

Stålslagg i asfaltbeläggning

En kunskapsöversikt samt fältförsök i Dalarna

Torbjörn Jacobson

Förord

I syfte att ta till vara ståslagg, som är en biprodukt från ståltillverkning, i asfaltbeläggningar har ett projekt initierats av Vägverket Region Mitt. Ståslagg har sedan lång tid använts till ballast i asfaltbeläggningar i länder med brist på naturmaterial eller med stor ståltillverkning. Inom projektet har en studieresa genomförts av projektgruppen till Halmstad och Danmark. Två försök med ståslagg i skelettasfalt har genomförts i cirkulationsplatser i Smedjebacken och i Borlänge och ett på väg 68, Horndal. En mindre litteraturundersökning har också genomförts.

Följande personer ingår i projektgruppen:

- Göran Eriksson, Vägverket Region Mitt (projektledare)
- Marcus Danielsson, Vägverket Region Mitt
- Anders Hjärteald, Vägverket Region Mitt
- Torbjörn Sörhuus, Ovako Bar AB (för detta Fundia Special Bar AB)
- Kenneth Lind, NCC
- Torbjörn Jacobson, VTI

Linköping december 2007

Torbjörn Jacobson

Kvalitetsgranskning

En intern granskning har genomförts av forskningsledare Robert Karlsson, 2007-12-10. Torbjörn Jacobson har därefter justerat rapportmanus. Projektledarens närmaste chef, Gunilla Franzén vid VTI, har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering, 2008-01-31.

Quality review

An internal peer review was performed by research leader Robert Karlsson, 2007-12-10. The project leader, Torbjörn Jacobson has made alterations to the final manuscript of the report. The line manager of the project, Gunilla Franzén, has examined and approved the report for publication, 2008-01-31.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
Summary	7
1 Beskrivning av stålslagg från Smedjebacken.....	9
2 Stålslagg i asfaltbeläggningar	10
2.1 Beredning av stålslagg till asfaltballast	10
2.2 Erfarenheter i Sverige	13
2.3 Erfarenheter från Danmark	15
3 Egenskaper hos stålslagg och slaggasfalt	18
4 Försök med slaggasfalt i Smedjebacken	21
4.1 Typ av asfaltmassa	21
4.2 Kvaliteten hos stålslaggen	21
4.3 Utförande	22
4.4 Kontroll av asfaltmassan.....	23
4.5 Mekaniska egenskaper, beständighet och slitstyrka hos asfaltmassan .	23
4.6 Kontroll av borrhärnor	26
4.7 Texturmätning av vägytan.....	26
4.8 Okulär besiktning juni 2006.....	27
4.9 Okulär besiktning 2007	28
5 Försök med slaggasfalt i Borlänge.....	30
5.1 Typ av asfaltmassa	30
5.2 Kvaliteten hos stålslaggen	30
5.3 Utförande	31
5.4 Kontroll av asfaltmassan.....	31
5.5 Pressdraghållfasthet, vattenkänslighet och Prallslitage på belägg- ningsmassa.....	32
5.6 Okulär besiktning 2007	33
6 Försök med slaggasfalt på väg 68, Horndal.....	34
6.1 Typ av asfaltmassa	34
6.2 Kvaliteten hos stålslaggen	35
6.3 Kontroll av asfaltmassan.....	35
6.4 Pressdraghållfasthet, vattenkänslighet och Prallslitage på belägg- ningsmassa eller borrhärnor	35
7 Fortsatt uppföljning	37
8 Kostnader för slaggasfalt	38
9 Slutsatser/Rekommendationer.....	39
Litteratur	41

Bilaga 1 Arbetsrecept

Stålslagg i asfaltbeläggning – en kunskapsöversikt samt fältförsök i Dalarna

av Torbjörn Jacobson
VTI
581 95 Linköping

Sammanfattning

Rapporten innehåller en litteraturstudie om stålslagg som ballast till asfaltapplikationer, där bland annat relevant provningsmetodik och miljöfrågor tas upp. En studieresa har genomförts till sydvästra Götaland och Danmark där stålslagg under många år använts till asfaltbeläggningar. I rapporten redovisas också teststräckor med slaggasfalt i Dalarna utförda på senare år.

Vid tillverkning av stål tillsätts kalk och dolomit som slaggbildare. Det innebär att slagg erhålls som biprodukt. Stålslagg används i många länder till bundna eller obundna lager i vägkonstruktioner. Denna rapport behandlar slagg från stålverket i Smedjebacken, så kallad EAF-slagg (benämns även LB-slagg), som ballast i asfaltbeläggning. Goda erfarenheter finns från Halmstad och Laholm där EAF-slagg använts till slitlager på högt trafikerade gator/vägar sedan i början av 1990-talet. I Danmark används EAF-slagg från bland annat stålverket i Smedjebacken frekvent i cirkulationsplatser och vägar/gator med intensiv trafik.

Slaggen från Smedjebacken har goda mekaniska egenskaper. Kornen blir efter krossning i flera steg kubiska men behåller samtidigt sin skrovliga yta genom porositeten, vilket innebär att asfaltbeläggningen får en mycket god stabilitet. Genom att slaggen innehåller fri kalk i lämplig mängd (<0,5 %) blir beständigheten mot vatten mycket bra. För att eliminera risken för svällning lagras den utomhus i ca ett år. Slaggen från Smedjebacken har god volymbeständighet. Metallinnehållet avskiljs innan slaggen krossas och siktas till lämpliga sorteringar. Sorteringar större än 4 mm används normalt till asfaltbeläggning. Slaggen har hög densitet (hög halt av järnoxid), vilket tillsammans med ytporerna måste beaktas vid proportioneringen av asfaltmassan. Bindemedelsinnehållet är lägre i slaggasfalt än normalt. Slaggen ger beläggningen en mörk yta.

I litteraturen anses asfaltbeläggning innehållande stålslagg ge vägbanan extra god poleringsresistens, vilket bidrar till god friktion på utsatta platser under sommarhalvåret då däckan polerar vägbanan. Slaggasfalten har vid teststräckorna i Dalarna upplevts som gynnsam ur bullersynpunkt på grund av sin förhållandevis släta yta. Ytporerna i ballastpartiklarna kan dessutom ha en dämpande effekt på bulleremissionerna.

Ett antal teststräckor med stålslagg i slitlager, typ ABS11, har lagts i Dalarna under åren 2005, 2006 och 2007. Vid Smedjebacken (2005) och Borlänge (2006) lades slaggasfalten i cirkulationsplatser och på väg 68 (2007), vid Horndal, lades en teststräcka på 300 m.

Sammanfattningsvis visar uppföljningarna från försöken att slaggasfalten hittills fungerat mycket bra. Undersökningarna av asfaltmassa och asfaltbeläggning visar på mycket goda egenskaper ifråga om stabilitet, styvhet och beständighet, vilket gör den särskilt lämplig för utsatta vägar/gator och i detta fall till exempel cirkulationsplatser. Även slitstyrkan är acceptabel för svenska förhållanden med dubbdäckstrafik vintertid. Inga stensläpp, sprickor eller andra defekter har observerats. Friktion och bulleremissioner kommer att undersökas på teststräckan i Horndal år 2008.

Det bör nämnas att om annan typ av ståslagg än den från Smedjebacken skall användas till asfaltbeläggningar, måste noggranna förundersökningar först göras. Den fysikaliska, kemiska och mineralogiska sammansättningen liksom slaggens egenskaper kan variera från stålverk till stålverk och även inom samma process på ett stålverk.

Steel slag in asphalt mixtures – state-of-the-art and test sections in Dalarna

by Torbjörn Jacobson

VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute)

SE-581 95 Linköping Sweden

Summary

The report includes a literature study concerning steel slag as aggregate for asphalt mixtures. Environmental aspects and relevant test methods for use of steel slag have been highlighted in this work. A study tour has been made to south-west Götaland, Sweden, and to Denmark, where steel slag has been used for bituminous pavements for many years. Furthermore, test sections performed later at Dalarna are presented, too.

In connection with steel production slag is produced as a by-product. Steel slag is used in many countries as bound or unbound layers in road construction. This report deals with slag from steel production in Smedjebacken, so called EAF slag (Electric Arc Furnace slag, sometimes called LB slag) used as aggregate in bituminous pavements. There are positive experiences from Halmstad and Laholm where EAF slag has been used as wear course on densely trafficked roads and streets since the beginning of 1990s. In Denmark, EAF slag from, for instance, steel production in Smedjebacken is frequently used in roundabouts and on densely trafficked roads and streets.

The slag from Smedjebacken has good mechanical properties. The slag becomes, after crushing in several stages, cubical, but retains at the same time its rough surface by way of porosity. This gives the bituminous pavement very good stability. As the slag contains a suitable amount of unbound lime (<0,5 %) the durability against water is very good. In order to eliminate the risk of swelling, the slag is stored outdoors for about one year.

The slag from Smedjebacken has good volume constancy. The metal contents are separated before the slag is crushed and sifted in suitable grades. Grades larger than 4 mm are normally used for bituminous pavements. The slag has a high density (high content of ferric oxide), a fact that has to be taken into consideration when proportioning the bituminous material. Binder content is lower in bituminous materials with slag than normal. The slag gives the pavement a dark surface.

In the literature, bituminous pavements containing steel slag are considered to give the road surface a good resistance against polishing, a fact that contributes to good friction in exposed places during the summer period (not using studded tyres) when the tyres polish the road surface. The pavements containing slag have, in the test sections in Dalarna, been experienced as positive regarding noise emissions, this due to the relatively smooth surface. In addition, the surface porosity of the ballast particles reduces the noise emissions, too.

Several test sections with steel slag in the wear course, of the type ABS11, have been laid in Dalarna in 2005, 2006 and 2007. At Smedjebacken (2005) and Borlänge (2006) the bituminous pavements with slag were laid in roundabouts and on Road 68 (2007) at Horndal, a test section of 300 meters was laid.

To summarize, the follow-ups of the test sections show that bituminous pavements with slag have worked very well till now. Studies of the bituminous mixes and the bituminous pavements with slag show very good properties of stability, stiffness and

durability, properties that make them especially suitable for exposed roads and streets, and as in this case, roundabouts. Even the wearing resistance is acceptable for the Swedish conditions, i.e. for the use of studded tyres wintertime. No loss of aggregate, cracking or other defects have been observed. Friction and noise emissions will be studied at the Horndal test section in 2008.

It is important to say that if different types of steel slag is used instead of slag from Smedjebacken for application in bituminous mixtures, careful tests in laboratory first must be done. The composition and properties of steel slag can vary from steel plant to steel plant and even within one and the same process in a steel plant.

1 Beskrivning av stålslagg från Smedjebacken

Vid stålverket i Smedjebacken (Ovako) tillverkas stål från skrotråvara. Tillverkningen sker via smältning i ljusbågsugn och färdigställande i skänkuugn. I ljusbågsugnen tillsätts kalk (CaO) och dolomit (CaO, MgO) som slaggbildare. Vid båda processerna bildas slagg som biprodukt. I ljusbågsugnen bildas de största mängderna, ca 60 000 ton årligen. Slaggen från ljusbågsugnen siktas och magnetsepareras så att återvinning kan ske. Huvuddelen av den *LB-ugns*slag som produceras idag levereras till ett danskt företag för användning som asfaltballast. En stor mängd finns dock lagrat på Ovakos slaggedeponi (200 000 ton). På senare tid krossas även slaggen vid upplaget utanför Smedjebacken. LB-slagg benämns i tekniska anvisningar och standarder som *EAF-slagg* (Electric Arc Furnace slag). Även vid stålverket i Hofors (Ovako) erhålls LB-slagg, ca 35 000 ton årligen, som biprodukt.

Den kemiska sammansättningen hos LB-slagg utgörs till större av kalciumoxid (i bunden form), kristallin-/amorf kvarts, magnesiumoxid (i bunden form) och järnoxid men även en rad andra ämnen förekommer (bl.a. många metaller). Totalhaltanalys av slaggen har visat att materialet innehåller förhållandevis mycket av krom och vanadin. Lakteter har dock visat att materialet är inert, vilket innebär att endast ytterst små mängder av beståndsdelarna kan lakas ut. Dessutom förekommer fri kalk (CaO) och MgO men dessa expansiva ämnen (ger hydration med vatten, vilket medför svällning) förekommer i relativt låga halter (<0,5 %) i slaggen från Smedjebacken. Materialet är basiskt med pH-värde omkring 10.

2 Stålslagg i asfaltbeläggningar

Stålslagg används i många länder till ballast i asfaltbeläggningar. I t.ex. England har den använts i mer än 60 år. Förutom till asfaltbeläggningar används stålslagg även till ytbehandlingar, bär- och förstärkningslager samt som sandningssand för halkbekämpning. Slaggasfalt anses ha många fördelar jämfört med naturmaterial, t.ex. mycket bra friktion, stabilitet och beständighet. Stålslagg ger god vidhäftning till bitumen i närvaro av vatten. På grund av dess innehåll av kalciumoxid och magnesiumoxid behöver inte vidhäftningsmedel tillsättas. En nackdel är att transportekonomin för ballast/asfaltmassa kan bli sämre pga. slaggens höga korndensitet. Därför används den huvudsakligen till relativt tunna slitlager på utsatta ytor eller högratifierade vägar. Porositeten och den höga korndensiteten gör också att speciell hänsyn måste tas vid proportioneringen.

I USA finns en bra handledning för stålslagg till asfalt eller obundna lager (se bilagan). På grund av det förekommer många tillverkningsprocesser och typer av stålqualiteter inom ståltillverkning kan även stålslagg få mycket varierande sammansättning och egenskaper. Innan den kan återvinnas till asfalt måste den därför analyseras, renas från metallrester, krossas och siktas väldigt noga. I USA används stålslagg till tät eller öppen asfaltbeläggning, kalltillverkad asfalt och ytbehandlingar.

Det nys avslutade Europaprojektet "SAMARIS" som behandlar restprodukters lämplighet i vägkonstruktioner (bl.a. stålslagg) har visat att stålslagg fungerar utmärkt till asfaltbeläggningar (drygt tio länder har varit inblandade).

I den europeiska standarden (SS-EN 13043) för ballast och filler får industriellt framtagna material såsom EAF- och BOF-slagg (Basic Oxygen Furnace slag) i likhet med naturmaterial användas till asfaltbeläggningar eller ytbehandlingar på vägar, gator, flygfält och andra trafikerade ytor.

I de standarder och handböcker som studerats har inga specifika miljöproblem utpekats med slaggasfalt.

2.1 Beredning av stålslagg till asfaltballast

Innan ståslaggen kan användas till belägningsändamål måste järn och metallskrot sorteras bort från massorna. De måste även krossas och sorteras på ett bra sätt så att kvaliteten blir den rätta. I Danmark finns en större anläggning (Tarco Vej) för detta ändamål. Där behandlas materialet i följande steg:

1. Levererade slaggmassor ligger i upplag för svällning i ca ett år innan de bearbetas
2. Manuell grovsortering av metall
3. Mekanisk grovsortering vid förkrossning med käftkross (grovkrossning)
4. Magnetavskiljning
5. Spindelkrossning (finkrossning)
6. Krossning i Rotopactor (kubisering)
7. Siktning med hjälp av speciella gummisiktar
8. Lagring i standardsorteringar

Vid bearbetningen av slaggen avskildes först metall- och skrotinnehåll genom manuell och mekanisk sortering i käftkross (de hårdare partiklarna i krossen separerades genom

en lucka). Efter grovkrossning gick finfraktionen efter magnetisk avskiljning vidare till en spindelkross följt av en rotopaktor för kubisering och nedkrossning av svaga partiklar (selektiv krossning). För att inte den fuktiga slaggen skulle sätta igen maskorna i siktarna användes gummisiktare med hög frekvens. Anläggningen var inbyggd och på så sätt dammfri. Man tog ut fraktionerna 0–4, 2–5, 5–8, 8–11 samt 0–8 mm. Kapaciteten i anläggningen var 140 ton/tim.

Tarco Vej ansåg att slaggen måste ligga i upplag och oxidera/hydratisera i ca 1 år innan den kan krossas. Under denna tar den upp fukt och sväller något beroende på halten av fri CaO och MgO i massorna. Det bör tilläggas att halten fri kalk (CaO) är förhållandevis låg i EAF-slagg (<0,5 %) men den kan variera mellan olika stålverk beroende på typ av process i stålverkningen.



Bild 1 Upplag av stålslagg (råslag) från ett stålverk i Danmark med relativt högt innehåll av metallskrot.



Bild 2 Upplag av stålslagg, 0–120 mm, från Smedjebacken, med relativt lågt innehåll av metallskrot.



Bild 3 Kätkross för grovkrossning och urskiljning av metallskrot.



Bild 4 En del av krossningsanläggningen.



Bild 5 Upplag av sorterad stålslagg.

2.2 Erfarenheter i Sverige

Projektgruppen gjorde under våren 2005 ett studiebesök i Halmstad och Laholm där slaggasfalt använts flera år av både av kommunen och av Vägverket. Där träffade de representanter från Skanska (tidigare Halmstads kommun) och Tarco Vej som specialiserat sig för stålslag i asfaltbeläggningar. I Halmstad och Laholm hade huvudsakligen slaggasfalt använts till ABS 11 i sorteringarna 4–8 och 8–11mm. Slaggasfalt har huvudsakligen använts på utsatta platser där konventionell asfaltbeläggning fungerat sämre.



Bild 6 ABS 11, slaggasfalt, lagd 2001, cirkulationsplats i Halmstad, ÅDT 20 000 fordon.



Bild 7 ABS 11, slaggasfalt, lagd 2001, cirkulationsplats i Halmstad, ÅDT 20 000 fordon.



Bild 8 ABS 11, slaggasfalt, lagd 1994, cirkulationsplats i Halmstad, även angränsade vägar hade slaggasfalt, ÅDT 33 000 fordon.



Bild 9 ABS 11, slaggasfalt, lagd 1989, trafikled i Halmstad, ÅDT 30 000 fordon. Beläggningen hade efter 16 år börjat få genomslitningar pga. dubbtrafiken.



Bild 10 ABS 11, slaggasfalt, lagd 1994, cirkulationsplats i Laholm.



Bild 11 ABS 11, slaggasfalt, lagd 1994, cirkulationsplats i Laholm.

Erfarenheterna från Halmstad och Laholm visar att asfaltbeläggning innehållande EAF-slagg är mycket hållbar (16 års livslängd hade hittills uppnåtts). Den används huvudsakligen på utsatta ytor såsom rondeller och trafikleder med intensiv trafik. En nackdel är att ytan förblir mörk. Asfaltmassa med stålslagg ansågs vara svår att lägga ut för hand pga. att asfaltmassan är tung och trögbearbetbar.

Fortfarande läggs slaggasfalt i Halmstad medan Vägverket slutade använda stålslagg i samband med avvecklingen av Halmstads järnverk. Stålslagg (ferrokromslag) har också testats på några provsträckor i samband med friktionsstudier, bl.a. på E20 norr om Stockholm.

2.3 Erfarenheter från Danmark

I Danmark har EAF-slagg (bl.a. från Sverige) använts i drygt 20 år. Den lagras, bearbetas och siktas upp i sorteringar vid en speciell anläggning utanför Roskilde. EAF-slagg används huvudsakligen till slitlagermassor typ ABT och skelettasfalt men även i mindre utsträckning till bindlager och ytbehandling. I beläggningar med stålslagg inblandas ljust stenmaterial för att vägytan skall uppfylla kraven på ljusreflektion (reflektans och retroreflektion). I Danmark används slaggasfalt på vägar med stora påkänningar eller mycket trafik, t.ex. cirkulationsplatser eller tungt trafikerade gator/vägar.



Bild 12 Skelettasfalt 11 med stålslagg i sorteringarna 5–8 och 8–11 mm, trafikled med intensiv trafik utanför Köpenhamn.



Bild 13 Skelettasfalt 11 med stålslagg i sorteringarna 5–8 och 8–11 mm. Normalt så inblandas i Danmark ljust stenmaterial i slaggasfalten.

Vid en rondell i Roskilde låg en ABT 11 med stålslagg i samtliga fraktioner. Den lades redan 1984. Beläggningen såg fortfarande mycket bra ut. En erfarenhet var att sprickor inte gav upphov till stenlossning eller slaghål pga. slaggasfaltens goda vidhäftningsförmåga.



*Bild 14 ABT 11 med stålslagg i samtliga sorteringar. Roskilde.
Beläggningsen lades år 1984.*

I Danmark har även slaggasfalt använts direkt på betongvägar. Sprickorna i fogarna kom tillbaka men inga skador uppstod. Livslängder på 15–16 år uppnåddes. Stålslagg används även till ytbehandling med specialbindemedel (emulsion). Pågruset är av fraktion 5–8 mm och denna typ av ytbehandling används både på villagator och på högtrafikerade vägar (god poleringsresistens) utan risk för blödningar.

3 Egenskaper hos ståslagg och slaggasfalt

Enligt erfarenheterna från Halmstad och Danmark och den litteraturstudie som gjorts har välpreparerad ståslagg och slaggasfalt många goda egenskaper.

Utmärkande egenskaper hos ståslagg är:

- Korndensiteten är hög – ca 3,6 kg/dm³
- Ibland något högre bindemedelsabsorption än konventionella stenmaterial pga. ytporer, vilket ger en högre specifik yta
- Materialet har god kornform och relativt bra mekaniska egenskaper
- Bra volymstabilitet – liten risk för svällning under förutsättning att slaggen förlagrats
- Högre fukttinhåll än konventionella material pga. porerna
- Slagg upphettas mer i torktrumman än konventionella stenmaterial pga. hög halt av järnoxid med god värmeledningsförmåga.

Utmärkande egenskaper för slaggasfalt är:

- Mycket god resistens mot deformationer
- Mycket hög styvhetsmodul
- Utmärkt resistens mot stripping, vilket ger hög vattenbeständighet
- Sämre bearbetbarhet vid handläggning pga. att asfaltmassan är tung och styv
- Termiska egenskaper – asfaltmassan svalnar långsammare jämfört med konventionell asfalt
- Bra friktion och god resistens mot polering
- Bullerreducerande egenskaper (effekt av ytporerna)
- Vägytan förblir mörk pga. att slaggen är mörk
- Sprickor ger ej upphov till sten- eller bruksförluster.

Vid proportioneringen av slaggasfalt tas hänsyn till materialets höga korndensitet och i viss mån dess porositet. Om volymförhållandena mellan ballast och bitumen skall bli detsamma som för konventionella stenmaterial måste bindemedelshalten minskas. En viss kompensation för porositeten innebär några tiondelar högre bindemedelshalt. Normalt så tillsätts något mindre bindemedel i slaggasfalt än i konventionell asfalt. Vissa varningssignaler framförs i litteraturen för att bindemedelshalten inte får bli för låg i asfaltmassan, bl.a. för att motverka åldring hos beläggningen. Av betydelse för valet av bindemedelshalt är om ståslagg används i samtliga fraktioner, dess porositet och halten av fri kalk. Enligt de amerikanska riktlinjerna bör inte hela ballastmaterialet utgöras av ståslagg. Slaggasfalten riskerar då att få för hög hålrums halt. Alltför hög hålrums halt hos slaggasfalt kan ge upphov till problem i utförandestadiet (massa blir svårpackad, risk för efterpackning) men även problem på längre sikt (bristande beständighet).

En fråga som är viktig att få svar på är om slaggpartiklarnas porositet kan ha en viss värmeisolerande effekt på vägytan, vilket i så fall skulle kunna innebära ökad risk för frosthalka. Faktorer som talar emot ökad risk för frosthalka är att stålslagg har hög värmeledningsförmåga genom sitt innehåll av metaller, vilket inte är gynnsamt för värmeisolering. Genom att partiklarna är skrovliga får slaggasfalt också bra friktion. Dessutom används slaggasfalt i relativt tunna, ytliga lager, vilket ytterligare minskar risken för isolering av markvärme. I de rapporter som studerats har inte risken för frosthalka behandlats. Ingen specifik frosthalka har heller rapporterats från cirkulationsplatsen i Smedjebacken.

Vid besöket hos Tarco Vej i Danmark som arbetat med slaggasfalt i mer än 20 år framkom det att EAF-slagg från stålverket i Smedjebacken har haft en homogen kvalitet under åren. Det basiska slaggmaterialet ansågs passa bra ihop med bituminösa bindemedel som är sura (kemin stämmer vilket ger upphov till starka bindningar mellan de två materialen). Den långa livslängden hos slaggbeläggningar på utsatta platser berodde också på slaggens lämpliga kornform och dess goda hållfasthet. Om bärighetsrelaterade sprickor uppstod gav de inte upphov till vidare skador och behövde därför inte åtgärdas. Stålslaggen hamnade i bästa klassen i expansionstest enligt EU-normen. Porositeten ligger mellan 0,5 och 1 % enligt ASTM-test. Porerna (enstaka större porer) kommunicerar inte med varandra men något bindemedel sugns in när massan kallnar. Slaggasfalt proportioneras med något högre hålrumhalt (1 procentenhet) och lägre bindemedelshalt (0,5 procentenheter) än konventionell massa pga. dess porositet och höga densitet.

Tarco Vej förlänger garantitiden med 2–3 år när slaggasfalt används. Som bindemedel används sorten 70/100 i slitlager och 40/60 i bärlager. I mjukare massor används bitumen med penetration 300. Slagginblandning förbättrar stabiliteten även på denna typ av asfalt. Om 30 % stålslagg inblandas i bindlager kan beläggningen trafikeras i 5–6 år innan slitlagret läggs.

Tarco Vej anser vidare det är viktigt att asfaltmassan transporteras på bilar med isolerade rundflak för att förhindra separationer. Både utläggning och packning sker med konventionell teknik. Temperaturen på asfaltmassan och kornstorleksfördelningen är också densamma. Massorna är styva och tunga och passar därför inte för handläggning. När ljust stenmaterial (ofta sura bergarter med dålig vidhäftning) inblandas i slaggasfalt används för säkerhets skull vidhäftningsmedel. Genom att partiklarna är skrovliga och poriga kan upplag med stålslagg innehålla hög halt av fukt som måste beaktas innan asfalttillverkning. Materialet får inte innehålla mer än 5 vikt-% fukt. Inga miljörestriktioner finns i Danmark för EAF-slagg. Slaggen är CE-märkt och det förutsätter att miljöfrågorna beaktats vid deklarereringen.

En viktig aspekt vid svenska förhållanden är slaggens resistens mot dubbtrafiken. Eftersom det aktuella materialet har goda mekaniska egenskaper, t.ex. relativt lågt kulkvarnsvärde får även asfaltbeläggningen en förhållandevis god slitstyrka. Slitstyrkan hos en asfaltbeläggning påverkas förutom av det grova materialets slitstyrka även av halten grövre korn, största partikelstorleken och asfaltbrukets kvalitet (det senare gäller främst beläggningar med låg stenhalt). I en norsk studie av tät asfaltbetong (typ ABT) förbättrades (asfaltbrukets) slitstyrkan markant genom tillsats av stålslagg i finandelen (0,074–4 mm).

Det bör nämnas om annan typ av stålslagg än den från Smedjebacken skall användas till asfaltbeläggningar måste noggranna förundersökningar först göras. Den fysikaliska, kemiska och mineralogiska sammansättningen liksom slaggens egenskaper kan variera

från stålverk till stålverk och även inom samma process på ett stålverk. Slaggen kan vara expansiv av sin natur och beständigheten på lång sikt kan därför vara svår att bedöma. Materialberedningen har också en stor betydelse för lämplighet, kvalitet och homogenitet hos materialet. De problem som förknippas med slaggasfalt är svällning, vilket leder till ojämnheter och sprickbildning på vägen. Därför är det mycket viktigt att kontrollera volymstabiliteten (ingår i europastandarden för ballast) hos materialet innan det används till vägändamål.

Enligt en Schweizisk rapport från 2005 så reducerades bulleremissionerna från asfaltbetong innehållande stålslag med 3–5 dBA jämfört med konventionellt stenmaterial.

4 Försök med slaggasfalt i Smedjebacken

Under hösten 2005 (2005-09-30 och 2005-10-03) utfördes ett försök med slaggasfalt i Smedjebacken. Cirka 80–90 kg/m² av ABS 11 med EAF-slagg lades som slitlager i en nybyggd cirkulationsplats. Som bärlager lades AG 22 på delar av vägen (delvis befintlig beläggning fick också ligga kvar). ÅDT är ca 5 000 fordon.

I samband med försöket togs prov på stålslaggen, asfaltmassan och borrhärnor från beläggningen. Även ytans makrotextur bestämdes.

4.1 Typ av asfaltmassa

- ABS 11 med bitumen 100/150, kornkurva enligt ATB VÄG
- Stålslagg i fraktionerna 4–8 och 8–11 mm
- Andelen slagg i asfaltmassan var 72 vikt-% av den totala mängden ballast
- Material <4 mm kom från NCC Roads täkt i Gustafs
- Stålslaggen hade beretts vid Tarco Vejs anläggning i Danmark (390 ton)
- Inblandning av fibrer och cement (1 %).

Enligt arbetsreceptet för slaggasfalten låg bindemedelshalten på 5,8 % och Marshall-hålrummet på 3,6 vol-% (bilaga 1).

4.2 Kvaliteten hos stålslaggen

På NCC:s laboratorium har stålslaggen analyserats med följande resultat:

Korndensitet:	3,62 g/cm ³
Kulkvarnsvärde:	7 (analysfraktion 8-11,2 mm)
Micro-Devalvärde:	6
Los Angelesvärde:	11
Flisighetsindex:	3

Enligt provningarna hade slaggen bra kvalitet och får enligt Vägverkets anvisningar, ATB VÄG, användas på det högtrafikerade vägnätet. Noterbart är det låga värdet på flisighetsindex. Det innebär att andelen flisiga korn i materialet är mycket låg. Materialet har också kubiserats vid materialberedningen i Danmark.

4.3 Utförande

Följande bilder togs vid utläggningen av asfaltmassan:



Bild 15 Fotografier från utförandet av ABS 11 med slaggasfalt i cirkulationsplatsen vid Smedjebacken hösten 2005.

Temperaturen i asfaltmassan låg på ca 165°C. Slaggasfalten lades ut och packades med konventionell utrustning. Vid handarbete var den mycket tung och styv att arbeta med. Temperaturen i luften låg omkring +3°C. Asfaltmassan upplevdes som homogen och inte speciellt separationsbenägen vid utläggningen. Vid asfaltverket konstaterades att nivågivarna i lagringsfickorna påverkades av stålslaggen (sannolikt pga. innehållet av

järnoxid och metaller). En provblandning i verket rekommenderas innan full produktion startas upp.

4.4 Kontroll av asfaltmassan

Vid asfaltverket togs ett antal prov av asfaltmassa för analys på laboratorium. Vid NCC:s laboratorium bestämdes bindemedelshalt, kornkurva, hålrums halt, bindemedelsåldring, nötningsresistens (Prall) och vattenkänslighet enligt pressdragprovning. På VTI bestämdes styvhetsmodul och deformationsresistens enligt dynamisk kryptest.

Kornkurva och bindemedelshalt

Kornstorleksfördelningen avvek inte nämnvärt från arbetsreceptet. Bindemedelshalten låg på 5,6 % (5,5, 5,8 och 5,6, jämfört med arbetsreceptets 5,8 %).

Hålrums halt

Enligt Marshalltillverkade provkroppar låg hålrums halten på 2,9 vol-% (arbetsrecept: 3,6 vol-%).

Bindemedelsåldring

I samband med tillverkningen och utläggningen av asfaltmassan analyserades bitumenet med avseende på dess förändring av mjukpunkt och penetration. Resultatet redovisas i tabell 1.

Tabell 1 Bindemedelsåldring under asfaltproduktion.

Mjukpunkt			Penetration		
Verk 1)	Massa 2)	Beläggning 3)	Verk 1)	Massa 2)	Beläggning 3)
43,0	46,4	43,0	111	106	-4)

- 1) Prov taget av bitumen strax före inblandning i verket
- 2) Återvunnet bitumen från asfaltmassa vid verket
- 3) Återvunnet bitumen från asfaltmassa taget vid vägen
- 4) Det återvunna bindemedlet räckte inte för analys

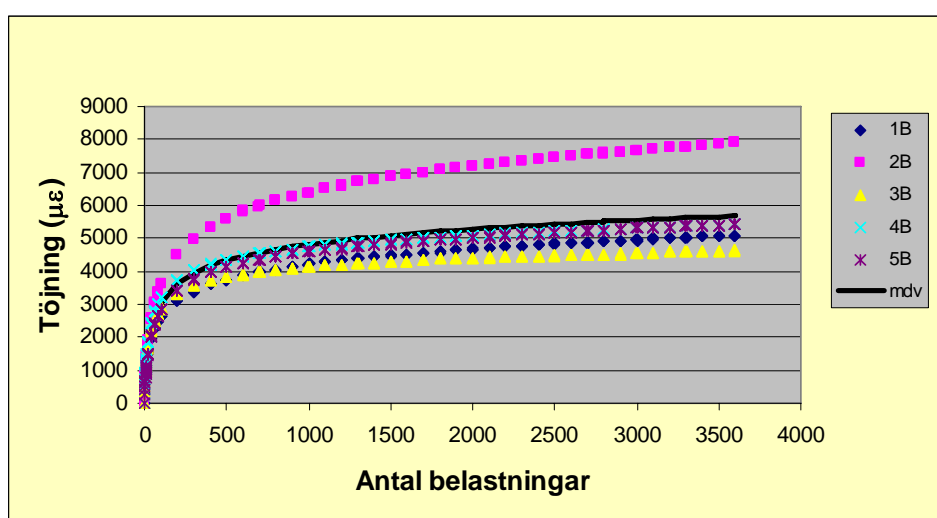
Bindemedlet verkar inte ha åldrats (förhårdnat) onormalt mycket även om en viss förhårdning verkar skett enligt provet taget vid verket. Provet som togs vid utläggningen på vägen påvisar ingen åldringseffekt. Ett förnyat prov (borrkärnor) kommer att tas 2006 för att klarlägga bindemedelsåldringen.

4.5 Mekaniska egenskaper, beständighet och slitstyrka hos asfaltmassan

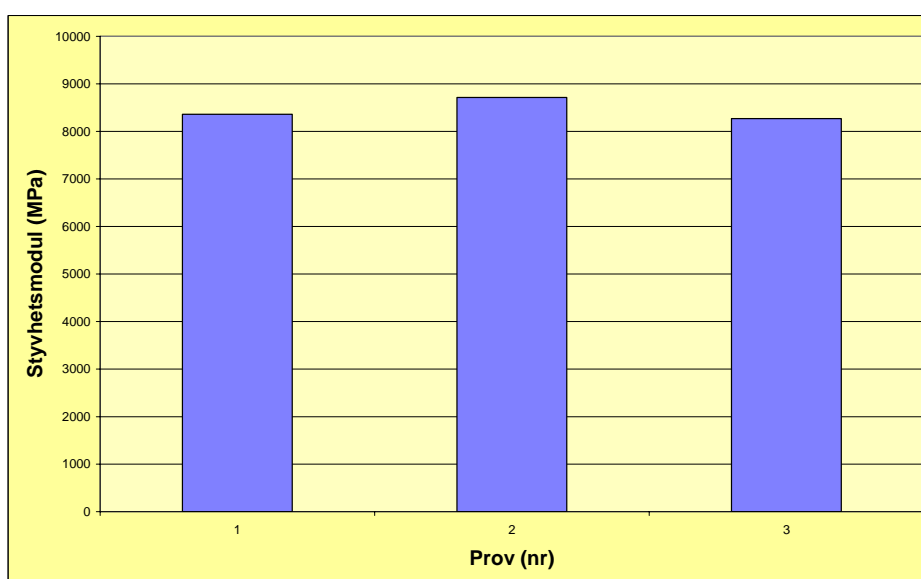
Proverna till dynamisk kryptest och styvhetsmodul är tillverkade enligt gyrotorisk packning. Vid övriga analyser är proverna instampade enligt Marshall. Resultaten redovisas i tabell 2A, 2B och 3 samt i figurerna 1, 2 och 3.

Tabell 2A Sammanställning över mekaniska egenskaper och beständighet (VTI).

Skrym-densitet g/cm ³	Hålrums- halt vol-%	Dynamisk kryptest με	Skrym- densitet g/cm ³	Hålrums- halt vol-%	Styvhets- modul MPa
2,906	1,6	5 100	2,891	2,1	8 361
2,909	1,5	7 900	2,920	1,1	8 716
2,923	1,0	4 600	2,904	1,7	8 270
2,932	0,7	5 400	–	–	–
2,924	1,0	5 400	–	–	–
2,919	1,2	5 700	2,908	1,6	8 449



Figur 1 Resultat från dynamisk kryptest.

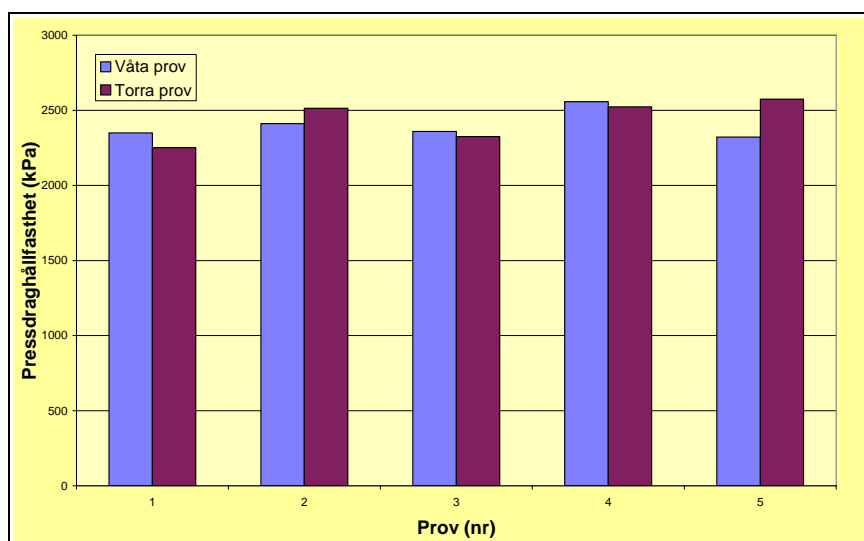


Figur 2 Resultat från styvhetsmodultest (+10°C).

Hållfastheten är mycket hög enligt testerna. Stabiliteten (medelvärdet av 5 prov) hamnade på 5 700 $\mu\epsilon$ och styvhetsmodulen (medelvärde av 3 prov) på nära 9 000 MPa. I viss mån har resultaten påverkats av att asfaltmassan blivit mycket välpackad i gyratorn. På borrhärdningar brukar hållfastheten initialt bli lägre men ökar med tiden genom trafikens efterpackning och den oxidering/åldring (förhårdning) som sker av bitumenet. Slaggasfaltens bedöms ha fått högre hållfasthet än vad motsvarande beläggning med stenmaterial brukar få.

Tabell 2B Pressdraghållfasthet och vattenkänslighet (NCC).

Skrymdensitet g/cm ³	Pressdrag- hållfasthet torr, kPa	Pressdrag- hållfasthet våt, kPa	ITSR Vattenkänslighet %
2,880	2 251	–	–
2,890	2 514	–	–
2,872	2 325	–	–
2,890	2 523	–	–
2,892	2 574	–	–
2,885	2437		
2,865	–	2 349	–
2,890	–	2 412	–
2,883	–	2 360	–
2,874	–	2 557	–
2,894	–	2 322	–
2,881	–	2 400	98



Figur 3 Resultat från provning av pressdraghållfasthet (+10°C).

Resistensen mot vatten är mycket god med ITSR-värde på 98 %. Asfaltbeläggningar med konventionella stenmaterial brukar inte få så höga värden. Även pressdraghållfastheten är mycket hög hos slaggasfalten (en effekt av den höga vidhäftningen i materialet).

4.6 Kontroll av borrhärnor

På borrhärnor tagna under senhösten 2005 har Prallslitage och hålrumshalten bestämts (av NCC, tabell 3 och 4).

Tabell 3 Prallslitage, Smedjebacken.

Skrymdensitet g/cm ³	Prallslitage cm ³
2,786	33,7
2,768	–
2,837	32,0
2,792	28,9
2,784	28,0
2,764	–
2,789	31

Medelvärdet för Prall låg på 31 cm³. Det innebär att slitstyrkan är medelgod. För cirkulationsplatsen i Smedjebacken bedöms slitstyrkan vara tillräckligt bra med tanke på trafikvolymen, hastigheten och det faktum att spårbundenheten i cirkulationsplatser är låg. Skrymdensiteten var något lägre för dessa prov jämfört med övrig provning (kan ha haft en viss betydelse).

Tabell 4 Analys av borrhärnor tagna hösten 2005.

Skrymdensitet g/cm ³	Kompaktdensitet g/cm ³	Hålrumshalt vol-%
2,842	2,965	4,1
2,879	2,955	2,5
2,861	2,960	3,3

Hålrumshalten låg för borrhärnorna på 3,3 vol-% (4,1 och 2,5 vol-%) jämfört med 3,6 vol-% för arbetsreceptet.

4.7 Texturmätning av vägytan

Kort tid efter utläggning och packning av asfaltmassan bestämdes makrotexturen genom sandfläcksmetoden (CE-metod). Resultaten framgår av tabell 5.

Tabell 5 Makrotextur enligt sandfläcksmetoden.

Vänster	Mitt	Höger
1,18	1,05	1,05
1,05	0,89	0,97
1,11	0,97	1,01

Medelvärdet för makrotexturen låg på 1,0 mm. Det är ett förhållandevis lågt värde som visar att ytan är relativt slät och tät. Efter vintertrafikens inslitning av vägytan kommer texturen eventuellt att förändras.

4.8 Okulär besiktning juni 2006

Ytorna såg täta och homogena ut. Trafikerade ytor i hjulspåren hade något mindre skrovlig karaktär (mindre skrovliga och mörkare) än ytorna som inte erhållit så mycket trafik. Makrotexturen var enligt sandfläcksmetoden i hjulspåren 0,9 mm och i ytorna utanför hjulspåren 1,1 mm.



Bild 16 Foto från besiktningen i juni 2006, cirkulationsplatsen vid Smedjebacken.



Bild 17 Foto från besiktningen (i hjulspår) i juni 2006, cirkulationsplatsen vid Smedjebacken.



Bild 18 Foto från besiktningen (mellan hjulspår) i juni 2006, cirkulationsplatsen vid Smedjebacken.

4.9 Okulär besiktning 2007

Ytorna var efter två års trafik i stort sett oförändrade. Inga skador förekom (t.ex. stenlossning). Makrotexturen låg på knappt 1 mm.



Bild 19 Foto från besiktningen (hjulspår) i oktober 2007, cirkulationsplatsen vid Smedjebacken.

5 Försök med slaggasfalt i Borlänge

Under sommaren 2006 (natten mellan 7 och 8 juli 2006) lades slaggasfalt i Borlänge. En ABS 11 med EAF-slagg lades som slitlager i en större cirkulationsplats på väg 50/70. Arbetsreceptet var i stort sett detsamma som vid Smedjebacken. ÅDT är ca 30 000 fordon.

5.1 Typ av asfaltmassa

- ABS 11 med bitumen 100/150
- Stålslagg i fraktionerna 4–8 och 8–11 mm
- Cement inblandades som vidhäftningsmedel
- Andelen slagg i asfaltmassan var 72 vikt-% av totala mängden ballast
- Material <4 mm kom från NCC Roads täkt i Gustafs
- Stålslaggen hade beretts vid Tarco Vejs anläggning i Danmark
- Fiber och cement (1 %) inblandades.

Enligt arbetsreceptet låg bindemedelshalten låg på 5,8 % och Marshallhålrummet på 3,0 vol-% (bilaga 2).

5.2 Kvaliteten hos stålslaggen

På NCC:s laboratorium har stålslaggen analyserats med följande resultat:

Korndensitet:	3,67 g/cm ³
Kulkvarnsvärde:	8,4 (analysfraktion 8-11,2 mm)
Micro-Devalvärde:	7
Los Angelesvärde:	15
Flisighetsindex:	4

5.3 Utförande

Följande bilder togs vid utläggningen av asfaltmassan:



Bild 20 Fotografier från utförandet av ABS 11 med slaggasfalt i cirkulationsplatsen vid Borlänge sommaren 2006.

Temperaturen i asfaltmassan låg på ca 165°C. Slaggasfalten lades ut och packades med konventionell utrustning. Temperaturen i luften låg omkring +15°C. Asfaltmassan upplevdes som homogen och inte speciell separationsbenägen vid utläggningen.

5.4 Kontroll av asfaltmassan

Vid asfaltverket togs ett antal prov av asfaltmassa för analys på laboratorium. Vid NCC:s laboratorium bestämdes bindemedelshalt, kornkurva och hålrums halt.

Kornkurva och bindemedelshalt

Kornstorleksfördelningen avvek inte nämnvärt från arbetsreceptet. Bindemedelshalten låg på 5,6 %.

Hålrums halt

Enligt Marshalltillverkade provkroppar låg hålrums halten på 2,7 vol-%.

Återvinning av bindemedel

Tabell 6 Bindemedelsåldring under asfaltproduktion.

Mjukpunkt		
Bitumen 1)	Massa 2)	Massa 3)
–	48,6	47,0

1. Prov taget i bitumentank strax före inblandning i verket
2. Återvunnet bitumen från asfaltmassa taget vid verket
3. Återvunnet bitumen från asfaltmassa taget vid vägen

Bindemedlet verkar inte ha åldrats (förhårdnat) nämnvärt efter det asfaltmassan tillverkades i verket och tills den lagts ut på vägen.

5.5 Pressdraghållfasthet, vattenkänslighet och Prallslitage på beläggingsmassa

Provkroppar av asfaltmassa instampades genom Marshallpackning. De undersöktes med avseende på pressdraghållfasthet, vattenkänslighet (ITSR) och Prallslitage. Resultatet redovisas i tabell 7 och tabell 8.

Tabell 7 Pressdraghållfasthet och vattenkänslighet.

Skrymdensitet g/cm ³	Pressdrag- hållfasthet torr, kPa	Pressdrag- hållfasthet våt, kPa	ITSR Vattenkänslighet %
2,898	2 480	–	–
2,868	2 229	–	–
2,908	2 572	–	–
2,868	2 315	–	–
2,896	2 431	–	–
2,888	2 406		
2,887	–	2 557	–
2,896	–	2 514	–
2,869	–	2 353	–
2,889	–	2 333	–
2,900	–	2 625	–
2,888	–	2 476	103

Resistensen mot vatten är mycket god med ITSR-värde på drygt 100 %. Även pressdraghållfastheten är mycket hög. Värdena är jämförbara med resultaten från massaproverna från Smedjebacken.

Tabell 8 Prallslitage, cirkulationsplats i Borlänge.

Skrymdensitet g/cm ³	Prallslitage cm ³
2,890	–
2,868	24,9
2,865	26,1
2,903	–
2,878	23,6
2,868	22,9
2,870	24

Medelvärdet för Prall låg på 24 cm³. Det innebär att slitstyrkan är god och bättre än vid cirkulationsplatsen i Smedjebacken. Skrymdensiteten låg i nivå med vad laboratorieprovningen från Smedjebacken uppvisade.

5.6 Okulär besiktning 2007

Efter ett års trafik var ytan tät, mörk och oskadad. Inga deformationer eller tendenser till stenlossning kunde observeras. Asfaltmassan var något tätare proportionerad för cirkulationsplatsen i Borlänge än Smedjebacken och sträckan vid Horndal.



Bild 21 Fotografier från besiktning i juni 2007, cirkulationsplats Borlänge.

6 Försök med slaggasfalt på väg 68, Horndal

Under hösten 2007 lades slaggasfalt på väg 68 mellan Horndal och länsgränsen i sydligaste Dalarna. En ABS 11 med EAF-slagg lades på en sträcka av 300 m i en körriktning. Arbetsreceptet var något öppnare än vid Smedjebacken och Borlänge. ÅDT är ca 3 000 fordon. Slaggen hade vid detta försök sorterats, krossats och siktats vid Ovakos upplag utanför Smedjebacken (se foto).



Bild 22 Upplag av olika sorteringar med EAF-slagg utanför Smedjebacken.

6.1 Typ av asfaltmassa

- 100 kg/m² ABS 11 med bitumen 100/150
- Stålslagg i fraktionerna 4–8 och 8–11 mm
- Cement inblandades som vidhäftningsmedel samt fiber
- Andelen slagg i asfaltmassan var 71 vikt-% av totala mängden ballast
- Material <4 mm kom från NCC Roads täkt i Gustafs
- Stålslaggen hade krossats vid upplaget i Smedjebacken.

Arbetsrecept:

Bindemedelshalten låg på 5,8 % och Marshallhålrummet på 2,5 vol-%. Vidhäftningstalet låg på 100 % (bilaga 3).

6.2 Kvaliteten hos stålslaggen

På NCC:s laboratorium har stålslaggen analyserats med följande resultat:

Korndensitet:	3,78 g/cm ³ (obs. högre värde än vid Smedjebacken och Borlänge)
Kulkvarnsvärde:	6,6 (analysfraktion 8–11,2 mm)
Los Angelesvärde:	11
Flisighetsindex:	1
Krossytegrad:	100 %

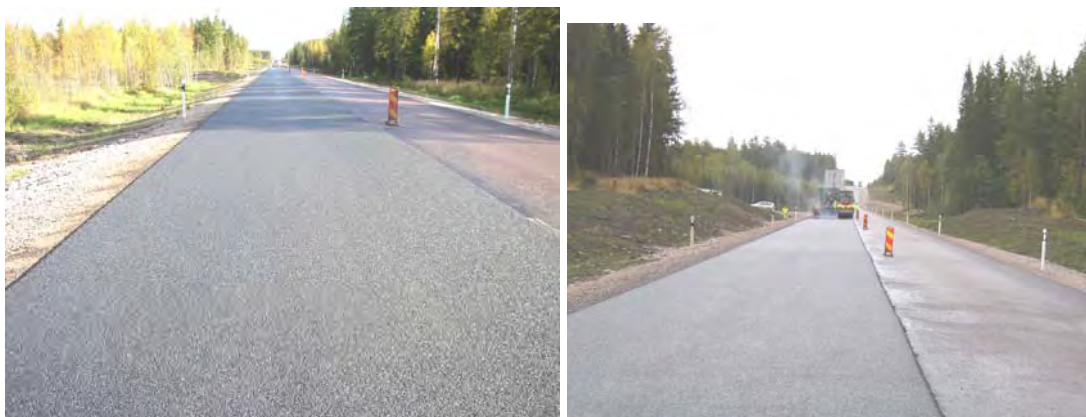


Bild 23 Fotografier från utförandet vid väg 68 Horndal.

6.3 Kontroll av asfaltmassan

Vid asfaltverket togs ett antal prov av asfaltmassa för analys på laboratorium. Vid NCC:s laboratorium bestämdes bindemedelshalt, kornkurva och hålrums halt.

Kornkurva och bindemedelshalt

Kornstorleksfördelningen avvek inte nämnvärt från arbetsreceptet i de finare fraktionerna. Andelen slagg i massan blev ca 3 procentenheter högre än vad arbetsreceptet föreskrev. Bindemedelshalten låg på 5,7.

Hålrums halt

Enligt Marshalltillverkade provkroppar låg hålrums halten på 1,6 och 2,3 vol-%.

6.4 Pressdraghållfasthet, vattenkänslighet och Prallslitage på beläggingsmassa eller borrhärnor

Provkroppar av asfaltmassa instampades genom Marshallpackning. De undersöktes med avseende på pressdraghållfasthet, vattenkänslighet (ITSR) och Prallslitage. Resultatet redovisas i tabell 9 och tabell 10.

Tabell 9 Pressdraghållfasthet och vattenkänslighet (asfaltmassa).

Skrymdensitet g/cm ³	Pressdrag- hållfasthet torr, kPa	Skrymdensitet g/cm ³	Pressdrag- hållfasthet våt, kPa	ITSR Vattenkänslighet %
2,990	2 381	3,037	2 428	–
3,035	2 005	3,009	2 097	–
3,016	2 217	3,028	2 154	–
2,999	2 205	3,009	2 169	–
3,033	2 348	3,003	2 059	–
3,033	2 231	3,017	2 181	98

Resistensen mot vatten är mycket god med ITSР-värde på 98 %. Även pressdraghållfastheten är hög. Värdena är dock något lägre jämfört med resultaten från Borlänge och Smedjebacken.

Tabell 10 Prallslitage, väg 68, Horndal (borrkärnor).

Skrymdensitet g/cm ³	Prallslitage cm ³
2,994	24,6
2,971	–
3,019	22,1
3,000	27,3
3,002	–
2,996	24,5
3,002	25

Medelvärdet för Prall låg på 25 cm³. Det är ungefär liknande värde som vid cirkulationsplatsen i Borlänge men något bättre än vid Smedjebacken.

7 Fortsatt uppföljning

Cirkulationsplatserna i Smedjebacken och Borlänge kommer under de närmaste åren att främst följas upp genom okulär bedömning. Om något anmärkningsvärt händer kommer provkroppar att ta upp och analyseras. På provsträckan på väg 68, Horndal kommer friktions- och bullermätningar att utföras år 2008.

8 Kostnader för slaggasfalt

Kostnaderna för krossad och sorterad stålslagg och därmed slaggasfalten är idag relativt hög eftersom materialet bereds i Danmark. Om materialet krossas och sorteras på en anläggning i Sverige (görs numera) bör priset på stålslaggen kunna bli betydligt lägre. Om samtliga sorteringar kan användas (inte bara det som är större än 4 mm) blir priset också lägre. På sikt är det dock årskostnaden som är viktig vid jämförelser mot konventionell asfalt. De långa livslängder som erhållits i Halmstad och Danmark pekar mot att asfalt innehållande stålslagg kan bli en god affär för beställaren om den används på platser/ytor där de utmärkande egenskaperna hos slaggen kommer till sin fulla nytta.

9 Slutsatser/Rekommendationer

De undersökningar som genomförts i Dalarna visar att stålslagg hittills fungerat bra som ballast i slitlager. Inga tendenser till beständighets- eller bärighetsrelaterade skador har observerats i de cirkulationsplatser där slaggasfalt lagts. Onormalt högt slitage, deformationer och stenlossning kan förekomma i cirkulationsplatser där påkänningarna från trafiken anses vara speciellt stora. Stålslaggen har goda mekaniska egenskaper i fråga om slitstyrka och hållfasthet. Kornformen är också mycket bra. Ytskrovligheten hos partiklarna medför hög inre stabilitet mellan kornen som i övrigt är förhållandevis runda. Den höga densiteten hos slaggen innebär att bindemedelshalten är något lägre än för konventionella asfaltmassor. Det åtgår dock ca 25 vikt-% mera massor för att slaggasfalt skall få samma tjocklek som konventionell asfaltmassa med korndensitet $2,66 \text{ kg/dm}^3$.

Vid tillverkningen och utläggningen av slaggasfalt användes konventionella utrustningar. Temperaturen var detsamma som för vanlig asfaltmassa. Slaggasfalt blir på grund av sin högre vikt mer tungarbetad för manuellt arbete än för vanlig asfaltmassa. Enligt laboratorieprovningen så erhöll asfaltmassan/beläggningen mycket hög beständighet mot vatten samt god eller mycket god stabilitet, styvhet och nötningsresistens. Efter inslitning från dubbdäcken förblir vägbanan fortfarande mörk och tät genom att slaggen är mörk. I Danmark inblandas ljus stenmaterial i slaggen för att ytan skall klara kraven på ljusreflektion (ljushet).

Ännu så länge har inga friktionsmätningar utförts. Stålslagg anses i litteraturen vara mycket polerresistens och ger genom sin ytporighet generellt mycket bra friktion, vilket är särskilt viktigt i cirkulationsplatser. Under 2008 kommer friktionen att mätas på sträckan vid Horndal. Även bulleremissionerna kommer att mätas på samma sträcka. Slaggasfalt har hittills upplevts som gynnsam ur bullersynpunkt pga. sin förhållandevis släta yta. Ytporerna i ballastpartiklarna kan ha en dämpande effekt på bulleremissionerna. Ingen onormal frosthalka har rapporterats på teststräckorna i Smedjebacken eller Borlänge.

Sammanfattningsvis visar teststräckorna i Dalarna att stenrikt slitlager innehållande stålslagg i de grövre sorteringarna hittills fungerat mycket bra. Uppföljningarna av asfaltmassan och asfaltbeläggningen visar mycket goda egenskaper ifråga om stabilitet, styvhet och beständighet, vilket gör den särskilt lämplig för utsatta vägar/gator och i detta fall cirkulationsplatser. Även slitstyrkan är acceptabel för svenska förhållanden med dubbdäckstrafik vintertid. Friktion och bulleremissioner kommer att undersökas på provsträckan i Horndal. De farhågor som tas upp i litteraturen är svällande egenskaper hos slaggen pga. för högt innehåll av kalk eller magnesium, vittringsbenägenheten hos partiklarna och svårigheter att packa massan effektivt. Inget av detta har hittills observerats på teststräckorna i Dalarna eller på kontrollsträckorna i Halland eller Danmark. Slaggens renhet, begränsade ursprung och jämna kvalitet är sannolikt förklaringen till att inga typiska kvalitetsbrister noterats.

Den aktuella stålslaggen bör vara lämplig till alla typer av asfaltlager (slit-, bind- och bärlager). Slaggasfalt kommer bäst till nytta på vägar/gator med extra stora trafikpåkänningar eftersom den har hög hållfasthet och beständighet. Årskostnaden kan därmed bli lägre än konventionell asfalt trots högre initial kostnad eftersom livslängden ökar. Idag bereds krossprodukter av stålslagg vid Ovakos upplag utanför Smedjebacken. Slaggens eventuella negativa miljöpåverkan (tungmetaller) har inte närmare undersökts i detta projekt. Tidigare lakförsök utförda på Statens Geotekniska Institut visar att lakrisken är ringa. När slaggen används inkapslat i asfalt bör utlakningsrisken minska

ytterligare. Om slaggen inte används inom tätbebyggda områden bör inte slitagepartiklar utgöra ett problem. Användningen av stålslagg i asfaltbeläggning skulle underlättas om nationella riktvärden togs fram för de miljöparametrar (främst utlakning, eventuellt partiklar) som idag kan väcka farhågor hos tillsynsmyndigheten.

I många länder används stålslagg sedan många år till asfaltbeläggning. I Danmark har de använts till slitlager i ca 25 år. Det finns även slaggasfalt i Sverige som legat upp till 13 år med gott resultat.

Stålslagg finns med i den harmoniserade Europastandarden för ballast till vägar/gator. De speciella provningsparametrar som tas upp är materialets volymbeständighet och eventuell vittring. Därför finns specialtester för dessa ändamål i standarden. Det bör också nämnas att det finns andra typer av stålslagg än EAF-slagg som är mindre lämpliga för asfaltapplikationer. För den som själv vill fördjupa sig i stålslagg och applikationer till asfaltbeläggning rekommenderas den amerikanska handboken som refereras till i litteraturförteckningen.

Litteratur

- AIL. *Mörtel (asfaltbruk) och slitage*. Rapport nr 3, 1990.
- Asfaltindustrin BST. *Stålslagger i asfaltbranschen. Värdering av arbetsmiljön vid användning av stålslagger (EAF-slagg)*. 1997.
- Bundesamt für Strassen ASTRA. *Lärmarme Strassenbeläge innerorts (bullerregenskaper hos asfaltbeläggning)*. 2005.
- Fundia. *Informationsskrift om stålverket i Smedjebacken*. 2000.
- Höboda, P. *Stålslagg från LD-processen som vägmateriäl – en state of the art rapport*. VTI notat V193, 1992.
- Höboda, P. *Laboratorieundersökningar av LD-slagg*. VTI notat V193, 1992.
- Höboda, P. *Rapport från deltagande i 2nd SPRINT Workshop Alternative Materials in Road Construction, Rotterdam 2–4 juni 1993*, VTI notat V185. VTI notat V193, 1992.
- Jacobson T. *Polering av asfaltbeläggning – friktionsmätningar i Stockholm 2004*. VTI notat 12-2005.
- SIS. *Ballast för asfaltmassor och tankbeläggningar för vägar, flygfält och andra trafikerade ytor*. Svensk standard SS-EN 13043.
- Turner-Fairbank Highway Research Center, Federal Highway Administration. *User Guidelines for Waste and Byproduct Materials in Pavement Construction (riktlinjer för stålslagg i asfaltbeläggning och bärlager)*, 2005.
- SAMARIS. *Alternativa material till vägkonstruktioner*. Slutrapport 2006.



ARBETSRECEPT Beläggingsmassa (1346)

Produkt

ABS 11 100/150 C/M+EAF SLAGG

Leverantör

NCC ROADS AB - Asfaltfabrik Gustafs

Objekt

Rondell Smedjebacken

Beställare

NCC ROADS AB - Asfaltfabrik Gustafs

Entreprenör

NCC ROADS AB Sverige Nord

Giltigt fr.o.m

2005-09-26

Giltigt t.o.m

Stenmaterial

Leverantör **NCC ROADS AB - Kross Gustafs**

Korndensitet (g/cm³) **2,66**

Flisighetstal **1,33 (8 - 11,2 mm)**

Sprodnhet (%) **31**

Kulkvarnsvärde (vikt-%) **6 (8 - 11,2 mm)**

Flisighetsindex (FI) **15**

Krossytegrad (C) **63 / 8**

Micro-Devalvärde (Mde) **4**

Los Angelesvärde (LA) **15**

Speciellt stenmaterial

Leverantör **OVAKO Bar AB**

Produkt **EAF-slagg**

-> mm **4**

- halt vikt-% **73**

Korndensitet (g/cm³) **3,62**

Kulkvarnsvärde (vikt-%) **7 (8 - 11,2 mm)**

Flisighetsindex (FI) **3**

Micro-Devalvärde (Mde) **6**

Los Angelesvärde (LA) **11**

Beläggingsmassa / Beläggning

Bindemedelsdensitet (g/cm³) **1,015**

Bindemedelshalt (vikt-%) **5,8**

Skrymdensitet (g/cm³) **2,850**

Kompaktdensitet (g/cm³) **2,957**

Marshallhärum (vol-%) **3,6**

BFH (Bitumen Fyllt Härum) (%) **81,8**

Tillsatsmaterial

C/M -fiber **0,33**

Notering

Slitlager av ABS enl ATB VÄG 2004/2003.

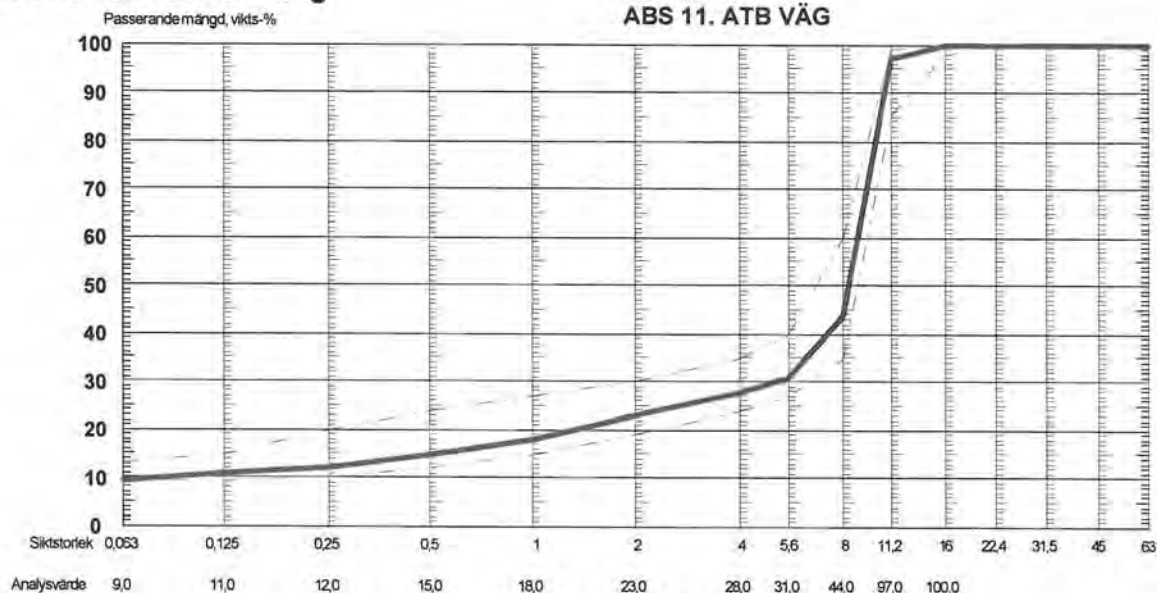
Upprättat av Kenneth Lind/ Laboratoriefchef

Kontrollpunkt	0,063	2	4	8
Passerande vikts-%	9,0	23,0	28,0	44,0

Kornstorleksfördelning

Gränslinje

ABS 11. ATB VÄG



Ort och datum

Gustafs 2005-09-28

Tagit del av : Ort och datum

Hans Jahncke, Platschef asfaltverk

Arbetsrecept

NCC Roads AB, Sverige Nord

Ackrediterat väglaboratorium

Oråsvägen 9

783 50 Gustafs

Besöksadress

Oråsvägen, 783 50 Gustafs

Styrelsens säte

Solna

Telefon nr

0243-21 33 05

Telefax nr

0243-21 33 21

Org. nr

556302-3307

SE nr

SE5563023307 01

Postgiro

619 86 15-4

Bankgiro

5229-9534



ARBETSRECEPT Beläggingsmassa (1-346)

Produkt
ABS 11 100/150 C/M+EAF SLAGG

Leverantör
NCC ROADS AB - Asfaltfabrik Gustafs

Beställare
Vägverket Region Mitt

Entreprenör
NCC ROADS AB Sverige Nord

Objekt
Provsträcka bullermätning V68 Horndal-X-Länsgräns

Fr.o.m datum
2007-09-12

T.o.m datum
2007-12-31

Stenmaterial
Leverantör **NCC ROADS AB - Kross Gustafs**

Kondensitet (g/cm³) **2,66**

Micro-Devalvärde (Mde) **4 (8 - 11,2 mm)**

Los Angelesvärde (LA) **15 (8 - 11,2 mm)**

Kulkvämsvärde (AN) **6 (8 - 11,2 mm)**

Speciellt stenmaterial
Leverantör **OVAKO Bar AB**

Produkt **EAF-slagg**

-> mm **4**

- halt vikt-% **71**

Kondensitet (g/cm³) **3,78**

Flisighetsindex (FI) **1**

Krossytegrad (C) **100/0**

Los Angelesvärde (LA) **11 (8 - 11,2 mm)**

Kulkvämsvärde (AN) **6,6 (8 - 11,2 mm)**

Beläggingsmassa / Beläggning

Bindemedelsdensitet (g/cm³) **1,015**

Bindemedelshalt (vikt-%) **5,8**

Skrymdensitet (g/cm³) **2,970**

Kompaktdensitet (g/cm³) **3,045**

Marshallhålrum (vol-%) **2,5**

BFH (Bitumen Fyllt Hålrum) (%) **87,3**

Vidhäftningstal (ITSR %) **100**

Tillsatsmaterial

C/M -fiber (Vikt-%/tot) **0,35**

CEMENT (Vikt-%/tot.) **1,0**

Kontrollpunkt	0,063	2	4	8
Passerad vikts-%	9,0	24,0	29,0	44,0

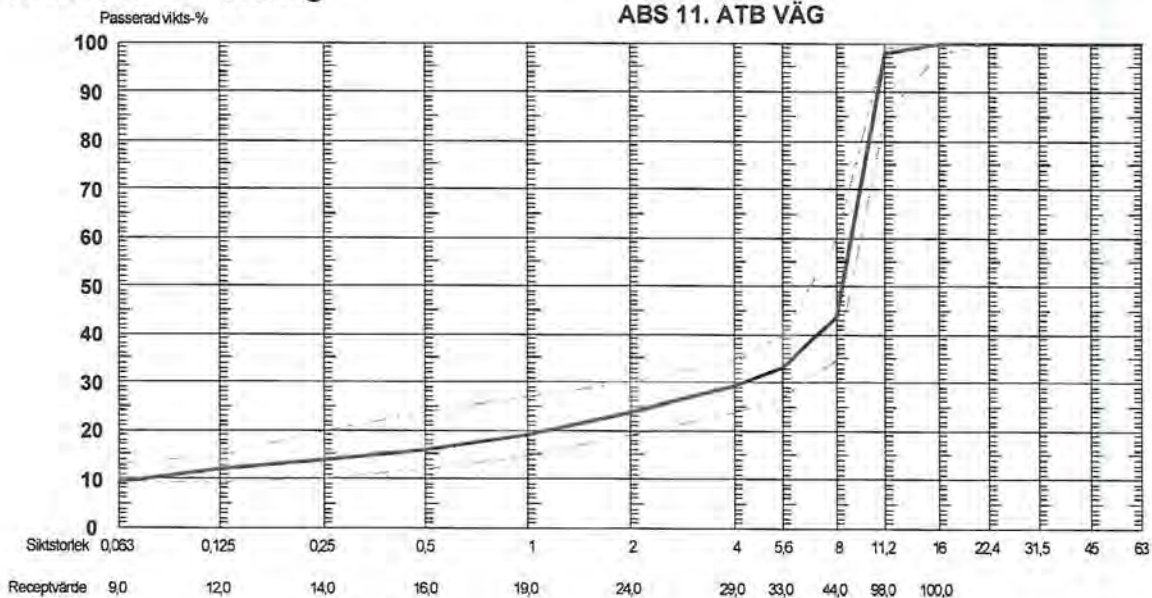
Notering

Upprättat av Kenneth Lind/ Laboratoriechef

Kornstorleksfördelning

Gränslinje

ABS 11. ATB VÄG



Ort och datum

Gustafs 2007-09-12

Mats Granath, Platschef Asfaltverk
Underskriften är en elektronisk signatur

Arbetsrecept

NCC Roads AB, Sverige Nord
Ackrediterat väglaboratorium
Oråsvägen 9
783 50 Gustafs

Besöksadress
Oråsvägen, 783 50 Gustafs
Styrelsens säte
Solna

Telefon nr
0243-21 33 05
Telefax nr
0243-21 33 21

Org. nr
556302-3307
SE nr
SE5563023307 01

E-mail adress
gustafs.lab@ncc.se
Internetadress
www.ncc.se

VTI är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut som arbetar med forskning och utveckling inom transportsektorn. Vi arbetar med samtliga trafikslag och kärnkompetensen finns inom områdena säkerhet, ekonomi, miljö, trafik- och transportanalys, beteende och samspel mellan människa-fordon-transportssystem samt inom vägkonstruktion, drift och underhåll. VTI är världsledande inom ett flertal områden, till exempel simulatorteknik. VTI har tjänster som sträcker sig från förstudier, oberoende kvalificerade utredningar och expertutlåtanden till projektledning samt forskning och utveckling. Vår tekniska utrustning består bland annat av körsimulatorer för väg- och järnvägstrafik, väglaboratorium, däckprovingsanläggning, krockbanor och mycket mer. Vi kan även erbjuda ett brett utbud av kurser och seminarier inom transportområdet.

VTI is an independent, internationally outstanding research institute which is engaged on research and development in the transport sector. Our work covers all modes, and our core competence is in the fields of safety, economy, environment, traffic and transport analysis, behaviour and the man-vehicle-transport system interaction, and in road design, operation and maintenance. VTI is a world leader in several areas, for instance in simulator technology. VTI provides services ranging from preliminary studies, highlevel independent investigations and expert statements to project management, research and development. Our technical equipment includes driving simulators for road and rail traffic, a road laboratory, a tyre testing facility, crash tracks and a lot more. We can also offer a broad selection of courses and seminars in the field of transport.

vti

HUVUDKONTOR/HEAD OFFICE

LINKÖPING

POST/MAIL SE-581 95 LINKÖPING

TEL +46 (0)13 20 40 00

www.vti.se

BORLÄNGE

POST/MAIL BOX 760

SE-781 27 BORLÄNGE

TEL +46 (0)243 446 860

STOCKHOLM

POST/MAIL BOX 6056

SE-171 06 SOLNA

TEL +46 (0)8 555 77 020

GÖTEBORG

POST/MAIL BOX 8077

SE-402 78 GÖTEBORG

TEL +46 (0)31 750 26 00