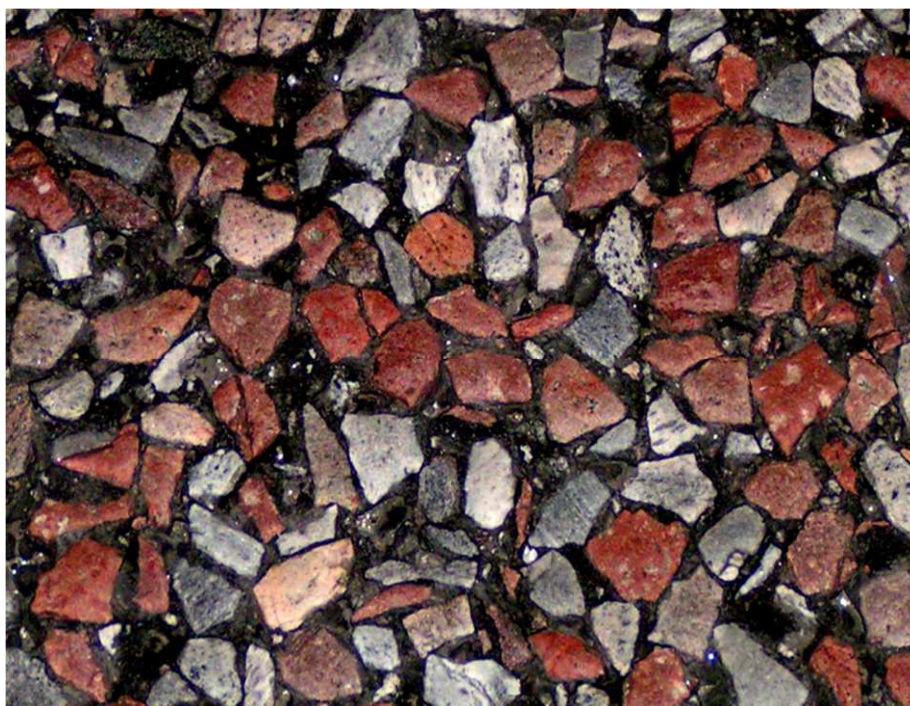


Återvinning i högkvalitativa slitlagerbeläggningar.



Kenneth Olsson- Skanska Industrial Solutions AB
2019-08-31

Innehållsförteckning

Förord.....	2
1. Sammanfattning	3
2. Litteraturstudier	4
2.1 Politiska mål och branschkrav	4
2.2 Hållbara asfaltbeläggningar.....	5
2.3 Digitalisering och teknologi-en historisk tillbakablick	5
2.4 Asfaltens klassning som avfall	6
2.5 Cirkulär ekonomi	7
2.6 Begränsade upplagsytor.....	8
2.7 Risker och möjligheter	9
2.8 Urlakning	11
2.9 Polymermodifierat bindemedel	11
3. Syfte och mål	12
4. Metod, material och analys	12
4.1 Teknik för tillsättning av Returasfalt (RA) i asfaltverk.....	13
4.2 Hantering av Returasfalt	14
4.3 Labanalyismetoder för asfaltmassa	15
4.4 PDI och riskandelar	18
5. Provsträckor	20
5.1 E4 K1 Länsgräns C-län - Arlanda	22
5.2 E18 K2 Danderyds k:a - Stocksundsbron.....	29
5.3 E18 K1 TPL Kallhäll - Stäket	34
5.4 V73 K1 Tidbäcksbron – Trångsund (söderut).....	38
5.5 E4 K1 Hallunda södergående	42
5.6 V622-1 Vsk Birstavägen – Vsk 622-1 Sundsvall.....	47
6. Slutsatser	50
Bilagor	
- Deklarationer RA	

Förord

Detta branschgemensamma projekt har huvudsakligen finansierats av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond och Trafikverket. Projektet har varit en del i att utveckla alternativa beläggningsskonstruktioner med högre andel återvinning i asfaltmassan.

Projektledare har varit Kenneth Olsson och styrgruppen för projektet har bestått av representanter från Skanska, Trafikverket, NCC, PEAB, Svevia, Nynas och VTI. Projektledaren har varit med vid tillverkningen, utläggningen och provtagningen av asfaltmassorna och asfaltbeläggningarna.

Undersökningarna har utförts vid Skanska Teknik – Vägtekniskt Centrum, laboratorium i Farsta, Vällsta och Angered. Bitumenanalyser och vägytemätningar har utförts av VTI och mätningar med värmekamera har utförts av CA-Konsult. Projektet startades i juli 2018 och avslutades i Juli 2019 och en presentation av resultat utfördes på Asfaltdagarna 2018 samt Metoddagarna 2019 i Sverige.

Paulina Johansson, projektingenjör Skanska, utförde en litteraturstudie kring returafalt.

Provsträckorna kommer att följas upp de närmaste 5 åren inom ramen för ett BVFF-projekt som leds av VTI med finansiering från Trafikverket. Utvärderingen av asfaltbeläggningens egenskaper efter garantitiden kan komma att utföras i ett framtida SBUF-projekt.

Ett varmt tack för stort engagemang till alla involverade i projektet, speciellt beläggningssingenjörerna på Trafikverket i Stockholm som gav branschen förtroende att upprätta dessa försöksytor.

Ett speciellt tack till maskinisterna på Skanskas asfaltverk i Vällsta, Sundsvall och Södertälje som producerade asfaltmassorna med stort engagemang och hög andel återvinning.

Kenneth Olsson

Stockholm , Augusti 2019

1. Sammanfattning

Denna rapport redovisar utförandet av 6 st provsträckor där höga halter returafalt (RA) har tillsatts i högkvalitativa ABS 16 beläggningar. Provsträckorna har lagts på vägsträckor med mycket trafik, främst i Stockholms-området. Asfaltbeläggningarna har tillverkats med de tre vanligaste teknikerna för att tillsätta returafalten i asfaltmassan.

Noggranna undersökningar har utförts på ingående returafalt och på tillverkad asfaltmassa och utlagd asfaltbeläggning.

Genom att sortera returafalten till en grövre fraktion kan höga andelar tillsättas en ABS 16-beläggning. Tillsättning av uppsorterad returafalt har kunnat ske med en halt av 50% för asfaltverk med parallelltrumma samt ringtillsättning utan att kornstorleksfördelningen förändrats jämfört mot ursprungligt arbetsrecept. För kalltillsättning av returafalt direkt ner i blandaren har av tekniska skäl halten begränsats till 25% returafalt.

Analyserna med DSR och mjukpunkt har visat att bindmedelsegenskaperna har kunnat återskapats trots hög andel returafalt, dels genom bitumenkompensation och dels genom föryngring av returafaltens bindemedel.

Slitageegenskaperna hos den färdiga beläggningen har genom noggrann kontroll och undersökning av returafaltens stenmaterial kunnat påvisas bli minst lika bra med 50% tillsättning av returafalt som utan tillsättning.

De initiala spårmätningarna efter 1 vintersäsong visar att sträckorna med höga halter av returafalt presterar likvärdigt som de utan returafalt.

VTI kommer under 5 års tid att mäta spår djup vår och höst för att utvärdera de olika beläggningarnas slitage- samt deformationsegenskaper. VTI kommer dessutom att genomföra en slitagemätning i provvägsmaskinen för att se om det blir några skillnader mellan de olika beläggningarna.

Litteraturstudier

En litteraturstudie gjordes inledningsvis i syfte att granska hur högkvalitativa asfaltbeläggningar innehållande returafalt kan upprättas, vilka krav som ställs på materialet, returmaterialens förutsättningar kontra jungfruligt material samt ekonomiska och miljömässiga implikationer. En annan viktig aspekt som granskats är returafaltens klassning som avfall.

2.1 Politiska mål och branschkrav

Enligt den klimatlag som trädde i kraft 1 januari 2018 ska Sverige senast år 2045 inte längre tillföra nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären (Regeringen, 2017). Samtidigt slår EU:s direktiv fast att ofarligt avfall från byggkonstruktioner och rivningsobjekt till 70 procent ska återvinnas senast år 2020 (European Commission, 2008). I dagsläget är Naturvårdsverket dock osäker om Sverige kommer nå uppsatta direktiv på grund av begränsad statistik över asfaltåtervinning från Sveriges samtliga asfaltentreprenörer och yrkar således på en ökad asfaltåtervinning (Palm et al., 2015). Till år 2020-2022 ska därför aktörer i bygg- och anläggningsbranschen ha kartlagt sina utsläpp och satt klimatmål (Elmsäter-Svärd et al., 2018). I den färdplan som flera aktörer i branschen tillsammans skrivit uttrycks även att det finns ett behov av att införa lagstiftning på deklaration av byggnader och infrastruktur (Elmsäter-Svärd et al., 2018). Detta genom exempelvis klimatdeklarationer i plan- och byggprocessen och krav på gränsvärden av utsläpp ur ett livscykelperspektiv som stegvis stramas åt.

Enligt TDOK 2013-0529 rev. 3 accepteras idag inblandning av returafalt till slitlager vid varm nytillverkning i alla massor utom ABD och massa tillverkad med polymermodifierat bindemedel (PMB). Eftersom asfaltmassans krav är densamma oavsett om returafalt används anger materialets homogenitet hur stor andel av asfaltmassan som kan utgöras av returafalt (SS-EN 13108-8:2016). Ballastens kornstorlek och egenskaper, bindemedelshalt och bindemedlets egenskaper samt okänt material i returafalten spelar därför en avgörande roll för asfaltkvaliteten och dessa värden ska redovisas i projekten.

Tillsätts returafalt i slitlager av ABS vid ÅDTk, just >7000 ska enligt SS-EN 12697-16 Metod A typprovning av nötningsresistens utföras på laborietillverkade provkroppar. Slitagevärdet (prallvärdet) ska för ABS 16 vara mindre än 20 ml. Returafaltens ingående bitumenmjukpunkt får dock inte överstiga 65°C samtidigt som ballasten har samma krav på kulkvarnsvärde som jungfruligt ingående ballast (SS-EN 13108-8:2016 utgåva 2). Vid inblandning av mer än 10 % returafalt ska tillsatt bitumen väljas efter beräkning enligt Bilaga A, punkt A3, ur TDOK 2013-0529-8:2016.

2.2 Hållbara asfaltbeläggningar

Hållbara asfaltbeläggningar kan definieras som ett nätverk av högkvalitativa och långvariga beläggningar vars design, konstruktion och förvaltning tar hänsyn till den ekonomiska och sociala utveckling som sker i samhället samt ett miljömässigt bevarande (Aurangzeb et al., 2013). Att ha en hållbar asfaltbeläggning är därmed väsentligt för att möta de krav och förutsättningar som asfaltindustrin ställs för.

För att uppnå hållbara asfaltbeläggningar är enligt branschens färdplan (Elmsäter-Svärd et al., 2018) tydligt ledarskap hos beslutsfattare en nyckelfaktor. Färdplanen beskriver även vikten av att riksdag och regering förespråkar en utökad återanvändning och återvinning av bygg- och rivningsmaterial samtidigt som incitament som uppmärksammar och belönar de som bidrar till att nå Sveriges klimatmål också bör skapas. För att uppnå en klimatneutral värdekedja till 2045 uppmanas Bygg- och anläggningssektorn att bland annat öka den egna kompetensen i miljöfrågor, ställa krav och premiera livscykelperspektiv och återvinning samt lämna information om klimatpåverkan vid anbud och offerter för att driva på utvecklingen, hållbarhetsrapportera och implementera egna klimatmål i verksamheten (Elmsäter-Svärd et al., 2018).

Global warming potential (GWP) är ett mått på hur effektiv en växthusgas är som klimatpåverkare omräknat i koldioxidekvivalenter (Bernes, 2016). De faktorer som höjer GWP mest vid asfälttillverkning är, i fallande ordning, energikonsumtionen vid asfältanläggningar, bindemedels- och ballastproduktion samt transport av material (Yang et al., 2015; Liu et al., 2017). För att minimera GWP och uttaget av ändliga naturresurser (sten och olja) är användandet av returafalt viktigt. Att återvinna asfalt för högkvalitativa asfaltbeläggningar är emellertid ett relativt nytt arbetssätt, vilket gör det till en utmanande uppgift för branschen att tackla.

2.3 Digitalisering och teknologi – en historisk tillbakablick

Efter oljekrisen på 1970-talet och de medförande ökade kostnaderna började aktörer använda mellan 30-100% returafalt i asfaltmassor samtidigt som problem med asfaltbeläggnings kvaliteten observerades och höga miljöutsläpp var ett faktum (Zaumanis et al., 2016). Detta gjorde många aktörer tveksamma till huruvida återvunnen afalt kunde tillföra tillräckligt positiva effekter för att användas. Misstagen anser Bonaquist (2007) beror på att oprocessad returafalt använts i asfaltverk som inte varit designade att klara av materialet. Tidigare sammanställningar visar även på att kraftiga variationer i beläggnings livslängd förekommit, vilket tyder på att det funnits kunskapsbrister (Ulmgren & Lundström, 2004). Flertalet studier visar nu på att en allt högre andel returafalt kan användas på ett lyckat sätt i asfaltproduktionen genom en ökad digitalisering och ny teknologi. En ökad digitalisering medför ökade förutsättningar till att rätt information förmedlas i rätt skede och till rätt personer, vilket skapar möjligheter till en resurseffektivisering i hela värdekedjan och såväl ekonomiska som klimatmässiga konkurrensfördelar (Elmsäter-Svärd et al., 2018).

Gällande teknologi har många länder kommit längre än Sverige och Zaumanis et al. (2014) anser att ny teknologi nu möjliggör en ökad granulat användning i högkvalitativa beläggningar. Exempelvis producerar Japan högkvalitativa asfaltbeläggningar innehållande i genomsnitt 47% returafalt (National Asphalt Pavement Association, 2015). Liu et al. (2017) redovisar att högre granulathalter kan tillsättas med ett bra slutresultat genom användandet av parallelltrummor, där parallelltrummor även visat sig vara den effektivaste metoden samt står för minst utsläpp vid jämförelser med andra tekniker. Izaks et al. (2015) visar på att det är möjligt att designa högkvalitativa beläggningar med 50% returafalt utan att volymetriska eller mekaniska krav kompromissas. Också tillsättning upp till 100% returafalt kan numera användas i asfaltbeläggningar med konventionella tillverkningstekniker och -maskiner utan några allvarliga problem med asfaltens bearbetbarhet och prestanda (Zaumanis et al., 2014).

2.4 Asfaltens klassning som avfall

Nordiskt Vägforum (2012) fastslår att asfalt till 100% är återvinningsbart under förutsättning att asfalten inte innehåller stenkolstjära eller höga halter av andra cancerogena ämnen. Ett problemområde som återstår att lösa är dock huruvida uppbruten och fräst asfalt ska räknas som avfall eller råvara i asfaltproduktionen. I dagsläget klassas asfalt som avfall och entreprenörer får därmed mellanlagra uppbruten och fräst asfalt i ett år innan det bortskaffas eller tre år innan det återvinns, vilket skapar en problematik och ett stressmoment för entreprenörer. Ett avfall definieras enligt 15 kap 1§ miljöbalken som "varje ämne eller föremål som innehavaren gör sig av med eller avser eller är skyldig att göra sig av med". Om ett avfall lagras längre än ett respektive tre år innan nyttjande kan upplaget bli en deponi och ska anmälas eller tillståndsprövas i enlighet med miljöprövningsförordningen (Miljösamverkan Västerbotten, 2014). Vidare preciseras enligt 29 kap 1§ kod 90.40 miljöprövningsförordningen att anläggningar med mellanlagring av annat avfall än farligt avfall från 10 ton till 30 000 ton är anmälningspliktiga. Över 30 000 ton är verksamheten tillståndspliktig hos Länsstyrelsen enligt 20 kap 1§ kod 90.30 miljöprövningsförordningen. Enligt Avfallsförordningen 2001:1063 klassas asfalt som innehåller mer än 0,1% cancerogena ämnen som miljöfarligt avfall.

Asfalt kan dock upphöra att vara ett avfall om det hanteras på ett sätt som innebär återvinning och uppfyller samma krav som jungfruligt material (Miljösamverkan Västerbotten, 2014). En allt större insamling av data över asfaltbeläggningar, dess status och ingående komponenter finns numera att tillgå via Trafikverkets interna och externa databas PMSV3. Databasen möjliggör att kvaliteten och sorteringen av beläggningens stenmaterial kan granskas innan fräsning eller uppbyggnad till granulat, vilket i sin tur medför en smidigare sortering av granulat och därmed högre granulatkvalitet. En högre kvalitet på returafalt medför att den åldrade asfalten blir mer eftertraktad som råvara, vilket på längre sikt medför en lägre efterfrågan på jungfruligt material (Naturvårdsverket, 2018). Naturvårdsverket bedömer därför att det vore lämpligt att i framtiden undanta lagring, krossning och annan mekanisk bearbetning av avfall som utgörs av asfalt inför återvinning från anmälningsplikt. Istället kan verksamheten för asfalt utan innehåll av stenkolstjära, betong, tegel, keramik, lätt förorenade jordmassor, aska och slagg från biobränsleledning omfattas av miljöbalkens allmänna regler ur 2 kap.

2.5 Cirkulär ekonomi

Cirkulära affärsmodeller, där regler för asfaltens klassning som avfall blivit ändrade, är enligt Elmsäter-Svärd et al. (2018) essentiellt. Målet med en cirkulär ekonomi är att minimera mängden resurser som lämnar de cirkulära flödena, se figur 1, så att systemet fungerar på ett optimalt sätt. Den avfallslagstiftning som råder för närvarande hindrar dock utvecklingen av cirkulära affärsmodeller och begränsar återvinningen i bygg- och anläggningskonstruktioner (Elmsäter-Svärd et al., 2018).

Med ett cirkulärt perspektiv skulle inte avfall finnas inom sektorn, tillgången till material skulle säkras och kostnaderna skulle hållas nere (Elmsäter-Svärd et al., 2018). Enligt en beräkning som EPA gjort kan ses att återvunnen asfalt (beräknat på 0,5Mton) skulle minska koldioxidutsläppen med 10 000 ton, vilket motsvarar cirka 0,5% av GWP från den svenska avfallssektorn eller 0,05% av GWP av den nationella transportsektorn (refererad i Miliutenko et al., 2013).

För att ta hänsyn till potentiella farhågor över

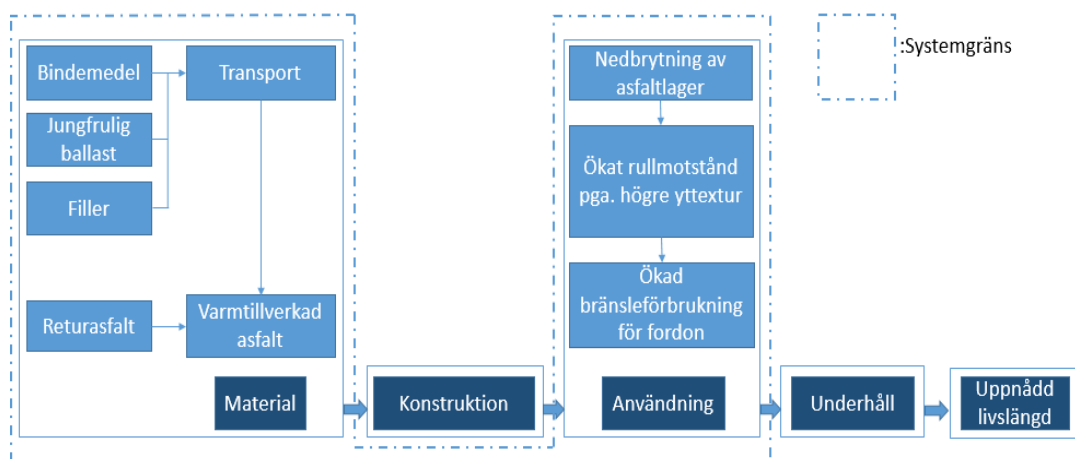
asfaltbeläggningarnas prestanda anser Yang et al. (2015)

att ett livscykelperspektiv över asfalten och dess ingående material är av största vikt. Livscykelanalyser används för att beskriva den totala miljöpåverkan en produkt orsakar från råvaruuttag till avfallshantering. Ett samspel mellan en cirkulär ekonomi och livscykelanalyser vid asfaltarbete skulle därmed realisera en utökad tillgång till högkvalitativt granulat med ett sänkt ekologiskt fotavtryck.



Figur 1. Cirkulär ekonomi. (Källa SB Insight)

Figur 2 redovisar asfaltens livscykel från jungfrulig tillverkning till uttjänt material.



Figur 2. Asfaltbeläggningens fem livscykelaser: material, konstruktion, användning, underhåll och uttjänt material. Blåstreckad linje symboliserar den systemgräns som utesluter alla aktiviteter som är densamma oavsett massatyp och innesluter aktiviteter som kan variera beroende på massatyp. (Bearbetning från Yang et al. (2015)).

I dagsläget transporteras jungfruligt stenmaterial till asfaltverk för användning i asfaltmassor i de flesta svenska storstäder. Ju mer returafalt som används, desto mindre jungfruligt material behöver tas fram och transporteras. Och ju mindre jungfruligt material som används, desto mer moment med högt GWP kan uteslutas vid tillverkning och transport eftersom returafalt återförs per automatik till asfaltverk vid fräsning och uppgrävning av vägytor. Transportering av returafalt bör därför enligt Leegwater et al. (2014) värderas som den näst viktigaste parametern att kontrollera för att minimera klimatpåverkan. Miliutenko et al. (2013) visar att mer växthusgasutsläpp kunde undvikas genom att ersätta jungfruliga resurser med återvunna oberoende av återvinningsteknik, där deras resultat uppnått nettobesparingar på 0,02 ton koldioxidekvivalenter och 3 GJ per ton returafalt. Vidare menar Krouthén (2017) att stora klimatbesparingar kan göras genom att placera stationer med tillstånd för masshantering närmare exploateringsplatser. Det viktigaste och mest krävande momentet i en LCA blir därför livscykelinventariet (LCI), vilket kräver att data relaterat till den energi som konsumerats samt dess tillhörande utsläpp loggas genom hela asfaltens livstid (Aurangzeb et al., 2013).

2.6 Begränsade upplagsytor

På de flesta asfaltverk är upplagsytor begränsade och det finns dåligt med plats för förvaring av material. Detta medför svårigheter i lagring och logistik samtidigt som förvarat material kan påverkas negativt av väder och vind. Exempelvis är allmänt vedertaget att höga fukthalter i granulat orsakar kvalitetsvariationer och varma sommardagar kan orsaka bindemedlet i returafalt att klumpa ihop sig. Att minska fukthalten i returafalt med förslagsvis 1% menar Miliutenko et al. (2013) skulle reducera koldioxidutsläppen med cirka 2kg per ton returafalt. Begränsade studier över förbättringsalternativ avseende limitationen av upplagsytor är dessvärre gjorda i Sverige, vilket skapar en begränsning i framställningen av högkvalitativa asfaltbeläggningar. Som jämförelse nämner Zaumanis et al. (2014) att ett asfaltverk i Birmensdorf, Schweiz utrustats med tre förvaringsbunkrar under jord för sin returafalt. På så sätt utsattes inte returafalten för väderpåverkan och asfaltverket kunde utöka sin förvaringskapacitet.



Figur 3. Upplagsyta med tält

2.7 Risker och möjligheter

I och med bland annat den ökade användningen av returafalt, modifierade bitumen, förbättrade metoder i oljeraffinaderier och andra teknologiska framsteg har asfalttillverkningen idag passerat de smala marginaler som empiriska arbetsrecept anser fungera (Zaumanis et al., 2018) och nya metoder behöver därmed bearbetas. Exempelvis behövs vid användning av returafalt noggrann karakterisering och en proportionering där olika materialkombinationer förprovats innan slutligt recept bestäms eftersom materialets egenskaper kan variera beroende på bland annat ursprung, ålder och borttagningssätt (Westergren, 2004). För att på ett kontinuerligt sätt kunna tillvarata högkvalitativ returafalt krävs att information om bland annat bindemedels- och ballasttyp i materialet finns att tillgå innan bearbetning (Leegwater et al., 2014). I dagsläget finns begränsad information om samtliga vägsträckor, vilket försvårar arbetet.







Vidare menar Leegwater et al. (2014) att eftersom materialet i vägbanan bryts ner och förändras under hela dess servicetid kan även ett föråldrat bindemedel och en stor mängd fin ballast limitera möjligheterna att skapa högkvalitativa vägbeläggningar innehållandes returafalt. För att återfå bindemedlets egenskaper i returafalten vid iblandning i jungfrulig asfalt behöver dock oftast föryngringsmedel användas. Trots att föryngringsmedlet medför en extra kostnad i sig medför en tillsättning i asfaltblandningar med returafalt betydande materialrelaterade ekonomiska besparingar jämfört med heljungfruliga asfaltblandningar (Poulikakos et al., 2017).

Funktionella egenskaper och teknisk livslängd för returafalt

I dagsläget råder en delad uppfattning hos experter i branschen hur de funktionella egenskaperna och den tekniska livslängden påverkas vid tillsättning av returafalt samt huruvida beläggningar med returafalt presterar annorlunda än heljungfruliga beläggningar. Exempelvis tyder undersökningar på att returafalt kan medföra en ökad styvhet, en linjär ökning i viskositet och en högre kritisk temperatur för det återvunna bitumenet (Hussain & Yanjun, 2013; Zaumanis et al., 2014; Tabaković et al., 2010). Andra rapporterar dock motsatsen (Oliver, 2001; Widyatmoko, 2008).

Livslängden för beläggningar med returafalt är den största okända estimeringen i dagsläget. Lee et al. (2012) menar dock att så länge returafalt har en servicetid på minst 80% av heljungfruliga beläggningar uppnås positiva effekter ur ett livscykelperspektiv. Detta kan emellertid öka GWP i det långa loppet (Zaumanis et al., 2014). Tabell 1 summerar slutligen returafaltens påverkan på olika funktionella egenskaper.

Tabell 1. Påverkan på olika funktionella egenskaper vid tillförsel av RA

Utmattnings-egenskaper	Beläggningar med returafalt är mer mottagliga för krackelering på grund av utmattning än heljungfruliga beläggningar (Aurangzeb et al., 2013). Detta betyder att beläggningar innehållande returafalt eventuellt kan medföra ett mer frekvent underhåll och fler reparationer. Andra undersökningar har å andra sidan visat på en ökad utmattningsresistens på grund av bland annat en ökad styvhet och förbättrad länk mellan bindemedel och aggregat (Silva, 2012; Oliver, 2001). Att använda rejuvenatorer menar Silva ytterligare utökar utmattningsresistensen.	
Deformationsresistens	God spårbildningsresistens redovisas i returafalt på grund av närvaron av åldrat bitumen (Zaumanis et al., 2018). Tillsatsmedel som ämnar reducera styvhet kan dock öka spårbildning om felaktigt använt. Tillsatsmedlet bör därför ges tid att spridas i massan innan beläggningen börjar trafikeras för att ökade deformationer inte ska ske (Silva, 2012; Karlsson och Isacson, 2006). En inhomogen blandning mellan returafalt och jungfrulig asfalt kan också orsaka spårbildning under de tidiga skedena av beläggningens servicetid innan materialet utjämnats på vägytan (Zaumanis et al., 2018).	
Hålrum	Aurangzeb et al. (2012) och Izaks et al. (2015) redovisar att liknande hålrumshalter uppvisas vid användning av upp till 50% returafalt som vid heljungfruliga beläggningar. Teoretiskt sett menar Zaumanis et al. (2018) dock att mindre högkvalitativt granulat medför lägre hålrumshalt på grund av ökad sönderdelning. Silva (2012) redovisar liknande hålrumshalter för returafalt som jungfrulig så länge förnyngningsmedel inte använts.	
Vatten-känslighet	Eftersom ballasten från returafalt redan är bitumentäckt finns en minskad risk för att vatten tränger in i partiklarna (Zaumanis et al., 2014). Därför anses beläggningar med returafalt ha en liknande eller bättre vattenkänslighet än heljungfruliga beläggningar.	
Styvhet	På grund av returafaltens åldrade bitumen menar Zaumanis et al. (2018) att höga återvinningshalter ökar asfaltens styvhet. En av de vanligaste åtgärderna för att motverka styvheten är att kompensera med ett mjukare bindemedel (Zaumanis & Mallick, 2015). Izaks et al. (2015) menar å andra sidan att högkvalitativ massa med upp till 50% returafalt uppvisar likartade resultat som heljungfruliga massor. Vid låga återvinningshalter predikteras ingen styvhetsökning och styvheten korrelerar därmed ej linjärt med returafaltandelen. Styvheten beror även på hur väl returafalt och jungfrulig blandats (Zaumanis et al., 2018).	
Bearbetbarhet	Bearbetbarheten relaterar framförallt till bindemedlets viskositet samt till beläggningens hålrumshalt. Att använda returafalt reducerar därmed mest troligt bearbetbarheten även när tillsatsmedel och mjukare bindemedel tillsätts för att kompensera. (Zaumanis et al., 2018)	

2.8 Urlakning

Utsläpp associerade med produktion och användning av returafalt kan skilja från utsläpp av jungfruliga resurser. Risker att returafalt kontamineras under sin servicetid från exempelvis bilavgaser, däckslitage och oorganiska tungmetaller är enligt Enell et al. (2012) ett orosmoment som inte behöver tas hänsyn till vid heljungfruliga beläggningar. Exempelvis såg Enell et al. en trend där returafaltens små partikelstorlekar (< 0,5 mm och < 4mm) medförde signifikant mindre urlakning än större partikelstorlekar (<10mm) samt att nivåerna av PAH:er som urlakas i samband med mellanlagring av krossad tjärafalt var betydligt högre än för högkvalitativ returafalt. Båda asfalttyperna var dock inom ramen för tillåten urlakning.

Urlakningen vid mellanlagring varierar enligt (Norlin & Strömvaix, 2004) även utifrån PAH:ernas uppbyggnad. Naftalen ($C_{10}H_8$) är den PAH som urlakas mest i returafalt och naftaleninnehållet bör enligt Norlin och Strömvaix fungera som markering av returafaltens kvalitet. PAH:er med mellan två och fyra ringstrukturer tenderade att urlaka mest vid mellanlagringens inledande skede medan en struktur med fem ringar ökade urlakningen med tiden. Både Enell et al. (2012) samt Norlin och Strömvaix (2004) anser dock att mer forskning inom området behövs för att förstå organiska föroreningars urlakningsmekanism i returafalt vid både mellanlagring och vägbeläggning.

2.9 Polymermodifierat bindemedel

I och med att fler och fler vägar innehållande PMB når slutet av sin livslängd, och därmed tillgängliggör material till framtida asfaltbeläggningar, är det av vikt att nå ökad kunskap gällande materialets påverkan i asfaltmassor.

Forskning indikerar nu att en tillsats av PMB kan öka asfaltbeläggningens livslängd, hållfastighet och funktionalitet samt reducerar miljöföroreningar (Niloofer Kalantar et al., 2012; Leegwater et al., 2014). Även likartade prestanda i asfaltbeläggningar med och utan PMB har uppnåtts gällande vattenkänslighet, styvhet och spårbildningsresistens (Leegwater et al., 2014). Baserat på Oscarssons (2017) rapport kan dock ses att de funktionella egenskaperna för asfaltmassa tillverkad med PMB påverkas olika beroende på typ av bindemedel. Exempelvis klarade SBS 45/80-55 kraven gällande penetration, mjukpunkt, elastisk återgång upp till 20% tillsättning av returafalt med PMB, SBS 40/100-75 klarade kraven upp till 40% returafalt medan EBA 45/90-55 inte klarade av returafalt alls på grund av dess initiala sprödhet (Oscarsson, 2017). De reologiska egenskaperna hos återvunnet bindemedel med PMB kan enligt Leegwater et al. (2014) dock återställas till originalskick genom att mixa det med ett mjukt jungfruligt PMB.

Returafalt innehållande PMB behöver upphettas till högre temperaturer än returafalt utan PMB för att nå homogenitet, vilket medför en risk för att materialet bränns och får försämrade egenskaper (Leegwater et al., 2014). Returafalt innehållande PMB är även kladdigare än vanlig returafalt, vilket kan leda till svårigheter gällande hantering och bearbetning av returafalten vid asfaltverken.

3. Syfte och mål

Projektets övergripande syfte är att utvärdera de tekniska och funktionella egenskaper samt visa hur gamla högkvalitativa slitlagerbeläggningar skall återvinnas och hanteras för att användas som delmaterial i en ny högkvalitativ slitlagerbeläggning. Fokus för projektet ligger på slitstyrka, beständighet och rullmotstånd



Figur 4. Uppfräsning av högkvalitativ slitlagerbeläggning

4 Metod, material och analys

För att uppnå projektets syfte har 20 testsektioner med slitlagerbeläggningar av typen ABS16 $kkv < 7$ med och utan tillsatt retursfalt (RA) studerats. Bindemedlen som använts har varit 50/70, 70/100, 100/150 och PMB. Testsektionerna har främst lagts på högtrafikerade motorvägar i Stockholms närområde där det 2018 ej var tillåtet att överhuvudtaget använda returasfalt i de högkvalitativa asfaltbeläggningarna. Tre testsektioner lades även på en högtrafikerad väg i Sundsvall och eftersom Trafikverket i Region Norr följer det nationella regelverket för bitumenbundna lager Tdok 2013-0529 ver 3 så tillåts returasfalt i de högkvalitativa beläggningarna sedan tidigare. Nedan presenteras hur arbetet med framtagning av och provtagning på asfaltbeläggningarna gjorts under projektets gång samt vilka resultat som erhållits.

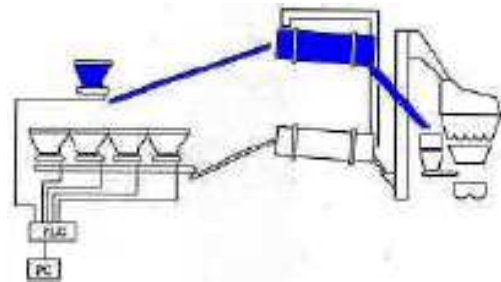
4.1 Teknik för tillsättning av Returasfalt (RA) i asfaltverk

I tillverkningsprocessen kan returasfalt blandas in i ny tillverkad massa på olika sätt, där olika returasfaltshalt i sin tur rekommenderas beroende på valt inblandnings sätt. Varm återvinning av asfalt har en likartad tillverkningsprocess som vid heljungfrulig tillverkning förutom att en viss del av ballasten och bituminet ersätts med returasfalt. Under projektet användes tre varmåtervinningstekniker, beskrivna nedan, där den principiella skillnaden mellan dessa baseras på uppvärmningsmetod, blandningsförfarande och överhettning av stenmaterial.

Varm återvinning med parallelltrumma

I denna teknik värms returasfalten upp i separat torktrumma, en parallelltrumma, och transporteras därefter via en buffertsilo direkt till blandaren, se figur 5.

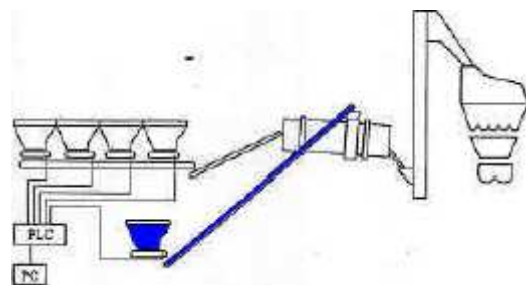
I parallelltrumman tempereras returasfalten till mellan 120-140 °C, vilket betyder att det jungfruliga materialet i ordinarie torktrumma endast behöver överhettas i liten skala. Detta medför att varken jungfruligt eller återvunnet bindemedel utsätts för en extra förhårdning.



Figur 5. Returasfalt tillsatt genom varm återvinning med parallelltrumma. Blå markering visar returasfaltens väg i asfaltverket innan blandning med jungfruligt material.

Varm återvinning med Ringtrumma

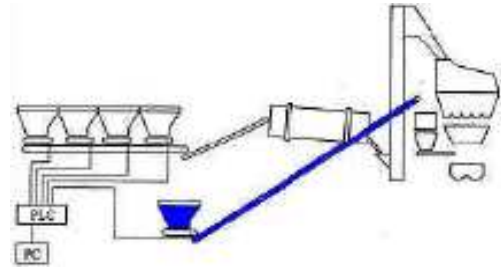
I denna teknik tillsätts returasfalten på kontinuerlig basis direkt i den torktrumma som också används för jungfruligt material, se figur 6. Materialet förs sedan genom en bypass ficka, blir uppvägd i färdiga satser och slutligen ihopblandad till asfaltmassa i blandaren. I blandaren tillsätts även det nya bindemedlet. Det jungfruliga stenmaterialet överhettas för att värma upp den kalla returasfalten. Det är av stor vikt att stenmaterialfraktionerna i kalldoseringsfickorna är noggrant bestämd för att slutliga arbetsrecept skall träffas. Detta eftersom materialet inte kan siktas om i asfaltverkets varmfickor.



Figur 6. Returasfalt tillsatt genom varm återvinning med ringtrumma. Blå markering visar returasfaltens väg i asfaltverket innan blandning med jungfruligt material.

Varm återvinning med kalltillsatt returafalt

I denna teknik tillsätts kall returafalt direkt i blandaren, se figur 7. Returafalten är kall och beroende på mängd fukt i materialet behöver det jungfruliga stenmaterialet överhettas så att rätt sluttemperatur erhålls i asfaltmassan. Inne i blandaren sker en ångexplosion där ångan måste utrymmas på ett tekniskt rätt sätt. Beroende på tillsatt mängd RA bör blandningstiden förlängas så att gammalt och nytt bindemedel startar att migrera ihop.



Figur 7. Returafalt tillsatt genom varm återvinning med kalltillsatt returafalt. Blå markering visar returafaltens väg i asfaltverket innan blandning med jungfruligt material.

4.2 Hantering av Returafalt

Returafalt som inkommit till anläggningen förvaras i skilda upplagshögar baserat på exempelvis uppbrutna schaktmassor av asfalt eller fräsmassor. Upplagshögar med en blandning av både uppbruten och fräst gammal asfalt är vanligast, där krossningskampanjer à 5-10 000 ton görs. Returafalten krossas normalt sett till en sortering 0-11 mm för att passa in i de flesta asfaltrecept. För högkvalitativa ABS-beläggningar orsakar dock detta att andelen finkornigt stenmaterial i returafalten begränsar återvinningshalten till cirka 10-15%, vilket medfört att 0/8-delen separerats från 8/16 i detta projekt. Separeringen gjordes med hjälp av ett sorteringsverk, se figur 8. Returafalten deklarerades efter separeringen enligt SS-EN 13108-8 och viktiga egenskaper såsom bitumenhalt, kornstorleksfördelning, kulkvarnsvärde, mjukpunkt bestämdes.



Figur 8. Uppsortering av 22 RA 8/16 kv<7

För att avgöra vilka asfaltbeläggningar som innehöll tillräckligt bra stenmaterial för att tas upp och tillsättas som returafalt i projektet undersöktes och dokumenterades initialt vägobjekten med hjälp av Trafikverkets verktyg PMSv3 och sammanställdes i tabellform, se figur 9. Genom verktyget fås information om bland annat objektens massatyper, årlig spår tillväxt, kulkvarnsvärde och de arbeten som genomförts på sträckan sedan läggningstillfället.

Objekt	Grupp	Vägnamn	Summa ton upprästat asfalt	Ådtk ca	Typ av asfalt som skall fräsas bort	Anmärkning	Sortering eller ej	Granulat Körs till asfaltverk
4-AB265.00	4	Väg 265 Från skarv efter påfart Täby kyrkby-Avfart Hagby, 2K1	1 600	13 000	ABS16 kkv<7	Från 2008	Sortering granulat	Välsta
14-AB18.00	6	E18 vid påfart Arninge- Högernäs, K1	640	15 000	ABS16 kkv<7	Från 2012	Ej sortering granulat	Välsta
8-AB4.00	6	E4 Från påfart Märsta- Rosersberg, K1	672	25 000	ABS16 kkv<7 PMB	från 2010	Sortering granulat	Välsta
2-AB4.00	6	E4 Från länsgräns- Arlanda, K1	3 200	20 000	TSK16 kkv<7	från 2010	Sortering granulat	Välsta
1-AB4.00	6	E4 Före avfart Akalla- 450m mot Stockholm, K2	144	20 000	ABS 16 kkv<7	från 2013	Ej sortering granulat	Välsta
9-AB18.00	6	E18 Skarv Viggbyholm- Roslags Näsby, K1	416	18 000	ABS16 kkv<7	Från 2012	Ej sortering granulat	Välsta
7-AB73.00	9	Väg 73 Tidbäcksbros skarv Z017- Avfart Trångsund, K1 södergående	320	20 000	ABS 16 kkv<7	Från 2012	Ej sortering granulat	Välsta

Figur 9. Exempel på hur man kan selektera inkommande fräsgranulat.

I Stockholm valde vi två objekt där den frästa asfalten fick gå till ett eget upplag (Väg 265 Täby kyrkby samt E4 C-länsgräns-Arlanda) där fraktionen 8/16 sorterades fram och en deklaration utfördes och benämndes 22RA 8/16 kkv<7 Vä. Även den frästa asfalten från E4 Märsta-Rosersberg där den gamla asfaltbeläggningen bestod av en ABS16 40/100-75 kkv<7 lades i ett eget upplag och sorterades fram till en 22RA 8/16 Pmb kkv<7 Vä.

I Sundsvall valdes ett objekt på Alnön ut där den frästa asfalten bestod av ABS16 100/150 kkv<7 och på samma sätt uttogs 8/16 fraktionen och deklaration utfördes.

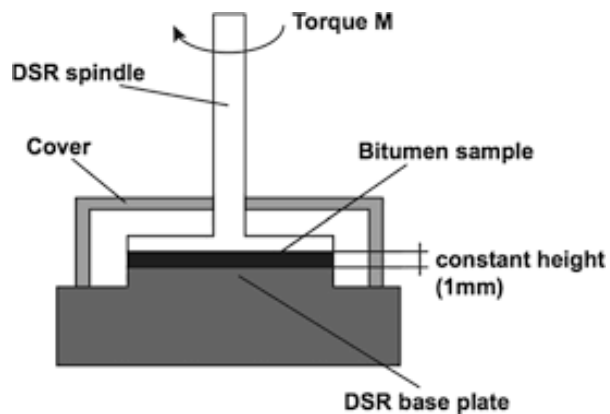
Ovanstående deklarerationer på de olika returafalterna finns redovisade i bilaga 1.

4.3 Labanalytmetoder för asfaltmassa

För varje provsträcka analyserades bindemedelshalt, kornkurva och marshallhålrumshalt, vilka jämfördes med arbetsreceptet. Gällande karakterisering av bitumen utfördes mjukpunktsanalyser på prover enligt SS-EN 1427, där mjukpunkt anger vid vilken temperatur ett bitumen nått en viss mjukhet, se figur 11. Provsträckor innehållande PMB analyserades även elastiska återgång, i vilken bindemedlet deformeras och sedan granskas huruvida det återtar sin ursprungliga form eller inte.

Med en skjuvreometer (DSR) studeras de reologiska egenskaperna vid olika temperaturer och frekvenser, figur 10. Denna utrustning sägs kunna ersätta konventionella bitumenanalyser såsom mjukpunkt, penetration och viskositet. Framförallt efterfrågas bättre analysmetoder för polymermodifierade bitumen och då kan mätningar med skjuvreometer vara ett alternativ. I kommande bitumen-standard är skjuvreometer föreslagen som tänkbar metod för att analysera bitumen. Analyserna i detta försök har utförts av VTI i Linköping. Två uppsättningar av parallella plattor användes, dels med diameter 8 mm och dels med diameter 25 mm. Avståndet (provtyckleken) mellan plattorna var 2 mm i det första fallet och 1 mm i det andra fallet. Det första paret plattor används för temperaturer där komplexmodulen är högre än

ca 10^{15} Pa, vanligtvis från trettio grader och neråt. 25 mm plattorna används för temperaturer där komplex-modulen är lägre än ca 10^{15} Pa, dvs från ca 30 grader och uppåt. Plattor och prov omsluts av vatten och provet tempereras vid varje mättemperatur – var fjärde grad mellan 6 grader och 90 grader Celsius. Mätningarna gjordes från höga temperaturer till lägre temperaturer. Töjningsnivån vid mätning var 0,3 %. Frekvensen var 1,59 Hz (10 rad/s).



Figur 10. Typskiss på DSR utrustning.



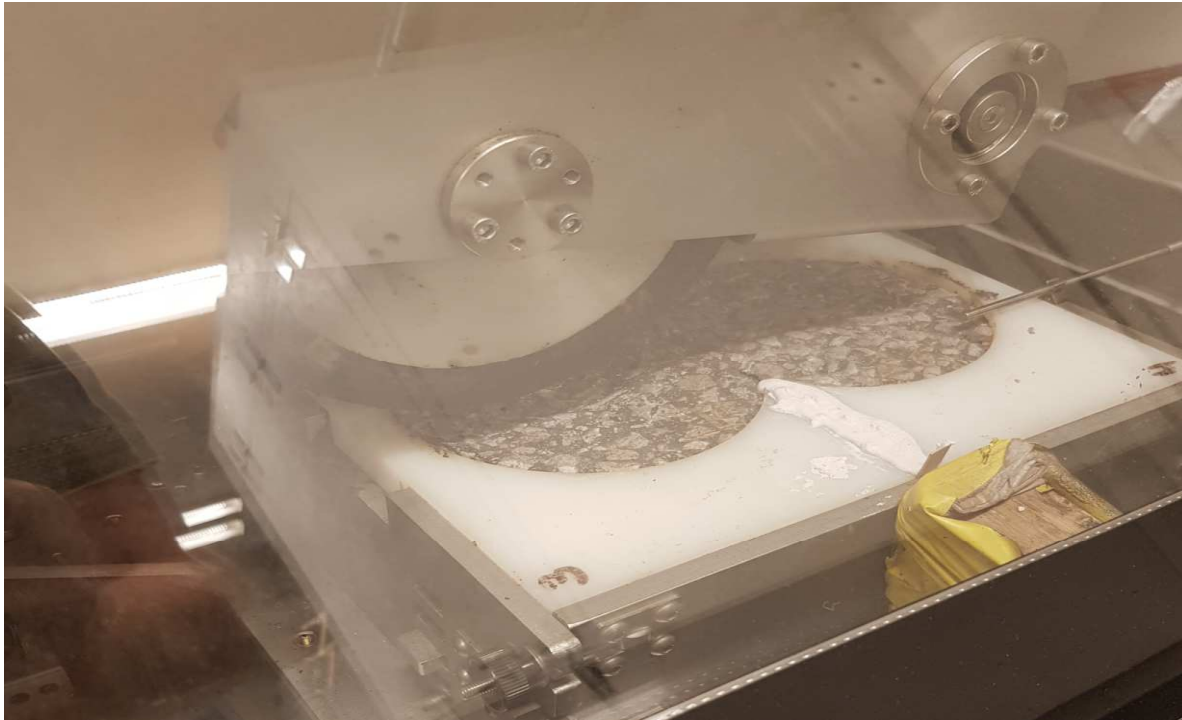
Figur 11. Mjukpunktsutrustning.

Provsträckornas nöttningsresistens analyserades enligt prallmetoden, SS-EN 12697-16. Slitagevärde anges som bortsliten volym i cm^3 . Enligt standarden ska provningen utföras på osågad yta på borrkärnor från väg och på sågad yta för laborietillverkade provkroppar. Se figur 12 för en visualisering av prallmaskinen.



Figur 12. Prall-provkropp med stålkulor

För att undersöka asfaltbeläggningarnas deformationsegenskaper testades 150 mm:s borrhävar med hjälp av Hamburg wheeltrack utrustning vid 50 °C, se figur 13 (SS-EN 12697-22). Borrhävarna (4 st) togs mellan hjulspår och de 80 mm översta asfaltlagren testades som en sammanhängande asfaltprovkropp med både slitlagret och det underliggande asfaltlagret. Tjocklekarna och massatyper av de olika lagren bestämdes innan körning.



Figur 13. Wheeltracking på borrhävar.

4.4 PDI och riskandelar

PDI (Pavement Deviation Index) är ett mått på en asfaltbeläggningens homogenitet baserat på strålningens energi från asfalten. Variationer i temperatur avslöjar beläggningssytor som potentiellt kan vara eller bli inhomogena på grund av exempelvis asfaltmassans position på flaket vid utläggning eller separationer i massan.

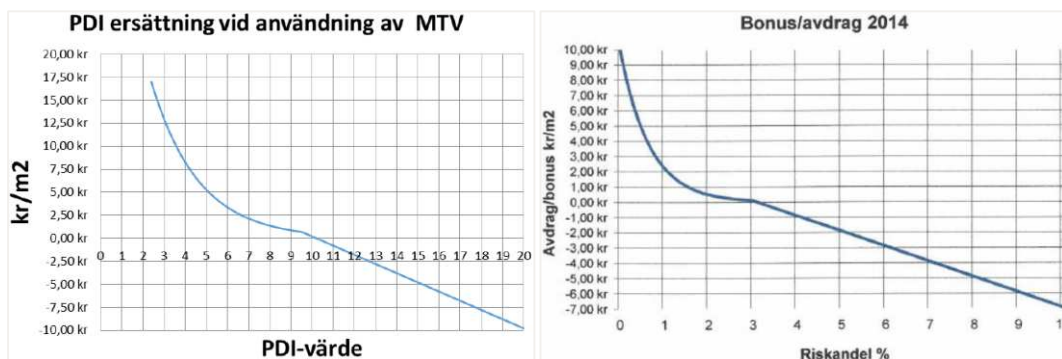
Homogeniteten mäts genom infraröd termografisk mätutrustning (värmekamera), vilken monteras på asfalthäggaren. Mätningen sker kontinuerligt under drift och data tas varannan sekund under hela mätperioden. PDI uttrycks i tal mellan 2-25, där så låga värden som möjligt är önskvärt.



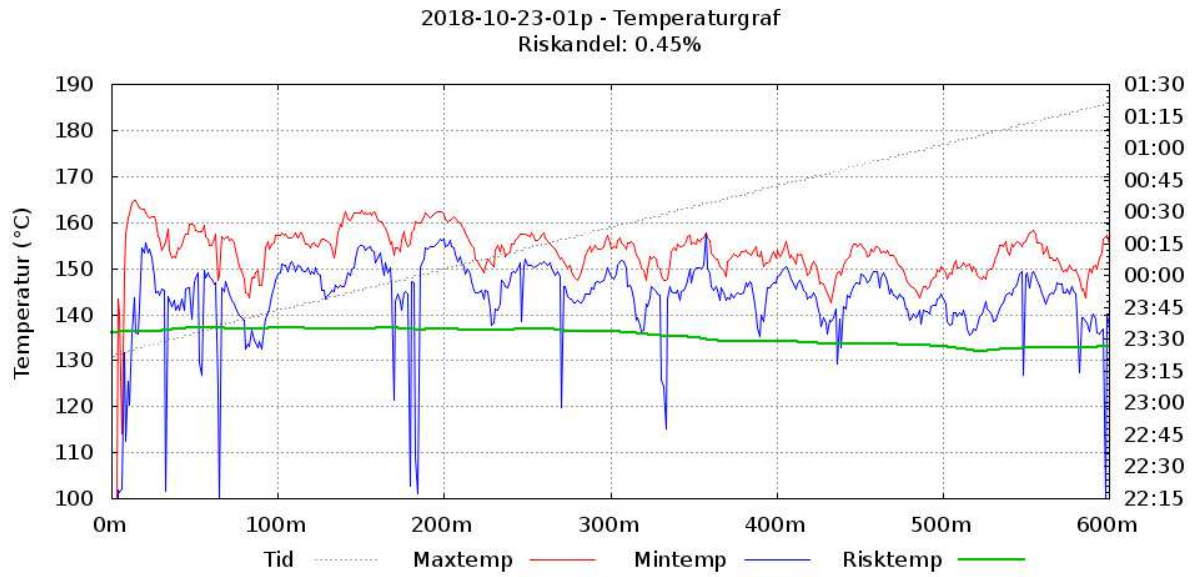
Figur 14. Värmekameran under användning.

Värmekameran samlar också data om riskzoner i beläggningen, vilket är den beläggningssyta som innehåller enskilda värden med risk för otillräcklig packning. Värderingen beräknas i riskandelar och är den summerade ytan av riskzoner för utvärderingsområdet i relation till den totala beläggningssytan, uttryckt i procent.

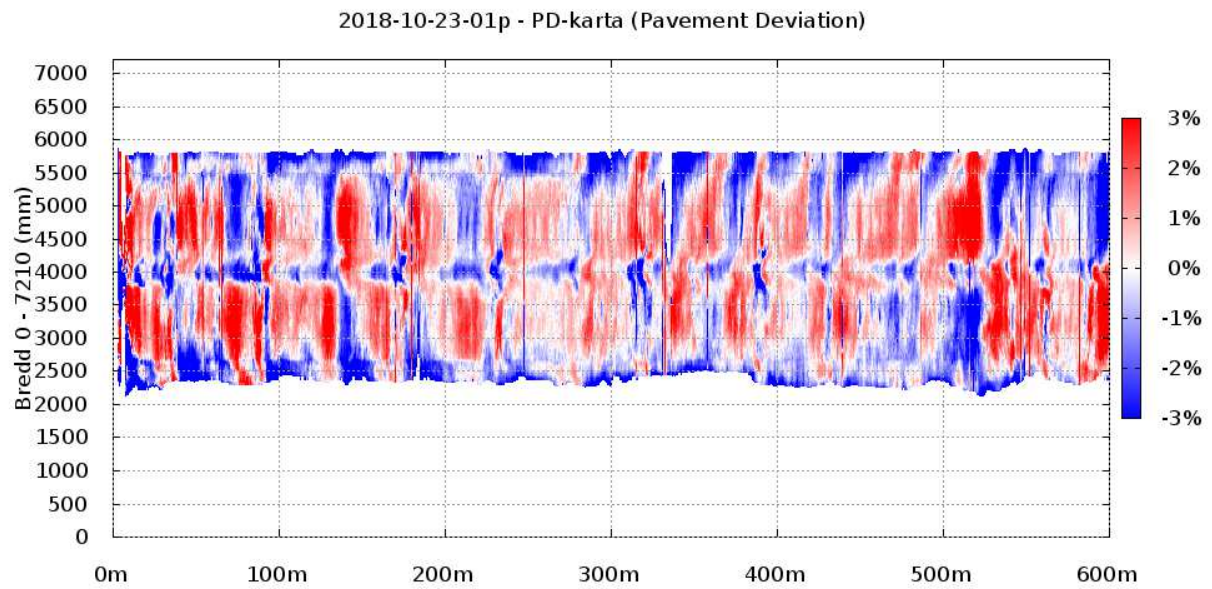
För vissa objekt tillverkade i Stockholm tillämpas bonussystem för att öka homogeniteten hos varmblandad asfaltbetong utlagd med MTV (Material Transfer Vehicle). Regleringen sker enligt PDI- och riskandelsvärdering, se figur 15. I figur 16 och 17 visas exempel på hur mätresultaten visualiseras längs den uppmätta sträckan.



Figur 15. Reglering av bonus/avdrag vid mätning med PDI och riskandelar.



Figur 16. Exempel på graf med riskandelar.



Figur 17. Exempel på PDI-bild med PDI-värde = 8

5. Provsträckor

I kommande provsträckor som beskrivs har olika fraktioner av returafalt använts.

F betyder att bindemedlet från RA har föryngrats med Sylvaroad™ RP 1000.

Från asfaltverket i Vällsta (Vä) har fyra typer av returafalt använts med följande förkortningar:

- 16 FRA 0/11 kkv<7 Vä (Bitumen i RA har föryngrats från mjukpunkt 65°C till 55°C)
- 22 FRA 8/16 kkv<7 Vä (Bitumen i RA har föryngrats från mjukpunkt 55°C till 50°C)
- 22 RA 8/16 kkv<7 Vä (Bitumen i RA har mjukpunkt 55°C)
- 22 RA 8/16 Pmb kkv<7 Vä (Pmb kom från en 8 år gammal uppfräst väg med 40/100-75)

Vid provsträckan vid Birsta i Sundsvall (Su) har ett uppsorterat 8/16 granulat använts med följande benämning;

- 22 RA 8/16 kkv<7 Su (Bitumen i RA har mjukpunkt 54°C)

Det nya stenmaterialet som har använts i projekten i Stockholm och Sundsvall har analyserats några gånger löpande under året och analysresultaten tillsammans med Returafalts kulkvarnsvärde har sammanställts i tabell 2.

Tabell 2. Analyserade kulkvarnsvärden på stenmaterial.

Benämning	Analyserade kulkvarnsvärden (Vikt-%)
	Enskilda resultat
Kkv<7 Vällsta	4,2 ; 5,7 ; 5,3
22 RA 8/16 kkv<7 Vä	5,3
16 FRA 0/11 kkv<7 Vä	6,7
22 RA 8/16 Pmb kkv<7 Vä	5,6
Kkv<7 Sundsvall	5,2 ; 5,8
22 RA 8/16 kkv<7 Su	5,0 ; 4,5 ; 4,9

De ingående stenmaterialen i ABS-beläggningar med RA kan ha olika färger vilket visuellt kan ses på vägytan efter det att bindemedelshinnan nöts bort. I detta projekt har både det nya stenmaterialet och RA-stenen i vägarna i Stockholmsområde en liknande färg medan RA-stenmaterialet i Sundsvall är något rödare än det nytillsatta i Sundsvall, se figur 18.



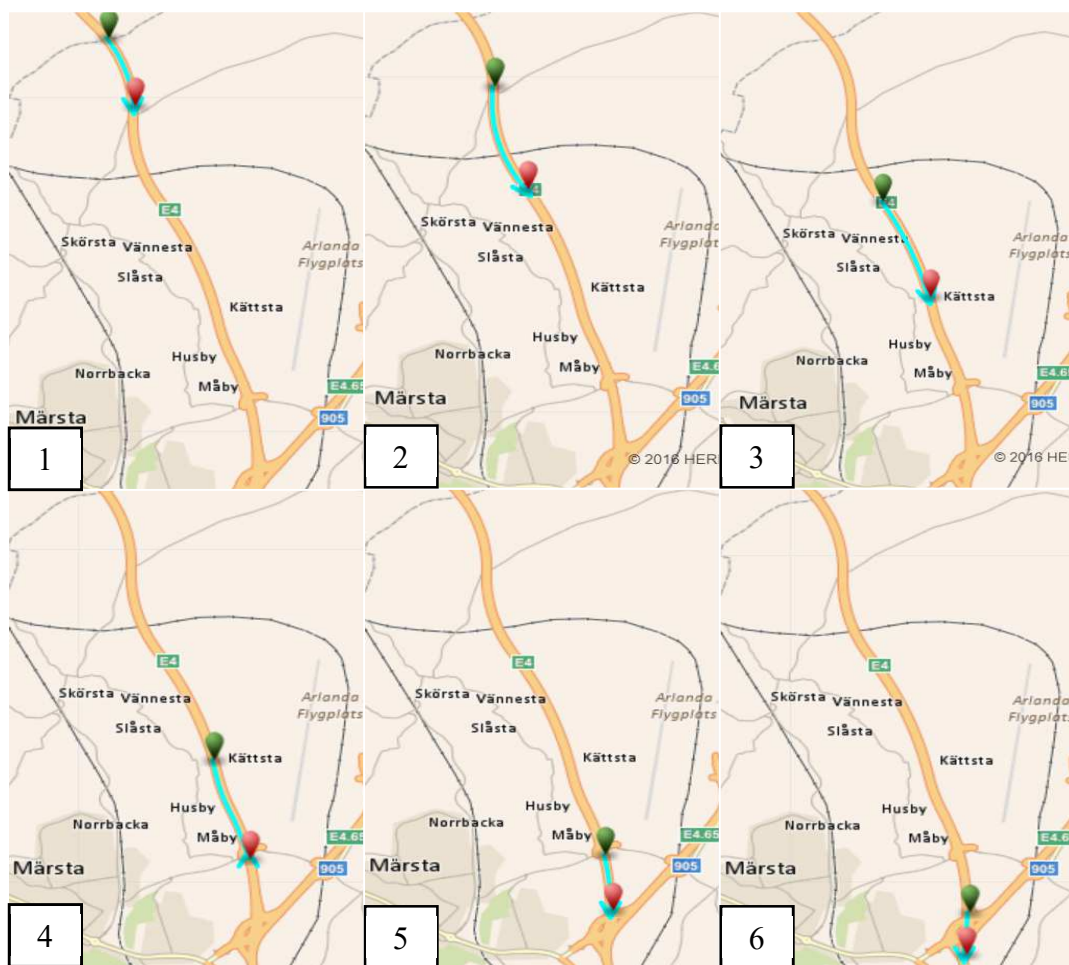
Figur 18. Färgskillnader på 11/16 fraktion vid inblandning 50 % RA

5.1 E4 K1 Länsgräns C-län – Arlanda

Längs E4 K1 söderut från Länsgräns C-län – Arlanda lades sex delsträckor i mitten av Juni 2018. Beläggningstypen var ABS16 70/100 kkv<7 med 0, 10 och 25 % returasfalt. Returasfalten var dels av sorten 16 FRA 0/11 kkv<7 Vä och dels av 22 RA 8/16 kkv<7 Vä. Tillsättningen har skett via parallelltrumma och asfaltmassorna tillverkades i Vällsta. Vägen där provsträckorna ligger antas ha en ÅDT på ca 15000 i K1 (PMSv3) varav den tunga trafiken är ca 1800 och hastigheter på 110 km/h är tillåtna. Den senaste åtgärden med TSK16 70/100 kkv<7 klarade 8 års livslängd. Vid utläggningen användes Shuttle Buggy och Cabola, ett snurrande tråg som ger homogenera beläggningar. Beläggningarna dokumenterades med värmekamera. Beläggningstyp, tidpunkt för utläggning och placering för respektive beläggningssektion presenteras i tabell 3 samt kartutdrag i figur 19.

Tabell 3. Beläggningssinformation för asfaltmassorna i sektion 1-6.

Sektion	Sträcka	Beläggningstyp	Datum
1	0-1480 m	ABS16 70/100 kkv<7 0% RA	2018-06-11
2	1480-3690 m	ABS16 70/100 kkv<7 10% 16 FRA 0/11 kkv<7 Vä	2018-06-12
3	3690-5870 m	ABS16 70/100 kkv<7 10% 22 RA 8/16 kkv<7 Vä	2018-06-13
4	5870-7970 m	ABS16 70/100 kkv<7 0% RA	2018-06-14
5	7970-9120 m	ABS16 70/100 kkv<7 25% 22 RA 8/16 kkv<7 Vä	2018-06-18
6	9120-10000 m	ABS16 70/100 kkv<7 0% RA	2018-06-18



Figur 19. De sex provsträckorna vid E4 K1 Länsgräns C-län – Arlanda.

Analyser

Samtliga analyser på bindemedelshalt och kornkurva för de olika delsträckorna visade stora likheter mot arbetsreceptet, se tabell 4. Detta visar att kompensationen från RA fungerat mycket bra. Även Marshallhålrumsalterna för samtliga beläggningar ligger jämnt kring intervallet 1,5-2,5 vol-%. Vid kontrollen av hålrumsalterna ute på vägen konstaterades att packningen fungerat väl och att hålrumsalterna låg mellan 1,5-2,5 vol-%.

Prall-analyserna på Marshall-provkroppar visade resultat under 20 ml förutom delsträcka 3 som låg strax över 20 ml. Motsvarande analyser på borrhärdar visade värden mellan 20-24 ml.

En mjukpunktsanalys utfördes där högst andel RA (25%) användes och resultaten blev ca 48°C vilket är mitt i spannet för bitumentyp 70/100. Asfaltverket i Vällsta blandar tillsatt nytt bitumen från 50/70 och 160/220 och målvärdet för mjukpunkt inklusive RA var satt till 47°C.

Delsträcka 6 är ytterligare en referenssträcka med 0% som togs med för kommande uppföljningar av spårdjupsmätningar och texturförändringar. Inte alla labundersökningar utfördes på denna delsträcka utan asfaltsammansättningen antogs vara densamma som övriga referenssträckor.

En sammanställning av labanalyserna för provsträckorna redovisas i nedanstående tabell 4.

Tabell 4. Analysresultat för sektion 1-6.

	Sektion	Arb.recept.	1	2	3	4	5	6
	Andel RA (%)		0	10	10	0	25	0
	BH (Vikt-%)	6,2	6,3	6,1	6,2	6,1	6,1	-
	Marshallhålrum (Vol-%)	2,6	2,0	-	2,2	1,6	2,5	-
Kornkurva	0,063	9,5	9,3	10,0	10,9	9,8	9,7	-
	0,5	15	17	16	17	16	18	-
	2	22	23	23	24	21	24	-
	4	25	27	27	29	27	26	-
	8	38	39	40	39	40	40	-
	16	94	97	96	96	97	93	-
	Prall - Marshall (ml)	<20	18	17	22	18	17	-
Prall - Beläggning (ml)	<24	20	20	20	24	22	-	
Hålrum i beläggning (Vol-%)	1,5-5,0	1,6	2,3	1,9	1,5	2,2	2,2	
Sektion:		0/209	3/368	3/997	6/290	8/966	9/412	
Mjukpunkt (°C)	43-54	47,0	-	-	-	47,8	-	

Deformationsegenskaper

Vid sträcka 4 med 0 % RA och sträcka 5 med 25 % RA undersöktes deformationsegenskaperna på de 80 mm översta asfaltlagren. Under ABS-lagret ligger en ABb22 70/100 som lades 1998.

Tabell 5. Wheeltrack-resultat.

Asfaltlager	Tjocklek	Wheeltrack-värde
Sektion 6/200		
ABS16 70/100 Kkv<7 0% RA	38 mm	
ABb22 70/100 från 1998	42 mm	
	80 mm	6,6 mm



Asfaltlager	Tjocklek	Wheeltrack-värde
Sektion 8/200		
ABS16 70/100 Kkv<7 25% RA	38 mm	
ABb22 70/100 från 1998	42 mm	
	80 mm	6,7 mm



Resultaten visar att asfaltbeläggningarna har samma deformationsegenskaper, ca 6,6 mm spår djup.

Resultaten kommer att användas i framtida uppföljning för att koppla mängden tung trafik samt spår djup under sommarperioden.

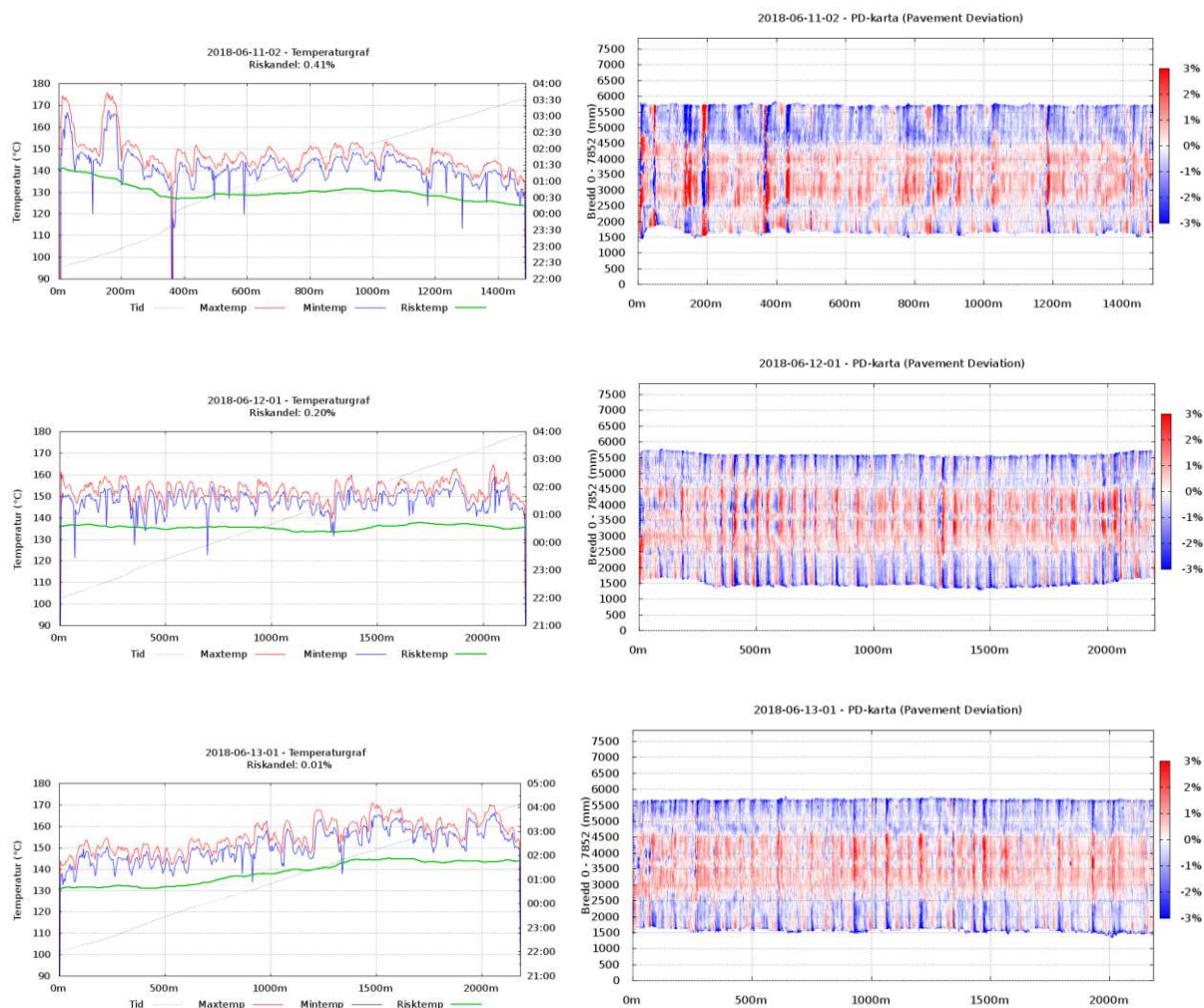
Homogenitet

I detta projekt utfördes mätningar med värmekamera genom dokumentation av riskandelar och PDI löpande längs provsträckorna. Överlag uppvisas en mycket bra homogenitet med låga riskandelar och låga PDI-värden. Vid läggning av provsträcka 6 blev det två större stopp vilket föranledde lokalt höga riskandelar och PDI-värden. En sammanställning av resultat visas i tabell 6.

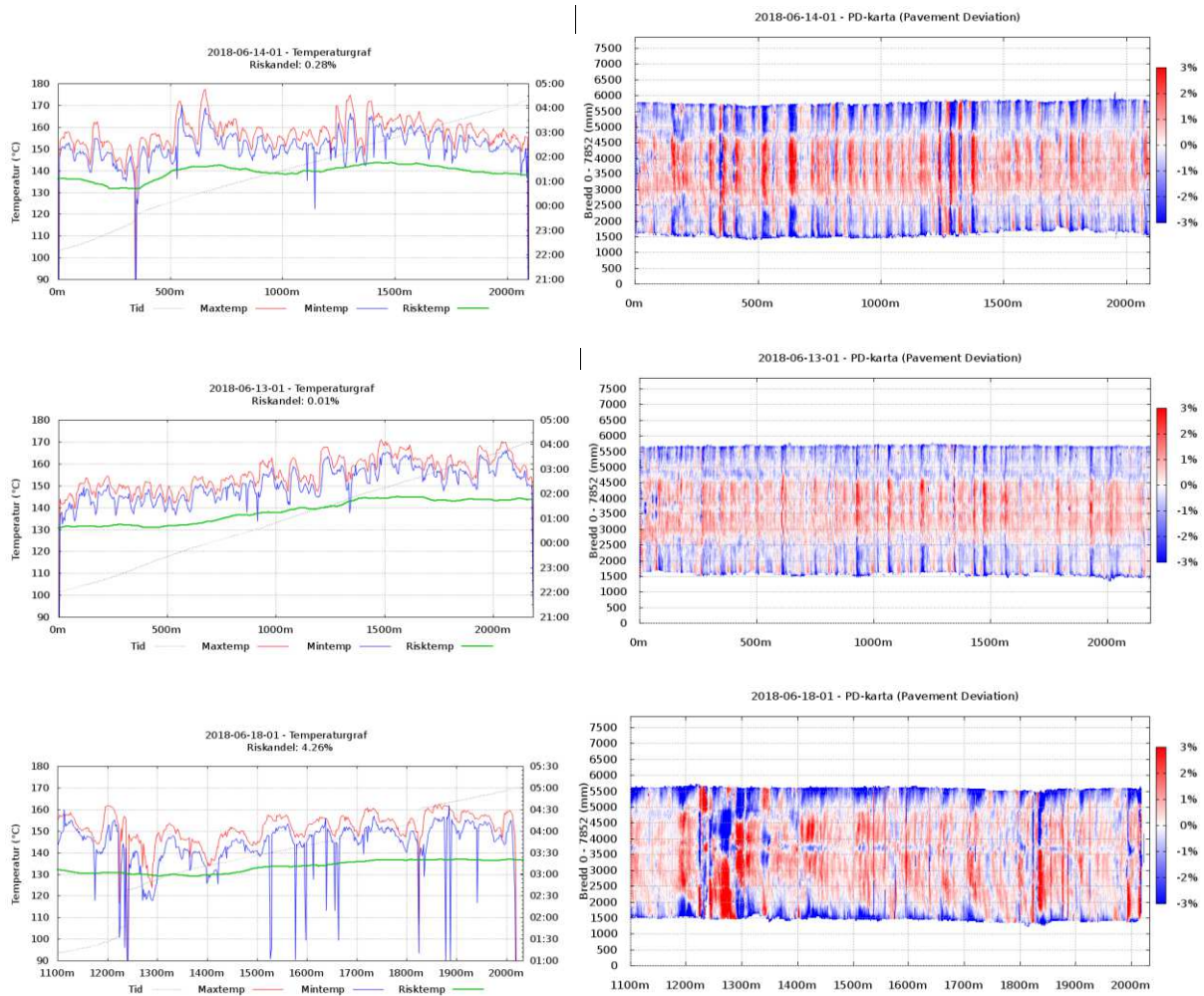
Tabell 6. Sammanställning av riskandelar och PDI : E4 K1 Länsgräns C-län - Arlanda.

Sektion	Andel returafalt	Riskandel	PDI
1	0%	0,41%	4,39
2	10%	0,20%	4,06
3	10%	0,01%	3,60
4	0%	0,28%	5,20
5	25%	0,01%	3,60
6	0%	4,26%	7,50

I figur 20 och figur 21 illustreras riskandelarna och PDI-bilden löpande längs provsträckorna.



Figur 20. Riskandelar och PDI för provsträckor 1-3.



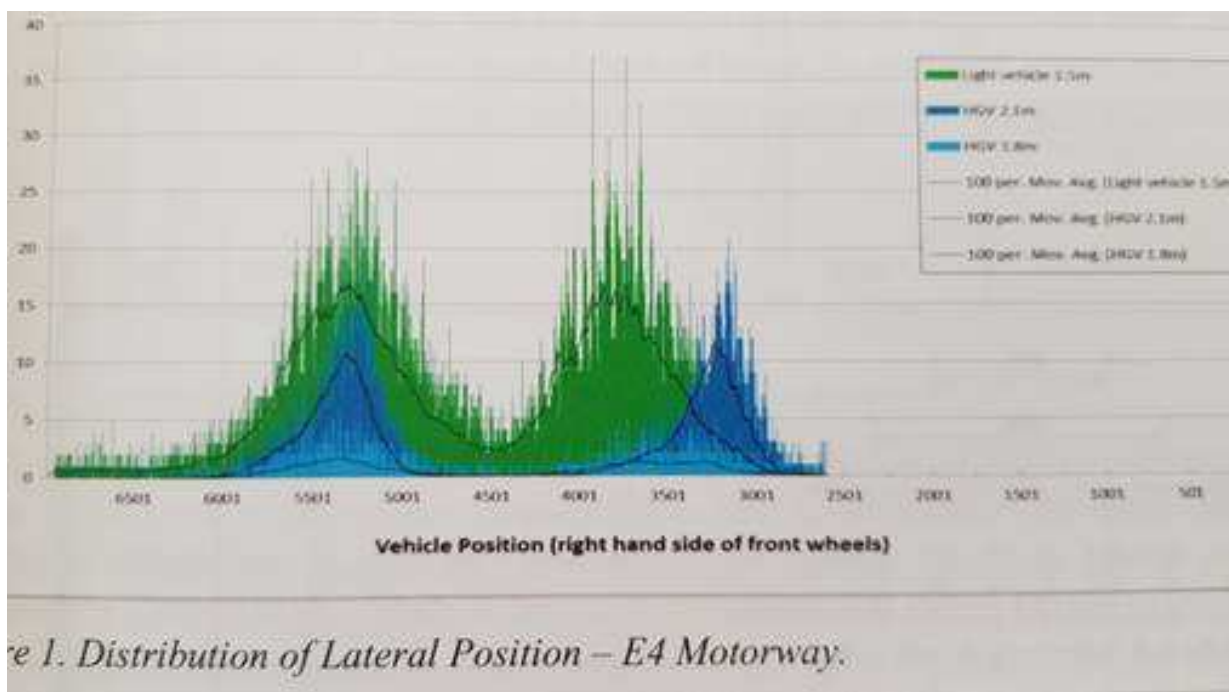
Figur 21. Riskandelar och PDI för provsträckor 4-6.

Fältmätning År 1

VTI utförde initiala mätningar med mätbil efter utförandet och även i början på maj 2019 för att se hur spårutvecklingen och texturen förändras efter en vintersäsong. Den första mätningen utfördes i slutet av juni vilket innebär att en viss del deformation från juli-sep kan avspeglas i spårdjupstillväxten.

Spårdjupstillväxten mellan de båda mättillfällena ligger kring 1,3-1,6 mm för de olika delsträckorna, se tabell 6. Ingen antydning om att spårdjupstillväxten blir högre med 25% RA i asfaltbelagningen.

Tillväxten i höger hjulspår är i stort sett obefintlig i dessa mätningar. En teoretisk förklaring kan vara att spårbredden skiljer sig mellan bilar och lastbilar. Oftast på en motorväg uppmäter man (se bild hämtad från VTI-rapport 892A) att vänster hjul på både bilar och lastbilar trafikerar samma spår medan höger hjulspår blir bredare.



Figur 22. Sidolägesförskjutning spårbredd motorvägssektion (Figur från VTI-Rapport 892A)

Makrotexturen (MPD) har minskat kraftigt från ca 1,3 ner till ca 0,9 i hjulspåren men ingen större skillnad mellan beläggningar med eller utan RA.

Tabell 7. Medelspårdjup (1m) och medel MPD (1m)

Mätning 0 = 2018-06-27 ; Mätning 1 = 2019-05-08								
Sektion	Längd	RA %	År	Medel Spår 15 (1 m) (mm)			Medel MPD (1 m) (mm)	
				max	vänster	Höger	vänster	Höger
0-1480	1480	0	0	2,4	1,9	1,6	1,31	1,16
			år1 vinter	3,7	3,6	1,7	0,86	0,81
Skillnad				1,3	1,7	0,1		
1480-3690	2210	10	0	2,6	2,1	1,4	1,28	1,33
			år1 vinter	3,9	3,8	1,5	0,85	0,89
Skillnad				1,3	1,7	0,1		
3690-5870	2180	10	0	3,5	2,6	1,9	1,31	1,33
			år1 vinter	4,9	4,7	1,8	0,87	0,87
Skillnad				1,4	2,1	-0,1		
5870-7970	2100	0	0	3,4	2,8	1,7	1,39	1,36
			år1 vinter	5,0	4,8	1,7	0,88	0,85
Skillnad				1,6	2,0	0,0		
7970-9120	1150	25	0	3,1	2,5	1,7	1,23	1,29
			år1 vinter	4,6	4,1	1,9	0,85	0,80
Skillnad				1,5	1,6	0,2		
9120-10000	880	0	0	2,8	2,2	1,7	1,31	1,32
			år1 vinter	4,3	3,7	2,0	0,91	0,82
Skillnad				1,5	1,5	0,3		

5.2 E18 K2 Danderyds k:a - Stocksundsbron

Tre provsträckor har lagts av beläggningstyp ABS16 40/100-75 med 0% RA, 25 % 22 RA 8/16 kv<7 Vä samt 25% 22 RA 8/16 Pmb kv<7 Vä. Tillsättningen har skett via parallelltrumma och asfaltmassorna tillverkades i Vällsta. Vägen där provsträckorna ligger antas ha en ÅDT på ca 21000 i K2 varav den tunga trafiken antas vara ca 700 i K2 och hastigheter på 90 km/h är tillåtna. Den senaste åtgärden med TSK16 70/100 kv<7 klarade 8 års livslängd. Vid utläggningen användes Shuttle Buggy och Cabola, ett snurrande tråg som ger homogenera beläggningar. Beläggningarna dokumenterades med värmekamera. Beläggningstyp, tidpunkt för utläggning och placering för respektive beläggningssektion presenteras i tabell 8 samt kartutdrag i figur 23.

Tabell 8. Beläggningssinformation för asfaltmassorna i sektion 7-9.

Sektion	Sträcka (VDB)	Beläggningstyp	Datum
7	79540 - 80690 m	ABS16 40/100-75 kv<7 25% 22 RA 8/16 PMB kv<7 Vä	2018-07-04
8	80690 - 81430 m	ABS16 40/100-75 kv<7 0% RA	2018-07-04
9	81430 -82140 m	ABS16 40/100-75 kv<7 25% RA 22 RA 8/16 kv<7 Vä	2018-07-05



Figur 23. Kartutdrag av de tre lagda provsträckorna vid E18 K2 Danderyds k:a - Stocksundsbron.

Analys

Samtliga analyser på bindemedelshalt och kornkurva för de olika delsträckorna visade stora likheter mot arbetsreceptet. Detta visar att kompensationen från RA fungerat mycket bra. Även Marshall-hållrumshalterna för samtliga beläggningar ligger jämnt kring intervallet 2,0-2,6 vol-%. Vid kontrollen av hållrumshalterna ute på vägen konstaterades att packningen fungerat väl och att hållrumshalterna låg mellan 1,5-2,5 vol-%.

Prall-analyserna på Marshall-provkroppar visade resultat under 20 ml på alla tre delsträckor vilket visar att samtliga beläggningar oavsett mängd RA har likvärdiga slitage-egenskaper enligt Prall. Motsvarande analyser på borrhärdar visade värden kring 20 ml.

Eftersom det var polymer-modifierat bitumen i ABS-beläggningarna så utfördes jämförande analyser med hjälp av DSR. Den ena parametern som jämföres var temperaturen då $|G^*|/\sin(\delta)$ är = 1 kPa, dvs. PG-klassificering av högtemperatur-egenskaper enligt Superpave. För att motstå permanenta deformationer ska bindemedlet vara både styvt och elastiskt. Den andra parametern som redovisas är temperaturen då $|G^*| * \sin(\delta)$ är = 5 MPa dvs. PG-klassificering av utmattnings-egenskaper enligt Superpave. Den viskösa delen av komplexmodulen $|G^*| * \sin(\delta)$ ska vara minimal.

Ett av syftena med denna provsträcka var att se vilken effekt vi får om vi blandar nytt Pmb med penetrationsbitumen eller Pmb från RA genom 25% tillsättning av Returasfalt. Eftersom RA 8/16 enbart innehåller ca 4% bitumen så ger 25% tillsatt RA ca 1,0 vikt-% tillfört bitumen från RA. Detta innebär att 5,2 vikt-% i blandningen är nytt Pmb. RA-bindemedlet ingår alltså med ca 17% av bitumen-blandningen.

Resultaten visar att båda parametrarna visar likvärdiga bitumen-egenskaper. Bindemedlen återvanns ur tillverkad asfaltmassa och som en jämförelse kan nämnas att DSR-analysen på Pmb 40/100-75 innan blandning gav resultatet 84/12 för de två parametrarna. Som en jämförelse utfördes även mjukpunktsmätningar på återvunnet bitumen och där konstateras att mjukpunkten försämras avsevärt jämfört mot originalbindemedlet som hade 77°C. Detta visar att mjukpunktsanalys efter återvinning med metylenklorid inte speglar bindemedlets faktiska egenskaper vilket istället DSR-analysen verkar göra.

En sammanställning av labanalyserna för provsträckorna redovisas i nedanstående tabell 9.

Tabell 9. Analysresultat för sektion 7-9.

	Sektion	Arb.recept.	7	8	9
	Andel RA (%)		25	0	25
	BH (Vikt-%)	6,2	6,2	6,3	6,2
	Marshallhålrum (Vol-%)	2,6	2,6	2,0	2,2
Kornkurva	0,063	9,5	9,5	10,7	8,6
	0,5	15	17	19	17
	2	22	23	26	23
	4	25	26	29	25
	8	38	40	40	40
	16	96	95	93	99
		Prall – Marshall (ml)	<20	17	19
	Prall – Beläggning (ml)	<20	19	20	-
	Hålrum i beläggning (Vol-%)	1,5-5,0	2,1	1,8	1,8
	Sektion:		79/692	81/220	82/100
	$ G^* /\sin(\delta)$ är = 1 kPa (°C)	84	84	82	82
	$ G^* * \sin(\delta)$ är = 5 MPa (°C)	12	14	12	14
	Mjukpunkt (°C)	77	64	60	60

Deformationsegenskaper

Vid alla sträckor undersöktes deformationsegenskaperna på de 80 mm översta asfaltlagren. Under ABS-lagret fanns varierande gamla asfaltlager.

Tabell 10. Wheeltrack-resultat.

Asfaltlager	Tjocklek	Wheeltrack-värde
Sektion 79/840		
ABS16 40/100-75 Kkv<7 25% PMB-RA	35 mm	
AG22 70/100 från 1998	45 mm	
	80 mm	4,1 mm



Asfaltlager	Tjocklek	Wheeltrack-värde
Sektion 80/840		
ABS16 40/100-75 Kkv<7 0% RA	35 mm	
SGJA samt fet ABT 16 från 1985	45 mm	
	80 mm	15 mm



Asfaltlager	Tjocklek	Wheeltrack-värde
Sektion 81/540		
ABS16 40/100-75 Kkv<7 25% RA	38 mm	
Fick ej upp tillräckligt tjockt av underliggande.	10 mm	



Resultaten visar att asfaltbeläggningarna har väldigt olika deformationsegenskaper, ca 4 mm spårdjup i sektionen med 25% Pmb-RA medan sträckan utan RA hade hela 15 mm spårdjup vilket orsakades av det bindemedelsrika lagret under ABS. För sista sträckan kunde ej tillräcklig tjocklek av underliggande lager borraras upp så ingen analys blev utförd.

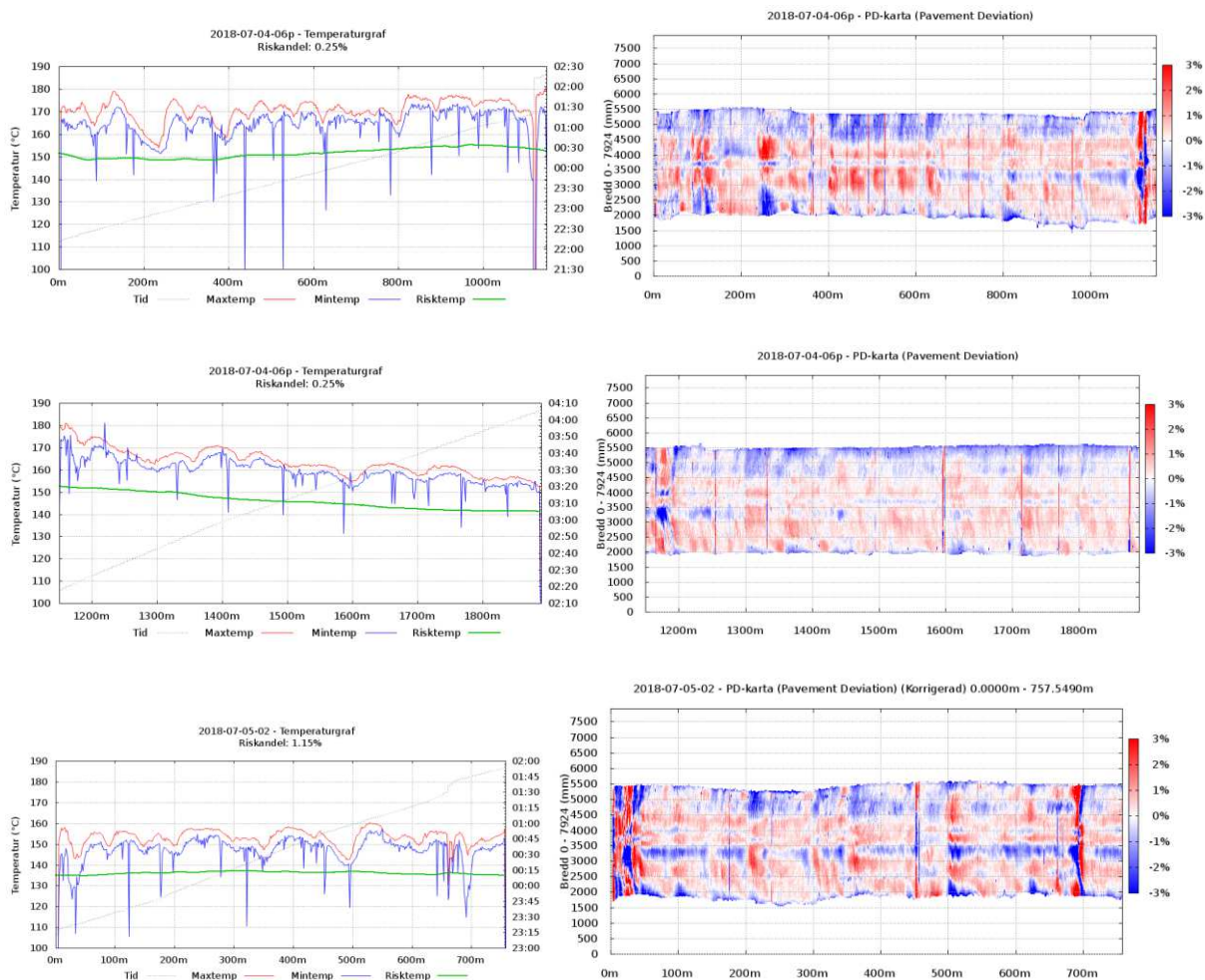
Homogenitet

I detta projekt utfördes mätningar med värmekamera genom dokumentation av riskandelar och PDI löpande längs provsträckorna, se figur 24.

Tabell 11. Sammanställning av riskandelar och PDI :E18 K2 Danderyds k:a – Stocksundsbron.

Sektion	Andel returafalt	Riskandel	PDI
7	25% 22 RA 8/16 PMB kkv<7 Vä	0,25%	4,11
8	0% RA	0,25%	2,86
9	25% 22 RA 8/16 kkv<7 Vä	1,15%	4,55

Överlag uppvisas en mycket bra homogenitet med låga riskandelar och låga PDI-värden men där delsträckan utan RA uppvisar lägre värden än med RA. Ett PDI värde på 2,9 är bland det bästa som uppmätts sedan mätningarna startades.



Figur 24. Riskandelar och PDI för provsträckor 7-9.

Fältmätning År 1

VTI utförde initiala mätningar med mätbil efter utförandet och även i början på Maj 2019 för att se hur spårutvecklingen och texturen förändras efter en vintersäsong. Den första mätningen utfördes i slutet av september vilket innebar att sommartrafiken trafikerade sträckorna 2 månader innan mätning.

Spår djupstillväxten mellan de båda mättillfällena ligger kring 1,2-1,6 mm för de olika delsträckorna, se tabell 12. Något lägre spår djup erhålls med 25% RA.

Med tanke på de dåliga deformationsegenskaperna som mättes upp för referenssträckan och att spår djupen inte skiljer sig bör innebära att väldigt lite tung trafik trafikerar K2 och att de allra flesta kör i K1.

Makrotexturen (MPD) har minskat från ca 1,3 ner till ca 1,1 i hjulspåren men ingen större skillnad mellan beläggningar med eller utan RA.

Tabell 12. Medelspår djup (1m) och medel MPD (1m)

Mätning 0 = 2018-09-24 ; Mätning 1 = 2019-05-08								
Sektion	Längd	RA %	År	Medel Spår 15 (1 m) (mm)			Medel MPD (1 m) (mm)	
				max	vänster	Höger	vänster	höger
79540-80690	1150	25	0	3,1	2,6	2,5	1,24	1,31
			år1 vinter	4,3	3,3	4,0	1,04	1,10
Skillnad				1,2	0,7	1,5		
80690-81430	740	0	0	3,4	2,7	2,8	1,23	1,23
			år1 vinter	5,0	3,5	4,6	1,10	1,13
Skillnad				1,6	0,8	1,8		
81430-82140	710	25	0	3,4	2,4	2,8	1,28	1,25
			år1 vinter	4,7	2,9	4,1	1,12	1,16
Skillnad				1,3	0,5	1,3		

5.3 E18 K1 Tpl Kallhäll - Stäket

Två provsträckor har lagts av beläggningstyp ABS16 40/100-75 och ABS16 70/100 med 10 % 22 RA 8/16 kkv<7 Vä. Syftet med jämförelsen är att se om spårbildningen blir mindre då ett styvare bitumen väljs i slitlagret med tanke på den tunga trafiken. Tillsättningen av RA har skett via parallelltrumma och asfaltmassorna tillverkades i Vällsta. Vägen där provsträckorna lagts antas ha ÅDT ca 18000 i K1 varav den tunga trafiken är ca 2500 och hastigheter på 90 km/h är tillåtna. Den senaste åtgärden med ABS16 70/100 kkv<7 klarade 11 års livslängd. Vid utläggningen användes Shuttle Buggy och Cabola, ett snurrande tråg som ger homogenera beläggningar. Beläggningarna dokumenterades med värmekamera. Beläggningstyp, tidpunkt för utläggning och placering för respektive beläggningssektion presenteras i tabell 13 samt kartutdrag i figur 25.

Tabell 13. Beläggningssinformation för asfaltmassorna i sektion 10 och 11.

Sektion	Sträcka (VDB)	Beläggningstyp	Datum
10	100560 - 101190 m	ABS16 40/100-75 kkv<7 10% 22 RA 8/16 kkv<7 Vä	2018-07-03
11	101190 - 101610 m	ABS16 70/100 kkv<7 10% 22 RA 8/16 kkv<7 Vä	2018-07-03



Figur 25. Kartutdrag av de två lagda provsträckorna vid E18 K1 Tpl Kallhäll - Stäket.

Analyser

Samtliga analyser på bindemedelshalt och kornkurva för de olika delsträckorna visade stora likheter mot arbetsreceptet. Marshall-hållrumshalterna för båda beläggningar blev 2,3 vol-%. Vid kontroll av hållrumshalterna ute på vägen konstaterades att packningen fungerat väl och att hållrumshalterna låg mellan 1,6-3,0 vol-%.

Prall-analyserna på Marshall-provkroppar visade resultat under 20 ml på båda delsträckorna. Motsvarande analyser på borrhärdar visade värden kring 22 ml.

En sammanställning av labanalyserna för provsträckorna redovisas i nedanstående tabell 14.

Tabell 14. Analysresultat för sektion 10 och 11.

	Sektion	Arb.recept	10	11
	Andel RA (%)		10	10
	BH (Vikt-%)	6,2	6,3	6,2
	Marshallhålrum (Vol-%)	2,6	2,3	2,3
Kornkurva	0,063	9,5	8,3	9,2
	0,5	15	16	17
	2	22	22	24
	4	25	24	27
	8	38	35	40
	16	96	91	93
		Prall – Marshall (ml)	<20	16
	Prall – Beläggning (ml)	<24	22	23
	Hålrums i beläggning (Vol-%)	1,5-5,0	3,6	3,0
	Sektion:		100/700	101/300

Deformationsegenskaper

Vid båda sträckorna undersöktes deformationsegenskaperna på de 80 mm översta asfaltlagren. Under ABS-lagret ligger en ABb22 70/100 som lades 2002.

Tabell 15. Wheeltrack-resultat.

Asfaltlager	Tjocklek	Wheeltrack-värde
Sektion 100/760		
ABS16 40/100-75 Kkv<7 10% RA	36 mm	
ABb22 70/100 från 2002	44 mm	
	80 mm	5,5 mm



Asfaltlager	Tjocklek	Wheeltrack-värde
Sektion 101/460		
ABS16 70/100 Kkv<7 10% RA	36 mm	
ABb22 70/100 från 2002	44 mm	
	80 mm	4,9 mm



Resultaten visar något överraskande att asfaltbeläggningarna i stort sett har samma deformationsegenskaper, ca 5mm spårdjup. Uppföljningarna med årliga spårmatningar får visa om vi får några skillnader i verkligheten.

Homogenitet

I detta projekt utfördes mätningar med värmekamera genom dokumentation av riskandelar och PDI löpande längs provsträckorna.

Tabell 16. Sammanställning av riskandelar och PDI: E18 K1 TPL Kallhäll-Stäketbron.

Sektion	Andel returafalt	Riskandel	PDI
10	10%	0,19%	4,29
11	10%	0,02%	3,50

I figur 26 illustreras riskandelarna och PDI-bilden löpande längs provsträckorna. Överlag uppvisas en mycket bra homogenitet med låga riskandelar och låga PDI-värden.



Figur 26. Riskandelar och PDI för provsträckor 10-11.

Fältmätning År 1

VTI utförde initiala mätningar med mätbil efter utförandet och även i början på Maj 2019 för att se hur spårutvecklingen och texturen förändras efter en vintersäsong. Den första mätningen utfördes i slutet av september vilket innebär att sommartrafiken trafikerade sträckorna 2 månader innan mätning.

Beläggningen med PMB har ca 1 mm mindre spår djup efter de första två månaderna.

Spår djupstillväxten under vinterperioden mellan de båda mättillfällena ligger kring 1,0-1,2 mm för de olika delsträckorna, se tabell 17.

Makrotexturen (MPD) har minskat mindre för PMB-beläggningen jämfört med 70/100-beläggningen.

Tabell 17. Medelspår djup (1m) och medel MPD (1m)

Mätning 0 = 2018-09-24 ; Mätning 1 = 2019-05-08								
Sektion	Längd	RA %	År	Medel Spår 15 (1 m) (mm)			Medel MPD (1 m) (mm)	
				max	vänster	Höger	vänster	höger
100560-101190	650	10	0	2,7	2,5	1,4	1,21	1,04
			år1 vinter	3,9	3,7	1,5	1,00	0,94
Skillnad				1,2	1,2	0,1		
101190-101610	300	10	0	3,9	3,5	1,5	1,14	1,07
			år1 vinter	4,9	4,5	2,1	0,84	0,84
Skillnad				1,0	1,0	0,6		

5.4 V73 K1 Tidbäcksbron – Trångsund (söderut)

Två provsträckor har lagts av beläggningstyp ABS16 70/100 med 0 % samt 50 % 22 FRA 8/16 kkV<7 Vä. Tillsättningen av RA har skett via parallelltrumma och där bindemedlet från RA har förnygrats med Sylvaroad™ RP 1000. Asphaltmassorna tillverkades i Vällsta. Vägen där provsträckorna lagts har ÅDT ca 20000 i K1 varav den tunga trafiken är ca 3700 och hastigheter på 90 km/h är tillåtna. Den senaste åtgärden med ABS16 50/70 kkV<7 klarade 6 års livslängd. Vid utläggningen användes ingen Shuttle Buggy. Beläggningstyp, tidpunkt för utläggning och placering för respektive beläggningssektion presenteras i tabell 18 samt kartutdrag i figur 27.

Tabell 18. Beläggningssinformation för asphaltmassorna i sektion 12-14.

Sektion	Sträcka (VDB)	Beläggningstyp	Datum
12	7160 - 7460 m	ABS16 70/100 kkV<7 0% RA	2018-10-16
13	7470 - 7820 m	ABS16 70/100 kkV<7 50% 22 FRA 8/16 kkV<7 Vä	2018-10-16
14	7820 - 8425 m	ABS16 70/100 kkV<7 0% RA	2018-10-16



Figur 27. Kartutdrag av tre lagda provsträckorna vid Väg 73 K1 Tidbäcksbron - Trångsund

Analyser

Samtliga analyser på bindemedelshalt och kornkurva för de olika delsträckorna visade klara likheter mot arbetsreceptet trots 50% RA tillsättning. Marshall-hålrumsalterna för båda beläggningar blev 2,4 resp 2,5 vol-% . Vid kontrollen av hålrumsalterna ute på vägen konstaterades att båda ytorna låg kring 4 vol-%.

Prall-analyserna på Marshall-provkroppar visade resultatet 21 ml på båda delsträckorna vilket visar att stenmaterialet från 50% inblandning av RA har goda slitageegenskaper. Motsvarande analyser på borrhärdar visade värden kring 22 ml.

En mjukpunktsanalys utfördes där andel RA var 50% och resultaten blev ca 47°C vilket är mitt i spannet för bitumentyp 70/100. Asphaltverket i Vällsta blandar tillsatt nytt bitumen från 50/70 och 160/220 och målvärdet för mjukpunkt inklusive förnygrad returafalt (FRA) var 47°C.

En sammanställning av labanalyserna för provsträckorna redovisas i nedanstående tabell 19.



Figur 28. Packning av ABS 16 70/100 med 50%RA.

Tabell 19. Analysresultat för sektion 12 -14.

Sektion		Arb.recept	12	13	14
Andel RA (%)			0	50	0
BH (Vikt-%)		6,2	6,1	6,3	-
Marshallhålrum (Vol-%)		2,6	2,5	2,4	-
Kornkurva	0,063	9,5	8,4	7,8	-
	0,5	15	15	15	-
	2	22	22	21	-
	4	25	24	25	-
	8	38	37	42	-
	16	94	94	96	-
	Prall – Marshall (ml)	<20	21	21	-
Hålrum i beläggning (Vol-%)		1,5-5,0	4,4	3,7	-
Sektion:			7/360	7/550	
Mjukpunkt (°C)		43-54		47,4	

Deformationsegenskaper

Vid båda sträckorna undersöktes deformationsegenskaperna på de 80 mm översta asfaltlagren. Under ABS-lagret ligger en ABT-beläggning som lades på 80-talet.

Tabell 20. Wheeltrack-resultat.

Asfaltlager	Tjocklek	Wheeltrack-värde
Sektion 7/410		
ABS16 70/100 Kkv<7 0% RA	35 mm	
ABT från 80-talet	45 mm	
	80 mm	9,7 mm



Asfaltlager	Tjocklek	Wheeltrack-värde
Sektion 7/660		
ABS16 70/100 Kkv<7 50% RA	35 mm	
ABT från 80-talet	45 mm	
	80 mm	9,2 mm



Resultaten visar att asfaltbeläggningarna har samma deformationsegenskaper, ca 9-10 mm spår djup.

Fältmätning År 1

VTI utförde initiala mätningar med mätbil efter utförandet och även i början på Maj 2019 för att se hur spårutvecklingen och texturen förändras efter en vintersäsong. Den första mätningen utfördes i slutet av november ca 2 veckor efter utförandet. Det totala spår djupet är ca 3 mm för samtliga beläggningar vilket visar att inblandning av 50% RA hittills gett samma egenskaper, se tabell 21.

Makrotexturen (MPD) efter 1 vintersäsong är mellan 1,1-1,3 mm med något lägre värde för beläggning med RA.

Tabell 21. Medelspår djup (1m) och medel MPD (1m)

Mätning 0 = 2018-11-06 ; Mätning 1 = 2019-05-08								
Sektion	Längd	RA %	År	Medel Spår 15 (1 m) (mm)			Medel MPD (1 m) (mm)	
				max	vänster	Höger	vänster	höger
7160-7460	300	0	0	1,7	1,4	1,5	1,52	1,65
			år1 vinter	3,0	2,0	3,0	1,21	1,29
Skillnad				1,3	0,6	1,5		
7460-7820	360	50	0	1,6	1,1	1,5	1,24	1,43
			år1 vinter	3,1	1,7	3,1	1,11	1,22
Skillnad				1,5	0,6	1,6		
7820-8425	600	0	0	2,0	1,8	1,4	1,57	1,56
			år1 vinter	2,8	2,5	2,4	1,25	1,30
Skillnad				0,8	0,7	1,0		

5.5 E20 K1 Hallunda södergående

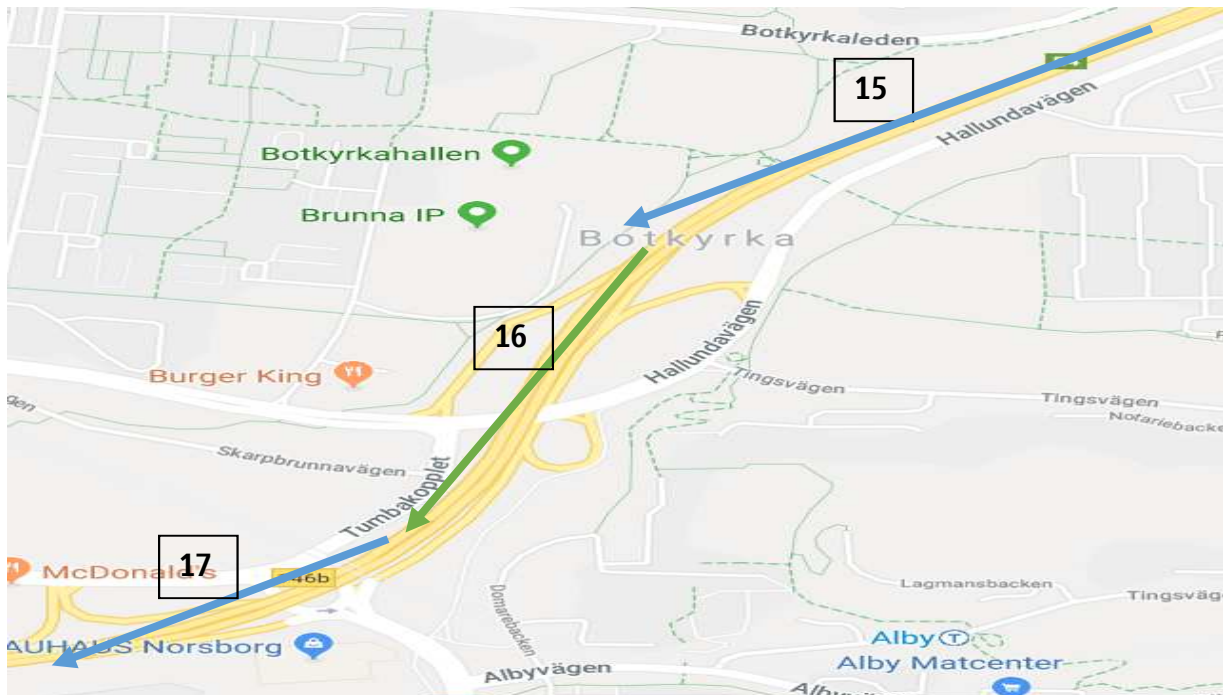
Två provsträckor har lagts av beläggningstyp ABS16 50/70 med 0 % samt 25 % 22 RA 8/16 kkv<7 Vä. Returasfalten fraktades till Södertälje asfaltverk, se figur 29, där tillsättningen av RA har skett kallt direkt ner i blandaren. Vägen där provsträckorna lagts antas ha ÅDT ca 10000 i K1 varav den tunga trafiken antas vara ca 3000 (PMSv3) och hastigheter på 90 km/h är tillåtna. Den senaste åtgärden med ABD16 PMB kkv<5 klarade 8 års livslängd inkl några förseglingar. Vid utläggningen användes Shuttle Buggy. Beläggningarna dokumenterades med värmekamera. Beläggningstyp, tidpunkt för utläggning och placering för respektive beläggningssektion presenteras i tabell 22 samt kartutdrag i figur 30.



Figur 29. Upplag vid Södertälje asfaltverk med 22 RA 8/16 kkv<7 Vä.

Tabell 22. Beläggningssinformation för asfaltmassorna i sektion 15-17.

Sektion	Sträcka	Beläggningstyp	Datum
15	62450-63100	ABS16 50/70 kkv<7 0% RA	2018-10-23
16	63100-63400	ABS16 50/70 kkv<7 25% RA 22 RA 8/16 kkv<7 Vä	2018-10-23
17	63400-63720	ABS16 50/70 kkv<7 0% RA	2018-10-23



Figur 30. Kartbild över provsträckor K1 Hallunda södergående

Analyser

Samtliga analyser på bindemedelshalt och kornkurva för de olika delsträckorna visade stora likheter mot arbetsreceptet. Marshall-hållrumshalterna för båda beläggningar blev väldigt lika 2,6 resp 2,4 vol-% . Vid kontrollen av hållrumshalterna ute på vägen konstaterades att båda ytorna låg kring 4 vol-%. Vid den sista referens-delsträckan utfördes inga analyser.

Prall-analyserna på Marshall-provkroppar visade resultatet 20 ml på båda delsträckorna vilket visar att stenmaterialet från 25% inblandning av RA har goda slitageegenskaper.

En mjukpunktsanalys utfördes där högst andel RA (25%) användes och resultaten blev ca 50°C vilket är mitt i spannet för bitumentyp 50/70. Asfaltverket i Södertälje har tillsatt 50/70 med mjukpunkt 50°C och teoretiskt skulle bitumenblandningen ha resulterat i 51°C .

En sammanställning av labanalyserna för provsträckorna redovisas i nedanstående tabell 23.

Tabell 23. Analysresultat för sektion 15-17

Sektion		Arb.recept	15	16	17
Andel RA (%)			0	25	0
BH (Vikt-%)		6,0	6,3	6,2	-
Marshallhålrum (Vol-%)		2,5	2,6	2,4	-
Kornkurva	0,063	9,5	8,7	8,1	-
	0,5	15	16	17	-
	2	22	22	24	-
	4	25	23	25	-
	8	38	35	38	-
	16	96	94	98	-
	Prall – Marshall (ml)	<20	20	20	-
Hålrum i beläggning (Vol-%)		1,5-5,0	4,4	3,8	-
Sektion:			62/700	63/200	
Mjukpunkt (°C)		46-57		50,4	

Deformationsegenskaper

Vid båda sträckorna undersöktes deformationsegenskaperna på de 80 mm översta asfaltlagren. Under ABS-lagret ligger en ABb22 40/100-75 som lades samtidigt.

Tabell 24. Wheeltrack-resultat.

Asfaltlager	Tjocklek	Wheeltrack-värde
Sektion 63/200		
ABS16 50/70 Kkv<7 25% RA	40 mm	
ABb 22 40/100-75	40 mm	
	80 mm	4,0 mm



Asfaltlager	Tjocklek	Wheeltrack-värde
Sektion 63/500		
ABS16 50/70 Kkv<7 0% RA	40 mm	
ABb 22 40/100-75	40 mm	
	80 mm	4,4 mm



Resultaten visar att båda asfaltbeläggningarna har ca 4 mm deformation.

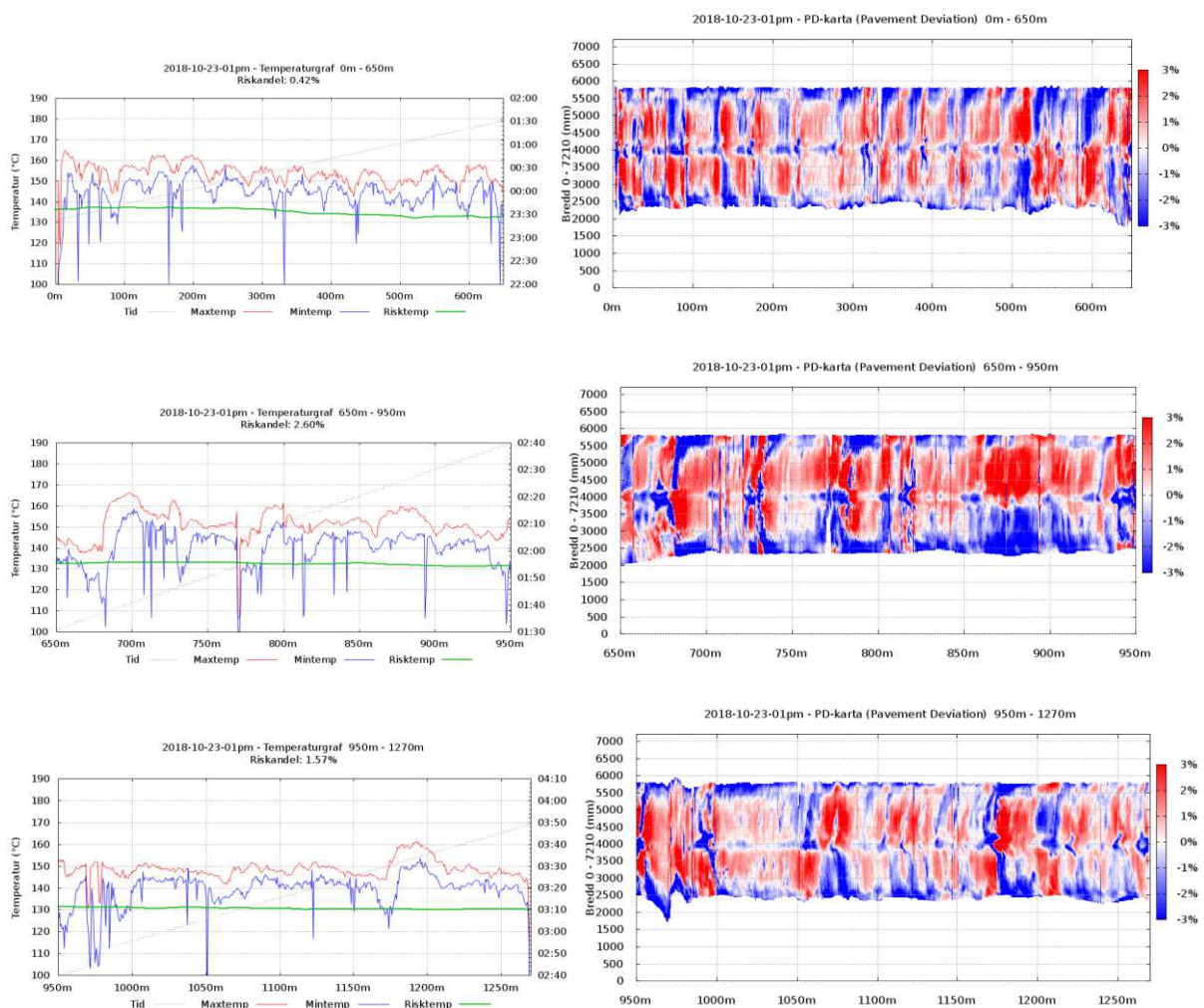
Homogenitet

I detta projekt utfördes mätningar med värmekamera genom dokumentation av riskandelar och PDI löpande längs provsträckorna, se tabell 25.

Tabell 25. Sammanställning av riskandelar och PDI :E4 K1 Hallunda södergående.

Sektion	Andel returafalt	Riskandel	PDI
15	0% RA	0,42%	7,82
16	25% 22 RA 8/16 kv<7 Vä	2,60%	9,65
17	0% RA	1,57%	7,89

I figur 31 illustreras riskandelarna och PDI-bilden löpande längs provsträckorna. Överlag uppvisas en sämre homogenitet och relativt höga Riskandelar och PDI-värden. Om detta hade varit ett bonus/vites-projekt enligt figur 15 hade sträckan med RA klassats som ett neutralt förväntat objekt med ingen bonus och inget vite medan övriga ytor hade erhållits bonus.



Figur 31. Riskandelar och PDI för provsträckor 7-9.

Fältmätning År 1

VTI utförde initiala mätningar med mätbil efter utförandet och även i början på Maj 2019 för att se hur spårutvecklingen och texturen förändras efter en vintersäsong. Den första mätningen utfördes i slutet av november ca 2 veckor efter utförandet. Det totala spår djupet är ca 3 mm för samtliga beläggningar vilket visar att inblandning av 25% RA kallt hittills gett samma egenskaper som med 0% RA, se tabell 26.

Nötningen under vintern har varit mycket låg (0,2-0,8 mm) vilket indikerar att de flesta bilarna lägger sig i K2 och K3 medan den tunga trafiken är i K1.

Makrotexturen (MPD) efter 1 vintersäsong är mellan 1,3-1,5 mm och ingen större skillnad med eller utan RA.

Tabell 26. Medelspår djup (1m) och medel MPD (1m)

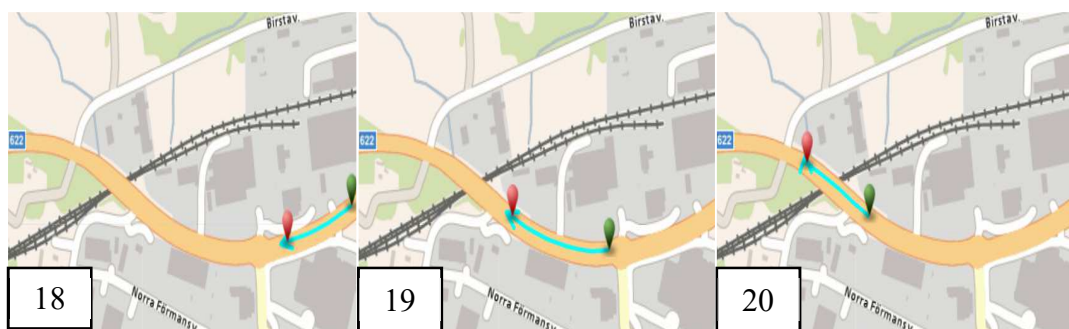
Mätning 0 = 2018-11-06 ; Mätning 1 = 2019-05-08								
Sektion	Längd	RA %	År	Medel Spår 15 (1 m) (mm)			Medel MPD (1 m) (mm)	
				max	vänster	Höger	vänster	höger
62450-63100	650	0	0	2,4	1,7	1,6	1,48	1,48
			år1 vinter	3,2	2,6	2,3	1,36	1,34
Skillnad				0,8	0,9	0,7		
63100-63400	300	25	0	2,6	1,5	2,1	1,55	1,47
			år1 vinter	3,1	2,1	2,7	1,37	1,33
Skillnad				0,5	0,6	0,6		
63400-63720	320	0	0	2,6	1,7	1,6	1,50	1,58
			år1 vinter	2,8	1,9	1,7	1,42	1,49
Skillnad				0,2	0,2	0,1		

5.6 622-1, Vsk Birstavägen - Vsk 622.1

Tre provsträckor har lagts av beläggningstyp ABS16 70/100 kkv<7 med 0, 25 och 50 % 22 RA 8/16 kkv<7 Su. Tillsättningen har skett via ringtrumma och asfaltmassorna tillverkades i Sundsvall. Vägen där provsträckorna lagts har ÅDT 10500 och hastigheter på 50 km/h är tillåtna. Vid utläggningen användes ingen Shuttle Buggy. Beläggningstyp, tidpunkt för utläggning och placering för respektive beläggningssektion presenteras i tabell 27 samt kartutdrag i figur 32.

Tabell 27. Beläggningssinformation för asfaltmassorna i sektion 14-16.

Sektion	Sträcka	Beläggningstyp	Datum
18	3120- 3320m	ABS16 100/150 kkv<7 50% 22RA8/16 kkv<7 Su	2018-08-14
19	3440-3720m	ABS16 100/150 kkv<7 25% 22RA8/16 kkv<7 Su	2018-08-14
20	3720-3920m	ABS16 100/150 kkv<7 0% RA	2018-08-14



Figur 32. Kartutdrag av de tre lagda provsträckorna vid 622-1, Vsk Birstavägen - Vsk 622.1 .



Figur 33. V 622-1, Vsk Birstavägen

Analyser

I tabell 28 nedan presenteras labanalyserna för de tre provsträckorna. Kornkurvorna för samtliga sträckor visar samstämmighet mot arbetsrecept. Bindemedelhalten för sektion 19 med 25% RA är 0,5% lägre än recept och samtidigt är Marshallhålrumet på 4,0 vol-%. Kurvan är överlag lite grövre så det kan bero på en separation vid provtagningen. Vid kontroll av hålrumshalten ute på vägen hade denna sektion lägst hålrum. Prallresultaten var klart under 20 ml vilket innebär goda slitageegenskaper.

Bindemedlets mjukpunkt analyserades på uttagna massaprover för samtliga sektioner och resultaten blev som förväntade. Asfaltverket kompenserade inte med mjukare bitumen vid användning av 50% RA utan kvalitet 100/150 tillsattes. Kravet enligt Tdok 2013:0529 ver 3 är att mjukpunkten skall ligga inom spannet 39-51 och vid 50% tillsatt RA blev mjukpunkten ca 47 °C.

DSR-analyser utfördes och när $|G^*| \cdot \sin(\delta)$ är = 5 MPa blev resultatet 12 °C vid 0% RA och upp till 14 °C vid 50% RA. Vid högttemperatursidan när $|G^*|/\sin(\delta)$ är = 1 kPa blev resultatet 64 °C vid 0% RA och upp till 70 °C vid 50% RA.

Tabell 28. Analysresultat för sektion 18-20

Sektion		Arb.recept	18	19	20
Kornkurva	Andel RA (%)		50	25	0
	BH (Vikt-%)	6,10	5,84	5,60	6,19
	Marshallhålrum (Vol-%)	2,1	2,9	4,0	2,3
	0,063	9,0	8,7	9,1	9,0
	0,5	17	16	15	17
	2	25	21	22	24
	4	32	28	29	30
	8	42	40	37	37
	16	95	96	96	94
	Prall – Marshall (ml)	<20	16	18	17
	Hålrum i beläggning (Vol-%)	1,5-5,0	4,6	3,3	4,3
	Sektion:		3/810	3/460	3/285
	$ G^* /\sin(\delta)$ är = 1 kPa (°C)	60	70	68	64
	$ G^* \cdot \sin(\delta)$ är = 5 MPa (°C)	12	14	12	12
Mjukpunkt (°C)	39-51	46,8	44,0	43,0	

Fältmätning År 1

VTI utförde initiala mätningar med mätbil efter utförandet och även i slutet på Juni 2019 för att se hur spårutvecklingen och texturen förändras efter en vintersäsong. Den första mätningen utfördes i början på november ca 3 månader efter utförandet. Beläggningen med 50% RA har större spårillväxt än de övriga sektionerna, se tabell 29. Denna del av sträckan har betydligt mer trafik eftersom många svänger av i Rondellen ner mot köpcentrum.

Makrotexturen (MPD) efter 1 vintersäsong är mellan 1,0-1,3 mm där lägst värden erhålls i beläggningen utan RA.

Utvärderingen i provvägsmaskinen gällande slitageegenskaper kommer ge en bättre jämförelse då antalet överfarer med dubbade däck blir desamma.

Tabell 29. Medelspår djup (1m) och medel MPD (1m)

Mätning 0 = 2018-11-01 ; Mätning 1 = 2019-05-08								
Sektion	Längd	RA %	År	Medel Spår 15 (1 m) (mm)			Medel MPD (1 m) (mm)	
				max	vänster	Höger	vänster	höger
3120-3320	200	50	0	1,7	1,2	1,6	1,13	1,11
			år1 vinter	3,0	1,2	3,0	1,10	1,21
Skillnad				1,3	0,0	1,4		
3440-3720	280	25	0	2,1	1,5	1,5	1,25	1,29
			år1 vinter	2,4	1,6	1,7	1,18	1,31
Skillnad				0,3	0,1	0,2		
3720-3920	200	0	0	1,5	1,3	1,3	1,15	1,20
			år1 vinter	1,5	1,1	1,3	0,97	1,11
Skillnad				0,0	0,2	0,0		

6.Slutsatser

Genom att sortera returafalten till en grövre fraktion kan höga andelar tillsättas en ABS 16-beläggning. I detta försök har upp till 50% returafalt kunnat tillsättas utan att kornstorleksfördelningen förändrats jämfört mot ursprungligt arbetsrecept.

Bindmedelsegenskaperna har kunnat återskapats trots hög andel returafalt, dels genom bitumenkompensation och dels genom föryngring av returafaltens bindemedel.

Slitageegenskaperna hos den färdiga beläggningen har genom noggrann kontroll och undersökning av returafaltens stenmaterial kunnat påvisas bli minst lika bra med 50% tillsättning av returafalt som utan tillsättning.

Tillsättning av uppsorterad returafalt har kunnat ske med en halt av 50% för asfaltverk med parallelltrumma samt ringtillsättning. För kalltillsättning av returafalt ner i blandaren har 25% returafalt kunnat tillsättas.

De initiala spårmätningarna efter 1 vintersäsong visar att sträckorna med höga halter av returafalt presterar likvärdigt som de utan returafalt.

Bilagor

SKANSKA

Skanska Asfalt och Betong AB
Asfaltverket Vällsta
 Rydholmsvägen 3
 194 91 Upplands Väsby

Deklaration av asfaltgranulat baserat på
SS- EN 13108-8:2005
 Vägmateriäl – Asfaltmassor – Materialspecifikationer
 Del 8: Återvunnen asfalt

16 RA 0/11 kkv<7 Vä

Utfärdat datum	171201							
Bindemedelshalt, penetrations bindemedel	5,8	Vikt-%						
Bindemedels egenskaper								
Mjukpunkt ursprung	S_{66}							
Mjukpunkt Föryngrad RC 3% Sylvaroad	S_{66}							
Mjukpunkt Föryngrad RC 4% Sylvaroad	S_{66}							
Mjukpunkt Föryngrad RC 5% Sylvaroad	S_{63}							
Mjukpunkt Föryngrad RC 6% Sylvaroad	S_{60}							
Kornstorlek								
Ovre kornstorleksgräns	D_{16}	mm						
Maximal partikelstorlek	U_{11}	mm						
Typ av ballast								
Motstånd mot nötning från dubbdäck	$A_{N<7}$	6,7-7,2						
Komdensitet	2,70	g/cm ³						
Främmande material	F1							
Polyaromatiska kolväten	<70	16 ppm 16-PAH						
Sikt, mm	0,063	0,5	2	4	8	11,2	16	22,4
Deklarerad kornkurva	11	28	47	61	83	96	100	100

SKANSKA

Skanska Industrial Solutions AB
Asfaltverket Vällsta
 Rydholmsvägen 3
 194 91 Upplands Väsby

Deklaration av asfaltgranulat baserat på

SS- EN 13108-8:2005

Vägmateriäl – Asfaltmassor – Materialspecifikationer
 Del 8: Återvunnen asfalt

22 RA 8/16 kkV<7 Vä

Utfärdat datum	180611								
Bindemedelshalt, penetrations bindemedel	4,3								Vikt-%
Bindemedels egenskaper									
Mjukpunkt ursprung	S ₅₅								
Mjukpunkt Föryngrad RC 1% Sylvaroad	S ₅₃								
Mjukpunkt Föryngrad RC 2% Sylvaroad	S ₅₀								
Mjukpunkt Föryngrad RC 3% Sylvaroad	S ₄₇								
Kornstorlek									
Övre kornstorleksgräns	D ₂₂								mm
Maximal partikelstorlek	U ₁₀								mm
Typ av ballast									
Motstånd mot nötning från dubbdäck	A _N <7								5,3
Korndensitet	2,60								g/cm ³
Främmande material	F1								
Polyaromatiska kolväten	<70								15 ppm 16-PAH
Sikt, mm	0,063	0,5	2	4	8	11,2	16	22,4	
Deklarerad kornkurva	8	15	20	23	37	65	100	100	

SKANSKA

Skanska Asfalt och Betong AB
Asfaltverket Vällsta
 Rydholmsvägen 3
 194 91 Upplands Väsby

Deklaration av asfaltgranulat baserat på
SS- EN 13108-8:2005
 Vägmateriel – Asfaltmassor – Materialspecifikationer
 Del 8: Återvunnen asfalt

22 RA 8/16 kv<7 PMB Vä

Utfärdat datum	180611								
Bindemedelshalt, penetrations bindemedel	4,0								Vikt-%
Bindemedels egenskaper									
Mjukpunkt ursprung	S ₆₄								Elastisk återgång 60%
Mjukpunkt Föryngrad RC 1% Sylvaroad	S								
Mjukpunkt Föryngrad RC 2% Sylvaroad	S								
Mjukpunkt Föryngrad RC 3% Sylvaroad	S								
Kornstorlek									
Övre kornstorleksgräns	D ₂₂								mm
Maximal partikelstorlek	U ₁₆								mm
Typ av ballast									
Motstånd mot nötning från dubbdäck	A _N <7								5,6
Korndensitet	2,70								g/cm ³
Främmande material	F1								
Polyaromatiska kolväten	<70								12 ppm 16-PAH
Sikt, mm	0,063	0,5	2	4	8	11,2	16	22,4	
Deklarerad kornkurva	7	12	16	18	24	47	100	100	

SKANSKA

Skanska Industrial Solutions AB

Asfaltverket Sundsvall

1162-CPR-0582

Deklaration av asfaltgranulat baserat på

SS- EN 13108-8:2016

Vägmateriel – Asfaltmassor – Materialspecifikationer

Del 8: Återvunnen asfalt

22 RA 8 / 16

Utfärdat datum	2018-07-05								
Märkning	RA1801	15000 ton							
Bindemedelshalt, penetrations bindemedel	5,3							Vikt-%	
Återvunnen asfalt kompaktdensitet	2,418							Mg/m ³	
Bindemedels egenskaper									
o Mjukpunkt (RA _{Max})	S	54,2							°C
- Förynggrad RA med 2% Syvaroad		49							°C
- Förynggrad RA med 3%		46							°C
- Förynggrad RA med 4%		44							°C
- Förynggrad RA med 5%		41							°C
- Förynggrad RA med 6%		39							°C
o Penetration	P	x 0,1							mm
o Viskositet	V	@ 60							°C
Kornstorlek									
o Övre kornstorleksgräns	D	22							mm
o Maximal partikelstorlek	U	16							mm
Ballast kvalitet									
o Motstånd mot nötning från dubbdäck	A _N	Kkv ≤ 7							Vikt-%
o Korndensitet	ρ _s	2,62							Mg/m ³
Övrig									
Främmande material	F ₁								Vikt-%
Polyaromatiska kolväten	< 70	1,6							ppm 16-PAH
Sikt, mm	0,063	0,5	2	4	8	11,2	16	22,4	
Deklarerad kornkurva	9,5	16	22	27	46	73	98	100	

515