



SBUF - Projekt 11 456

Blåsbildning på broar





Sammanfattning

Överbyggnader av brodäck har från tid till annan blivit föremål för blåsbildning. Orsaken till en över tid ökande blåsbildning har sin troliga orsak i att förändringar skett i betongens sammansättning från det att systemen provades ut. Dagens betong tycks ha en mycket tät porstruktur samt har från tid till annan tillsatsmedel, vilkas inverkan på tätskiktsprimerns vidhäftning inte till fullo är utrett.

Då marknaden inom EU upplevt samma utveckling, finns viss upparbetad kunskap inom området. Övriga nationer inom EU har till stor del löst frågan genom att huvudsakligen övergå till härdplastprimer (epoxiprimer) för i konstruktionen ingående tätskiktsystem. Sverige har valt att inte genomgående införa epoxiprimer. Epoxiprimer har dock införts i vissa konstruktioner såsom tunnlar och tråg.

Projektets syfte, i första hand, är att se vilka i ATB Bro beskrivna asfaltöverbyggnadssystem som motstår blåsbildning bäst, samt hur vi möjligtvis kan optimera dessa. Jämförelser mellan system kommer enbart att rangordna dem sinsemellan.

- Vi har klart kunnat påvisa att lägre stämpellastvärde ger mindre blåsbildning.
- Vi har i vår undersökning klart kunna visat på överbyggnadsalternativ som är mindre lämpligt ur blåsbenägenhet.
- Vi har funnit att genom optimering av gjutasfaltens kornkurva kan blåsbenägenheten starkt begränsas.
- Vi är medvetna om att provserien är relativt kort och att provningsmetoden oprövad. Vi förordar därför vidare forskning på området.

Göteborg 2006-02-01

Ulf Nilsson



Tillverkning av provkroppar har skett hos DAB Domiflex AB Region Väst under ledning av Gert Andreasson

Konsultation i div teknikfrågor har gjorts med Ylva Colldin, KTH, Robert Karlsson, KTH, Marie Henriksson, Trelleborg Building, Höganäs samt Anders Bergman, BINAB.

Stor hjälp i arbetet har VTT's rapport "Blåsbildning av broisoleringsmattor, Slutrapport 45/1998" av Kyösti Laukkanen varit jämte besök hos Jouko Lamsa, Finska Vägverket och Kyösti Laukkanen, VTT, varit.

Provning har skett hos Trelleborg Building, Höganäs under ledning av Ola Hansson och Göran Rosengren.



Projekt Blåsbildning på broar

Bakgrund

Överbyggnader av brodäck har från tid till annan blivit föremål för blåsbildning. Orsaken till en över tid ökande blåsbildning har sin troliga orsak i att förändringar skett av betongen sammansättning från det att systemen provades ut. Dagens betong tycks ha en mycket tät porstruktur samt har, från tid till annan, tillsatsmedel vilkas inverkan på tätskiktprimerns vidhäftning inte till fullo är utredd.

Då marknaden inom EU upplevt samma utveckling, finns viss upparbetad kunskap inom området. Övriga nationer inom EU har till stor del löst frågan genom att huvudsakligen övergå till härdplastprimer (epoxiprimer) för i konstruktionen ingående tätskiktssystem. Sverige har valt att inte genomgående införa epoxiprimer. Epoxiprimer har dock införts i vissa konstruktioner såsom tunnlar och tråg.

Projektets syfte, i första hand, är att se vilka i ATB Bro beskrivna beläggningsalternativ som motstår blåsbildning bäst samt hur vi möjligtvis kan optimera dessa. Jämförelser mellan alternativen är enbart tänkt att rangordna dem sinsemellan.

Provningsmetodik

Vi fann väldigt tidigt att ingen metod fanns beskriven för provning i enlighet med våra tankegångar. All provning gällande tätskikt och dess frågeställning om blåsbildning, tog alla fasta på underlagets struktur, tätskiktets primer, tätskiktets utformning eller en kombination av dessa och andra närliggande egenskaper.



Utformning av provningsmetodik

Temperatur

Vad vi visste från praktisk blåsbildning på broar var att efter en längre värmeperiod kunde blåsor uppträda. Tiden med intensiv värme kan beskrivas som mer än 3 – 4 dagar samt utetemperaturer på mer än 30 °C. Stöd för vår observation enl. ovan, finner vi i ”Skaderapport bro O 1290”, Hans Hedlund, Skanska Teknik AB (se diagram 1 nedan). I diagrammet beskriven värmertilväxt används i ”Skaderapport O 1290” till att påvisa transport av fukt till ovankant brobaneplatta av betong. Vårt intresse är däremot riktat till värmen i bronns asfaltbundna beläggningslager.

Enl. diagram ”Modell för temperaturberäkning”, kommer bronns asfaltöverbyggnad att vara ca 70 ° C eller mer efter 80 timmar (=3 dagar/dygn).

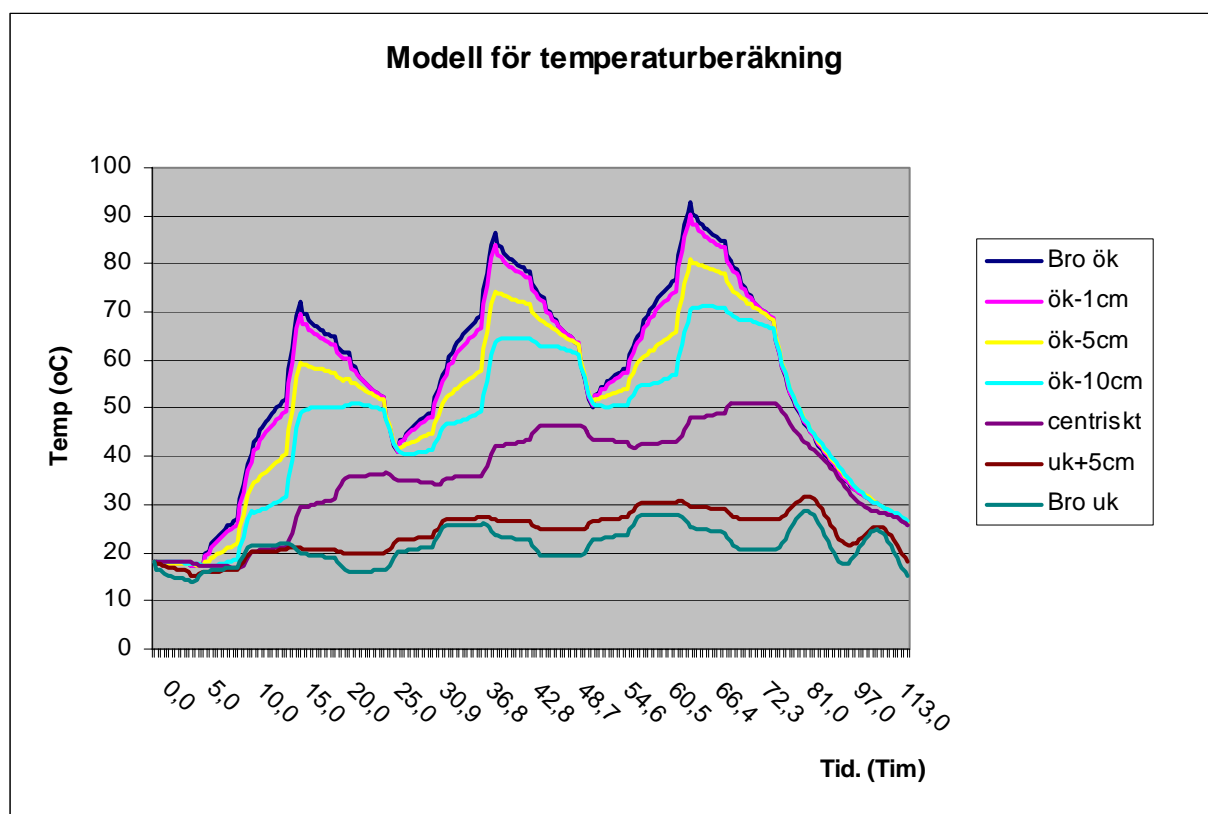


Diagram 1. Modellberäkning av temperaturberäkning av solstrålningseffekt på en 900 mm tjock brobaneplatta samt beräknade temperaturer (Källa Utredning av skador bro O 1290. Hans Hedlund, Skanska Teknik AB).

Vid utfört förarbete för att fastställa belastningstemperaturer har försök gjorts till att efterlikna temperaturförlopp i enlighet med värden i diagram 1 ovan. Vi fann att precisionen starkt försämrades och att svårigheter fanns att få jämförbara värden mellan olika provplattor i klimatkammaren.



Modellberäkning utförd av Skanska Teknik AB, bygger på solinstrålning mot brobaneplattan. Solinstrålning ger i enlighet med diagrammet högst temperatur i ytskiktet samt lägre temperatur i underliggande lager, vilket, i våra prover, skulle reducera blåstillväxt hos beläggningsalternativ med stor tjocklek. Då vi funnit svårigheter i att anordna en jämn belysning av plattorna, och då beläggningsalternativen har en mycket snarlik tjocklek, har prover utförts vid en konstant temperatur 70 ° C.

Tryck (P)

Tillväxt av blåsor och tryck i blåsor har bl. a beräknats av Dr.-Ing. H Henneke, Braunschweig, publicerat i facktidskriften BITUMEN (1961). Han skriver ” trycket stiger till maximala 0,25 atö”.

I VTI-notat 49-1999 anges att tryck i en blåsa under tätskikt kan beräknas till 0,04 Mpa .

Med hänsyn till att begränsa provtiden till 24 timmar, har vi valt trycket 0,05 Mpa.

Provningsmetod

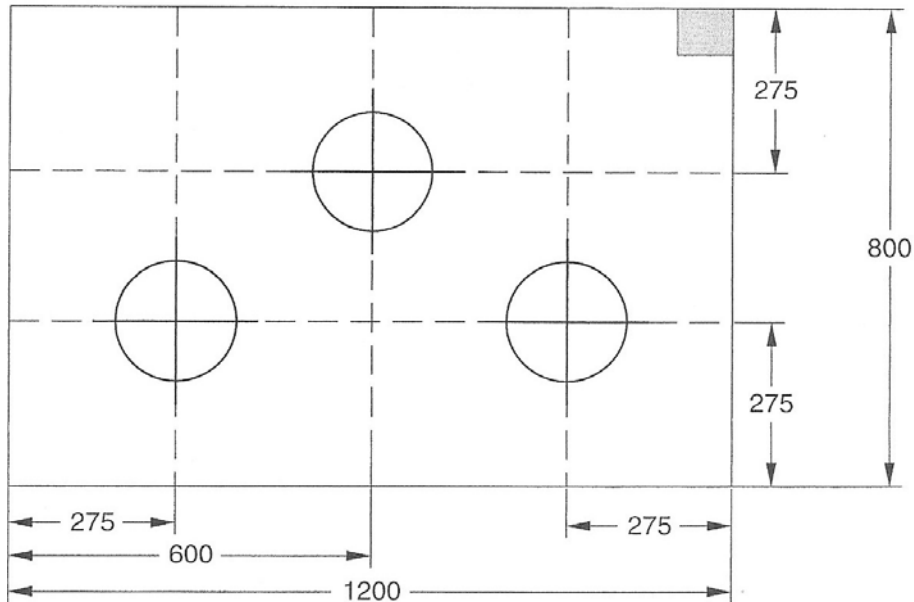
Efter en rad förtester med variationer av tempereringstid, temperaturliv, blåsbildningstryck mm, kom vi fram till provningsförfarande i enlighet med tabell 1. nedan.

Tabell 1.

Provplattor	
Material	Betong K40 VCT < 0,4
Längd	1200 mm
Bredd	800 mm
Tjocklek	120 mm
Temperering	
Tid	24 tim
Temperatur	70 ° C +/- 0,5
Blåsbildningstryck	
Blåstryck	0,05 Mpa +/- 0,005
Blåsa	
Diameter	180 mm
Avläsning blåsbildning	
Avläsning sker timma 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 samt 24.	



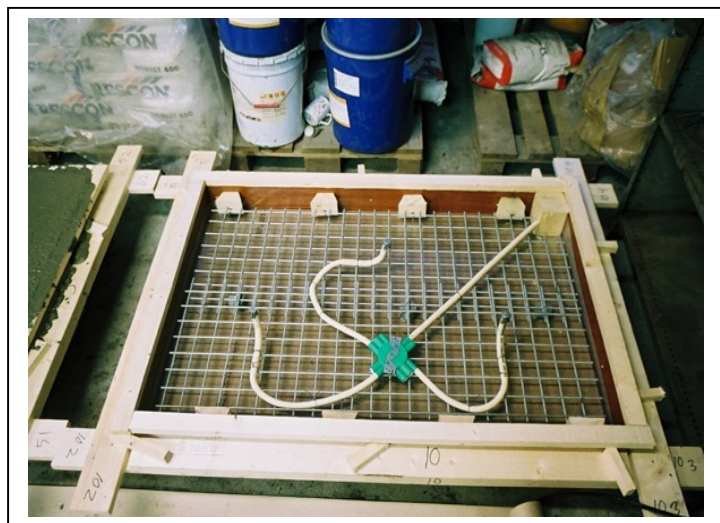
Provplattor



Provplattor uppvisar 3 st runda blås zoner. I vardera zonen mynnar centriskt ett blåsrör.

Utformning och framställning av provplattor

Gjutform med "blåsrör" samt armering. Spikklossar skall vara som fäste för stödform för asfaltöverbyggnad.





Nygjuten betongplatta med skyddstäckning över blåsrör.
Efter härdning blåstras överytan samt skyddstäckning av blåsrör avlägsnas.



Sammanlagt gjöts 22 st provplattor. Då erfarenheten om ytors efterbehandling och uppkommen ytstruktur har varit starkt begränsad, efterbehandlades betongplattor på skilda sätt för att uppnå erfarenheter om ytstrukturer och dess ytråhet. Resultat om ytråhet redovisas under avsnitt ”2: a hands mål”.

Förberedande applicering

Efter blåstring förses frilagd betongyta (yta som på bilden inte täckts av mallmatta) med primer av härdplastprimer. Syftet med härdplastprimer är att i möjligaste mån säkerställa att ingen påverkan sker mellan de 3 delproverna på samma provkropp.

En av de stora frågorna vid utformningen har varit, hur skall vi kunna få kontrollerbara blåsor vid hög provningstemperatur?





Överbyggnadsalternativ

På betongplattorna har utförts fullständig asfaltöverbyggnad i enlighet med ATB BRO samt ATB VÄG. Valda överbyggnadsalternativ framgår av tabell 2 enl. nedan.

Tabell 2 Överbyggnadsalternativ

Provplatta	Isolering	Skyddslager	Bindlager	Slitlager	Tjocklek
1	5 mm Beta 6000 SA	15 mm ABT 4 B 160/200	25 mm ABT 11 B 70/100	40 mm ABS 11 B 70/100	85 mm
2	5 mm Beta 6000 SA	15 mm ABT 4 B 160/200	25 mm ABT 11 B 70/100	40 mm ABS 11 B 70/100	85 mm
16	5 mm Beta 6000 SA	15 mm Asfaltmastix	25 mm ABT 11 B 70/100	40 mm ABS 11 B 70/100	85 mm
17	5 mm Beta 6000 SA	15 mm Asfaltmastix	25 mm ABT 11 B 70/100	40 mm ABS 11 B 70/100	85 mm
7	5 mm Beta 6000 SA		30 mm PGJA 11	40 mm ABS 11 B 70/100	75 mm
8	5 mm Beta 6000 SA		30 mm PGJA 11	40 mm ABS 11 B 70/100	75 mm
9	5 mm Beta 6000 SA		30 mm PGJA 11	40 mm ABS 11 B 70/100	75 mm
15	5 mm Beta 6000 SA		30 mm PGJA 11	40 mm ABS 11 B 70/100	75 mm
10	5 mm Beta 6000 SA		50 mm PGJA 16	40 mm ABS 11 B 70/100	95 mm
11	5 mm Beta 6000 SA		50 mm PGJA 16	40 mm ABS 11 B 70/100	95 mm
5	5 mm Beta 6000 SA		30 mm PGJA 11	40 mm PGJA 11 S + BCS	75 mm
13	5 mm Beta 6000 SA		30 mm PGJA 11	40 mm PGJA 11 S + BCS	75 mm
4	5 mm Beta 6000 SA		50 mm PGJA 16	40 mm PGJA 11 S + BCS	95 mm
12	5 mm Beta 6000 SA		50 mm PGJA 16	40 mm PGJA 11 S + BCS	95 mm

Valet av överbyggnad har skett med utgångspunkt från var vi upplevt mest problem (plattor 16+17), vanligast förekommande utföranden (plattor 1+2+7+8+9+15+10+11) samt vilken förändring vi tror är en positiv lösning/dellösning av blåsproblemet (5+13+4+12).

Ett senare beslut togs även om att utöka provningsserien med ytterligare 2 provplattor. Beläggningsalternativ 5 + 13 utfördes ytterligare en gång. Proverna benämns 19+21. Gjutasfalten i dessa plattor uppvisar samma stämpellastvärde som 5+13, men skiljer sig i såväl kornkurva samt bindemedelshalt. Utförande i såväl 5+13 som 19+21, överensstämmer med föreskrifter i ATB VÄG.

Tabell 2b Tillkommande överbyggnadsalternativ

Provplatta	Isolering	Skyddslager	Bindlager	Slitlager	Tjocklek
19	5 mm Beta 6000 SA		30 mm PGJA 11	40 mm PGJA 11 + BCS	75 mm
21	5 mm Beta 6000 SA		30 mm PGJA 11	40 mm PGJA 11 + BCS	75 mm



För att se inverkan av skilda stämpellastvärden hos beläggningslager av gjutasfalt, har bindlager av PGJA11 alternativt PGJA 16 varierats enl. tabell 2 nedan.

Tabell 2: Stämpelbelastnings hos ingående skydds- & bindlager.

Provplatta	Lager	Utförande	Stämpelbel.värden	Anm.
1				
2				
16	Skyddslager	15 mm Asfaltmastix	90 sek	FAS 447
17	Skyddslager	15 mm Asfaltmastix	90 sek	FAS 447
7	Bindlager	30 mm PGJA 11	6-7 mm	FAS 467
8	Bindlager	30 mm PGJA 11	6-7 mm	FAS 467
19	Bindlager	30 mm PGJA 11	2-3 mm	FAS 467
21	Bindlager	30 mm PGJA 11	2-3 mm	FAS 467
9	Bindlager	30 mm PGJA 11	2-3 mm	FAS 467
15	Bindlager	30 mm PGJA 11	2-3 mm	FAS 467
10	Bindlager	50 mm PGJA 16	3-4 mm	FAS 467
11	Bindlager	50 mm PGJA 16	3-4 mm	FAS 467
5	Bindlager	30 mm PGJA 11	2-3 mm	FAS 467
13	Bindlager	30 mm PGJA 11	2-3 mm	FAS 467
4	Bindlager	50 mm PGJA 16	3-4 mm	FAS 467
12	Bindlager	50 mm PGJA 16	3-4 mm	FAS 467

Ingående gjutasfaltmassor är tillverkade i enlighet med ATB VÄG. Valda stämpellastvärden ligger inom variationer för normalt framställda asfaltmassor för broändamål.

Tabell 2: Stämpelbelastnings hos ingående slitlagerbeläggning.

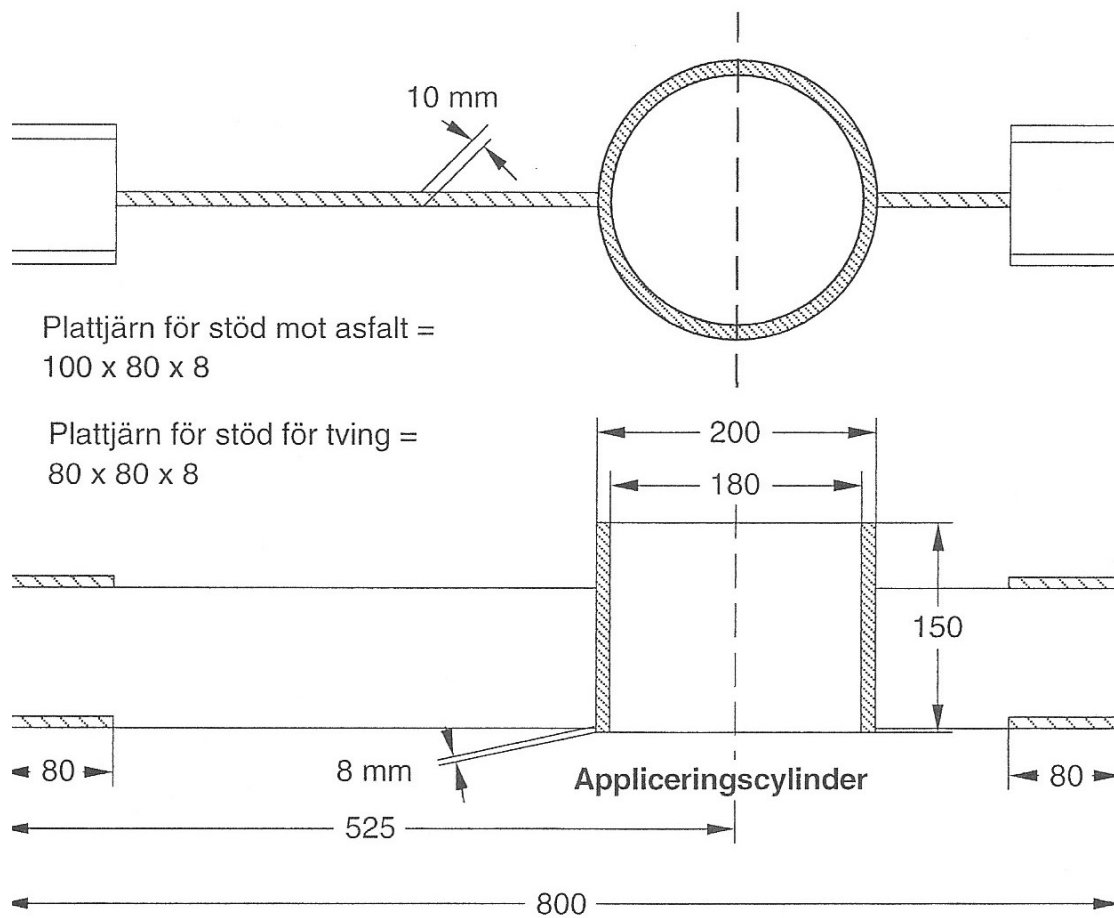
Provplatta	Lager	Utförande	Stämpelbel.värden	Anm.
5	Slitlager	40 mm PGJA 11 S	2-3 mm	FAS 467
13	Slitlager	40 mm PGJA 11 S	2-3 mm	FAS 467
19	Slitlager	40 mm PGJA 11	2-3 mm	FAS 467
21	Slitlager	40 mm PGJA 11	2-3 mm	FAS 467

Slitlagerbeläggning PGJA 11 är i enlighet med ATB VÄG. Slitlagerbeläggning PGJA 11 S är i enlighet med bilaga 1.



Fixerings- och mätutrustning

Provplattorna förses med fixerings- & mätutrustning samt tempereras i enlighet med tabell 1 ovan.

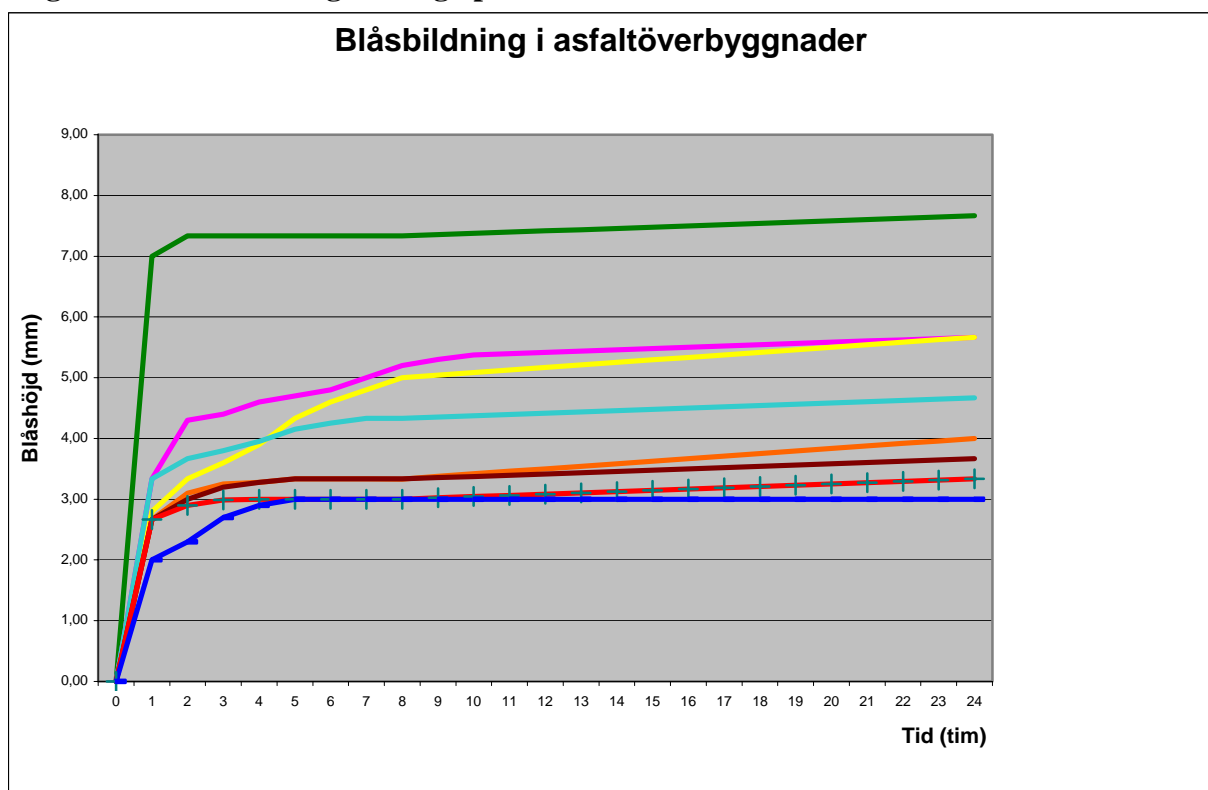




Resultat

Resultat av utförd provning visar en relativ jämförelse av vilka system som uppvisar mest eller minst blåsbildning mht inverkan av temperatur, tryck och tid. Resultat framgår av diagram 1 - 5 nedan.

Diagram 1 : Blåsbildning samtliga prover



Förklaring överbyggnadsalternativ



Skyddslager Mastix + Bindlager 30 mm ABT + 40 mm ABS



Skyddslager 15mm ABT + 30 mm ABT + 40 mm ABS



Bindlager 30 mm PGJA11(stämpel 6,7 mm) + 40 mm ABS



Bindlager 30 mm PGJA 11(stämpel ca 4 mm) + 40 mm PGJA (stämpel ca 4 mm) / Annan tillverkning !



Bindlager 30 mm PGJA 11(stämpel 4,0 mm) + 40 ABS



Bindlager 50 mm PGJA16 (stämpel 3,2mm)+ 40 mm ABS



Bindlager 30 mm PGJA 11 (stämpel 4,0 mm)+ 40 mm PGJA11S (stämpel 4,2 mm)

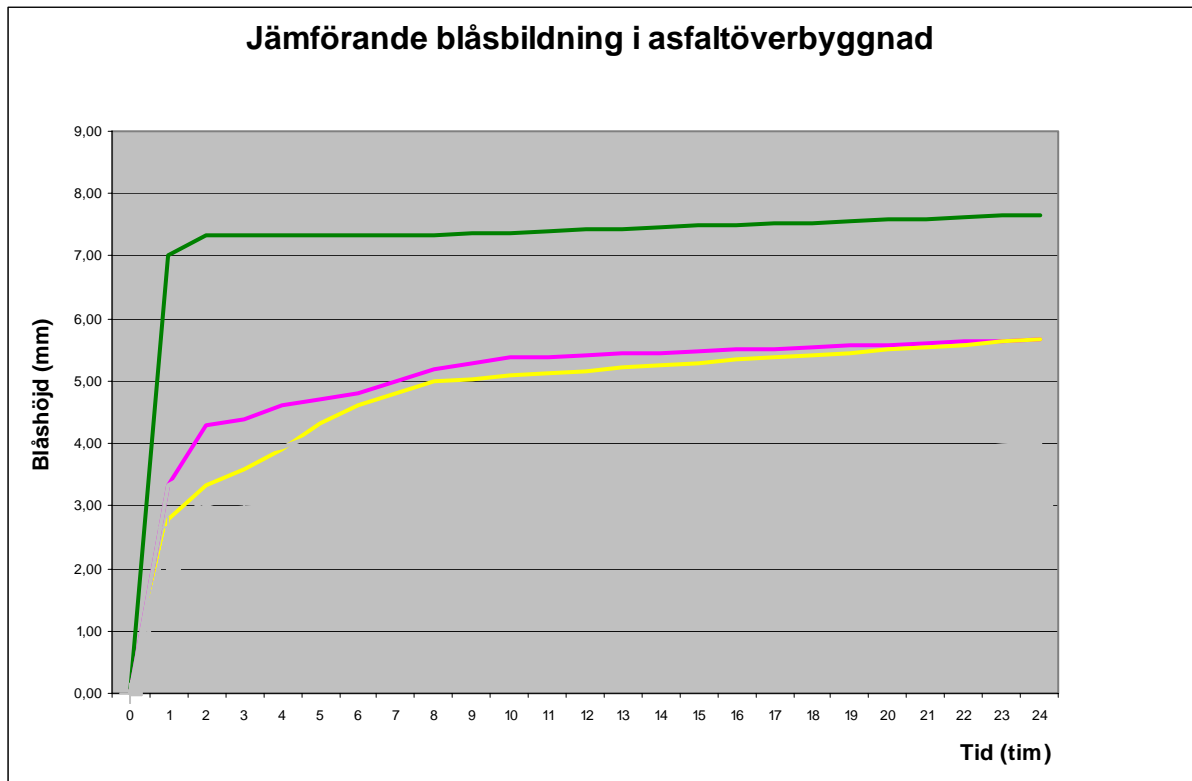


Bindlager 50 mm PGJA16(stämpel 3,2 mm) + 40 mmPGJA11S (stämpel 4,2 mm)



Vår tolkning av diagram 1, är att provningsmetoden ger en begränsning av "blåstillväxten" mht provningstiden. Trots detta ger "blåstillväxten" en, i våra ögon, en klar bild.

Diagram 2 : Störst blåsbildning



—

Skyddslager Mastix + Bindlager 25 mm ABT + 40 mm ABS

—

Skyddslager 15mm ABT + 30 mm ABT + 40 mm ABS

—

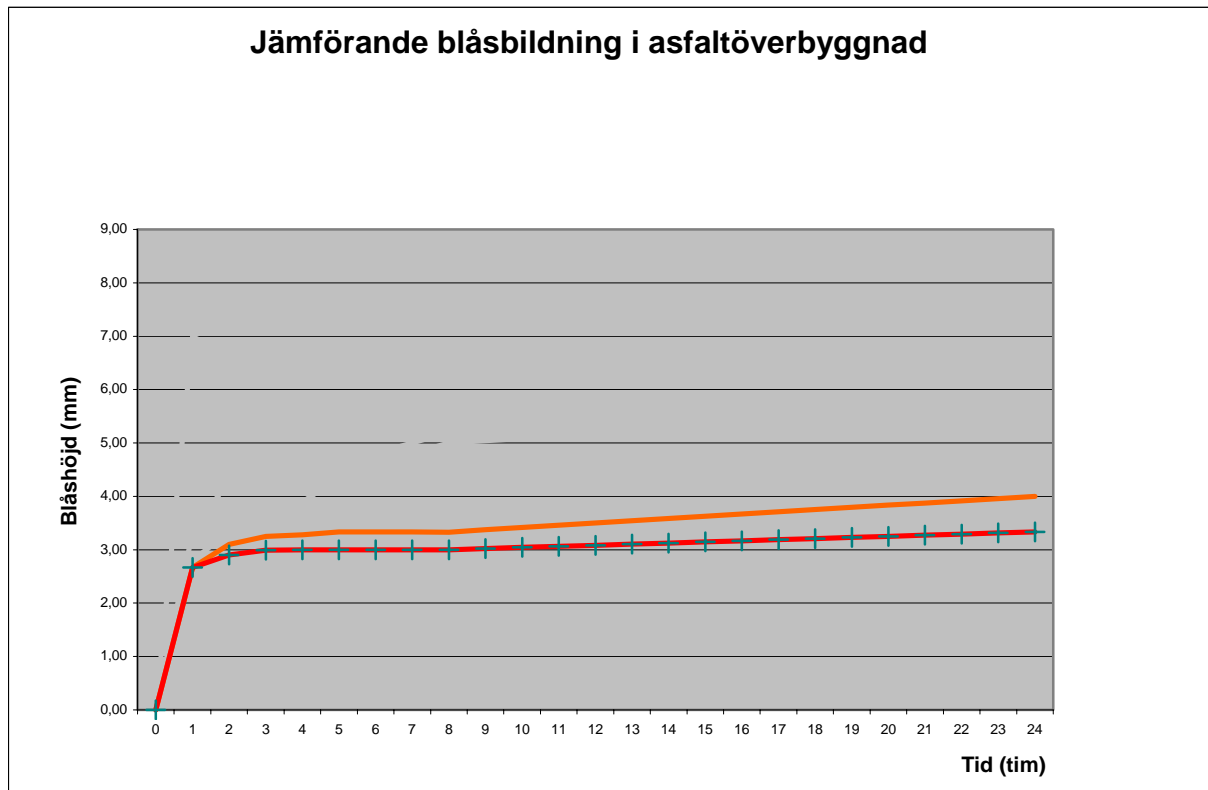
Bindlager 30 mm PGJA11(stämpel 6,7 mm) + 40 mm ABS

Utförandet "Skyddslager Mastix + Bindlager 25 mm ABT 11 + 40 mm ABS 11" ger absolut störst blåstillväxt. Detta är den enda överbyggnad som kollapsat under provningstiden 24 timmar. Mellan tid 8 timmar till 24 timmar, har ett av delproverna släppt igenom övertrycket ut i beläggningsslagren, varvid delar av provplattan uppvisade en böljande överyta.

Utförandet "Bindlager 30 mm PGJA 11 (stämpel 6,7 mm) + 40 mm ABS", är sammansatt av en PGJA 11 med en ej optimerad sammansättning. Gjutasfalt "PGJA 11 (stämpel 6,7 mm)" ligger dock sammansättningsmässigt inom toleranser i enlighet med ATB VÄG.



Diagram 3 : Jämförelse mellan olika slitlager



Bindlager 30 mm PGJA 11(stämpel 4,0 mm) + 40 ABS

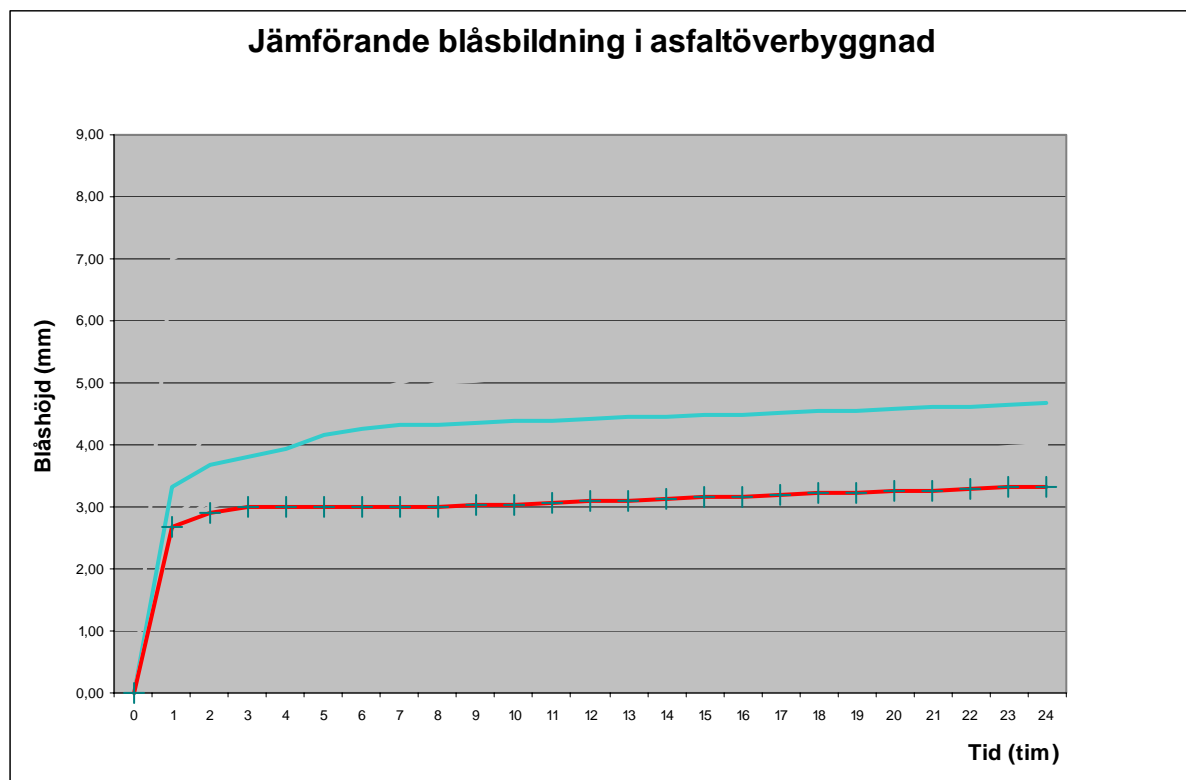


Bindlager 30 mm PGJA 11 (stämpel 4,0 mm)+ 40 mm PGJA11S (stämpel 4,2 mm)

Jämförelserna mellan alternativen, är i första hand framtagna för att se om slitlagerbeläggnings alternativ med gjutasfalt skulle uppvisa en förändrad blåsbildning. Vår tolkning av resultatet, är att skillnaden är liten och att ingen skillnad i sig föreligger.



Diagram 4 : Jämförelse mellan olika kornkurvor



Bindlager 30 mm PGJA 11(stämpel ca 4 mm) + 40 mm PGJA 11
(stämpel ca 4 mm) / Annan proportionering



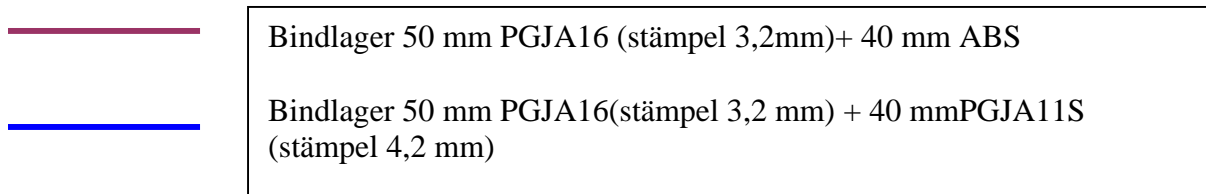
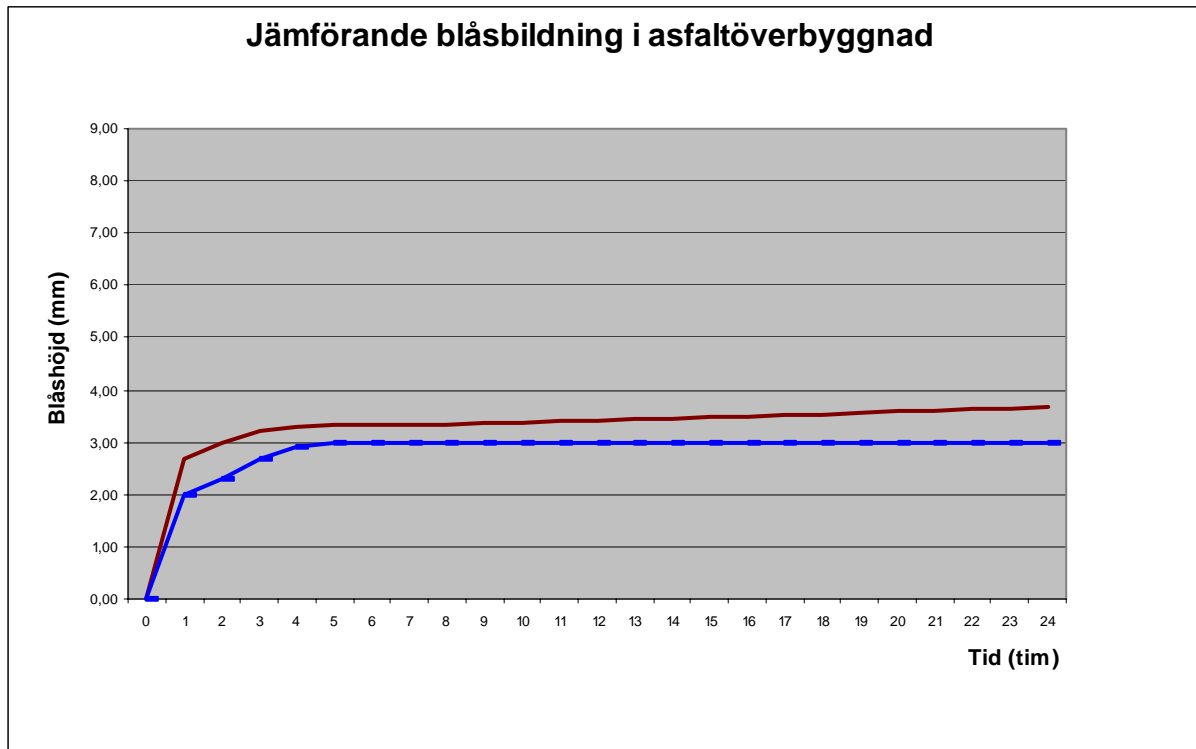
Bindlager 30 mm PGJA 11 (stämpel 4,0 mm)+ 40 mm PGJA11S
(stämpel 4,2 mm)

Genom att omproportionera ingående gjutasfalt i såväl bindlager som slitlager, önskade vi se vilken inverkan detta skulle ha på "blåsbenägenheten". Vi har låtit båda överbyggnadsalternativen uppvisa samma stämpelbelastningsvärde.

Jämförelsen mellan de båda blir dock 50 % större blåsa för prov utan optimerad proportionering. Vi tror oss om att veta att denna skillnad ännu tydligare framgår för de fall att stabilitetsmätning görs med Dynamisk kryptest enl. FAS 444.



Diagram 5 : Jämförelse mellan olika slitlagerbeläggningar



Jämförelse är här gjord med ingående slitlager 40 mm ABS 11 samt 40 mm PGJA 11 S. Resultatet visar samma resultat som diagram 3 enl. ovan. Skillnaden i blåsbildning är liten.

Vi finner vid jämförelse av resultat från diagram 3 och diagram 5, att skillnaden mellan utförande med 30 mm bindlager av gjutasfalt och 50 mm gjutasfalt är liten. Vi tror att skillnaden dem emellan hade varit större om uppvärmning skett via "solinstrålning" (Se 1:a stycket sid. 3).



Kommentar till resultatet

Vi har enbart i ett fall haft okontrollerad spridning av tryckluft i provkroppar.

Vi tror oss kunna se att provets utformning har till viss del begränsat blåstillväxten.

För att inte få påverkan av felkälla från enskild provomgång, har provplattor med samma överbyggnadsalternativ inte provats i samma provomgång.

Genom temperaturmätning i tre nivåer per provkropp, har vi kunnat säkerställa att samma temperatur rått i samtliga provkroppar

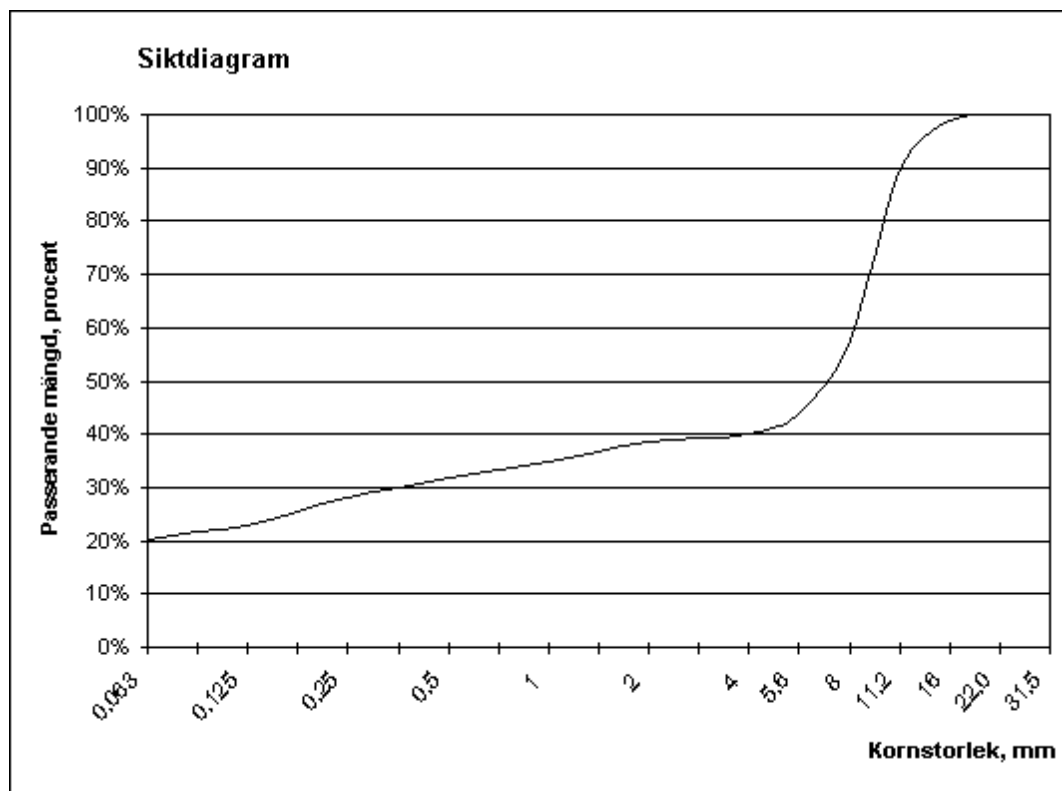
Vi har kunnat påvisa att lägre stämpellastvärde ger mindre blåsbildning.

Vi har även funnit att genom omproportionering av ingående kornkurva kan blåsbenägenheten hos en gjutasfalt reduceras.

Vi är medvetna om att provserien är relativt kort och att provningsmetoden oprövad. Vi förordar därför vidare forskning på området.



Bilaga 1.



Kornkurva Slitlagerbeläggning PGJA 11 S (Källa : DAB Asfaltverk Gbg/Kungälv)