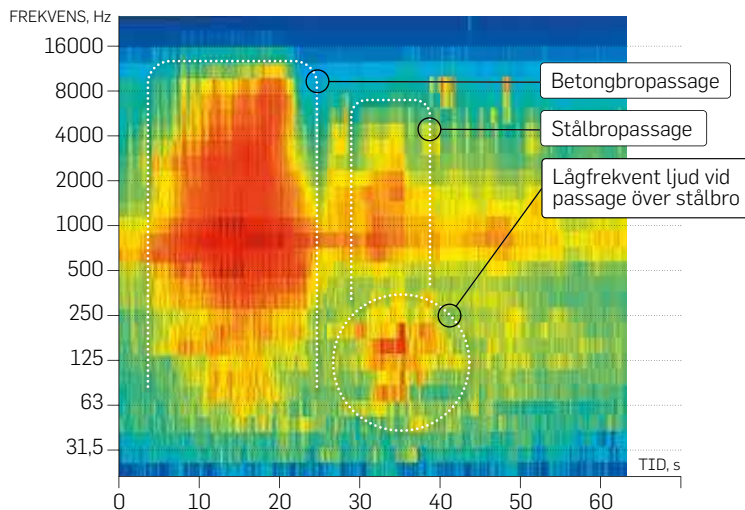


# GAMLA ÅRSTABRON DÄMPAS MED NY METOD

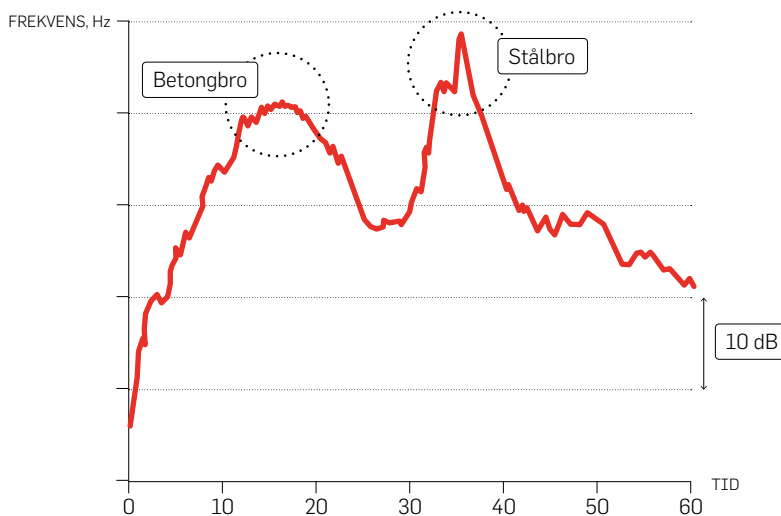
På uppdrag av Trafikverket görs nu ett arbete på Gamla Årstabron i Stockholm för att minska buller. **Arbetet får inte påverka vare sig den ständiga tågtrafiken eller bronns yttre, så man är tvungen att arbeta underifrån!** Däck och balkar kläs med särskilda dämpande paneler – en metod som aldrig tidigare använts på stålbroar.

TEXT: SVANTE HÄGERSTRAND

**K**ung Gustaf V:s regering lät 1925–29 uppföra en ny järnvägsbro som ledde in till Stockholm söderifrån. Gamla Årstabron, som den nuförtiden kallas, är idag ett vackert kulturminnesmärkt landmärke i södra Stockholm som är i fullt bruk. Bron har dubbelspår och det passerar ett tåg var 6:e minut dygnet runt. 90 år efter uppförandet beslutade Trafikverket att bronns lastkapacitet måste höjas och 2015 genomförde Skan-



**Bild 1. Mätning på fasad 550 m från stålbron. Tågpassage i sydgående riktning. Först passerar tåget betongbron, därefter stålbron (efter 27–42 sek).**



**Bild 2 visar en tågpassage (tid på x-axel) som A-vägd nivå i det lågfrekventa området, svarande till den lågfrekventa delen i bild 1.**

ska en grundlig renovering. Det 151 m långa brodäcket byttes ut i sektioner om ca 50 ton styck - totalt byttes 930 ton brobana ut. Det nya ståldäcket är förstärkt av längs- och tvärgående balkar och hänger i den gamla brobågen. Räls återanvändes, däremot byttes gamla trä-sleepers ut mot nya rälsbefästningar som monterades direkt i brodäcket.

#### MÄTNING VISAR ÖKNING AV BULLER

När arbetet avslutats och tågtrafiken åter släpptes på, visade det sig att bullret från bron ökat; vid en husfasad 550 m från bron

uppmättes en ökning av ljudnivån med 7 dB jämfört med värden innan renoveringen. Trafikverket beslutade att utreda frågan och försöka hitta en lösning på problemet.

När ett södergående tåg passerar över Årstaviken kommer detta ut ur en tunnel, sedan över en betongbro som går till Årsta Holmar där spåret fortsätter ut på stålbron. Tiden för tågpassagen över själva stålbron är kort i förhållande till den totala tågpassagetiden. De mätningar som utförts före och efter renovering mätte den s.k. ekvivalentnivån  $L_{eq}$ , vilket är ett medelvärde över tid. Men tittar man på en  $L_{eq}$  över 10 min så är bidraget från stålbron endast ca. 30 sekunder. Med andra ord så är det tidsmässiga bidraget ganska litet, och de övriga 9½ minutrarna kommer buller från omgivningarna, tunnelöppning samt den första betongbron.

Vad är det då som de klagande uppfattat som störande? Berodde verkligen bullerökningen på stålbron? Ytterligare mätningar krävdes för att få mer information avseende nivå och frekvensinnehåll för att kartlägga stålbrons bidrag.

#### EN FÖRSTA KARTLÄGGNING

Bild 1 visar resultat från en ny mätning vid husfasad. Mätningen visar frekvensinnehållet över tid där tåget kommer ut ur tunneln vid tid 0 sek, går vidare ut på betongbron (5-23 sek), över Årsta Holmar och ut på stålbron (27-42 sek).

Mätningen indikerar att det samlade bullret primärt påverkas av tågpassagen över den första betongbron (ca. 5-23 sek). Men man kan också se att det är ett högt innehåll av lågfrekvent ljud när tåget passerar stålbron (efter ca 27 sek). En möjlig förklaring till klagomålen kan vara att den uppfattade ökningen i ljudnivå egentligen är ett ökat bidrag i lågfrekvensområdet, och att detta bidrag kan bero på det nyligen införda brodäcket i stål.

På bild 2 ses tydligt att det lågfrekventa bidraget är större för passagen över stålbron än passagen över betongbron. Man kan se att tåget kör ut på betongbron (0-20 sek), därefter passeras holmen där nivån sjunker, och vidare passeras stålbron från 27-42 sek med en kraftig stigning av låga frekvenser (ca 63-250 Hz).



Bild 3. Ljudmätning från grannbro med akustisk kamera.

#### >> DAGS FÖR FÖRSTUDIE

För att komma vidare och hitta en möjlig lösning krävdes kunskap om fördelningen av bullerbidraget från brons olika delar; från däckstruktur och fackverksbåge, från hjul/räls-kontakten och från själva tåget. Trafikverket ville inte ha ytterligare avbrott i tågtrafiken, ett eventuellt ingrepp kunde därför bara implementeras under brodäcket - det var därför avgörande om stäldäck+balkar faktiskt bidrog med en betydande bullernivå i förhållande till övriga källor.

Vibratec anlätades för att genomföra en förstudie med syfte att kartlägga detta och för att undersöka om det lågfrekventa bullerbidraget kunde dämpas.

En mätning på 550 m avstånd är känslig för bakgrundsljud och väderförhållanden. Bara inverkan av med- eller motvind kan ge 10 dB skillnad vid i övrigt identiskt utförda mätningar.

För att minimera inflytandet från bakgrundsljud gjordes därför mätningar från den intilliggande grannbron som löper parallellt med Gamla Årstabron på ca 45 m avstånd. Dessa gjordes med s.k. akustisk

kamera, bestående av 56 mikrofoner, för att lättare identifiera olika källors bidrag se bild 3. För att endast mäta under tågpassage monterades "tågdetektorer" i början och slutet av bron. Detektorerna bestod av 5 st. accelerometrar som började registrera när ett tåg passerade. Passage av varje individuell boogie, ibland t.o.m. enskilda hjulpar, kunde uttydas. Vidare gjordes en mängd mätningar av punktmobiliteten, vilket efter lite dataprocessande kan ge egen-

frekvens och dämpning för respektive mätpunkt.

#### MÖJLIGA LÖSNINGAR

Eftersom ökningen i buller i första hand kommer från brostrukturen - inte från själva tåget eller från hjul/rälskontakten - så är en avskärmning med bullerplank ingen lösning.

För att minska vibrationerna hos brostrukturen (och därmed minska ljudutstrål-

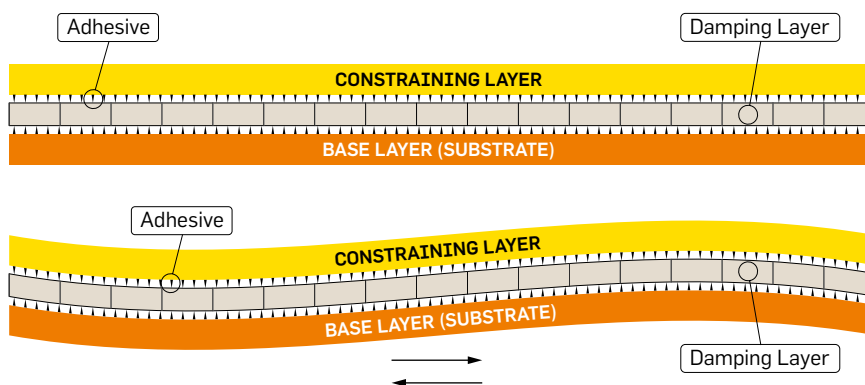


Bild 4. Funktionen hos Constrained Layer Damping - CLD.

ningen) vore en naturlig lösning att vibrationsisolera rälsen. Detta kan göras genom att införa elastiska mellanlägg direkt under räl (s.k. rail pads) - ingreppet kräver att rälsen lyfts och skulle alltså innebära ett längre stopp i trafiken. Ytterligare avstängning av tågtrafiken var inget alternativ, Trafikverket önskade en lösning som minskar vibrationerna i bronns stålstruktur utan några ingrepp på spåret. För att åstadkomma detta måste dämpning tillföras till själva brodäcket, och ingreppet måste göras underifrån.

#### LITE OM DÄMPNING

Olika material leder vibrationer olika bra; man brukar tala om att olika material har olika dämpning eller förlustfaktor. Dämpning/förlustfaktor är alltså ett mått på ett materials inre förluster eller på materialets förmåga att omvandla vibrationens rörelseenergi till värme. Stål är ett material som leder vibrationer bra - stål har alltså små interna förluster, d.v.s. lite dämpning.

Samtidigt finns det material som har hög dämpning och alltså är bra på att omvandla vibrationsenergi till värme. Genom att addera ett dämpande material till en stålstruktur kan alltså vibrationerna (och därmed ljudutstrålningen) minskas (sound radiation index = en strukturs förmåga att omvandla vibrationer till ljud). Det finns t.o.m. dämpande färg som kan målas på plåt, det fungerar dock bara för betydligt tunnare struktur än denna brokonstruktion. För att stålet verkligen ska "ta åt sig" av dämpningen krävs en absolut anliggning mellan dämpmaterial och plåt. Att pressa ett dämpande lager mot i detta fall en stålstruktur är en dämp teknik som kallas "Constrained Layer Damping" - CLD. Likt en sandwich hamnar dämpmaterialet mellan två styva material (vilka själva saknar tillräcklig dämpning). Resultatet är att en vibration "fångas" mellan plåtarna och dämpas ut av mellanlagret. Effekten av en CLD-lösning är beroende på anliggning, dämpmaterialets tjocklek och dämpning/förlustfaktor samt tjocklek på tryckande/fasthållande plåt (constraining layer), se bild 4.

#### CLD-LÖSNING I FULLSKALETEST

Egenskaperna hos dämpande material kan variera kraftigt vid olika temperaturer. Därför testades 10 olika CLD-konfigurationer i klimatkammare vid temperatur -10°C, +5°C och +20°C. Ska bron dämpas med CLD måste förstas dämpningen fungera både på vintern och sommaren. Dessutom ska gärna dämpningen vara så stor som möjligt vid de låga frekvenser där man konstaterat ökade nivåer. För att undersöka hur de

#### Ljudtryck Lp. Bidrag från olika delar hos icke åtgärdad bro.

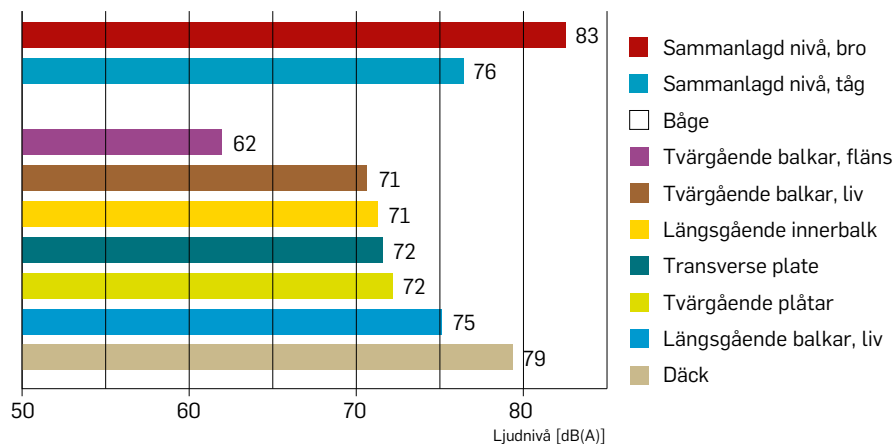


Bild 5. Modellerad totalnivå för stälbron innan CLD: 83.5 dB(A).

#### Ljudtryck Lp. Brodelar täckta med CLD-panel typ "sommars".

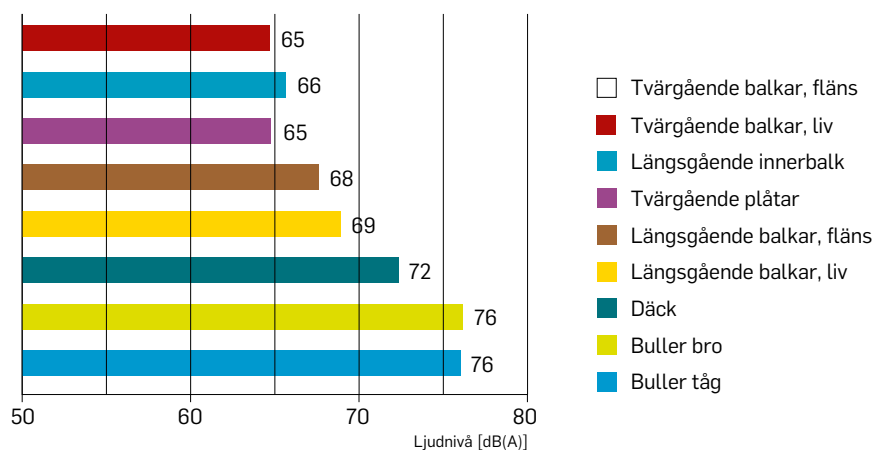


Bild 6. Beräknad totalnivå: 79 dB(A) d.v.s. reduktion med 4 dB. Brostrukturens bidrag har minskats med 6 dB.

olika CLD-konfigurationerna skulle påverka en brobalk utfördes fullskaletest på en mock-up (2000x1400x18 mm) i Vibratex's lokaler i Estland. De 6 bästa konfigurationerna från klimattestet testades här vid temperatur 15°C.

#### NUMERISK MODELLERING

Beräkningar gjordes med Statistisk Energi Analys (SEA) där en tågpassage simulerades genom att brobanan exciterades. SEA-modellen användes för att beräkna ljudnivån på ett horisontellt avstånd om 45 m från bron, vilket motsvarar mätpunkten på grannbron där vi tidigare utfört mätningar. För att simulera bron gjordes beräkningen med låga värden på dämpning för alla bro-

element. Modellen räknade fram ett ljudtryck på 83,5 dB(A) vilket var aningen högre än det i verkligheten uppmätta värdet 82,5 dB(A), men tillräckligt nära för att modellen skulle anses tillförlitlig.

Man kunde snart konstatera att det är brostrukturen som dominerar vid frekvenser upp till 800 Hz, för högre frekvenser är det själva tåget som utstrålar mest ljud. SEA-modellen kunde t.o.m. ge svar på vilka komponenter i brostrukturen som utstrålar mest ljud: däcket och longitudinella balkliv, men också tvärgående balkliv och balkflänsar ger sitt bidrag. (se bild 5). Diagrammet visar att bidraget från själva tåget är 76 dB(A) och att totalnivån (alltså inklusive bidraget från stälbrons alla delar) är 83

» dB(A). Även om man lyckas sänka brons bidrag till noll, så kommer totalnivån inte gå under 76 dB(A) eftersom bullret från själva tåget då blir dominerande.

Dämpningen ökades nu i modellen genom att lägga in värden från de testade CLD-konfigurationerna. Det visar sig att brostrukturens bidrag kan reduceras med 6 dB. Totalnivån, när buller från tåg/hjul inkluderas, har då minskats med 4 dB (se bild 6).

### INSTALLATION

Baserat på resultaten från den genomförda förstudien beslutade Trafikverket använda Constrained Layer Damping - CLD - för att dämpa bullret från den gamla stålbron. Undersidan av brodäck och balkar skall kläs in med CLD-paneler (alltså dämpmaterial plus plåt) och tågtrafiken kan fortgå. Panelerna målas med samma färg som resten av bron, det blir således en lösning som inte syns eller påverkar brons yttre, den är ju trots allt kulturminnesmärkt. För att dämpa lika bra året om kommer dämpmaterial med olika temperaturegenskaper varvas på CLD-panelerna.

CLD-panelerna sätts fast med svetsbultar, bricka och låsmutter - alla komponenter i syrafast stål. Området omkring varje svetsbult måste primas och målas. Bultarna måste sitta relativt tätt för att ge tryck och anliggnings mellan dämpmaterial och stålstruktur, se bild 7.

Hela den täckta ytan ska rengöras för optimal kontakt mellan stål och dämpmaterial. När CLD-panelen skruvats fast ska avslutningsvis alla kanter runt om CLD-panelen tätas med elastisk fog. Bild 8 visar exempel på färdig installation av CLD-panel.

För närvarande pågår uppsättning av svetsbultarna - 66 000 bultar ska svetsas fast (inkl. slipning samt målning med primer och top coat). I början av februari påbörjas monteringen av själva CLD-panelerna, 4900 paneler, vikt ca. 120 ton, med en total yta av 3150 m<sup>2</sup> skall monteras - hälften av ytan är optimerad för vintertemperatur och hälften för sommartemperatur. För att ge så stor täckning som möjligt har panelerna olika form - totalt 270 olika konfigurationer kommer att sättas upp.

### CLD – ETT OPRÖVAT KONCEPT FÖR STÅLBROAR

När installationen är färdig längre fram i vår så kommer nya ljudmätningar att göras för att verifiera att ingreppet har haft avsedd effekt. Mätningarna kommer att göras från grannbron där bakgrundsstörningarna är som minst. En sänkning av totalnivån är förvisso intressant, men det



Bild 7. Markering för svetsbultar.



Bild 8. Exempel på installerad CLD-panel. Dämpmaterial pressas mot strukturen via bultar.

viktigaste är att de störande låga frekvenserna ska ha filterats bort.

Metoden med CLD-paneler har tidigare med framgång använts av Vibratex på ett liknande projekt i Kansas. Det här är dock första gången som CLD-tekniken används på en stålbro. Om/när den beräknade dämpeffekten har validerats så öppnar detta dörren för ett helt nytt sätt att dämpa stålbroar. ■



**SVANTE HÄGERSTRAND**  
Vibratex