

Kapitel 9

VARM ÅTERVINNING I VERK



Innehållsförteckning

9.1 ALLMÄNT	128
9.2 OLIKA TYPER AV TILLVERKNINGSPROCESSER	129
9.2.1 SATSBLANDNINGSVRK.....	129
9.2.2 KONTINUERLIGA BLANDNINGSVRK.....	130
9.3 ASFALTGRANULAT	131
9.3.1 KROSSNING, SORTERING OCH LAGRING	131
9.3.2 LÄMPLIGHET TILL VARM ÅTERVINNING	131
9.4 NYTT BINDEMEDEL (BITUMEN ELLER FÖRYNGRINGSMEDEL)	133
9.5 TRANSPORT, UTLÄGGNING OCH PACKNING.....	133
9.6 REKOMMENDATIONER FÖR KRAV PÅ ASFALTMASSA, BELÄGGNING OCH FÄRDIG VÄGYTA.....	133
9.7 ERFARENHETER AV VARM ÅTERVINNINGSMASSA TILLVERKAD I VERK	134
9.7.1 ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN.....	134
9.7.2 ÅLDRING AV BITUMEN I GAMLA BELÄGGNINGAR	134
9.7.3 PROVVÄGAR OCH MATERIALEGENSKAPER	135
LITTERATURFÖRTECKNING	139

9.1 Allmänt

I många länder är varm återvinning i verk en etablerad teknik sedan länge och ett antal olika produktionsmetoder har utvecklats. I Sverige har intresset ökat markant för denna teknik och en rad nyinvesteringar vid asfaltverken har gjorts på senare år. Många av de tekniker som använts utomlands finns tillgängliga men ännu så länge i begränsad omfattning. Varm återvinning i verk passar bra för stationära, större anläggningar, men även mindre anläggningar av mobil typ finns.

Processen innebär att asfaltgranulat, uppvärmt eller kallt, inblandas i nytillverkad massa. Förvärmning av granulatet möjliggör högre inblandning jämfört med tillsats av kallt granulat.

Fakta om varm återvinning

I Sverige fanns det 1998 mer än ett 20-tal asfaltverk anpassade för varm återvinning. Antalet verk som modifierats för återvinning har ökat från år till år. En rad olika processer förekom och andelen granulat som inblandades i massan varierade mellan 10-50 % beroende på verk. Vägverket upphandlade 1998 ca 225 000 ton varma återvinningsmassor men det mesta utgjordes av Remixing och Repaving. Varma återvinningsmassor används till alla typer av asfaltlager och objekt. Till skillnad från kall och halvvarm återvinning kan varm återvinningsmassa också användas på det högtrafikerade vägnätet.

Inblandningshalter mindre än 20 % rekommenderas för tillverkning i satsblandningsverk och mindre än 50 % vid tillverkning i trumblandningsverk. När granulatet uppvärms i parallelltrumma kan högre halter granulat inblandas och det finns exempel på upp mot 100 % återvinningsgrad enligt denna metod. Inblandningshalten påverkas bland annat av granulatets sammansättning och egenskaper, fukthåll och den typ av massa som skall tillverkas.

Om det gamla asfaltmaterialet innehåller *vügtjära* (stenkolstjära), kan giftiga gaser uppkomma vid uppvärmning, och därför skall den här typen av material inte återvinnas genom varm återvinning (inkapsling genom kall återvinning rekommenderas). Frågetecken finns också för beläggningar med modifierade bindemedel, t ex gummi-asfaltbeläggningar (typ Rubit). I en del verk förbränns (renas) rökgaserna i torktrumman.

9.2 Olika typer av tillverkningsprocesser

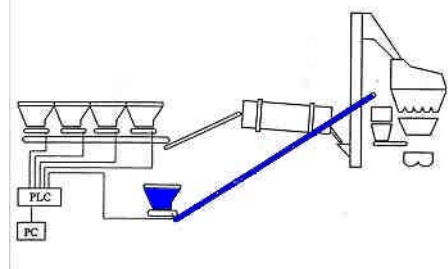
En rad olika processer har utvecklats för varm återvinning i verk. Skillnaderna ligger i uppvärmningen av granulatet, blandningsförfarandet och överhettningen av stenmaterialet. Gemensamt för metoderna är att granulatet inblandas i nytillverkad, varm asfaltmassa. Eftersom satsblandningsverk är den dominerande typen av asfaltverk i Sverige är de flesta återvinningsmetoderna kopplade till denna teknik.

9.2.1 Satsblandningsverk

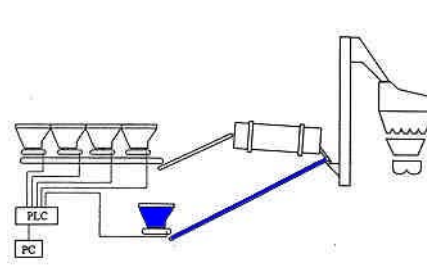
Asfaltgranulat kan tillsättas på följande sätt:

1. direkt i blandaren – granulatet uppvärms av det varma stenmaterialet i massan
2. till torkat och uppvärmt stenmaterial vid varmtransportören innan varmsikten – granulatet uppvärms av det varma stenmaterialet
3. i huvudtorktrumman, vanligtvis en bit in i trumman, granulatet uppvärms av stenmaterialet
4. i separat torktrumma, ”parallelltrumma”, granulatet uppvärms i torktrumman.

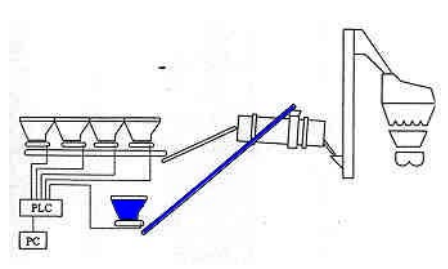
1) Inblandning direkt i blandaren



2) Inblandning i elevatören



3) Inblandning i torktrumman



4) Inblandning genom parallelltrumma

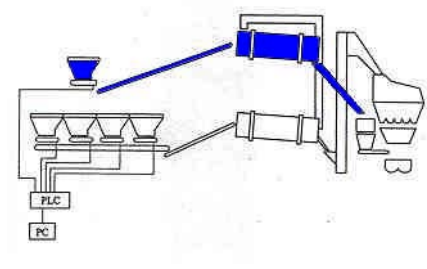


Bild 9-1 Schematisk skiss över verk för satsvis tillverkning av varm massa. Blåfärgade ytor markerar var granulatet tillsätts i processen (källa: Asfaltnytt).

De tre första metoderna innebär att stenmaterialet, i varierande grad, måste överhettas för att massan skall få en tillräcklig temperatur. Överhettning av stenmaterial medför en viss extra förhårdning av det nya bindemedlet och i viss mån även av det gamla. När parallelltrumma används behöver inte stenmaterialet överhettas. Rökgaserna från parallelltrumman förbränns i den ordinarie trumman, vilket innebär att metoden ger mindre utsläpp. Vid de tre första metoderna kan upp mot 20-25 % granulat inblandas (vid 3 % fukthalt) medan uppvärmning genom parallelltrumma möjliggör större inblandning av granulat.

I tabell 9-1 och bild 9-2 ges exempel på korrigering av stenmaterialets temperatur för andelen granulat i massan med hänsyn till fukttinnehållet respektive önskvärd massatemperatur. Den här typen av manualer brukar finnas till de flesta asfaltverk.

Tabell 9-1 Korrigering av stenmaterialets temperatur för fukttinnehållet i granulatet (källa: Asphalt).

Andel granulat i vikt-%	Vattenhalt i granulatet i vikt-%					
	1	2	3	4	5	6
	Temperaturkorrektio n i °C					
10	4	8	12	16	20	24
15	6	12	18	24	30	36
20	8	16	24	32	40	48
25	10	20	30	40	50	60
30	12	24	-	-	-	-

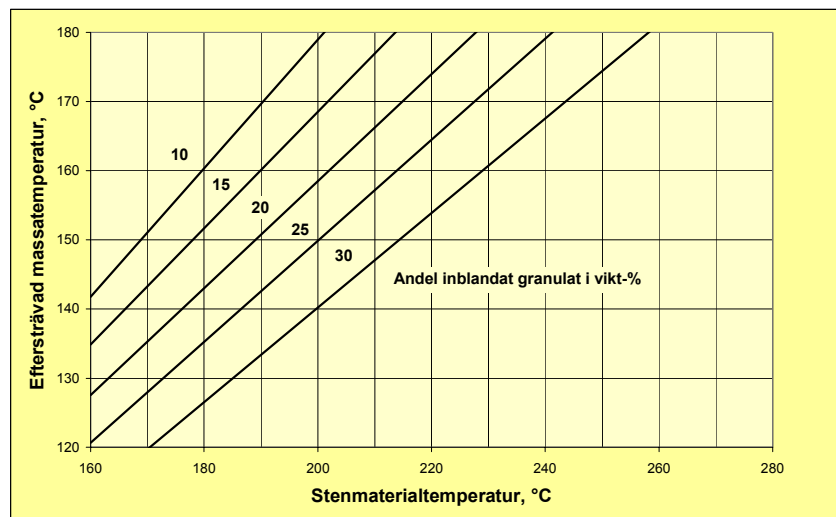


Bild 9-2 Förhållande mellan stenmaterialets temperatur, granulathalt och sluttemperatur på massan (källa: Asphalt).

9.2.2 Kontinuerliga blandningsverk

Uppvärmningen av granulatet sker antingen tillsammans med stenmaterialet i en kombinerad tork- och blandningstrumma eller i en parallelltrumma. Denna typ av verk är att föredra vid stora volymer med få sortbyten av massor, t ex vid stora tillverkningsvolymer. Kontinuerliga asfaltverk har kapaciteter från 40 till 600 ton/tim.

Trumblandningsverken är anpassade för asfaltåtervinning och det finns flera varianter utvecklade för detta ändamål. I princip finns det tre olika metoder för att värma upp granulatet i trumman; direkt upphettning vid öppen eld, indirekt upphettning vid öppen eld samt överhettat stenmaterial. Vissa typer av trumblandningsverk har dubbla trummor (inre och yttre trumma) där granulatet förvärms separat i den yttre trumman. I trumblandningsverk kan upp mot 50 % granulat återvinnas. Även till kontinuerliga asfaltverk finns manualer som beskriver förhållandet mellan stenmaterialets temperatur, vattenhalten i granulatet och möjlig halt asfaltgranulat. Blandningstiden brukar också anpassas till mängden inblandat granulat.

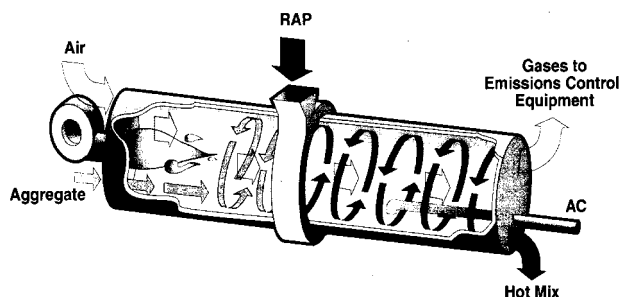


Bild 9-3 Trumblandningsverk. Granulatet tillsätts i slutet av torktrumman, innan blandaren (se pilen). I trumblandningsverk kan upp mot 50 % granulat inblandas.

9.3 Asfaltgranulat

9.3.1 Krossning, sortering och lagring

För att återvinningsmassorna skall få en jämn och bra kvalitet måste de gamla asfaltmassorna krossas (sönderdelas) och sorteras. Fräsmassor kan ibland ha en lämplig kornstorleksfördelning och behöver därför inte alltid krossas om. Om granulatet sorteras i fraktioner, t ex till 0-8, 8-16 mm, ökar möjligheterna till användning och det är lättare att proportionera den nya massan. Det är också viktigt att skilja de gamla massorna efter ursprung och kvalitet. ABS-beläggningar med högkvalitativa stenmaterial bör lagras separat så att de kan återvinnas till ny ABS-massa. I första hand bör gamla slitlagerbeläggningar användas till ny slitlagermassa och gammal bind- eller bärlagerbeläggning till ny bind- eller bärlagermassa.

Vid varm återvinning är det en stor fördel om materialet kan mellanlagras under tak eller övertäckas. Ett lågt och homogent vatteninnehåll i granulatet medför stora fördelar vid tillverkningsprocessen, speciellt för de kalla blandningsprocesserna (när kallt granulat tillsätts). Om granulatet är någorlunda torrt kan i många fall en högre halt material inblandas och uppvärmningsbehovet för stenmaterialet blir mindre. Eventuella risker för utlakning minimeras om mellanlagret är övertäckt och ligger på ett tätt underlag eller om det används relativt snart. Upplagen bör inte vara för höga eftersom granulatet då kan klibba ihop alltför mycket.

9.3.2 Lämplighet till varm återvinning

För att få en bra funktion hos asfaltmassan får det gamla asfaltmaterialet inte vara alltför åldrat. Vid inblandning av liten andel får dock granulatets beskaffenhet mindre betydelse. Mjukpunkt och penetration i extraherat bindemedel brukar användas för att beskriva åldring

och förhårdning hos asfaltmaterial. Det bör framgå av arbetsreceptet om granulat ingår i asfaltmassan och i så fall hur mycket som ingår (se kap. 1). Vidare bör penetration och mjukpunkt på ingående granulat redovisas. För nyttillverkning av massabeläggningar accepterade Vägverket enligt TBV-beläggning 99 en inblandning av asfaltgranulat på:

- max 20 % för slitlager
- max 30 % för bind- och bärlager.

Förutsättningen var att asfaltgranulatet inte innehöll stenkolstjära eller andra skadliga ämnen och att kraven för motsvarande nyttillverkad massabeläggning tillverkad med jungfruliga material kunde uppfyllas.



Bild 9-4 Kallfräsning (planfräsning) av asfaltbeläggning. Oftast tas bara det översta (20-40 mm) lagret bort vid planfräsning.



Bild 9-5 Sorterat granulat för varm återvinning. I upplagen till vänster förvaras fin- resp. grovsortering av ABT-massor medan upplaget till höger består av ABS-massor.

9.4 Nytt bindemedel (bitumen eller förnygringsmedel)

Normalt används vanligt bitumen i massorna vid varm återvinning i verk. Det innebär att bitumen med penetrationen B 85 och B 180 hittills har använts. Ett sätt att kompensera den bindemedelsåldring som skett i de gamla massorna är att välja ett något mjukare bindemedel, t ex B 120 istället för B 85. Enligt Vägverket (TBVbel 99) får detta inte göras (p g a att det inte har utprovats ännu i Sverige) men i framtiden kan det bli aktuellt att anpassa (skräddarsy) det nya bindemedlet efter hur pass åldrat det gamla bindemedlet är i granulatet. Det nya bindemedlet måste dock vara kompatibelt (blandningsbart) med det gamla.

Förnygringsmedel (oftast oljedestillat, ibland innehållande lösningsmedel; obs! detta är ej bitumenprodukter) används inte i Sverige vid varm återvinning i verk. Den här typen av tillsatser har som avsikt att tränga in i och mjuka upp det gamla bindemedlet. När förnygringsmedel tillsätts brukar också ny massa eller nytt bitumen inblandas. Av miljöskäl bör den här typen av bindemedel (som kan vara hälso- och miljöfarliga) undvikas.

9.5 Transport, utläggning och packning

Varma återvinningsmassor skiljer sig inte från konventionella massor utan skall behandlas på samma sätt. Det är viktigt att minimera risken för separationer vid i- och urlastning av massorna samt under transport och vid läggning. Massor innehållande asfaltgranulat upplevs i många fall som lätthanterliga, smidiga och lättpackade. Konsistensen är väl så god som för konventionella massor.

9.6 Rekommendationer för krav på asfaltmassa, beläggning och färdig vägyta

Inga specifika krav finns för varma återvinningsmassor utan de krav som finns för konventionella massor i VÄG 94 (eller de anvisningar som Luftfarts- eller Fortifikationsverket har) kan användas även för varm återvinning (1). Vid förprovningen är det då viktigt att kontrollera om massorna klarar kraven för mjukpunktsförhöjning (max +8 °C). Det gamla bindemedlet i granulatet, som kan vara relativt förhårdnat, medför att mjukpunktsförhöjningen blir större än i vanliga fall och detta bör beaktas vid proportionering av massan.

I möjligaste mån bör återvinningsmassan ha likvärdig flexibilitet, styvhet och utmattningsresistens som konventionell massa av samma typ. I många fall kan detta åstadkommas genom att använda ett något mjukare bindemedel än för jungfruliga massor, förutsatt att inte stabiliteten försämras alltför mycket. Betydelsen av dessa egenskaper varierar från fall till fall (väg, trafik, klimat, bärighet, tjäle mm) vilket bör beaktas vid val av granulat, typ av bindemedel och receptur på återvinningsmassan. Om granulatet har lägre bindemedelshalt än vad arbetsreceptet föreskriver för asfaltmassan skall detta kompenseras genom att extra bindemedel tillsätts. Magra återvinningsmassor riskerar att få för dålig utmattningsresistens och beständighet.

På flygfält ställs ofta större krav på massorna med avseende på stabilitet och beständighet för halkbekämpnings- eller avisningsmedel, vilket måste beaktas vid varm återvinning. Det innebär att modifierade bindemedel eller någon typ av tillsatser kan behöva användas. Vid stora krav på god beständighet bör vidhäftningsmedel användas. Vid proportionering och

provning av varma återvinningsmassor rekommenderas funktionella provningsmetoder som ger relevant och ibland nödvändig information om massornas och beläggningsens prestanda.

9.7 Erfarenheter av varm återvinningsmassa tillverkad i verk

9.7.1 Användningsområden

Varma återvinningsmassor tillverkade i verk har använts som slitlager, bind-, bär- eller justeringslager på de flesta typer av vägar där varma, nytillverkade massor brukar förekomma (2-5). Varm återvinning av kalla och halvvarma beläggningstyper bör undvikas eller kräver särskild utredning. Varm återvinningsbeläggning passar väl för objekt som ligger nära stationära asfaltverk och är i första hand en teknik för högtrafikerade vägar, gator i tätorter eller för ytor där kraven är särskilt stora. I princip kan metoden användas där varmassa normalt används. I de flesta fall har granulathalten legat mellan 10-40 %.

Varm återvinning av drän- och skelettasfalt?

Stenrika och öppna beläggningstyper ställer mycket höga krav på både proportionering och utförande för att beläggningsen skall erhålla hög kvalitet och bra prestanda. Felaktig materialsammansättning, separationer eller dålig packning leder till tidiga skador med kort livslängd som följd. Därför måste särskild försiktighet och uppmärksamhet iaktas när dessa beläggningar skall återvinnas till ny drän- eller skelettasfalt.

Det är mycket viktigt att påpeka att erfarenheterna av varm återvinning i verk ännu så länge är relativt begränsade i Sverige eftersom tekniken inte tidigare varit så vanligt förekommande. I början av 80-talet gjordes dock en del försök som visade att det var fullt möjligt att bland in upp mot 25 % av ett homogent, kallfräst beläggningmaterial utan att det påverkade massornas sammansättning negativt. Asfaltmassornas egenskaper och homogenitet var också lika bra som för referensmassan.

Antalet producerade ton återvinningsmassa ökade markant mot slutet av 90-talet i takt med att många verk byggdes om för återvinning. I de flesta länder rekommenderas varm återvinning till bind- och bärlager medan för slitlager en viss försiktighet råder, speciellt för drän- och skelettasfalt. De senare beläggningstyperna ställer mycket stora krav på god proportionering och noggrant utförande om hållbarheten skall bli bra, vilket måste beaktas vid valet av metod.

9.7.2 Åldring av bitumen i gamla beläggningar

Bitumen åldras med tiden, bland annat genom oxidation, vilket medför att beläggningsens egenskaper förändras. Materialet blir sprödare och mer sprickkänsligt på grund av den förhårdning som sker av bindemedlet. För att kompensera bindemedelsförhårdning kan något mer bindemedel än normalt tillsättas i den nya massan. Om bindemedlet har hårdnat alltför mycket bör inte varm återvinning väljas utan kalla eller halvvarma metoder rekommenderas. Det är viktigt att komma ihåg att äldre beläggningmassor har bindemedel med delvis försämrade egenskaper, vilket begränsar andelen granulär som kan blandas in i massan. Därför bör en viss försiktighet iaktas vid varm återvinning som ofta riktar sig till beläggningar på mer trafikerade vägar där kraven på bra prestanda är stora. I bild 9-6 och 9-7 redovisas egenskaperna på återvunnet bindemedel från gamla beläggningar med varierande ålder.

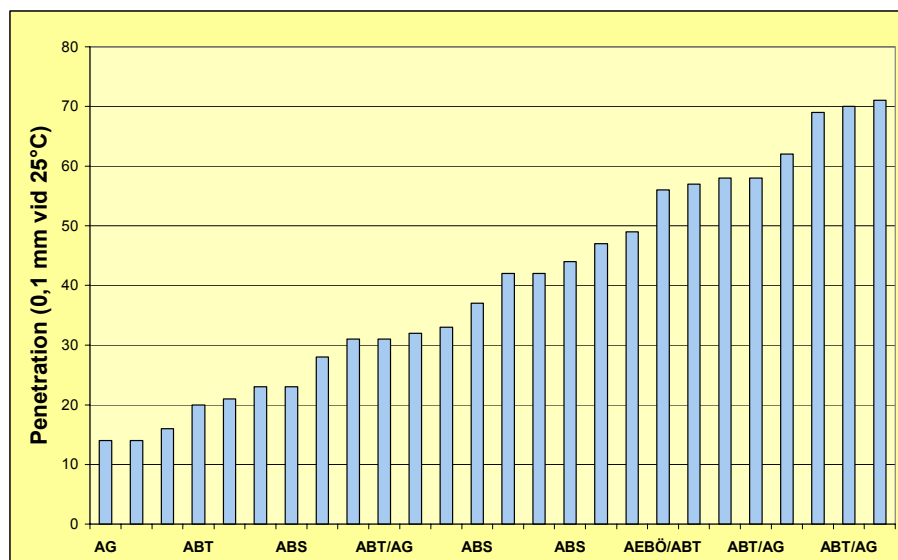


Bild 9-6 En översikt över bindemedlets hårdhet (penetration) i gamla beläggningar av ABT, ABS och AG. Bindemedlets penetration låg ursprungligen på ca 85 eller 180 men har sedan minskat (hårdnat) genom den uppvärmning som skett vid massatillverkningen samt åldringen på vägen.

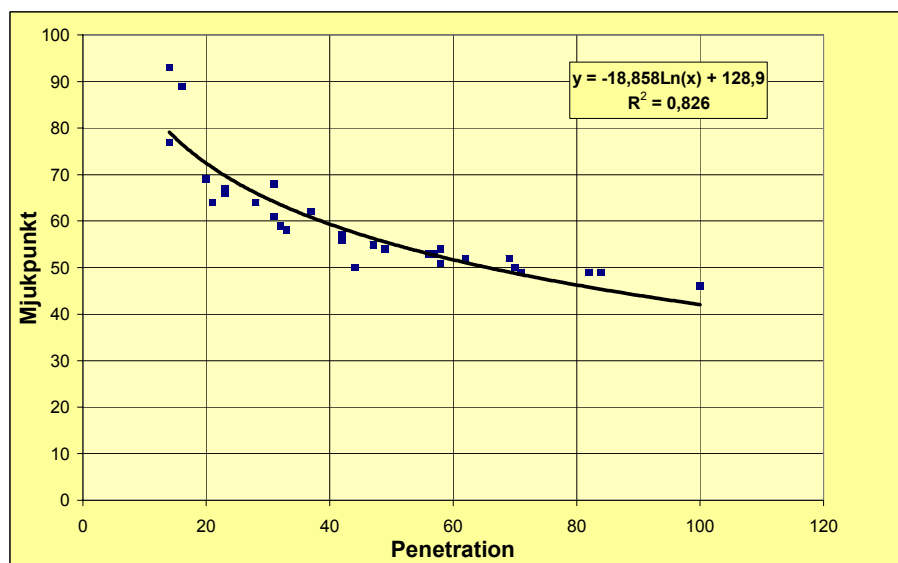


Bild 9-7 Korrelationen mellan penetration och mjukpunkt på återvunnet bindemedel från äldre beläggningar.

9.7.3 Provvägar och materialegenskaper

De försök som gjorts på senare år (slutet av 90-talet, 2 och 3) visar att en måttlig granulatblandning (20-30 %) inte påverkar massornas sammansättning eller egenskaper alltför mycket. Granulatet kan ha en viss förstyvande effekt på beläggningen samtidigt som beständigheten tenderar att bli något bättre. I det senare fallet kan inblandning av granulat medföra att vidhäftningen i massan förbättras genom att granulatkornen har bitumentäckta ytor.

Vid högre granulatinblandning (30-50 %) kan de mekaniska egenskaperna påverkas mera och det blir samtidigt svårt att uppfylla kraven i VÄG 94 med avseende på gradering och mjukpunktsförhöjning. En viktig faktor är hur pass mycket åldrat det gamla bindemedlet är och möjligheterna till högre granulatinblandning ökar om de gamla massorna inte är alltför åldrade. Förhöjd styvhet kan innebära att vägytan blir mer känslig för sprickor, speciellt vid låga temperaturer eller om bärigheten i konstruktionen är låg, men behöver inte alltid vara en nackdel. På välbyggda vägar med täta beläggningslager får denna effekt en mindre betydelse. Ett sätt att motverka granulatets förstyvande inverkan kan vara att använda ett mjukare bindemedel eller öka tillsatsen av nytt bindemedel vilket förbättrar materialets utmattningshållfasthet.

I följande stycken redovisas erfarenheterna från några provvägsförsök med varma återvinningsmassor, tillverkade dels genom kall granulatinblandning eller förvämt granulat (parallelltrumma) i satsblandningsverk, dels i trumblandningsverk där blandningstiden är längre. Frågor som belyses är granulatets inverkan på bindemedlets eller massans/beläggningsens egenskaper och om beständigheten påverkas.



Bild 9-8 Övre vänster: Provsträckor med varm återvinningsbeläggning vid Stäket utanför Stockholm (1996). I detta försök testades inblandning av 15 % granulat i ABS 16 och 25 % i ABT 16. Övre höger: Trafikerat bindlager med 20-40 % granulatinblandning. Nedre vänster och höger: ABS 11 med 20-40 % granulat av kvartsitmassor.

Granulatets inverkan på mjukpunktsförändring

Förutom granulatinblandning kan bindemedelsförhårdning vid tillverkning orsakas av höga temperaturer i massan, lång lagringstid eller stora transportavstånd från verk till

utläggingsplats. Öppnare massatyper oxideras också mera än täta. I bild 9-9 ges exempel på hur mycket granulatet kan påverka förhårdningen av bindemedlet i återvinningsmassan.

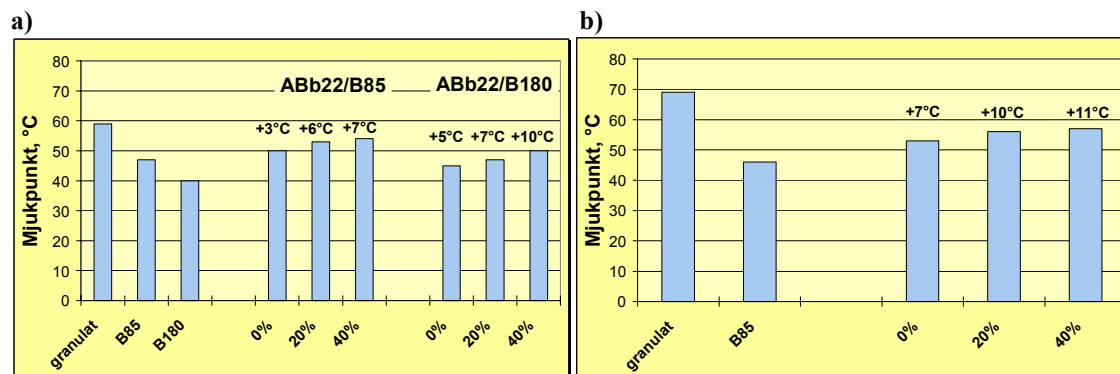


Bild 9-9 Granulatets inverkan på förhårdningen (mjukpunktsförhöjningen) av bindemedlet i asfaltmassan.

Kommentarer till bild 9-9:

a) I detta fall ökade mjukpunkten hos bindemedlet mellan 3-5 °C genom inblandningen av granulat. Beläggningstypen är ABb22.

b) I detta fall ökade mjukpunkten hos bindemedlet mellan 3-4 °C genom inblandningen av granulat. Beläggningstypen är ABS11.

Granulatets inverkan på mekaniska egenskaper

Inblandning av granulat kan ha viss förstyvande inverkan på en asfaltbeläggning beroende på hur mycket granulat som inblandas och hur pass åldrat det gamla bindemedlet är. Förutom granulatinblandning påverkas asfaltens mekaniska egenskaper av exempelvis bindemedelsmängden, bindemedlets hårdhet, hålrums halten, stenmaterialet, packningen och om fukt finns i beläggningen. I bilderna 9-10, 9-11 och 9-12 ges exempel avseende granulatets inverkan på massans eller beläggningens hållfasthet.

Styvhetsmodul

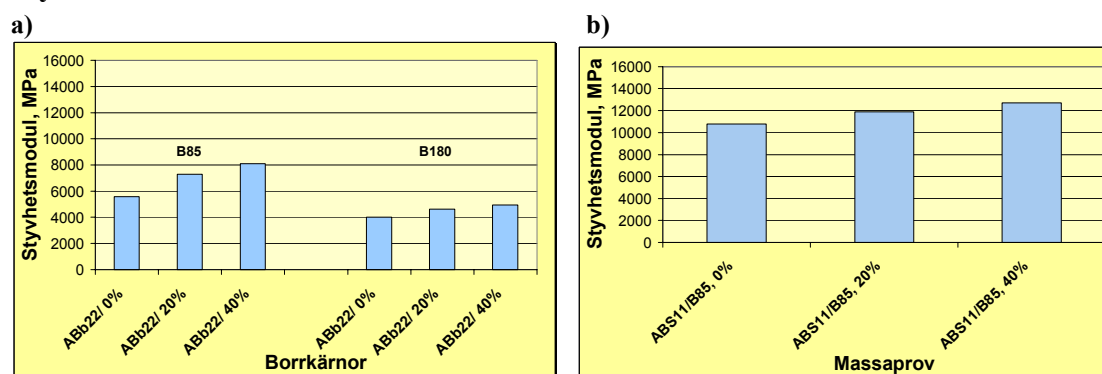


Bild 9-10 Granulatets inverkan på mekaniska egenskaper (styvetsmodulen) hos asfaltmassa eller borrkärnor från beläggning.

Kommentarer till bild 9-10:

a) Inverkan av granulatinblandning på styvhetsmodul. Beläggningstypen är ABb22 (bindlager) innehållande B85 och B180. Provningsen avser borrhärdar från vägen.

b) Inverkan av granulatinblandning på styvhetsmodul. Beläggningstypen är ABS11/B85. Provningsen avser massaprov från vägen som packats på laboratoriet.

Pressdraghållfasthet

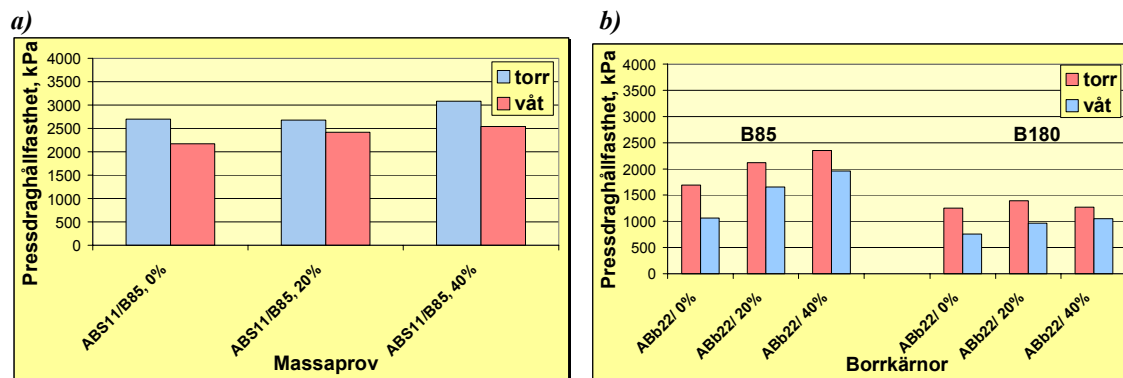


Bild 9-11 Granulatets inverkan på mekaniska egenskaper (pressdraghållfastheten) hos asfaltmassa eller borrhärdar från beläggning.

Kommentarer till bild 9-11:

a) Inverkan av granulatinblandning på pressdraghållfasthet. Beläggningstypen är ABS11/B85. Provningsen avser massaprov från vägen som packats på laboratoriet och som testats efter torr- och våtlagring.

b) Inverkan av granulatinblandning på pressdraghållfasthet. Beläggningstypen är ABb22 (bindlager) innehållande B85 och B180. Provningsen avser borrhärdar från vägen som testats efter torr- och våtlagring.

Stabilitet (dynamisk kryptest)

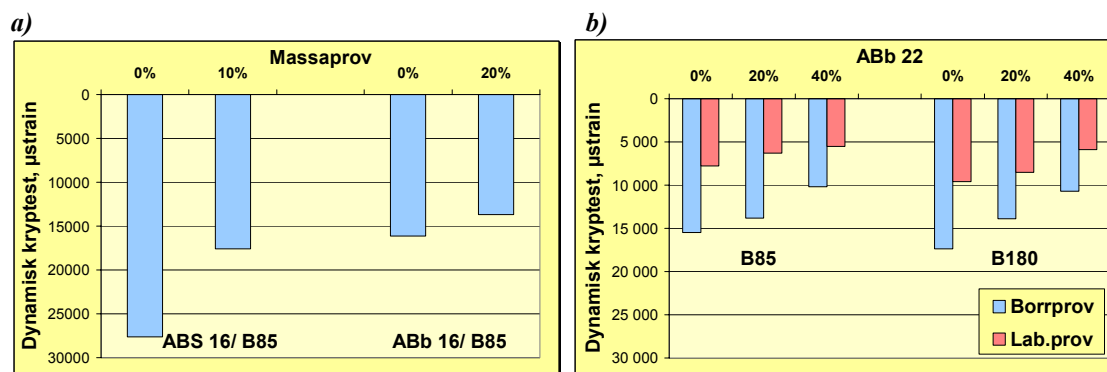


Bild 9-12 Granulatets inverkan på mekaniska egenskaper (stabiliteten) hos asfaltmassa eller borrhärdar från beläggning.

Kommentarer till bild 9-12:

a) Inverkan av granulatinblandning på stabilitet. Beläggningstypen är ABb22/B85 och ABS16/B85. Provningen avser borrhärdor av massaprov (provplattor).

b) Inverkan av granulatinblandning på stabilitet. Beläggningstypen är ABb22/B85 och ABb22/B180. Provningen avser borrhärdor från vägen och labtillverkade prov genom gyratorisk packning.

Vattenkänslighet

Om beständigheten inte är bra försämras de flesta egenskaperna hos asfaltbeläggningen och tidiga skador uppkommer. Stor betydelse har beläggningens bindemedels- och hålrums halt, stenmaterialets vidhäftning samt beläggningens homogenitet. Yttre faktorer såsom tillgång till fukt och salt, spårbildning, dålig dränering och tvärfall har också stor betydelse för uppkomsten av beständighetsrelaterade skador. I bild 9-13 ges exempel på hur vidhäftningstalet (vattenkänsligheten) påverkas av granulatinblandning.

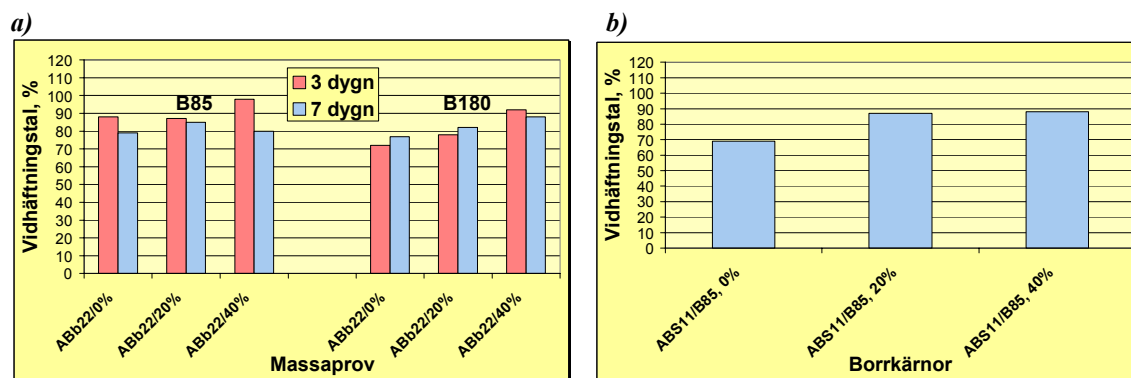


Bild 9-13 Granulatets inverkan på beständighet (vattenkänslighet, vidhäftningstal) hos asfaltmassa eller borrhärdor från beläggning.

Kommentarer till bild 9-13

a) Inverkan av granulatinblandning på vidhäftningstal. Beläggningstypen är ABb22 (bindlager) innehållande B85 och B180. Provningen avser massaprov från vägen som packats på laboratoriet och som testats efter vattenlagring i 3 och 7 dygn.

b) Inverkan av granulatinblandning på vidhäftningstal. Beläggningstypen är ABS11/B85. Provningen avser borrhärdor från vägen som testats efter vattenlagring i 3 dygn.

Litteraturförteckning

1. *Vägverket*: "Teknisk Beskrivning Väg, Beläggingsarbeten", 2000.
2. *Jacobson, Torbjörn och Simonsson, Bo*: "Varm återvinning i asfaltverk - Försök med bindlager (ABb) på väg 40 och slitlager (ABS) på väg 42, Västergötland". VTI notat 22-1998.
3. *Jacobson, Torbjörn och Hornwall, Fredrik*: "Varm återvinning i asfaltverk- Lägesrapport 1999 (provvägar)". VTI notat 22-1999.

4. *Ohlsson, Kenneth*: ”Varm återvinning av asfaltbeläggning vid Vällstaverken”, Internrapport, Skanska, 1997.
5. *Wågberg, Lars-Göran*: ”Varm återanvändning av asfalt, Försök vid VTI under åren 1982-1986”, VTI meddelande 531, 1988.