras analyserna som har utförts på de färdiga provkropparna för att utreda metoden om en flerfördelad siktning av granulatet kan öka återvinningshalterna.

4.1 Återvinningens potential och begränsningar

Återvinningen av asfaltgranulat har som tidigare nämnt potentialen att uppnå en halt på 100 procent. Dock begränsas denna halt av ett flertal faktorer såsom val av återvinningsmetod, materialegenskaper, tillverkningsprocesser samt returafaltens hantering.

För att få en djupare förståelse för återvinningen och dess problem kan det förklaras på följande vis; I stället för returafalt från flera olika objekt, benämner vi det som bröd från flera brödsorter och i stället för ett asfaltverk tänker vi oss ett bageri. Det här bageriet samlar in och finfördelar överblivna produkter såsom rågbröd, vörtbröd, havrebröd och tunnbröd. Smulorna förvaras sedan i samma skål. Därefter får bageriet i uppgift att tillverka ett vörtbröd med smulorna från de fyra olika brödsorterna och det är nu det uppstår ett problem. Hur ska man kompensera för de smulor som inte tillhör ett vörtbröd? Detta går såklart inte att lösa och resultatet blir ett bröd med fyra olika smaker som inte hör samman. Hade i stället de fyra smulsorterna förvarats separat hade det troligtvis varit enklare att återigen göra ett vörtbröd med smulorna som härstammar från vörtbröden.
–Roger Olsson, Produktionschef Asfaltverket i Dalby

4.1.1 Material begränsningar

Bitumen påverkas och förändras som så mycket annat med tiden. När bituminet är i kontakt med syre och blir utsatt för ökade temperaturer börjar det oxideras vilket ökar dess viskositet och det blir styvare, detta benämns som föråldring. Eftersom denna process påskyndas vid högre temperaturer resulterar det i att bituminet utsätts för ökad föråldring vid varmtillverkning (Read & Whiteoak, 2003). För att kunna återvinna en föråldrad beläggning krävs det någon form av tillsatsmedel så att massan kan återfå sina forna egenskaper. Dessa tillsatsmedel skiftar i pris men en del av dem som till exempel *Sylvaroad* har ett pris som ligger omkring fem gånger högre än bitumens, vilket då kan skapa en ekonomisk belastning⁶. Den vanligaste

⁶ Mattias Herlin, Skanska Industrial Solutions, Maskinspecialist– Asfaltsverk. Samtal 13/4–2

metoden för att mjuka upp det föråldrade bituminet är via bitumenkompensation, vilket innebär att man blandar in ett mjukare bitumen som tillsammans med det återvunna skapar de eftertraktade egenskaperna. Men som Andersson och Sulejmani (2014) lyfter fram så beror bitumens kemiska sammansättning på dess ursprung och olika sammansättningar kan ha låg kompatibilitet, vilket kan leda till att de olika bitumenkvaliteterna separerar som i sin tur leder till en beläggning som tidigare varit stabil nu är instabil.

Returasfalt har även vanligtvis en större andel av de finkorniga stenfraktionerna som en följd av dess uppbnrytnings- och krossningsprocess. Den större andelen små fraktioner kan begränsa återvinningen, detta framför allt vid tillverkning av ABS-beläggningar, så vidare inte granulatet siktas eller separeras (Olsson, 2019).

Sveriges goda tillgång på jungfruliga stenmaterial samt den höga kostnaden för bindemedel gör att returasfaltens mest attraktiva komponent är bitumen. Ur ett miljöperspektiv samt för att komma närmare Sveriges miljömål till år 2045 bör alltid återvinning utföras, men beroende på bituminets pris kan incitamentet variera. Vid ett lågt bitumenpris kan rejuvenatorernas eventuellt höga pris göra återvinningen ekonomisk ohållbar.

4.1.2 Tillverkningens begränsningar

De ingående materialens fukthalter påverkar i hög grad hur mycket energi som verket konsumerar, vilket ur ett ekonomiskt perspektiv kan begränsa tillverkningen. Men granulatets fukthalt kan även begränsa återvinningen på andra vis. Beroende på vilken tillsättnings teknik man nyttjar krävs det en övertemperering av det jungfruliga stenmaterialet för att kompensera för granulatets låga temperatur och dess fukthalt. När sedan granulatet möter det överhettade stenmaterialet resulterar detta i att stora mängder ånga frisläpps från granulatet, vilket i värsta fall kan leda till en explosion. Denna övertemperering resulterar även i en förhöjd oxidation vilket kan kräva ytterligare tillsättning av rejuvenatorer, som i sin tur minskar vinstmarginalerna (Vägverket, 2004).

Samtidigt som andelen finmaterial ofta är relativt hög i asfaltgranulat så krävs dessa fraktioner för att parallelltrumman skall fungera effektivt. Utan de mindre fraktionerna får rökgasen för hög hastighet och materialet hinner inte ta upp värmen utan den går rakt igenom trumman och ut genom skorstenen.

Samtidigt som parallelltrumman möjliggör en högre inblandningshalt av granulat jämfört med övriga tillsättningsalternativ vid varm tillverkning i satsblandningsverk, är den inte utan problem. I torktrumman sugts filler ut genom undertrycket som skapas av rökgasfläkten, denna fläkt är även kopplad till parallelltrumman där samma process sker. Skillnaden är att från

parallelltrumman kommer det inte enbart fyller utan även bitumengaser. Detta gör att trummorna måste samspela då den jungfruliga fillern hjälper till att binda bitumengasen så att rökgasfilterna inte packas igen. En “för hög” andel återvinning leder till en lägre andel jungfruligt stenmaterial och med det mindre fyller från torktrumman, som då kan sätta igen filtret för egen fillern. Parallelltrumman kan även få problem med att material blir kvarstående på parallelltrummans innerväggar, detta uppstår främst om det körs mindre mängder. Därav vill man ha kontinuerlig återvinning eller större blandningar, så att materialet på innerväggarna lossnar innan parallelltrumman stängs av. Annars byggs skiktet av granulat bara på och till slut måste parallelltrumman tas ur bruk för att bilas ur⁷.

4.1.3 Hanteringens begränsningar

Små upplagsytor resulterar i att all returafalt blandas i en och samma upplagshög, oavsett om massorna är uppbrutna eller frästa. Även olika asfaltstyper med helt skilda kornfördelningskurvor, bindemedels kvalitéer och bindemedelshalter blandas, vilket hämmar möjligheterna att tillverka återvinningsmassor effektivt och med godtagbart resultat (Olsson, 2019).

Det finns naturligtvis fler nackdelar med att endast använda en hög för att lagra samtlig returafalt. På grund av att asfaltmassor åldras då bindemedlet oxideras lämpar sig en äldre returafalt sämre till återvinning än en nyare. En asfaltmassa med flera år på mellanlagring har med tiden förvandlat till ett hårt bindemedel som kräver större mängder förnyngsmedel för att återfå sina egenskaper jämfört med en nyare asfaltmassa som ligger ytterst i upplagshögen. Detta medför att det blir dyrare att förnygra en massa som har legat på upplag under flera års tid och lämpar sig då bäst som fyllnadsmaterial (Jepsson & Nyberg, 2017).

Upplagsytor utan väderskydd bidrar till en ökad fukthalt som i slutändan kommer resultera i att mer energi krävs för att få granulatet torrt. En fuktig returafalt som krossas resulterar i ett fuktigt asfaltgranulat. Trots att asfaltgranulatet förvaras under väderskydd tar det lång tid innan fukthalterna minskar (Olsson, 2019).

Det sker heller inga större fraktionsfördelningar av asfaltgranulatet, det vanligaste är att granulatet krossas till 0–11 mm (Olsson, 2019). Trots att asfaltgranulatet krossas till en känd storlek kan inte granulathögarna anses vara av en homogen karaktär då dess ursprung är från ett blandat upplag. Vilket skapar variationer och skillnader i den färdiga massan, på grund av att

⁷ Mattias Herlin, Skanska Industrial Solutions, Maskinspecialist– Asfaltsverk. Samtal 13/4–2

invägningsreceptet för granulatet har fått anpassas för medelvärdet av de provtagningar som gjorts⁸.

Ett problem som kan begränsa återvinningen är att asfalt klassificeras som avfall och inte som en råvara. Detta mynnar ut i att returafalten endast får lagras i tre år innan deponeringen krävs, vilket skapar ett stressmoment hos entreprenörerna. Det skall dock poängteras att asfaltgranulat (*krossad returafalt*) ej räknas som avfall (Olsson, 2019).

4.2 Analys av provkroppar

Följande kapitel presenterar analyserna som har utförts på de färdiga provkropparna, det vill säga mjukpunkt, bindemedelshalt, marshallstabilitet, marshallhållrumshalt, bitumenfyllt hålrum och kornstorleksfördelning.

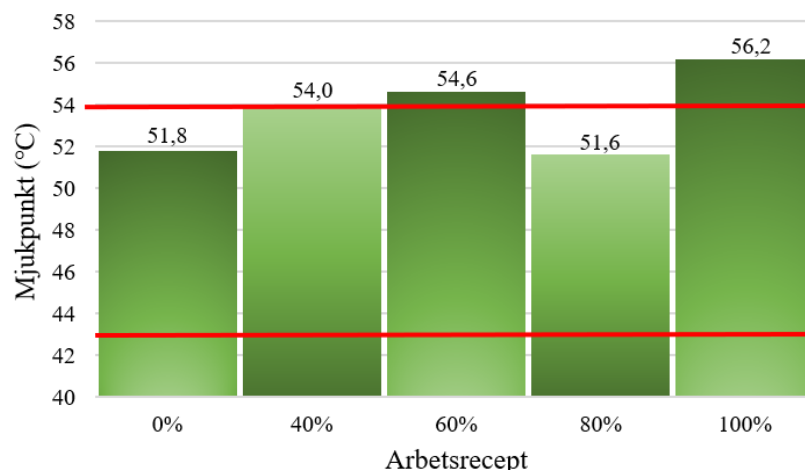


Figur 37: 15 av de 20 framställda provkropparna, Från vänster till höger visas återvinningshalterna 0, 40, 60, 80 och 100%.

4.2.1 Mjukpunkt

Följande figur illustrerar en godkänd mjukpunkt för en ABT 70/100 massa, som illustreras av de två röda strecken. En för låg mjukpunkt skapar en flexibel asfalt som står emot tjällyftningar bra, däremot kommer det att bildas deformationer av en hög trafikmängd. Vid en hög mjukpunkt blir beläggningen styvare och med detta ökar dess förmåga att stå emot belastningar, men dess sprickbenägenhet ökar.

⁸ Mattias Herlin, Skanska Industrial Solutions, Maskinspecialist– Asfaltsverk. Samtal 13/4–21

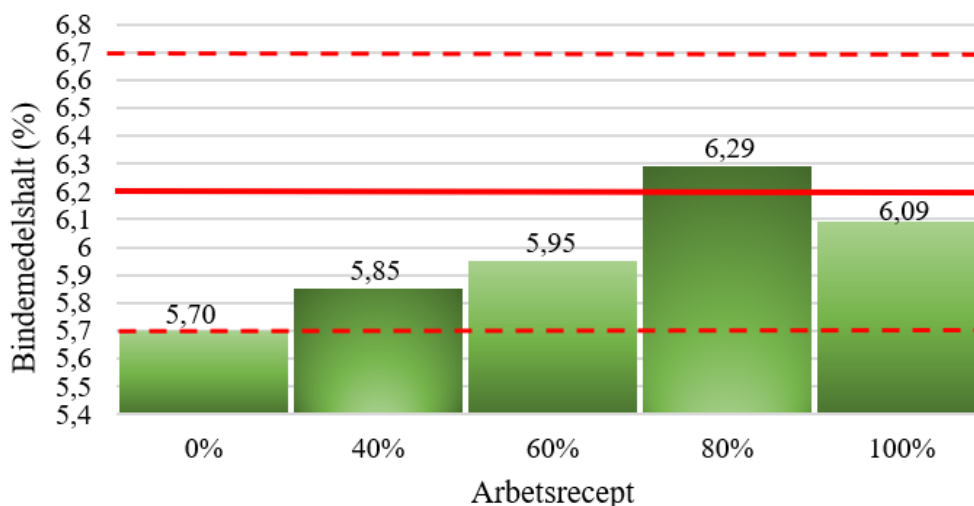


Figur 38: Godkänd mjukpunkt för en ABT 70/100 är mellan 43 och 54 °C.

Provkropparna med 0, 40 och 80% återvinning är inom gränserna för det godkända intervallet, dock i överkant. Resterande provkroppar har hamnat över den övre gränsen.

4.2.2 Bindemedelshalt

I figuren nedan kan man avläsa bindemedelshalten för samtliga provkroppar med 0, 40, 60, 80 och 100% återvinning. Godkänd nivå ligger på den röda linjen och de streckade linjerna visar tillåten avvikelse. Vid för hög bindemedelshalt kan beläggningen börja blöda, alltså att bindemedlet pressas till ytan och friktionen minskar vilket i sin tur sänker trafiksäkerheten.



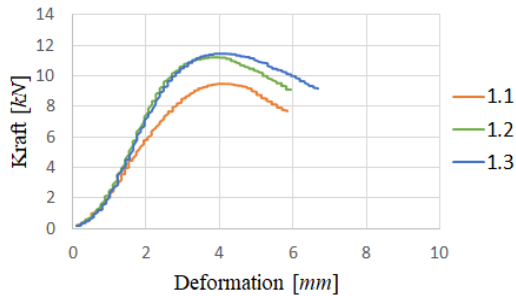
Figur 39: En ABT 11 70/100 skall ha en bindemedelshalt på 6,20% med tillåten avvikelse på $\pm 0,5\%$.

Samtliga provkroppar har fått en något för låg bindemedelshalt förutom provkroppen med 80% återvinning. Däremot är alla provkroppar godkända inom de tillåtna avvikelserna.

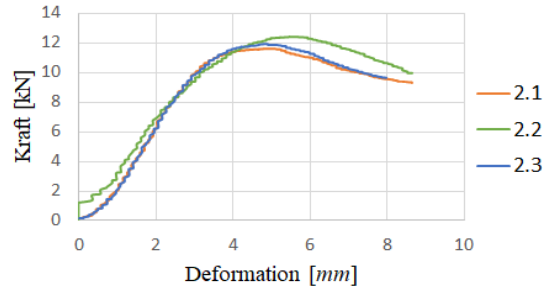
4.2.3 Marshallstabilitet

Följande figurer visar resultatet från *marshallstabiliteten* för tre provkroppar från varje recept (0, 40, 60, 80 och 100% inblandning av granulat) som sedan räknats om för att möjliggöra en inbördes jämförelse. Därefter har ett *T-test* utförts för att utreda nollhypotesen om att det inte finns någon statistisk signifikant skillnad mellan receptens brotthållfasthet.

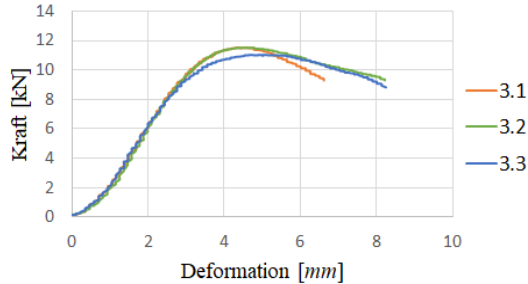
Recept 1: 0% Återvinning



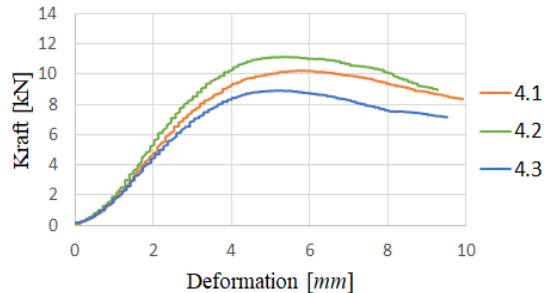
Recept 2: 40% Återvinning



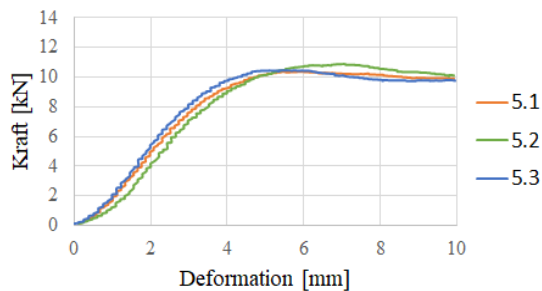
Recept 3: 60% Återvinning



Recept 4: 80% Återvinning



Recept 5: 100% Återvinning



Figur 40: Resultat från marshallpress där det testades tre provkroppar från 0, 40, 60, 80 och 100 % återvinning.

Man kan tyda en viss skillnad mellan recept 1–3, där brottet verkar ske plötsligt, och recept 4–5 där brottet är mer utdragen karaktär. Max belastningen, alltså brotthållfastheten, för varje provkropp och deformationen vid max belastningen plockas ut. För att möjliggöra en inbördes jämförelse så divideras max belastningen på dess deformation och på provkroppens höjd. Ovan nämnda parametrar samt medelvärdet för varje recept presenteras i *Bilaga 9*.

Fyra tvåsidiga T-test utfördes med hjälp av Excel som var för sig utgår ifrån två olika populationer med olika varianser där de olika återvinningsrecepten sattes i relation till referensmassan (*Recept 1*). Detta för att utreda nollhypotesen (H_0) om att det inte finns någon statistisk signifikant skillnad gällande brotthållfastheten oavsett inblandningshalten av asfaltgranulat. Detta med ett konfidensintervall på 95%. Om sannolikheten (P) blir lägre än 0,05 kan nollhypotesen förkastas.

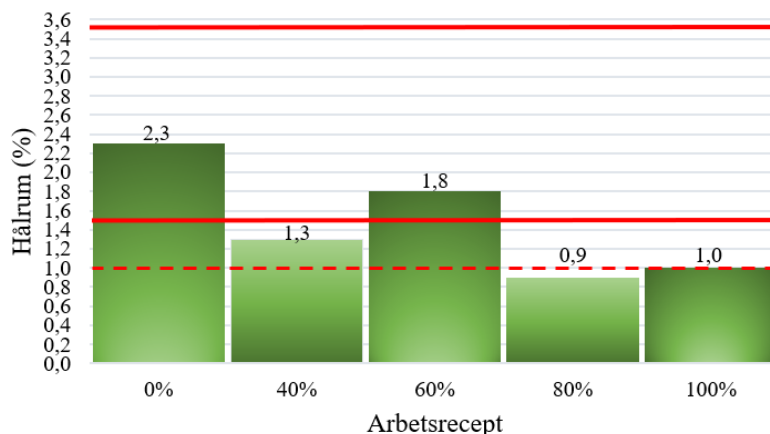
Tabell 18: Resultat av T-test

Recept Nr	2 (40%)	3 (60%)	4 (80%)	5 (100%)
Sannolikhet [P]	0,1888	0,2638	0,0178	0,0176

Som man kan tyda från *Tabell 18* kan nollhypotesen (H_0) förkastas för recept 4 och 5 vilket innebär att man med ett konfidensintervall på 95% inte kan se någon signifikant statistisk skillnad hos marshallstabiliteten på en inblandningshalt på upp till 60%.

4.2.4 Marshallhålrumshalt

Nedan visas marshallhålrumshalten för provkropparna med 0, 40, 60, 80 och 100% återvinning, det röda strecket visar det minsta godkända hålrumshalt och den streckade röda linjen visar tillåten avvikelse. Den högsta godkända hålrumshalten ligger på 3,5%. En för låg hålrumshalt kan leda till deformationer av tunga fordon och men även sänkt friktion mellan däck och beläggning.

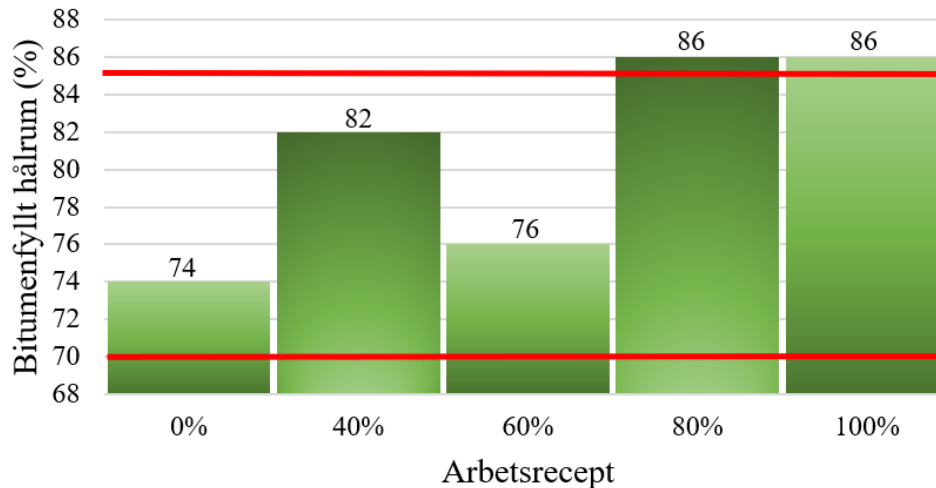


Figur 41: Röd linje visar minsta godkända hålrumshalt och den streckade visar tillåten avvikelse.

Man kan tyda att provkropparna med 0, 40, 60 och 100% återvinning har godkända hålrumshalter inom tillåtna avvikelser. Provkroppen med 80% återvinning ligger något under godkänd nivå även med tillåten avvikelse inräknad.

4.2.5 Bitumenfyllt hålrum

Figuren visar det bitumenfyllda hålrummet för provkropparna 0, 40, 60, 80 och 100% återvinning. Godkänd nivå är inom de två röda strecken. En hög andel bitumenfyllt hålrum betyder att de flesta hålrummen i beläggningen är fyllda med bindemedel och beläggningen kan då börja blöda när bindemedlet expanderar eller komprimeras som en effekt av en förändring av dess temperatur.



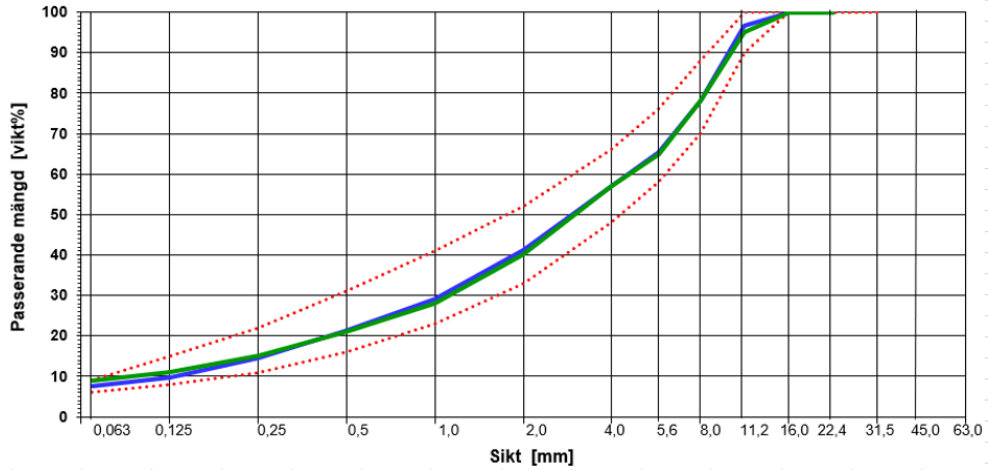
Figur 42: En ABT 11 skall ha ett bitumenfyllt hålrum mellan 70–85%, observera att y-axeln inte startar på noll.

Provkropparna med 0, 40 och 60% återvinning har godkända resultat. Medan provkropparna med 80 och 100% återvinning ligger 1% över den övre gränsen. Det finns däremot inga krav för det bitumenfyllda hålrummet hos Trafikverket i dagsläget, därav läggs ingen större tyngd på detta.

4.2.6 Kornstorleksfördelning

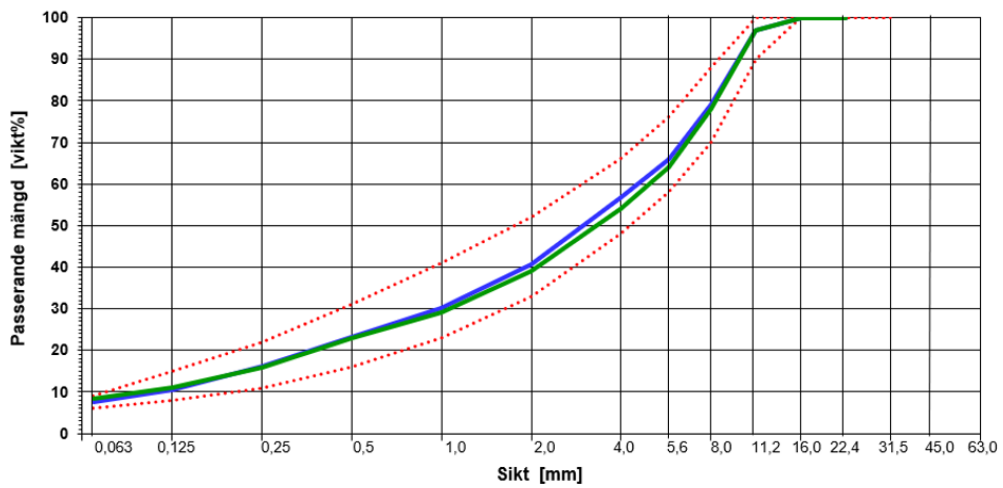
Figurerna nedan illustrerar kornstorleksfördelningen för provkropparna med 0, 40, 60, 80 och 100% återvinning. Blå kurva presenterar den proportionerade kurvan, alltså målkurvan för marshallprovkropparna. Den gröna analyskurvan presenterar hur den verkliga blandningen såg ut och de streckade röda visar de tillåtna intervallet.

Arbetsrecept 1: 0% Återvinning



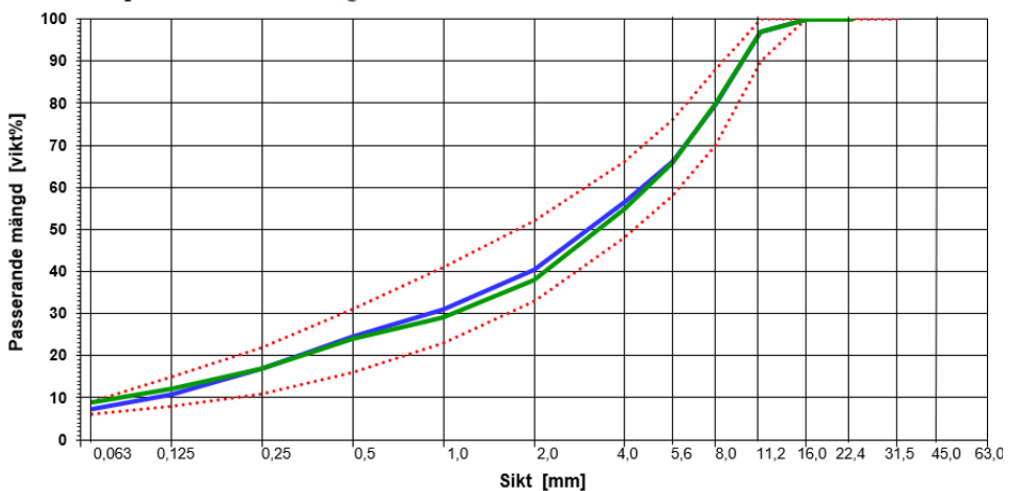
Figur 43: Kornkurva för Recept 1 med 0 % återvinning, massan håller sig inom de tillåtna gränserna, kurvorna följer varandra väl.

Arbetsrecept 2: 40% Återvinning



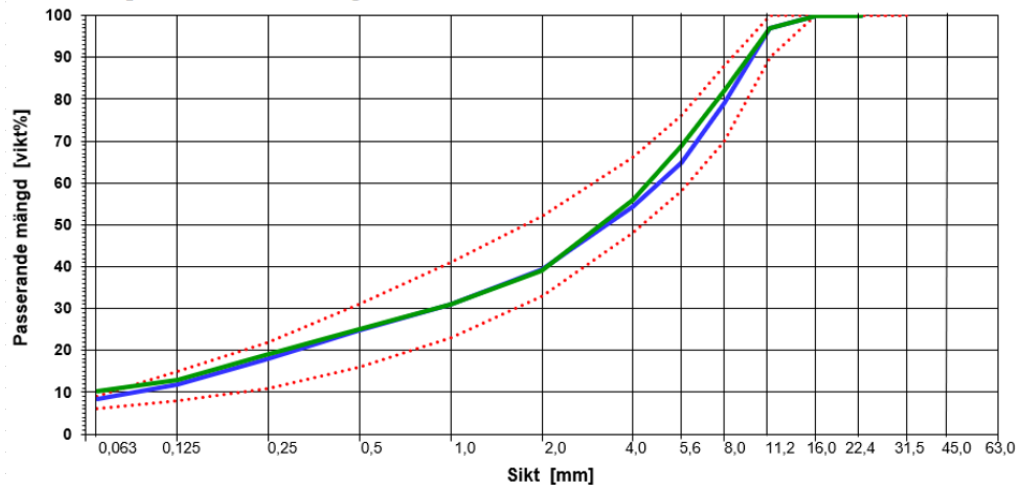
Figur 44: Kornkurva Recept 2 med 40 % återvinning, massan håller sig inom de tillåtna gränserna, kurvorna följer varandra väl.

Arbetsrecept 3: 60% Återvinning



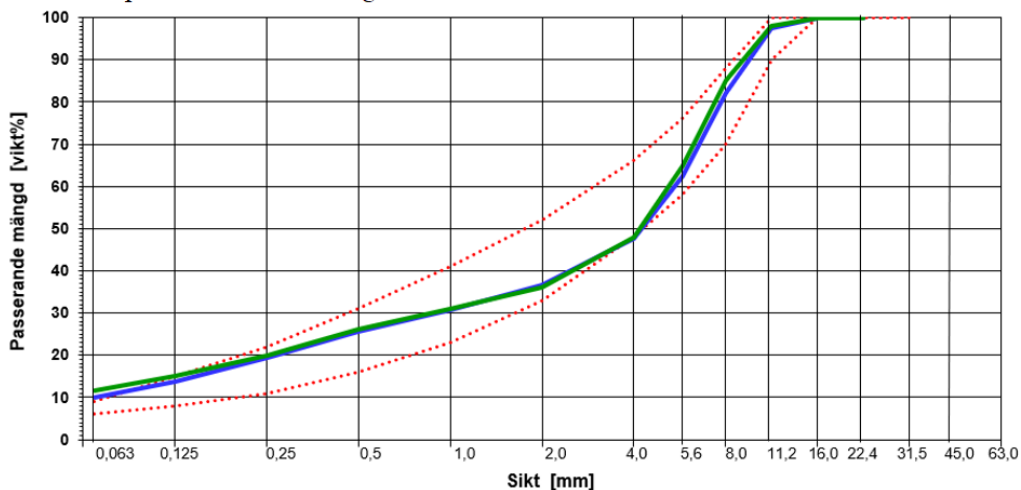
Figur 45: Recept 3 med 60 % återvinning, inom de tillåtna gränserna, kurvorna följer varandra väl.

Arbetsrecept 4: 80% Återvinning



Figur 46: Kornkurva Recept 4 med 80 % återvinning, massan håller sig inom de tillåtna gränserna bortsett från de mindre fraktionerna.

Arbetsrecept 5: 100% Återvinning



Figur 47: Kornkurva Recept 5 med 100 % återvinning, massan håller sig inom de tillåtna gränserna bortsett från 0,063 mm fraktionen.

Den verkliga kornstorleksfördelningen hos provkropparna med 0, 40 och 60 % återvinning är inom de godkända gränsvärdena. Kornstorleksfördelningen för provkropparna med 80 och 100% återvinning påvisar en filler andel som är 1,2% respektive 2,7% för hög. När den tillåtna avvikelser på $\pm 2,4\%$ tillgodosågs, resulterade det i att provkroppen med 80% återvinning också är godkänd. Detta gör att endast provkroppen med 100% återvinning inte blev godkänd.

5. Diskussion och slutsatser

Detta kapitel avser att kritiskt diskutera och granska resultatet, dels från litteraturstudien, dels från de utförda testerna, metoderna och deras trovärdighet samt praktiska tillämpningar utifrån de ställda frågeställningarna. Därefter presenteras slutsatser samt rekommendationer inför kommande studier.

5.1 Resultatdiskussion

5.1.1 Återvinningens begränsningar

Återvinning av asfalt är ingen trivial process, vilket dessutom försvåras av att tillverkningen sker på ett asfaltverk som ursprungligen inte är konstruerat för ändamålet. Det är många faktorer som inverkar och påverkar dess resultat, allt från materialens egenskaper, tillverkningstekniska aspekter samt hanteringen av returafalten, vilket man kan läsa mer om i *Kapitel 4.1*. För att återvinningen skall bli så effektiv som möjligt krävs det en samverkan genom hela processen. Om en förundersökning skulle genomföras innan vägen demonteras, där man undersöker parametrar såsom kornkurva och bindemedelshalt, skulle dess sammansättning kunna matchas med den upplagshög som passar bäst. På detta vis kan återvinningen effektiviseras genom att upplagshögarna har färdiga ändamål. Eventuellt bör man även bestämma mjukpunkt för att kunna avgöra om beläggningen lämpar sig för att bli ett bitumenbundet lager eller om mjukpunkten är så pass hög att kostnaderna för föryngring inte gör det ekonomiskt försvarbart och därav ämnar sig bättre för att agera som fyllnadsmaterial alternativt asfaltgrus. Testerna kan även kompletteras med Trafikverkets verktyg PMSV3 där man kan hitta information såsom beläggningshistorik, ÅDT, vägbredd och tvärprofil, detta gäller dock endast för de statliga vägarna.

Innan returafalten kan återvinnas krävs det att den krossas, vilket vanligtvis utförs på mängder omkring 5000 ton per tillfälle. Vilket resulterar i att beläggningen behöver lagras tills det finns tillräckliga mängder för att krossningen skall vara ekonomisk försvarbar. Detta ställer ökade krav på upplagsytorna då returafalten bör förvaras i separata högar där sammansättningen och egenskaperna efterliknar varandra. Dagens hantering resulterar i stora variationer av granulatets egenskaper och sammansättning, vilket är en direkt följd av att all returafalt samlas på samma upplagsyta. Detta får effekten att egenskaperna hos den färdiga beläggningen kommer att variera. Skulle man i stället separera granulatet efter dess egenskaper och sammansättning skulle man skapat en ökad kontinuitet på de ingående materialen till verket, då granulatet är av en homogenare struktur. Detta skulle

minska osäkerheterna som granulatet tillför och på detta vis förbättra förmågan att kontinuerligt skapa högkvalitativa återvinningsmassor.

Som tidigare nämnt förvaras asfaltgranulatet i de flesta sammanhang i tält, detta för att minska fukthalten innan det brukas i verket. Detta är ett viktigt moment för att minska energikonsumtionen i parallelltrumman, men innan returafalten krossas och förvaras i tält, har den legat på öppet upplag. Skulle upplagen för de inkommande returmassorna vara under väderskydd skulle fuktkvoten sänkas ytterligare vilket skulle medföra både ekonomiska och miljömässiga besparingar. Dock bör kostnaden för denna väderskyddade upplagsyta jämföras mot parallelltrummans kostnadsbesparingar för den minskade fuktkvot.

Precis som de flesta förändringar innebär större upplagsytor en initial större kostnad. Återvinning och återbruk är framtiden, dels för att nå Sveriges och Europas klimatmål, dels för att en cirkulär ekonomi leder till en effektivisering av samhället och våra gemensamma resurser. I framtiden när målet med noll nettoutsläpp närmar sig blir en hög återvinningshalt troligtvis standard i alla upphandlingar. Skall dessa klimatmål uppnås kommer troligtvis även det traditionella bituminet som utvinns från råoljor, bytas ut mot ett mer klimatneutralt alternativ.

På marknaden finns det idag ett flertal olika rejuvenatorer, allt från biobaserade produkter såsom *Sylvaroad RP 1000* till återvunna eller raffinerade oljeprodukter som till exempel *Storflux*. I de flesta fall ligger de biobaserade produkterna på ett högre pris men i takt med att utvecklingen går framåt bör även efterfrågan på dessa produkter öka och då även incitamentet att tillverka dem och på så vis ökar tillgången och priset sjunker. Detta skulle då göra återvinningen mer kostnadseffektiv och föra utvecklingen framåt.

Asfaltverket i Dalby är begränsad till en återvinningshalt på mellan 45–50% vid varmtillverkning, detta då det krävs ett samspel mellan torktrumman och parallelltrumman. Utan detta samspel, alltså när en majoritet av massan kommer från parallelltrumman riskeras det att rökgasfiltret blir igensatta av bitumengaser från parallelltrumman. Dock skulle man kunna tillsätta filler i torktrumman för att åtgärda problemet med samspelet och på så vis öka halterna av återvinning. Men detta resulterar i ökade kostnader dels för uppvärmningen i torktrumman då de högsta fuktkvoterna befinner sig bland de minsta fraktionerna, dels då en ökad inblandning av granulat resulterar i en minskad användning av egenfiller som då medför att man måste tömma ut överskottsfillern⁹. För att utreda om detta tillvägagångssätt skulle vara lönsamt, bör noggranna beräkningar utföras där alla parametrar behandlas. Den nuvarande begränsningen innebär att minst 50% av det uppbrutna eller

⁹ Mattias Herlin, Skanska Industrial Solutions, Maskinspecialist– Asfaltsverk. Samtal 4/5–21

frästa returmassorna hamnar på upplag och för detta överskott av granulat krävs det ett ändamål, som till exempel en beläggning av en nykonstruerad väg eller gata, till ett obundet bärlager, eller bara agera som ett asfaltgrus i en stödremsa.

För att slippa hantera detta överskott bör det läggas ett större fokus på att minska inflödet av returafalt till upplagen. Detta kan göras på ett flertal sätt, till exempel via infräsning eller återvinning på plats. Dessa metoder skulle inte bara minska belastningen på upplagen utan skulle även minska mängden transporter och möjliggöra höga halter av återvinning och återbruk, vilket inte bara är förmånligt ur ett ekonomiskt perspektiv utan även ur ett miljöperspektiv.

Returasfalten klassas som avfall och inte råvara, vilket gör att deponering måste ske efter 3 år. Denna lag är till stor fördel om man vill se en utveckling på returafaltens potential och hantering, framför allt då entreprenörerna anser att returafalten är av högt värde på grund av bituminet. Entreprenörerna blir således indirekt tvingade att använda returafalten i diverse projekt. Dock bör det nämnas att samtidigt som regelverket i vissa fall påskyndar utvecklingen hämmar den även en effektiv hantering då regelverket kan undkommas genom att upplagshögen flyttas. Detta kan även ses som ett bromsande moment som sänker branschens effektivitet.

Om målet är att producera massor med höga halter av inblandning till en så låg miljöpåverkan som möjligt bör större fokus läggas på de halvvarma och kalla återvinningsteknikerna. Då tillverkning- och utläggnings temperaturerna är markant lägre än den varma skulle stora energibesparingar kunna möjliggöras. Hanteringen är dessutom smidigare då dessa massor inte är lika känsliga för temperaturförändringar, vilket skulle tillåta en längre säsong som då skulle kunna resultera i ökade produktionsvolymmer. Arbetsmiljön blir även bättre som en följd av att mindre gaser bildas. Dock lämpar sig halvvarma och kalla massor framför allt till låg- och medeltrafikerade vägar samt till gång- och cykelvägar. Även särskilda krav ställs på personalens kompetens, både vid produktion och utläggning, då massans beteende skiljer sig från en varmtillverkad.

5.1.2 Provkroppar

Kornkurvorna för samtliga återvinningshalter klarade sig inom det tillåtna intervallet, bortsett från *Recept 4* 80% återvinning och *Recept 5* 100% återvinning, där andelen filler blev 1,2% respektive 2,7% för höga. Däremot klarade sig *Recept 4* när den tillåtna avvikelser på $\pm 2,4$ % tillgodoräknas, vilket visar metodens potential då de tillverkade provkropparnas kornkurva kunde matchas med den eftersökta upp till en återvinningshalt på 80%, med endast mindre översteg vid 100% återvinning. Denna fillerhalt blev högre än

vad arbetsreceptet antydde, vilket borde kunna härledas till att granulatet trots siktningen fortfarande har en del mindre variationer. Dessa variationer borde dock kunna hämmas via en utförligare provtagning av de ingående materialen. Dock skall man ha med sig att det gjordes två tester för varje fraktion av totalt 268,35 kg granulat vilket kan jämföras med den verkliga produktionens provtagning vid krossningen, där det sker ett test vart 500:de ton. Skulle granulatet ha siktats till fler fraktioner skulle troligtvis kunskapen om fördelningen av dess komponenter, såsom kornkurva, bindemedelshalt och mjukpunkt, öka. Detta skulle troligen leda till en ökad förmåga att justera kornkurvan till den eftertraktade och på så vis lyckas få ner fillerhalten inom det godkända intervallet.

Utifrån marshallstabiliteten och marshallhålrumshalten kan man se vissa likheter. Dom recepten som presterade sämst under marshallstabiliteten visade även i analysen av hålrumshalten de lägsta värdena, detta för *Recept 4–5*. Därav kan man med största sannolikhet dra kopplingen att den låga hålrumshalten har gjort dessa provkroppar instabila då materialet i dom inte har någonstans att ta vägen när de utsätts för belastning.

Mjukpunkten för det jungfruliga 70/100 bindemedlet hämtades från en tidigare deklARATION där mjukpunkten var 45,4°C. Det bindemedel som tappades ut från tankbilen och som sedan användes vid framställningen av provkropparna antogs ha samma mjukpunkt som den senaste deklARATIONEN. Detta antagande gjordes då det inte fanns tid att invänta ett provsvar på det aktuella bindemedlet då föreliggande moment hade dragit ut på tiden. När andelen Sylvaroad har beräknats och tillsatts för återvinningsmassorna, har den deklarerade mjukpunkten använts som målvärde. Vid kontrollen av provkropparnas mjukpunkt framgick det dock att bindemedlet från *Recept 1* med 0 % återvinning hade mjukpunkten 51,8°C, vilket då var 6,4°C högre än förväntat. Trots denna felaktiga antagning klarade recept 1, 2 och 4 med återvinningshalterna 0, 40 och 80% kraven för mjukpunkten och *Recept 3* med 60% återvinning var endast 0,6°C för hög. Man bör observera att mjukpunkterna för Recept 1 och 4 med återvinningshalten 0 och 80% endast hade en skillnad på 0,2°C, vilket bör visa Sylvaroads potential vid föryngring. För *Recept 5* med 100% återvinning blev dock mjukpunkten 2,2°C för hög. Variationerna som kan tydas ur *Kapitel 4.2.1 Mjukpunkt* blev dock större än förväntat. Detta kan eventuellt härledas till att det finns större variationer i granulatets mjukpunkt än vad analyserna kunde påvisa samt osäkerheterna som den mänskliga faktorn tillför via handblandning.

Marshallhålrumshalten som kan hittas i *Kapitel 4.2.4* visar att *Recept 4* med 80% återvinning inte klarar de ställda kraven, detta även när avvikelserna är tillgodoräknade. Man kan samtidigt se att bindemedelshalten från *Kapitel 4.2.2* är för samma recept den högsta av de analyserade provkropparna. Den

låga marshallhållrumshalten bör därför kunna korrigeras genom att sänka bindemedelshalten.

Man kan tyda en 0,3 % högre marshallhållrumshalt hos *Recept 3* än för *Recept 2*, som även ligger 0,1% högre i bindemedelshalt. Hur detta recept har kunnat få bättre värden än den med lägre återvinning är för oss svårt att förklara. Men en teori är att *Recept 3* har en högre mjukpunkt samt högre andel av de finaste fraktionerna vilket bör ha styvat upp bindemedlet och ökat dess viskositet. Denna ökning av viskositet bör minska bindemedlets förmåga att lättflyktigt sprida sig i beläggningen och på så vis hämma att hålrummet blir fyllt av bindemedel. Denna teori stärks dessutom av den 6% högre BFH som *Recept 2* har jämfört med *Recept 3*, vilket man finner i *Kapitel 4.2.5*.

För de recept som låg över de tidigare tillåtna gränserna för bitumenfyllt hålrum var även samma recept, alltså recept 4 och 5 med återvinningshalten 80 respektive 100%, som hade lägst marshallhållrumshalt och högst bindemedelshalt. Vilket innebär att hålrummen blir överfyllda av bindemedel. Detta som en följd av den höga bindemedelshalten som dessa recept har i relation till övriga.

Då insamlingsmetod inte utfördes enligt standarderna kan det vara dumt att dra någon slutsats angående fördelningen av det siktade granulatet som kan ses i *Kapitel 3.2*.

I *Kapitel 4.2.2* kan man tyda en stor variation mellan provkropparnas bindemedelshalt, exakt vad detta kan bero på är svårt att säga men en teori är att granulatets bindemedelshalt var högre än vad analyserna har kunnat påvisa. Vilket stärks av faktumet att bindemedelshalten ökar med andelen återvinning, med avvikelse för recept 4 som fick högst värde.

Spridningen som analyserna resulterar i stärker faktumet att tillverkningen av asfalt är en komplex process med många faktorer som påverkar, detta även under kontrollerade former som en laborationsmiljö innebär.

5.2 Metoddiskussion

Samtliga analyser och moment utfördes enligt de standarder som beskrivs i *Kapitel 2.7*, bortsett från insamlingen av granulatet, jungfruligt stenaggregatet och blandningen av asfaltmassorna. Vid insamlingstillfället lades det ingen större vikt på insamlingsmetoden, då försökets syfte var att utreda huruvida siktningen av granulat var en lämplig metod för att minska okunskapen som granulatet för med sig och inte huruvida den aktuella granulathögens sammansättning såg ut. Insamlingen utfördes genom att ungefär 40 cm av ytskiktet avlägsnades på flera olika platser där proverna sedan togs. Detta resulterar i en viss osäkerhet kring fördelningen av granulatets komponenter

och därav bör inga större slutsatser dras angående detta. Dock skall man ha med sig att det totalt samlades in 268,35 kg granulat vilket kan jämföras med testerna som vanligtvis utförs med endast ett fåtal kg var 500:de ton. Vilket då bör hämma de osäkerheter som den bristfälliga metoden resulterade i.

I *Bilaga 1* kan man avläsa granulatets olika siktomgångarna samt deras vikter och dess fraktionsfördelningar. För att säkerhetsställa att siktgallerna inte blev igentäppta testades olika mängder och olika skakningstider. Efter några försök drogs slutsatsen att 5 minuter var för kort tid då mycket av de mindre fraktionerna hade fastnat i 4 mm sikten vilket inte var fallet när tiden fördubblades till 10 minuter.

Analyserna av mjukpunkt, kornkurva och bindemedelshalt utfördes av den kompetenta laborationspersonalen som regelbundet arbetar med dessa metoder och därav bör felkällorna vara begränsade.

Asfaltrecepten handblandades i en galvaniserad bunke, som är beskrivet i *Kapitel 3.1*. Tanken var från början att använda en degblandare med tillhörande värmeplatta. Men efter överläggning med vår handledare Kenneth Olsson på Skanska, drogs slutsatsen att handblandning var att föredra. Orsaken till detta, var att det fanns risk för att bindemedlet och de mindre fraktionerna skulle fastna på blandarens armar, vilket skulle vara svårare att få rena jämfört med spaden vi nyttjade. Dessutom efterliknade degblandarens blandningsteknik inte tvångsblandningen som sker på ett asfaltverk. För att säkerhetsställa att alla blandningar genomfördes likartat, utfördes först en testblandning med alla de ingående fraktionerna och komponenterna, här bestämdes tidsintervallerna för de olika blandningsmomenten men även blandningstekniken. Handblandningen resulterade även i en större förståelse för hur materialen samspelar och beter sig, vilket var ett mycket lärorikt moment. Vid tillsättning av bindemedel observerades det vissa svårigheter med att dosera rätt mängd, detta då det alltid fastnar en viss mängd i uppvärmnings kärlet. Osäkerheten försökte minskas genom att ett snitt togs för den kvarvarande mängden, för att sedan kunna justera detta vid doseringen.

Marshallstabiliteten är som tidigare nämnt utförd enligt SS-EN 12697-34, däremot gjordes ett ofrivilligt avsteg från standarden. Provkropparna staplades ovanpå varandra när de skulle fraktas mellan Önnestad och Lund, vilket de inte får göra enligt standarden. Däremot var det endast två i höjd och under en begränsad tidsperiod, vilket inte borde påverka resultatet nämnvärt. För uppmätningen av provkropparnas höjd fanns det inget skjutmått, vilket resulterade i att en linjal i stället nyttjades vilket sänker noggrannheten.

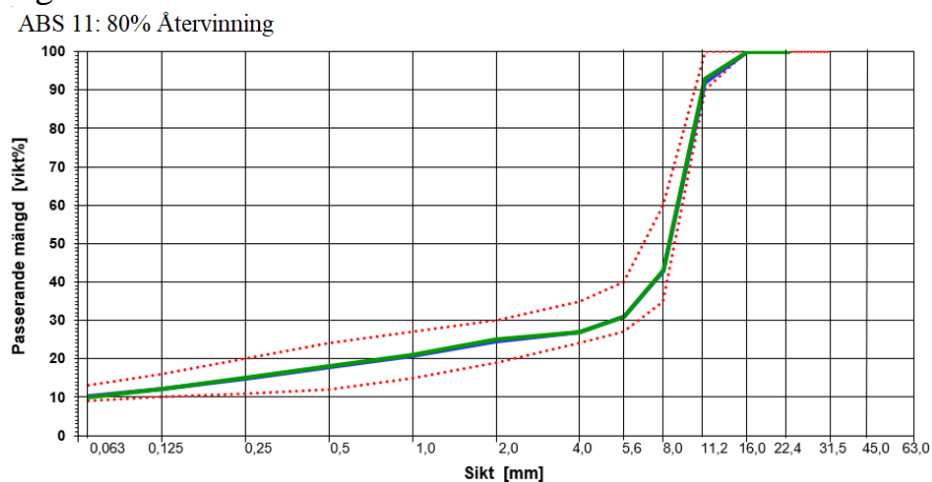
För att öka noggrannheten och den allmänna trovärdigheten för testerna skulle det skapats fler provkroppar för varje recept så samtliga analyser skulle kunnat

utföras i ett högre antal. Detta skulle skapa ett trovärdigare medelvärde och förhoppningsvis spegla verkligheten på ett bättre vis.

Kompaktdensiteten samt skrymdensiteten genomfördes enligt standarder för att räkna ut hålrumshalten. Kompaktdensiteten utfördes endast en gång per recept medan skrymdensiteten togs på alla fyra provkroppar från varje arbetsrecept. Detta medförde att noggrannheten för skrymdensiteten är högre än för kompaktdensiteten. Anledningen är att utförandet av skrymdensiteten inte förstör provkropparna och samma provkroppar kunde därefter användas för utförandet av marshallstabilitets testet. Skulle lika många tester utföras för kompaktdensiteten hade en större mängd asfaltmassa behövt blandats, vilket inte fanns i beräkningarna i tillverkningsstadiet.

Bitumenfyllt hålrum regleras inte längre av *Trafikverket*, men då analysen av Skanskas projekt på Lundavägen, som man kan läsa mer om i *Kapitel 2.6.2*, hade påvisat för låga halter ansåg vi att detta var en intressant parameter att ta med.

Som tidigare nämnt begränsas återvinningshalten i ABS beläggningar av den höga andelen finmaterial. För att påvisa metodens potential togs även en ABS 11 beläggning fram med en återvinningshalt på 80%. I denna kornstorleksfördelning är endast 8–11 fraktionerna använda. Återvinningsmassa har inte testats utan det har bara kontrollerats om de siktade granulatifraktionernas kornkurva kunde möjliggöra en hög återvinningshalt.



Figur 48: ABS 11 beläggning med 80 % återvinning.

5.3 Praktisk tillämpning

Inledningsvis bör det nämnas att denna metod troligtvis ämnar sig bäst för en produktion där returafalten oavsett sammansättning eller brytningsteknik har samlats på en och samma upplagshög. Detta då det bildas stora variationer och osäkerheter i denna typ av upplag som då kan minskas med hjälp av en siktning. Men skulle man i stället dela upp de inkommande returafalten efter dess sammansättning skulle troligen denna metod inte tillföra några markanta förbättringar i relation till dess kostnad då variationerna och osäkerheterna är betydligt lägre vid denna typ av hantering.

Då granulatet behöver krossas innan de kan siktas blir denna process ett extra moment som kräver extra resurser. Dessa extra kostnader bör i så fall vara densamma eller lägre jämfört med de besparingar som man kan göra på den eventuellt högre inblandningshalten, i form av stenaggregat och bindemedel eller resultera i en konsekvent ökad kvalitet.

En förutsättning för att denna metod skall fungera är att det finns flera inmatningsfickor för granulatet, utan detta krävs det att man blandar granulatet innan man matar in det i verket vilket då skulle skapa ytterligare ett moment som kan medföra en ekonomisk belastning. Metoden skulle även kräva större upplagsytor då man måste förvara de olika fraktionerna separat.

Beroende på vilka asfaltmassor samt vilka återvinningshalter som produceras kommer olika mängder av det siktade granulatet att nyttjas. Detta kan leda till överskott eller underskott av vissa fraktioner. Detta bör beaktas och nyttjandet av fraktionerna bör balanseras gentemot fraktionsfördelningen som granulatet får, annars riskerar man att ny problematik kring upplagen. Alltså att upplaget växer okontrollerat utan att det finns ett bestämt ändamål.

5.4 Slutsatser

Skulle hantering av granulat som efterliknar hantering av jungfruligt stenmaterial kunna bidra till ökad andel återvinning?

- Genom att sikta granulatet i tre fraktioner (0–4, 4–8, 8–11 mm) kan höga återvinningshalter tillsättas i en ABT 11 beläggning. Marshallprovkropparna har visat att 80% asfaltgranulat kan tillsättas med godkänd kornstorleksfördelning. För provkropparna som bestod av 100% återvinning gjordes endast mindre översteg för 0,063 fraktionen.
- Genom att endast använda det fram siktade 8–11 granulatet, möjliggör det en ABS 11 beläggning med 80% återvinning.
- Marshallstabiliteten har visat goda resultat trots en hög andel återvinning i Marshallprovkropparna. Med ett konfidensintervall på 95% kan ingen statistisk signifikant skillnad tydas mellan referensmassan och provkropparna med upp till 60% återvinning.
- Marshallprovkropparna med 0, 40, 60 och 100% återvinning har påvisat godkända hållrumshalter.
- De tre fram siktade granulatfraktionerna har visat stor variation angående bindemedelshalter däremot är mjukpunkten snarlik oavsett fraktion.

Vad begränsar i dagsläget en återvinningshalt på 100%?

- Utan siktning av granulatet krävs det en separering på upplagen efter returafaltens sammansättning, alltså dess bindemedelshalt, kornkurva och mjukpunkt, för att möjliggöra en hög återvinningshalt vid varm återvinning.
- En ökad planering genom hela återvinningsprocessen, alltså redan innan den gamla beläggningen bryts upp bör dess ändamål vara fastställt, detta skulle effektivisera processen som helhet och troligtvis öka möjligheten att producera högkvalitativa återvinningsbeläggningar.
- En hantering av granulatet som efterliknar den av det jungfruliga stenmaterialet ökar kunskapen om granulatets sammansättning och på så vis minskar osäkerheterna som granulatet i dagsläget tillför tillverkningen.

5.5 Fortsatta studier

För siktningen av granulatet nyttjades en grovsikt, vilket möjliggjorde att stora mängder material kunde siktas effektivt. De siktgaller som fanns tillgängligt var av maskvidden 4 och 8 mm, detta dels för att leverantören hade problem med deras produktion som en följd av den pågående pandemin. Att använda sig av tätare siktningsintervaller hade ökat förståelsen ytterligare för granulatets sammansättning samt hur dess komponenter, alltså kornkurvor, bindemedelshalt och mjukpunkt, fördelar sig. Tätare siktningsintervaller innebär inte per automatik att kornkurvorna hos slutprodukten blir bättre, utan det är en avvägning mellan hög återvinningshalt och så få siktningsintervall som möjligt, detta för att identifiera den effektivaste siktningen för en fullskalig produktion.

I detta projekt undersöktes återvinningshalter på 40, 60, 80 och 100%, skulle dessa intervaller minska, till exempelvis 5 eller 10 % intervall, skulle man troligtvis kunna få högre noggrannhet på den maximala återvinningshalten som metoden kan producera. Som tidigare nämnts i *Kap 5.1.1* kan man tyda siktningsmetodens potential i relation till en ABS massa, detta bör testas både i laborationsmiljö och i en fullskalig produktion.

Även om laboratorium testerna kan påvisa goda resultat av siktningsmetoden är labbmiljön betydligt mer kontrollerad än vad den verkliga produktionen är. För att verkligen utreda om metoden fungerar bör den testas i fullskalig produktion och sedan utvärderas.

Beroende på vilka återvinningshalter som produktionen kommer att nyttja kan detta resultera i överskott av någon eller några granulatfraktioner. För detta överskott krävs det att ändamål identifieras. Dessa ändamål bör utredas och utvecklas så att inte ny problematik uppstår på upplagen. Alltså att upplagen växer i en okontrollerad takt utan någon planerad användning eller ändamål.

Referenslista

- Agardh Sven, Parhamifar Ebrahim (2014), Vägbyggnad, Liber AB
- Andersson, Christoffer & Sulejmani Pajtim (2014) Undersökning av bitumen från asfalt med hjälp av dynamisk skjuvreometer, DSR. Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Teknik och samhälle (ISSN 1653–1922)
- Asfaltboken (2018), “Tillverkning”. Tillgänglig: <https://asfaltboken.se/tillverkning/>
Hämtad: 9/2–2021
- Jepsson, Simon & Nyberg, Elin (2017), Återvinning av asfalt och betong. Examensarbete på LTH.
- Knobe, Mats (2014), Fräsningens möjligheter, Asfaltboken, Powerpoint.
- Lindahl, Tord & Ulmgren, Nils (2003), Återvinning av asfaltmassor innehållande stenkolstjära, NCC Roads Sverige.
- Länsstyrelsen (2020), Klimat och energistrategi för Stockholms län 2020–2045. ISBN: 978–91–7937–007–7.
- Naturskyddsföreningen (2021), Cirkulär ekonomi –istället för slängsamhället. Tillgänglig: https://www.naturskyddsforeningen.se/cirkular-ekonomi?gclid=Cj0KCQiA7NKBBhDBARIsAHbXCB4eAMLjpnYZkUOxH16cdIwK_orY9ZW1hN5-1M-CQHrFUapkznILG0QaAmkwEALw_weB Hämtad: 23/2–2021
- Naturvårdsverket (2008), Vad händer med klimatet? Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-8368-7.pdf>
Hämtad: 2021–02–23
- NVF. (2000). Asfaltens gröna bok, Nordiska vägförbundet, Gävle, NVF–RAPPORT 2/2000. (ISSN 0347–2485)
- Olsson, Kenneth (2018), Försökssträckor med ökad asfaltsåtervinning– E20 Hova, Skanska Industrial Solutions AB. ID:13459
- Olsson, Kenneth (2019), Återvinning i högkvalitativa slitlagerbeläggningar, SBUF, Skanska, Trafikverket. ID: 13588
- Oscarsson, Erik (2017), Återvinning i beläggningar med polymermodifierat bitumen Etapp 1, Skanska Teknik – Väg och Asfalt

- Regeringskansliet (2017), Det klimatpolitiska ramverket. Tillgänglig: <https://www.regeringen.se/artiklar/2017/06/det-klimatpolitiska-ramverket/> Hämtad: 23/2–2021
- Regeringskansliet (2020), Sverige ställer om till en cirkulär ekonomi. Tillgänglig: <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2020/07/sverige-staller-om-till-en-cirkular-ekonomi/> Hämtad: 24/2–2021
- Read & Whiteoak (2003) The Shell Bitumen Handbook, fifth edition. Thomas Telford Publishing, London.
- Skanska (2018), Gröna vägar med cirkulär asfalt, intervju: Kenneth Olsson. Tillgänglig: <https://www.skanska.se/om-skanska/press/nyheter/cirkular-asfalt/> Hämtad: 2021–03–05
- Scholz, T.V (1995) Durability of Bituminous Paving Mixtures. PhD Thesis, the University of Nottingham
- Tyllgren, Per (2010), Föryngring av retur-asfalt med miljöanpassade tillsatsmedel, SVC, SKANSKA & SBUF. Projektnummer: 12230
- Trafikverket (2013), Lind, Kenneth, Bitumenbunda lager, TDOK 2013:0529 version 4,0.
- Trafikverket (2011), TRVKB 10 Bitumenbundna lager. Trafikverkets Krav Beskrivningstexter för bitumenbundna lager i vägkonstruktioner
- Vägverket (1994) Bitumenbundna lager Kapitel 6
- Vägverket (2004), “Handbok för återvinning av asfalt”, ISSN 1401–9612
- Vägverket (2005), ATB VÄG, Bitumenbundna lager, Kapitel F
- Vägverket (2009), Polymermodifierade bindemedel i asfaltbeläggningar – erfarenheter i Sverige, Torbjörn Jacobson
- Wickström, Linda, Gry Møl Mortensen, Peter Dahlqvist, Mikael Erlström och Mattias Göransson (2021) Sandstenar och kvartsiter i Sverige – deras betydelse och användningsområden, SGU.

Bilagor

Bilaga 1: Siktning av granulat till de tre eftersökta fraktionerna.

Siktning nr	Total mängd (g)	Fraktion 8–16 mm (g)	Fraktion 4–8 mm (g)	Fraktion 0–4 mm (g)	Material förlust
1	14 030	2 940	4 330	6 700	60
2	12 400	2 382	3 739	6 255	25
3	17 130	5 101	4 904	7 102	23
4	17 980	4 540	5 321	8 020	99
5	19 180	4 548	5 810	8 810	12
6	20 610	5 368	5 820	9 380	42
7	19 080	5 486	6 220	7 330	44
8	15 560	4 444	4 980	6 090	46
9	14 620	4 789	4 330	5 450	51
10	14 970	3 860	4 680	6 410	20
11	15 270	3 508	4 690	7 000	72
12	15 300	4 173	4 650	6 430	47
13	15 350	3 905	4 780	6 600	65
14	16 080	4 815	4 990	6 260	15
15	16 450	4 398	4 920	7 080	52
16	17 840	3 805	5 590	8 380	65
17	5 713	1 102	1 880	2 720	11
Totalt (g)	267 563	69 164	81 634	116 017	748,1
Andel (%)	100	25,5	30,6	43,6	0,3

Bilaga 2: Deklaration av asfaltgranulat krossning

SKANSKA									
Skanska Industrial Solutions AB									
Asfaltverket Dalby									
1162-CPR-0566									
Deklaration av asfaltgranulat baserat på									
SS- EN 13108-8:2016									
Vägmateriel – Asfaltmassor – Materialspecifikationer									
Del 8: Återvunnen asfalt									
11 RA 0 / 11									
Utfärdat datum					2021-04-07				
Märkning					Fräs	2140 ton			
Bindemedelshalt, penetrations bindemedel						6 Vikt-%			
Återvunnen asfalt kompaktdensitet						Mg/m ³			
Bindemedels egenskaper									
o Mjukpunkt (RA _{max})					S	59 °C			
- Föryngrad RA med 2% Sylvaroad						54 °C			
- Föryngrad RA med 3%						51 °C			
- Föryngrad RA med 4%						49 °C			
- Föryngrad RA med 5%						46 °C			
- Föryngrad RA med 6%						44 °C			
o Penetration					P	29 x 0,1 mm			
o Viskositet					V	@ 60°C			
Kornstorlek									
o Övre kornstorleksgräns					D	11 mm			
o Maximal partikelstorlek					U	11 mm			
Ballast kvalitet									
o Motstånd mot nötning från dubbdäck					A _N	Kkv≤ 10 Vikt-%			
o Korndensitet					ρ _s	2,64 Mg/m ³			
Övrig									
Främmande material					F ₁	Vikt-%			
Polyaromatiska kolväten					< 70	24,4 ppm 16-PAH			
Sikt, mm	0,063	0,5	2	4	8	11,2	16	22,4	
Deklarerad kornkurva	10	23	39	52	71	86	99	100	

Bilaga 3: Kornfördelningskurva för 0–4 granulatet. (Test A)

SKANSKA




PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

Adress: nr 1803
Försting
ISO/IEC 17025

TILLVERKNINGSKONTROLL Beläggingsmassa		Provnnummer	53A210096	Sidan	1 av 1
Beställare	Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby Önneslöv 131 247 94 Dalby Kontaktperson	Provtagningsdatum	2021-05-06	Analys datum	2021-05-06
Produkt	Granulat 0-11	Ankomstdatum	2021-05-06	Analys avslut	2021-05-06
Leverantör	Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby	ID-nummer		Provtagare	
Entreprenör		Temperatur (°C)		Följesedels nr	
Receipt		Provtagningsplats		Provtagnings tidpunkt	
		Objekt	Examensarbete återvinning		
		Märkning			

KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 12697-2:2015+A1:2019		Gränsvärden enligt:													
Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	5,6	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	45	Bm.halt
Arbetsrecept															
Analysvärde	20,7	27	39	54	65	81	100								8,93
Avvikelse															
Avvika från tolerans															

Provresultat	Medelvärde	+/-	Arb. rec	Notering
SS-EN 12697-1:2020, Löslig bindemedelshalt (Vikt-%)	8,93			Den och datum Örnestad, 2021-05-06  Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur
SS-EN 1097-5:2008, Fuktkvot (Vikt-%)	3,9			

Denna rapport måste läsas i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultatet avser endast analyserat prov. Metodlista med ev. metodavvåg återfinns på www.skanska.se.

Skanska Sverige AB
Teknik - VTC
Box 12142
201 12 Örnestad

Besöksadress:
Grönlundsöngen
Snyllersås säte
Stockholm

Telefon nr
SMS

Orgnr
556033-9086
VAT nr
SE 60300022901

E-post
martin.nilsson@skanska.se
Internetadress
www.skanska.se

Kornfördelningskurva för 0–4 granulatet. (Test B)

SKANSKA

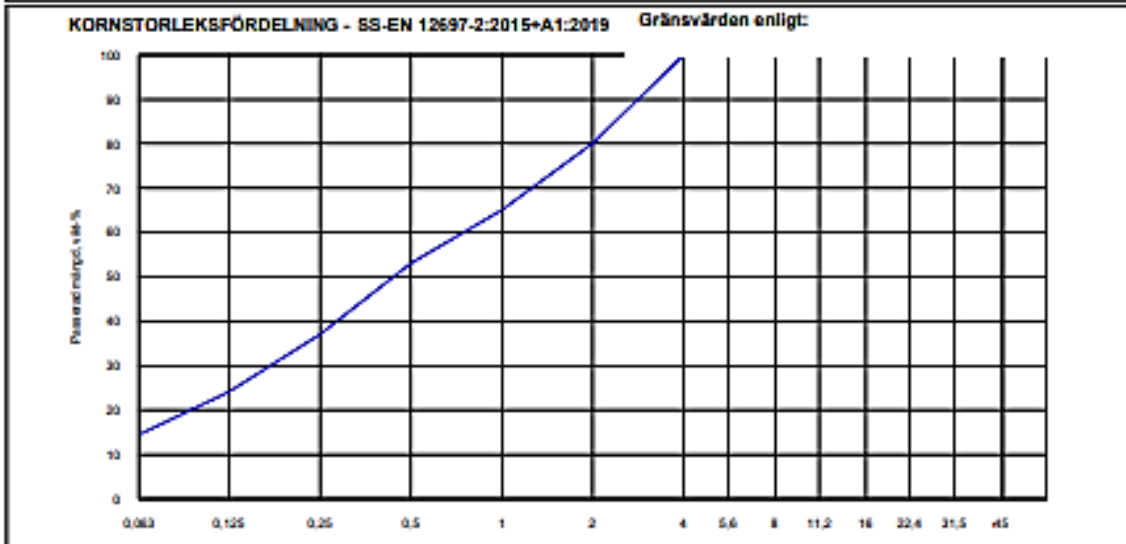


PROVINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

TILLVERKNINGSKONTROLL Beläggingsmassa Provnummer **53A210097** Sidan 1 av 1

Beställare Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby Önneslöv 131 247 94 Dalby Kontaktperson -	Provtagningsdatum 2021-05-06 Ankomstdatum 2021-05-06 ID-nummer	Analys datum 2021-05-06 Analys avslut 2021-05-06 Provtagare
Produkt Granulat 0-11 Leverantör Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby Entreprenör	Recept Temperatur (°C) Provtagningsplats Objekt Examensarbete återvinning Märkning	Följesedels nr Provtagningsstidpunkt



Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	5,6	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	Bm.halt
Arbetsrecept	14,4	24	37	53	65	80	100							7,13
Avvikelse														
Avviker från tolerans														

Provesultat	Medelvärde	+/-	Arb. rec	Notering
SS-EN 12697-1:2020, Löslig bindemedelshalt (Vikt-%)	7,13			Örn och datum Örnestad, 2021-05-06 Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur
SS-EN 1097-5:2008, Fuktkvot (Vikt-%)	3,9			

Denna rapport måste återges i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Proveresultatet avser endast analyserat prov. Metodlista med ev. metodavvåg återfinns på www.skanska.se.

Skanska Sverige AB Teknik - VTC Box 12142 291 12 Örnestad	Beställadress Grönlundsvägen Sjynellens slätt Stockholm	Telefon nr SMS	Org.nr 556033-9086 VAT nr SE 66300022901	E-post martin.nilsson@skanska.se Internet adress www.skanska.se
--	--	-------------------	---	--

Kornfördelningskurva för 4–8 granulatet. (Test A)

SKANSKA

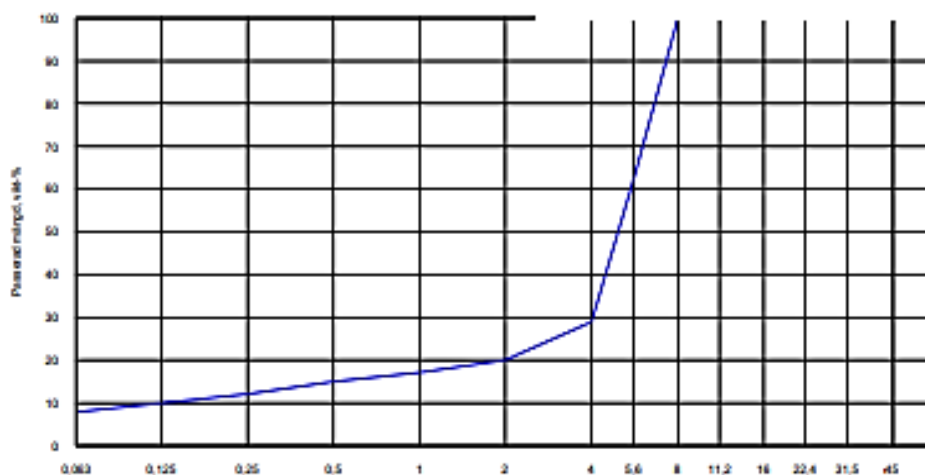


PROVINGSRAPPORT
utfärdad av ackrediterat laboratorium

TILLVERKNINGSKONTROLL Beläggingsmassa Provnnummer **53A210098** Sidan 1 av 1

Beställare Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby Önneslöv 131 247 94 Dalby Kontaktperson -	Provtagningsdatum 2021-05-06	Analys datum 2021-05-06
	Ankomstdatum 2021-05-06	Analys avslut 2021-05-06
	ID-nummer	Provtagare
Produkt Granulat 0-11	Recept	Temperatur (°C)
Leverantör Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby		Följesedels nr
Entreprenör	Objekt Examensarbete återvinning	Provtagningsplats
	Märkning	Provtagningstidpunkt

KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 12697-2:2015+A1:2019 Gränsvärden enligt:



Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	5,6	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	Bm.halt
Arbetsrecept														
Analysvärde	7,8	10	12	15	17	20	29	62	100					3,96
Avvikelse														
Avviker från tolerans														

Provresultat	Medelvärde	+/-	Arb. rec	Notering
SS-EN 12697-1:2020, Löslig bindemedelshalt (Vikt-%)	3,96			Örn och datum Örnestad, 2021-05-06 Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur
SS-EN 1097-5:2008, Fuktkvot (Vikt-%)	1,2			

Denna rapport måste återges i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultat avser endast analyserat prov. Metodlista med ev. metodavvåg återfinns på www.skanska.se.

Skanska Sverige AB
Teknik - VTC
Box 12142
201 12 Örnestad

Besöksadress:
Grönlundsvägen
Styrelsens säte
Stockholm

Telefon nr
SMS

Org.nr
556033-9086
VAT nr
SE 663000022901

E-post
martin.nilsson@skanska.se
Internet adress
www.skanska.se

Kornfördelningskurva för 4–8 granulatet. (Test B)

SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

TILLVERKNINGSKONTROLL Beläggingsmassa		Provnummer	53A210099	Sidan	1 av 1
Beställare	Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby Önneslöv 131 247 94 Dalby Kontaktperson	Provtagningsdatum	2021-05-06	Analys datum	2021-05-06
		Ankomstdatum	2021-05-06	Analys avslut	2021-05-06
		ID-nummer		Provtagare	
		Temperatur (°C)		Följesedels nr	
Produkt	Granulat 0-11	Recept		Provtagningsplats	Provtagningsstidpunkt
Leverantör	Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby	Objekt	Examensarbete återvinning		
Entreprenör		Märkning			

KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 12697-2:2015+A1:2019 Gränsvärden enligt:

Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	5,6	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	45
Arbetsrecept														
Analysvärde	8,1	10	13	15	18	20	30	62	100					
Avvikelse														
Avviker från tolerans														

Provsresultat	Medelvärde	+/-	Arb. rec	Notering
SS-EN 12697-1:2020, Löslig bindemedelshalt (Vikt-%)	4,05			Om och datum Örnestad, 2021-05-06 Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur
SS-EN 1097-5:2008, Fuktkvot (Vikt-%)	1,2			

Denna rapport måste återges i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provsresultat avser endast analyserat prov. Metodista med ev. metodavvåg återfinns på www.skanska.se.

Skanska Sverige AB
Teknik - VTC
Box 12142
291 12 Örnestad

Besöksadress
Grönlunds väg
Snylakens slätt
Stockholm

Telefon nr
SMS

Org.nr
556033-9086
VAT nr
SE 603000022901

E-post
martin.nilsson@skanska.se
Internetadress
www.skanska.se

Kornfördelningskurva för 8–11 granulatet. (Test A)

SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

TILLVERKNINGSKONTROLL Beläggingsmassa		Provnnummer	53A210100	Sidan 1 av 1
Beställare	Skanska Industrial Solutions AB	Provtagningsdatum	2021-05-06	Analys datum
	Asfaltverket Dalby	Ankomstdatum	2021-05-06	Analys avslut
	Önneslöv 131	ID-nummer		Provtagnare
	247 94 Dalby			
Kontaktperson	-	Temperatur (°C)		Följesedels nr
Produkt	Recept	Provtagningsplats		Provtagningsstidpunkt
Granulat 0-11		Objekt		
Leverantör	Skanska Industrial Solutions AB	Examensarbete återvinning		
	Asfaltverket Dalby	Märkning		
Entreprenör				

KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 12697-2:2015+A1:2019		Gränsvärden enligt:	
	0,063	0,125	0,25
	0,5	1	2
	4	5,6	8
	11,2	16	22,4
	31,5	45	

Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	5,6	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	Bm.halt
Arbetsrecept														3,00
Analysvärde	5,8	7	10	12	13	15	18	20	32	90	100			
Avvikelse														
Avviker från tolerans														

Provresultat	Medelvärde	+/-	Arb. rec.	Notering
SS-EN 12697-1:2020, Löslig bindemedelshalt (Vikt-%)	3,00			Örn och datum Örnestad, 2021-05-06 Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur
SS-EN 1097-5:2008, Fuktkvot (Vikt-%)	1,1			

Denna rapport måste återges i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultat avser endast analyserat prov. Metodlista med ev. metodavvrig återfinns på www.skanska.se.

Skanska Sverige AB
Teknik - VTC
Box 12142
291 12 Örnestad

Besöksadress
Gröndalsvägen
Snylkers plats
Stockholm

Telefon nr
SMS

Org.nr
556033-9086
VAT nr
SE 663000022901

E-post
marin.nilsson@skanska.se
Internet adress
www.skanska.se

Kornfördelningskurva för 8–11 granulatet. (Test B)

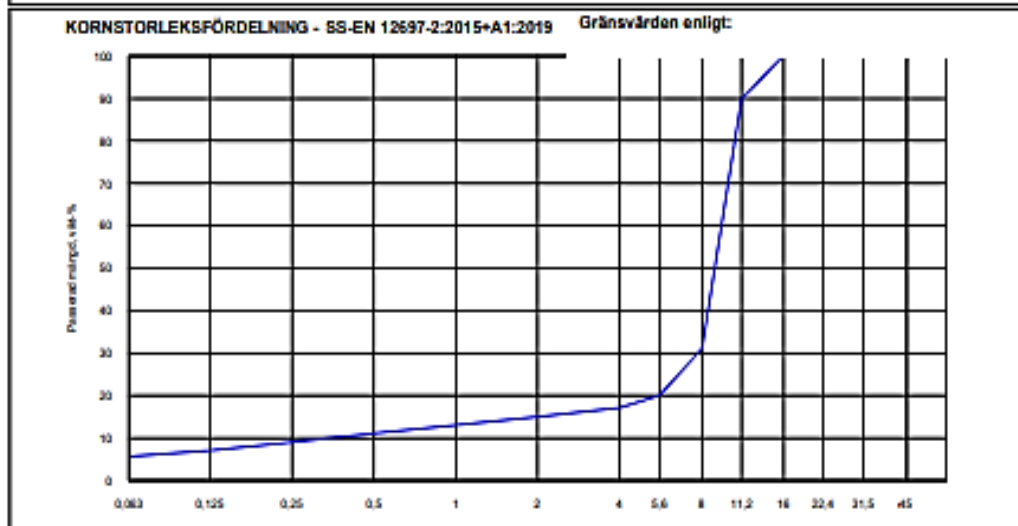
SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

TILLVERKNINGSKONTROLL Beläggingsmassa		Provnummer	53A210101	Sidan	1 av 1
Beställare	Skanska Industrial Solutions AB	Provtagningsdatum	2021-05-06	Analys datum	2021-05-06
	Asfaltverket Dalby	Ankomstdatum	2021-05-06	Analys avslut	2021-05-06
	Önneslöv 131	ID-nummer	-	Provtagare	-
	247 94 Dalby	Temperatur (°C)	-	Följesedels nr	-
	Kontaktperson	Recept	-	Provtagningsplats	Provtagningsstidpunkt
	-	Objekt	Examensarbete återvinning	Märkning	-
Produkt	Granulat 0-11				
Leverantör	Skanska Industrial Solutions AB				
	Asfaltverket Dalby				
Entreprenör	-				



Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	5,6	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	Bm.halt
Arbetsrecept														
Analysvärde	5,6	7	9	11	13	15	17	20	31	50	100			3,01
Avvikelse														
Avviker från tolerans														

Provresultat	Medelvärde	+/-	Arb. rec	Notering
SS-EN 12697-1:2020, Löslig bindemedelshalt (Vikt-%)	3,01			
SS-EN 1097-5:2008, Fuktivt (Vikt-%)	1,1			
				Om och datum Örnestad, 2021-05-06 Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur

Denna rapport måste återges i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultatet avser endast analyserat prov. Metodlista med ev. metodavvåg återfinns på www.skanska.se.

Skanska Sverige AB Teknik - VTC Box 12142 291 12 Örnestad	Besöksadress Grönlundsövägen Styrelsens säte Stockholm	Telefon nr SMS	Org.nr 556033-9086 VAT nr SE 603000022901	E-post martin.nilsson@skanska.se Internet adress www.skanska.se
--	---	-------------------	--	--

Bilaga 4: Mjukpunkt för 0–4 granulatet

SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

TILLVERKNINGSKONTROLL Granulat		Provnummer	11A210076	Sidan 1 av 1
Beställare Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby Önneslöv 131 247 94 Dalby Kontaktperson	Provtagningsdatum Ankomstdatum 2021-04-29 ID-nummer	Analys datum 2021-05-04 Analys avslut 2021-05-04 Provtagare		
Produkt Granulat	Recept Temperatur (°C)	Följesedels nr		
Leverantör Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby Entreprenör Skanska Industrial Solutions AB	Provtagningsplats Objekt Examensarbete återvinning Märkning 0-4	Provtagningsstidpunkt		
Provresultat	Medelvärde	+/-	Arb. rec	
SS-EN 1427:2015, Mjukpunkt (bitumen från asfaltmassa) (°C) Badvåtska: SS-EN 12697-3:2019, Återvinning av bitumen Temperaturer och tryck under destillationen följer metodens anvisningar Lösningemedel: Metylenklorid	60,4 Vatten			
Notering Laboratoriet har ej deltagit vid provtagningen	Ort och datum Gunnåse, 2021-05-04	 Madelaine Matsson, lab. föreståndare Digitalt utfärdad signatur		
Denna rapport måste åberogas i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultatet avser endast analyserat prov. Metodlista med ev. metodavsteg återfinns på www.skanska.se .				

Skanska Sverige AB
Teknik - VTC
P 6185
424 57 Gunnåse

Besöksadress:
Rågårdsvägen, Laboratoriet
Styrelsen:s säte
Stockholm

Telefon nr
010-4484267
SMS

Org.nr
556033-9086
VAT nr
SE 663000022901

E-post
madelaine.matsson@skanska.se
Internet adress
www.skanska.se

Mjukpunkt för 4–8 granulatet

SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

Akred. nr 183
Provning
ISO/IEC 17025

TILLVERKNINGSKONTROLL Granulat		Provnummer	11A210075	Sidan	1 av 1
Beställare	Provtagningsdatum	Analys datum			
Skanska Industrial Solutions AB		2021-05-03			
Asfaltverket Dalby	Ankomstdatum	Analys avslut			
Önneslöv 131	2021-04-29	2021-05-03			
247 94 Dalby	ID-nummer	Provtagare			
Kontaktperson					
Produkt	Recept	Temperatur (°C)	Följesedels nr		
Granulat		Provtagningsplats	Provtagningstidpunkt		
Leverantör					
Skanska Industrial Solutions AB		Objekt			
Asfaltverket Dalby		Examensarbete återvinning			
Entreprenör		Märkning			
Skanska Industrial Solutions AB		4-8			
Provresultat	Medelvärde	+/-	Arb. rec		
SS-EN 1427:2015, Mjukpunkt (bitumen från asfaltmassa) (°C)	58,8				
Badvätska:	Vatten				
SS-EN 12697-3:2019, Återvinning av bitumen					
Temperaturer och tryck under destillationen följer metodens anvisningar					
Lösningsmedel: Metylenklorid					
Notering	Ort och datum				
Laboratoriet har ej deltagit vid provtagningen	Gunnåse, 2021-05-03				
	Madelaine Matsson, lab.föreståndare				
	Digitalt utfärdad signatur				
Denna rapport må inte återges i sin helhet eller delvis utan tillstånd från Skanska. Proverna har utförts enligt metoderna som anges i rapporten. Metoderna kan ha ändrats sedan rapporten utfärdades. För mer information se www.skanska.se					

skanska sverige ab
Teknik - VTC
P1 6185
424 57 Gunnåse

Besöksadress
Rågårdsvägen, Laboratoriet
Snylensens säte
Stockholm

Telefon nr
010-4484267
SMS

Org.nr
556033-9086
VAT nr
SE 66300022901

E-post
madelaine.matsson@skanska.se
Internet adress
www.skanska.se

Mjukpunkt för 8–11 granulatet

SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

TILLVERKNINGSKONTROLL Granulat		Provnnummer	11A210074	Sidan 1 av 1
Beställare	Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby Önneslöv 131 247 94 Dalby Kontaktperson	Provtagningsdatum	2021-05-03	Analys datum
		Ankomstdatum	2021-04-29	Analys avslut
		ID-nummer		Provtagare
Produkt	Recept	Temperatur (°C)		Följesedels nr
Granulat		Provtagningsplats		Provtagningstidpunkt
Leverantör	Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby	Objekt		
Entreprenör	Skanska Industrial Solutions AB	Examensarbete återvinning		
		Märkning		
		8-11		
Provresultat		Medelvärde	+/-	Arb. rec
SS-EN 1427:2015, Mjukpunkt (bitumen från asfaltmassa) (°C)		58,8		
Badvätska:		Vatten		
SS-EN 12697-3:2019, Återvinning av bitumen				
Temperaturer och tryck under destillationen följer metodens anvisningar				
Lösningsmedel: Metylenklorid				
Notering	Laboratoriet har ej deltagit vid provtagningen	Ort och datum	Gunnåse, 2021-05-03	
		Madelaine Matsson, lab.föreståndare		
		Digitalt utfärdad signatur		
Denna rapport måste återges i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultatet avser endast analyserat prov. Metoddata med ev. metodavsteg återfinns på www.skanska.se.				

skanska sverige ab
Teknik - VTC
FI 6185
424 57 Gunnåse

Besöksadress
Rågårdsvägen, Laboratoriet
Snylåsens säte
Stockholm

Telefon nr
010-4484267
SMS

Org.nr
556033-9086
VAT nr
SE 66300022901

E-post
madelaine.matsson@skanska.se
Internet adress
www.skanska.se


Bilaga 5: Mjukpunkt för jungfruligt bitumen 70/100

SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

Analys Bitumen		Provnummer: 11B210031		Sidan 1 av 1	
Beställare Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Önnestad Box 121 42 291 12 Önnestad Kontaktperson Ola Fridman Entreprenör		Provtagningsdatum 2021-03-31 Ankomstdatum 2021-04-09 ID-nummer		Analysdatum 2021-04-12 Provtagare	
Objekt Tillverkningskontroll Önnestad		Levererande Asfaltverk Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Önnestad		Följesedels nr	
Produkt 70/100		Levererande Depå			
Provresultat	Provnings-temperatur °C	Enhet	Resultat	Tillåtna toleranser	Avvikelse
SS-EN 1426:2015, Penetration Utrustningstyp: Automatisk	25,0	0,1mm	92		
SS-EN 1427:2015, Mjukpunkt Utustningstyp: Automatisk Termometer: Digital Badvätska: Vatten		°C	45,4		
Notering					
Laboratoriet har inte deltagit vid provtagningen. Verkskontroll 1			Ort och datum Gullnåse, 2021-04-12  Madelaine Mattsson, lab. föreståndare Digitalt utfärdad signatur		

Denna rapport måste återges i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultatet avser endast analyserat prov. Metoderna med ev. metodavvikelser återfinns på www.skanska.se

Skanska Sverige AB	Besöksadress	Telefon nr	Org.nr	E-post
Tecknik - VTC	Råglärdvägen, Laboratoriet	010-4484267	556333-9086	madelaine.mattsson@skanska.se
Pl 6185	Styrelsens säte	SMS	VAT nr	Internet adress
424 57 Gullnåse	Stockholm		SE 663000022901	www.skanska.se

Bilaga 6: Kornfördelningskurva för jungfruligt (0–2) stenmaterial. (Test A)

SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

Leveranskontroll Stenmaterial		Provnummer 53S210226	Sidan 1 av 1															
Beställare Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Önnestad Box 121 42 291 12 Önnestad Kontaktperson Ola Fridman Produkt 0/2 Varmstensficka Leverantör Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Önnestad	Provtagningsdatum 2021-05-07 Ankomstdatum Provtagare Nilsson Objekt Tillverkningskontroll Önnestad Entreprenör Märkning	Analys datum 2021-05-07 ID-nummer Provtagningsplats Varmstensficka																
KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 933-1:2012 Gränsvärden enligt: -																		
Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	63			
Analysvärde	0,2	5	18	35	56	86	100											
Deklarerad																		
Min																		
Max																		
Provresultat		Värde	Fraktion	Notering														
Sikringsmetod: Tvättning och siktring				Orn och datum Önnestad, 2021-05-07 Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur														

Den här rapporten måste läsas i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultatet avser endast analyserat prov. Metodlista med ev. metodavvikelser återfinns på www.skanska.se.

Skanska Sverige AB Teknik - VTC Box 12142 291 12 Önnestad	Besöksadress Grönsålundsvägen Styrelsens säte Stockholm	Telefon nr SMS	Org.nr 556033-9086 VAT nr SE 663000022901	E-post martin.nilsson@skanska.se Internet adress www.skanska.se
--	--	-----------------------	--	--

Kornfördelningskurva för jungfruligt (0–2) stenmaterial. (Test B)

SKANSKA



PROVINGSRAPPORT
utförd av ackrediterat laboratorium

Leveranskontroll Stenmaterial		Provnummer	53S210227	Sidan	1 av 1
Beställare	Skanska Industrial Solutions AB	Provtagningsdatum	2021-05-07	Analys datum	2021-05-07
Asfaltverket Önnestad	Box 121 42	Ankomstdatum		ID-nummer	
291 12 Önnestad	Kontaktperson	Provtagare	Nilsson	Provtagningsplats	Varmstensficka
Ola Fridman	Produkt	Objekt	Tillverkningskontroll Önnestad	Entreprenör	
0/2 Varmstensficka	Leverantör	Märkning			
Skanska Industrial Solutions AB	Asfaltverket Önnestad				

KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 933-1:2012		Gränsvärden enligt:	-
100			
90			
80			
70			
60			
50			
40			
30			
20			
10			
0			
0,063	0,125	0,25	0,5
1	2	4	8
16	31,5	63	

Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	63
Analysvärde	0,2	5	19	36	57	87	100								
Deklarerad															
Min															
Max															

Proveresultat	Värde	Fraktion	Notering
Siktningmetod: Tvättning och siktning			
			Ort och datum Önnestad, 2021-05-07
			<i>Martin Nilsson</i>
			Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur

Den här rapporten måste läsas i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Proveresultatet avser endast analyserat prov. Metodlista med ex. metodvillkor återfinns på www.skanska.se.

Skanska Sverige AB	Besöksadress	Telefon nr	Org.nr	E-post
Teknik - VTC	Gröndalundvägen		556033-9085	martin.nilsson@skanska.se
Box 12142	Styrelsens säte	SMS	VAT nr	Internt adress
291 12 Önnestad	Stockholm		SE 60300022901	www.skanska.se

Kornfördelningskurva för jungfruligt (2–4) stenmaterial. (Test A)

SKANSKA



PROVINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

Leveranskontroll Stenmaterial		Provnummer	53S210220	Sidan	1 av 1														
Beställare Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby Önneslöv 131 247 94 Dalby Kontaktperson Produktionschef Roger Olsson Produkt 2/4 Leverantör AB Sydsten Bergåkten Dalby	Provtagningsdatum 2021-05-07 Ankomstdatum	Analys datum 2021-05-07 ID-nummer	Provtagare	Provtagningsplats Upplag															
	Objekt Leveranskontroll Dalby Entreprenör																		
	Märkning																		
<p>KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 933-1:2012 Gränsvärden enligt: -</p>																			
Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	63				
Analysvärde	1,7	3	4	6	8	19	93	100											
Deklarerad																			
Min																			
Max																			
Provresultat	Värde		Fraktion		Notering														
Siktningmetod: Enbart torsiktning					Laboratoriet har ej deltagit vid provtagningen														
					Ort och datum Örnestad, 2021-05-07 Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur														

Denna rapport måste läsas i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultatet avser endast analyserat prov. Metodlista med ex. metodavvåg återfinns på www.skanska.se

Skanska Sverige AB Teknik - VTC Box 12142 291 12 Örnestad	Besöksadress Gröndalundsvägen Styrelsens säte Stockholm	Telefon nr SMS	Org.nr 556033-9086 VAT nr SE 663000022901	E-post martin.nilsson@skanska.se Internet adress www.skanska.se
--	--	-----------------------	--	--

Kornfördelningskurva för jungfruligt (2–4) stenmaterial. (Test B)

SKANSKA

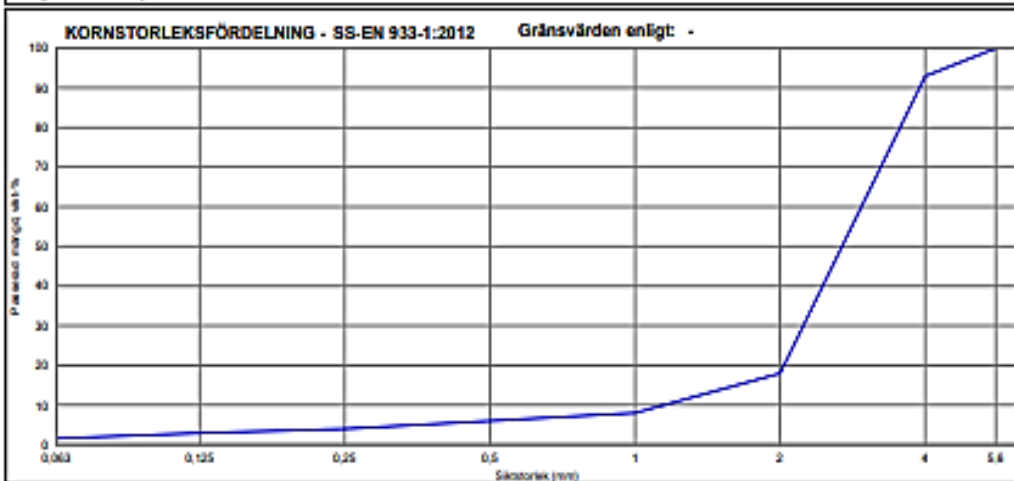


PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

Leveranskontroll Stenmaterial Provnummer **53S210221** Sidan 1 av 1

Beställare Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby Önneslöv 131 247 94 Dalby Kontaktperson Produktionschef Roger Olsson Produkt 2/4 Leverantör AB Sydsten Bergtåkten Dalby	Provtagningsdatum 2021-05-07 Ankomstdatum Provtagare Objekt Leveranskontroll Dalby Entreprenör Märkning	Analys datum 2021-05-07 ID-nummer Provtagningsplats Upplag
---	---	---



Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	63
Analysvärde	1,5	3	4	6	8	18	93	100							
Deklarerad															
Min															
Max															

Proveresultat	Värde	Fraktion	Notering
Siktningmetod: Erbart försiktning			Ort och datum Örnestad, 2021-05-07  Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur

Den här rapport måste behållas i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Proveresultatet avser endast analyserat prov. Metodista med ex. metodavvikelser återfinns på www.skanska.se.

Skanska Sverige AB Teknik - VTC Box 12142 201 12 Örnestad	Beställadress Grönsundsvägen Styrelsens säte Stockholm	Telefon nr SMS	Org.nr 556033-9080 VAT nr SE 663000022901	E-post martin.nilsson@skanska.se Intern e-postadress www.skanska.se
--	---	-----------------------	--	--

Kornfördelningskurva för jungfruligt (4–8) stenmaterial. (Test A)

SKANSKA



PROVINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

Adkod: ar 163
Försving
ISO/IEC 17025

Leveranskontroll Stenmaterial		Provnummer	53S210224	Sidan 1 av 1															
Beställare Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby Önnestöv 131 247 94 Dalby Kontaktperson Produktionschef Roger Olsson Produkt 4/8 Leverantör AB Sydsten Bergtåkten Hardeberga	Provtagningsdatum 2021-05-07 Ankomstdatum Provtagare Objekt Tillverkningskontroll Dalby Entreprenör Märkning 	Analys datum 2021-05-07 ID-nummer Provtagningsplats Upplag																	
KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 933-1:2012 Gränsvärden enligt: -																			
Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	63				
Analysvärde	0,6	1	1	2	2	3	12	44	88	99	100								
Deklarerad																			
Min																			
Max																			
Provresultat		Värde	Fraktion	Notering															
Siktningmetod: Enbart torrsiktning				Örn och datum Örnestad, 2021-05-07 Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur															

Denna rapport måste ägas i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultatet avser endast analyserat prov. Metodista med ev. metodavvikelser återfinns på www.skanska.se.

Skanska Sverige AB Teknik - VTC Box 12142 291 12 Örnestad	Besöksadress Grönlundsvägen Styrelsens säte Stockholm	Telefon nr SMS	Org.nr 556033-9086 VAT nr SE 60300022901	E-post martin.nilsson@skanska.se Internet adress www.skanska.se
--	--	-------------------	---	--

Kornfördelningskurva för jungfruligt (4–8) stenmaterial. (Test B)



PROVNINGSRAPPORT

utförd av ackrediterat laboratorium

Akred. nr 160
Provning
ISO/IEC 17024

Leveranskontroll Stenmaterial			Provningsnummer	53S210225	Sidan	1 av 1
Beställare	Skanska Industrial Solutions AB	Provningsdatum	2021-05-07	Analys datum	2021-05-07	
	Asfaltverket Dalby	Ankomstdatum		ID-nummer		
Önneslöv 131		Provtogare		Provningsplats		
247 94 Dalby		Objekt		Upplag		
Kontaktperson		Tillverkningskontroll Dalby		Entreprenör		
Produktionschef Roger Olsson		Märkning				
Produkt	4/8					
Leverantör	AB Sydsten					
	Bergtäkten Hardeberga					

KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 933-1:2012		Gränsvärden enligt	-																
Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	63				
Analysvärde	0,6	1	1	2	2	3	12	44	87	99	100								
Deklarerad																			
Min																			
Max																			

Provresultat	Värde	Fraktion	Notering
Siktningsslag: Erbart försiktning			
			Ort och datum Önneslöv, 2021-05-07
			Martin Nilsson, Digitalt utförd signatur

Denna rapport måste ägas i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultat avser endast analyserat prov. Metodlista med ex. metodviktig återfinns på www.skanska.se.

Skanska Sverige AB	Besöksadress	Telefon nr	Org.nr	E-post
Technik - VTC	Gröndalundvägen		556033-9086	martin.nilsson@skanska.se
Box 12142	Styrelsens säte	SMS	VAT nr	Internet adress
291 12 Önneslöv	Stockholm		SE 66300022901	www.skanska.se

Kornfördelningskurva för jungfruligt (8–11) stenmaterial. (Test A)

SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT

utförd av ackrediterat laboratorium

Leveranskontroll Stenmaterial			Provnummer 53S210222	Sidan 1 av 1															
Beställare Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby Önnestöv 131 247 94 Dalby Kontaktperson Produktionschef Roger Olsson Produkt 8/11 Leverantör AB Sydsten Bergtälten Hardeberga	Provtagningsdatum 2021-05-07 Ankomstdatum Provtagare Objekt Tillverkningskontroll Dalby Entreprenör Märkning	Analys datum 2021-05-07 ID-nummer Provtagningsplats Upplag																	
KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 933-1:2012 Gränsvärden enligt: -																			
Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	63				
Analysvärde	0,3	1	1	1	1	1	1	2	13	86	100								
Deklarerad																			
Min																			
Max																			
Proveresultat										Värde	Fraktion	Notering							
Siktningmetod: Erbart torsiktning												Ort och datum Önnestad, 2021-05-07 Martin Nilsson, Digitalt utförd signatur							

Denna rapport måste återges i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Proveresultatet avser endast analyserat prov. Metodlista med ex. metodavvåg återfinns på www.skanska.se

Skanska Sverige AB	Besöksadress Gröndalundevägen	Telefon nr	Org.nr 556033-9086	E-post martin.nilsson@skanska.se
Teknik - VTC	Styrelsens säte	SMS	VAT nr	Intern et adress
Box 12142	Stockholm		SE 063000022901	www.skanska.se
291 12 Önnestad				

Kornfördelningskurva för jungfruligt (8–11) stenmaterial. (Test B)

SKANSKA

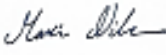


PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

Leveranskontroll Stenmaterial		Provnummer	53S210223	Sidan	1 av 1
Beställare	Skanska Industrial Solutions AB	Provtagningsdatum	2021-05-07	Analys datum	2021-05-07
	Asfaltverket Dalby	Ankomstdatum		ID-nummer	
	Önneslöv 131	Provtagare		Provtagningsplats	
	247 94 Dalby	Objekt	Tillverkningskontroll Dalby	Upplag	
Kontaktperson	Produktionschef Roger Olsson	Entreprenör			
Produkt	8/11	Märkning			
Leverantör	AB Sydsten				
	Bergtåkten Hardeberga				

KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 933-1:2012		Gränsvärden enligt:	-													
Påvärd mängd vikt %	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	63	100
	0,4	1	1	1	1	1	1	2	15	85	100					
	Deklarerad															
	Min															
	Max															

Provrésultat	Värde	Fraktion	Notering
Siktningemetod: Erbart torsiktning			Ort och datum Örnestad, 2021-05-07  Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur

Den här rapporten måste läsas i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provrésultatet avser endast analysen av prov. Metodista med ev. metodvillkor återfinns på www.skanska.se.

Skanska Sverige AB	Besöksadress	Telefon nr	Orgnr	E-post
Teknik - VTC	Gröndalundsvägen		556033-9085	martin.nilsson@skanska.se
Box 12142	Styrelsens säte	SMS	VAT nr	Internet adress
291 12 Örnestad	Stockholm		SE 663000022901	www.skanska.se

Bilaga 7: Analys av kornfördelningskurva, bindemedelshalt och mjukpunkt

Recept 1: 0% återvinning

SKANSKA



PROVINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

Analys Beläggingsmassa		Provnummer	11A210101	Sidan	1 av 1									
Beställare	Skanska Industrial Solutions AB	Provtagningsdatum	2021-05-21	Analys datum	2021-05-21									
	Asfaltverket Dalby	Ankomstdatum	2021-05-21	Analys avslut	2021-05-21									
	Onneslöv 131	ID-nummer		Provtagare										
	247 94 Dalby													
Kontaktperson	Karl Negrell	Temperatur (°C)		Följesedels nr										
Produkt	ABT 11	Provtagningsplats		Material från verket i Dalby										
Leverantör	Skanska Industrial Solutions AB	Laboratorieblandat		Provtagningstidpunkt										
Entreprenör	Asfaltverket Dalby	Objekt												
		Examensarbete återvinning												
		Märkning												
			1	0%										
<p>KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 12697-2:2015+A1:2019 Gränsvärden enligt:</p>														
Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	5,6	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	Bm.halt
Arbetsrecept														
Analysvärde	8,8	11	15	21	28	40	57	65	78	95	100			5,70
Avvikelse														
Avviker från tolerans														
Provresultat		Medelvärde	+/-	Arb. rec	Notering									
SS-EN 12697-1:2020, Löslig bindemedelshalt (Vikt-%)		5,70			Om och datum Gunnäse, 2021-05-21 Madelaine Mattson, lab föreståndare Digital utfärdad signatur									
SS-EN 1427:2015, Mjukpunkt (bitumen från asfaltmassa) (°C)		51,8												
Badvätska:		Vatten												
SS-EN 12697-3:2013+A1:2019, Återvinning av bitumen														
Temperaturer och tryck under destillationen följer metodens anvisningar														
Lösningsmedel: Metylenklorid														
Den här rapport måste återges i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultat avser endast analyserat prov. Metodlista med ev. metodavvåg återfinns på www.skanska.se.														
Skanska Sverige AB	Laboratoriet	Telefon nr	010-4484267	Org nr	556033-9086	E-post	madelaine.mattson@skanska.se							
Teknik - VTC	Rågårdsvägen, Laboratoriet													
R 6185	Synskärans säte		SMS											
424 57 Gunnäse	Stockholm													

Recept 2: 40% återvinning

SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

Analys Beläggingsmassa		Provnummer 11A210102	Sidan 1 av 1														
Beställare Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby Önneslöv 131 247 94 Dalby Kontaktperson Karl Negrell	Provtagningsdatum 2021-05-21	Analys datum 2021-05-21															
Produkt ABT 11	Ankomstdatum 2021-05-21	Analys avslut 2021-05-21															
Leverantör Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby	ID-nummer	Provtagare															
Entreprenör	Temperatur (°C)	Följesedels nr															
Recept	Provtagningsplats Laboratorieblandat	Material från verket i Dalby															
	Objekt Examensarbete återvinning	Provtagnings tidpunkt															
	Märkning 2 40%																
<p>KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 12697-2:2015+A1:2019 Gränsvärden enligt:</p>																	
Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	5,6	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	45	Bm.halt		
Arbetsrecept																	
Analysvärde	8,5	11	16	23	29	39	54	64	78	97	100					5,85	
Avvikelse																	
Avviker från tolerans																	
Provresultat	Medelvärde	+/-	Arb. rec	Notering													
SS-EN 12697-1:2020, Löslig bindemedelshalt (Vikt-%)	5,85			Ort och datum: Gunnåsa, 2021-05-21 Madelaine Mattsson, lab föreståndare Digitalt utfärdad signatur													
SS-EN 1427:2015, Mjukpunkt (bitumen från asfaltmassa) (°C)	54,0																
Badvätska:	Vatten																
SS-EN 12697-3:2013+A1:2019, Återvinning av bitumen Temperaturer och tryck under destillationen följer metodens anvisningar Lösningsmedel: Metylenklorid																	
Denna rapport måste läsas i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultat avser endast analyserat prov. Metodlista med av. metodavvikelser återfinns på www.skanska.se																	
Skanska Sverige AB	Beställarens adress	Telefon nr	Logotyp	E-post													
Teknik - VTC P1 6105 424 57 Gunnåsa	Rågårdsvägen, Laboratoriet Styrelsans säte Stockholm	010-4484267 SMS	556033-9086 VAT nr SE 663000022901	madelaine.mattsson@skanska.se Internet adress www.skanska.se													

Recept 3: 60% återvinning

SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT
utfärdad av ackrediterat laboratorium

Analys Beläggingsmassa		Provnnummer	11A210103	Sidan	1 av 1
Beställare	Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby Önneslöv 131 247 94 Dalby Kontaktperson Karl Negrell	Provtagningsdatum	2021-05-21	Analys datum	2021-05-21
Produkt	Recept ABT 11	Ankomstdatum	2021-05-21	Analys avslut	2021-05-21
Leverantör	Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby	ID-nummer		Provtagare	
Entreprenör		Temperatur (°C)		Följesedels nr	Material från verket i Dalby
		Provtagningsplats	Laboratorieblandat	Provtagningsstidpunkt	
		Objekt	Examensarbete återvinning		
		Märkning	3 60%		

KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 12697-2:2015+A1:2019 Gränsvärden enligt:

Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	5,6	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	Bm.halt
Arbetsrecept														
Analysvärde	8,8	12	17	24	29	38	55	66	80	97	100			5,95
Avvikelse														
Avviker från tolerans														

Provresultat	Medelvärde	+/-	Arb. rec	Notering
SS-EN 12697-1:2020, Löslig bindemedelshalt (Vikt-%)	5,95			Ort och datum Gunnåsa, 2021-05-21 Madeline Mattson, lab föreståndare Digitalt utfärdad signatur
SS-EN 1427:2015, Mjukpunkt (bitumen från asfaltmassa) (°C)	54,6			
Badvätska:	Vatten			
SS-EN 12697-3:2013+A1:2019, Återvinning av bitumen Temperaturer och tryck under destillationen följer metodens anvisningar Lösningsmedel: Metylenklorid				

Denna rapport målas återges i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultat avser endast analyserat prov. Metoderna med ev. metodavvikelser återfinns på www.skanska.se

Skanska Sverige AB	Servicepress	Telefonnr	Orgnr	E-post
Teknik - VTC	Rågårdsvägen, Laboratoriet	010-4484267	556033-9088	madeline.mattson@skanska.se
FI 6185	Synskolans sätte	SMS	VAT nr	Internet adress
424 57 Gunnåsa	Stockholm		SE 66300022901	www.skanska.se

Recept 4: 80% återvinning

SKANSKA



PROVINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

Analys Beläggingsmassa		Provnummer	11A210104	Sidan	1 av 1												
Beställare Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby Önneslöv 131 247 94 Dalby Kontaktperson Karl Negrell	Provtagningsdatum 2021-05-21	Analys datum 2021-05-24	Ankomstdatum 2021-05-21	Analys avslut 2021-05-25	Provtagare												
Produkt ABT 11	Recept	Temperatur (°C)	Provtagningsplats Laboratorieblandat	Följesedels nr Material från verket i Dalby	Provtagningsstidpunkt												
Leverantör Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby	Objekt Examensarbete återvinning	Märkning 4 80%															
Entreprenör																	
<p>KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 12697-2:2015+A1:2019 Gränsvärden enligt:</p>																	
Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	5,6	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	45	Bm.halt		
Arbetsrecept																	
Analysvärde	10,2	13	19	25	31	39	56	69	82	97	100					6,29	
Avvikelse																	
Avvika från tolerans																	
Provresultat	Medelvärde		+/-	Arb. rec.	Notering												
SS-EN 12697-1:2020, Löslig bindemedelshalt (Vikt-%)	6,29				Om och datum Gullnåse, 2021-05-25 Madeline Mattson, lab föreståndare Digitalt utfärdad signatur												
SS-EN 1427:2015, Mjukpunkt (bitumen från asfaltmassa) (°C)	51,6																
Badvätska:	Vatten																
SS-EN 12697-3:2013+A1:2019, Återvinning av bitumen Temperaturer och tryck under destillationen följer metodens anvisningar Lösningemedel: Metylenklorid																	
Denna rapport måste återges i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultatet avser endast analyserat prov. Metodista med ev. metodavvikelse återfinns på www.skanska.se.																	
Skanska Sverige AB	Skanska AB	Laborant	Uppg.	E-post													
Teknik - VTC	Rågårdsvägen, Laboratoriet	D1D-4484267	556033-9086	madeline.mattson@skanska.se													
FI 6185	Synsörens sätte	SMS	VAT nr	Internet adress													
424 57 Gullnåse	Stockholm		SE 663000022901	www.skanska.se													

Recept 5: 100% återvinning

SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

Analys Beläggingsmassa		Provnummer	11A210105	Sidan	1 av 1									
Beställare Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby Önneslöv 131 247 94 Dalby Kontaktperson Karl Negrell	Provtagningsdatum 2021-05-21	Analys datum 2021-05-25	Ankomstdatum 2021-05-21	Analys avslut 2021-05-25	Provtagare									
Produkt ABT 11	Recept	Temperatur (°C)	Följesedels nr	Material från verket i Dalby										
Leverantör Skanska Industrial Solutions AB Asfaltverket Dalby	Provtagningsplats Laboratorieblandat	Objekt Examensarbete återvinning	Provtagningspunkt											
Entreprenör	Märkning 5 100%													
<p>KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 12697-2:2015+A1:2019 Gränsvärden enligt:</p>														
Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	5,6	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	Bm.halt
Arbetsrecept														
Analysvärde	11,7	15	20	26	31	36	48	65	85	98	100			6,09
Avvikelse														
Avviker från tolerans														
Provresultat	Medelvärde		±	Arb. rec		Notering								
SS-EN 12697-1:2020, Löslig bindemedelshalt (Vikt-%)	6,09					Om och datum Gunnilla, 2021-05-25 Madelaine Mattson, lab föreståndare Digital utfärdad signatur								
SS-EN 1427:2015, Mjukpunkt (bitumen från asfaltmassa) (°C)	56,2													
Badvätska:	Vatten													
SS-EN 12697-3:2013+A1:2019, Återvinning av bitumen Temperaturer och tryck under destillationen följer metodens anvisningar Lösningsmedel: Metylenklorid														
Denna rapport måste återges i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultat avser endast analyserat prov. Metodlista med ev. metodavvåg återfinns på www.skanska.se.														
Skanskas överge nr	Besöksadress	Telefon nr	E-post											
Teknik - VTC	Rågårdsvägen, Laboratoriet	010-4484267	556033-9086		madelaine.mattson@skanska.se									
R 6185	Synsättens sätte	SMS	VAT nr		Internetadress									
424 57 Gunnilla	Stockholm		SE 66300022901		www.skanska.se									

Bilaga 8: Hålrum för marshallprovkropparna

Receipt 1: 0% återvinning

SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

TILLVERKNINGSKONTROLL Beläggningssmassa		Provnummer	53A210110		Sidan	1 av 1	
Beställare	Skanska Industrial Solutions AB	Provtagningsdatum	2021-05-12	Analys datum	2021-05-12		
Asfaltverket Dalby		Ankomstdatum	2021-05-12	Analys avslut	2021-05-12		
Önneslöv 131		ID-nummer		Provtagare			
247 94 Dalby		Temperatur (°C)		Följesedels nr			
Kontaktperson	-	Recept	1000043-21-2	Provtagningsplats	Provtagningsstidpunkt		
Produkt	ABT 11 70/100	Objekt	Examensarbete återvinning	Märkning	0% Recept 1		
Leverantör	Skanska Industrial Solutions AB						
Asfaltverket Dalby							
Entreprenör							
Provresultat		Medelvärde	+/-	Arb. rec			
SS-EN 12697-30:2019, Marshallinstampning, Temperatur (°C)		145					
Stamptrusning med tråkkubb är använd							
SS-EN 12697-5:2019, Kompaktdensitet (Mg/m ³)		2,445	-0,028	2,473			
Provningsförfarande: Procedur A med vatten							
SS-EN 12697-6B:2012, Skrymdensitet (Mg/m ³)		2,389	-0,055	2,444			
Torrsvikt delprov 1 (g)		1193,1					
SS-EN 12697-8:2019, Hålrumshalt (%)		2,3	1,1	1,2			
Notering		Ort och datum					
		Önnestad, 2021-05-18					
		Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur					

Denna rapport måste återges i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultatet avser endast analyserat prov. Metodista med ev. metodavsteg återfinns på www.skanska.se.

Skanska Sverige AB
Teknik - VTC
Box 12142
201 12 Önnestad

Besöksadress
Gröndalstunneln
Styrelsens säte
Stockholm

Telefon nr
SMS

Org.nr
556033-9085
VAT nr
SE 66300022901

E-post
martin.nilsson@skanska.se
Internet adress
www.skanska.se

Recept 2: 40% återvinning

SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

Akred. nr 180
Provning
ISO/IEC 17025

TILLVERKNINGSKONTROLL Beläggingsmassa		Provnnummer	53A210111	Sidan 1 av 1
Beställare	Skanska Industrial Solutions AB	Provtagningsdatum	2021-05-12	Analys datum
	Asfaltverket Dalby	Ankomstdatum	2021-05-12	Analys avslut
	Önneslöv 131	ID-nummer	2021-05-12	Provtagare
	247 94 Dalby			
Kontaktperson	-	Temperatur (°C)		Följesedels nr
Produkt	Receipt	Provtagningsplats		Provtagningstidpunkt
	ABT 11 70/100	Objekt		
Leverantör	Skanska Industrial Solutions AB	Examensarbete återvinning		
	Asfaltverket Dalby	Märkning		
Entreprenör		40 % Recept 2		
Provresultat		Medelvärde	+/-	Arb. rec
SS-EN 12697-30:2019, Marshallstampning, Temperatur (°C)		145		
Stamputrustning med tråkkubb är använd				
SS-EN 12697-5:2019, Kompaktdensitet (Mg/m ³)		2,427	-0,046	2,473
Provning förfarande: Procedur A med vatten				
SS-EN 12697-6B:2012, Skrymdensitet (Mg/m ³)		2,396	-0,048	2,444
Torrvikt delprov 1 (g)				
		1195,0		
SS-EN 12697-8:2019, Hållrumshalt (%)		1,3	0,1	1,2
Notering		Ort och datum		
		Önnestad, 2021-05-18		
		Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur		
Denna rapport måste återges i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultatet avser endast analyserat prov. Metoddata med ev. metodavsteg återfinns på www.skanska.se .				

Skanska Sverige AB
Teknik - VTC
Box 12142
201 12 Önnestad

Besöksadress
Grönlundsvägen
Styrelsens säte
Stockholm

Telefon nr
SMS

Org.nr
556033-9086
VAT nr
SE 66300022901

E-post
martin.nilsson@skanska.se
Internet adress
www.skanska.se

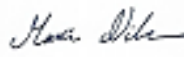
Receipt 3: 60% återvinning

SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

TILLVERKNINGSKONTROLL Beläggingsmassa		Provningsnummer	53A210112	Sidan 1 av 1
Beställare	Skanska Industrial Solutions AB	Provtagningsdatum	2021-05-12	Analys datum
	Asfaltverket Dalby	Ankomstdatum	2021-05-12	Analys avslut
	Önneslöv 131	2021-05-12	2021-05-12	2021-05-12
	247 94 Dalby	ID-nummer		Provtagare
Kontaktperson	-	Temperatur (°C)		Följesedels nr
Produkt	Receipt	Provtagningsplats		Provtagningstidpunkt
	ABT 11 70/100			
Leverantör	Skanska Industrial Solutions AB	Objekt	Examensarbete återvinning	
	Asfaltverket Dalby	Märkning	60 % Receipt 3	
Entreprenör				
Provresultat		Medelvärde	+/-	Arb. rec
SS-EN 12697-30:2019, Marshallinstampning, Temperatur (°C)		145		
Stamputrustning med tråkkubb är använd				
SS-EN 12697-5:2019, Kompaktdensitet (Mg/m³)		2,428	-0,045	2,473
Provningförfarande: Procedur A med vatten				
SS-EN 12697-6B:2012, Skrymdensitet (Mg/m³)		2,384	-0,050	2,444
Torrsvikt delprov 1 (g)				
		1191,7		
SS-EN 12697-8:2019, Hålrums halt (%)		1,8	0,6	1,2
Notering		Ort och datum		
		Önneslöv, 2021-05-18		
		 Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur		
Denna rapport måste återges i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultatet avser endast analyserat prov. Metodlita med ev. metodavsteg återfinns på www.skanska.se .				

Skanska Sverige AB
Teknik - VTC
Box 12142
201 12 Önneslöv

Besöksadress
Gröndalensvägen
Snylsens säte
Stockholm

Telefon nr
SMS

Org.nr
556033-9086
VAT nr
SE 66300022901

E-post
martin.nilsson@skanska.se
Internetadress
www.skanska.se

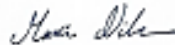
Recept 4: 80% återvinning

SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT

utförd av ackrediterat laboratorium

TILLVERKNINGSKONTROLL Beläggingsmassa		Provnummer	53A210113		Sidan 1 av 1
Beställare		Provtagningsdatum	2021-05-12	Analys datum	2021-05-12
		Ankomstdatum	2021-05-12	Analys avslut	2021-05-12
		ID-nummer		Provtagare	
Kontaktperson		Temperatur (°C)		Följesedels nr	
Produkt	Receipt	Provtagningsplats		Provtagningsstidpunkt	
ABT 11 70/100	1000043-21-2	Objekt			
Leverantör		Märkning	80 % Recept 4		
Skanska Industrial Solutions AB					
Asfaltverket Dalby					
Entreprenör					
Provresultat		Medelvärde	+/-	Arb. rec	
SS-EN 12697-30:2019, Marshallinstampning, Temperatur (°C)		145			
Stamputrustning med tråkkubb är använd					
SS-EN 12697-5:2019, Kompaktdensitet (Mg/m ³)		2,417	-0,056	2,473	
Provningsförfarande: Procedur A med vatten					
SS-EN 12697-6B:2012, Skrymdensitet (Mg/m ³)		2,392	-0,052	2,444	
Torrsvikt delprov 1 (g)		1194,7			
SS-EN 12697-8:2019, Hålrums halt (%)		1,0	-0,2	1,2	
Notering		Ort och datum			
		Örnestad, 2021-05-18			
		 Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur			
Denna rapport måste återges i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultatet avser endast analyserat prov. Metodlista med ev. metodavvikelser återfinns på www.skanska.se .					

Skanska Sverige AB
Teknik - VTC
Box 12142
201 12 Örnestad

Besöksadress
Gröndalsvägen
Styrelsens säte
Stockholm

Telefon nr
SMS

Org.nr
556033-9086
VAT nr
SE 66300022901

E-post
martin.nilsson@skanska.se
Internetadress
www.skanska.se

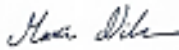
Receipt 5: 100% återvinning

SKANSKA



PROVNINGSRAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium

TILLVERKNINGSKONTROLL Beläggingsmassa		Provningsnummer	53A210114	Sidan	1 av 1
Beställare	Provtagningsdatum	2021-05-12	Analys datum	2021-05-12	
	Ankomstdatum	2021-05-12	Analys avslut	2021-05-12	
	ID-nummer		Provtagare		
Kontaktperson	Temperatur (°C)		Följesedels nr		
Produkt	Receipt		Provtagningsplats		
ABT 11 70/100	1000043-21-2		Provtagningsstidpunkt		
Leverantör	Objekt				
Skanska Industrial Solutions AB	Märkning				
Asfaltverket Dalby	100 % Receipt 5				
Entreprenör					
Provresultat	Medelvärde	+/-	Arb. rec		
SS-EN 12697-30:2019, Marshallstämpning, Temperatur (°C)	145				
Stamputrustning med tråkkubb är använd					
SS-EN 12697-5:2019, Kompaktdensitet (Mg/m ³)	2,406	-0,067	2,473		
Provningsförfarande: Procedur A med vatten					
SS-EN 12697-6B:2012, Skrymdensitet (Mg/m ³)	2,385	-0,059	2,444		
Torrvekt delprov 1 (g)	1193,9				
SS-EN 12697-8:2019, Hålrums halt (%)	0,9	-0,3	1,2		
Notering		Ort och datum			
		Örnestad, 2021-05-18			
		 Martin Nilsson, Digitalt utfärdad signatur			
Denna rapport måste läsas i sin helhet och inga uppgifter får ändras. Provresultatet avser endast analyserat prov. Metodlista med ev. metodavsteg återfinns på www.skanska.se .					

Skanska Sverige AB
Teknik - VTC
Box 12142
291 12 Örnestad

Besöksadress
Gröndalensvägen
Styrelserna:säte
Stockholm

Telefon nr
SMS

Org.nr
556033-9088
VAT nr
SE 663000022901

E-post
martin.nilsson@skanska.se
Internet adress
www.skanska.se

Bilaga 9: Sammanställning marshallstabilitet

Provkropp Nr	Max kraft [kN]	Deformation [mm]	Höjd [mm]	[N/mm ²]	Medelvärde
Recept 1: 0% Återvinning					
1.1	11,428	4,077	62	45,2103	43,3888
1.2	9,524	4,023	62	38,1837	
1.3	11,247	3,942	61	46,7725	
Recept 2: 40% Återvinning					
2.1	11,635	5,009	61	38,079	38,3162
2.2	12,410	5,462	61	37,2469	
2.3	11,937	4,782	63	39,6228	
Recept 3: 60% Återvinning					
3.1	11,514	4,528	62	41,0136	39,2161
3.2	11,525	4,566	62	40,7111	
3.3	11,067	4,89	63	35,9237	
Recept 4: 80% Återvinning					
4.1	10,254	5,773	62	28,6484	29,7082
4.2	11,106	5,466	62	32,7715	
4.3	8,920	5,193	62	27,7048	
Recept 5: 100% Återvinning					
5.1	10,378	5,886	62	28,4382	28,7796
5.2	10,872	7,085	63	24,3573	
5.3	10,464	5,114	61	33,5434	