

**Återvinning av krossad asfaltbeläggning vid motorvägsbygget på
E4, via Markaryd – uppföljningar åren 2005-2010**

**Torbjörn Jacobson, Trafikverket
Leif Viman, VTI**

Förord

Denna rapport beskriver uppföljningar av asfaltåtervinning på E4, Markaryd där för svenska förhållanden relativt nya metoder använts.

Undersökningarna har finansierats av Trafikverket. Kontaktman har varit Torbjörn Jacobson. Från VTI:s sida har Leif Viman varit projektledare medan Andreas Waldermarsson ansvarat för provtagning och laboratorieanalyser.

Linköping i december 2010,

Leif Viman

Innehållsförteckning

Innehåll

SAMMANFATTNING	4
SUMMARY	5
INLEDNING	6
ÅTERVINNING AV KROSSAD ASFALT (ASFALTGRANULAT) SOM BÄRLAGER.....	7
TIDIGARE ERFARENHETER.....	7
PACKNINGSFÖRSÖK MED ASFALTGRANULAT	8
<i>Packningsförsök på väg 117.....</i>	<i>8</i>
<i>Granulatkurva och vattenkvot i upplag</i>	<i>9</i>
<i>Bindemedelshalt, kornkurva och vattenkvot på material lagda på vägen</i>	<i>9</i>
<i>Resultat från packningsförsöken på väg 117.....</i>	<i>10</i>
<i>Resultat från packningsförsök i maj 2005</i>	<i>11</i>
<i>Kontroll av skrymdensiteten på utlagda ytor.....</i>	<i>12</i>
<i>Packningskurva enligt tung instampning och vibrering på laboratoriet</i>	<i>13</i>
ENTREPRENÖRENS KVALITETSKONTROLL	15
<i>Packningskontroll.....</i>	<i>16</i>
UPPFÖLJNING ÅREN 2006-2010.....	17
JÄMNHET OCH SPÅRBILDNING GENOM LASERMÄTNING.....	17
BORRKÄRNOR AV LAGER MED ASFALTGRANULAT	19
<i>Hålrums halt, styvhetsmodul, pressdraghållfasthet och vattenkänslighet</i>	<i>19</i>
LITTERATUR	23

Bilagor:

- 1 Teknisk beskrivning för asfaltgranulat som bärlager
- 2 Provsträckor med asfaltgranulat som bärlager

Sammanfattning

I samband med byggande av motorvägen på E4 mellan Strömsnäsbruk och länsgränsen mot Skåne har under åren 2004-2006 ca 100 000 ton returafalt återvunnits med för svenska förhållanden ny teknik. Asfaltmaterialen kom huvudsakligen från de delar av gamla E4:an med anslutande vägavsnitt som grävdes bort i samband med byggandet av den nya vägen. På norra delen av objektet, etapp 1, fick dåvarande Vägverket av miljömyndigheten tillstånd att återvinna ca 30 000 ton tjärafalt genom **kall återvinning med skummat bitumen** (skumasfalt). På södra delen av objektet, etapp 2, återvanns ca 70 000 ton **krossad asfaltbeläggning** (asfaltgranulat) utan tillsättning av nytt bindemedel. I båda fallen lades återvinningsmassorna som bärlager under ordinarie asfaltbeläggning. De ersatte konventionellt bärlager av krossat bergmaterial och lades med samma tjocklek, 80 mm eller 150 mm.

I rapporten redovisas försöken med återvinning av krossad asfaltbeläggning (asfaltgranulat) i bärlager på etapp 2. Vägen har följts upp under perioden 2006-2010. Under byggnadsskedet utfördes packningsförsök och beläggningssmaterialen karakteriserades genom laboratorieprovningar. Motorvägen öppnades för trafik i juni 2006. Slitlagerbeläggningen lades på sommaren 2007.

Det återvunna lagren har hittills uppvisat goda egenskaper och visar att aktuell återvinningsmetod har stor teknisk potential även för högtrafikerade vägar. Analys av borrhärdigheter har visat att materialen bundit ihop till ett asfaltlager med god hållfasthet och acceptabel beständighet. Vägytemätningarna visar att sträckorna med asfaltgranulat fungerat lika bra som referenserna med obundet, konventionellt bärlager. För ett lyckat resultat måste asfaltgranulatet packas mycket noggrant och med lämpliga vältrar. I rapporten redovisas flera packningsförsök och packningsanvisningar ges i bilagan.

Sammanfattningsvis kan det i efterhand konstateras att på sträckorna med asfaltgranulat som bärlager, kunde den totala asfalttjockleken ha reducerats i vägkonstruktionen för att uppnå motsvarande beräknad livslängd som med konventionellt bärlager. Ett av AG-lagren hade sannolikt kunnat tas bort från asfaltkonstruktionen utan att livslängden blivit kortare än vad den var dimensionerad för från början. Tjocka beläggningsskonstruktioner anses dock mycket kostnadseffektiva vid hög trafikbelastning, eftersom endast ett fåtal ytterligare åtgärder krävs vid kommande beläggningsunderhåll.

Summary

In connection with the construction of the highway on E4 between Strömsnäsbruk and the county border to Skåne in 2004-2006 about 100 000 tonnes of reclaimed asphalt recovered by new technologies according to Swedish standards. Asphalt materials came mainly from those parts of the old E4 with adjoining sections of road that was dug out in connection with the construction of the new road. In the northern part of the object, stage 1, the SRA had a permission from the environmental authority to recover about 30 000 tonnes of tar contaminated asphalt by ***cold recycling with foamed bitumen*** (asphalt foam). In the southern part of the object, Stage 2, was recovered about 70 000 tonnes of ***crushed asphalt pavement*** (asphalt granulate) without the addition of new binders. In both cases, the reclaimed asphalt where used as base course under the regular asphalt pavement. They replaced the conventional base course of crushed rock and were the same thickness, 80 mm or 150 mm.

This report describes test with recycling of crushed asphalt pavement (asphalt granules) as base course in stage 2. The road has been followed up during 2006-2010. During the construction phase compaction test was performed and the asphalt material was characterized by laboratory tests. The highway was opened to traffic in June 2006. Wearing course was laid in the summer of 2007.

The recycled layers have so far shown good qualities and show that current recovery method has great technological potential, even for high-traffic roads. Analysis of cores have shown that the materials are bonded together to form an asphalt layer with good strength and acceptable durability. Road surface measurement shows that test sections with reclaimed asphalt worked as well as references with unbound base layer. For a successful result the reclaimed asphalt have to be compacted very carefully and with appropriate rollers. The report presents several compaction tests and compaction instructions are provided in the Annex.

In summary, it established that, in the sections with reclaimed asphalt base course, the total asphalt thickness could have been cut down in the road structure to achieve similar expected life as for conventional base course. One of AG-layer could have been removed from the asphalt construction, without a shorter lifetime than it was designed for originally. Thick asphalt construction layers are considered very cost-effective at high traffic load, since only a few additional steps required in future maintenance.

Inledning

I samband med byggande av motorvägen på E4 mellan Strömsnäsbruk och länsgränsen mot Skåne (totalt 18 km) återvanns ca 100 000 ton returafalt. Asfaltmaterialen kom huvudsakligen från de delar av gamla E4:an med anslutande vägavsnitt som grävdes bort under arbetena. På norra delen av objektet (etapp 1, ca 13 km) återvanns ca 30 000 ton tjärasfalt genom kall återvinning med skummat bitumen (skumasfalt). På södra delen av objektet (etapp 2, ca 4 km) som denna rapport tar upp återvanns ca 70 000 ton krossad asfaltbeläggning utan tillsättning av bindemedel. I båda fallen lades återvinningsmassorna som bärlager under ordinarie asfaltbeläggning. De ersatte konventionellt bärlager av krossat bergmaterial och lades med samma tjocklek, 80 mm eller 150 mm. I följande kapitel ges en beskrivning av förprovningar i fält och kvalitetskontrollen samt uppföljningar av färdig väg åren 2006-2010. Vägen byggdes mellan 2004-2006 då trafiken släpptes på. Vid det tillfället trafikerades bindlagret. År 2007 var vägen helt färdigställd då slitlagret lades.

Konstruktionen på E4, Markaryd har följande uppbyggnad:

Långsamkörfältet K1

- 40 mm slitlager, ABS 16
- 50 mm bindlager, ABb 22
- 50 mm AG 22
- 70 mm AG 32
- 80 mm konventionellt bärlager eller krossad returafalt
- 580 mm förstärkningslager

Snabbkörfältet K2

- 40 mm slitlager, ABS 16
- 50 mm bindlager, ABb 22
- 50 mm AG 22
- 150 mm konventionellt bärlager eller krossad returafalt
- 630 mm förstärkningslager

ÅDT_{total} är ca 10 000 fordon. Andelen tunga fordon är ca 30 %. Andelen fordon i långsamkörfältet (K1) uppskattas till 80 %. Vägen trafikerades periodvis under byggnadsskedet, vilket påverkade spårbildningen initialt. Innan slitlagret lades i slutet av juni 2006 trafikerades bindlagret under 6 månader till 2 år beroende på när trafiken släpptes på.

Återvinning av krossad asfalt (asfaltgranulat) som bärlager

Returasfalten kom från gamla E4:an och anslutande vägar som byggdes om i samband med motorvägsbygget. Återvinningsmassorna innehöll inte tjärasfalt utan bestod av konventionell asfaltbeläggning typ ABT och AG samt några lager av ytbehandling och ett lager av ABS. Vid uppgrävning av asfaltbeläggning (schaktning) som här var fallet, blir asfaltkakorna i viss mån uppblandade med underliggande, obundna lager. Det innebär att bitumeninnehållet blir lägre än för fräsmassor av ytliga asfaltlager och stenhalten något högre. Efter krossning, sortering, utläggning, vattning och packning lades bärlagret av asfaltgranulat över med AG och bindlager.

Tidigare erfarenheter

Enligt studier gjorda av VTI visar hållfasthetsprovningar att asfaltgranulat från kommunala mellanupplag har väl så god styvhetsmodul som naturmaterial men att stabilitetsegenskaperna initialt är sämre, speciellt om materialet packats dåligt. Stabiliteten påverkas i högre grad av andelen asfalt eller bitumen i asfaltgranulatet än vad styvhetsmodulen gör. Andra faktorer som påverkar egenskaperna är korngraderingen och andelen stenmaterial i asfaltgranulatet samt vatteninnehållet, temperaturen och packningsarbetet vid utförandet.

Uppföljningar i fält har visat att asfaltgranulat med framgång kan användas som obundet material till bär- och förstärkningslager på gång- och cykelvägar samt på de flesta gator och vägar. Lager av asfaltgranulat får ofta med tiden, genom trafikens efterpackning under varma sommardagar, en betydande hållfasthetsökning och materialet binder i många fall ihop till ett asfaltliknande lager. Goda erfarenheter finns bl. a från väg 46 söder om Ulricehamn och väg 32 norr om Boxholm. Asfaltgranulat har också använts i t ex Stockholm, Göteborg, Jönköping, Linköping och Västerås.

En viktig förutsättning för ett bra resultat är att utläggning och *packning* görs på ett ändamålsenligt och noggrant sätt. Krossade schaktmassor kan vara särskilt lämpliga eftersom bitumeninnehållet är relativt lågt och andelen stenmaterial högt. Asfaltgranulat skall inte användas på ytor där statiska laster förekommer, t ex parkeringsplatser, eftersom risken då är stor för deformationer.

I Sveriges Kommuner och Landstings handbok "Vägen tillbaka – På väg igen" som beskriver återvinning av asfalt i kommuner finns erfarenheter av krossad asfalt i bär- och förstärkningslager redovisade. I bilaga redovisas den tekniska beskrivning som tagits fram för användning av krossad asfalt till bär- och förstärkningslager.

I bilaga 2 ges en sammanställning över uppföljningar av några provsträckor med bärlager av asfaltgranulat.



Bild 1-4 Bilder från upplag med returafalt och asfaltgranulat samt krossning av returafalt på intilliggande väg 117.

Packningsförsök med asfaltgranulat

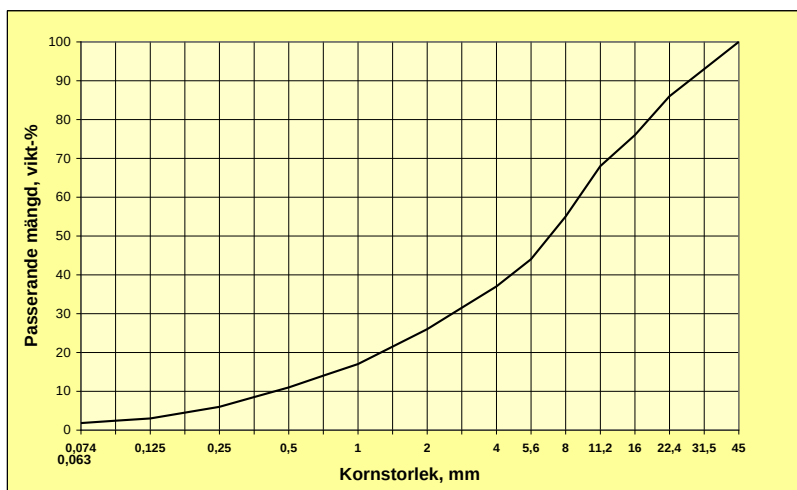
Packningsförsök på väg 117

I april 2005 utfördes ett första packningsförsök på väg 117 där 80 mm asfaltgranulat lades som bärlager. Asfaltmassorna krossades och siktades på plats (sortering 0-45 mm). Efter en kortare tids lagring lades de ut på vägen. Väderleken var relativt kall och torr under de inledande arbetena (under försöket). Massorna lades ut på två provytor (försök 1 och 2).



Bild 5-6 Packningsförsök på väg 117 (vänster) och E4 (höger).

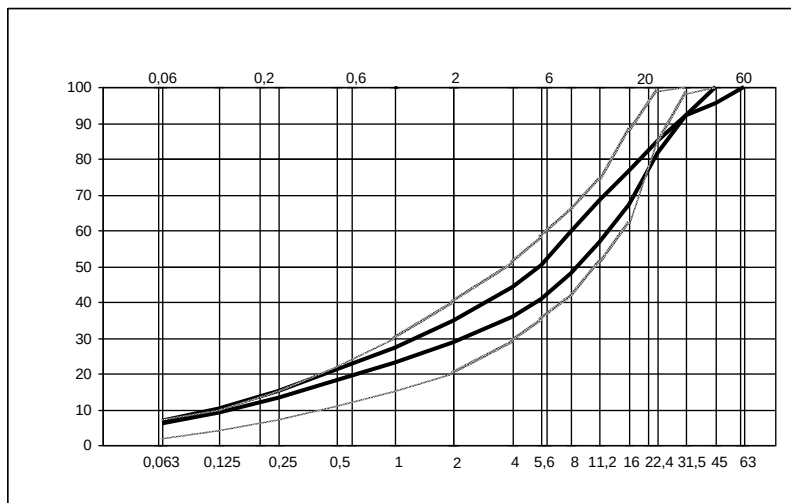
Granulatkurva och vattenkvot i upplag



Figur 1 Granulatkurva framtagen efter tvättsiktning.

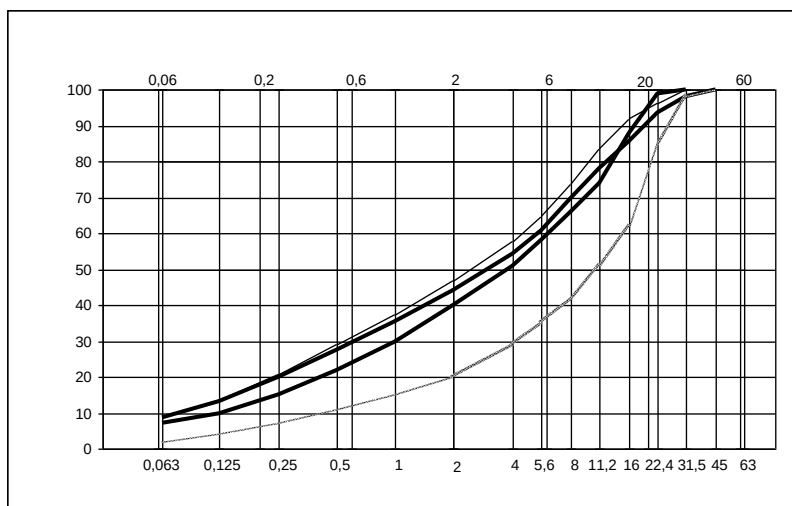
Provet togs på nykrossat material i upplag. Kornkurvan (tvättsiktning) uppfyllde de danska kraven för krossad asfalt i bärlager. Vattenkvoten var 2,2 %.

Bindemedelshalt, kornkurva och vattenkvot på material lagda på vägen



Figur 2 Kornkurvan hos extraherat material. Gränskurvorna är för AG 22, försök 1.

Bindemedelshalten låg på 2,9 % (oväntat lågt, visar på relativt hög andel av bindemedelsfattiga massor och/eller hög andel obundet material). Vattenkvoten i provet taget på provsträckan var 4,2 %.

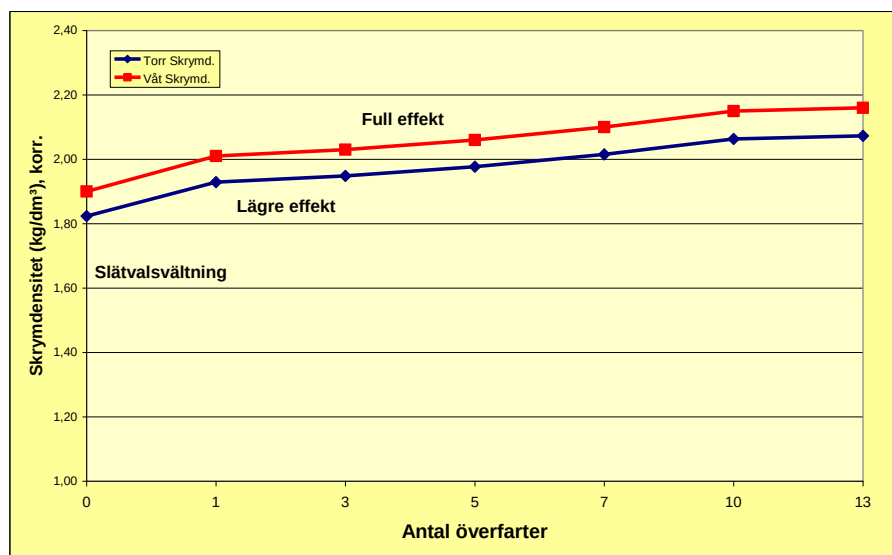


Figur 3 Kornkurvan hos extraherat material. Gränskurvorna är för AG 22, försök 2.

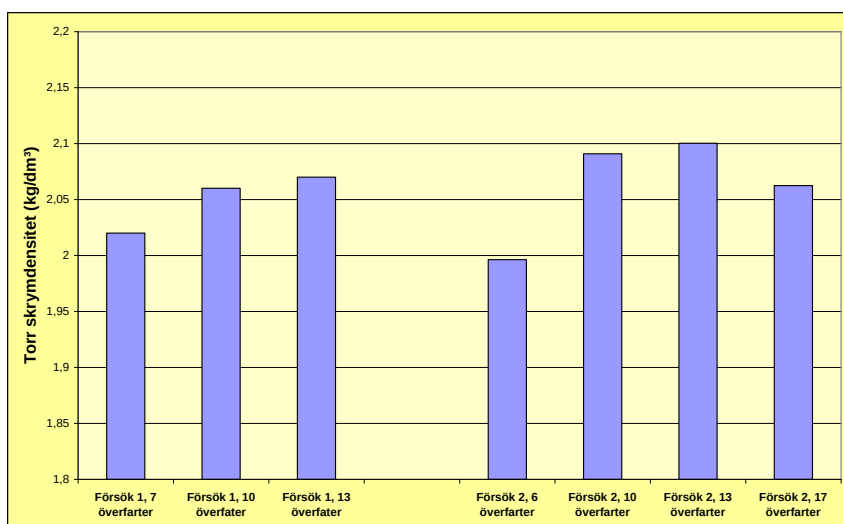
Bindemedelshalten låg på 3,3 % (relativt lågt). Vattenkvoten i provet som togs på provsträckan efter försöket 5,7 %.

Resultat från packningsförsöken på väg 117

En inledande studie utfördes den 26 april 2005. I försök 1 testades vältens kapacitet och antalet vältöverfarter på en delyta av utlagt asfaltgranulat (80 mm). I försök 2 som var mer produktionsinriktat, hyvlades och vattnades materialet mer intensivt samtidigt som välten gick på full kapacitet redan från början.



Figur 4 Skrymdensiteten som funktion av antalet vältöverfarter, försök 1. Skrymdensiteten korrigerad för uppmätt vatteninnehåll.



Figur 5 Sammanställning av försök 1 och 2. Torr skrymdensitet korrigerad för uppmätt vatteninnehåll.

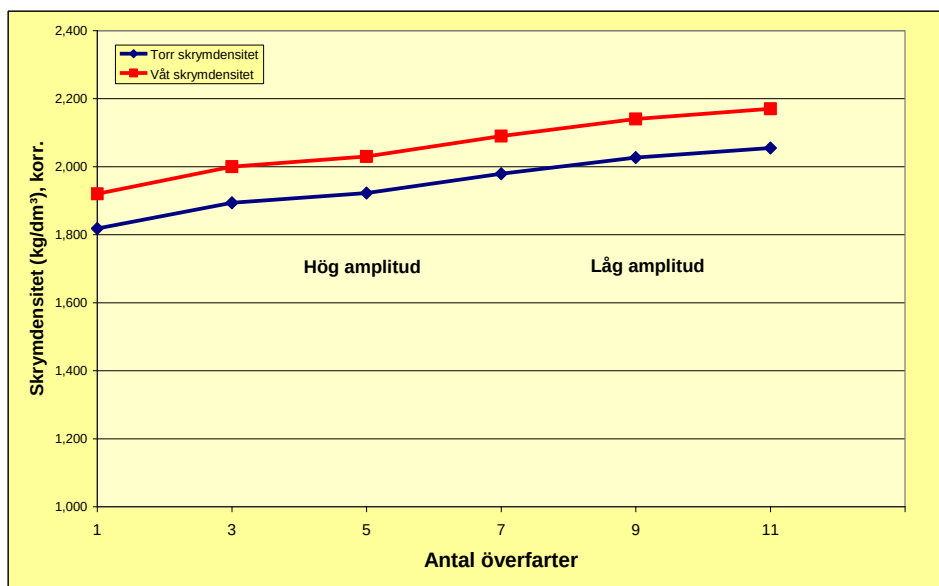
Vid isotopsmätning (Troxlermätning) av fuktiga asfaltmaterial registreras både bitumen- och fukt som fukthalt i instrumentet. Därför måste de särskiljas åt genom kontroll av fukt- resp. bindemedelsinnehåll i materialet. Därefter kan en relevant korrigering göras vid beräkningen av torra skrymdensiteten (det är den som är intressant).

Utifrån det första packningsförsöket togs följande rekommendationer fram för de inledande arbetena på väg 117 och E4, Markaryd:

Asfaltgranulatet läggs och fördelas ut med hjälp av lastbil och väghyvel. Lämpligt vatteninnehåll i massorna är 5-6 %. Det innebär att massorna måste vattnas innan de packas (vattnet fungerar som smörjmedel under packningen). Vattningen sker i direkt anslutning till vältningen. Vid temperaturer under 20°C behövs 10 vältöverfarter med vibrerande slätvalsvalt, 15 ton (Dynapac CA 302) med full effekt (linjelast 30 kN/m, hög amplitud och låg frekvens). Packningen avslutas med en slätvalsvaltning utan vibro för att ytan skall bli slät. När temperaturen överstiger 20°C behövs sannolikt färre antal vältöverfarter (kanske 8 räcker). Ett nytt packningsförsök rekommenderas under sommaren när temperaturen är högre.

Resultat från packningsförsök i maj 2005

När arbetena på E4, Markaryd kom igång under försommaren 2005 gjordes ett nytt packningsförsök. Lufttemperaturen var vid detta tillfälle högre än vid försöket i april och därför mer representativt för läggning under sommarhalvåret. Packningsresultaten på en sträcka i K2, södergående riktning, testades den 31 maj 2005. Bärlagrets nominella tjocklek var 150 mm. I praktiken lades något tjockare lager av opackad massa. Innan välten (samma som vid försök 1) gick på massorna hade de fördelats ut och blandats om med hjälp av väghyvel. Från början packade välten ytan med låg frekvens och hög amplitud. Efter ca 5-7 vältöverfarter började välten att skaka pga att lagret hårdnade till. För att både förbättra effekten av vältningen och förhindra att massan eller välten (och föraren) tog skada sänktes amplituden till låg nivå. Efter denna åtgärd upphörde skakningarna och välten packade materialet mer harmoniskt igen. Packningsförloppet redovisas i figur 6.



Figur 6 Skrymdensiteten som funktion av antalet vältöverfarter. Den torra skrymdensiteten är korrigerad med avseende på aktuellt fuktinnehåll.

Utifrån provläggningen rekommenderades följande utförande:

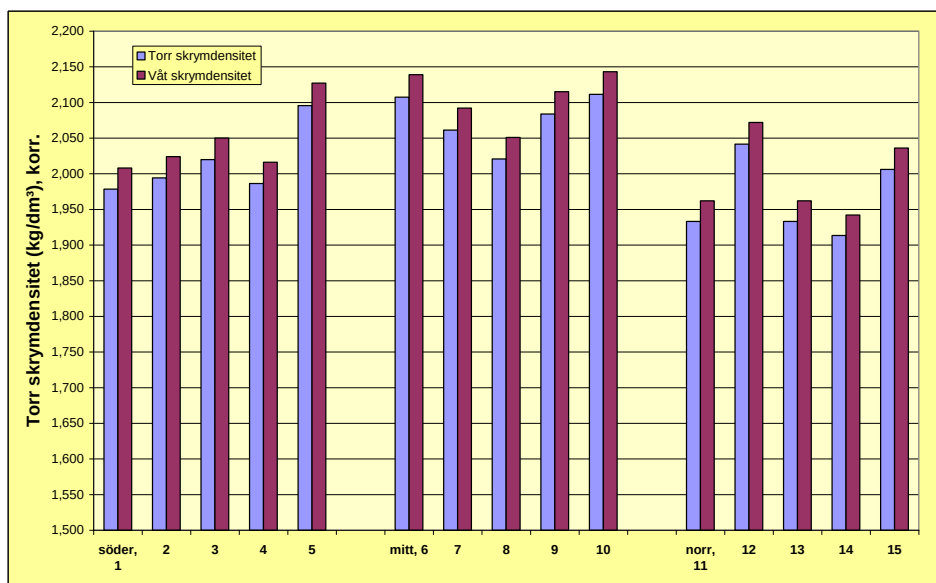
- Massorna tippas och fördelas ut med hjälp av lastbil och väghyvel. Lämpligt vatteninnehåll i massorna är 5-8 %. Det innebär att massorna måste vattnas innan de packas (vattnet fungerar som smörjmedel under packningen). Vattningen sker i direkt anslutning till vältningen.

Utifrån packningskontrollen rekommenderades följande vältschema:

- 5 överfarter med vibrerande slätvals vält, 15 ton (Dynapac CA 302) med linjelast 30 kN/m, hög amplitud och låg frekvens + 5 överfarter vid låg amplitud och frekvens. Packningen avslutas med en slätvals vältning utan vibro för att ytan skall bli slät.

Kontroll av skrymdensiteten på utlagda ytor

Med hjälp av Troxler mättes skrymdensiteterna i 15 slumpmässigt utvalda punkter på den del av E4 som belades 26-27 maj (södra körriktningen). Utifrån känt bitumen- och uppskattat fuktinnehåll korrigerades torra skrymdensiteten. Resultaten redovisas i figur 7.

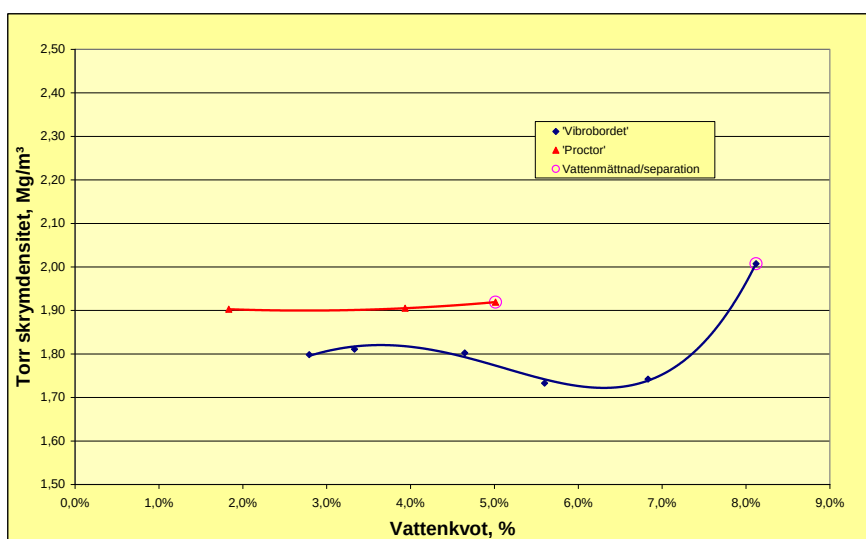


Figur 7 Sammanställning av packningskontroller utförda av VTI. Torra skrymdensiteten är korrigerad för vatteninnehållet.

Packningsgraden är hög (i många fall över 100 %) om de uppmätta värdena på torra skrymdensiteten i fält jämförs med maximala torra skrymdensiteten enligt laboriepackning (se nästa avsnitt). Resultaten klarar bl. a de danska packningskraven för krossad asfalt på högtfikerade vägar.

Packningskurva enligt tung instampning och vibrering på laboratoriet

Prov av asfaltgranulat från upplaget packades vid varierande vattenkvot på laboratoriet genom vibrering (vibrobordet, bestämning av maximal skrymdensitet med vibrobord, VV metod 607-1998) och tung instampning (Proctor). Den första metoden används bl. a i Danmark som referens vid beräkning av packningsgraden. Tung instampning har i Sverige, åtminstone tidigare, används för packningsstudier och metoden finns omnämnd i handboken "På väg igen" som behandlar krossad asfalt i obundna lager.

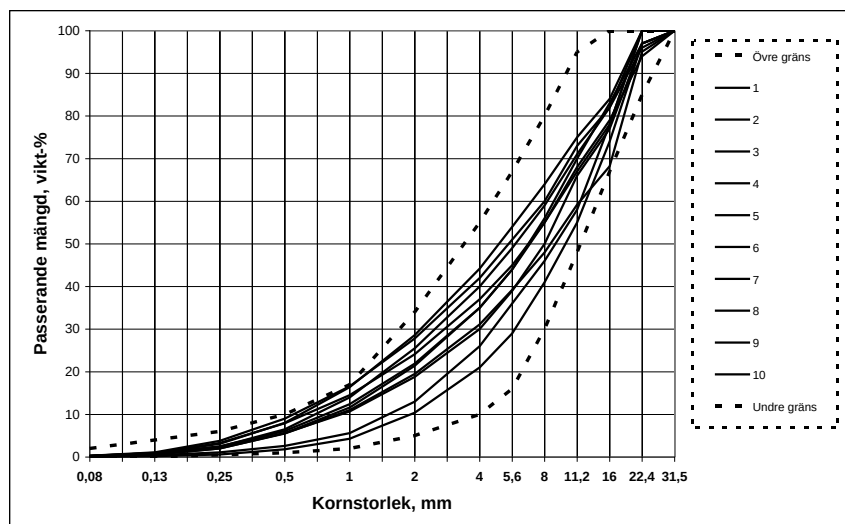


Figur 8 Skrymdensiteten som funktion av vatteninnehållet. Packning på laboratoriet genom Vibrobord och Proctor.

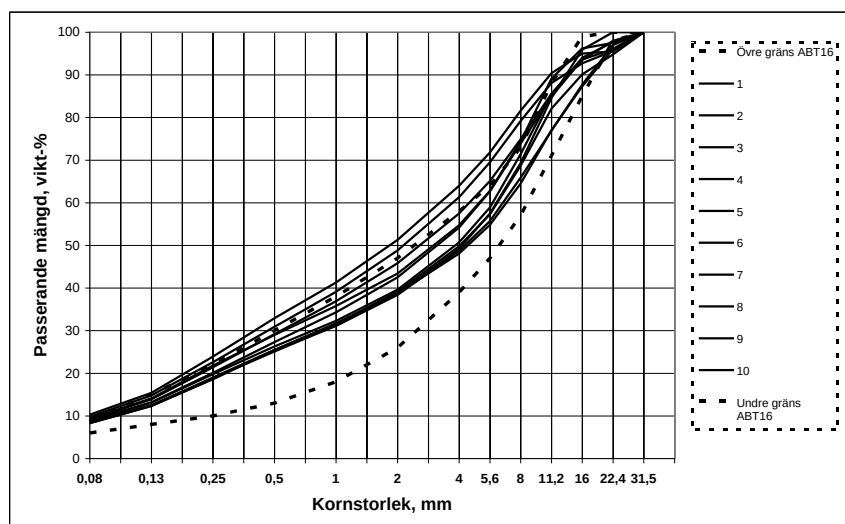
Skillnaderna mellan metoderna är påtaglig. Packningen enligt Vibrobordet är markant mer känslig för vatteninnehållet än Proctor. Optimal vattenkvot erhöles vid 8,0 %, vilket verkar mer rimligt enligt erfarenheterna från packningsförsöken jämfört med Proctor där optimala vattenkvoten låg på 5,0 % (för lågt enligt fälterfarenheterna). Den torra skrymdensitet (2,00 kg/dm) som använts för beräkningen av packningsgraden är framtagen genom Vibrobordet vid 8 % vattenkvot. Detta värde kan naturligtvis variera något beroende på variationer i materialsammansättning hos asfaltgranulatet utmed vägen.

Entreprenörens kvalitetskontroll

I följande kapitel ges en sammanställning över entreprenörens (Vägverket Produktion) kvalitetskontroll. Kornstorleksfördelning har bestämts på extraherat material (stenmaterialet i asfaltgranulatet) och genom tvättsiktning av asfaltgranulatet (granulatkurva). Asfaltgranulatet hade på etapp 2 sorteringen 0/32 mm. Ett prov togs per arbetsskift. Se resultat som erhållits av entreprenören redovisas i följande figurer.



Figur 9 Kornstorleksfördelningen på tvättsiktat asfaltgranulat.



Figur 10 Kornstorleksfördelningen på extraherat asfaltgranulat.

Asfaltgranulatet hade en lämplig partikelsammansättning för återvinning. Spridningen är inte heller för stor mellan proven. Proverna låg inom riktlinjerna för återvinning till bärlager enligt de danska anvisningarna. Extraherat material låg nära det övre graderingsregistret för ABT 16. Stenhalten (>4 mm) låg på ca 40 %. Andelen grovt material (>16 mm) är relativt låg (20 %). Enligt provningarna på etapp 1 låg bindemedelsinnehållet på ca 5 %. Det är relativt högt för retur-asfalt. Asfaltgranulatet bedöms ha goda förutsättningar för självbindning under trafikarbetet under sommarhalvåret.

Packningskontroll

Efter att ha tagit del av entreprenörens packningskontroll (skrymdensiteter) med hjälp av isotopmätare så verkar lagret med krossad asfalt ha erhållit en bra packning. Packningsgraden, dvs. den uppmätta torra skrymdensiteten i förhållande till packning på laboratoriet (se föregående kapitel) låg över 96 % (jämfört med vibrobordet vid 8 % vattenkvot). Faktorer som förutom packningsarbetet påverkar resultatet är materialsammansättningen, bindemedelsinnehållet, fukttinnehållet, tjockleken på lagret och inte minst temperaturen. Därför får man räkna med en större spridning än vad som är fallet för konventionella bärlager. I detta fall låg spridningen mellan 96-102 % i packningsgrad (ett antal stickprov). Om packningsgraden i fält beräknas i förhållande till tung instampning (modifierad Proctor) låg packningsgraden i samtliga fall över 100 %.

Det bör nämnas att packningskontroll genom statisk plattbelastning inte är en relevant metod för asfaltgranulat. Bitumen i granulatet är temperaturberoende vilket påverkar resultatet. Om den metoden används måste resultaten korrigeras för temperaturen (en kurva måste tas fram för det aktuella asfaltgranulatet).

Uppföljning åren 2006-2010

Jämnhet och spårbildning genom lasermätning

Spårdjupet och jämnheten i längdled, IRI, mättes med VTI:s laserbil (mätbredd 3,2 m) på de delar av vägen som var öppnad för trafik. Mätningen gjordes på bindlagret den 19 april 2006 och avser körfälten i riktningen mot norr. Vid mättillfället var ena körriktningen av vägen öppnad för trafik (söderut), dvs. all den trafik som gick på E4:an i båda riktningar trafikerade endast två körfält, K1 och K2. Mätningen har gjort med 17 lasrar. Körfältsbredden är 3,50 m. Resultaten framgår av tabell 1.

Tabell 1 Sammanställning (medelvärden av 20-meterssträckor) över spårdjup och IRI enligt lasermätning i april 2006.

Objekt	Sträcka	Längd m	Jämnhet, IRI medelvärde mm/m	Spårdjup medelvärde mm
K2, trafik mot norr	Sträcka 1, krossad asfalt i K2	1465	1,25	5,6
	Sträcka 2, krossad asfalt i K2	1485	1,40	13,0
	Konventionellt bärlager 1)	1700	1,14	7,4
K1, trafik mot söder	Konventionellt bärlager 1)	1700	1,25	6,4
	Sträcka 3, krossad asfalt i K1	1485	1,06	6,2
	Sträcka 4, krossad asfalt i K1	1465	1,12	2,9

1) Norr om mätsträckan med krossad asfalt, sektion 8/500-10/200

De uppmätta spårdjupen var mest påtagliga i körriktningen mot norr där hela E4-trafiken gått på körfältet K2 som hade tunnare asfaltkonstruktion och tjockare lager av asfaltgranulat än K1. På mätsträcka 2 som trafikerades under sommaren 2006 med asfaltgranulat uppmättes 13 mm i spårdjup. Motsvarande sträcka med konventionellt bärlager uppvisade 7,4 mm i spårdjup. Skillnaden var ca 5 mm. Den trafik som under samma tid trafikerade K1 i andra körriktningen orsakade en spårbildning på 6,2 mm för sträckan innehållande asfaltgranulat och 6,4 mm för referensen med konventionellt bärlager. Sträckorna innehållande asfaltgranulat med tjockare asfaltkonstruktion i K1 erhöll ungefär halverad spårbildning jämfört med de i K2. En erfarenhet från uppföljningen är att trafiken som initialt under byggskedet leds över från K1 till K2 kan ha en negativ inverkan på den klenare konstruktionen. Hastigheten är också reducerad vilket ger större trafikpåkänningar för bärighet och stabilitet än vid normal (högre) hastighet på motorvägar. Eventuellt kan det av detta skäl vara motiverat att asfaltkonstruktionen är lika tjock i båda körfälten.

Jämnheten, IRI, är förhållandevis bra på vägen för att vara bindlager. Även här har det tunga trafikarbetet på K2 inverkat negativt på IRI-värdena (dock ej kritiskt).

I följande tabeller redovisa vägytemätningarna från 2007, 2008 och 2010. Vid dessa mätningar hade slitlagret lagts (ABS 16). Vägen var helt färdigställd i juni 2007. Referenssträckan med konventionellt bärlager ligger på etapp 1 strax norr om etapp 2.

Tabell 2 Sammanställning (medelvärden av 20-meterssträckor) över spårdjup och IRI enligt lasermätning i november 2007.

Objekt	Sträcka	Sektion m	Jämnhet, IRI medelvärde mm/m	Spårdjup medelvärde mm
K1 mot norr	Krossad asfalt	02/845-08/253	0,89	3,4
K1 mot norr	Konventionellt bärlager	08/273-10/213	0,90	7,4
K1 mot söder	Krossad asfalt	02/845-08/253	0,86	5,0
K1 mot söder	Konventionellt bärlager	08/273-10/213	0,93	3,6
K2 mot norr	Krossad asfalt	8/372-0/000	0,88	5,2
K2 mot norr	Konventionellt bärlager	10/200-8/372	0,79	2,6
K2 mot söder	Krossad asfalt	8/372-0/000	0,90	3,2
K2 mot söder	Konventionellt bärlager	10/200-8/372	1,06	2,3

Tabell 3 Sammanställning (medelvärden av 20-meterssträckor) över spårdjup och IRI enligt lasermätning i november 2008.

Objekt	Sträcka	Sektion m	Jämnhet, IRI medelvärde mm/m	Spårdjup medelvärde mm
K1 mot norr	Krossad asfalt	02/845-08/253	0,91	4,2
K1 mot norr	Konventionellt bärlager	08/273-10/213	0,93	8,7
K1 mot söder	Krossad asfalt	02/845-08/253	0,86	4,0
K1 mot söder	Konventionellt bärlager	08/273-10/213	0,95	5,8
K2 mot norr	Krossad asfalt	8/372-0/000	0,89	5,7
K2 mot norr	Konventionellt bärlager	10/200-8/372	0,79	2,9
K2 mot söder	Krossad asfalt	8/372-0/000	0,90	4,0
K2 mot söder	Konventionellt bärlager	10/200-8/372	1,05	2,7

Tabell 4 Sammanställning (medelvärden av 20-meterssträckor) över spårdjup och IRI enligt lasermätning i november 2010.

Objekt	Sträcka	Sektion m	Jämnhet, IRI medelvärde mm/m	Spårdjup medelvärde mm
K1 mot norr	Krossad asfalt	02/845-08/253	0,94	7,1
K1 mot norr	Konventionellt bärlager	08/273-10/213	0,97	10,7
K1 mot söder	Krossad asfalt	02/845-08/253	0,91	6,3
K1 mot söder	Konventionellt bärlager	08/273-10/213	1,01	7,5
K2 mot norr	Krossad asfalt	8/372-0/000	0,91	5,6
K2 mot norr	Konventionellt bärlager	10/200-8/372	0,80	3,4
K2 mot söder	Krossad asfalt	8/372-0/000	0,92	4,0
K2 mot söder	Konventionellt bärlager	10/200-8/372	1,09	3,4

Tabell 5 Utveckling av spårdjup och IRI under perioden 2007-2010.

Objekt	Sträcka	Sektioner m	Jämnhet, IRI medelvärde mm/m	Spårdjup medelvärde mm
K1 mot norr	Krossad asfalt	02/845-08/253	0,05	3,7
K1 mot norr	Konventionellt bärlager	08/273-10/213	0,07	3,3
K1 mot söder	Krossad asfalt	02/845-08/253	0,05	1,3
K1 mot söder	Konventionellt bärlager	08/273-10/213	0,08	3,9
K2 mot norr	Krossad asfalt	8/372-0/000	0,03	0,4
K2 mot norr	Konventionellt bärlager	10/200-8/372	0,01	0,8
K2 mot söder	Krossad asfalt	8/372-0/000	0,02	0,8
K2 mot söder	Konventionellt bärlager	10/200-8/372	0,03	1,1

Vägen har överlag mycket bra jämnhet i längdled. IRI-värdena ligger i allmänhet under 1,00 mm/m. Sträckorna med bärlager av krossad asfalt har inte erhållit sämre jämnhet än de med konventionellt bärlager. Trafikens efterpackning har inneburit ett spårdjup på 3-7 mm beroende på mätsträcka. De högsta värdena har uppmätts i körfälten K1, där också huvuddelen av trafiken går. Med tanke på att trafiken är relativt spårbunden på vägen genom smala vägrenar och vägräcken nära körfältet samt relativt smala körfält (3,50 m) och antalet tunga fordon är högt bedöms spårdjupet initialt vara onormalt stort. Erfarenheterna från nybyggda vägar visar att efterpackning orsakad av trafiken kan vara betydande, vilket medför en större spårbildning den första tiden. Som det framgår av tabell 5 har spårutvecklingen klingat av med tiden och ligger för mätsträckorna på drygt en mm per år i körfältet K1 och på ca 0,3 mm per år i K2. Sträckorna med bärlager av krossad asfalt uppvisar inte större spårutveckling än de med konventionellt bärlager. På tre av fyra mätsträckor är dock den initiala spårbildningen något större för konstruktionen med bärlager av krossad asfalt än referenserna med konventionellt bärlager. På den fjärde sträckan uppvisar dock referensen betydligt större initial spårbildning än de med krossad asfalt. Sannolikt är det även andra faktorer som påverkar stabiliteten hos konstruktionen än bärlagret. Slutsatsen blir att bärlager med krossad returafalt hittills fungerat lika bra på E4, Markaryd som konventionellt, obundet bärlager. Det kritiska skedet var under byggnadsfasen när trafiken i en riktning leddes in på körfältet K2 som hade tunnare, ofullbordad asfaltkonstruktion och tjockare lager av krossad returafalt som bärlager. I det fallet kan risken för deformationer vara större när krossad returafalt används än för lager av konventionellt bärlager.

Borrkärnor av lager med asfaltgranulat

En första provtagning av borrhärdigheter utfördes hösten 2006 på etapp 2. I två sektioner togs fyra prov i yttre hjulspår och två prov mellan hjulspåren. Proven tagna i hjulspåret var av bra kvalitet medan de som togs mellan hjulspåren var sämre. Efter sågning till 50-60 mm tjocklek undersöktes de med avseende på hållrumshalt, pressdraghållfasthet, styvhetsmodul och vattenkänslighet. Sommaren 2010 gjordes en förnyad provtagning. Samtliga prov var vid detta tillfälle av bra kvalitet.

Hållrumshalt, styvhetsmodul, pressdraghållfasthet och vattenkänslighet

Analysresultaten framgår av tabell 6, 7, 8 och 9.

Tabell 6 E4, sektion 4/900, K1, södergående. Analys av hållrumshalt, pressdraghållfasthet, styvhetsmodul och vattenkänslighet. Prov tagna 2006.

Prov Nr	Hållrumshalt FAS 448 Vol-%	Styvhetsmodul MPa	Pressdraghållfasthet torr, kPa	Pressdraghållfasthet våt, kPa	ITSR Vattenkänslighet %
1	8,8	5780	1100	-	-
2	7,3	-	-	350	-
3	8,1	-	-	370	-
4	7,2	6656	1220	-	-
Medelv: 1)	7,9	6218	1160	360	31
5 2)	-	-	-	-	-
6 2)	-	-	-	-	-

- 1 Prov tagna i hjulspår
- 2 Prov tagna mellan hjulspår (ej provningsbara)

Tabell 7 E4, sektion 7/800, K1, södergående. Analys av hållrumshalt, pressdraghållfasthet, styvhetsmodul och vattenkänslighet. Prov tagna 2006.

Prov Nr	Hållrumshalt FAS 448 Vol-%	Styvhetsmodul MPa	Pressdraghållfasthet torr, kPa	Pressdraghållfasthet våt, kPa	ITSR Vattenkänslighet %
7	9,2	7718	1200	-	-
8	9,7	6790	1330	-	-
9	8,3	-	-	530	-
10	8,9	-	-	550	-
Medelv: 1)	9,0	7254	1265	540	57
11	10,2	-	-	-	-
12	10,6	-	-	-	-
Medelv: 2)	10,4	-	-	-	-

- 1 Prov tagna i hjulspår
- 2 Prov tagna mellan hjulspår

Tabell 8 E4, sektion 4/900, K1, södergående. Analys av hållrumshalt, pressdraghållfasthet, styvhetsmodul och vattenkänslighet. Prov tagna 2010.

Prov Nr	Hållrumshalt FAS 448 Vol-%	Styvhetsmodul MPa	Pressdraghållfasthet torr, kPa	Pressdraghållfasthet våt, kPa	ITSR Vattenkänslighet %
7	10,3	6582	1153	-	-
8	10,1	3990	919	-	-
9	9,8	4575	-	315	-
10	9,0	5006	-	383	-
Medelv: 1)	9,8	5038	1036	349	34
5 2)	13,0	-	-	-	-
6 2)	-	-	-	-	-

- 1 Prov tagna i hjulspår
- 2 Prov tagna mellan hjulspår (ej provningsbara)

Tabell 9 E4, sektion 7/800, K1, södergående. Analys av hållrumshalt, pressdraghållfasthet, styvhetsmodul och vattenkänslighet. Prov tagna 2010.

Prov Nr	Hållrumshalt FAS 448 Vol-%	Styvhetsmodul MPa	Pressdraghållfasthet torr, kPa	Pressdraghållfasthet våt, kPa	ITSR Vattenkänslighet %
1	9,9	7107	1339	-	-
2	15,6	6384	1073	-	-
3	13,1	6638	-	533	-
4	15,2	8276	-	654	-
Medelv:	13,5	7101	1206	594	49
5 ²⁾	18,3	-	-	-	-
6 ²⁾	15,6	-	-	-	-
Medelv:	17,0	-	-	-	-

- 1 Prov tagna i hjulspår
- 2 Prov tagna mellan hjulspår

Skillnaden i provningsresultaten var liten mellan proven tagna 2006 och 2010. Tydligt så har det bundna lagret av asfaltgranulat inte påverkats nämnvärt sedan den förra provtagningen fyra år tidigare.

Hållrumshalterna låg för proverna tagna i hjulspår på 7,9 och 9,0 vol-% och för proverna tagna i vägbanan mellan hjulspåren på 10,4 vol-%. Resultaten visar att asfaltlagret i hjulspåren erhållit en viss efterpackning (något lägre hållrumshalt) men skillnaden är inte så stor med tanke på den varma sommaren 2006 och det stora antalet tunga fordon på vägen. Den förnyade provningen 2010 gav oväntat högre hållrumshalter, 9,8 och 13,5 vol-% (sannolikt en slump). Provkropparna tagna mellan spåren gav som tidigare högre hållrumshalter (som tidigare).

Hållfastheten är hög enligt styvhetsmodulen. Värdena ligger mellan 6000-7000 MPa vid +10C. Enligt VTIs databas för asfaltprovning har AG omkring 8000 MPa i medelvärde för insamlade data. Vid dimensionering brukar obundet bärlager sättas till 300-450 MPa. Även den torra pressdraghållfastheten ligger högt, ca 1200 kPa.

Vattenkänsligheten ligger mellan 31-57 %, dvs. relativt låga värden. När inget nytt bindemedel inblandats i asfaltgranulatet kan man inte förvänta sig högre värden. Ett ITSР-värde på 57 % är dock inte så lågt utan egentligen relativt bra för bärlager som trafikerats under några år. Den våta pressdraghållfastheten (proven vattenlagras vid undertryck innan de testas) låg på 349 och 594 kPa, vilket inte är så dåligt för kalla återvinningsmassor.

Lagret med asfaltgranulat har genom god packning och betydande trafikbelastning under den varma sommaren 2006 fått en hållfasthet (lastfördelande förmåga) som påminner om asfaltbundet grus, AG. Resistensen mot vatten är dock lägre men bedöms ändå vara acceptabel för tillämpningar så pass långt ned i konstruktionen som är fallet vid Markaryd.

I efterhand kan det konstateras att den totala asfalttjockleken kunde ha reducerats för att uppnå motsvarande livslängd som med obundet bärlager. Ett av AG-lagren hade sannolikt kunnat ha tagits bort från asfaltkonstruktionen utan att livslängden reducerats. Problemet kan vara att det under byggskedet kan bli för tunna lager i snabbkörfältet som har en tunnare

konstruktion och samtidigt trafikeras av trafik i ena körriktningen vid dessutom nedsatt hastighet. I K1 hade förutsättningarna för en tunnare asfaltkonstruktion varit bättre.

Sammanfattningsvis visar resultaten från E4, Markaryd, att asfaltgranulat som bärlager i högtrafikerade vägar har en stor återvinnings- och kostnadspotential efter den kan ersätta konventionellt bärlager och samtidigt medföra att asfaltkonstruktionen kan dimensioneras tunnare. För att minimera effekterna av trafikens efterpackning måste den här typen av material packas mycket noggrant. Genom att vänta med slitlagret i ca ett år kan effekterna av den initiala spårbildningen minimeras när bindlagret läggs över med slitlagermassor.

Litteratur

Jacobson T., Bäckman L. **Miljöpåverkan vid kall- och halvvarm återvinning av tjärhaltiga beläggningssmassor. Fältförsök 2001.** VTI notat 12-2002.

Jacobson T., Larsson L. **Kall och halvvarm återvinning av tjärhaltiga beläggningssmassor - påverkan på omgivningsmiljö. Uppföljning av provvägar och kontrollsträckor 2002.** VTI notat 45-2002.

Jacobson T., Larsson L. **Omgivningspåverkan av tjärhaltiga beläggningssmaterial. Fältundersökningar 2001-2003.** VTI utlåtande 721.

Jacobson T., Larsson L. **Omgivningspåverkan vid återvinning av tjärhaltiga beläggningssmaterial. Resultat från fältundersökningar 2005.** VTI utlåtande 733.

Jacobson T. **Återvinning av schaktsmassor från Stockholm. Laboratorieprovning.** VTI notat 4-2001.

Jacobson T. **Återvinning av krossad asfalt som bär- och förstärkningslager. Del 1 – Karakterisering och egenskaper genom laboratoriestudier.** VTI notat 31-2002.

Jacobson T. **Återvinning av returafalt i obundna lager. Del 2 – Erfarenheter från produktion, gator/vägar och fältförsök.** VTI notat 32-2002.

Jacobson T. **Försök med krossad asfalt i bärlager på väg 46, Blidsberg-Trädet, Västergötland.** VTI notat 40-2003.

Jacobson T. **Återvinning av tjärasfalt och krossad beläggning vid motorvägsbygget på E4 via Markaryd** VTI notat 9-2007.

Larsson L., Jacobson T., Bäckman L. **Mellanlagring av asfalt, Delrapport 4 - Utlakning av vägbeläggningssmaterial innehållande stenkolsmjöl.** Utgiven både som SGI Varia 486, Statens geotekniska institut och som VTI notat 49-2000.

Larsson L. **Ytutlakning av återvunnen asfalt innehållande stenkolsmjöl. Lägesrapport 2003.** Koncept 2003.

Sveriges Kommuner och Landsting **På väg igen – vägen tillbaka för återvunnen asfalt.** 2004.

SGI, Chalmers Tekniska Högskola **Konsekvensbeskrivning för hantering av tjärhaltiga beläggningssmaterial.** Koncept 2003-10-06 och presentation på Transportforum 2004.

Vejdirektoratet, Danmark. **Ubundne bærlager af knust asfalt.** Rapport 69. 1992.

Vägverket m fl. **Handbok för återvinning av asfalt.** 2000.

Vägverket m fl. **Riktlinjer för hantering av tjärhaltiga beläggningar.** 2004.

Bilaga 1

Teknisk beskrivning för asfaltgranulat som bärlager

Torbjörn Jacobson, Trafikverket

INNEHÅLL

1	INLEDNING	3
2	BESKRIVNING OCH ERFARENHETER AV ASFALTGRANULAT	3
3	PROJEKTERING	4
3.1	<i>Vilka vägar/gator är asfaltgranulat lämpliga för</i>	<i>4</i>
3.2	<i>Indata vid dimensionering.....</i>	<i>4</i>
4	KRAV PÅ LEVERERAT MATERIAL	4
4.1	<i>Bindemedelshalt</i>	<i>5</i>
4.2	<i>Kornstorleksfördelning.....</i>	<i>5</i>
4.3	<i>Packningsegenskaper</i>	<i>5</i>
5	KONTROLL AV LEVERERAT MATERIALET.....	6
5.1	<i>Kontroll av asfaltgranulat.....</i>	<i>6</i>
6	KRAV VID UTFÖRANDE	6
6.1	<i>Krav på utläggning.....</i>	<i>6</i>
6.2	<i>Krav på lagertjocklek.....</i>	<i>6</i>
6.3	<i>Krav på packningsutrustning</i>	<i>6</i>
6.4	<i>Krav på vatteninnehåll.....</i>	<i>7</i>
6.5	<i>Krav på temperaturen</i>	<i>7</i>
6.6	<i>Provläggning.....</i>	<i>7</i>
6.7	<i>Utläggning av överliggande lager</i>	<i>7</i>
7	KONTROLL PÅ FÄRDIGT LAGER AV ASFALTGRANULAT	8
7.1	<i>Nivåkontroll.....</i>	<i>8</i>
7.2	<i>Packningskontroll.....</i>	<i>8</i>

1 Inledning

Anvisningen är avsedd att användas i samband med projektering, upphandling och utförande av vägkonstruktion där asfaltgranulat används till bärlager. Indragen kursiv text är råd. Om massorna innehåller vägtjära ska de hanteras enligt Vägverkets publikation 2004:90.

Fräsmassor med högt bindemedelsinnehåll och högkvalitativt stenmaterial bör i första hand användas till asfaltåtervinning och inte som bärlager. Uppgrävda, äldre asfaltbeläggningar kan vara särskilt lämpliga för bärlager eftersom innehållet av bitumen ofta är lägre och mer åldrat i jämförelse med frästa asfaltmassor.

2 Beskrivning och erfarenheter av asfaltgranulat

Asfaltgranulat är benämningen på krossad och sorterad returafalt. Asfaltgranulat används till asfaltåtervinning eller i obundna lager. Uppgrävda eller frästa asfaltbeläggningar benämns returafalt.

Bindemedelsinnehållet i asfaltgranulat ligger normalt mellan 3-6 %. Om massorna är uppgrävda (schaktmassor) ligger de i det lägre intervallet och om de är frästa ligger de ofta i det högre intervallet. Vid uppgrävning av asfaltlager kan en del stenmaterial från underliggande lager följa med massorna, vilket kan ge lägre bindemedelshalt än 3 %. Vid fräsning av bindemedelsrika slitlager kan bindemedelshalten hamna över 6 %.

Goda erfarenheter finns från ett antal vägar, gator och gång- och cykelbanor som följts upp i flera år.

Utlagt, packat asfaltgranulat får väl så god styvhetsmodul som konventionellt material men stabiliteten kan till en början vara sämre, risken för efterpackning är mycket stor om materialet packats för dåligt. Faktorer som påverkar styvhet och stabilitet är halten bitumen i asfaltgranulatet, kornstorleksfördelningen hos granulatet, andelen fritt stenmaterial samt packningsgraden på det utlagda lagret.

Efterpackningen från trafiken kan resultera i något mer spårbildning jämfört med konventionellt obundna bärlagermaterial. En viktig förutsättning för ett bra resultat är att utläggning och packning görs på ett noggrant och ändamålsenligt sätt. Vid vältningen har vatteninnehållet och temperaturen i massorna stor betydelse för packningsresultatet.

Uppföljningar i fält har visat att asfaltgranulat kan användas som bärlager på gång- och cykelvägar samt på både låg och högtrafikerade gator och vägar. Lager av asfaltgranulat får med tiden, genom belastningen från trafikarbetet, en betydande hållfasthetsökning och materialet binder i många fall ihop till ett asfaltliknande lager.

Uppgrävda asfaltmassor kan vara särskilt lämpliga för bärlager eftersom innehållet av bitumen är lägre och andelen löst stenmaterial högre i jämförelse med frästa asfaltmassor.

Om asfaltgranulat lagras utomhus kan vatteninnehållet variera mellan 1-7 % beroende på årstid, väderlek och materialsammansättning. Detta måste beaktas vid utläggningen och packningen av materialet.

3 Projektering

3.1 *Vilka vägar/gator är asfaltgranulat lämpliga för*

Asfaltgranulat ska inte användas på ytor där statiska laster förekommer, t ex parkeringsplatser, på grund av risken för deformationer. I övrigt kan asfaltgranulat användas som bärlager på alla typer av vägar/gator under förutsättning att anvisningar och råden i detta dokument tillämpas. Asfaltgranulat kan också användas i gång och cykelvägar.

3.2 *Indata vid dimensionering*

Vid dimensionering enligt VV dimensioneringsmodell DK2 ska styvhetsmodulen 500 MPa användas för lågtrafikerade vägar med ÅDT <500 fordon och gång och för cykelbanor. På vägar med ÅDT $\geq$ 500 fordon ska styvhetsmodulen 1000 MPa användas.

E-modulen ökar med tiden och hamnar ofta på högre värden än det här angivna.

4 Krav på levererat material

Materialet ska ha sitt ursprung från asfaltbeläggning (uppgrävda eller frästa massor) och vara krossade och sorterade på en anläggning avsett för detta ändamål. Det får inte innehålla skadliga mängder av organiskt material, klumpar av ler- och silt eller andra föroreningar.

Leverantören ska lämna en produktdeklaration för det levererade materialet. På asfaltgranulat ställs krav på bindemedelshalt, kornstorleksfördelning, maximal torr skrymdensitet och optimalt vattenkvot. Proverna tas ut på materialet i upplaget. Om grov- eller finballast inblandas ska det redovisas.

4.1 Bindemedelshalt

Massorna som ska läggas ut ska innehålla 3– 6 % bitumen. Bindemedelshalten på uttagna prov ska undersökas genom SS-EN 12697-1.

Om bindemedelshalten i asfaltgranulatet överstiger 6 % ska ballast blandas in så att den totala bindemedelshalten är maximalt 6 %

4.2 Kornstorleksfördelning

Kravet på kornstorleksfördelning och packningsegenskaper avser det material som ska läggas ut på vägen, med eller utan inblandning av ballast.

Asfaltgranulatets kornkurva bestäms genom tvättsiktning, SS-EN 933-1. Vid analysen torkas materialet vid maximalt 50°C för att inte partiklarna ska klibba ihop. Kravet på kornstorleksfördelning framgår av tabell 1.

Tabell 1 Krav på kornstorleksfördelning för 0/31,5.

Sikt mm	0,063	0,5	1	2	4	8	16	31,5	45
Övre %	5	15	22	35	50	75	95	100	
Undre %	0	4	6	10	20	40	70	90	100

Inblandning av ballast

Inget generellt krav på inblandning av makadam föreligger om asfaltgranulatet uppfyller kravet på kornstorleksfördelning (tabell 1) och bindemedelshalten är 3-6 %.

Inblandning av grovballast (makadam) eller finballast (0-4 mm) kan behövas, dels för att uppfylla kravet på kornstorleksfördelning, dels för att förbättra stabiliteten i massorna

Lämplig halt grovballast ligger mellan 10-30 % och finballast mellan 5-10 %.

4.3 Packningsegenskaper

Maximal torr skrymdensitet och optimal vattenkvot ska redovisas. Provningsen görs enligt SS-EN 13286-2, modifierad proctor. Instampning ska ske vid rumstemperaturen på 15-25 °C. Optimal vattenkvot ligger till grund för behovet av vattnings vid utläggning och packning. Maximal torr skrymdensitet används för att bestämma packningsgrad.

5 **Kontroll av levererat materialet**

5.1 ***Kontroll av asfaltgranulat***

Ett prov på 30 kg ska tas ut per 3 000 ton material eller minst två prov per objekt. Provtagningen sker när materialets lastas på bilen eller tippas från bilen.

Det ska undersökas genom bindemedelshalt, kornstorleksfördelning, maximal torr skrymdensitet och optimal vattenkvot.

Innan analys torkas asfaltgranulatet vid max 50°C.

Kontroll av bindemedelshalt utförs minst en gång per 3000 ton dock minst två gånger per objekt.

Kontroll av kornstorleksfördelning utförs minst en gång per 3000 ton dock minst två gånger per objekt.

Kontroll av packningsegenskaperna utförs minst en gång per 9000 ton dock minst en gång per objekt.

6 **Krav vid utförande**

6.1 ***Krav på utläggning***

Massorna ska läggas ut med asfaltläggare eller med lastbil/väghyvel.

Asfaltgranulat är som andra grövre, obundna vägmateriäl relativt separationsbenägna, vilket bör beaktas vid hanteringen av massorna.

6.2 ***Krav på lagertjocklek***

Krossad asfalt ska läggas ut i lager mellan 8-15 cm. Om tjockare skikt eftersträvas måste materialet läggas ut i flera lager.

6.3 ***Krav på packningsutrustning***

När asfaltgranulat används till bärlager ska materialet packas med en tung vibrerande stålvalsvält linjelast ≥ 35 kN/m. Antalet överfarter och behovet av vältrar bestämmas genom en provpackning på vägen.

Efter avslutad packning med stålvalsvält bör ytan gummihjulsvältas med några överfarter.

Erfarenheter har visat att ca 5 överfarter med hög amplitud (och låg frekvens) följt av 5 överfarter med låg amplitud (och låg frekvens) ger det bästa resultatet.

Typ av vältrar och antalet vältöverfarter har stor betydelse för packningsresultatet. Stålvalsvältrar packar materialet på djupet medan gummihjulsvältrar tätar (knådar) till ytan och det övre skiktet.

6.4 **Krav på vatteninnehåll**

Vatteninnehållet i utlagda massor ska vid packningen ligga på 2 % över optimal vattenkvot.

I många fall, speciellt vid varmt och torrt väder, måste utlagt asfaltgranulat vattnas rikligt om lämpligt vatteninnehåll ska kunna uppnås. Eftersom asfaltgranulatet är relativt öppet genom det låga finmaterialinnehållet rinner vattnet snabbt igenom lagret varför vältningen måste ske direkt efter vattningen.

Normalt ligger optimal vattenkvot på ca 6 %. Vattnets smörjande effekt på asfaltgranulatet är mycket viktigt för packningsresultatet och vidhäftningen mellan granulatkornen.

6.5 **Krav på temperaturen**

Vid packningen ska temperaturen överstiga 5°C i materialet.

Packningen av asfaltgranulat syftar inte bara till att materialet ska få så hög torr skrymdensitet (hög packningsgrad) som möjligt utan även till att granulatkornen ska kunna binda ihop till ett bundet lager. Denna effekt ökar markant vid högre temperatur. Det innebär att det bästa resultatet erhålls om massorna läggs ut på sommarhalvåret.

6.6 **Provläggning**

För att packningsarbetet ska bli så bra som möjligt bör en provyta läggas innan produktionen startas upp i full skala. Provytan ligger till grund för val av läggare (packningsenergi) och packningsinsats. Ytan bör vältas och densiteten kontrolleras i 5 punkter vid 3, 6, 9 och 12 överfarter.

Det förfarande som ger högst torr skrymdensitet ska användas vid produktionen.

En isotopmätare behövs för kontroll av skrymdensiteten. Vid testet måste vattenkvoten och bindemedelsinnehållet i materialet kontrolleras.

Observera att bitumeninnehållet registreras som vattenhalt. Temperaturen vid provläggningen bör också noteras.

6.7 **Utläggning av överliggande lager**

Låt ytan ligga öppen för byggtrafik en tid innan den läggs över

Eftersom lager av asfaltgranulat är till en början mer deformationskänsliga än konventionellt bärlager bör ytan om möjligt ligga öppen en tid för trafik innan asfaltlagren läggs. Vid större byggen kan det vara bra att vänta med slitlagret något år och trafikera bindlagret. På så sätt kan första tidens spårbildning (efterpackningen) justeras när slitlagermassorna läggs. Risken för efterpackning är som störst på sommaren när temperaturen är hög i

vägbanan. Efter en tids trafik brukar lager med asfaltgranulat hårdna till och bli mer okänsliga för deformationer.

Ytan på utlagt asfaltgranulat blir förhållandevis tät, jämn och dammfri genom asfaltinnehållet och kan trafikerats utan problem.

7 Kontroll på färdigt lager av asfaltgranulat

7.1 Nivåkontroll

Kontroll av lagertjocklek görs på samma sätt som vid konventionellt bärlager med nivåkontroll eller tillämplig metod enligt TBT obundna lager.

7.2 Packningskontroll

Den torra skrymdensiteten på packad yta bestäms med hjälp av en isotopmätare enligt VVMB 605, varefter korrigering av vattenkvoten för bitumeninnehållet görs.

Den torra skrymdensiteten från fältprovningen divideras med maximala torra skrymdensiteten från laboratorieprovning (medelvärde av samtliga prov instampade på laboratoriet uttagna på objektet), vilket anger packningsgraden i procent.

I Sverige används statisk plattbelastning för kontroll av packning och bärighet av konventionella bärlager. Vid kontroll av asfaltgranulat påverkas resultatet av temperaturen i materialet pga bitumeninnehållet. Därför kan inte statisk plattbelastning användas vid packningskontroll av asfaltgranulat.

Bärlager skall uppfylla krav på packning enligt avsnitt 7.2.1 medelvärde/minvärde eller avsnitt 7.2.2 statistisk bedömning.

Mindre objekt är när den totala ytan är $< 5000 \text{ m}^2$ eller $\text{ÅDT}_{k, \text{ tung}} < 50$.
Större är när den totala ytan är $\geq 5000 \text{ m}^2$ eller $\text{ÅDT}_{k, \text{ tung}} \geq 50$.

Krav på kontrollobjektets storlek, antal stickprov och mätförfarande:

Kontrollobjekt	Vägyta $\leq 5\,000\text{ m}^2$. Samtliga kontrollobjekt undersöks.
Stickprov	$n \geq 8$ Kontrollpunkterna ska vara valda och fördelade med stratifierat urval inom kontrollobjektet enligt VVMB 908.
Mätförfarande	Isotopmätare enligt VVMB 605
Grovt fel	Enskild avvikelse, G_f .
Mätvariabel	packningsgrad RD, mätt i %.
Kriterievariabler	$\bar{x}_{RD}$ = aritmetiska medelvärdet av mätta Packningsgrader (RD) s_{RD} = standardavvikelse på mätta packningsgrader

7.2.1 Kontroll av medelvärde/minvärde

Kravet på packning är uppfyllt om:

Trafikklass	Mindre objekt	Större objekt
Medelvärde ($\bar{x}_{RD}$)	>95 %	>98 %
Minivärde (G_f)	≥ 92 %	≥ 95 %

7.2.2 Kontroll vid statistisk bedömning

Kravet på packning är uppfyllt om:

$$K \leq \bar{x}_{RD} - k s_{RD}, \text{ där}$$

Trafikklass	Mindre objekt	Större objekt
K	92 %	95 %

$\bar{x}_{RD}$ = medelvärde (packningsgrad)

s_{RD} = standardavvikelse

K = kravvärde (acceptansintervall)

n = antal mätningar

k = konstant beroende på antalet mätningar

n	8	9	10	15	20	25	30	40	50
k	1,74	1,70	1,67	1,58	1,53	1,50	1,47	1,44	1,43

Bilaga 2

Asfaltgranulat i bärlager – uppföljningar av provsträckor

Torbjörn Jacobson, Trafikverket

Asfaltgranulat i bärlager – uppföljningar av provsträckor

Några provsträckor har följts upp med avseende på jämnhet och spårbildning. Gemensamt är att asfaltgranulat (krossad returafalt) har ersatt obundet, konventionellt bärlagermaterial.

Väg 46, Blidsberg - Trädet

I samband med ombyggnaden av väg 46, delen Blidsberg-Trädet (6 km) testades asfaltgranulat till obundet bärlager. Drygt 12 000 ton asfaltbeläggning togs bort från den gamla vägen varav 1 500 ton hade inslag av vägtjära (relativt låg halt). Massorna med vägtjära lagrades separat, krossades ned och användes dels till obundet bärlager i en provsträcka på väg 46, dels som bärlager på en intilliggande gång- och cykelbana. I provvägen ingår som jämförelse en sträcka med konventionellt bärlager av krossat berg (ordinarie åtgärd).

Massorna krossades i två steg till sorteringen 0/35 mm. Innan massorna lades ut låg de i upplag i ca 2 månader (april/maj). Asfaltgranulatet lades ut i ett lager av ca 80 mm och packades både med stålvals- och gummihjulsvält. Vid packningen vattnades materialet. Ca 2 veckor efter utläggningen lades bärlagret över med AG och bindlager. Denna del av vägen öppnades för trafik under 2002. I juni 2003 lades slutligen slitlagret. ÅDTtotal är ca 3000 fordon (drygt 10 % tunga fordon).

Sträcka 1 (provsträcka)

- Slitlager av tunnskiktsbeläggning (försommaren 2003)
- Bindlager av ABT16 (60 mm, 2002)
- Bärlager av AG22 (65 mm, 2002)
- Asfaltgranulat (80 mm)
- Förstärkningslager (670 mm)

Sträcka 2 (referens)

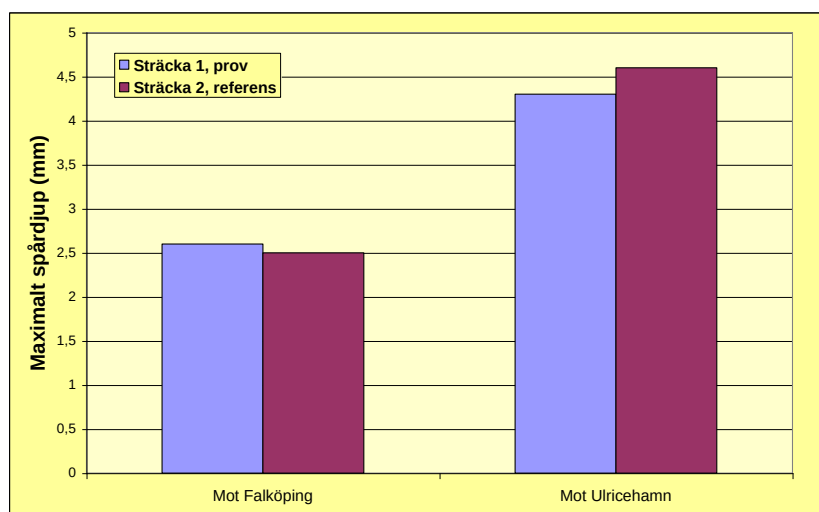
- Slitlager av tunnskiktsbeläggning (försommar 2003)
- Bindlager av ABT16 (60 mm, 2002)
- Bärlager av AG22 (65 mm, 2002)
- Grusbärlager (80 mm)
- Förstärkningslager (670 mm)

Jämnhet och spårdjup 2003

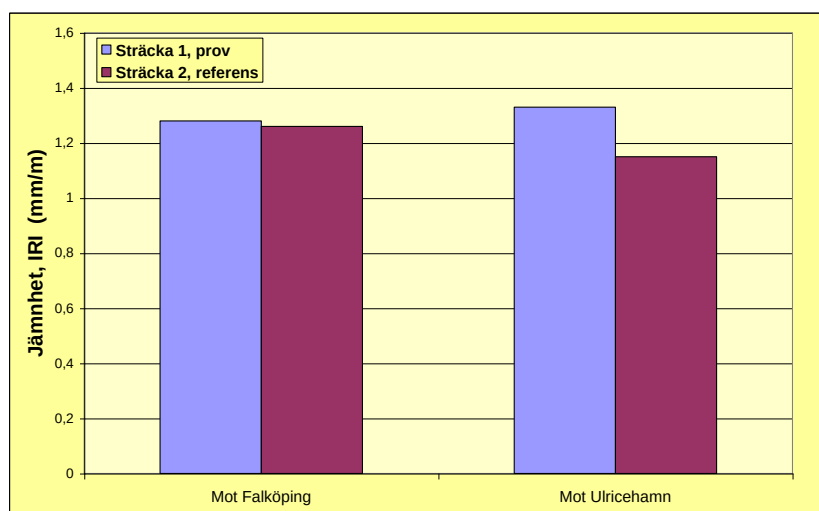
I syfte att följa spårbildningen under första året och vägens jämnhet i längsled utfördes en lasermätning (mätt med 17 lasrar) i maj 2003. Mätningen gjordes på bindlagret. Resultaten från mätningen redovisas i figurerna 1 och 2.

Bilaga 2

Provsträckor med asfaltgranulat i bärlager



Figur 1 Maximalt spår djup maj 2003 enligt RST.



Figur 2 Jämnhet, IRI, maj 2003 enligt RST.

Spår djupen låg efter knappt ett år på 2,5–4,5 mm med de högsta värdena i körfältet mot Ulricehamn. Troligen utgjordes ca 1 mm av slitage från dubbtrafiken medan övrig spårbildning kan tillskrivas efterpackningen från den tunga trafiken. Spårbildningen bedöms vid detta tillfälle ha varit liten i riktningen mot Falköping med tanke på att trafiken är spårbunden och att andelen tung trafik är stor väg 46. I riktningen mot Ulricehamn går sannolikt ett större antal tunga fordon, vilket förklarar den högre spårtillväxten. Provsträckan med asfaltgranulat erhöi likvärdig spårbildning med referensen av konventionellt bärlagergrus. Mätningen visade att asfaltgranulat kan ha bra stabilitet och fungera tillfredställande på en relativt högtrafikerad väg.

IRI-värdena visade på bra jämnhet i vägens längdled. I körbanan mot Ulricehamn var den något sämre på provsträckan men ändå tillfredställande.

Jämnhet och spår djup 2007

En förnyad lasermätning utfördes hösten (den 14 september) 2007. Vid detta tillfälle gjordes mätningen på slitlagret som lades sommaren 2003. Resultaten framgår av tabell 1.

Bilaga 2
Provsträckor med asfaltgranulat i bärlager

Tabell 1 Sammanställning (medelvärden av 20-meterssträckor) över spårdjup och IRI från lasermätning i oktober 2007.

Sträcka	Bärlager	IRI, höger mm/m	IRI vänster mm/m	Spårdjup, 3,2 m	Spårdjup, 2,6 m
K1, mot norr	Asfaltgranulat	0,76	0,81	2,9	2,0
	Konv. bärlager	0,85	0,80	3,4	2,2
K1, mot söder	Asfaltgranulat	0,93	1,02	3,6	2,8
	Konv. bärlager	0,88	0,90	4,4	3,0

Spårdjupen är något lägre för sträckorna innehållande asfaltgranulat jämfört med referenserna.

Jämnhet och spårdjup 2008

Ytterligare en lasermätning utfördes hösten (november) 2008. Resultaten framgår av tabell 2.

Tabell 2 Sammanställning (medelvärden av 20-meterssträckor) över spårdjup och IRI från lasermätning i november 2008.

Sträcka	Bärlager	IRI, höger	IRI vänster	Spårdjup, 3,2 m	Spårdjup, 2,6 m
K1, mot norr	Asfaltgranulat	0,79	0,82	3,7	2,4
	Konv. bärlager	0,88	0,79	3,9	2,5
K1, mot söder	Asfaltgranulat	0,93	1,03	5,3	2,6
	Konv. bärlager	0,89	0,93	6,2	3,2

Spårbildningen är ungefär likvärdig mellan sträckorna innehållande asfaltgranulat jämfört med referenserna.

Väg 32, nybyggda delen mellan Mjölby (Svartån) och Boxholm

År 2002/2003 byggdes en ny sträcka på väg 32, mellan Boxholm och Svartån. Som obundet bärlager, 80 mm, lades krossad tjärasfalt. Höstarna 2007 och 2008 utfördes lasermätningar. Som jämförelse mättes även den äldre delen norr om Svartån med konventionell uppbyggnad. Slitlagerbeläggningarna har samma ålder på de båda sträckorna. Resultatet redovisas i tabell 3. Inga skador på vägen observerades vid mättillfällena. ÅDTtotal är ca 6000 fordon (drygt 10 % tunga fordon).

Lasermätning hösten 2007

Bilaga 2
Provsträckor med asfaltgranulat i bärlager

Tabell 3 Sammanställning (medelvärden av 20-meterssträckor) över spårdjup och IRI från lasermätning i oktober 2007.

Sträcka	Bärlager	IRI, höger	IRI vänster	Spårdjup, 3,2 m	Spårdjup, 2,6 m
K1, mot norr	Asfaltgranulat	0,76	0,81	2,9	2,0
	Konv. bärlager	0,85	0,80	3,4	2,2
K1, mot söder	Asfaltgranulat	0,84	0,85	4,4	3,5
	Konv. bärlager	0,97	0,98	5,0	3,9

Spårdjupen är något lägre på sträckorna innehållande asfaltgranulat jämfört med referenserna. Även IRI-värdena ligger något lägre.

Lasermätning hösten 2008

Tabell 4 Sammanställning (medelvärden av 20-meterssträckor) över spårdjup och IRI från lasermätning i november 2008.

Sträcka	Bärlager	IRI, höger mm/m	IRI vänster mm/m	Spårdjup, 3,2 m	Spårdjup, 2,6 m
K1, mot norr	Asfaltgranulat	0,82	0,79	5,5	4,0
	Konv. bärlager	0,96	0,94	5,8	4,3
K1, mot söder	Asfaltgranulat	0,84	0,88	5,1	4,0
	Konv. bärlager	1,00	0,99	6,2	4,6

Spårtillväxten är i stort sett lika på sträckorna innehållande asfaltgranulat jämfört med referensen.

Sammanfattande kommentarer

Efter det vägarna färdigställts (slitlagret lagts) är inte spårdjupen eller spårtillväxten större på mätsträckorna med asfaltgranulat som bärlager jämfört med referenssträckorna innehållande konventionellt bärlager. Tendensen på väg 32 och 46 är att spårutvecklingen är något lägre för sträckorna med asfaltgranulat jämfört med referenserna. Ingen systematisk skillnad i jämnhet, IRI förekom mellan sträckorna innehållande asfaltgranulat och de med konventionellt bärlager utan de bedöms vara likvärdiga.