

SVIB

V I B R A T I O N S

NYTT

Medlemsblad för Skandinaviska Vibrationsföreningen

Årg 17/18 Nr 2 Juni 2000



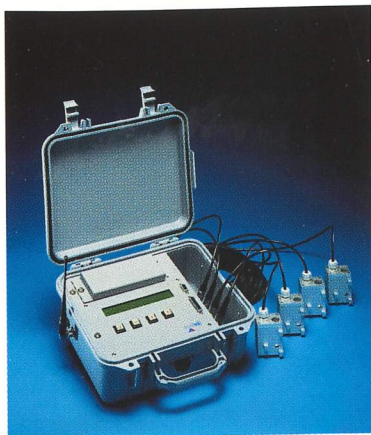
*SVIBs nästa symposium blir på Lökebergs Konferenshotell
som ligger mellan Kungälv och Marstrand*



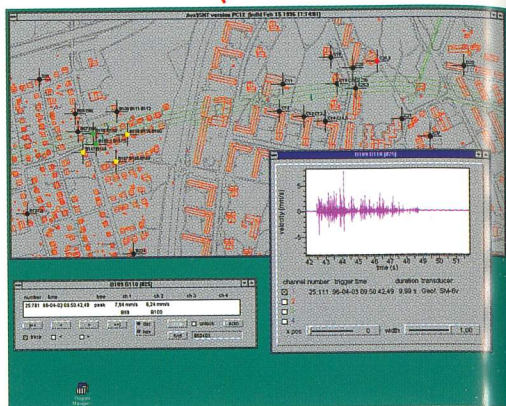
SKANDINAVISKA VIBRATIONSFÖRENINGEN

Ava Tunnel

Ava Tunnel är världens första helautomatiska system för miljöövervakning. Systemet har sedan introduktionen 1995 haft stor framgång på marknaden. I dag används Ava Tunnel vid flertalet större anläggningsprojekt i Sverige och Norge.



- Effektiv administration
- Automatiskt larm
- Tydlig information
- All aktörer har samma information
- Aktiv optimering av sprängning
- Information via Internet



- Södra Länken, Stockholm
- CLAB 2, Oskarshamn
- Lundbytunneln, Göteborg
- Tåsentunneln, Oslo
- Kallhäll-Kungsängen, Stockholm
- Bergshamratunneln, Stockholm
- Svartdalstunneln, Oslo
- Älvsjö-Långbro, Stockholm
- Depåtunnel Alvik, Stockholm



Celsiusgatan 8, s-417 62 Göteborg, Sweden
Tel: +46 31 500150
email: sales@bergsaeker.se

Fax: +46 31 508232
<http://www.bergsaeker.com>

Nytändning i SVIB

Det har hänt en hel del inom SVIB den senaste tiden. Vi har fått inte mindre än tre nya utskottsordförande. Stefan Ohlsson från Ingemansson Automotive tar över AU 2 efter Eva Lundberg, som varit barnledig. Tack Eva, symposiet i Riksgränsen minns vi med glädje! Stefan håller på att nyrekrytera till arbetsutskottet och har lovat att komma med ett symposium i vinter. Vi kan säkert räkna med att det kommer att handla om något med fordon.

Tomas Odebrant har tagit över AU 3 efter Gösta Rundqvist som håller på att varva ner. Tack Gösta för din mångåriga insats! Tomas har redan basat för en mycket lyckad och välbesökt temadag på KTH i maj. Vi kommer att se föredrag från temadagen i detta och kommande nummer av SVIB-nytt.

Så har Thomas Abrahamsson från Chalmers tagit över AU 5 efter Juha Plunt. Juha svarade för flera fina vibrationsforskningsdagar (tackar!) men tyckte det var dags att någon annan tog över. Tyvärr blev det då ett glapp på forskningsdagarna, men nu har Thomas fått ihop ett nytt utskott och vi ser fram mot en pånyttfödd vibrationsforskningsdag i höst.

Det gamla AU 1 är i stort sett intakt. Vi hade nyligen ett sammanträde och



spikade tid och plats för vårt nästa symposium.

Så, markera 17 – 19 oktober i kalendern! Platsen blir Lökeberg, nära Marstrand på den svenska västkusten. Temat blir systemidentifiering och systemmodeller. Vi upprepar formatet från Snekkersten med tutorials på tisdag eftermiddag. Symposiet börjar sedan med middag på tisdag kväll och föredrag under onsdagen och torsdagen. Det blir svårt att undvika en båtutflykt med frossande på havets läckerheter och Alf har säkert något musikaliskt i bakfickan!

Hoppas sommaren blir fin, så att vi får uppleva vibrationer i segelbåtsriggar och annat som hör årstiden till.

Kjell Ahlin
ordförande SVIB

SVIBs styrelse

Ordförande

Kjell Ahlin, tekn lic
Ingemansson Technology AB
08 - 744 57 80

Vice ordförande

Ole Døssing, civ ing
Rovsing A/S
+45 44 20 08 29

Sekreterare

Alf Olsson, ing
SVIB NORMTJÄNST AB
070 - 717 29 15, ons-fre 08 - 444 14 10 (SEK)

Kassaförvaltare

Odd Sylwan, civ ing
Acoustic Control AB
08 - 732 48 00

Övriga ledamöter:

Urban Emborg, civ ing
Saab Aircraft AB
013 - 18 20 68

Christian Madshus, Dr.scient
Norges Geotekniske Institutt
+47 22 02 30 44

Adjungerad:

Göran Westerberg, civ ing
Akustik-Konsult AB
08 - 15 01 65

Arbetsutskott

Vibrationsmätning och -analys

Kjell Ahlin, tekn lic
Ingemansson Technology AB
08 - 744 57 80

Fordons- och maskinvibrationer

Stefan Ohlsson, civ ing
Ingemansson Automotive AB
031 - 774 74 10

Trafik-, mark- och byggnads- vibrationer

Tomas Odebrant, civ ing
Ingemansson Technology AB
08 - 744 57 80

Vibrationers inverkan på människan

Ronnie Lundström, prof
Arbetslivsinstitutet
090 - 786 50 97

Forskning och utbildning inom vibrationsområdet

Thomas Abrahamsson, prof
Chalmers Tekniska Högskola
031 - 772 15 06

Innehåll:

	sid
Nytändning i SVIB	3
Trafik-, mark- och byggnadsvibrationer	5
High speed train lines on soft ground: Modelling ground response at critical speed – comparison between predic- tion models and actual measurements	13
Gyllene Snittet	25
Datoranalys av fenomen vid höga tåg hastigheter och föreslagna åtgärder i Ledsgård	26
AU 5 blir en nordisk angelägenhet	37
Dubbelbokningar och MOMS!	39
Arlandabanan och Kallhäll – Kungs- ängen	41
SVIBs matrikel 2000	47
Samband mellan International Rough- ness Index, IRI, och durkvibrationer	49
Vibration och stöt	56
Licentiatavhandling vid Chalmers	59
Kurser och konferenser	60

Annonskostnad:

Mittuppslag	SEK	18 000:-/4 nr
Dubbeluppslag		16 000:- "
1 baksida + 3 helsidor		12 000:- "
Hel insida		9 000:- "
Halvsida		5 000:- "

Medlemsavgift 400:-/år

SVIB/SVIB NORMTJÄNST AB

Box 1288, 164 29 KISTA
Telefon: 070 - 717 29 15
Telefax: 070 - 717 96 16
Postgiro: 405 36 55-9
Bankgiro: 5957-5076

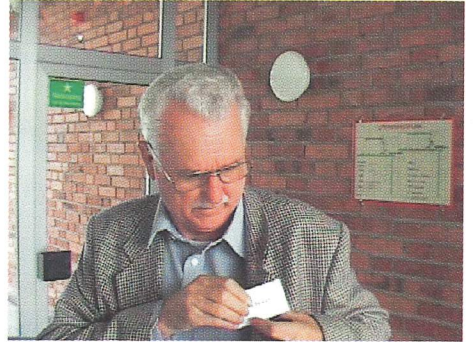
Ansvarig utgivare: Alf Olsson

Kansli och redaktion: Ulla Nordin
Erikslundsvägen 264, 187 53 TÄBY
Telefon och fax: 08 - 510 515 50
e-mail: svib.ntab@swipnet.se
hemsida: svib.se

Trafik-, mark- och byggnadsvibrationer

Byggbranschen var den bransch som under 80-talet hade varit med att lägga ut riktlinjerna för SVIBs verksamhet och som förblev något av ryggraden i SVIBs finansiering och ledning. Under början av 90-talet tynade branschen nästan bort för att först under senare år komma igen med nyväckta frågor om vibrationer, miljö och komfortbedömning i samband med en mängd tunga anläggningsarbeten. När Vibrationsdagarna på 80-talet handlade om byggnadsvibrationer i samband sprängning, pålning och spontning bruka-

de det samlas mer än 100 deltagare i SAF-salen på Blasieholmen och senare på Operaterrassen. Skälet till att det blev Operaterrassen var att Ulla inte tyckte att maten på Grand Hôtel höll SVIB-standard. Denna serie toppnoteringar stod sig ända fram till 1999 då AU 1-symposiet i Snekkersten slog alla tidigare rekord med över 140 deltagare. Det var således en efterlängtdad temadag som AU 3 genomförde på KTH den 24 maj under sin nye ordförande Tomas Odebrant.



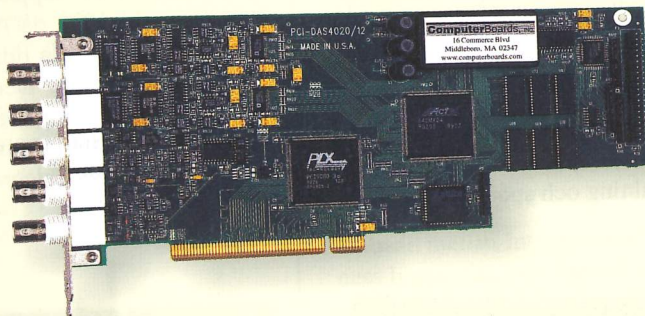
Tomas Odebrant, Ingemansson Technology AB, hälsade deltagarna välkomna och öppnade Temadagen med programpunkten Höghastighetståg på lerjordar och Presentation av Banverkets utredning "High Speed Lines on Soft Ground".

Olle Eklund, NCC, gör sig redo för dagens övningar:

Christian Madshus, NGI, Norges Geotekniske Institutt, inledde programmet med att tala om "Beräkningar av markens beteende vid kritisk hastighet". Han presenterade ett par beräkningsmodeller och några jämförelser med gjorda mätningar. Lite senare återkom han och redogjorde för ett par nya norska standarder samt för pågående standardiseringsarbete i Norge.

Snabbt mätkort från

ComputerBoards, INC.



PCI-DAS4020/12

4 analoga kanaler
20 MHz sampling

2 analoga utgångar
24 bits digital I/O

Besök gärna vår hemsida www.jor.se för ett komplett sortiment.

JOR
Measurement Technology

Huvudkontor Knivsta
Rubanksgatan 3
741 71 Knivsta
Tel 018-34 28 20
Fax 018-38 09 94

Regionkontor Göteborg
031-55 09 00

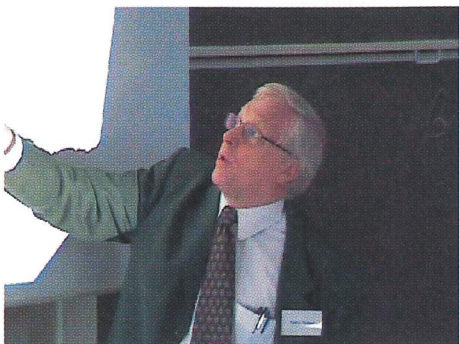
Regionkontor Skåne
0410-261 32



Christian Madshus, NGI



Bo Andréasson, Jacobson & Widmark, gjorde vad bilden föreställer. Han avrundade dagens första programpunkt med sitt anförande "Datoranalys av fenomen vid höga tåg hastigheter och föreslagna åtgärder i Ledsgård".

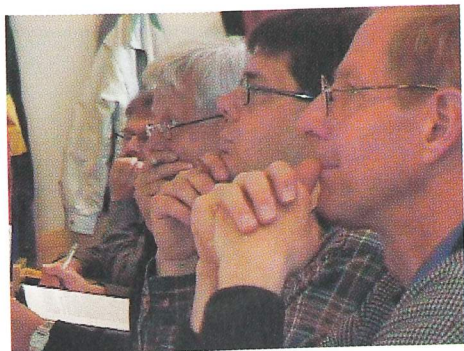


Därefter var det Anders Boda, KTH, tur att hålla det första av sina föredrag under rubriken Höghastighetståg "Markvibrationsmätningar i Ledsgård och Peppared". Efter kaffet återkom han och då fick han mig att åter tro på att det finns något bakom kröken i universum. Han visade med som han sa var ett mycket enkelt samband att ett höghastighetståg föreföll se geologiskt kortare ut än det var när det färdades med en hastighet som översteg vågutbredningshastigheten i marken. Fan tror't, tänkte jag, men beviset han anförde lät ju bestickande. Han sa att fördelen med att bli skjuten är att man slipper höra skottet. Presentation av pågående forskning på KTH inom AU 3s område var annars den odramatiska titeln på hans anförande.



Därefter tågade församlingen ut till kaffet.

Tomas Odebrant återkom med en redogörelse för ett pågående SBUF-projekt "Byggnadsskador orsakade av trafikvibrationer". Det visar sig efter vad jag har förstått av tidigare SBUF-projekt att alla hus spricker och går sönder oavsett var de står och vad som går utanför. Ibland händer det dock saker i husen helt plötsligt och då frågar sig den samlade expertisen: var det vibrationer som utlöste skadan eller kan det uteslutas att vibrationer kunde åstadkomma just den sortens skada?

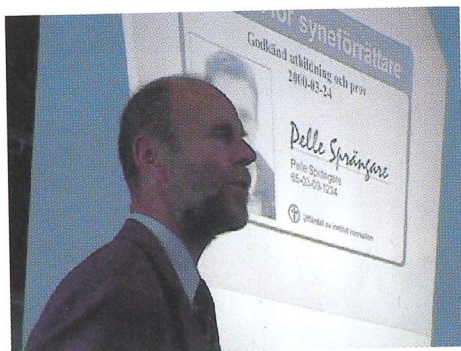


En skara koncentrerade åhörare med Göran Wallmark, Banverket, längst fram och Kjell Ahlin längst bort. Däremellan sitter bl a Jarl Olofsson, SP.

Nästa grupp föredrag hade rubriken: "Riktvärden, riskanalys och syneförrättning". Nu var det dags för "Nya svenska standarder samt pågående standardiseringsarbete - Uppföljning av tillämpning av standarder" med den förre AU 3-ordföranden Gösta Rundqvist, Nitro Consult, som föredragshållare. Det han hade att säga var kanske inte helt nytt förutom när det gällde standarden för vibrationsmätning i samband med pålning och spontning. Den byggde dock på samma metod som sprängstandarden och av kommentarerna att döma stod det klart att det nu är hög tid att ersätta metoden att addera avstånds-, byggnads- och markfaktorer med en frekvensvägning liknande den som används för att bedöma buller och vibrationers inverkan på människan.

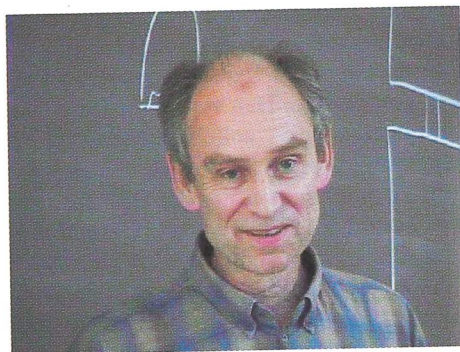
Henry Sandström, IFM Innovation i Stockholm, var förhindrad att komma, hans Ulla är svårt sjuk. "Förslaget till 'körkort' för syneförrättare grundat på utförda skaderegleringar och rättsfall" har blivit en av Henrys käpphästar. Han och hans medarbetare har länge verkat för att i

AU 3s regi få till stånd ett certifieringsförfarande som skulle underlätta för syneförrättare att legitimera sitt skrå och sin verksamhet. Nu tycks det som om alla tidigare supportrar, Byggtjänst och Bygginfo, hoppat av ISO 9000-tåget och då har Henry återkommit med sitt enklare förfarande att utfärda ett "Körkort för syneförrättare".



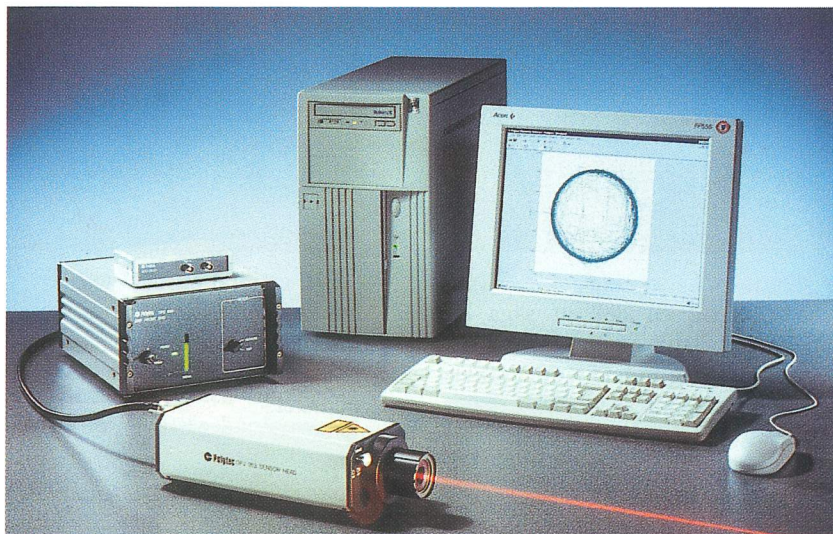
Gösta Rundqvist presenterade Henrys förslag till "Körkort för syneförrättare".

Efter lunch var det dags att gå igenom "Skaderisker vid tunneldrivning" Gösta Rundqvist inledde med att visa hur sprängstandarden användes.



Ulf Nyberg, SveBeFo, presenterade sedan sin och Stig Fjellborgs rapport "Bedömning av sprängskador i ortkontur".

Vibrationsmätning



utan accelerometrar!

Polytec digitala vibrometer, typ VDD-650

- För kalibrering av accelerometrar eller seismiska givare
- Lämplig för mätning inom mikromekanik
- Frekvensområde: 0 Hz – 2 MHz
- Högsta upplösning: 0,0002nm
- Mätning på avstånd från 0,2 till 200 meter med OFV-303
- Snabb och enkel uppställning (några minuter)
- Mjukvara i NT-miljö (även FFT och curve fitting för kalibrering av accelerometrar)

Vill Du veta mer?

Kontakta Alvetec. Vi kan mätteknik
och skickar Dig gärna vår kundtidning
Mätrologen med senaste nytt
inom mätteknik.

 **alvetec**

Alvetec AB

Box 5001, 141 05 Huddinge

Tel: 08-680 68 50. Fax: 08-680 03 90

E-mail: measure@alvetec.se



Ingvar Bogdanoff, Geo Flex AB i Göteborg, hade därtill en del att säga om "Vibrationsnivå intill sprängämnen vid tunneldrivning". Jag minns Kurt Sjökvist på sin tid på Byggtreprenörerna skämtsamt säga att det gäller att mäta vibrationer på tillräcklig långt avstånd för att värdena inte skulle bli för höga. Ingvar hörde nog inte det.

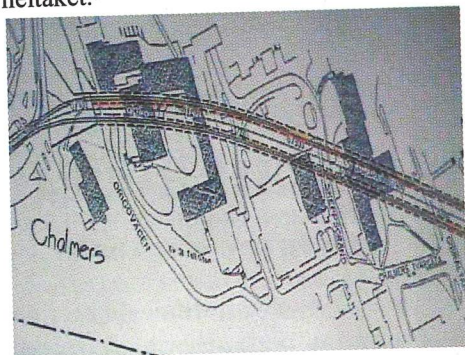


Clara Göransson lyssnar uppmärksamt bl a på Martin Almgrens föredragning om "Citytunneln i Malmö" - Martin är nu åter på KM Akustikbyrån, Göteborg - och Rikard Dahlströms föredrag om Södra Länken, i vilken Bergsäker Konsult AB, Stockholm, är engagerad.

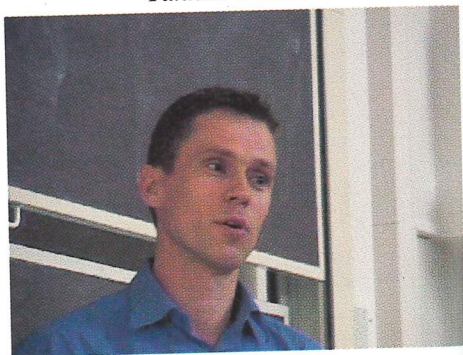
"Kringen", heter en spårvägstunnel under Göteborgs centrala delar. Hans Elvhammar, Ingemansson Technology AB, Göteborg, berättade hur man tvingats dimen-



sionera vibrationsdämpningen under skenor och räls för att inte störa pågående mikroteknikforskning på Chalmers och Sahlgrenska Sjukhuset strax ovanför tunneltaket.



Tunnlar i tiden



Erik Rudolphi, Ingemansson Technology AB, Stockholm berättade därefter om Arlandabanan och Kallhäll-Kungsängen.



17:20 "Tänk efter före". Sammanfattande diskussion om stomljudsproblemen vid tunnelbyggen leddes av Sten Ljunggren, KTH och Ingemansson Technology AB, Stockholm.

Alf Olsson

Drygt 60 intresserade åhörare hade mött upp för 16 intressanta föredrag om trafik-, mark- och byggnadsvibrationer.

Att döma av kommentarerna ansågs dagen mycket givande och alla deltagarna fick med sig en fullmatad pärm där alla föredrag redovisades. Några av föredragen publiceras dessutom i denna utgåva av SVIB-Nytt.

Tomas Odebrant
Ordförande AU 3

Ytterligare några fotografier följer här nedan.



Alf Olsson, Kjell Ahlin och Christian Madshus



I förgrunden: Susanne Hurtig och Hans Elvhammar, båda från Ingemansson Technology



Samling igen efter lunchen – i förgrunden Sten Ljunggren och Anders Bodare

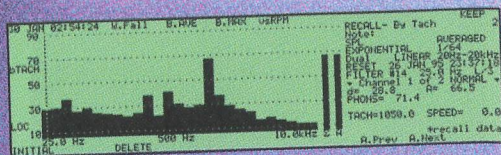
It Packs a Punch!

**Larson
Davis**

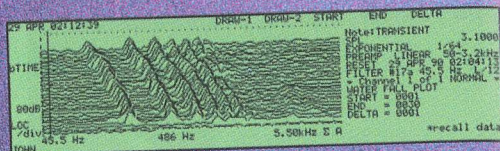
2900B



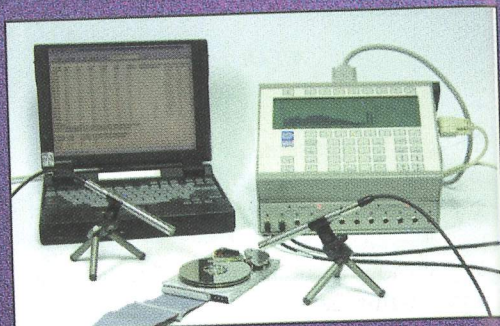
Frequency Analysis: The Model 2900B measures Normal, Min, Max, Leq, SEL, and Max Spectra simultaneously using 1/1, 1/3 octave digital filters or FFT to 800 line resolution with zoom capability. It also performs real-time dual channel analysis to 20 KHz using 100, 200, 400 line FFT and 1/3 octave filters. On top of all this the 2900B will also perform true dual channel sound level measurements exceeding international standards.



Transient Event Measurements: The 2900B can auto-store 1/1 and 1/3 octave spectra to memory as fast as they are produced from the processor. We refer to this as byTime autostore. Upon recall, you may choose to simply page through them one by one, bringing each to the screen under manual control. Or, you may select to examine them using the unique live waterfall display which sequentially draws the stored spectra, in slow motion, each overlaying the preceding ones, for dynamic visualization of the spectral changes in time. Or you may wish to examine the level versus time curve for any particular frequency, with easy scrolling forwards and backwards through the frequency bands.



Sound Intensity, Sound Power (Optional): Used with a Larson Davis Sound Intensity Probe, the Model 2900B provides real-time measurement and display of Sound Intensity, Sound Pressure Level, Particle Velocity and Quality. Sound Intensity can be a difficult measurement when the acoustic field is highly reactive. A large dynamic range is necessary and it is important that the Quality (intensity/SPL) of a measurement be examined in the field to determine to what degree the measurement being made is really an accurate representation of the sound intensity. The Model 2900B uses multiple field indicators for scanning and point methods, to calculate and display Quality. The Model 2900B also gives intensity in 1/3 octave or FFT format for optimal source mechanism identification, particularly with vibrating structures and machinery.



ACOUTRONIC

Box 1180, S-181 23 LIDINGÖ
SWEDEN

Tel 08-765 02 80, Fax 08-731 02 80

Temadag: Trafik-, mark- och byggnadsvibrationer

Christian Madshus, NGI, Norges Geotekniske Institutt, inledde programmet på Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm den 24 maj 2000 med att berätta om sin och A.M Kaynias "Beräkningar av markens beteende vid kritisk hastighet". Han presenterade ett par beräkningsmodeller och några jämförelser med gjorda mätningar. Artikeln återges här men åtföljs inte av avsnitten ACKNOWLEDGEMENTS och REFERENCES.

High speed train lines on soft ground: Modelling ground response at critical speed – comparison between prediction models and actual measurements

Development of high-speed train lines grows rapidly throughout Europe, the far East and North America. Train speeds have increased from 200 km/h to more than 300 km/h and the speed record on railed track exceeds 500 km/h. Demands on high train speed and short travel time calls for straight lines which makes the necessity of crossing soft soil areas unavoidable. Peat, organic clays and soft marine clays may have shear wave velocity as low as 40 to 50 m/s. Problems with high-speed trains, and even with trains at traditional speeds should therefore be expected to an increasing amount. Observations by railway companies in France, Germany, Swiss, Holland and Great-Britain of substantial increase in the vertical movements in the track as the train speed approaches the Rayleigh wave speed in the ground, have been referenced in Dieterman & Metrikine (1997) and Wolfert et al. (1997). Unfortunately, data from the observations, analyses and validated predictions have so far hardly been made available in the literature.

Various calculation models have been proposed for the prediction of ground

response from moving loads (Aubry et al. 1994, Krylov 1995, Dieterman & Metrikine 1997). Dieterman & Metrikine modelled the track as a beam on a halfspace and solved the problem by the application of Fourier transform in space and time. Lieb & Sudret (1998) followed the same methodology and implemented an efficient algorithm using the wavelet transform. These studies have revealed that, in addition to the previously known resonant condition corresponding to the load speed matching the Rayleigh wave velocity of the ground, there exists another critical speed for the moving load.

A recent test-run programme performed by Banverket at a site in southern Sweden, where the critical speed problem was encountered, has provided a unique opportunity to measure the response of the rail/embankment/ground system. The data has been analysed, dynamic properties of the site have been investigated, a computer code developed, validated and used for further predictions and physical interpretation of the phenomenon.

TEST RUNS AND SITE INVESTIGATIONS

The Swedish National Rail Administration (Banverket) opened service with the X-2000 high speed train along their West Coast Line between Göteborg and Malmö early in 1997. Shortly after starting the service, excessive vibrations of the railway embankment, surrounding soil and overhead power-line pylons were detected at several soft soil locations during train passage at speeds around 200 km/h. Questions were raised about the running safety of the trains, degradation of the supporting soil, distortion of the embankment, fatigue failure in the rails, disruption of power supply to the trains and disturbing vibrations in the surroundings. As an immediate action, the train speed was reduced at the soft soil locations, and investigations were started to diagnose the problem, quantify its extent and find solutions.

As part of these investigations, extensive measurements of the dynamic response of the rail, embankment and soil were made at a selected site during the fall of 1997 using a host of sensors including accelerometers, seismometers and electronic displacement sensors. An X-2000 passenger train consisting of engine and four cars was used for the tests. A total of 20 test runs were made with train speeds ranging from 10 km/h to 202 km/h. Results of these measurements are presented in another paper to this conference (Andréasson et al. 1999).

The properties of soil and embankment materials at the site were thoroughly mapped. Penetration testing and sampling

was used to determine the soil layering, classify the soil types and resolve key parameters. Cross-hole, down hole (Woods 1994) and SASW (Spectral Analyses of Surface Waves) seismic methods (Stokoe et al. 1994) were used for in-situ determination of wave velocities in the soil and embankment. In addition dynamic (cyclic) triaxial tests with piezo-bender velocity measurements included, were performed on undisturbed samples from the site (Dyvik & Madshus 1985, Andersen et al. 1988).

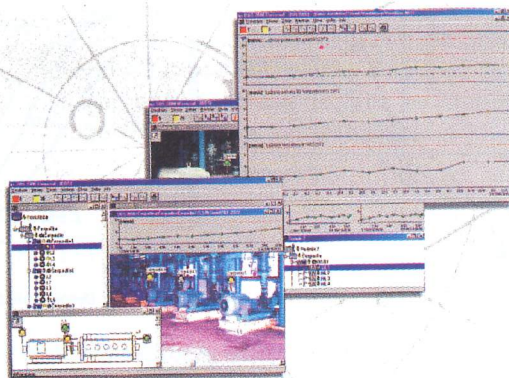
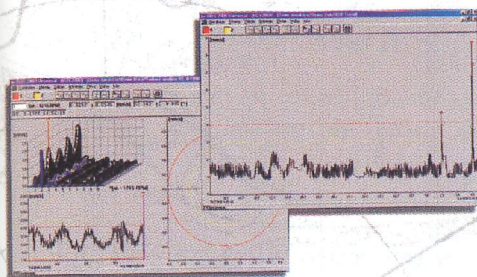
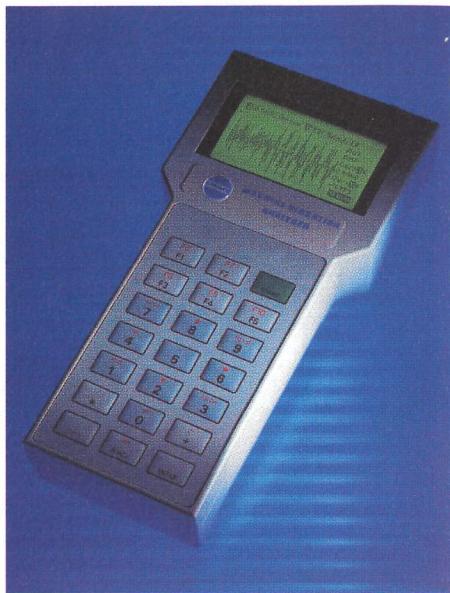
Figure 1 summarises the established mass density, shear wave velocity, compressional wave velocity and damping versus depth for the site (solid lines). One should particularly observe the soft layer of organic clay with a shear wave velocity about 40 m/s. The embankment is about 1.4 m thick, made of crushed rock ballast, gravel and sand.

Analyses of recorded train-induced displacements revealed that dynamic strains in the ground and embankment for high speed train passages were so high that the materials behave non-linearly. Figure 2a shows a typical non-linear hysteresis loop for a soil material. In this project an equivalent linear approach was used, where the real hysteretic behaviour is approximated by introducing a reduced secant shear modulus and an increased hysteretic damping. Dynamic triaxial laboratory tests were used to determine the modulus reduction and damping increase as function of the strain-level for the materials. Figures 2b and 2c plot the determined modulus reduction and damping curves for the soil and ballast



VIBRATIONSTEKNIK AB

RONDSYSTEM



PRISVÄRT!
MODULÄRT!
KOMPETENT!
ÖPPET!

Starta med totalnivå+lagerkondition bygg ut
med FFT, lagerdata bas, EX och on-line.

Stöder SQL, ODBC etc.

VIBRATIONSTEKNIK AB
Bråddgatan 9
S-602 22 NORRKÖPING

Telefon:
011-16 62 10

Telefax:
011-16 62 20

Org.nr:
556451-0690

Bankgiro:
138-2340

Postgiro:
10 48 05-7

materials. By using these curves and strains estimated from the measured displacements during the train passages, best

estimate equivalent linear material parameters have been determined, as also plotted in Figure 1 (dotted lines).

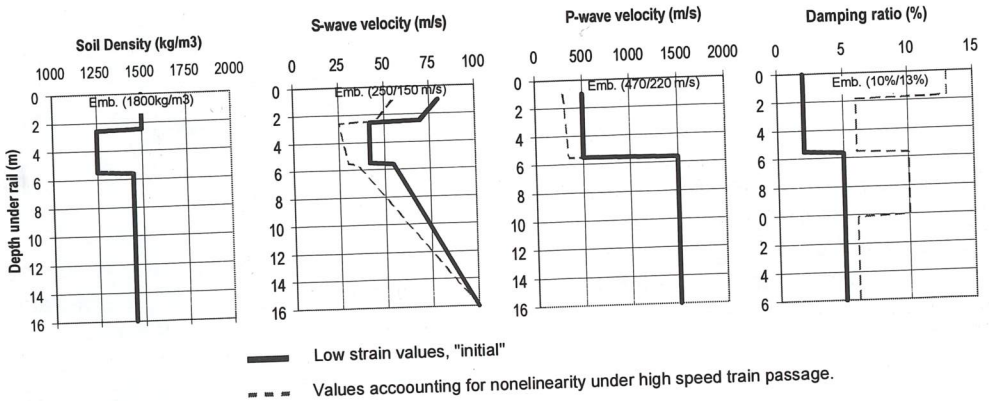


Figure 1. Dynamic soil parameters for test site

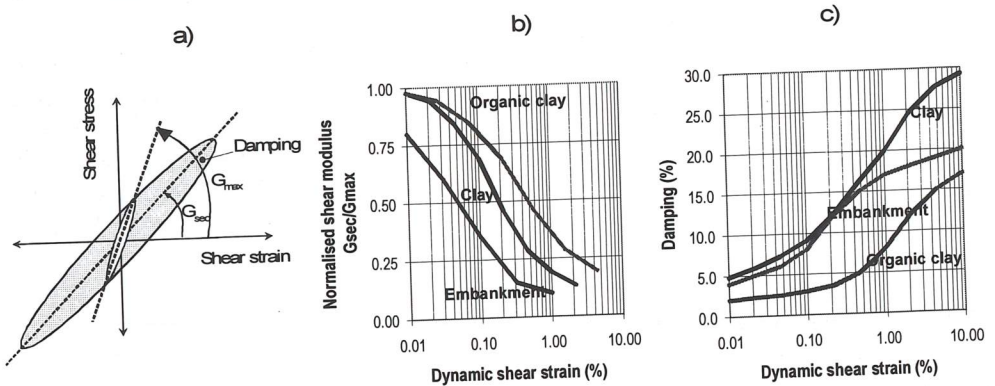


Figure 2. Nonlinearity of soil and embankment materials; equivalent linear approach

SIMULATION MODEL

A computer program, *VibTrain*, has been developed to simulate and analyse the response of rail/embankment/ground-systems to high speed train passage. The program is based on sub-structuring, whereby the ground is represented by

discrete Green's functions for layered half-space (Kausel & Roesset 1981), and the rail/embankment-system is represented as a beam by finite elements. The two systems are connected through a series of coupling points along the ground surface under the embankment, where

compatibility in vertical displacement and stress are enforced. The Green's functions are used to derive a dynamic flexibility matrix for the coupling points at the ground surface. This is inverted to a stiffness matrix and added to the stiffness matrix of the rail/embankment system. The train loads are applied in the nodal points of the beam, which coincides with the sleeper positions. The train motion is obtained by appropriately delaying the loads from point to point according to the train speed. To avoid the unnecessary extra computational efforts due to high frequencies, the bridging effect from the rails is inherently accounted for in the load application by smoothly distributing each bogie load over a 6 m span. All computations are made in the frequency domain. Response time-histories are obtained by an inverse Fourier transformation. See Kaynia et al. (1998) for more detailed account of the model.

OBSERVED BEHAVIOUR AND SIMULATIONS

Figures 3b and 3c present examples of recorded time histories of vertical dis-

placement. Plot b is from a southbound train at 70 km/h, while c is from one northbound at 202 km/h. To make the traces more easily comparable they are all plotted along a common space axis, converted from time axis through multiplication by the train speed. The following important observations can be made from these plots and corresponding plots from the rest of the recorded train passages (not presented here): (a) The displacements increase remarkably with train speed above a certain value. (b)

For train speeds below about 70 km/h the displacements appear as quasi-static. They are always directed downwards, are a "mirror image" of the axle loads and do not change with the train speed. The displacement pattern is symmetrical in time, except for the small non-symmetry in the train load pattern. (c) For higher train speeds, displacements are both upwards and downwards. The displacement pattern is nonsymmetrical in time with hardly any displacements ahead of the train but with a tail of free oscillation following after the train. (forts sid 20)

Följande avhandlingar presenteras på KTH i juni:

Some Dynamic Properties of Honeycomb Structures

av Eva Nilsson - tisdag 13 juni, Sal 74, MWL

Förhållsledare: Prof R G White, University of Southampton, England

Vibration Transmission in Plate Structures. Special application to train car bodies

av Romain Haettel - onsdag 14 juni, Sal D1, Lindstedtsvägen 5

Opponent: Prof R G White, University of Southampton, England

Prediction of Sound Radiation from Vibrating Slender Bodies by Efficient Integral Methods

av Fredrik Grönberg - torsdag 15 juni, Kollegiesalen, Valhallavägen 79

Opponent: Prof Ulf Kristiansen

Studies of barriers and the influence of soft edge, shape and wind (licentiate seminar)

av Lars Nordin - torsdag 15 juni, MWL, Teknikringen 8

Ny FFT-analysator från Oros

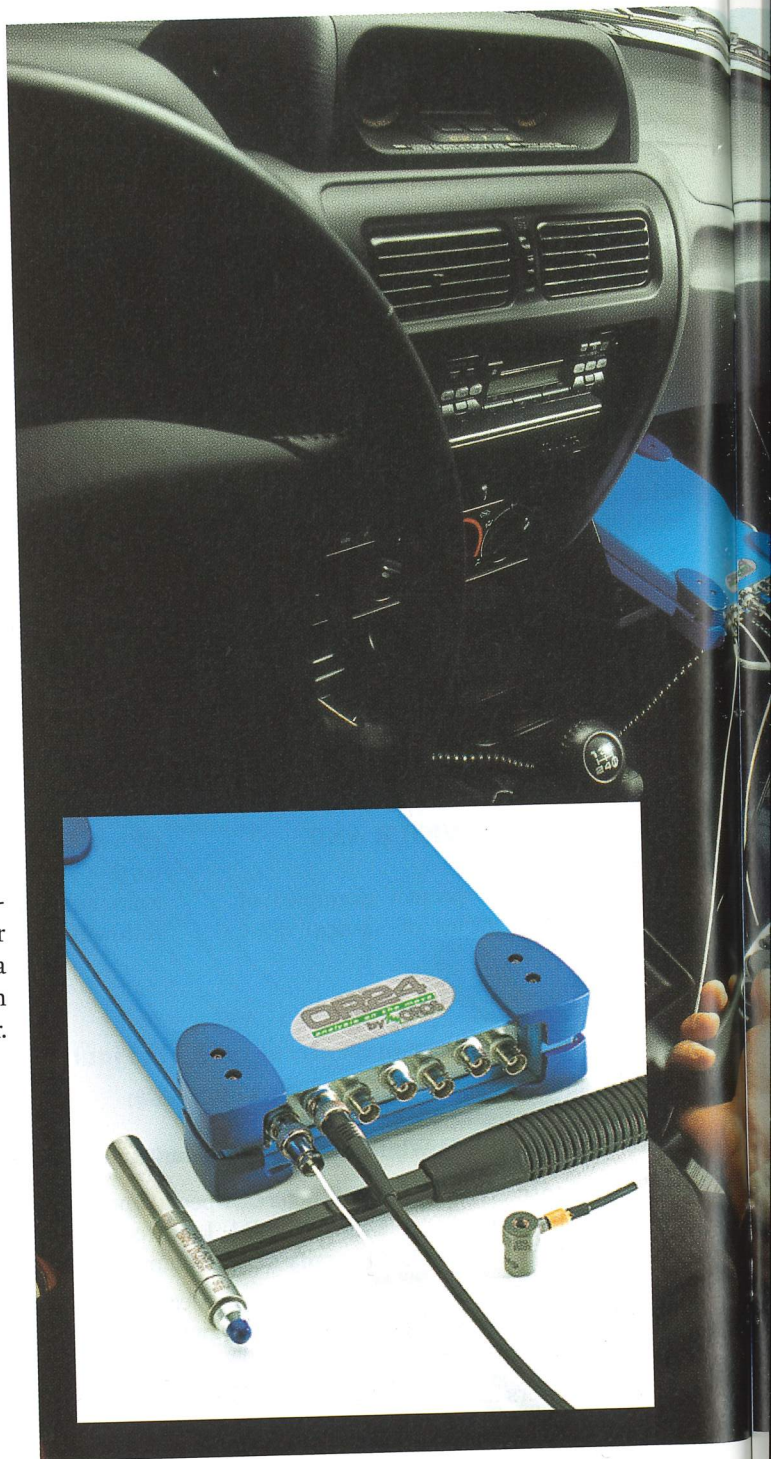
OR24 är en robust och stryktålig FFT-analysator där största vikt lagts på att göra den extremt robust och portabel.

- 4 kanaler med signalkonditionering för mikrofoner och accelerometrar
- Realtidsanalys upp till 20 kHz bandbredd
- Snabb PC-card anslutning till laptop-dator med Windows (95/98/NT/2000)
- Mjukvara för FFT, 1/n oktav, order tracking och inspelning
- Vikt: 2 kg
Storlek: upptar en yta som ett A5-dokument

OR24 är idealisk för ljud- och vibrationsspecialister som skall kunna mäta på olika platser och därför kräver en portabel och robust analysator.

Programvara finns för:

1. Vibration
2. Akustik
3. Diagnostik
4. NVH





Kontakta oss...

så kan vi ge dig råd till en lämplig utrustning för just ditt mätbehov. Vi har ett brett sortiment för mätning/provning av ljud och vibration bl a:

- givare
- laddningsförstärkare
- kalibratorer
- impulshammare
- FFT-analysatorer
- mätbandspelare
- PC-baserade mätsystem
- vibratorer
- vibrationskontrollsystem

På Internet

Besök vår hemsida:

www.saven.se

Där får du fortlöpande information om våra produkter.

SAVEN

Test

Mät

Opto

SAVEN TEST & MÄT AB

TEL 08-473 50 00

E-MAIL info@saven.se

www.saven.se

FINLAND

TEL +358 9 72 55 49 60

E-MAIL info@saven.fi

NORGE

TEL +47 33 05 66 88

E-MAIL info@saven.no

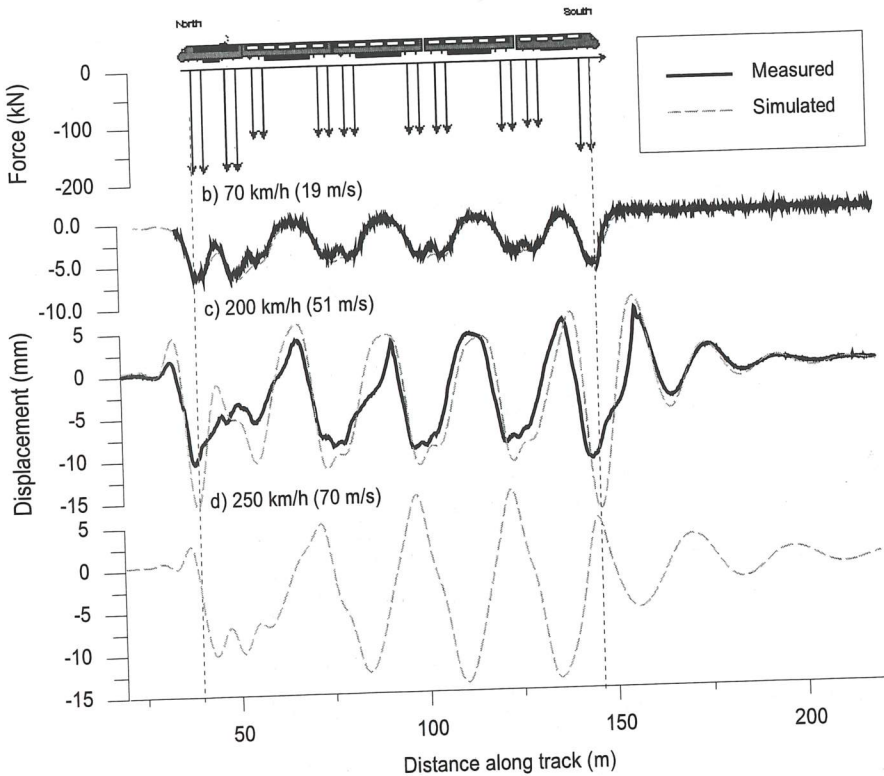


Figure 3. Train geometry and loads : measured and simulated vertical displacement response

Figure 4 is a summary of downward and upward displacement peaks from all recorded train passages, plotted versus train speed. A thorough analyses of the recorded data reveal that the displacement pattern, both at the embankment and in the ground can be decomposed into two fields: (1) A quasi-static displacement field, whose corresponding stress field is in static equilibrium with the surface loads from the train. This field moves with the train, and its pattern and amplitudes does not change with the train speed. The field contains only downward motions. (2) A dynamic displacement field associated mainly with Rayleigh waves in the rail/embankment/ground system. The corresponding stresses are internally in dynamic equilibrium without

any additional surface loads. This field has equal upward and downward displacement amplitudes. The propagation speed of this field in the direction of the train motion is identical to the train speed.

Figure 4 also plots the amplitude of the isolated dynamic embankment displacements versus train speed. The figure indicates that for this test site, a speed of about 70 km/h appears as a "cut-off speed" under which no waves are generated. Above 70 km/h, waves are generated and their dynamic amplification increase rapidly for increased train speed. 202 km/h was the highest speed reached during the tests. The trend indicates that the displacements may still increase with train speed.

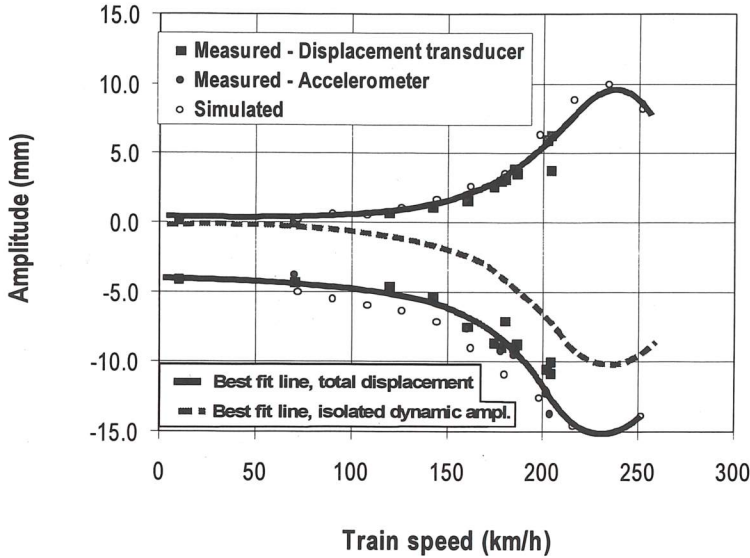


Figure 4. Displacement amplitude versus train speed: Measured and simulated

Figures 3b, 3c and 3d also display the *VibTrain*-computed vertical displacement response time-history for trains at 70, 185 and 252 km/h. For the first two train speeds actual measurements were made during the tests with X-2000 (shown in bold line). The good agreement which can be observed between computation and measurement, where all main features are reproduced, gives confidence in the numerical model. The 252 km/h case is an example of pure prediction for higher speed than could be reached during the tests. Figure 4 plots the computed upward and downward displacement amplitudes versus train speed together with the measured values. The good agreement is confirmed for all train speeds. According to the numerical predictions, the response will have a maximum for train speed of about 235 km/h, and decrease for further

increase in the speed. 235 km/h appears the most critical speed for this train at the test site.

It should be observed that for train speeds below critical, the downward displacement peaks roughly coincide with the instantaneous position of the train bogies. For speed above critical, the vertical displacements appear about 180° out of phase with the bogie-loads towards the end of the train, where a "resonance like" condition is developed. Indications on such behaviour have been observed at the uniform clay site close to the test site. When close to critical speed, bogie loads are about 90° ahead of the downward displacement peaks. Displacements out of phase with the loads may have large effect on the dynamic interaction between train and rail/embankment, may affect

***Piezoelectric sensors, capacitive sensors,
and signal conditioners for acceleration,
acoustics, actuation, force, pressure, shock,
strain, and vibration measurements.***

PCB SCANDINAVIA AB

*Nya PCB-katalogen har kommit
Ring / Faxe för vidare information.*

- Sthlm: 08-731 02 90 Torbjörn Kloow
- Gbg: 031-21 50 77 Janos Ribarits

STOCK SENSOR SPECIFICATIONS
STOCK CABLES AND ACCESSORIES

PCB SCANDINAVIA AB

Box 1180

SE-18123 Lidingö - Sweden

Tel: +46-8-731 02 90 Fax: +46-8-731 02 80

www.pcbscandinavia.se

SHOCK AND
VIBRATION
ACCELEROMETERS



INDUSTRIAL
VIBRATION
SENSORS



CAPACITIVE (DC)
ACCELEROMETERS



PIEZOELECTRIC
ACTUATORS



LOW COST, OEM
ACCELEROMETERS



MODAL AND
ACOUSTIC
ANALYSIS SYSTEMS



DYNAMIC
PRESSURE AND
FORCE SENSORS



SENSOR
SIGNAL
CONDITIONERS



ISO 9001 CERTIFIED

PCB PIEZOTRONICS INC.

rolling resistance and generation of ground vibrations.

PHYSICAL INTERPRETATION

The rail/embankment/ground response to high speed trains is easier to understand when viewed in the frequency-wave number (ω - k) domain. Here the response $R(\omega, k)$ can be expressed as the product $R(\omega, k) = H(\omega, k) \cdot P(\omega, k)$, where $H(\omega, k)$ is a site specific dynamic transfer function and $P(\omega, k)$ is the train load excitation.

Figure 5a illustrates the magnitude of $H(\omega, k)$ for the actual test site in a 3-D plot. The ridge in ω - k space (dotted curve) which forms the locus where $H(\omega, k)$, and thus the dynamic amplification has its highest values, follows the dispersion curve for the first Rayleigh mode of the soil/embankment profile of the test site. The steepest tangent through the origin to the dispersion curve defines the slowest Rayleigh wave and its wavelength, its phase velocity is 51 m/s. The hatched region in the upper left part of the ω - k -plane is the quasi-static region where moving loads will not set up waves. The border between this region and the "dynamic region" is the locus of the cut off speeds.

The train load excitation function $P(\omega, k)$ is formed from the Fourier transform, $P(k)$, of the load sequence $p(x)$, shown in Figure 3. When the train moves at speed S , then $P(\omega, k) = P(k) \cdot \delta(k - \omega/S)$, where δ is the Dirac Delta function. Figure 5b illustrates $P(\omega, k)$ for the X-2000 train at some speeds. The marked peaks in the function correspond to wave lengths equal

to the main load distances in the train, i.e. bogie distances, etc. Other trains will have their peaks at other places.

Figure 5c illustrates the multiplication of $P(\omega, k)$ and $H(\omega, k)$ to form $R(\omega, k)$ for different train speeds. As seen, $R(\omega, k)$ does only get contribution along one line. It can be observed that for train speeds below 70 km/h no dynamic amplification takes place. For increased speed, the first and then the second peak in $P(\omega, k)$ start to gain amplification. The response has a maximum for about 235 km/h (65 m/s) where the first peak in $P(\omega, k)$ nearly coincides with the peak in $H(\omega, k)$. Further increase in the train speed will reduce dynamic amplification and response. More details is found in Madshus and Kaynia (1998).

Figure 5 illustrates one important feature: A given site does not have one unique critical speed. Which speed is the most critical depends on the characteristic bogie and axle distances of the train, and may therefore vary among different trains. For example, observe that for the X-2000 train and the actual test site in Figure 5c, the lowest Rayleigh wave phase velocity, 51 m/s, is not the critical speed, since it does not lead to a coincidence between peaks in $H(\omega, k)$ and $P(\omega, k)$.

COUNTERMEASURE

An important issue in this problem is the design of a counter vibration scheme. Two potential solutions can be envisaged: i) strengthening the ground under the embankment, and ii) stiffening the embankment. Strengthening of ground can be achieved by a variety of techniques,

including use of lime-cement piles. Stiffening of embankment, on the other hand, can be realized by either installing a concrete slab under the embankment or replacing the embankment by a concrete box girder if a larger stiffness is required. The effectiveness of the latter approach for the Ledsgård test site was investigated with the help of the developed simulation model *VibTrain* (Kaynia et al. 2000). To this end, two embankment alternatives with bending rigidities $EI = 800 \text{ MNm}^2$ (medium-stiffness) and $EI = 4000 \text{ MNm}^2$ (high-stiffness) were selected and the (medium-stiffness) and $EI = 4000 \text{ MNm}^2$ (high-stiffness) were selected and the results were compared with that of the existing embankment ($EI = 80 \text{ MNm}^2$).

These alternatives may roughly represent a 0.4m thick concrete plate under the embankment and a 1.2m high concrete box girder as the main body of embankment.

This study revealed that the for low train speeds, the high-stiffness embankment case may reduce the peak deformations by only about 30%. The effectiveness of stiffening, however, improves as the train speed increases. The simulations showed that for a speed of about 60 m/s (216 km/h) a reduction of about 30% for the medium-stiffness embankment and 60% for the high-stiffness embankment might be achieved.

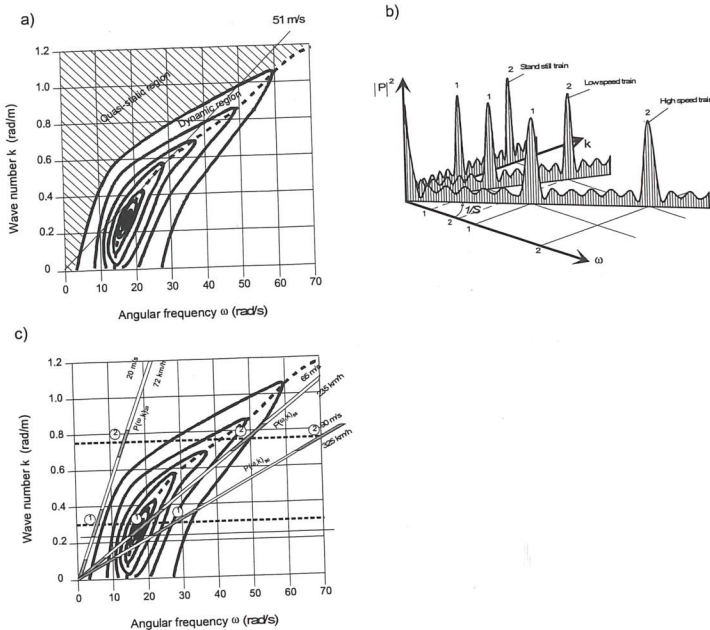


Figure 5. Response calculation in the frequency-wave number domain

GYLLENE SNITTET

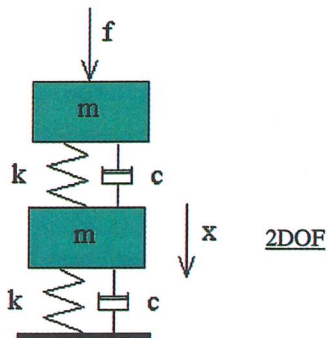
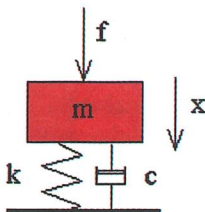
1DOF-svängare (SVIB-emblemet) sällar sig till pyramider, spiralsnäckor, kaniner (Fibonacci-serien), femuddiga regelbundna stjärnor och andra kuriositeter som uppfyller det estetiska förhållande som definieras av "Gyllene snittet".

Genom att placera 2 st lika 1DOF-svängare ovanpå varandra fås ett system med 2 st egenfrekvenser vars geometriska medie är ω_{00} (= egenfrekvens för 1DOF)

och vars relationer till ω_{00} är den gyllene kvoten.

$$\omega_{01} := \frac{\sqrt{5}-1}{2} \cdot \omega_{00} \quad \omega_{02} := \frac{\sqrt{5}+1}{2} \cdot \omega_{00}$$

1DOF
[här $\omega_{00} = 1$]
[$m = k = 1$]



Determinant:
2DOF system

$$\det \begin{bmatrix} 1 - \omega_0^2 & -1 \\ -1 & 2 - \omega_0^2 \end{bmatrix} := 0 \quad \omega_0^4 - 3\omega_0^2 + 1 := 0$$

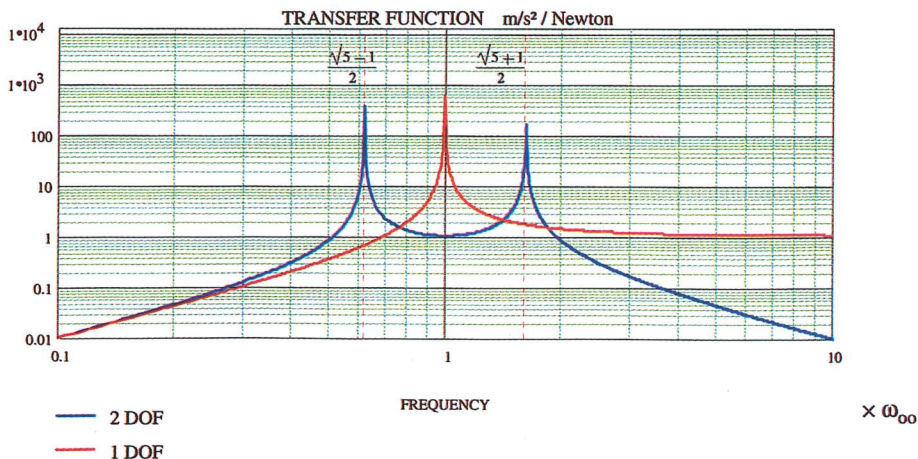
Eigenvalues:

$$\omega_{01}^2 := \frac{3}{2} - \frac{\sqrt{5}}{2} \quad \omega_{02}^2 := \frac{3}{2} + \frac{\sqrt{5}}{2}$$

Eigenfrequencies

$$\omega_{01} := \frac{\sqrt{5}-1}{2} - \frac{1}{2} \quad \omega_{01}^2 := \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2} - \frac{1}{2} \right)^2 \quad \omega_{01}^2 := \frac{3}{2} - \frac{\sqrt{5}}{2}$$

$$\omega_{02} := \frac{\sqrt{5}+1}{2} + \frac{1}{2} \quad \omega_{02}^2 := \left(\frac{\sqrt{5}+1}{2} + \frac{1}{2} \right)^2 \quad \omega_{02}^2 := \frac{3}{2} + \frac{\sqrt{5}}{2}$$



Datoranalys av fenomen vid höga tåghastigheter och föreslagna åtgärder i Ledsgård

Bo Andréasson, J&W, Göteborg

Inledning

Våren 1997 observerades mycket kraftiga markvibrationer på ett par avsnitt av Västkustbanan mellan Göteborg och Kungälv. Detta initierade ett omfattande FoU-arbete i Banverkets regi med bl.a. mycket omfattande mätningar i fält. Inom detta FoU-arbete har nu metoder utvecklats för analys av fenomenet så att förståelsen i dag kan betecknas som god. På det mest utredda/studerade problemavsnittet, Ledsgård, strax norr om Kungälv, har J&W på uppdrag av Banverket, Västra Banregionen, utarbetat bygghandlingar för åtgärdande av problemet. Dessa åtgärder kommer till utförande sommaren 2000. I denna artikel redovisas utförda analyser med finita differensprogrammen FLAC/FLAC3D. Dessutom beskrivs de åtgärder som nu föreslås i Ledsgård samt några andra möjliga åtgärdsmetoder. Liknande fenomen har observerats och studerats utomlands på senare år och ett betydande nordiskt och internationellt samarbete har etablerats.

Analys av höghastighetsfenomenet

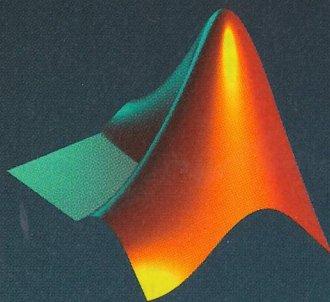
Allmänt

Fenomenet rörlig last på undergrund av lös jord är teoretiskt sett ett synnerligen komplext problem. Inom nämnda FoU-projektet har ingående teoretiska studier utförts av Anders Bodare vid KTH (Banverket, 1999). Lyckligtvis låter sig fenomenet studeras även med enklare verktyg. Inom projektet har fenomenet sålunda studerats enligt:

- balk på fjädrande bädd
- med programmet VibTrain (NGI) samt med programmen FLAC och FLAC3D (J&W).

Här redovisas kortfattat analys enligt analogin med balk på fjädrande bädd och med FLAC/FLAC3D. Analys med programmet VibTrain beskrivs i Banverket, 1999 och Christian Madshus och A.M. Kaynia, 1999.

MATLAB® - allt du kan önska för tekniska beräkningar



Visualisering av vibrationstillståndet hos ett membran i MATLAB.

Ingenjörer och forskare världen över använder MATLAB för tekniska beräkningar, visualisering och programmering. Med över 400 000 användare är MATLAB ett väletablerat verktyg som blivit standard inom både universitet och industri.

MATLAB utgör en plattform för allt från dataanalys till programutveckling.

Tillämpningar återfinns bl.a. inom bilindustrin, telekom, flygindustrin, elkraftindustrin och utbildning.

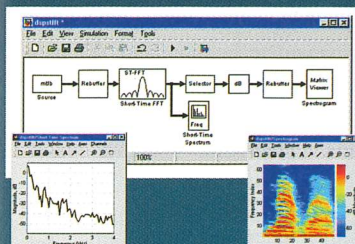
MATLAB ger dig

- en interaktiv och kraftfull miljö för tekniska beräkningar

- lättillgänglig grafik i 2D och 3D
- en miljö för programutveckling med matematiskt högnivåspråk
 - debugger
 - profileringsverktyg
 - verktyg för att bygga grafiska användargränssnitt
- och mycket mer...

Data Acquisition Toolbox

Data Acquisition Toolbox gör det möjligt att koppla samman MATLAB med I/O-kort för datainsamling. Därmed ges du tillgång till data från givare, sensorer och andra mätinstrument direkt i MATLAB. En unik miljö för analys och datainsamling.



Spektralskattning med korttidsfouriertransform i MATLAB och Simulink.

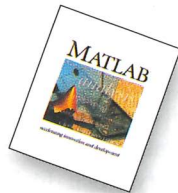
Beställ gratis MATLAB info-paket nu!

Ring oss

08-412 95 00

eller besök

www.comsol.se/info



COMSOL AB

Tegnérsgatan 23

111 40 Stockholm

Tel: 08-412 95 00 • Fax: 08-412 95 10

E-mail: info@comsol.se • Web: www.comsol.se

Balk på fjädrande bädd

Ett uttryck för beräkning av kritisk hastighet för en balk (Euler-Bernoulli-balk) på fjädrande bädd, v_{cr} , presenterades redan 1954 (Kenney, 1954) :

$$v_{cr} = \sqrt[4]{\frac{4kEI}{\rho^2}}$$

där k = fjäderkonstant per meter balk (bäddmodul)
 E = elasticitetsmodul hos balk
 I = tröghetsmoment hos balk och
 ρ = massa per längdmeter balk.

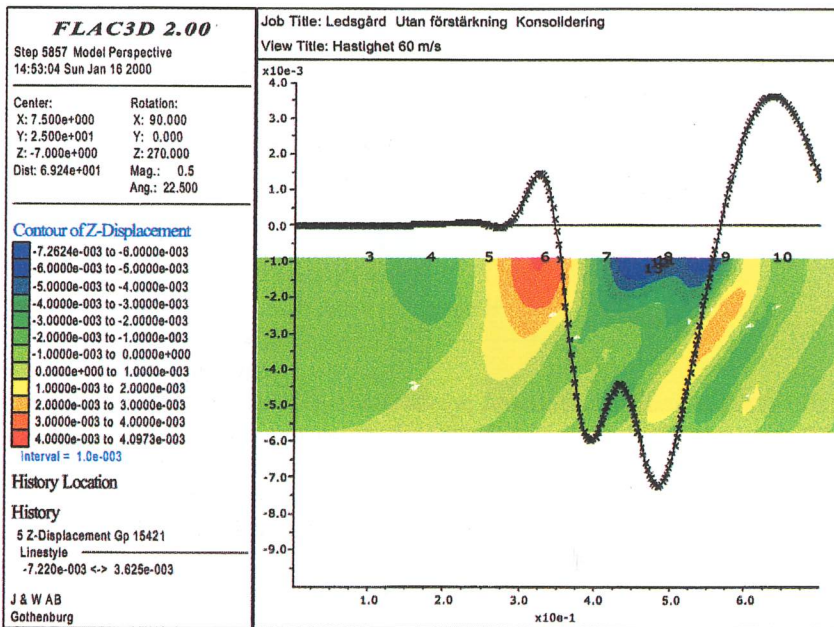
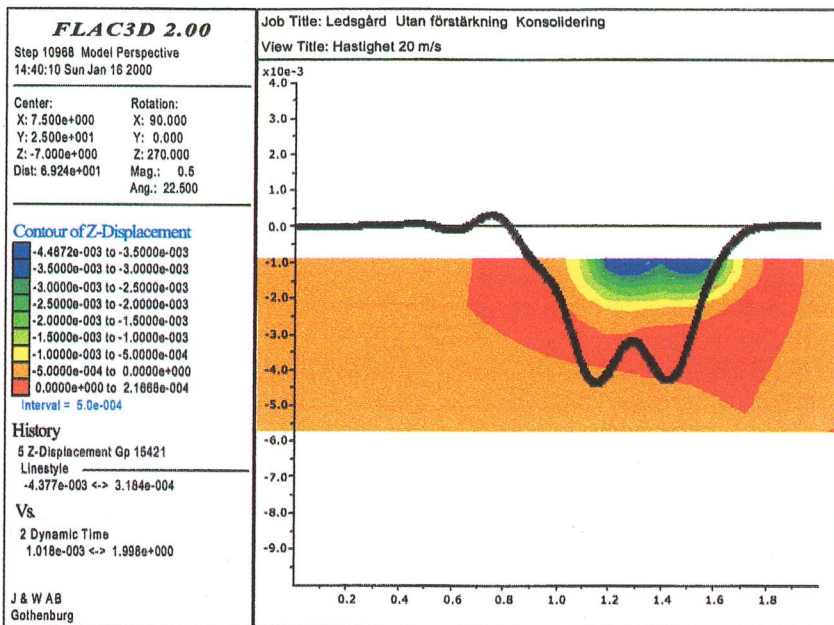
FLAC och FLAC3D analys av tågtrafik

FLAC och FLAC3D är två- resp. tredimensionella finita differensprogram för analys av statiska och dynamiska problem. 3D-programmet har visat sig fungera mycket väl då det gäller analys av det aktuella höghastighetsfenomenet. FLAC-programmen är i grunden dynamiska och den statiska lösningen utgör ett specialfall av den dynamiska lösningen. FLAC (2D) kan användas för att ge information om vid vilken hastighet fenomenet uppträder men ger ej korrekt information om fenomenet i närheten av kritisk hastighet.

Vid FLAC-analyser modelleras järnvägsbanken och undergrunden med ett finit elementnät. Lasten appliceras på modellens överyta och förflyttas längs banken.

Påförd belastning approximeras exempelvis som en cosinus-fördelad last på en viss sträcka representerande exempelvis en boggi (två axlar). Hela tågsetet, med alla individuella axlar, kan modelleras. Detta är en krävande (och lite akademisk) beräkning.

Resultatet av två FLAC3D-beräkningar redovisas i figur 1. Modellen är 50x15x15 m³ och antalet element ca 23 000. Lasten utgörs av två boggier (axelpar) över koppe. Figuren visar vertikalförskjutning på överytan (markytan, med symmetri-linje genom spårmit) vid hastigheterna 20 och 60 m/s, motsvarande hastighet långt under och i närheten av den kritiska hastigheten. Figuren visar också förskjutningshistorien (förskjutning i mm och tid i sekunder) i en punkt längs järnvägslinjen (registreringspunkt 5). Jordmodellen representerar Ledsgårdsförhållanden. Vid låg hastighet 20 m/s (72 km/tim) är förskjutningen ca 4 mm vertikalt nedåt med viss hävning framför lasten. Vid 60 m/s (216 km/tim) är vertikalförskjutningen drygt 7 mm nedåt och 4 mm uppåt med kraftig "svans" (fortsatta rörelser efter passage av last). Detta är i god överensstämmelse med uppmätta förskjutningar in-situ. Vid hög hastighet uppträder det mycket typiska plogformade förskjutningsmönstret på markytan. Notera att stora rörelser uppträder långt utanför banvallen vid höga hastigheter. Dessa rörelser har också noterats vid mätningarna på plats.

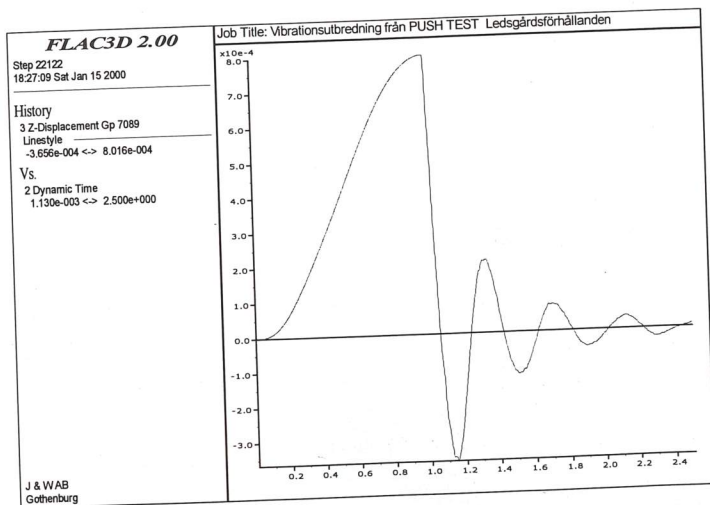


Figur 1. Resultat av FLAC3D-beräkningar representerande Ledsgård, hastighet 20 resp. 60 m/s. Vertikaldeformationer på markyta och förskjutningshistoria i punkt 5. Last av två boggier.

FLAC3D för simulerad provbelastning av bank

FLAC3D-programmet kan också användas för ett simulerat dynamiskt belastningsförsök på banvallen. Hypotesen är att man med hjälp av ett dylikt försök kan bestämma ett flertal av de parametrar som styr höghastighetsfenomenet. "Belastningsförsöket" går till så att en långsam, i princip statisk belastning, påförs banvallen för att vid en viss tidpunkt snabbt av-

lägsnas. Banvallen kommer då att komma i svängning med en frekvens som motsvarar dess egenfrekvens. En vågrörelse kommer att fortplantas längs banvallen med en hastighet som motsvarar den "kritiska hastigheten" och svängningsförloppet avklingande förlopp ger information om dämpningen (och förstöringseffekter) i systemet. Resultatet av en dylik "provbekastning" för Ledsgårdsförhållanden redovisas i figur 2.



Figur 2. Resultat av simulerad dynamisk provbelastning av järnvägsbank i Ledsgård. "Registrerad" förskjutning i belastningspunkten som funktion av tiden.

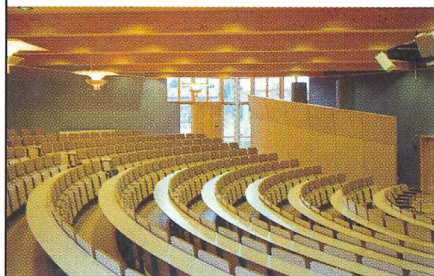
Det avklingande förloppet efter borttagande av belastningen efter 1 sek ger egenfrekvensen 2,6 Hz och dämpningen ca 17%. Genom att följa den resulterande vågrörelsen längs den 50 m långa modellen av järnvägsbanken kan utbredningshastigheten bestämmas. Vid denna simu-

lering erhöles hastigheten 65-70 m/s. Samtliga dessa resultat är i mycket god överensstämmelse med resultaten från de verkliga testkörningarna: $f_n=2,7$ Hz, $D=19\%$ och kritisk hastighet uppskattad till ca 65 m/s (från andra analyser).

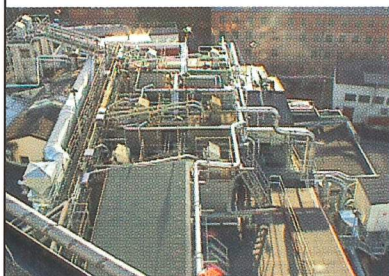


HELTÄCKANDE AKUSTIK-, BULLER OCH VIBRATIONS- KONSULT MED FYRA BASOMRÅDEN

RUMSAKUSTIK BYGGNADS- AKUSTIK VIBRATIONER



INDUSTRI ARBETSMILJÖ EXTERNBULLER

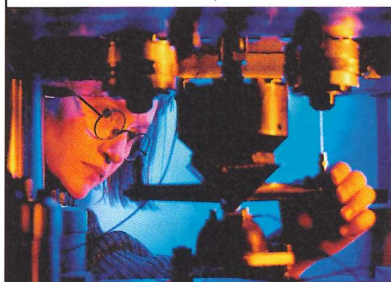


ACKREDITERAD MÄTTEKNIK INOM LJUD OCH VIBRATIONER

SAMHÄLLSBULLER VIBRATIONER



UTVECKLING TYSTA VIBRATIONSFRJA PRODUKTER



STRUKTURMEKANIK

LMS

VIBRATIONSKONTROLL

INGEMANSSON TECHNOLOGY AB

e-post: info@ingemansson.se

webb sida: www.ingemansson.se

**REGION VÄST
GÖTEBORG
Box 276
401 24 GÖTEBORG
Tel. 031-774 74 00
Fax. 031-774 74 74**

**REGION NORDOST
STOCKHOLM
Box 47321
100 74 Stockholm
Tel. 08-744 57 80
Fax. 08-18 26 78**

**REGION SYD
MALMÖ
Hans Michelsens gatan 1B
211 20 Malmö
Tel. 040-710 35
Fax. 040-12 82 10**

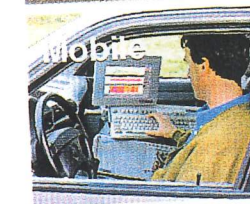
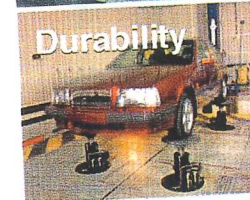
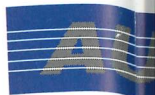


LMS
INTERNATIONAL

Empowering Engineering Refinement



INGEMANS

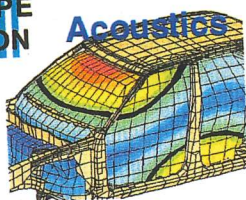
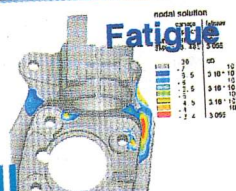
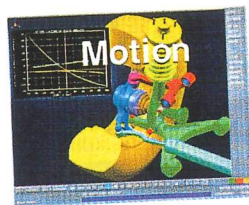


**Engineering
Functional Product
Performance**

**PHYSICAL
PROTOTYPE
TESTING**

**VIRTUAL
PROTOTYPE
SIMULATION**

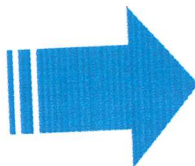
**Streamlining & Integrating
Engineering in the Product
Development Process**



LMS SOFTWARE AND HARDWARE FOR:

- Field testing
- General purpose
- Rotating machinery and operational testing
- Structural testing and modeling
- Structural acoustics
- Vibro-acoustic modeling and CAE
- Structural integrity and durability
- Vibration control & data reduction
- Multibody Simulation

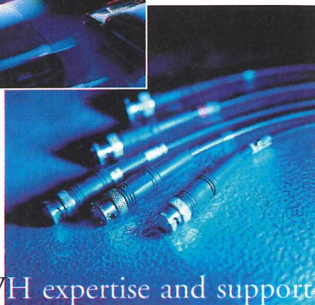
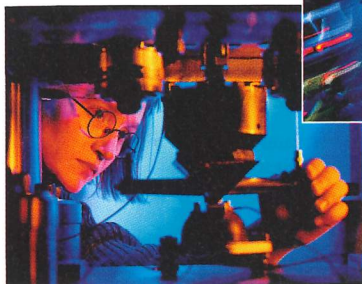
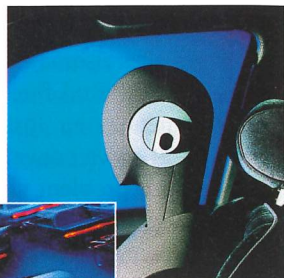
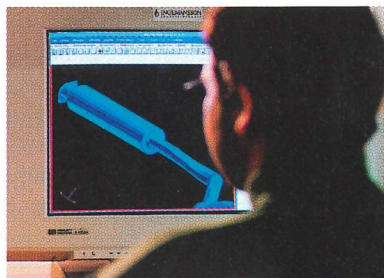
FOR MORE INFORMATION, CONTACT



SSON

UTOMOTIVE

MAKE A SOUND INVESTMENT USE OUR EXPERTISE



At Ingemansson Automotive, we offer our NVH expertise and support in the **ORIGINAL DESIGN** and the **RE-DESIGN** of existing products. In both cases it is essential "to hit the right acoustic track" from project start to save time and money. We can also assist you as **TROUBLE-SHOOTERS**, finding solutions in difficult situations.

Ingemansson Automotive - Your partner in NVH

Ingemansson Automotive
Box 276, SE-401 24 Göteborg, Sweden
Telephone: +46 31 774 74 00
e-mail: info@ingemansson.se
e-mail: lms@ingemansson.se

Telefax: +46 31 774 74 74

Web-site: www.ingemansson.se

Förstärkningsåtgärder

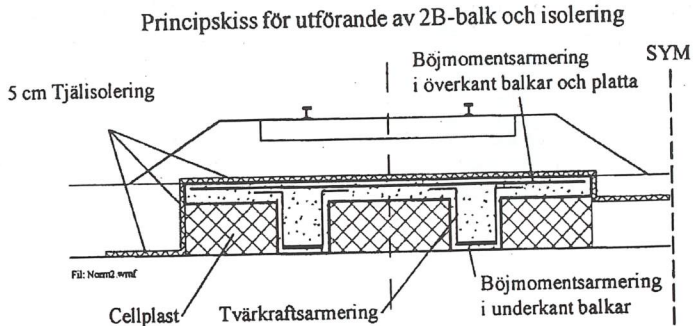
Allmänt

Redan i slutet av 1940-talet diskuterades, och utfördes, åtgärder för att reducera de stora rörelser som konstaterats vid höga hastigheter på en bansträcka i Holland (De Nie 1948). Genom att anlägga en 0,5 m tjock kontinuerlig platta i banvallen uppges vertikāl rörelserna ha reducerats med 90%. På senare tid förefaller problemet på kontinenten ha lösts genom att anlägga mycket styva banvallar, ofta som påldäck. Ett stort problem vid åtgärder på befintliga banor, såsom i Ledsgård, är den pågående trafiken. I Ledsgård har banan dubbelspår varför åtgärder kan utföras med pågående trafik, dock endast med sommartrafik. På enkelspårsavsnitt är

problemet betydligt större. Nedan redogörs för två åtgärder som diskuterats för svenska förhållanden, betongbalk i banvall och kc-pelarförstärkning. Båda dessa metoder förutsätter bortschaktning av befintlig bana.

Betongbalk i banvall

Genom att anlägga en förstärkande betongkonstruktion i banan erhålls en betydande förbättring vad gäller höghastighetsfenomenet. Ett förslag som utarbetas av Banverket tillsammans med Bohusgeo i Uddevalla för ett spåravsnitt mellan Örebro och Kumla redovisas i figur 3.



Figur 3. Dynamisk grundförstärkning med förstyvande balkkonstruktion, kallad 2B-balk.

Genom att studera ekvationen för kritisk hastighet för balk på fjädrande bädd ovan kan konstateras att man genom användning av en förstyvande balkkonstruktion enligt figur 3 erhåller ökning av den kritiska hastigheten genom:

- ökad böjstyvhet (EI)
- minskad egenvikt (tack vare cellplast)
- indirekt ökad styvhet hos undergrunden genom att deformationerna reduceras (modulen i jord är kraftigt beroende av deformationsstorleken).

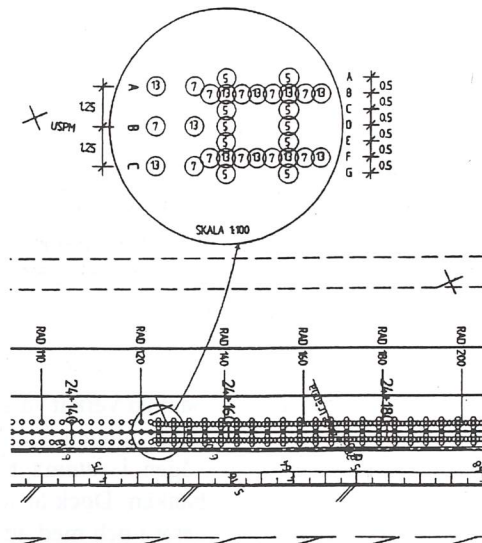
Den samlade effekten av dessa bidrag leder enligt teorin till en betydande ökning av den kritiska hastigheten och en kraftig reduktion av uppträdande rörelser.

KC-pelarförstärkning under spår

Genom att djupförstärka jorden under banvallen åstadkoms betydande förbättring vad gäller höghastighetsproblemen. Studeras återigen ekvationen för kritisk hastighet hos balk på fjädrande bädd kan konstateras att man genom kc-pelarförstärkning av undergrunden ökar kritiska hastigheten genom ökad styvhet (k) dels genom kc-pelarna i sig och dels genom reduktion av skjuvdeformation i det obehandlade jordmaterialet. Genom att placera pelarna i längsgående skivor kan ytterligare en positiv effekt erhållas, nämligen en kraftig ökning av "balkens"

böjstyvhet. Denna tanke ligger bakom de åtgärder som nu kommer till utförande i Ledsgård.

I Ledsgård kommer en knappt 400 m lång sträcka att förstärkas. Endast det västliga, relativt nyanlagda, uppspåret kommer att åtgärdas i ett första skede. (Nedspåret kommer att utredas ytterligare och förstärkas om så erfordras). De nordligaste 150 m av sträckan förstärks enbart av konventionella sättningsskäl medan de södra 250 m förstärks "dynamiskt" (och statiskt). Förstärkning utförs med kc-pelare i stegar, d.v.s. med skivor såväl längs som tvärs banan, se figur 4, som visar ett avsnitt av åtgärderna med såväl singulära pelare som pelare i skivor. Pelare sätts till varierande djup. De längsgående skivorna sätts till 7 m djup (under RUK) och de tvärgående till 5 m.

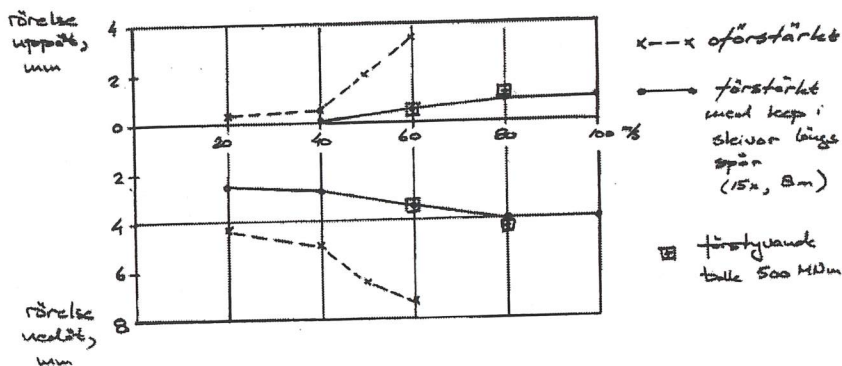


Figur 4. Föreslagen "dynamisk" kc-pelarförstärkning i Ledsgård. Plan över del av området. (Pelarlängd under RUK angivet).

Effekten av de föreslagna förstärkningsåtgärderna har analyserats med FLAC3D. En synnerligen viktig parameter härvidlag är styvheten i det förstärkta jordmaterialet. Inblandning utförs med 150 kg/m^3 kalk/cement i proportion 25/75. Inblandningsförsök har utförts vid SGI. Resultaten är mycket goda vad gäller såväl styvhet som hållfasthet. Sålunda har styvheten i gyttnan 162 dagar efter inblandning ökat 150 ggr relativt oförstärkt material medan

hållfastheten ökat 20-falt. Dessa värden har ej utnyttjats till fullo vid FLAC3D-analyserna. Försiktigt valda värden motsvarande en 15-faldig ökning av modulen i förstärkt jord har använts.

Resultat av utförda analyser redovisas i figur 5 där även effekten av en balkkonstruktion med utförande i princip enligt figur 3 (dock utan cellplast) analyserats med FLAC3D.



Figur 5. Resultat av utförda FLAC3D-analyser av effekten av föreslagna förstärkningsåtgärder i Ledsgård – oförstärkt, förstärkt med kcp i skivor längs spår (15 ggr förstyvning och 8 m längd) samt med förstyvande balk 500 MNm. Last 2x2 axlar av X2-vagnar.

Beräkningarna visar att i stort sett samma effekt erhålls med balk som med kpelare. Vidare kan konstateras att även om höghastighetsfenomenet i sig byggs bort i själva järnvägsbanken kvarstår fenomenet i omgivningen. Den förstärkta

banken verkar ju som exciteringskälla till omgivningen och denna förmår ej utbreda vågen i samma hastighet som järnvägsbanken. Dock är fenomenet kraftigt reducerat i och med att amplituden vid källan reduceras kraftigt.

Slutsatser

De speciella fenomen som uppträder vid höghastighetstrafik på lös undergrund låter sig väl analyseras med hjälp av bl.a. finita differensprogrammet FLAC3D. Detta möjliggör analys av möjliga motåtgärder såsom den grundförstärkning med kc-pelare som kommer till utförande i Ledsgård i sommar. Höghastighetsfenomenet kommer för övrigt att accentueras ytterligare med framtidens ökande tåghas-

tigheter. Dagens X2000-hastighet på 200 km/tim är låg i sammanhanget. Problemet ökar nämligen exponentiellt med hastigheten. För att exempelvis öka kritisk hastighet till det dubbla, vilket kan komma att erfordras för framtida tågtrafik även i Sverige (?), krävs ju enligt ekvationen för kritisk hastighet för balk på fjädrande bädd exempelvis en 16-faldig förstyvning av undergrunden. ■

AU 5 blir en nordisk angelägenhet

AU 5, dvs SVIBs utskott för forskning och utbildning, nybildas med medlemmar från de nordiska länderna. Tidigare ordförande Juha Plunt har lämnat skutan för andra intressanta arbetsuppgifter och lämnat över rodret till Thomas Abrahamsson, professor på Chalmers i strukturdynamik.

SVIBs styrelse har önskat en breddning av arbetsutskottet till att innefatta Nordens länder. Ett arbetsutskott med medlemmar från så gott som samtliga nordiska universitet har därför bildats. Från Finland deltar Antti Pramila (Uleåborg) och Mauri Määttänen (Helsingfors). Från Trondheim deltar Kristian Tønder.

Ifrån Danmark kommer Steen Krenk (Lyngby) och Søren Nielsen (Ålborg). De svenska deltagarna är förutom ordföranden Anders Brandt (Saven), Nils-Erik Molin (Luleå), Anders Nilsson (Stockholm), Larsgunnar Nilsson (Linköping) och Göran Sandberg (Lund).

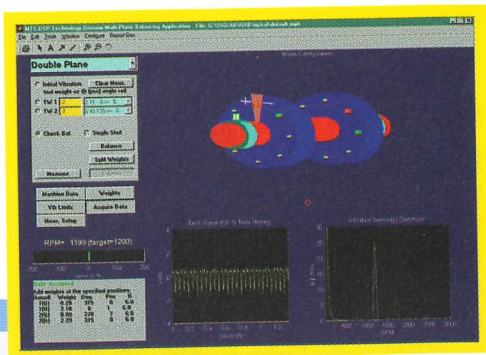
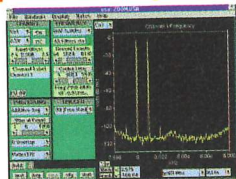
Låt oss hoppas att gruppen kan vara katalysator för gott samarbete inom Norden och att detta bl a kan resultera i riktigt intressanta Vibrationsforskningsdagar framöver.

Vibrationsforskningsdagen kommer att hållas på KTH dagen före eller efter Vibrationsdagen. ■

NYHET!

Balansering i 1-3 plan!

Spektralanalys (FFT)



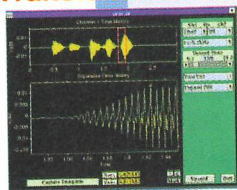
Systemidentifiering



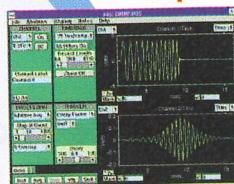
Portabel FFT och nätverks- analysator

- ◆ 50 kHz bandbredd
- ◆ >95 dB dynamik
- ◆ 2-16 kanaler
- ◆ ICP®-matning
- ◆ MATLAB® baserat
- ◆ LabVIEW®-stöd

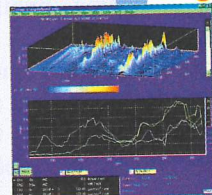
Transientrecorder



Oscilloskop



Order-tracking



Signalgenerator



Nätverksanalys



MTS
MTS is the registered trademark
of MTS Systems Corporation

SigLab

SigLab från MTS är en serie kvalificerade DSP baserade mätinstrument som jobbar direkt under MATLAB eller som "realtidsmotor" i egenutvecklade applikationer. Kontakta oss för mer information!



**SYSTEM
TECHNOLOGY
SWEDEN AB**

System Technology Sweden AB
Box 304
581 02 LINKÖPING
Tel: 013-35 70 30
Fax: 013-14 05 30

e-post: svib@systemtech.se

www.systemtech.se

Dubbelbokningar och MOMS!

Moms håller på att bli ett prohibitivt instrument, ja man skulle kunna säga en statens kofot i locket på SVIBs kassakista vilken motverkar alla politiska initiativ som gjorts för att underlätta skandinavisk förbrödring. Vi begriper inte vad det är man håller på med i Danmark, men först nu - mer är ett år efter det förra AU 1-symposiet i Snekkersten - har det danska skatteväsendet meddelat att man ämnar betala tillbaka 25% av "inleverert" moms som är totalt 55 000 DEK men i sin outgrundliga vishet har man fått det att bli knappt 5 000 DEK. Efter vad vi kan bedöma har man/hon räknat 25% på knappt 19.000 vilket är 25% utav det ursprungligen "inlevererte beløpet". Med en av landets momsskatteexperter inkopplade befinner vi oss nu i process med Danska Skattevesendet och har för andra gången överklagat ärendet. Scanticon Hotel som mycket väl visste att upplysa oss om förhållandena och som utformade räkningen efter alla konstens regler och som t o m personligen undertecknade den har också dragits in i ärendet eftersom skatteväsendet i svaret på vårt första överklagande säger att de utformat fakturan felaktigt. Men varför är det på detta viset? Är alla som betalar moms skurkar och således måste bemötas på samma sätt? Eller är det för att vi är så obetydliga att man inte bryr sig?

I Sverige är all moms avdragsgill, ja det vill säga all moms utom för teatrar som bara får göra avdrag för moms i proportion till egengenererad intäkt i förhållande till allmänna bidrag. Olustigheten i detta sammanhang är att statliga teaterbolag kan bokföra allmänna anslag som ägartill-

skott och på så vis undgå nedskrivningen av momsreturer.

I SVIB har vi dock både i nuvarande verksamhetsformer och tidigare kunnat kvitta ingående moms mot utgående moms av vilka procentsatser det vara månne, 6%, 12%, eller 25%. På andra sidan sundet är det så vist ordnat att man bara får göra avdrag för 25% utav momsen på hotell- och konferenskostnader men med 100% på hyra av lokaler och "konferensutstyr" och detta gäller även för icke danska företag som betalar till Danmark.

En vara som passerar gränsen mellan två länder för dock ingen moms med sig. Men har man köpt varan eller tjänsten i ett annat EU-land och själv för den med sig så får man inte tillbaka momsen. Vi har i flera år med hänvisning till gällande momsskattelagstiftning begärt att få in uppgifter om VAT-nummer från de företag utanför Sverige som betalat medlems- och serviceavgifter till SVIB och därefter debiterat utan moms. Numera vågar vi inte göra på det viset för då riskerar vi att få momsavdragen underkända vid en eventuell skatterevision. Det skulle bli en skattesmäll som vi får svårt att klara av. För att vara på säkra sidan debiterar vi således moms på alla utgående fakturor. Resonemanget stöds av parallellen med den danska eller finska gästen som bor på hotell i Sverige. Han får det inte billigare bara för att han inte är svensk. Det svenska företaget som i slutändan bekostar hotellet kan bokföra kostnaden i resultaträkningen och momsen i balansräkningen och sedan kvitta utgående mot ingående

moms i deklarationen. För våra gäster blir momsen alltid en kostnad såvida företagen inte anholder om återbetalning på det vis vi gjort.

AU 1-symposiet i Snekkersten var hur som helst mycket uppskattat och i dagarna har vi fått veta att det blir en uppföljning på Lökebergs Konferenshotell som ligger inte långt från Marstrand i västkustens kanske vackraste skärgård norr om Göteborg. AU 1 har presenterat sina planer för styrelsen och samtidigt utfärdat stormvar-

ning för ostkustens farhågor för dubbelbokningar, varvid man syftar på AU 1-symposiet 1997, som hamnade i Täby i stället för på Aronsborg, och för västkustens efterdyningar med förödande momsprocesser.

Vi vet redan nu att SKF haft vänligheten att maka på sig för att ge SVIB tillgång till hela anläggningen och att Lökeberg är momsregistrerat 556218-5917.

Alf Olsson



AKUDA
AKUSTIK OCH DATATEKNIK
V K N D V

AKUDA
Gunnar Lindahl
Box 14
139 21 Värmdö
Tel o Fax 08-570 209 21
E-post gunnar.lindahl@mailbox.swipnet.se

Mer än 35 års erfarenhet av
ljud- och vibrationsmätningar

Arlandabanan och Kallhäll-Kungsängen

Erik Rudolphi

Ingemansson Technology AB, Box 47321, 100 74 Stockholm

erik.rudolphi@ingemansson.se

I denna artikel presenteras två projekt med stomljudsisolering av tågtunnlar där vi använt avancerad och delvis ny teknik.

1 Stäkettunneln – Kallhäll.

Bestämning av stomljuds nivå

Den nya järnvägstunneln vid Stäket nordväst om Stockholm byggs under ett villaområde. Över tunneln ligger också ett katolskt kloster med tillhörande kapell. Bergtäckningen är här endast några meter vilket från många synpunkter inneburit en stor teknisk utmaning.

Banverket har i detta projekt vinnlagt sig om en tydlig miljöprofil och en god relation till de boende. Speciellt från klostret har man ställt krav på en miljö fri från ljudstörningar.



Figur 1 Tunnelmynning och klostret med kapell och bostadsdel

Metoden för att bestämma stomljuds nivån bygger på två steg: Beräkning av den dynamiska kraften från tågen till tunnelns botten och mätning av stomljudsutbredning från tunnelbotten till byggnaderna. Principerna för de två stegen beskrivs nedan.

1.1 Kraftberäkning

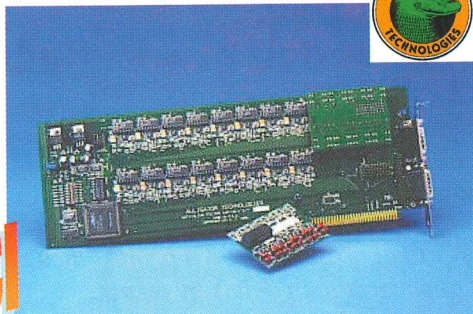
Stomljudsalstringen från tåg sker i kontaktytan mellan hjul och räls. Vibrationserna alstras när hjulen passerar över små ojämnheter i rälerarna. Vi har utgått från uppmätta korrugeringsprofiler som bedömts vara normala.

Komplett System: AD-DA-DIG. I/O-Filter



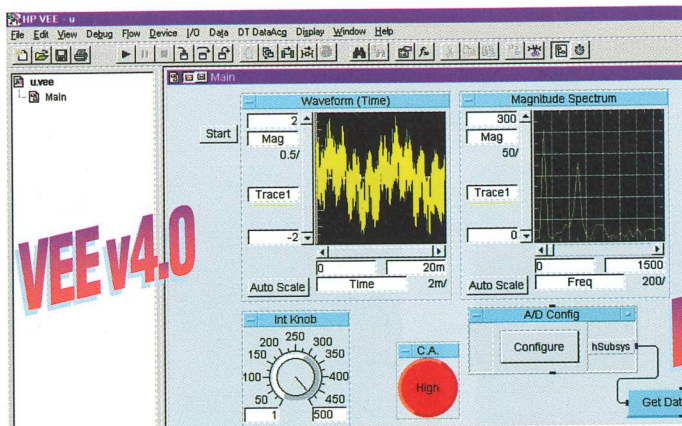
DATA TRANSLATION

PCI



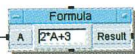
- Datasamlingskort för PCI, ISA och PCMCIA
- Samplingsfrekvens max 1.25 MHz
- 16/32/64 kanaler per kort
- 16/12 bitars upplösning
- DSP-kort med TI C-40 processor
- 8 kan AD med $F_s = 52 \text{ kHz/kan}$

- Passar ALLA typer av AD-kort
- Signalkonditionering för PCI- & ISA
- Brytfrekvenser upp till 2 MHz
- 2/4/6/8/16 kanaler
- Programmerbar förstärkning 1-1000 ggr
- Ellip., Bessel, Butterworth, Cauer
- Interface till HP VEE, LabView



VEE v4.0

DT VPI



Komplett programmeringsmiljöer:

- HP VEE /: En komplett grafisk programutvecklingsmiljö för insamling,
 DT VPI analys, styrning och presentation
 IDS vVision: Applikationsprogram med driver för DT-kort. Kraftfull visualisering i 3-D
 DTX-EZ: Active-X kontrollor för programmering i Visual Basic och Visual C++
 DataAcq SDK: DLL:er för Windows 95/NT och programmering i C/C++

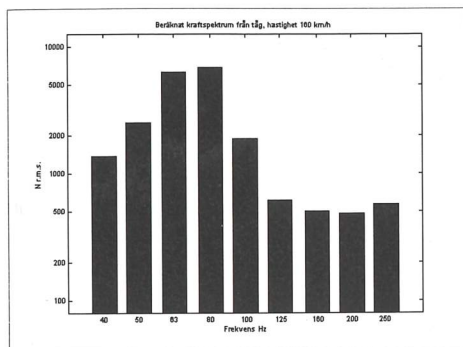


ACOUTRONIC AB

BOX 1180, S-181 23 LIDINGÖ, SWEDEN
 TEL: 08-765 02 80, FAX: 08-731 02 80

Även mätsystem för bild, ljud och vibrationer.
 Ring för produktkatalog och fri demodisk.

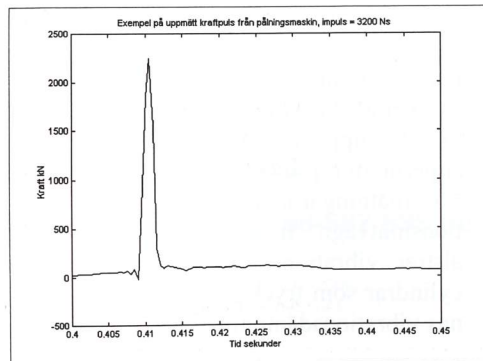
För kraftberäkningarna har en så kallad lumpad modell använts, dvs ett system av massor och fjädrar som kopplats till varandra. Beräkningen ger den dynamiska kraften mot berggrunden som resultat.



Figur 2 Beräknat kraftspektrum från ett hjulpar

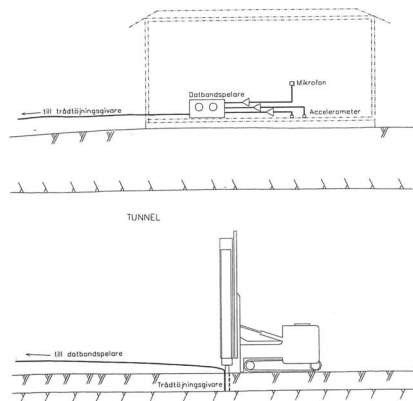
Stömljudsutbredning

Stömljudsutbredningen mäts genom att alstra vibrationer i en rad punkter längs tunnelns botten och mäta responsen i byggnaderna ovanför. För att alstra vibrationer användes en liten pålningsmaskin, se figuren nedan. Ett stålrör drevs ner genom underballasten mot fast berg. I röret sattes ett stålämne försett med tråd-töjningsgivare. Uppre i byggnaderna mät-



Figur 4 Uppmätt kraftpuls från fallhammare samt uppmätt ljudkänslighet i kapellet

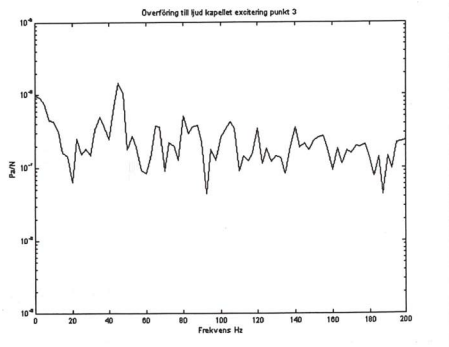
svaret i form av ljud i rum och vibrationer i byggnadsstommen.



Figur 3 Kraften alstrades i tunnelns botten med en liten pålningsmaskin och resulterande ljud och vibrationer mättes i husen ovanför.

De inspelade signalerna överfördes till binärfiler i dator. Analyserna och beräkningarna gjordes därefter i Matlab 5.1.

I figur 4 nedan visas en uppmätt stöt från fallhammaren och ljudkänsligheten (ljudtryck/kraft [Pa/N]) från en exciteringspunkt till kapellet.



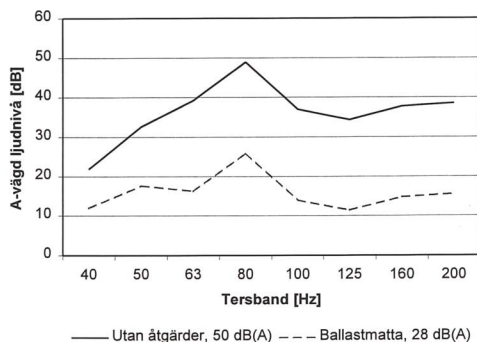
I tabellen nedan redovisas beräknade maximala ljudnivåer från tågtrafik om inga stomljuddämpande åtgärder vidtas.

Tabell 1 Beräknad ljudnivå från tåg

Byggnad	Maximal ljudnivå från tågpassage [dB(A)] Slow
Kapellet	50
Villa A	32
Villa B	42

Ljudnivån i villa A beräknas bli betydligt lägre än i kapellet och villa Mimer. Detta hus är troligen inte grundlagt mot berget och är byggt med torpargrund och träbjälklag vilket ger hög stomljuddämpning. Kapellet och villa B är sannolikt grundlagda direkt mot berggrunden.

I detta fall har lösningen varit att under kapellet lägga en särskilt mjuk ballastmatta av hög kvalitet medan övriga delar av tunneln fått en enklare matta. Effekten efter åtgärder har beräknats genom att lägga in den dynamiska styvheten i vår kraftberäkningsmodell.



Figur 5 Beräknade ljudnivåer i kapellet med och utan ballastmatt

2 Arlandabanan – Provning av ballastmattor

Den nyligen invigda Arlandabanan löper med fyra parallella spår under flygplatsen. Rakt över spåren ligger Sky City med förstklassigt hotell och konferenslokaler. Även terminalbyggnaderna innehåller många ljudkänsliga lokaler som VIP-rum och andaktsrum, allt väl isolerat mot flygbuller. I detta projekt har således kommersiella intressen drivit på frågorna kring stomljuddämpningar och frågorna väcktes därför tidigt.

I ett inledande skede gjordes även här mätningar av stomljudsutbredningen. Mätningarna visade att stomljuds nivåerna i Arlandas terminaler skulle uppgå till över 40 dB(A). Målet för hotellrummen hade satts till högst 30 dB(A). Det känsliga området som behövde stomljuddämpas omfattade över tre spårkilometer.

Marknaden har på senare år berikats med en mängd nya material. Prisskillnaderna är mycket stora men brist på standardisering och dokumentationen gör det svårt att jämföra produkterna. De laboratoriemätta värden som ofta presenteras är också svåra att överföra till den verkliga miljön.

För att få ett relevant och jämförbart underlag gjordes därför omfattande fältprov. Fyra tillverkare av ballastmattor och sliper mottor inbjöds att delta. En ännu inte trafikerad bansträcka norr om Arlanda grävdes upp och olika ballastmattor och sliper mottor provades i tur och ordning. För mätningarna hyrdes en unik vibrationsmätvagn från Banverket. Vagnen alstrar vibrationer med två hydrauliska cylindrar som trycks mot rälerarna. Mattornas vibrationsdämpning bestämdes genom

Ljud & vibrationsmätning

Datorbaserade, dynamiska signal-analysatorer (DSA) från National Instruments utnyttjar kraften och flexibiliteten hos din PC, så att du på ett enkelt sätt kan skapa automatiserade mätsystem. Funktionaliteten är densamma som hos traditionella analysatorer, men nu till en bråkdel av det traditionella priset.

Datorbaserad DSA

- 2 ingångar/2 utgångar eller 4 ingångar
- 95 kHz DSA med realtidszoom
- Dual tone generering
- 16-bit ADC/90 dB dynamiskt område
- Basbandsmätningar upp till 20 gånger snabbare än GPIB-baserade analysatorer
- Drivrutiner för LabVIEW™, LabWindows™/CVI, Visual Basic och C/C++ förenklar utvecklingen av applikationer



www.natinst.com/instruments

08-587 895 00

National Instruments Sweden AB

Box 2004 • Råsundavägen 166 • 169 02 Solna
Fax: 08-730 43 70 • ni.sweden@natinst.com
www.natinst.com/sweden

Denmark tel: 45 76 26 00 **Finland** tel: (09) 725 725 11 **Norge** tel: 32 84 84 00

Ring och beställ ett tekniskt datablad!



att mäta överföringen av vibrationer till bergrunden. Förutom vibrationsdämpningen mättes också mattornas nedfjädring vid axellaster upp till 22 ton, dvs högsta tillåtna axellast. Detta är viktigt

eftersom alltför mjuka mattor ökar risken för utmattningsbrott i rälsen. Fältproven gav också mycket värdefulla erfarenheter om hållfasthet och installationsprocedurer.



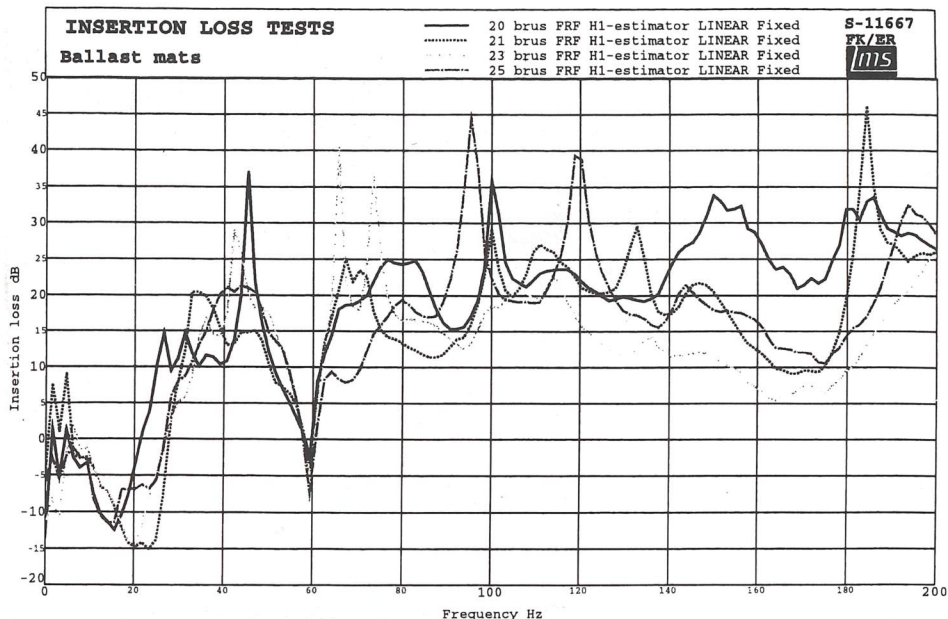
Figur 6 Banverkets vibrationsmätvagn



Figur 7 Ballastmattor och slipermattor installeras i spåret

Utfallet av proven gjorde att en förhållandevis billig produkt befanns vara av tillräckligt god kvalitet för projektet. Innan mattan slutligen godkändes gjordes utmattningsprov i laboratorium som motsvarade en miljon hjulaxelpassager.

Arlandabanan har nu varit i drift en tid. Tågen kan inte höras i någon terminalbyggnad över spåren.



Figur 8 *Insättningsdämpning för fyra olika ballastmattor*

SVIBs matrikel 2000

Årets matrikel kommer nu att börja förberedas. Medlemmarna uppmanas kontrollera om SVIBs kansli har aktuella uppgifter. Om inte, v g meddela ny arbetsplats med adress samt direktnummer och fax. Viktigt är också att lämna ny e-mailadress.

På så sätt blir alla nöjda och glada!

SVIBs kansli
Erikslundsvägen 264
187 53 TÄBY
Tel och fax: 08-510 515 50
E-mail: svib.ntab@swipnet.se

Do it Just once.

GIVARE &

KONDITIONERING

**Med inbyggd TEDS*,
IEEE 1451.4 Klara**



**Vibrations-
Givare**



**Akustiska-
Givare**



**Konditionerings-
Förstärkare**

Att göra ljud-, och vibrationsmätningar är en tidsödande och kostnadskrävande uppgift. För att ta fram giltiga resultat innebär det ofta att samma mätningar måste upprepas gång på gång. Vore det inte bra om användbara resultat kunde produceras vid första försöket och att varje mätning endast behövde utföras en gång?

Vi vet att ett viktigt steg i den riktningen är att ha bra utrustning och vi tror oss om att ha de rätta verktygen för varje jobb, stort som smått.

För att hjälpa dig genom djungeln av produkter har vi gjort en informativ och gratis, CD-ROM. Genom att svara på enkla frågor i guiden kommer leds du fram till en produkt eller produkter passande dina mätbehov.

Förutom guiden till rätt val innehåller CD:n en mängd litteratur. Allt från en komplett mikrofonhandbok och en del lektionsmaterial till produktdatablad.

**TEDS betyder Transducer Electronic Data Sheet. Du s kalibreringsdata och givareuppgifter lagrade inuti givaren.*



**Kontakta oss för
en gratis CD-ROM**

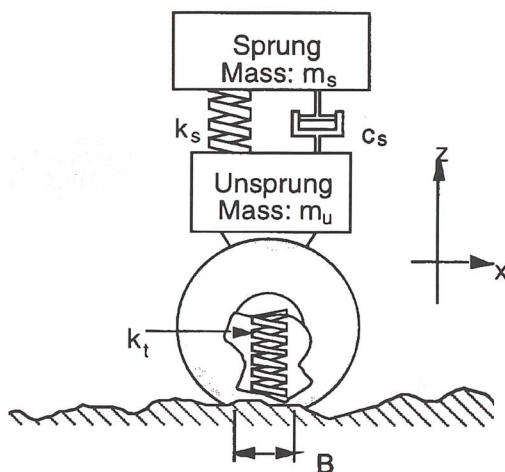
Brüel och Kjær Sverige: Tel: 08-449 86 00 · Fax: 08-449 86 10 · E-post: info@bksv.se · www.bk.dk
Lokalkontor sydväst: Tel: 033-12 31 22 · Fax: 033-12 31 40

Samband mellan International Roughness Index, IRI, och durkvibrationer

Kjell Ahlin, Saven EduTech, kjell.ahlin@saven.se

Stora delar av det svenska vägnätet har eftersatt underhåll. På uppdrag av Vägverket genomförde Ingemansson Technology mätningar på riksväg 90 mellan Näsåker och Sollefteå i oktober 1999. Vi mätte vibrationer i timmerbilar och ambulanser. Efter utvärdering bedömdes vibrationerna ur medicinsk synpunkt av Ronnie Lundström, Arbetslivsinstitutet. (Ronnie är en gammal SVIB-profil, mångårig styrelseledamot, ordförande i AU 4 och tilldelad guldaccelerometern 1998.) Slutsatsen var att förare och passagerare utsätts för oacceptabelt höga vibrationsbelastningar. Se <http://www.vv.se/aktuellt/pressmed/2000/pressm14.htm>

Projektet har fortsatt, och som ett intressant delprojekt har jag utrett sambandet mellan det vanligaste måttet på väg ojämnheter, IRI, och vibrationer i fordonet. IRI, International Roughness Index, definieras som den ackumulerade slaglängden hos fjädringen på en matematisk bilmodell som färdas över en mätsträcka, dividerad med mätsträckans längd. Den ackumulerade slaglängden mäts i mm och mätsträckan i m, sorten för IRI blir alltså [mm/m]. Den matematiska bilmodellen är en kvarts bil, dvs ett hjul, se figur 1. Källa: Sayers, Karamihas: Interpretation of road roughness profile data, UMTRI 96-19.



Quarter car model

Figur 1. Matematisk kvartsbilmodell

Man har definierat de ingående parametrarna för den s. k. Golden Car, och dessutom fastlagt, att bilmodellen ska färdas över vägen med hastigheten 80 km/h. Man kan sätta upp rörelseekvationerna för bilmodellen:

$$(M \cdot s^2 + C \cdot s + K) \cdot \begin{pmatrix} z_s \\ z_u \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ k_t \cdot h \end{pmatrix} \quad (1)$$

där h är vägprofilen.

Matriserna M , C och K ges av parametrarna för the Golden car.

Den ackumulerade slaglängden beräknas som:

$$d = \int_0^T \left| \dot{z}_s - \dot{z}_u \right| dt \quad (2)$$

där T är mättiden.

För att få IRI ska man dividera med mätsträckan L , som är

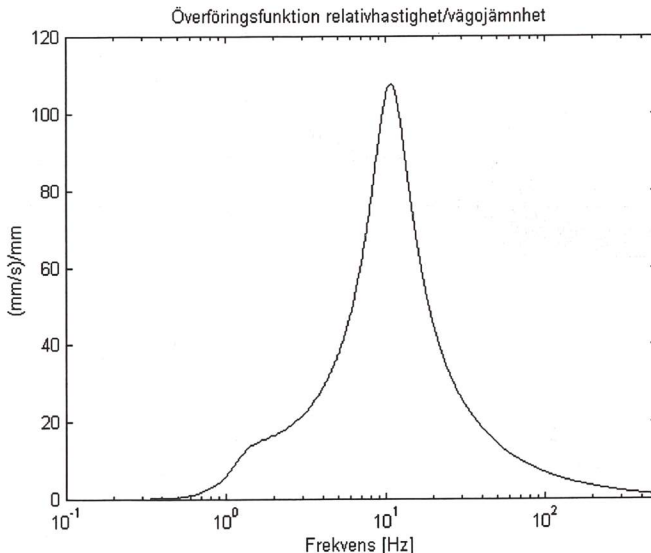
$$L = v \cdot T \quad (3)$$

således:

$$IRI = \frac{1}{v \cdot T} \int_0^T \left| \dot{z}_s - \dot{z}_u \right| dt \quad (4)$$

varav man inser, att IRI är lika med det likriktade medelvärde av relativhastigheten mellan m_s och m_u , dividerat med mätbilshastigheten v . $[(\text{mm/s})/(\text{m/s})] = [\text{mm/m}]$.

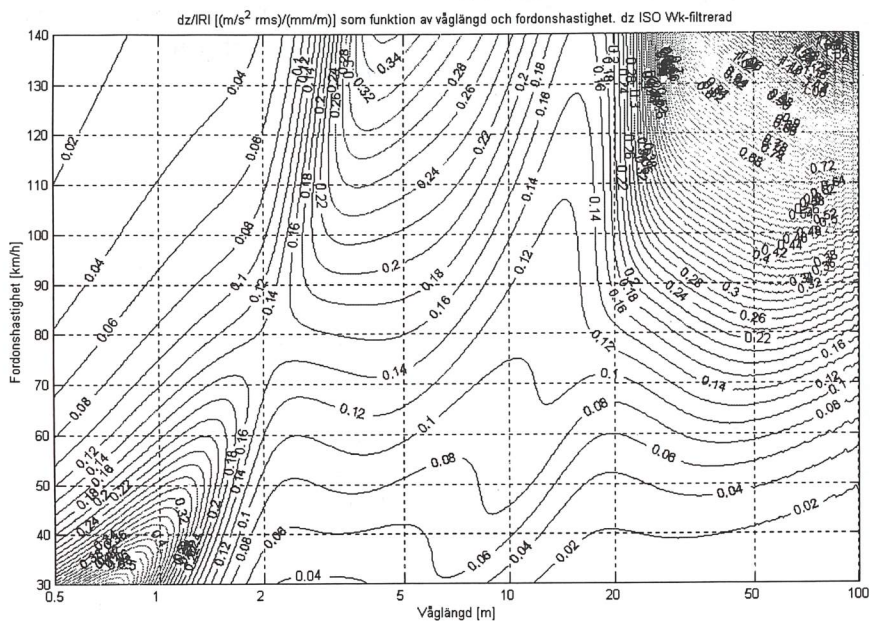
Sätter man in parametrarna för the golden car får man överföringsfunktionen från en vägojämnhet till relativhastighet, se figur 2.



Figur 2. Överföringsfunktion relativ hastighet/vägojämnhet

IRI är alltså i princip det likriktade medelvärde av relativhastigheten mellan de två massorna i figur 1. Vibrationerna i fordonet, som påverkar de åkandes komfort och hälsa, mäts som rms-värdet av frekvensvägd acceleration på den övre massan. Frekvensvägningen ges av ISO 2631 och ISO 8041. Vi kallar denna vibration dz, för durkvibration i z-led. Vi använder filtret Wk i ISO 2631. dz mäts i $[m/s^2]$, medan IRI mäts i $[mm/m]$.

Vägverket mäter kontinuerligt IRI för det svenska vägnätet och det är då önskvärt att få ett samband mellan IRI och det komfortrelaterade dz. För att få ett första samband mellan IRI och dz betraktar vi fallet att vägojämnheten kan anses sinusformad. Vi kan då beräkna kvoten mellan dz och IRI som funktion av ojämnhetens våglängd och den fordonshastighet vi tänker oss. Ett sätt att presentera resultatet ges i figur 3.



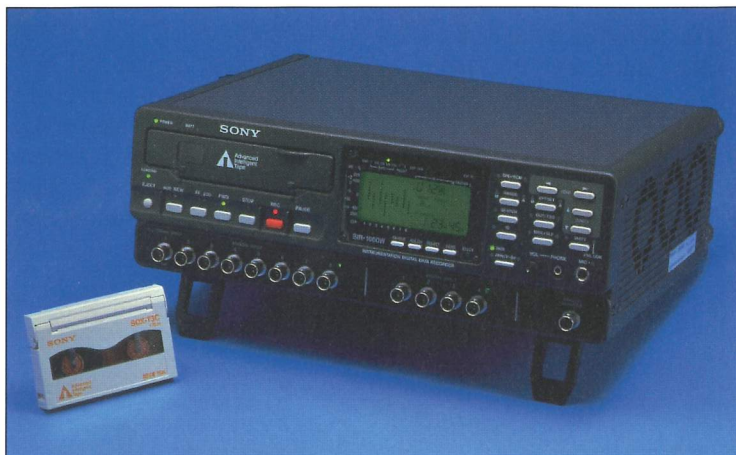
Figur 3. dz/IRI som funktion av våglängd och fordonshastighet, Wk-filtrer

En vanlig våglängd är 5 meter, och vi finner att vid standardhastigheten 80 km/h är kvoten mellan dz och IRI 0.16.

För att få ett samband mellan dz och IRI som gäller för mer komplicerade vägpro-

filer, kan man ansätta en spektraltäthet, "Power Spectral Density", psd, för vägprofilen. En vanlig modell för psd pk som funktion av vågtalet k [cykler/m] är:

Världens mest



populära mätbandspelare

AIT SIR-1000

- 8 – 256 mätkanaler
- Bandbredd upp till 160 kHz
- Digital dataöverföring upp till 24 Mbps
- AIT band som kan lagra 26 Gbytes
- Upp till 32 timmars inspelning per databand
- Inspelning med trigg-funktion, läs/skrivkorrigering, audiospår och IRIG-tidkod och SCSI data interface
- Finns med ICP ingångar
- Användarvänlig mjukvara för PC analys
- Videolagring i MPEG 2 format

Vill Du veta mer?

Kontakta Alvetec. Vi kan mätteknik och skickar Dig gärna vår kundtidning Mätrologen med senaste nytt inom mätteknik.



Alvetec AB

Box 5001, 141 05 Huddinge

Tel: 08-680 68 50. Fax: 08-680 03 90

E-mail: measure@alvetec.se

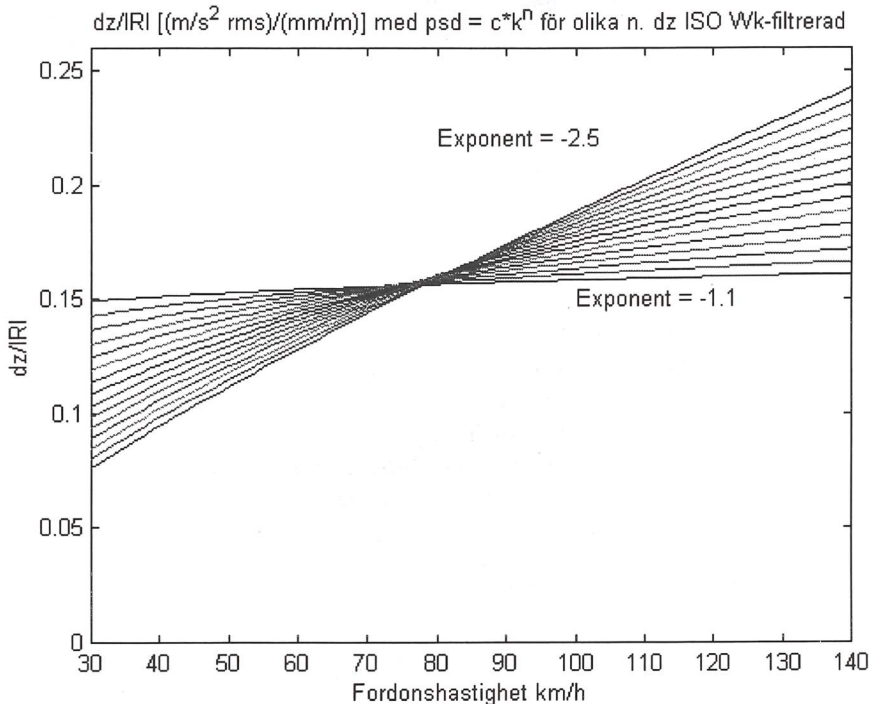
$$pk(k) = P_0 \cdot \left(\frac{k}{k_0} \right)^{-n} \quad [\text{m}^2/(\text{c/m})] \quad (5)$$

där n har ett värde runt 2.0

Om man färdas över en vägprofil med ett psd $pk(k)$ med en hastighet v [m/s], får man ett psd som funktion av frekvensen f :

$$pf(f) = \frac{1}{v} \cdot pk\left(\frac{f}{v}\right) = \frac{1}{v} \cdot P_0 \cdot \left(\frac{f}{k_0 \cdot v} \right)^{-n} \quad [\text{m}^2/\text{Hz}] \quad (6)$$

Man kan nu applicera denna enkla modell av spektrum med olika exponenter på överföringsfunktionerna till relativhastighet och durkvibration. För IRI beräknar man det likriktade medelvärde och dividerar med mät hastigheten som motsvarar 80 km/h. För durkvibrationen beräknar man effektivvärdet för olika fordonshastigheter av den frekvensvägda accelerationen. Kvoten mellan dz och IRI kan då plottas som funktion av fordonshastigheten för olika psd-exponenter. Resultatet ges i figur 4.



Figur 4. Samband mellan dz och IRI för psd-modell. dz Wk-filtrerad

Vi återfinner kvoten ca 0.16 vid 80 km/h. För kurvskaran i figur 4 gäller med god

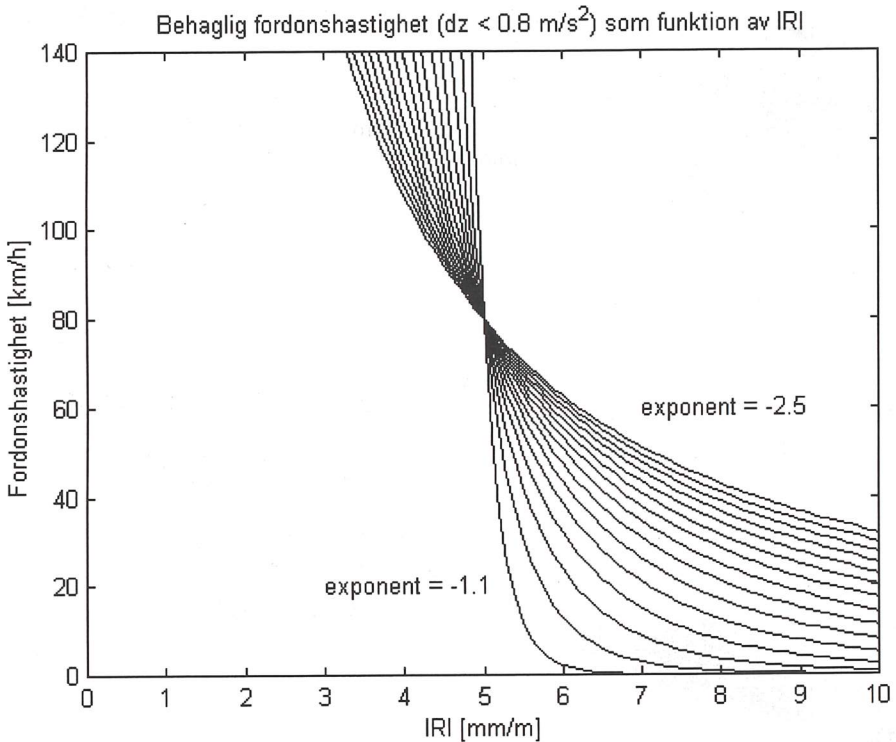
approximation, med $\text{fordv} = \text{fordonshastigheten i km/h}$:

$$\frac{dz}{IRI} = 0.16 \cdot \left(\frac{fordv}{80} \right)^{\left(\frac{n-1}{2} \right)} \quad (7)$$

$$bfv = 80 \cdot \left(\frac{IRI}{5} \right)^{\left(\frac{2}{1-n} \right)} \quad (8)$$

Om man nu antar en gräns för behaglig färd i Golden Car på $dz = 0.8 \text{ m/s}^2$, får man ett samband mellan behaglig fordonshastighet bfv [km/h] och IRI [mm/m]:

Diagram för olika exponenter ges i figur 5.



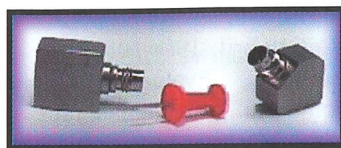
Figur 5. "Behaglig" fordonshastighet som funktion av IRI

Vägverket har som policy att "göra något åt" vägen då $IRI > 3 \text{ mm/m}$, vilket ju verkar vara väl valt. Tyvärr finns det alltför många vägsträckor med så stora IRI-värden, att den behagliga fordonshas-

tigheten blir oacceptabelt låg. Förhoppningen är, att de undersökningar som flera SVIB-medlemmar nu är inblandade i, ska ge vägverket och anslagsbeviljande myndigheter bättre beslutsunderlag. ■

Nya miniatyr- accelerometrar från Dytran

**Beställ
katalogen
idag!**



Dytran presenterar två helt nya miniatyraccelerometrar med 10 respektive 100 mV/g i känslighet. Båda modellerna har isolerad givardel för att eliminera risken för jordslingor.

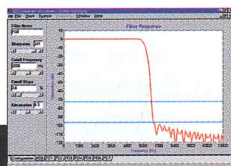
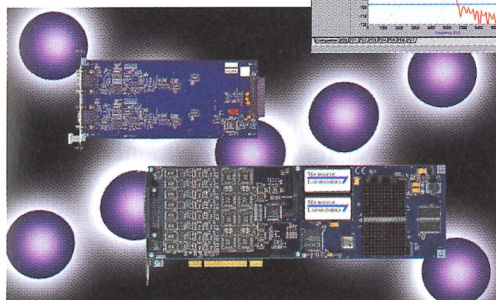
- ◆ 3053A med 10 mV/g och 3093A med 100 mV/g
- ◆ Rakt frekvensomfång från 2 Hz till 5 kHz
- ◆ Limmontering
- ◆ 4 pin kontaktdon med löstagbar kabel
- ◆ Hölje av rostfritt stål
- ◆ Hermetiskt tät
- ◆ Mycket låg vikt, 3053A 7,2 gram och 3093A 10 gram
- ◆ Konkurrenskraftig pris



MICROSTAR LABORATORIES™

Mäter vibration och töjning med:

iDSC 1816



- ◆ Branta och faslinjära digitala filter - 96 dB per kvartsoktav
- ◆ 8 - 153,6 kilosampel per sekund
- ◆ 8 samtidigt samplande kanaler
- ◆ 16-bitars upplösning
- ◆ Nätverksstöd
- ◆ Komplet signalkonditionering för bryggor och accelerometrar
- ◆ Realtidsinsamling under Windows med DASyLab® och LabVIEW®

**SYSTEM
TECHNOLOGY
SWEDEN AB**

System Technology Sweden AB
Box 304
581 02 LINKÖPING
Tel: 013-35 70 30
Fax: 013-14 05 30

e-post: svib@systemtech.se

www.systemtech.se

Vibration och Stöt

Den sista ISO-standarden i 10816-serien för mätning och bedömning av maskinvibrationer kom ut i april. ISO 10816-5 Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts - Machine sets in hydraulic power generating and pumping plants. Den behandlar lagervibrationer i hydrauliska maskiner. Enligt vissa tillverkare utformas en hydraulisk maskin så att den passar det hål man åstadkommit för att placera maskinen i. Detta att varje maskin är unik har gjort det inte alldeles enkelt att standardisera generella gränser för hur dessa maskiner skall uppföra sig ur vibrationssynpunkt. En inflytelserik grupp användare i bl a Österrike, Sverige och Kanada har dock lyckats samla in och sammanställa så mycket data om hydrauliska maskiner att det kunnat läggas till grund för både 7919-2 (axelvibrationer) och 10816-5 (lagervibrationer).

På begäran av IEC och kommittén TC 4 Hydraulic Machines och med prof Fanelli från Trieste i spetsen som begärt att den kommitté som utarbetat de båda standarderna, TC 108/SC2, skall stoppa utgivningen av den har nu lett till en omedelbar revision. En gemensam arbetsgrupp för IEC och ISO har bildats för detta ändamål med dr Schwirtser, ursprungligen från Siemens, som convenor. Arbetsgruppen höll sitt första möte i Berlin den 12 maj i år. ISO TC 108/SC 2 bedömde det som viktigt att få med användarna i arbetet och därför värnade man om ordförandeskapet i gruppen. IEC svarar för sekretariatet.

Del 2 i de båda standardserierna 7919 och 10816 har funnits sendan 1996. De har nu kompletterats med upp/utrullnings- samt övervarvsprov. SMS cirkulerade i juni en Remiss 1527 med båda förslagen.

ISO/DIS 7919-2 Bedömning av vibrationer genom mätning på roterande axlar - Del 2: Ångturbiner och generatoraggregat med effekt över 50 MW, med normalt varvtal på 1500 r/min, 18 r/min, 3000 r/min och 3600 r/min.

ISO/DIS 10816 Bedömning av vibrationer genom mätning på icke-roterande delar - Del 2: Ångturbiner och generatoraggregat med effekt över 50 MW, med normalt varvtal på 1500 r/min, 18 r/min, 3000 r/min och 3600 r/min.

ISO/DIS 13373-1 Övervakning och diagnos av maskiner – Vibrationsövervakning av maskiner – Del 1: Allmänna tillvägagångssätt och förfaringssätt.

Den engelska titeln lyder Condition monitoring and diagnostics of machines – Vibration condition monitoring of machines – Part 1: General procedures. Alldeles för tjugigt. Alla vibrationsstandarder skall enligt tidigare beslut heta "Vibration and Shock", sedan går det bra med resten.

Förslaget är resultatet av ett amerikanskt-kanadensiskt samarbete mellan John Niemi, EPRI och Max Stewart, tidigare Ontario Hydro. De har haft den amerikanska maskinvibrationskommittén som referensgrupp och sedan rapporterat

till TC 108/SC 2/WG 1. WG 1 har varit mycket framgångsrik och arbetat självständigt. Det har varit stora krafter i rörelse för att splittra gruppen för att få över experterna till andra delar av TC 108-arbetet. Hittills har WG 1 dock hållit ihop. Det senaste utspelet från den nye TC-ordföranden är att förhindra omval av sittande ordförande i SC 2, tillika författare av dessa rader. Kommitténs arbete och organisation kommer säkert inte att påverkas nämnvärt enbart av detta, men i kombination med en genomgripande omorganisation så skulle det gå. En sådan skulle nog vara hälsosam för hela vibrationsarbetet, men det finns inga tecken på att man kommer att ta sig för något i den stilen under nuvarande ledning.

Titeln på den svenska standarden måste ändras till att antingen vara "tillvägagångssätt" eller "förfaringssätt". Sedan kan man kanske översätta "General" med "Olika" i stället för "Allmänna".

ISO/DIS 13380 Övervakning och diagnos av maskiner – Användning av prestandaparametrar – Allmänna riktlinjer.

Detta är det första påtagliga resultatet från kommittén för Condition Monitoring and Diagnostics of Machines, TC 108/SC 5. Part 1: General Guidelines. Den borde heta "Allmän vägledning" i stället för "riktlinjer". Den innehåller nämligen inga

riktlinjer. Delarna 2 och 3 som ännu inte förekommer som dokument kommer enligt uppgift att handla om analys och presentation av data samt metoder för diagnostik av maskiner.

TC 108 har titeln *Vibration and Shock*. SC 5 tillkom under stora födslovåndor i början av 90-talet. Arbetet på maskinövervakning utsträcktes därvid till att omfatta mer än vibrationer vilket var kontroversiellt då såväl som nu. Vibrationsdelarna förlades på SC 2 och Instrumenteringen på SC 3. Från ISO-håll säger man att SC 5 kommer att gå sin egen väg och upphöjas till självständig ISO-kommitté. Det är dock mer än 10 år sedan som ämnet klassades som "emerging technology" och nu med detta första standardförslag på drygt två sidor normativ text med endast ett krav "Fault diagnosis procedures shall be in accordance with ISO CD 13379", vilket som synes bygger på en "draft" som ännu inte godkänts; som facit ser det inte ut som om SC 5 skulle klara sig bättre på egen hand. En svensk NEJ-röst i detta skede vore det enda rätta. Arbetet kommer inte att falla för den sakens skull. Sekretariatet har försäkrat sig om handlingsfrihet genom att påstå att arbetet inleddes först 1997 i stället för 1992 och då ger 7-årsregeln ytterligare drygt 4 års respit.

Alf Olsson

sylomer®

- dämpar vibrationer och stömljud!

SYLOMER är en mångsidig elastomer av polyuretan för isolering av vibrationer och stömljud.

Materialet uppskattas bl.a. för dess

- utmärkta egenskaper
- dokumentation
- livslängd
- kemiska resistens
- flexibilitet

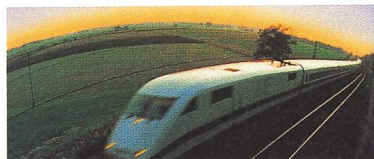


Lösningar för byggnadsapplikationer

SYLODYN är en vidareutveckling av SYLOMER för speciella dynamiska krav.



Lösningar för industri och produkter



Lösningar för järnväg

SYLOMER och SYLODYN tillverkas av Getzner Werkstoffe, Österrike och representeras i Norden av Christian Berner AB. Tillsammans löser vi alla handa vibrationsproblem med hjälp av hög kompetens, kvalitet och lång erfarenhet.

Med rätt material kan man komma långt.



CHRISTIAN BERNER AB

BOX 207 • 5-433 24 PARTILLE • 031-33 66 900 • FAX 031-33 66 999

Fredagen den 9 juni disputerade Johan Jonsson med sin avhandling

On Ground and Structural Vibrations Related to Railway Traffic

Opponent var Dr. Scient. Christian Madshus, Norges Geotekniske Institutt. En engelsk sammanfattning av avhandlingen ges nedan. Den som önskar ett exemplar av Johans avhandling kan rekvirera en sådan genom att skicka en förfrågan till:

johan.jonsson@solid.chalmers.se

ABSTRACT

The continuous development and integration of railway infrastructure, especially within urban areas, can cause ground and building vibrations to reach levels that bring discomfort to people. The growing risk of damage to buildings located in areas prone to ground vibration should not be underestimated. Trains with greater axle loads and increased speeds generate higher vibration levels. When trying to reduce and to control these problems, as well as to gain acceptance for new solutions, the ability to predict ground and structural vibrations from railway trains is vital.

Experimental and theoretical investigations were carried out to characterize and explain low-frequency ground and structural vibrations related to railway traffic. Multi-channel measurements of ground vibrations from railway traffic were made, from which the displacement field from a passing train was visualized. In a case study of structural vibrations from railway traffic it was concluded that only low frequencies were effectively transmitted into a building foundation. Structural vibrations related to railway traffic were

measured on a specially designed and constructed building structure with a slab-on-grade foundation. It was found that the structure was subjected to loading by a wave field slightly inclined to the railway track normal.

A model to calculate the low-frequency spectral components of ground vibrations from passing trains is proposed. The model includes the quasi-static component of the train/track load, while the railway track is assumed to act as a Timoshenko beam on a half-space. The model is verified against a series of measurements; the longer the train is, the better the resemblance between numerical and experimental data. Structural vibrations related to railway traffic were studied numerically. The ground vibration model was used to simulate the low-frequency ground vibrations from railway traffic. A combination of the finite element method and the consistent infinitesimal finite element cell method was used; the latter method was chosen to model the supporting soil. Good resemblance between simulations and measurements was obtained.

Kurser och konferenser

ACSIM 2000

2nd Asia-Pacific Conference on Systems Integrity and Maintenance (ACSIM)

Tid och plats: 23 – 25 augusti 2000
Nanjing Hilton International Hotel
NANJING, China

Upplysningar:: Conference Secretariat
Mrs Anna Maltezos
Dept of Mechanical Engineering
Monash Unbiversity
900 Dandenong Road
CAULFIELD EAST, VIC 3145
Australia
Tel: (61 3) 9903 2335
Fax: (61 3) 9903 1084
E-mail: anna.maltezos@eng.monash.edu.au
<http://www-mech.eng.monash.edu.au/acsim>

NOVEM 2000

Noise & Vibration Pre-Design and Characterisation Using Energy Methods

Tid och plats: 31 augusti – 2 september 2000
Lyon Congress Centre, Frankrike

Upplysningar: Laboratoire Vibrations-Acoustique – LVA
Bâtiment 303
INSA de Lyon
20, avenue Albert Einstein
F-69621 VILLEURBANNE
Frankrike
Tel: +33 4 7243 8707
Fax: +33 4 7243 8712
E-mail: novem@lva.insa-lyon.fr
<http://lva.insa-lyon.fr/novem2000>

7th International Conference on Vibrations in Rotating Machinery

Tid och plats: 11 - 14 september 2000
University of Nottingham, England

Upplysningar: Ed Maycock
Tel: +44 171 973 1316
Fax: +44 171 222 9881
E-mail: e_maycock@imeche.org.uk

EAA Symposium on Architectural Acoustics

Tid och plats: 16 – 20 oktober 2000
Madrid, Spanien

Se vidare <http://www.ecua2000.cpe.fr>

Systemidentifiering, systemmodeller

Tid och plats: 17 – 19 oktober 2000
Lökeberg (mellan Kungälv
och Marstrand)

Arrangör: SVIBs AU 1

SVIB

Vibrationsdagen 2000

Tid och plats: 22 november 2000
Operahuset, Stockholm

Arrangör: SVIB

SVIB

Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics

Tid och plats: 26 – 31 mars 2001
San Diego, CA, USA

Upplysningar: Continuing Education
University of Missouri-Rolla
103 Mechanical Engineering Annex
ROLLA, Missouri 65409-1560
USA
Fax: (573)341-4992
<http://www.umar.edu/-conted/>

9th International Conference on Hand-Arm Vibration

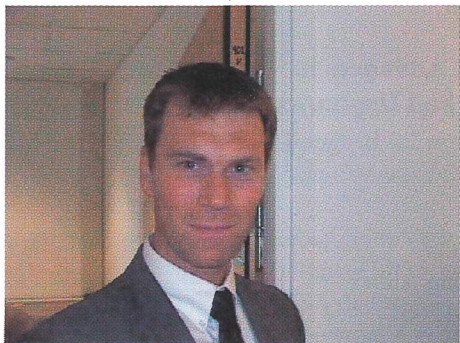
Tid och plats: 5 – 8 juni 2001
Nancy, Frankrike

Upplysningar: INRS, Département IET
DONATI / hav 2001
Avenue de Bourgogne
F-54500 VANDOEUVRE
Frankrike
Tel: +33 3 83 50 20 49
Fax: +33 3 83 50 21 86
E-mail: donati@inrs.fr

Eighth International Congress on Sound and Vibration

Tid och plats: 2 – 6 juli 2001
Hong Kong, China

Upplysningar: Congress Secretariat ICSV8
c/o Dr K M Li
Dept of Mechanical Engineering
The Hong Kong Polytechnic University
Hungghom, Hong Kong
China
Tel: +852-2766-7992
Fax: +852-2365.4703
E-mail: mmicsv8@polyu.edu.hk



stefan.ohlsson@ingemansson.se

Stefan Ohlsson, Ingemansson Automotive AB i Göteborg, har efterträtt Eva Lundberg, ABB Corporate Research, som ordförande i AU 2 Fordons- och maskinvibrationer.

Hans inträde i SVIB blev som han själv uttryckte det på senaste styrelsemötet något tumultartat sedan undertecknad utan förvarning låtit publicera innehållet i

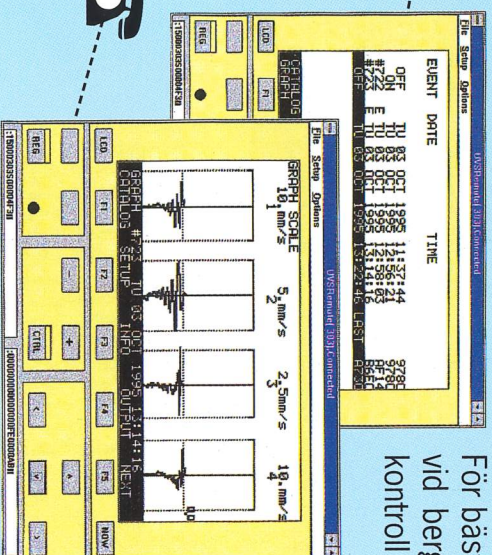
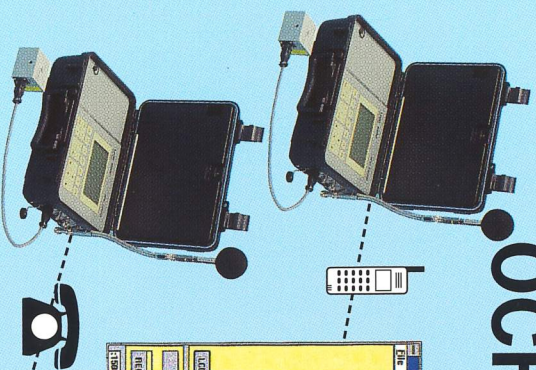
ett mail från honom ställt till mig personligen.

Det som inträffade var att han fick ge uttryck åt det som jag tyckte var på pricken rätt men som jag inte såg som kritik mot någon eftersom jag till skillnad mot Stefan visste att Eva var barnledig. Jag beklagar detta och tackar försynen för att denna incident inte ledde till något värre än att Stefan faktiskt blev ordförande. Nej, vänta nu. Jag menar att det trots allt kunde ha gått värre om han inte hade övertagit ordförandeskapet från Eva. Nej, Nej. Ursäkta. Jag börjar om igen.

Många minns det lyckade symposiet som Eva och AU 2 arrangerade i Riksgränsen våren 1998. Nu ser vi fram emot fler övningar med större engagemang och ett ökat intresse från fordonsindustrin. Det låter bättre. Välkommen till den hårda verkligheten i SVIB!

Alf Olsson

SPRÄNGTEKNIK OCH VIBRATIONSKONTROLL



För bästa möjliga och säkra resultat vid bergsprängning och vibrationskontroll krävs avancerad specialistkompetens. Nitro Consult har med mångårig erfarenhet vidareutvecklat och förfinat sitt sprängteknik- och vibrationskontrollsystem, UVS. Allt för våra uppdragsgivares bästa, tekniskt såväl som ekonomiskt.

UVS REMOTE

En PC med vårt UVS Remote-program och en telefon kopplad till vårt UVS 1500 instrument är allt som behövs för vibrationsteknisk analys vid kontrollerad sprängning. Var du än befinner dig i världen och var sprängningen än äger rum.

Nitro Consult AB

Box 32058, 126 11 Stockholm
Telefon 08-681 43 00 • Telefax 08-681 43 36

DYNO Explosives

Befriad!

Brüel & Kjaer PULSE - Multianalysatorn nu bärbar

**PORTABLA
PULSE**



*Kompakt
och robust med PULSE's
goda prestanda och funktioner.
Mjukvaran är från grunden
skriven för Windows NT är tätt
integrerad med MS[®] Office och har
ett omfattande Active X[™]
gränssnitt. Portabla Pulse ger
dig morgondagens
funktionalitet idag*

Din PC är din analysator

FFT, 1/n-oktaver och
totalnivåanalysatorer kan köra
på din PC samtidigt
(multianalys).

Hur? Programmets unika
analysmotor medger realtids
signalbehandlingsprestanda
från din PC:s processor utan
ytterligare DSP hårdvara
(Minimikrav på PC: 300 MHz
Pentium II, 128 MB RAM, 4GB
hårddisk)

Intelligent Front-End

Portabla Pulse's Front-End
stödjer givarID (TEDS) enligt
IEEE P1451.4, med vars hjälp
systemet automatiskt känner
av och identifierar anslutna
givare. Du behöver alltså
inte längre ställa in
kanalkänslighet eller ange
givartyp i mät-setupen. Det
görs automatiskt!

Plug'n'Play-givare helt
enkelt!

Del i PULSE-familjen

Öppen modulär och skalbar,
Brüel & Kjaers PULSE-familj
är din framtida ljud- och
vibrationsmätplattform.
Börja var som helst och lägg
till applikationer, kanaler
och processresurser
allteftersom dina behov
växer. Allt detta kommer
dessutom till ett
konkurrenskraftigt pris.

Kapabelt!

- 4 ingångar och 2
generatorutgångar (2-6
kanalig konfigurerings
på gång)
- DC till 25.6 kHz på
ingångskanalerna
- Avbrottsfri inspelning
av tidsdata till PC:ns
hårddisk (TTD)

Analysmetoder i standardutförande:

- Oktavanalys (CPB): 1/1,
1/3, 1/12, 1/24-oktaver
samt totalnivå
- FFT: Upp till 6400
linjer. Också vid zoom
- Totalnivåer: 7 olika
broadbandspara-
metrar

PULSE klarar:

- Drag och
släpprapportering
till Word
- Tätt integrering
med Excel
- Dataexport i alla
vanliga format

PULSE -

tillämpningar:

- Ljudintensitet
- Identifiering av
ljudkällor
- Ljudkvalitet
- PULSE brygga till
MATLAB[™]
- PULSE brygga till
ME'scope[™]
- Vold-Kalman Order
Tracking Filter
- Modal Test
Consultat[™]
- Time Capture

Brüel och Kjaer Sverige:

Tel: 08-449 86 00 • Fax: 08-449 86 10 • E-post: info@bksv.se • www.bk.dk

Lokalkontor sydväst:

Tel: 033-12 31 22 • Fax: 033-12 31 40

Brüel & Kjaer 
www.bk.dk