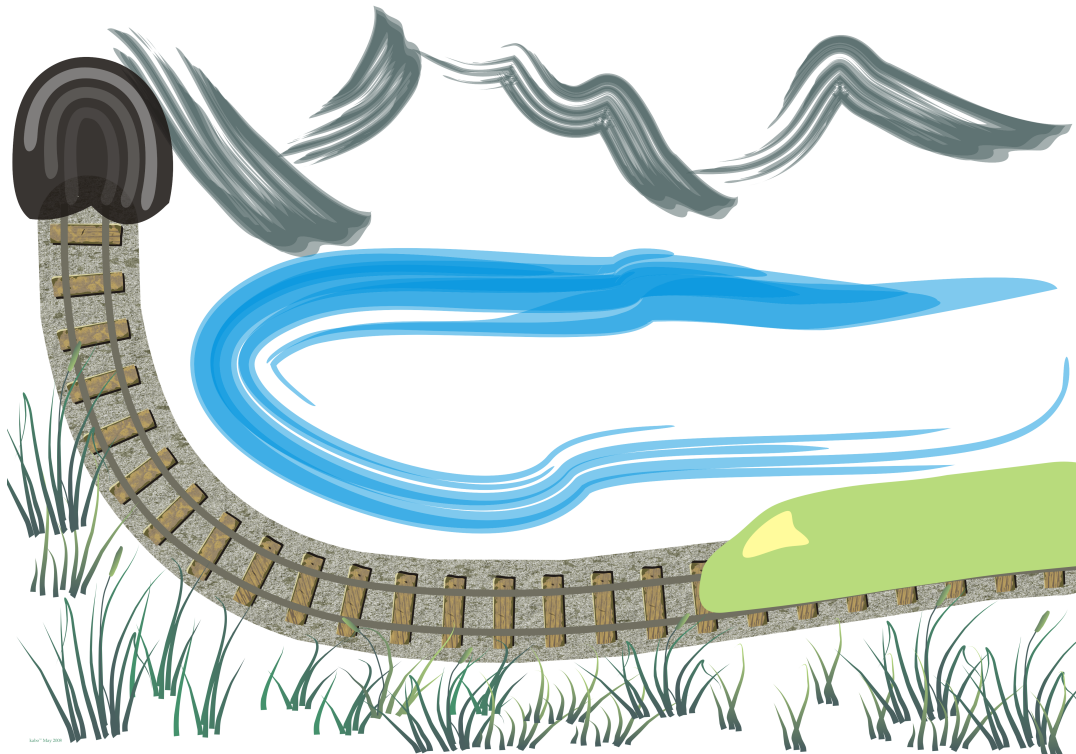


NORDISKT JÄRNVÄGSSEMINARIUM

2008



22–23 maj 2008

Hooks Herrgård

SAMMANSTÄLLNING OCH FORMGIVNING

Roger Lundén • Anders Ekberg • Elena Kabo • Bengt Åkesson

Innehåll

Presentationerna är sorterade efter försteförfattarens efternamn.

P L E N A R F Ö R E D R A G

GrönaTåget Evert Andersson	6
Utbildning i järnvägsteknik – nuläge och utmaningar Mats Berg	7
INNOTRACK – INNOvative TRACK systems www.innotrack.eu Ulla Espling & Anders Ekberg	8
Ett akustiskt perspektiv på framtida nordisk järnvägstrafik Anders Frid	9
FUD inom Leverans anläggning Tomas Ramstedt	10
Ny TSD Lok och passagerarfordon anger EU:s krav för nya lok, motor- och personvagnar – Vägen till ett driftskompatibelt Europa. Stefan Sollander	11
En operatörs teknikutmaningar och önskemål om FoU satsningar Marcin Tubylewicz	13

P A R A L L E L L A S E S S I O N E R

Towards Probabilistic Design of Railway Sleepers Thomas Abrahamsson, Johanna Lilja & Jens Nielsen	16
Materialteknisk forskning inom CHARMEC – stål i hjul, räler och växlar Johan Ahlström, Birger Karlsson, Martin Schilke & Krste Cvetkovski	17
Dynamic effects in transition zones of high speed railway lines Cristina Alves Ribeiro, Rui Calçada & Raimundo Delgado	18
Ny sliper i Sverige för 35 tons axellast Rikard Bolmsvik & Jens Nielsen	19
Vehicle features minimizing serious consequences of a train derailment Dan Brabie & Evert Andersson	20
RCF crack propagation in rails Jim Brouzoulis	21
Dynamic wheel-rail force measurements and simulations of a high-speed train running on two tracks with different flexibility and irregularities Nizar Chaar & Mats Berg	22
Effektiv konicitet i TSI och praktik Pelle Corshammar & Per-Anders Jönsson	23

Timoshenko beam on elastic bed with application to railway sleeper with under-sleeper pad Tore Dahlberg	24
STRATOFORCE – Strain to force wayside detector Ulla Espling & Dan Larsson	25
Är den fordonstillverkande industrin anpassad till en avreglerad marknad? Lars Fehrlund & Håkan Sjöström	27
Thermal impact on RCF of wheels Håkan Hansson & Anders Ekberg	28
Combined effects of noise and vibration from railway and road traffic Tomas Jerson, Evy Öhrström & Mikael Ögren	29
Experimental study of the influence of USP on track response using LSQ on field measurement data Johan Jonsson, Philippe Schneider, Rikard Bolmsvik, Tony Johansson & Jens Nielsen	30
Konicitet och kurvradiefördelning – TSD Godsvagnar och särskilda förhållanden i Sverige Per-Anders Jönsson & Sebastian Stichel	31
Preventing sun-kinks Elena Kabo & Anders Ekberg	32
Stochastic analysis of dynamic interaction between train and railway turnout Elias Kassa & Jens C. O. Nielsen	33
Vibration filters for activity comfort in passenger trains Shafiquzzaman Khan & Jerker Sundström	34
Att prestera i kyla i järnvägsmiljö, under höga krav på trafik- och elsäkerhet Anders Linné & Ulla Espling	35
Tågtrafiksimulering av en framtida utformning av sträckan Malmö–Lund Mats Lithner	37
Framtida tågs energiförbrukning Piotr Lukaszewicz	38
Alarm limits for wheel flats Jens Nielsen, Elena Kabo & Anders Ekberg	39
Improving ride comfort in trains with active suspension Anneli Orvnäs, Sebastian Stichel & Rickard Persson	40
The Manchester benchmarks for rail vehicle simulation Ingemar Persson	41
Regina 250 – test experience of self radial steering bogies Rickard Persson	42
Motion sickness in tilting trains Rickard Persson	43
Simulation of impact forces caused by wheel flats: A parameter study Astrid Pieringer & Wolfgang Kropp	44
Effektivt godsvagnsunderhåll Thomas Robertsson	45

Identification of wheel-rail contact force Hamed Ronasi	46
Tracks and wheels for higher speeds and axle loads on Swedish railways Johan Sandström	47
Experiences from the Swedish T43H Hybrid Locomotive Mattias Skoglund, Peter Bark & Stefan Östlund	48
Effektivare underhållskoncept för fordon–högre tillgänglighet och lägre underhållskostnader Ulf Smedbo	49
Simulator för Spårburen Trafik, SST – lägesbeskrivning och framtida utveckling Jerker Sundström & Mats Lindström	50
Measurements and simulations of lateral rail vehicle dynamics with large suspension deflec- tions Dirk Thomas & Mats Berg	51
Multiple crack interaction with RCF-loading Johan Tillberg	52
Rail corrugation growth on curves Peter Torstensson	53
Temperatures at railway tread braking – a parametric study Tore Vernersson & Roger Lundén	54
Influence of under-sleeper pads on track dynamics Stephen Witt	55
Trafikberoende spårnedbrytning och kopplingen till olika egenskaper hos fordonen Johan Öberg	56
Design av sömnförsök i lab med vibrationer och buller från tågtrafik Mikael Ögren, Tomas Jerson & Evy Öhrström	57

P L E N A R F Ö R E D R A G

GrönaTåget

Evert Andersson

Professor och projektledare, KTH Stockholm

everta@kth.se

GrönaTåget är ett FUD-program som initierats av Banverket i avsikt att bygga upp kompetens och förmåga att både utveckla och upphandla nästa generations snabbtåg med anpassning till svenska och nordiska förhållanden. I detta ingår att tåget ska vara *flexibelt* och kunna användas i olika slags trafik - långväga och mera kortväga, i långa tåg och kortare. Det ingår också att tåget ska vara *skonsamt mot spåret* och att tåget ska kunna köra utan att skaka alltför mycket på *icke-perfekt spår*. Vi kommer även i framtiden att ha både godståg och snabbtåg på många spår.

Tåget ska ge *minskat buller* och ytterligare *lägre energiförbrukning*. Tåget ska fungera bra även i *vinterklimat*. *Restiderna* ska bli kortare och topphastigheten kommer att ligga på minst 250 km/h, kanske runt 300 km/h. Tåget ska vara *attraktivt och komfortabelt* att åka med. Det ska vara anpassat för resande med *funktionshinder*. Det måste så långt möjligt ansluta till *europastandard*. Sist men inte minst ska de framtida snabbtågen ha betydligt *lägre kostnader* per plats-km än dagens tåg.

Att uppfylla alla dessa krav kräver en omfattande utveckling, både avseende teknik, beteendevetenskap, ekonomi och marknad. De första delprojekten startade 2005 och programmet planeras pågå åtminstone t.o.m. 2010. Programmet innehåller ett brett spektrum av intressanta arbetsområden: Ekonomi, marknadsförutsättningar, trafikering och kapacitet, boggier, gångegenskaper och påkänningar på hjul och spår, korglutning och aktiv fjädring, strömvtagning, buller (externt och internt i tåget), drivsystem, energiförbrukning, tillförlitlighet i vinterklimat, aerodynamik, förarmiljö. Men det största projektet handlar nu om hur man skapar en attraktiv passagerarmiljö.

Prov med ett ombyggt Regina-tåg, bl a utrustat med nya boggier och extra bullerskydd, provas somrarna 2006 - 2008. Vinterprov gjordes under 2007.

Det finns många samarbetande partners i detta program. Tågtillverkaren *Bombardier* gör stora insatser genom att stå för hårdvaran i tåget och en hel del tekniska studier. *KTH* gör forskningsinsatser inom valda områden. *KTH* har även en samordnande roll och ska sprida information. *Transitio* lånar ut ett Regina-tåg för prov och föreningen *Tågoperatörerna* ansvarar för att köra provtågen. *Chalmers*, *Interfleet*, *VTI* och *Transrail* har också viktiga delar i detta FoU-program. *Konstfack* arbetar med en attraktiv passagerarmiljö. Sist men inte minst finns Banverket som initierat hela programmet.

I programmets slutfas ska möjliga specifikationer tas fram. Dessa kan ligga till grund för dem som sedan ska upphandla och mera konkret utveckla framtidens snabbtågssystem - på sikt troligen efterföljaren till bl a *X 2000*. Tåget ska kunna användas även för snabb regionaltrafik. Det ska kunna användas för att snabba upp trafiken på befintliga spår och även på de nya höghastighetsbanor som vi hoppas så småningom ska komma till stånd även i Sverige. Vi tror att tåget kan passa även för övriga Norden.

GrönaTåget är "grönt" genom att det ska vara tyst och energisnålt. Men framförallt är det tänkt att vara *attraktivt och prisvärt* för passagerarna så att folk väljer att ta det miljövänliga tåget i stället för att åka med andra transportmedel.

Utbildning i järnvägsteknik – nuläge och utmaningar

Mats Berg

Järnvägsgruppen, KTH, Stockholm

mabe@kth.se

Svensk järnvägsutbildning fram till 1988 skedde huvudsakligen genom dåvarande SJ. Uppdelningen i SJ och Banverket då samt ytterligare uppdelning av SJ senare har förändrat denna bild väsentligt, liksom den tilltagande internationaliseringen. Svenska högskolor – främst LTH, KTH, Chalmers och LTU – har numera en viktig roll inom järnvägsteknisk utbildning och forskning.

Sedan några år tillbaka ger LTH (campus Helsingborg) i samarbete med Järnvägsskolan (Ängelholm) en treårig högskoleutbildning till "järnvägsingenjör". Tonvikt ligger på järnvägens infrastruktur. Studenterna kommer huvudsakligen direkt från gymnasiet eller från en anställning inom Banverket.

Svensk civilingenjörsutbildning, som numera är på fem år, ger begränsade möjligheter att förkovra sig inom järnvägstekniken. Främst erbjuder KTH kurser inom järnvägsområdet, idag ett tiotal inom vitt skilda delområden som Spårfordons dynamik, Elektrisk traktion, Tågtrafikplanering och Signalsäkerhetssystem. De sista 2-2,5 åren kan studenter inom vissa civilingenjörsprogram välja en delvis järnvägsrelaterad fördjupning mot Fordonsteknik (väg- och spårfordon), Anläggningsprojektering eller Trafikplanering.

Det utländska inslaget av studenter på tekniska högskolor i Sverige har utvecklats dramatiskt på senare år, från främst europeiska utbytesstudenter på 0,5-1 år till mest utom-europeiska studenter som läser tvååriga mastersprogram (svarande mot år 4 och 5 i den svenska högskoleutbildningen). Som exempel kan nämnas att KTH idag erbjuder ca 50 mastersprogram, två med viss järnvägsanknytning är Infrastructure Engineering och Transport Systems. Ett mer järnvägsspecifikt mastersprogram på KTH är under diskussion.

Forskarutbildning med järnvägsteknisk inriktning erbjuds idag i Sverige främst på KTH, Chalmers och LTU.

Mera praktisk järnvägsutbildning ("training" till skillnad från "education"), sker ofta genom internkurser på olika företag/organisationer och i Sverige genom Järnvägsskolan. Ett exempel på nordisk samverkan är kursen Nordisk Banteknisk Ingenjörsutbildning. Uppdragsutbildning inom järnvägstekniken erbjuds främst av KTH, med Banverket och Bombardier Transportation som främsta uppdragsgivare. Dyliga kurser ges då som ett fåtal heldagar, ofta hos aktuellt företag/organisation. Andra viktiga samverkansformer bransch- högskola inom järnvägsutbildningen är studiebesök, exjobb och projekt inom forskar-utbildningen.

Den största utmaningen är hur järnvägsbranschen som helhet kan locka till sig främst unga personer. På initiativ av Banverket har nyligen projektet "Kompetensförsörjning inom järnvägssektorn" startat. Vi i Norden delar denna utmaning med hela Västeuropa.

INNOTRACK – INNOvative TRACK systems

www.innotrack.eu

Ulla Espling & Anders Ekberg

Banverket / Luleå Railway Research Center CHARMEC

Ulla.Espling@ltu.se anders.ekberg@chalmers.se

INNOTRACK is a three-year (2006-09-01 – 2009-08-31) project aiming at decreasing the life-cycle costs (LCC) with 30% in areas addressed by the project. There are 36 partners within INNOTRACK. 8 of these are infrastructure managers (from Austria, Czech republic France, Germany, Netherlands, Sweden, Spain, UK). Further, the branch organisations UIC, UNIFE and EFRTC are involved. From Sweden Banverket, Damill AB and Chalmers are involved. Björn Paulsson of Banverket/UIC is project leader and Anders Ekberg of CHARMEC is Scientific & Technical coordinator of the project. The Swedish contributions amount to more than 100 man months.

As mentioned, the aim of INNOTRACK are rather drastic LCC reductions. To achieve this a strong interaction between infra-managers and the industry is needed. Further INNOTRACK is organised in a transverse manner. Three “technical” sub-projects aim at deriving innovative solutions for improved life cycle costs of foundations, rail, and switches & crossings. Innovative here includes processes and methodologies, as well as products. These “traditional” sub-projects are supported by three additional sub-projects that aim at identification of European problems and assessment of European solutions, assessment of logistic needs for derived solutions and quantification of gains in LCC and RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety), respectively, see figure below.

The current presentation will give an overview of INNOTRACK where some of the achieved results are highlighted. In addition, particular attention will be given to the work in deriving a common LCC assessment methodology to be able to compare cost savings on a European level.

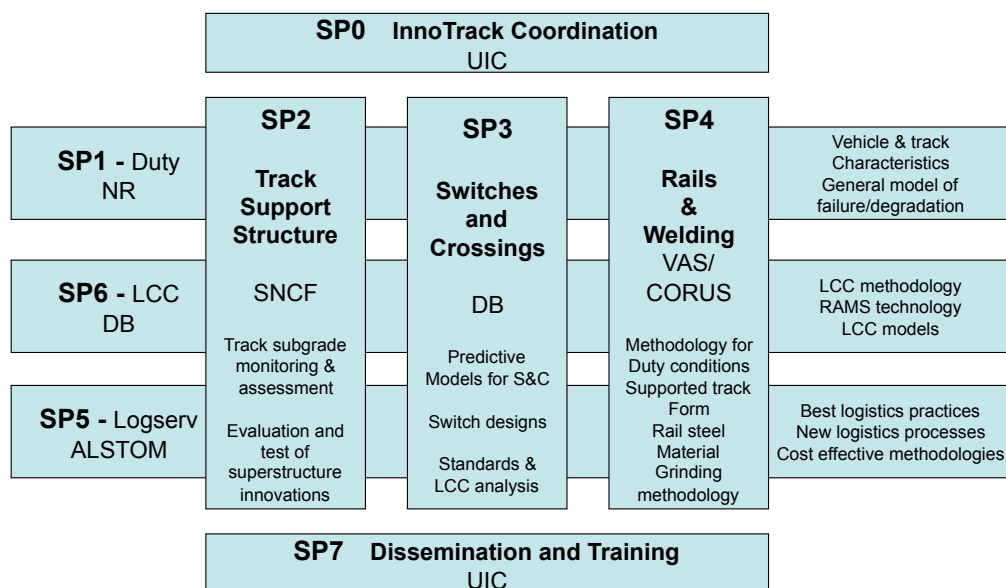


Figure The organisation of the INNOTRACK-project

Ett akustiskt perspektiv på framtida nordisk järnvägstrafik

Anders Frid

Bombardier Transportation, SE-721 73 Västerås
anders.r.frid@se.transport.bombardier.com

Det finns en bred samsyn i samhället att järnvägstrafiken har en nyckelroll för att bidra till att lösa framtida ökade transportbehov både av frakt och passagerare. Detta har sedan flera år tillbaka slagits fast både på europeisk och nationell nivå och har i och med klimatdebatten fått utökad aktualitet. Att hantera bullret från den ökade trafiken kommer här in i bilden som en av de mest väsentliga faktorer som måste hanteras och där det finns stora utmaningar. Föredraget kommer att ge en överblick över var teknikområdet järnvägsbuller står i dag och rikta speciellt fokus på några viktiga aktuella frågeställningar.

På europeisk nivå handlar den oomtvistat viktigaste frågan om att reducera buller från rullande godsvagnar. Orsaken är de skrovliga rullningsytor som uppstår på hjul som bromsas med block av gjutjärn. Genom att byta material i bromsblocken är det välkänt att bullernivån minskar med typiskt 10 dB. Tekniska lösningar finns tillgängliga och att åtgärda problemet är i princip en fråga om att hitta finansieringsmodeller. Sedan några år tillbaka pågår ett omfattande europeiskt lagstiftningsarbete inom ramen för det s.k. TSD-regelverket med syfte att öka effektiviteten och minska gränshindren för den internationella järnvägstrafiken. För nyttillverkade fordon finns t.ex. bullergränsvärden för olika driftsfall som måste uppfyllas enligt lag. Mycket möda inom TSD för buller har ägnats åt att definiera egenskaper för provspår eftersom den välkända svårigheten att skilja på hjul- och spår-komponenten av rullningsljudet har stor betydelse i ansvarsfrågan. En annan stor fråga på europeisk nivå är införandet av bullerdirektivet som kommer att få konsekvenser för större tåtorter i ett första skede i och med kravet på upprättande av bullerkartor och handlingsplaner för att minska bullernivåer vid s.k. "hot spots".

Något som är högaktuellt i den svenska debatten är talet om ökade hastigheter för persontrafik som planeras i och med byggnaden av Götalandsbanan och Europabanan. Även i Norge diskuterar man högre hastigheter medan man i Finland tycks fokusera på sin befintliga 200 km/h-trafik. Höga hastigheter kommer förstås att ställa stora krav på att bullernivåerna hålls under kontroll. Här kommer den nya teknik som utvecklas inom det svenska programmet Gröna Tåget väl in. På provtåget som satte svenskt hastighetsrekord i somras testades t.ex. boggikjolar och en aktivt styrande boggi utan girdämpare vilket sänker ljudnivån ut- och invändigt. I dessa hastigheter blir aerodynamiskt buller betydande och detaljutformning av fronten och utstickande föremål på tak och i underrede blir viktig.

Förutom lagstiftning för buller till omgivningen handlar det för tillverkarna också om att leverera fordon som uppfyller operatörernas och passagerarnas förväntningar på en komfortabel resandemiljö. Det är en stor utmaning som handlar om att kombinera låga ljudnivåer med låg vikt och låga kostnader. Det gäller att ha ett helhetsperspektiv och kunna balansera och integrera delsystem som kylfläktar, motorer och transformatorer från underleverantörer men också att använda nya avancerade material och konstruktioner för vagnskorgar och boggier.

Mekanismerna bakom rullningsljud kan anses väl utredda sedan ett tiotal år tillbaka och forskningsmässigt riktas ansträngningarna nu åt delvis andra håll som kurv- och bromsskrik, fläktbuller, markvibrationer och aeroakustik. Indirekt har forskning om nötning och nya hjul- och räl-material stor betydelse eftersom den effektivaste metoden att minska rullningsbullret är att köra släta hjul på släta räler...

FUD inom Leverans anläggning

Tomas Ramstedt

Banverket

tomas.ramstedt@banverket.se

Leverans anläggnings huvuduppgift är att tillhandahålla en anläggning som utifrån planerad tågplan presterar den kvalitet som utlovats.

Vårt resultat mäts i en säker, kvalitativ och kostnadseffektiv anläggning ur ett livscykelperspektiv.

Vi ansvarar för järnvägsanläggningens tekniska systemstandard och systemförvaltning av de tekniska systemen. Det innefattar it-baserade driftssystem och trafikantinformationssystem. Vi har även ansvar för att utveckla och fastställa tekniklösningar samt att föreslå långsiktiga utvecklingsbehov.

Vi tar fram underhållsstrategier, sätter tillgänglighetskrav på bandelar och anläggningstyper och analyserar de underhållskonsekvensbeskrivningar som Investeringsdivisionen tar fram.

Att utveckla kostnadseffektiva produktions- och underhållsmetoder, att optimera anläggningsmassan och se till att underhållsinsatserna stör trafiken så lite som möjligt samt att avgöra var i anläggningen begagnat material ska eller bör användas är andra uppgifter.

Vi ansvarar för tekniska utredningar som ska klargöra vilka delar i anläggningen som bör bytas eller där större reparationer bör genomföras. Vi utreder även om dagens anläggning klarar av kommande kundkrav (av mindre omfattning) och om mindre kapacitetsförbättringar är möjliga.

Vi är cirka 200 medarbetare i Anläggning som finns över hela Sverige.

FUD verksamheten kommer att fokusera på dagens problem och kommande kundkrav. Exempel på problemområden är spårväxlar, kontaktledning, spårledning, avvattningsanläggningar, buller, vibrationer kontaktutmattnings på räl och växelkomponenter. Vi kommer även att arbeta med att utveckla underhålls-, mät- och analysteknik.

Ny TSD Lok och passagerarfordon anger EU:s krav för nya lok, motor- och personvagnar – Vägen till ett driftskompatibelt Europa.

Stefan Sollander

Järnvägsstyrelsen

Stefan.Sollander@jvs.se

EU har tagit ett antal direktiv för driftskompatibilitet, säkerhet och marknadsöppning i järnvägssystemet. Målet är att underlätta den gränsöverskridande järnvägstrafiken. De driftskompatibla järnvägarna i Europa innebär att alla fordon kan rulla på hela infrastrukturen, nästan. Dessutom finns en gemensam syn på hur trafiksäkerheten ska garanteras.

De tekniska kraven på fordon, infrastruktur och trafikstyrningssystem anges i Tekniska Specifikationer för Driftskompatibilitet (TSD). Det finns idag TSD:er för höghastighetssystemet och vissa andra prioriterade områden (TSD för Godsvagnar, Trafikstyrning samt Drift och trafikledning). EU håller nu på att ta fram TSD:er för det konventionella järnvägssystemet:

- ▶ TSD Lok och passagerarfordon (alla konventionella fordon utom godsvagnar)
- ▶ TSD Infrastruktur (krav på infrastruktur exkl. trafikstyrning och energi)
- ▶ TSD Energi (krav på energiförsörjning och strömavtagning)
- ▶ TSD Telematikapplikationer för passagerare (info, biljettsystem mm)

Man arbetar inom EU:s arbetsgrupper med att ta fram dessa TSD. De kommer troligen att beslutas under 2009 och träda i kraft 2011. Syftet med TSD:erna är att riva de tekniska och administrativa hindren för den gränsöverskridande järnvägstrafiken. Med gemensamma tekniska regler och fordon som är godkända i hela Europa kommer järnvägstrafiken att öka, och kostnaden för materielen minskar eftersom man tillverkar den i större serier.

TSD Lok och passagerarfordon behandlar kraven på de fordon som ska rulla på järnvägssystemet. Kraven är gemensamma för EU+ och de gäller för säkerhet, hälsa, miljö och driftskompatibilitet. I princip ska det räcka med att järnvägsfordonet är godkänt i ett land för att det ska få rulla fritt inom hela EU. Tyvärr ser infrastrukturen olika ut i de olika staterna så fordonen måste vara anpassade för de linjer de ska gå på.

TSD Lok och passagerarfordon kommer att ställa krav inom 11 områden:

- ▶ Struktur och mekanik (bl.a. kollisionssäkerhet)
- ▶ Gångdynamik och profil (bl.a. urspårningssäkerhet)
- ▶ Bromssystem (drift-, nöd- och parkeringsbroms)
- ▶ Passagerarrelaterade funktioner (dörrar, info-system och larm)
- ▶ Anpassning mot miljö (inkl krav för Nordiskt vinterklimat)
- ▶ Säkerhetssystem (t.ex. el-skydd, märkning, strålkastare och tyfon)
- ▶ Traktionssystem och strömavtagning (15 kV, 162/3 Hz i Sverige)
- ▶ Förarhytt och drift (man-maskin gränssnitt, arbetsmiljö)
- ▶ Brandsäkerhet och utrymning (material, larm och utrymning)
- ▶ Service (uppställning, vatten, toaletter och bränslepåfyllning)
- ▶ Dokument för drift och underhåll (förar- och underhållsmanual)

Specialfall för Sverige blir bredare och tyngre fordon eftersom banorna tillåter detta. Förarna kräver helljus och backspeglar. JVS kräver att det finns skydd mot klämrisk vid dörrstängning. Banverket vill förbjuda användning av virvelströmsbromsar. Fordon som ska gå i nordiskt vinterklimat måste vara anpassade för detta. När och var det finns risk för nordiskt vinterklimat ska anges i infrastrukturregistret. Fordonens egenskaper ska framgå av JVS fordonsregister.

TSD:erna innebär också en ändrad process för godkännande. Det är anmälda organ (notified bodies) som ska granska att fordonen uppfyller specifikationerna i TSD. Sedan ska "den upphandlande enheten" eller tillverkaren skriva en EG-kontrollförklaring för fordonet. Sedan kan fordonet godkännas i en eller flera EU+-stater.

TSD:erna kommer att leda till nästan driftskompatibla järnvägar i Europa. De tekniska specifikationerna för fordon blir gemensamma för hela EU+. Detta underlättar den gränsöverskridande trafiken och tillverkarna kan bygga större serier av fordon med endast marginella anpassningar mot infrastrukturen. Detta är vägen till ett konkurrenskraftigt järnvägssystem i Europa.

En operatörs teknikutmaningar och önskemål om FoU satsningar

Marcin Tubylewicz

Green Cargo

Marcin.Tubylewicz@greencargo.com

Green Cargo har gått igenom en mycket omfattande utveckling det senaste decenniet drivet av de svenska järnvägarnas avreglering. Bolaget ser helt annorlunda ut idag när det gäller operationell effektivitet och kommersiellt kundstyrt ledarskap än på den tiden vi fanns inom affärsverket SJ. Givet den nytillkomna ökande konkurrensen och ägarnas krav på avkastning måste dock bolaget fortsatt i mycket hög grad fokusera på att ständigt öka sin kostnadseffektivitet och anpassa sitt kunderbjudande till marknadens krav.

En signifikant del av Green Cargos kostnads massa är relaterad till driften av våra fordon och underhållet av dessa. När det till exempel gäller underhållet av vagnar så är kostnaden relaterat till hjulslitage och hjulskador en dominant del av detta. Vi har därför ett starkt behov av att minimera hjulslitage och samtidigt förstå kopplingen mellan slitage och parametrar som axellast och medelhastighet. Projekt ihop med universiteten för att minska hjulslitage och till exempel bättre förstå kostnaden av att öka axellasten skulle vara av stor nytta för Green Cargo, speciellt då vi är i besittning av en stor mängd rådata som skulle kunna nyttjas i ett sådant arbete.

När det gäller hjulsystem på lok så är kontroll av hjulaxlar en åtgärd som dimensionerar underhållsintervall. Idag kasseras en hjulaxel vid minsta antydning till sprickbildning som upptäcks vid optiska kontroller. Vår huvudleverantör av lokunderhåll kommer inom kort att introducera avancerad ultraljudsutrustning för automatiserad kontroll av sprickor i hjulaxlar. Genom denna utrustning kommer man att kunna bedöma sprickors utbredning och, vid upprepade kontroller, självfallet även deras propageringshastighet. Vi kommer alltså inom kort att ha tillgång till utrustning som teoretiskt skulle kunna möjliggöra drift av hjulaxlar med sprickor under kontrollerade former, om vi bara visste hur... Ett forskningsprojekt för att ta fram procedurer för kontroll och bedömning av spricktillväxt och parametrar för bedömning av när axlarna slutgiltiges borde kasseras vore av stort värde för Green Cargo.

Idag finns en mängd olika metoder för underhållsoptimering och underhållseffektivisering. Många av dessa metoder är mycket väl beskrivna på det teoretiska planet. När det dock gäller tillvägagångssätt för att praktiskt implementera dessa metoder så är den tillgängliga litteraturen inte alls lika täckande. Här finns en utmärkt möjlighet till samarbete mellan industri och universitet. Green Cargo skulle mycket väl kunna stå värd för sådana projekt, då vi först och främst är i behov av att sänka våra underhållskostnader och samtidigt har en stor mängd rådata som skulle kunna utnyttjas till att konstruera pragmatiska implementeringsmetoder.

Jag har här bara visat ett axplock av olika konkreta områden där en operatör som Green Cargo skulle behöva hjälp och samtidigt ge universitet och högskolor möjligheter till att bedriva tillämpad forskning i "verkliga livet". Vi på Green Cargo uppskattar mycket det samarbete som redan nu är etablerat mellan oss forskningsvärlden som till exempel Chalmers och KTH, och ser fram emot fortsatt gott samarbete i framtiden.

P A R A L L E L L A S E S S I O N E R

Towards Probabilistic Design of Railway Sleepers

Thomas Abrahamsson, Johanna Lilja & Jens Nielsen

Applied Mechanics, Chalmers University of Technology

thomas.abrahamsson@chalmers.se

The environmental conditions for railway sleepers vary from site to site and from time to time in a fashion that can best be described as being stochastic. That goes for the weather conditions, train loading conditions and sleeper embedding conditions. In the sizing of sleepers it may therefore be advantageous to apply a stochastic framework instead of the deterministic approach used today. In a CHARMEC project we focus on the sleeper-ballast contact load distribution and it is planned that a stochastic approach to the modelling of subgrade, ballast and traffic be used in sleeper design. The required statistical properties will be deduced from test data. The project covers both the acquisition of test data and the development of application oriented probabilistic design methods. The target is to optimize the sleeper to meet an acceptable level of probability of failure.

For the acquisition of data a test campaign is planned. A sleeper-ballast contact load sensor system has been developed which relies on a 96 distributed strain sensors to give a sufficient time and space resolution of the contact pressure. The design of the sensor system has been made using Monte Carlo simulations to estimate the minimum ballast stiffness distribution correlation lengths that need to be resolved by experiments for sufficiently accurate sleeper stress predictions. The sensors has been built in hardware and first field tested at Malmbanan near Gällivare. A test campaign is planned to 2008 in which the load sensor system will be roving between about ten locations in Sweden to get statistical data.

In parallel to testing an ongoing effort is to investigate methods for reliability analysis. We use reliability analysis to calculate the probability of sleeper failure considering the variation of loading and physical properties. Accuracy of probability predictions and computational effort are main considerations when choosing a reliability prediction method. The Monte Carlo simulation is regarded as one of the most accurate but also most computationally expensive methods. Since the simulation of dynamic stresses in sleepers is very computationally demanding we focus on other reliability prediction methods. A combination of Monte Carlo simulation with response surface approximations has been investigated. Different response surface approaches have been used while focussing on accuracy of the estimated probability of failure. In this first study one single sleeper design concept and one single loading condition has been considered.

Materialteknisk forskning inom CHARMEC – stål i hjul, räler och växlar

Johan Ahlström, Birger Karlsson, Martin Schilke & Krste Cvetkovski

Chalmers Material- och tillverkningsteknik
johan.ahlstrom@chalmers.se

Denna presentation kommer att ge en översikt över vilka problemområden vi har arbetat med i tidigare CHARMEC-projekt och även beskriva planerna för två nystartade projekt.

Det kommer att handla om hjulplattor och de materialomvandlingar som sker nära dem. En kombination av fullskaleexperiment, mikroskopistudier och beräkningar har lett till god förståelse av materialomvandlingar vid hjulplattor. Vi kommer också in på hur man kan nå förbättrade egenskaper av hjulmaterial genom justeringar i tillverkningsprocessen. Eventuellt kan sådana förändrade material ge mindre problematiska skador vid senare hjulplattbildning.

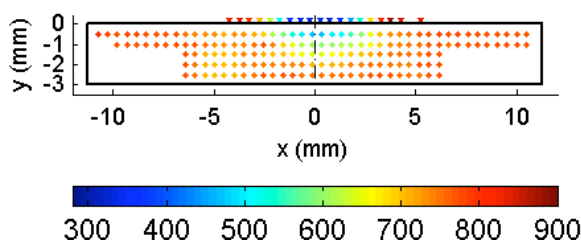
Vi kommer tala om laserbeläggning med slitstarka legeringar för att nå minskade problem med nötning, orundhet, materialomvandlingar vid hjulplattor etc. Metoden kan ge fantastiskt goda resultat vad gäller vidhäftning och egenskapsförbättringar, men det är viktigt att skiktet läggs på enligt konstens alla regler - annars finns risk för att skiktet spricker loss.

Man noterar ofta mer skador på hjul vintertid, och detta har förstås många orsaker. Det är ett faktum är att stålet blir hårdare och sprödare vid låg temperatur, samt att man dessutom lättare får de materialomvandlingar runt hjulplattor som gör stålet sprött. Vi har därför arbetat med utmattningsprovning av hjulmaterial vid låga temperaturer.

Material i växeltungor och andra extra hårt påkända delar av växlar kan vara av olika slag, till exempel manganstål eller härdade stål. Trots att dessa material har väldigt olika egenskaper, kan de båda fungera bra i denna tuffa tillämpning. Här har vi arbetat tillsammans med andra CHARMEC-projekt för att ge underlag för materialmodeller som kan användas för materialval vid dimensionering av växelkomponenter.

I ett nystartat doktorandprojekt kommer vi att arbeta med sprickbildning i olika rälmateriell tillsammans med voestalpine schienen i Österrike. Vi kommer att jämföra sprickbildning uppkommen i drift med sprickbildning i mera väldefinierade labförsök. Även här finns planer för samarbete med andra CHARMEC-projekt som arbetar med modellering av sprickor.

I ett annat nystartat projekt kommer vi studera materialomvandlingar vid snabba upphettningar, till exempel ett för aggressivt programmerat drivsystem eller då de låsningsfria bromsarna inte hinner med att kompensera för hastiga variationer i friktionskoefficient. Både experimentella studier med mikroskopi, utmattningsprovning samt modeller av skadeuppkomst ingår. Projektet kommer att dra nytta av metoder för karaktärisering av materialens beteende som utvecklats i tidigare projekt om laserbeläggning (se figur).



Bilden visar hur hårdheten varierar i ett tvärsnitt av ett härdat "mynt" av hjulstål, där centrum av överytan återvärmats till 600°C under 0,5 s. Man använder en laserstråle för att återvärma ytan. Experimenten ger svar på hur stålet beter sig vid snabba temperaturpulser. Det är viktigt både för att förstå materialets egenskaper runt termiska skador och för modellering av dessa.

Dynamic effects in transition zones of high speed railway lines

Cristina Alves Ribeiro*, Rui Calçada & Raimundo Delgado

Faculdade de Engenharia, Porto, Portugal

*also Linköping University, Solid Mechanics/IEI, SE-581 83 Linköping, Sweden

ana.ribeiro@fe.up.pt ruiabc@fe.up.pt rdelgado@fe.up.pt

The present work aims at studying the dynamic effects in zones of abrupt changes in track stiffness caused by track foundations on soils with distinct deformability moduli. (One example is a track embankment towards a bridge.) The soil-track-train model was developed in the commercial program ANSYS, and the dynamic interaction between the track and the train was performed by the application of non linear contact algorithms that are available in this program. Simulation scenarios have been considered corresponding to deformability moduli ratios for the foundation soils equal to 5, 10 and 20 and for the circulation of the ICE2 train at the speeds of 300 and 350 km/h. The influence of the train model on the wheel-rail interaction forces was analysed and the use of the train axle acceleration as an indicator of the dynamic component of this force was investigated.

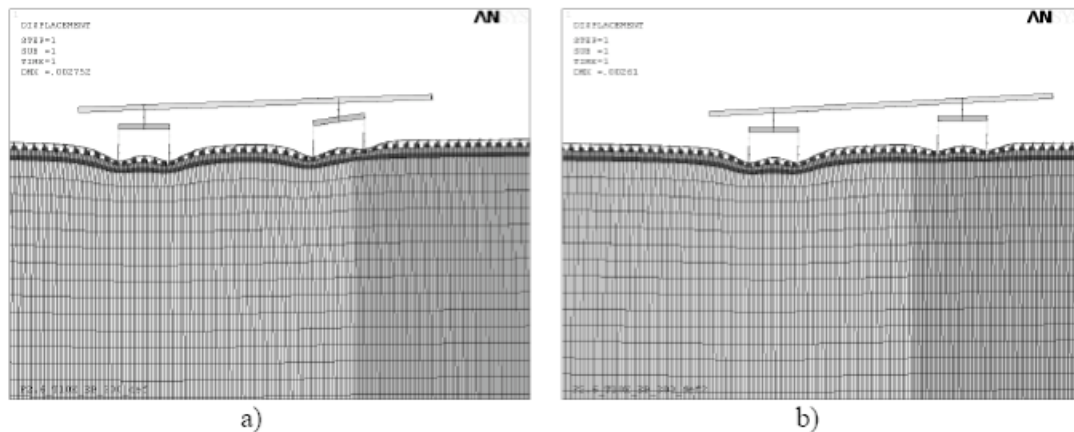


Figure: Deformation of the system soil-track-train (a locomotive) at transition zone for two different positions of the locomotive.

Ny sliper i Sverige för 35 tons axellast

Rikard Bolmsvik & Jens Nielsen

Abetong AB, CHARMEC

rikard.bolmsvik@abetong.se jens.nielsen@chalmers.se

Inför slipersupphandling sommaren 2007 gav Banverket CHARMEC i uppdrag att ta fram ett underlag för den tekniska specifikationen som styr sliperns prestanda. Det mest utmärkande kravet var att slipern skulle klara av en axellast på 35 ton vilket är en kraftig ökning ifrån tidigare nivå på 25 ton. Ökning i lastkapacitetskrav härrör ifrån de transporter som sker på Malmbanan i norra Sverige.

Ökningen i lastkapacitet innebar en förändring av slipergeometrin vilket gjorde att samtliga tillverkare i Sverige behövde uppgradera sin tillverkningsutrustning (med bl.a. nya formar).

CHARMECs uppdrag innefattade utvärdering av mätresultat från fullskalemätningar på Svealandsbanan och Malmbanan, teoretiska spåranalyser innehållande parameterstudier samt utmattningsanalyser av betongsliprar.

Mätningarna i spår visade t.ex. inverkan på genererade böjmoment (rälläget och slipermitt) i en sliper för varierade axellaster, storlek på hjulplattor samt fördelning av ballaststyvhet längs en enskild sliper. Utfallet ifrån mätningarna gav indata till de teoretiska parameterstudier som gjordes med hjälp av tåg/spårmodellen DIFF.

Teoretiska utmattningsanalyser av befintliga sliprar utfördes för det belastningsutfall som registrerats vid de hjulskadedetektorer som finns längs Malmbanan.

Resultaten ifrån parameterstudierna och utmattningsanalyserna gav nödvändig information för att fastställa de dimensionerande böjmoment som krävs i slipern för att klara en trafik med 35 tons axellast utan att tillföra spåret en alltför hög styvhet som riskerar att föra över belastningen till andra spårkomponenter.

Banverkets slipersupphandling 2007 gav att Abetong kommer att leverera runt 60 procent av de sliprar som behövs i Sverige de närmsta fem åren. För att klara detta leveransomfång har Abetong byggt om och uppgraderat hela deras sliperfabrik i Vislanda. Projektet har haft en budget på 25 MSEK och pågått under 35 arbetsveckor från och med juli 2007. I projektet har bland annat helt nya formar för den nya slipergeometrin tagits fram. En ny montagestation för rälbefästningen har även byggts då Banverket ersatt tidigare E-clip befästning med Fastclip.

Vehicle features minimizing serious consequences of a train derailment

Dan Brabie & Evert Andersson

KTH Rail Vehicles, Stockholm, Sweden

everta@kth.se

In order to investigate various possibilities of minimizing train derailment consequences of trains at higher speeds, a research program have been carried out at KTH – in close co-operation with Banverket, SJ AB, Interfleet Technology, Bombardier and Järnvägsstyrelsen – during 2002-2007. The focus has been on passenger train derailments due to various mechanical failures close to the wheel-track interface, as well as other causes that ultimately affect the wheelset guidance on rails. This category of failures includes axle failures (outside and inside wheels), rail failures, objects on track etc.

In a first step empirical evidence was gathered from authentic accidents and incidents. Until Nov 2007 a total number of 39 events was investigated and collected in a data base. About a third of the investigated events originated in Sweden, where also most detailed information on the cause of events was available. Other valuable information was collected from a number of cases in USA, United Kingdom, Germany, France and Japan. From the analysis of these authentic events preliminary conclusions were drawn on vehicle features that may contribute to a less dangerous derailment outcome. In some cases vehicle features were found to prevent a derailment to occur.

The second step was to make a more precise and systematic investigation by means of a newly purpose-developed computer simulation model. This model is able to predict the vehicle's behaviour when some of the wheels have derailed and thus are bouncing on sleepers. The complete model and its associated methodology have been successfully validated in a number of authentic cases, both on straight track and on curves. The implementation is made in the multi-body simulation system GENSYs.

The above-mentioned analysis has pointed out a number of vehicle design features and parameters to be favourable with regard to the outcome of mechanical failures in the wheel-rail interface, namely:

- ▶ Wheelset mechanical restrictions (vertical and longitudinal) relative to the bogie frame
- ▶ Low-reaching parts of bogie frame, brake disc or axle box
- ▶ Couplers restricting the lateral deviation between cars
- ▶ Low centre of gravity
- ▶ Inter-carbody dampers on articulated trains, in particular in longitudinal direction.

The presentation will include some demonstrations on the suitability of different vehicles features, including appropriate geometrical and stiffness parameters.

RCF crack propagation in rails

Jim Brouzoulis

Department of Applied Mechanics / CHARMEC
 Chalmers University of Technology, Gothenburg Sweden
 v03brji@vtek.chalmers.se

In this article we study the development of a single *head check crack* under rolling contact fatigue (RCF) conditions. These cracks develop at the rail surface and propagate in an inclined manner, see Figure 1. When the cracks have grown a certain distance they tend to either curve upwards or downwards. The usual case is that the crack grows upwards and a small piece of the rail is spalled of. However, if the crack turns downwards the result may be a straight through crack with catastrophic consequences such as derailment. Therefore, being able to simulate the growth of these cracks is of outermost importance.

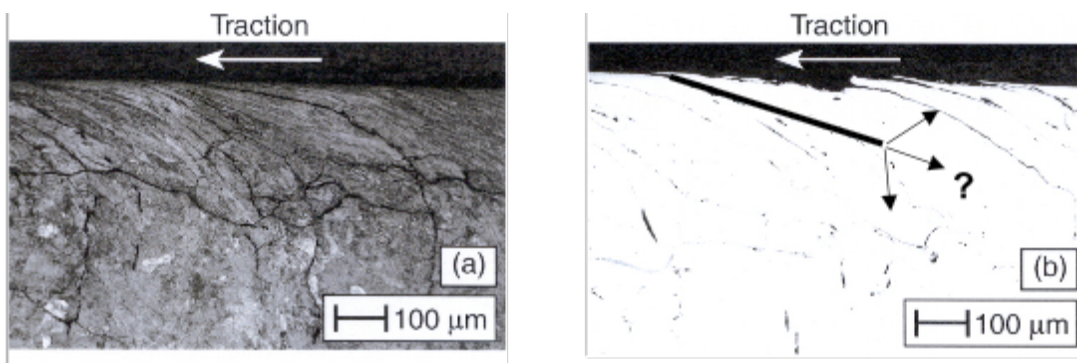


Figure 1: Head check crack and crack trajectory

In this paper we use crack advancement methods based on the so called *concept of material forces*, which allows us to determine possible directions of propagation. In Figure 2 different crack paths can be seen depending on the initial crack angle (10°, 20° and 45°). The studied methods seem to show that the propagation direction is rather independent of the initial crack angle and that the crack turns downwards after it has grown to some critical length. However, numerous simplifications have been applied in these simulations and the method used is still in its developing stage.

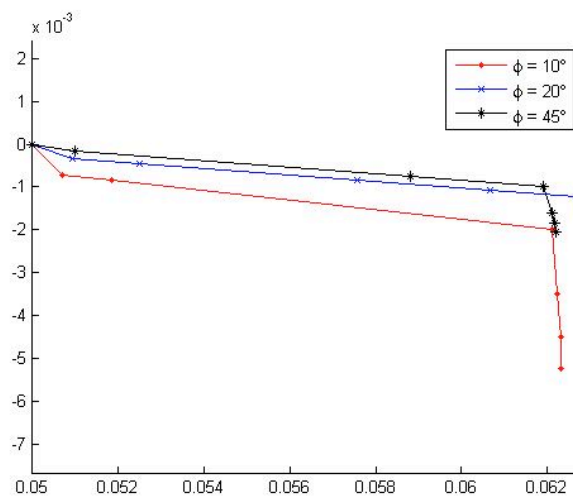


Figure 2: Crack trajectories depending on different initial crack angles.

Dynamic wheel-rail force measurements and simulations of a high-speed train running on two tracks with different flexibility and irregularities

Nizar Chaar & Mats Berg

Division of Rail Vehicles, KTH, Stockholm

nizo@kth.se

Vehicle-track dynamic interaction is a multi-disciplinary subject that deals with different topics such as ride comfort and safety, track forces, wheel-rail wear, etc, and is influenced by a variety of factors among which track flexibility and track irregularities are two important aspects.

Track misalignments are of great importance since they represent the main excitation source for the vehicle-track system. Measurements of the track irregularities and their respective wavelength intervals are regulated through relevant standards. For instance, the suggested interval in UIC 518 and EN 14363 is 3-25 m, which eliminates high-frequent track forces and hence are forgiving with regards to wheel and rail fatigue damage.

Track flexibility, is also of great interest. It is quite known from previous studies that the stiffness variation along the track induces low-frequency oscillations of the train whereas sudden changes in track stiffness can also cause high-frequency vibrations.

In the current work, the influence of track flexibility and track irregularities on the wheel-rail forces in the frequency range of 0-200 Hz is investigated through numerical simulations and pertinent on-track measurements. The case studied involves a newly designed two-car train running at two adjacent tracks with different track components and at speeds up to 280 km/h. In order to enhance the credibility of this work and for better representation of the track properties, measured track flexibility and track irregularities are used for the simulations.

The vertical and lateral track flexibilities are modelled through so-called moving track models which are situated under each wheelset and follow the vehicle at the same speed. The moving track model data are chosen so as to match the pertinent receptances against the measured ones. Also the sleeper passing effect is introduced by varying the track flexibility data along the track.

Measured and simulated wheel-rail forces, both vertical and lateral ones, are utilised to investigate the influence of mainly track flexibility, track irregularities, vehicle speed and wheelset flexibility. Time histories, statistical quantities and power spectral densities are used in this evaluation.

The current results clearly show that the track flexibility, which varies together with the track components, significantly influences the vertical force and to lesser extent the lateral force. Furthermore, both the sleeper passing and short wavelength irregularities play important roles for the track forces.

Effektiv konicitet i TSI och praktik

Pelle Corshammar & Per-Anders Jönsson

Atkins Sverige AB, Kalendegatan 26, 211 35 Malmö

Tikab Strukturmekanik AB, Mörbydalen 9, 182 52 Danderyd

per.corshammar@atkinsglobal.com, per-anders.jonsson@tikabs.se

Ett hjulpar har en inneboende styrförmåga vilken till stor del bestäms av hjulets respektive rälets geometri. Grundläggande för styrförmåga såväl som stabilitet hos fordonet är utformningen av tvärsnittsprofilerna samt den rullradiesskillnad som uppkommer mellan höger och vänster hjul vid en lateralförskjutning av hjulparet relativt spåret. Egenskaperna i kontakten mellan hjul och räl är dessutom starkt bidragande till kostnaden för underhåll av fordon såväl som bana.

Ett sätt att karakterisera kontakten mellan hjul och räl är via en så kallade effektiv konicitet vilken är ofta en starkt olinjär funktion vilken allmänt kan sägas bero på:

- ▶ Hjulprofil
- ▶ Hjulvidd
- ▶ Flänstjocklek
- ▶ Rälprofil
- ▶ Rälslutning
- ▶ Spårvidd
- ▶ Relativ lateralförskjutning

På senare år har definitionen och beräkningsförfarandet för effektiv konicitet standardiserats av UIC och inkluderats i Tekniska Standarder för Interoperabilitet (TSI).

I föredraget diskuteras begreppet effektiv konicitet samt dess variation och inverkan på fordonens dynamiska egenskaper. Vidare belyses kraven i TSD samt behov av kontroll och underhåll av såväl fordon som bana.

Timoshenko beam on elastic bed with application to railway sleeper with under-sleeper pad

Tore Dahlberg

Solid Mechanics/IEI, Linköping University, 581 83 Linköping
tore.dahlberg@liu.se

An analytical solution to the problem of a vibrating beam on an elastic foundation is presented. An application example is a concrete railway sleeper embedded in an elastic medium (the ballast) and/or equipped with an elastic under-sleeper pad. The sleeper is also elastically connected to the rails. Rayleigh-Timoshenko (R-T) beam theory for a beam on an elastic foundation is used and eigenfrequencies are calculated. The beam (sleeper) is divided into three sections that have piecewise constant properties. The central portion of the beam is slightly thinner than the outer parts, and each one of the three parts may or may not be supported by the elastic foundation. The elastic connections to the rails are situated at the two joinings of the three sleeper sections.

Some conclusions are that Euler-Bernoulli beam theory can be used to calculate two, or maximum three, eigenfrequencies of the sleeper. For higher frequencies R-T beam theory should be used. The under-sleeper pad (or foundation) stiffness influences the lowest bending-mode eigenfrequency the most; higher eigenfrequencies are practically unaffected by the pad (foundation) stiffness. The influence of railpad (and rail) stiffness on the sleeper eigenfrequencies is negligible.

STRATOFORCE – Strain to force wayside detector

Ulla Espling & Dan Larsson

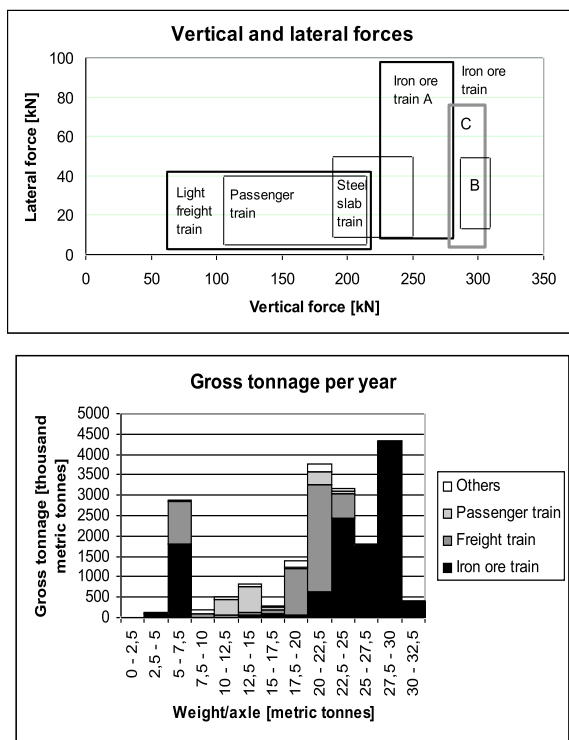
Järnvägstekniskt Centrum, LTU Damill AB

Ulla.Espling@ltu.se

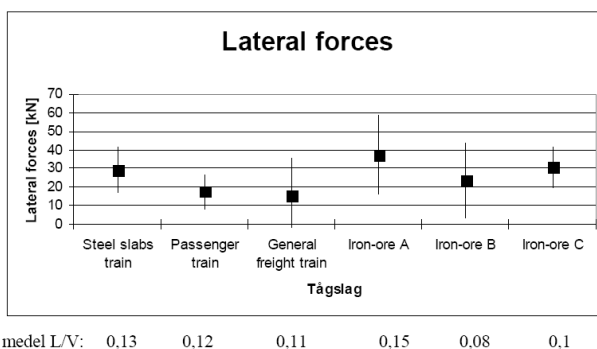
Under flera år har ett forskningsprojekt med namnet "DeCoTrack" (Degradation Cost of Track) bedrivits inom ramen för Järnvägstekniskt Centrum, JVTC. Med hjälp av DeCoTrack är det möjligt att prediktera hur underhållskostnaden och nedbrytningshastigheten förändras om man förändrar förutsättningarna för trafikering på banan, t.ex. ökar axellasterna, dvs. ett beslutsstödsystem för hur ett optimerat underhåll av järnvägsspåret ska utföras. För spårägaren (Banverket) är dessa beslutsstöd av yttersta intresse eftersom man vill minska sina fasta underhållskostnader (underhållet av spår kostar idag ca 120 kr/lspårmeter och år) och istället öka kvalitén på de ställen där riktade underhållsinsatser behövs. För att kunna prediktera underhållsbehovet på sikt är det viktigt att veta hur olika tågfordon påverkar nedbrytningen av spåröverbyggnaden. Därför har en ny mätteknik utvecklats inom JVTC. Med den nya tekniken mäts de spårkrafter som olika fordonstyper utsätter spåret för. Krafterna relateras sedan till de typiska skador och nedbrytningsförlopp som kan iakttas på den aktuella bandelen. Tekniken benämns Stratoforce och har omsatts i en fullskalig permanent mätstation och åtta temporära uppställningar som till dags dato (april 2008) mätt mer än 30000 tågpassager. Resultatet från mätningarna används för att typklassificera fordonen i grupper med avseende på hur mycket de nöter på spåret. Under de senaste åren har en allt större efterfrågan på denna typ av information noterats från såväl forskare, spårägare och fordonsägare.

I utvecklingen av Stratoforce har ingått dels utveckla system för kodifiering av data så att det går att presentera on-line, delas att paketera detta som en säljbar och ny produkt för beslutsstöd både till spårägare och till trafikoperatör. Stratoforce levererar nu ett antal nyckeltal som är under utvärdering i JVTCs forskargrupper. Nyckeltalen berör:

- ▶ Preliminär fordonsprofil/trafikprofil enligt figur 1. Det är de stora talens lag som gäller i inledningsskedet dvs inte enskilda axlars exakta gångdynamik.
- ▶ Tonnagefördelning mellan och inom fordonslag, se figur 2.
- ▶ Fordonsgruppernas relativa underhållsstandard,
- ▶ Statistik på andel utliggare ex lateralkrafter > 100 kN och vertikal kraft > 225 kN
- ▶ Topplista på fordon som genererar höga spårkrafter samt trenddata
- ▶ L/V gränsvärden som underhållsgräns, se figur 3.
- ▶ Anloppsvinklar för alla axlar som passerar mätstället.
- ▶ Underhållshistorik (Räl) – slipning, utbytesfrekvens (när börjar ubyte i kurvor), rälsmörjning,
- ▶ Banprofil – andel spm kurvor i olika radie intervall. Kurvor som driver slitage, ytu-mattning, vågbildning.



Figur 1. Grov fordonsklassificering/gruppering. Figur 2. Fördelning av olika fordonsklasser.



medel L/V: 0,13 0,12 0,11 0,15 0,08 0,1

L = lateralkraft (max värde per axel), V = vertikal kraft per axel (statisk + dynamisk axellast). Vertikal linje i diagrammet korresponderar mot +/- 1*StdDev.

Figur 3. Exempel på uppmätta fordonsklassers L/V-förhållanden (lateralkraft/vertikal axelkraft) samt spridningsmått inom respektive klass.

Är den fordonstillverkande industrin anpassad till en avreglerad marknad?

Lars Fehrlund & Håkan Sjöström

Green Cargo

Lars.Fehrlund@greencargo.com

Många av Green Cargos timmervagnar av littera Lnps är i slutet av sin tekniska livslängd. 2002 genomfördes en upphandling av 186 kortkopplade timmervagnar efter en funktionell specifikation. Ett av kraven var att vagnarna skulle dimensioneras för axellasten 30 ton.

En förserievagn tillverkades och genomgick tester, bland annat ett UIC518 prov. Proven visade att enstaka mindre justeringar krävdes. Gångdynamiskt fanns inga överskridanden.

När fordonen satts i trafik kom tidiga rapporter om kraftigt hjulslitage på samtliga vagnar i trafik.

Föredraget beskriver de tekniska problemen som förorsakade hjulslitage samt hur problemet rättades till.

Frågor som

- ▶ vad gick fel
- ▶ varför gick det fel
- ▶ kan liknande problem undvikas?

kommer att diskuteras.

Thermal impact on RCF of wheels

Håkan Hansson & Anders Ekberg

Chalmers University of Technology, Applied Mechanics / CHARMEC

`hakan.hansson@chalmers.se`, `anders.ekberg@chalmers.se`

It is well known that surface initiated rolling contact fatigue damage of railway wheels is often accompanied by thermal damage. Thermal damage of railway wheels may be manifested in many ways. The wheel material may be transformed. A (probably) benign case is the mis-coloring of spots on the wheel rim. A more severe form is the martensite transformation of the wheel material, which is normally accompanied by wheel flat formation. The restrained thermal expansion of the heated surface material may cause tensile residual stresses to build up in a thin surface layer as the wheel cools. If these residual stresses are high enough the result will be thermal cracking that may range from “brick pattern” like cracks that are fractions of millimeters deep up to wheel collapse due to radial thermal cracks that extend into the wheel disc.

In design of railway wheels thermal loading is accounted for by restrictions on residual stresses and deformations. However, this design focuses on cases where the thermal loading is the completely dominating load. In contrast a recently started PhD-project at CHARMEC focuses on cases where mechanical and thermal are interacting and damage is a result of the combined loading. These types of damages constitute the majority of surface cracks on railway wheels. It could be noted that these types of damages are not restricted to tread braked freight wagons, but also exist on passenger wheels which are mainly disc or electrically braked.

Thermal loading affects the mechanical response and damage formation in several aspects. Firstly, the heating may decrease the yield limit and increase the ductility of the material. This may lead to increased low-cycle fatigue damage and wear. Secondly small thermal cracks may decrease the wheel material’s resistance to subsequent mechanical loading.

To analyse and quantify the effects of thermal loading on mechanical resistance, a finite element model has been designed. The model accounts for non-linear plastic hardening of the wheel material. This is needed to simulate the severe plastic deformation of the surface layer of the wheel in a realistic manner. The backside of this sophisticated material model is that the simulations become very computationally demanding. To limit computational efforts it is therefore desirable to be able to transform the simulations to a two-dimensional model. For simulation of mechanical wheel–rail contact a plane strain model of a plane perpendicular to the wheel axis has normally been adopted. In contrast, for thermal loading a plane strain model with a cross-section parallel to the wheel axis is the natural choice. To compensate for this mismatch is far from straight-forward.

The current presentation will give an overview of thermal and mechanical surface damages of wheels. Then focus will shift to approaches for numerical simulations. Some preliminary simulations will be presented and the result discussed.

Combined effects of noise and vibration from railway and road traffic

Tomas Jerson, Evy Öhrström & Mikael Ögren

WSP Environmental

Department of Occupational and Environmental Medicine at the Sahlgrenska University Hospital/

Gothenburg University

Swedish National Road and Transport Institute

tomas.jerson@WSPGroup.se

To make the planning in reduction of noise and vibration measures more effective and thereby reducing the risk for the origin of health effects, it is important to have knowledge about the coupling between noise and vibration from train and road traffic. With the purpose of increasing the knowledge in those fields which have an larger importance in the society through increasing, faster, longer and heavier train traffic Swedish Rail Administration granted research resources to WSP Environmental in co-operation with the Department of Public Health and Community Medicine at Sahlgrenska Academy and the Swedish National Road and Transport Institute. The project started in 2006 and will be carried out in 2010.

One of the projects purposes is to investigate the connection between disturbance and exposure to noise and vibration from train traffic. The second purpose is to survey the train bonus, which means that noise from rail traffic is perceived as less annoying than road traffic noise. Finally the concurrent effects between simultaneous exposure from train and road traffic will be surveyed. The effects will be evaluated in every case with an inquiry and studies of the sleep quality in laboratory experiments. Field measurements of noise and vibrations will be carried out at selected spots in the experiment areas.

Experimental study of the influence of USP on track response using LSQ on field measurement data

Johan Jonsson, Philippe Schneider, Rikard Bolmsvik, Tony Johansson & Jens Nielsen

Vägverket Konsult Schweizerische Bundesbahnen SBB Abetong Teknik Christian Berner
CHARMEC

johan-o.jonsson@vv.se philippe.schneider@sbb.ch rikard.bolmsvik@abetong.se
tony.johansson@christianberner.com jens.nielsen@chalmers.se

Under Sleeper Pads (USP) were initially introduced to spare the ballast by generating a larger contact surface between the sleeper and the ballast. Later, a more resilient type of USP was suggested to handle environmental vibrations. This new type of USP may change the track dynamics and introduce relatively large displacement amplitudes in the frequency span 30 to 40 Hz, the same frequency range that is used when tamping the ballast. Aiming for higher train speeds and/or train axle loads, it is a general consensus that track quality in terms of a Track Quality Index (TQI) is better maintained when using USP. All these effects together results in a reduced track maintenance which makes it economically favourable to use USP at many places. An additional effect may be the decrease in impact of environmental groundborne noise and vibrations when used in sensitive areas. Still key questions to be answered are: Why is the TQI maintained when using USP, and in what way does the USP change the track dynamics?

Since relatively few investigations concerning the use of USP have been reported, it was decided to conduct comprehensive measurements at a specially prepared test site in Switzerland consisting of a double track divided into six sections, one reference section without USP and five sections with different USP. The following quantities were measured: sleeper acceleration and sleeper strain from passing trains; rolling stiffness using a special purpose rolling stiffness measurement vehicle; track receptance; and rail roughness. This study focuses on a correlation analysis of the measured quantities using least squares (LSQ). Among the results, the following is observed: a larger track stiffness standard deviation for track sections without USP than for sections with USP; an almost linear relation between acceleration standard deviation and sleeper strain standard deviation, and an almost linear relation between sleeper acceleration standard deviation and train speed.

Konicitet och kurvradiefördelning – TSD Godsvagnar och särskilda förhållanden i Sverige

Per-Anders Jönsson & Sebastian Stichel

Tikab Strukturmekanik AB, Mörbydalen 9, 182 52 Danderyd
KTH Spårfordon, Teknikringen 8, 100 44 Stockholm
per-anders.jonsson@tikabs.se stichel@kth.se

Kontaktförhållandena mellan hjul och räl är väsentligt bidragande för de dynamiska egenskaperna hos fordonen såväl som kostnaden för underhåll av fordon och bana. De karakteriserade ofta via den så kallade effektiva koniciteten.

I Sverige anläggs banor med en rärlutning på 1:30 vilket ger unika förhållanden. Vidare har banorna i Sverige en större andel kurvor med liten radie jämfört med många länder i centrala Europa. Detta ställer särskilda krav på fordonens styrförmåga och dynamiska egenskaper.

I föredraget diskuteras skillnaderna i hjul/räl kontaktförhållanden mellan Sverige och länder i centrala Europa samt dess inverkan på de dynamiska egenskaperna hos fordonen. En väsentlig skillnad är lågfrekvent korginstabilitet som förekommer i Sverige. Speciellt hos godsvagnar med standardlöpverk i enlighet med Teknisk Standard för Driftskompatibilitet, TSD Godsvagnar.

Korginstabilitet kan uppkomma vid typiska driftshastigheter hos godståg vid de låga till medelhöga värden på den effektiva koniciteten som ges vid nominella förhållanden för kombinationen S1002 hjulprofiler och BV50/UIC60 räler med lutning 1:30. Risker med korginstabilitet och möjliga lösningar på problemet diskuteras.

Vidare exemplifieras hur skillnad i styrförmåga hos fordon med olika standardlöpverk inverkar på kostnaden för underhåll av systemet.

Preventing sun-kinks

Elena Kabo & Anders Ekberg

Chalmers University of Technology, Applied Mechanics / CHARMEC

`elena.kabo@chalmers.se`, `anders.ekberg@chalmers.se`

Sun-kinks or lateral buckling of the track is one of the most feared phenomena in railway engineering. The mechanism is very straight-forward:

1. Heating of the rail causes thermal expansion.
2. If the thermal expansion is restrained (as it is in a continuously welded rail), a compressive force will be induced in the rail.
3. The track will buckle if the resistance to track displacement (in terms of ballast resistance, lateral bending resistance of the rail, etc) is not high enough.
4. Large lateral deflections of the track are developed when rail is fed into the buckled zone as the axial forces are locally relaxed. Buckling of the track may cause a relaxation of axial rail forces up to 200 meters from the buckled zone.

To analyse the formation of sun-kinks and thus identify parametric influences is far more complicated than what the straight-forward mechanism implies. The formation of buckling is in theory a stability phenomenon. This means that at a certain load the resistance is overcome and the track will buckle. Consequently there exists a well-defined critical load. However in reality there are always initial imperfections in the track geometry. These will drastically reduce the magnitude of the critical load. In addition they will make the critical load less well-defined.

To analyse the risk of sun-kinks while accounting also for the important effect of initial track imperfections, a finite element (FE) model of the track was designed. The numerical analysis basically consisted of a two-step solution where first the eigenmode of the buckling of the (geometrically imperfection free) track was assessed. This eigenmode was then introduced as an initial imperfection in the track and a limit load analysis was carried out.

To facilitate variations in geometry, sleeper spacing etc, a pre-processor was developed. Using this tool, parametric studies were carried out to assess the influence of curves, hanging sleepers, imperfection amplitude etc. The simulations and results will be presented at the seminar.

The second aspect of sun-kink formation that has been analysed is the lateral resistance of the sleeper. This is a highly crucial factor since increasing this resistance is one of the most effective means of counter-acting sun-kink formation. The simulations featured a constitutive model of the ballast material that has previously been developed within CHARMEC¹ and calibrated towards experimental tests. Results of a parametric study showed the influence of altering the ballast geometry. In particular the effect of increasing the height of the ballast shoulder seems to be very limited.

¹ www.charmec.chalmers.se

Stochastic analysis of dynamic interaction between train and railway turnout

Elias Kassa & Jens C. O. Nielsen

Banverket, LA Spårväxel, Borlänge CHARMEC/Department of Applied Mechanics, Göteborg
elias.kassa@banverket.se jens.nielsen@chalmers.se

The dynamic interaction between a train and a railway turnout depends on a large number of parameters related to the nominal design and the current conditions of both systems. For a given turnout design, there exist wide variations related to the loads from the passing trains due to different train types (passenger and/or freight), bogie designs, wheel profiles, wheel diameters, axle loads and train speeds. There also exist wide variations with respect to the geometry and material properties of the specific turnout, such as track gauge, track stiffness, sleeper spacing, etc. Degradation during the service life of the turnout leads to a wide variation in rail profiles, track irregularities and rail surface irregularities.

The influence of 14 input parameters on wheel-rail contact force, wear and RCF on the switch rail in a turnout has been investigated by using a design of experiment methodology. From the screening design, four input variables were identified to have the greatest influence. It is shown that axle load and friction coefficient have the largest effects on the dynamic response. The parameters that were identified as the most important were then investigated more thoroughly with a higher level factorial design. Here, a three-level full factorial design was applied. Several responses, such as normal contact force, rolling contact fatigue index and wear index were treated. Response surface models were generated for each individual response and for a combination of the individual responses. A combination of a severely worn tread wheel profile with a set of highly deformed rail profiles gives the highest wear index. It is shown in the calculated response surfaces that a high axle load combined with a high friction coefficient, a wheel profile with a severely worn flange and a set of severely worn rail profiles leads to the highest damage indicator value. This points out the importance of maintaining good wheel and rail profiles, otherwise an acceleration in wheel/rail degradation will take place.

It is also demonstrated that stochastic distributions of the input parameters need to be accounted for in the design process in order to derive relevant load spectra that the turnout will be subjected to. To determine input data for the statistical distribution of rail profiles along a turnout, a number of rail cross-sections were measured using the MiniProf equipment in several turnouts. Likewise, the statistical distribution of transverse wheel profiles was obtained from workshop measurements. Of particular interest in the present study is the probabilistic modelling of random fields such as the deviations of the measured wheel profiles and sets of rail profiles from the corresponding initial (nominal) profiles. Models for stochastic analysis have therefore been integrated with the simulation of dynamic train-turnout interaction. The random distributions of transverse wheel profile and set of transverse rail profiles along the switch panel are included by the Karhunen-Loève expansion technique. This expansion method has been shown to be an efficient tool in reducing a large number of stochastic variables to a small number of uncorrelated stochastic variables, maintaining sufficient accuracy. The influence of the random distributions of the input parameters on the statistical outputs of wheel-rail contact forces, wear and rolling contact fatigue is assessed using Latin hypercube sampling to generate a number of stochastic load realizations.

It is concluded that the suggested probabilistic approach is useful in optimization of the turnout design and that it may provide guidance in defining tolerance limits for the geometry of the turnout.

Vibration filters for activity comfort in passenger trains

Shafiquzzaman Khan & Jerker Sundström

Rail Vehilces, Kungliga Tekniska Högskolan (KTH), 100 44 Stockholm
Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), 581 95 Linköping

`j.sundstrom@vti.se`

An activity comfort filter has been developed on the basis of the laboratory experiments on two activities, reading and writing. The laboratory experiments conducted on lateral vibration at various discrete frequencies from 0.8 to 8 Hz. Subjects were asked to rate the difficulties immediately after performing each activity. The lateral filter was developed on the basis of two vibration amplitudes peak 0.4 m/s^2 (r.m.s = 0.2828 m/s^2) and peak 0.8 m/s^2 (r.m.s. = 0.5656 m/s^2) under various discrete frequencies from 0.8 to 8 Hz as a function of difficulties. The vertical filter was developed on the basis of vibration amplitudes r.m.s. = 1.0 m/s^2 . Both filters will presumably work with parallel of Wz filter.

Att prestera i kyla i järnvägsmiljö, under höga krav på trafik- och elsäkerhet

Anders Linné & Ulla Espling

Iskallt Ulling Consulting
Centrum för Riskanalys och riskhantering vid Luleå tekniska universitet
Ulla.Espling@ltu.se

Järnvägssystemet ska erbjuda samhället en hög transportkvalitet alla tider på året. Under perioden november till mars försämras kvaliteten med tågförseningar som följd. Dessa beror på bl.a. på det tekniska systemet fordon/bana innehåller komponenter som är känsliga för kyla, mycket fokus läggs ner på att anpassa drift och underhåll för att lösa dessa problem samt att identifiera riskområden. Men man glömmer ofta att utveckla, förbättra anpassa förhållandena för den personal som ska bedriva underhållet i en miljö där stora krav ställs på el- och trafiksäkerhet.

Drift och underhåll av järnvägssystem sker till stor del utomhus på geografiskt utsträckta anläggningar och fordon i trafik, i små tidsfönster och under höga krav på el- och trafiksäkerhet. Detta ställer höga krav på personalen med avseende på kompetens och erfarenhet. Inom vissa områden krävs mångåring utbildning och årlig certifiering vilket innebär att personalen utgör nyckelkompetens. Samtidigt utsätts denna personal för stora risker, inte bara med avseende på el- och trafiksäkerhet, utan också av omgivande faktorer såsom klimatpåverkande faktorer, t.ex. kallt klimat som definieras från temperaturintervall $T < 10^{\circ}\text{C}$. Tillgänglig statistik visade att under 2002 utsattes 16,4 % (22,7 % av männen och 9,5 % av kvinnorna) av samtliga anställda i Sverige för kyla vid utom- eller inomhusarbete under minst en fjärdedel av arbetstiden (Statistics Sweden, 2002). Nedkylning försvagar alla former av funktionsförmåga. Kylan reducerar blodcirkulationen i huden, händerna och fötterna, den höjer blodtrycket och belastar hjärtat. Speciellt i tungt arbete kyls andningsorganen ned och luftvägarna kan dra ihop sig. I arbete, som pågått i årtal i kyla, tycks speciellt led- och muskelbesvär utvecklas mera än i motsvarande arbete i värme (Institutet för arbetshygien)

Konceptet att "Prestera i kyla" bygger delvis på en ny metod som utvecklats att med hjälp av termografi mäta värmeförlust (nedkylning) av kroppsdelar resp. hur fort kroppen återhämtar sig. Metoden som utvecklats av Anders Linné vid I19:s vinterenhet (Numera Iskallt) genererar data som öppnar upp för flera nya forsknings- och utvecklingsområden, bl.a.;

- ▶ Inom hälsovetenskap är det övergripande syftet är att validera termografi som metod för att mäta köldkänslighet.
- ▶ Inom Arbetsvetenskap och teknisk psykologi är det övergripande syftet är att söka utveckla en metod att mäta upplevd kyla och dess samband med termografi- och fysiologidata samt kylans faktiska och upplevda påverkan på mental och beteendemässig förmåga (upptäcka, tolka och minnas information samt agera korrekt).
- ▶ Inom Samhällsbyggnad och Drift- och underhållsteknik: Övergripande syftet är att konkret minska problemen med köldskador och samtidigt öka arbetskapacitet hos personal som utför service och underhållsåtgärder i kallt klimat. Köldskadekritiska arbetsmoment inom service och underhåll ska kartläggas samtidigt som identifiering av hur dagens arbetsverktyg och fasta tekniska system påverkar underhållspersonalens exponering för kyla. Projektet ska också föreslå nya tekniska lösningar för verk-

tyg och system (fasta anläggningar) och att fördjupa kontakten med tillverkare av teknisk utrustning så att dessa kan medverka i projektet och leverera nya prototyper till utrustning som är bättre utformade för att minska köldskador.

Konceptet innehåller förutom ovan angivna forskningsprojekt:

- ▶ Utbildningspaket (2 till 30 timmar)
- ▶ Metoden
- ▶ Att lindra/reparera/syresätta
- ▶ Ger input till produkt- och tjänstutveckling

Tågtrafiksimulering av en framtida utformning av sträckan Malmö–Lund

Mats Lithner

Banverket Projektering Malmö
mats.lithner@banverket.se

Sträckan Malmö-Flackarp har då antagits vara utrustad med fyrspar från Malmö till Flackarp och med dubbelspar på den resterande delen från Flackarp till Lund. Övergången från fyrspar till dubbelspar sker via s k 130-växlar, d v s växlar som tillåter en största hastighet (sth) på 130 km/h. Lund station har antagits vara utformad som idag förutom att dagens spar 4 inte har använts. De tidtabeller som använts baseras på en antagen trafikering dels för år 2020 och dels för år 2030. Den innebär att det går ca 14-15 respektive 15-17 tåg per h i vardera riktningen i högrafik. Det är då fråga om s k blandad trafik med snabbtåg, Öresundståg och pågatåg med olika sth samt några långsamma godståg.

Resultatet av simuleringarna påvisar för år 2020 att det för sträckan Malmö-Lund finns en positiv återställningsförmåga, vilket innebär att förseningarna för tåg som inkommer i systemet minskar fram till att de lämnar systemet. Den slutsats som kan dras är att den antagna trafikeringen inte är tillräckligt hög för att göra dubbelsparsavsnittet Lund-Flackarp till en flaskhals som orsakar stora mängder med merförseningar.

För år 2030 påvisar simuleringarna att kapacitetsutnyttjandet är högre än för år 2020 och därmed att störningskänsligheten är större. Dock är återställningsförmågan fortfarande svagt positiv. En studie av utfallsgraferna visar att det genomsnittliga antalet tåg som måste sakta ner eller stanna på grund av att det endast är dubbelspar mellan Lund och Flackarp för norrgående tåg ökar från 1,3 stycken per timme i alternativet år 2020 till 2,2 stycken per timme i alternativet år 2030. För södergående tåg är motsvarande ökning från 0,9 till 1,2 stycken per timme. Denna jämförelse och den tidigare redovisade "svagt positiva" återställningsförmågan antyder att den trafikering som alternativet 2030 representerar ligger nära "kapacitetstaket" och i praktiken troligen skulle vara störningskänslig och "svårstyrd".

Även andra orosmoment existerar. Belastningen på spåren i Lund är relativt sett hög och kan i samband med förseningar eller att vissa tåg har (för) långa uppehållstider orsaka merförseningar. En annan intressant iakttagelse är att det kan uppstå kapacitetsproblem gällande spåren i Lund om tågen har "alltför stora slack" inbakade i tidtabellens ankomsttid till Lund!

I bildspelet redovisas även en simulering som haft som syfte att studera de kapacitetseffekter på tågtrafiksystemet som ett införande av ERTMS nivå 2 (ERTMS L2) kan innebära.

Studien har utförts genom att för den aktuella trafikeringen 2012 göra en jämförande kapacitetsanalys på sträckan Lund – Malmö utrustat med dagens signalsystem (ATC2) respektive med ett ERTMS L2-system.

Framtida tågs energiförbrukning

Piotr Lukaszewicz

Inst för Farkost och Flyg, KTH, Teknikringen 8, 100 44 Stockholm

pilu@kth.se

Jämfört med kring mitten av 1990 talet så har restiderna för resandetågen i nuläget minskat med 25 - 40%. Medelhastigheten har ökat med 25 - 50%. Trots de ökade hastigheterna har energiförbrukningen för resandetågen inte ökat. Tåget är det enda transportslag som har fått denna utveckling. Anledningen till detta är banupprustningar, nya sträckningar har byggts som tillåter högre hastigheter, men framförallt att modernare tåg ersätter äldre tåg successivt. Om en jämförelse görs mellan ett lokdraget 4 vagnars IC-tåg från 1994 med ett 3 vagnars Regina tåg på sträckan Stockholm - Västerås så har energiförbrukningen sjunkit från ca 120 Wh/pass-km till ca 87 Wh/pass-km vilket är en minskning med ca 28% . Räknar per tågakilometer så har förbrukningen minskat från ca 11,6 till 8,2 kWh/tåg-km.

Moderna tåg är energieffektivare än äldre ur flera synpunkter. Lägre luftmotstånd, energiåtermatande bromsar, högre elektrisk verkningsgrad i tåg och banmatning, bättre utrymmesutnyttjande samt en hög belägningsgrad bäddar för en låg specifik energiförbrukning. Energiförbrukningen kan uttryckas specifikt per tågakilometer eller personkilometer. Om förbrukningen uttrycks per passagerarkilometer så tas även i beaktande operatörernas förmåga att göra tågresan attraktiv. Ju fler passagerare som reser desto lägre blir förbrukningen räknat per passagerare.

Det nya höghastighetståget som planeras i projektet Gröna Tåget har potentialen att få en ännu lägre specifik energiförbrukning jämfört med dagens tåg som tex trafikerar sträckan Stockholm - Göteborg. Om en jämförelse görs med X2000 på denna sträcka så kommer restiderna att bli ca 2:30 (non-stopp) jämfört med 2:45 för X2000. Den specifika energiförbrukningen sjunker med ca 35% från 77 till ca 50 Wh/pass-km. Anledningen till detta är att det nya höghastighetståget kommer att få en mycket bra aerodynamisk utformning vilket kommer att leda till ett lågt luftmotstånd. En bredare vagnskorg kommer att leda till ett bättre utrymmesutnyttjande och därmed fler sittplatser per tågmeter. Gröna tåget får ca 2,9 platser/m vilket kan jämföras med ett Europeiskt höghastighetståg som har ca 1,8 - 2,2 platser/m. TGV duplex har ca 2,6 platser/m. Antalet drivna axlar kommer att öka och därmed så kommer även den återmatade effekten och energin att bli hög vid bromsning. Allt detta leder till en lägre energiförbrukning.

Alarm limits for wheel flats

Jens Nielsen, Elena Kabo & Anders Ekberg

Chalmers University of Technology, Applied Mechanics / CHARMEC

jens.nielsen@chalmers.se elena.kabo@chalmers.se anders.ekberg@chalmers.se

Wheel flats are a rather common phenomenon where a piece of the wheel rim has been worn flat due to sliding on the rail. When a wheel flat impacts the rail, the result is a very high impact force. The high impact results in high bending moments in the rail, which will promote fracture from pre-existing cracks in the rail head (e.g. head checks).

The establishment of alarm limits for railway wheel flats is a very important and sensitive topic. On the one hand it is very costly to abort operation of a wagon due to a wheel flat. On the other hand an allowance of too high vertical forces on the rail may result in an epidemic of rail breaks. This is naturally a safety risk, but it may also cause higher costs for the operators besides the cancellation of one wagon due to the traffic disturbances that may result. Consequently it is crucial to specify alarm limits of the right magnitude.

Current Swedish regulations relate the alarm limits to the size of a wheel flat. This is not an optimal situation since it may be both difficult and dangerous to try and locate a wheel flat in operation. Instead the trend is towards specifying limiting magnitudes of the wheel–rail contact force as measured by wheel flat detectors. To this end an understanding and a quantification of the consequences of high wheel–rail contact forces is needed.

Rail cracks typically originate at the gauge corner. They result from frictional forces between wheel and rail. As the crack grows it often deviates in a transverse direction. The crack growth then shifts to be driven by rail bending. The effect of high wheel–rail contact forces can then be related to which bending moments they introduce in the rail. The bending moment will depend on the dimensions of the wheel flat, its impact position, and a number of other track parameters such as the track stiffness (where hanging sleepers are an extreme case). In order to carry out parametric studies, DIFF (a code to study high-frequency dynamic wheel–rail interaction) was calibrated towards measurements on Svealandsbanan. Further, an idealised time history of a wheel flat impact was designed, and a worst-case time history identified through numerical simulations. With this numerical model it was then possible to evaluate rail bending moments for a number of operational conditions.

To quantify the influence of rail bending moments on the risk of fracture linear elastic fracture mechanics was employed. Through finite element simulations stress intensities for rail head cracks had been evaluated in previous projects. These were complemented by analytically stress intensity factors for rail foot cracks.

For each crack size bending rail moments, and thus contact forces, that would cause a rail fracture were then evaluated. Temperature was here found to play a crucial role since a temperature below the stress free temperature of the rail introduces a tensile stress and thus an additional loading on the crack.

The presentation will describe employed methods of analysis and numerical results. Implications and additional work needed to establish alarm limits will be discussed.

Improving ride comfort in trains with active suspension

Anneli Orvnäs¹, Sebastian Stichel¹ & Rickard Persson²

¹ KTH Stockholm, ² Bombardier Transportation
orvnas@kth.se ,

There is a general trend towards increased rail vehicle speeds. This increase has a negative impact on the passenger ride comfort, since the vibrations transmitted from the track up to the carbody become larger. It is difficult to further improve ride comfort with conventional passive suspension in trains. Therefore, active secondary suspension has been considered and investigated as an alternative for several years. Although significant improvement of ride comfort has been shown, active secondary suspension has not yet reached its final breakthrough into service operation because of the relatively high costs for implementing and maintaining active technology in rail vehicles.

This paper is based on a study trying to find a compromising solution between, on the one hand, good performance and, on the other hand, acceptable costs. The study is part of the research and development programme Gröna Tåget (Green Train) with the aim to develop the next generation of high-speed trains for Nordic conditions, increasing vehicle speed from today's 200 up to 250-300 km/h. Within the study, simulation models of a rail vehicle and actuators have been built up to be able to predict the running behaviour with different parameter configurations. The paper describes the concept of so called sky-hook damping, which has been investigated for ride comfort improvements. Furthermore, a so called HOD (Hold-Off Device) function has been studied, whose objective is to centre the carbody in curves with high lateral track plane accelerations in order to avoid bumpstop contact and to enable higher speeds in curves. In summer 2007 on-track tests were performed with a two-car EMU (Electrical Motor Unit), using electro-hydraulic actuators in parallel with the secondary suspension in one of the two cars. It was shown that the chosen parameters found through simulations were close to optimum. Furthermore, evaluated measurement results showed good ride comfort improvements and reduced quasi-static motions between carbody and bogies. On-track tests are also planned for summer 2008, with a further improved actuator and control algorithm.

The Manchester benchmarks for rail vehicle simulation

Ingemar Persson

AB DEsolver

`Ingemar.Persson@desolver.se`

The Rail Technology Unit at Manchester Metropolitan University in England has shown great interest for using simulation tools in vehicle design and in understanding of Rail Vehicle phenomenon. The first benchmark conducted by the Manchester Metropolitan University was published in 1999, where a four-axle passenger vehicle and a two-axle freight vehicle were analyzed.

Today a new benchmark is being undertaken to assess the impact of wheel–rail contact modeling assumptions on the simulation of railway vehicle dynamics. The benchmark is split into two simulation cases: the first, Case A, using a single wheelset to show the differences between the contact models and the second, Case B, using a simplified railway vehicle to assess the effect of the different contact models on the simulation of vehicle behavior.

Case A was published in January this year. Case B specifications were opened in April 2007 and to date is ongoing.

Regina 250 – test experience of self radial steering bogies

Rickard Persson

Bombardier Transportation

rickard.persson@se.transportation.bombardier.com

Considering the total cost of railway operations, it is important to reduce the deterioration caused to the track by rail vehicles and vice versa. Radial steering running gear, where the wheelsets take up approximate radial positions in curves, is an important mean of reducing rail and wheel wear. Radial self-steering bogies are used on more than 1200 rail passenger vehicles in Scandinavia since the early 1980's. The maximum service speed of these vehicles ranges up to 210 km/h.

A new radial self-steering bogie was tested the summer 2006 and 2007 on the Regina 250. The results confirm that the use of such bogies can be extended into the high-speed area of at least 250 km/h. The bogie showed excellent running stability at high speed also at difficult combinations of rail and wheel. The curving performance was unproblematic, even thou the result is not equally good as for a radial self-steering bogie designed for 200 km/h like the original Regina.

There has previously been some scepticism on the feasibility of radial self-steering bogies for higher speeds, in particular with respect to running stability. These tests have moved the scepticism to speeds above 250 km/h.

Motion sickness in tilting trains

Rickard Persson

VTI

`rickard.persson@vti.se`

Carbody tilting is today a mature and inexpensive technology accepted by most train operators, allowing higher speeds in curves and thus reduced travel time. However, motion sickness is an issue still holding back the full potential of tilting trains; see the study "Tilting trains, a description and analysis of the present situation" by Persson (2007).

Evidence of motion sickness has been reported in air, in space, at sea, on cars, on trains, at fairground rides etc. There are more reports of motion sickness in tilting trains than in non-tilted trains, and the share of the passengers getting motion sick is also higher.

Motion sickness as result of provocative experiments in laboratories is one very important key in finding the cause of motion sickness as the provocative sensations in laboratories may be simplified compared with the real environment. Laboratory tests have proven that translations in all directions can cause motion sickness; it is only a question of magnitude. Weighting curves exists as results from the laboratory tests, with sensitivity peaks at frequencies of 0,2 Hz or below. Pure rotations seem to have less correlation to motion sickness than translations. Combinations of motions, in particular translation combined with rotation, are highly effective in creating motion sickness.

All the laboratory tests causing motion sickness have been performed at amplitudes higher than measured in tilting trains. In particular this is the case for rotations.

Motion quantities measured in tilting trains differ from motion quantities measured in non-tilting trains by increased levels of vertical and roll motions at frequencies below 1 Hz. These increased levels of motions may contribute to the difference in experienced motion sickness between non-tilting and tilting trains.

Simulation of impact forces caused by wheel flats: A parameter study

Astrid Pieringer & Wolfgang Kropp

Division of Applied Acoustics / CHARMEC,
Chalmers University of Technology, SE-412 96 Gothenburg, Sweden

`astrid.pieringer@chalmers.se`

Operating with wheel flats leads to severe, periodically appearing impact forces, giving rise to material damage and safety problems. Additionally, the occurring large high-frequency vibrations of wheel and rail result in high noise radiation.

In order to develop criteria for wheel replacement, it is important to be able to predict the impact forces caused by different types of wheel flats, which requires the application of simulation models working in the time domain. As time-domain models are generally more computationally demanding than are frequency-domain models, there is a need for efficient time-domain solutions.

The authors have developed a fast time-domain model, which simulates the dynamic high-frequency interaction between wheel and rail. Track and wheel are described as linear systems using impulse-response functions that can be precalculated. The contact zone is modelled by non-linear springs in a Winkler bedding, allowing for loss of contact. This general model enables the calculation of the vertical contact forces generated by the small-scale roughness of rail and wheel, by parametric excitation on a discretely supported rail and by discontinuities of rail and wheel like wheel flats and rail joints.

In this presentation, the fast time-domain model is applied to study the excitation caused by wheel flats. While many models in the literature introduce wheel flats as an equivalent indentation on the rail, another approach is chosen here. The excitation caused by a wheel flat is modelled by rotating a wheel with a flat, whose profile in the contact zone is updated in every time step.

The influence of parameters like the length of the wheel flat, its shape (e.g. newly formed and rounded), train speed and axle load is investigated. The results from the model are discussed and compared with results from literature.

Effektivt godsvagnsunderhåll

Thomas Robertsson

Teknisk Chef EuroMaint Rail

Thomas.Robertsson@euromaint.se

Bakgrund

EuroMaint Rail AB är det största företaget i Sverige inom tågunderhållsbranschen.

Förutom lätt och tungt underhåll av alla typer av rullande järnvägsmateriel utförs även ombyggnader, moderniseringar och komponentupparbetning.

EuroMaint Rail ingår i koncernen EuroMaint, vilken ägs av Ratos. EuroMaint expanderar och etablerar sig alltmer internationellt, och har i sin strategi markerat att satsningen på teknisk utveckling är mycket viktig.

EuroMaint Rail, som även underhåller godsvagnar (främst i de norra regionerna i Sverige) har funnit att fraktoperatorerna har en stor andel vagnar som inte utnyttjas på grund av att de är under transport till och från en underhållsresurs, väntar på rangering, väntar på underhåll, behöver omlastas p g a akut underhållsbehov mm.

Sammanfattning av presentationen

Presentationen berör vad majoriteten av underhållsbehoven av godsvagnar utgörs av, nämligen hjulskador, samt gör uppskattningar om hur detta påverkar volymer av vagnar och väntetider på underhåll. Vidare tas det upp vilka konsekvenser kortare väntetider kan ge för vagnstillgänglighet och intäkter / kostnader för en fraktoperator.

Metoder och förslag för att sänka väntetider beskrivs, och dessa baseras i princip på en ambulerande underhållsservice, vilken förutsätter helt nya underhållsutrustningar och nytt beteende i underhållstjänsterna. Speciell fokus kommer att ske på nyutvecklade underhållsutrustningar hos EuroMaint Rail, men även konceptet med ambulerande verkstad tas upp.

Presentationen avslutas med att verifiera rimlighet och genomförbarhet av nytt underhållskoncept baserat på nya underhållsutrustningar.

Speciella underhållsutrustningar som kommer att presenteras.

Det är speciellt portabla utrustningar för hjulsvarvning och bromstestning som kommer att presenteras. Övergripande teknisk prestanda och utformning kommer att beskrivas i ord och bild, men inget tekniskt material kommer att lämnas ut.

Identification of wheel-rail contact force

Hamed Ronasi

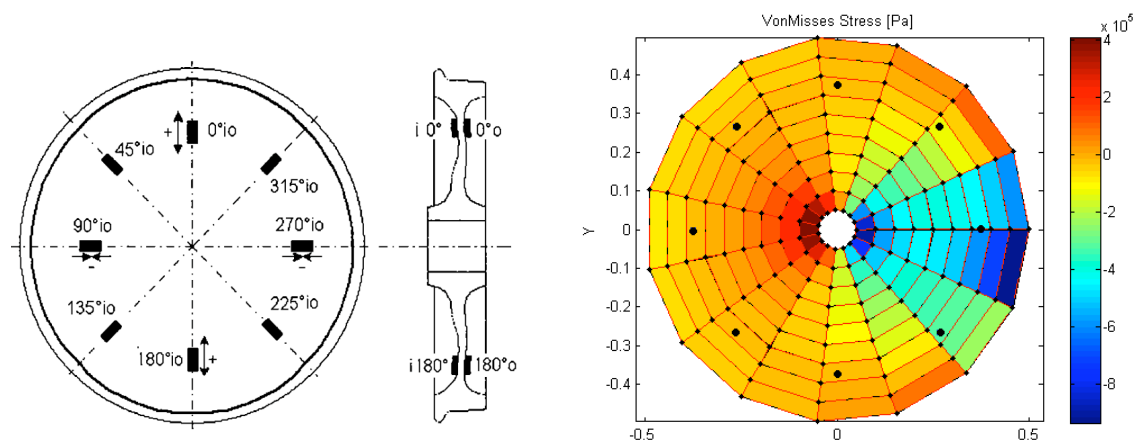
Department of Applied Mechanics, Chalmers University of Technology

ronasi@chalmers.se

When direct methods are unfeasible as in the endeavour to determine the contact force between the train wheel and the rail, one has to resort to indirect methods. This project focuses on optimization-based methods for the identification of contact forces with the aim of developing a reliable and robust load identification scheme. A particular issue is the choice of discretization in space-time, as the sampling instances of the measurements, the parameterization of the sought input and the discretization of the pertinent state equations are all decoupled, in contrast to traditional methods e.g. dynamic programming.

In a preliminary study, a 2-D disc is considered as a representative of a train wheel. A radial concentrated force rotates around the disc's perimeter (representing the contact force acting on the rim of the wheel) while radial strains are measured on a set of points corresponding to the strain gauges position. The strain history data is used in the identification procedure where the applied force is sought to minimize the discrepancy between the predicted and measured strain history.

In this presentation the convergence of the spatial and temporal discretization of the model and time parameterization of the loading history will be investigated. Furthermore, with the aid of a sensitivity analysis the influence of measurement noise can be estimated.



Tracks and wheels for higher speeds and axle loads on Swedish railways

Johan Sandström

Chalmers University of Technology, Applied Mechanics / CHARMEC
johan.sandstrom@chalmers.se

There are today plans to increase both highest allowed speeds and highest allowed axle loads on Swedish railway lines.

Heavy haul traffic with axle loads in excess of 30 tonnes is carried out around the globe. The Swedish challenges lies in the extreme winter climate together with the need to keep the line accessible also for passenger traffic. As for high-speed operations exist in many parts of the world, but mainly on dedicated tracks. Since the number of potential passengers as compared to distances traveled in Sweden is relatively low, there is a need for low-cost solutions where high-speed trains are operating on existing tracks with mixed traffic. These two challenges form the background for a CHARMEC¹ PhD-project carried out at the department of Applied Mechanics of Chalmers University of Technology. The aims of the project are deriving knowledge about and solutions for fatigue damage in wheels and rails.

In the first stage of the project the focus has been on rail damage. The risk of rail breaks is studied from a mechanical and statistical point of view. In particular the influence of impact loads from flatted wheels is investigated. There the risk for fracture due to a wheel flat impact depending on the impact position of the flat and the position and size of a rail crack is assessed. Further, the growth of a rail crack until fracture is studied, and in particular the influence of wheel flat impact loads on crack growth rates. The concluding results are that lower temperatures and larger cracks increase risks of rail breaks by making also smaller flats dangerous. However, wheel flat impacts in "suitable positions" occur to seldom to give any significant increase in crack growth rates. In other words undamaged wheel causes almost all crack growth, but wheel flats are crucial in that the increased loading they impose decreases the allowable crack length with respect to final fracture.

Another crucial issue in heavy haul and high-speed operations is the reliability of insulated joints. Loading of rail joints during subsequent wheel passages is studied to assess corresponding fatigue damage. A finite element model to simulate wheel passages and resulting plastic deformations is developed in ABAQUS. For a realistic simulation, the full wheel-rail contact problem is solved and an in-house material model capable of capturing large strain and multi-axial ratcheting deformation is employed. A parametric study assesses the influence of the width of the insulating layer and load characteristics.

The current presentation gives an overview of methods and results of the two studies outlined above. Future plans for the project includes relevant research to address maintenance and inspection needs of wheels of high-speed trains.

¹ www.charmec.chalmers.se

Experiences from the Swedish T43H Hybrid Locomotive

Mattias Skoglund¹, Peter Bark¹ & Stefan Östlund²

¹TFK - TransportForsk AB, ²KTH Järnvägsgruppen

mattias.skoglund@tfk.se

The paper presents experiences from operation of the Swedish hybrid locomotive (T43H). The locomotive has a series hybrid propulsion system with a comparatively small diesel engine and a large battery pack. The original layout was a traditional diesel-electric power train. Indications from switch operations show fuel savings of 37 to 50 % with the hybrid locomotive. The Swedish experiences are thus in parity with North American experiences that have shown savings of 30 to 80 %.

Although Swedish freight trains generally are electrically fed, most switch locomotives are diesel powered. Switch locomotives generally have low average power need due to intermittent duty. However, in order to haul trains, high tractive effort is required during short intervals, which is why large, high power diesel engines are used. In recognised duty-cycles for switch locomotives, idling is typically set to 60-80 % and the average power need is 5-10 % of the maximum power rating.

The evaluation shows that hybrid locomotives used in switch duty have significant advantages compared to conventional diesel locomotives in terms of reduced fuel consumption and improved environmental performance.

Keywords: Hybrid locomotives, shunting, hybrid technology, freight operations

Effektivare underhållskoncept för fordon–högre tillgänglighet och lägre underhållskostnader

Ulf Smedbo

Underhållsoptimering EuroMaint Rail
ulf.smedbo@euromaint.se

Bakgrund

EuroMaint Rail AB är det största företaget i Sverige inom tågunderhållsbranschen. Förutom lätt och tungt underhåll av alla typer av rullande järnvägsmateriel utförs även ombyggnader, moderniseringar och komponentupparbetning. EuroMaint Rail ingår i koncernen EuroMaint, vilken ägs av Ratos. EuroMaint expanderar och etablerar sig alltmer internationellt, och har i sin strategi markerat att satsningen på teknisk utveckling är mycket viktig.

Sammanfattning av presentationen

Presentationen handlar om hur man kan skapa effektivare underhållskoncept för fordon. Den behandlar både befintliga och nylevererade fordon. Traditionen inom järnvägsfordonsunderhållet har varit att man har samlat de olika planerade underhållsaktiviteterna till att utföras som större arbeten där fordonen tas ur trafik. Dessa arbeten kallas vanligen för översyner och revisioner.

Med nytt tänkande och moderna datasystem öppnas möjligheterna att kunna följa många olika underhållsåtgärder på system- och delsystemnivå. Detta gäller oberoende om underhållsåtgärderna skall utföras på fordon eller på komponenter som följs på individnivå.

Genom att bryta ned översyner och revisionerna i mindre oberoende delar öppnas goda möjligheter att effektivisera underhållet. Dels vad gäller tillgängligheten, dels vad gäller underhållskostnaderna.

Vinstpotentialer:

- ▶ Bättre utnyttjande av kapitalkostnader. Kapitalkostnaderna för fordon tagna ur trafik för underhåll minskar.
- ▶ Förbättrad tillgänglighet.
- ▶ Minskade underhållskostnader då underhållsåtgärderna i högre grad kan utföras då åtgärderna verkligen behövs och inte då ett statistiskt underhållsupplägg säger att de ska göras.
- ▶ Optimalare utnyttjande av tillgängliga personalresurser. Jämnare arbetsbelastning i verkstäderna.

Kapitalkostnader: Järnvägsfordon är ofta dyra. Fordonen måste därför kunna utnyttjas så mycket som möjligt.

Tillgänglighet: Utför så mycket som möjligt av de planerade underhållsåtgärderna under fordonens naturliga driftpauser eller vid andra tillfällen då de ändå måste styras till verkstad.

Underhållskostnader: Genom att de tidigare stora underhållsåtgärderna delas upp i mindre och oberoende åtgärder öppnas stora möjligheter till att bättre kunna optimera underhållet.

Personalresurser: Fler och mindre underhållsåtgärder ger större möjligheter att kunna kapa arbetstoppar och bättre kunna prioritera mellan skadeavhjälpande och förebyggande underhållsåtgärder.

Simulator för Spårburen Trafik, SST – lägesbeskrivning och framtida utveckling

Jerker Sundström & Mats Lindström

Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), 581 95 Linköping
j.sundstrom@vti.se

Redan 2001 identifierades ett nationellt behov av en simulator för spårburen trafik.

Under åren 2003 tom 2007 har så en simulatorprogramvara utvecklats i ett samarbetsprojekt mellan VTI, Uppsala universitet och ett antal industripartners, anknutna till projektet som utvecklare eller som medlemmar i projektledningen. Bland dessa finns Bombardier Signal, Bombardier Transportation, Sightline Vision, Banverket, Järnvägsskolan (f.d. Svensk Tågkompetens) och Aerotech Telub. Projektet har finansierats av Vinnova, Banverket och deltagande industripartners.

Projektets syfte har varit att utveckla en simuleringskärna som skall kunna användas i ett flertal tillämpningar där simulering är ett lämpligt hjälpmedel, samt bygga en hytt med förarbord, anpassad för montering på en av VTI:s rörelseplattformar.

Fem tillämpningsområden har identifierats.

1. Beteendevetenskaplig grundforskning
2. Utbildning och träning av förare
3. Utvärdering och anpassning av tekniska lösningar
4. Utveckling och användning av ny teknik
5. Utredningar och projekteringar.

Simulatorn skall kunna konfigureras som fristående PC-simulator men även som en avancerad simulator med kabin, instrumentering, ljudsystem och rörelseplattform etc.

Bland de programmoduler som bygger upp simulatorplattformen finns:

- ▶ Fordonsmodell med olika typer av tågsätt
- ▶ Signalsystemlogik
- ▶ ATC2 funktioner
- ▶ ETCS gränssnitt
- ▶ 3D-presentation av spår, signaler och omvärld
- ▶ Grafisk presentation av instrument
- ▶ Scenariorhantering och loggning av data

Programvaran som utvecklas inom projektet är av typen Öppen Källkod. Källkoden och en förkompilerad version 1.3 finns att hämta ner från SourceForge (<http://sourceforge.net/projects/sst>).

Tackvare intresset från järnvägsbranschen och behovet av uppgraderade funktionaliteter står nu SST inför en ny utvecklingsfas.

Measurements and simulations of lateral rail vehicle dynamics with large suspension deflections

Dirk Thomas & Mats Berg

Dep. of Aeronautical and Vehicle Engineering, Centre for ECO2 Vehicle Design, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden

dthomas@kth.se

Rail vehicles are often exposed to strong lateral influences due to curves and imperfections of the track. Depending on the operational speed, curve layout and imperfection magnitudes these influences can lead to large lateral suspension deflections in the rail vehicles. In recent years an increased interest in building lighter rail vehicles to achieve less energy consumption has emerged. However, building lighter vehicles increases the sensitivity of the vehicles to crosswind. The crosswind results in even larger suspension deflections and higher vehicle overturning risk due to a larger lateral carbody displacement relative to the centre of the track. During the last twenty years overturning accidents of rail vehicles caused by crosswind have in fact occurred.

To be able to estimate the overturning risk and take possible counteractions, knowledge of the lateral dynamics of rail vehicles with large suspension deflections is required. However, field experiments using an overturning rail vehicle are not practicable due to safety and economical reasons. Also a reproducible crosswind situation in field is hard to create. Therefore the simulation of rail vehicle dynamics is a necessary and important tool.

In order to validate such simulations, displacement measurements were performed on one vehicle of a test train running on several railway lines in Sweden during the summer 2007. These measurements included suspension deflections due to curves and track imperfections. Transducers measuring the relative lateral displacement between the carbody and each bogie were installed. Furthermore, two transducers were installed on one bogie on the outer sides measuring the relative vertical displacements between bogie and carbody in order to get information about roll motion of the carbody. In addition lateral acceleration signals were recorded on a roller bearing box of one wheelset, bogie frames and carbody.

Multibody simulations are then performed and compared with the measurements in order to study modelling effects within the simulations, and to make conclusions on the prediction of overturning risk. The simulations include quasi-static and dynamic cases in 2D and 3D. Quasi-static simulations are performed in 2D in the vehicle cross-section representing half a vehicle with three degrees of freedom. Quasi-static lateral accelerations gained from the measurements and curve layout properties are used as input to the model. 3D simulations are performed for a whole vehicle model where running speed and track properties including track imperfections are representing the input. The simulations give reasonable results and represent a useful tool for prediction of overturning risk. Further improvements of the suspension modelling are needed though.

Multiple crack interaction with RCF-loading

Johan Tillberg

Department of Applied Mechanics, Chalmers University, Gothenburg, Sweden

johan.tillberg@chalmers.se

Fracture and material degradation are of paramount importance for the life estimation of railway components. One particular class of fracture phenomena is associated with RCF (=rolling contact fatigue) in rails and wheels; a typical phenomenon is head checks which are pre-existing short surfacebreaking cracks in the rail with a spacing of about 2-3 mm. Since the crack spacing increases with the crack length, crack interaction becomes important. It turns out that such interaction results in either enhancement of the crack-driving force due to increased stresses or reduction of the crack-driving force due to crack shielding.

The crack-driving force is defined in the context of material forces, which is a measure of the energy release rate due to a (virtual) variation of the position of the crack tip. In fact, it is a generalization of the classical J-integral (as known from linear elastic fracture mechanics).

In this presentation we present 2-D FE simulations of the rolling contact problem using a in-house code written in FORTRAN 90. We discuss an idealized loading situation c.f. Figure 1. In view of all uncertainties it is challenging to carry out a numerical investigation of parameters that affect the crack interaction. The object of this investigation is to carry out a sensitivity study in order to obtain a better understanding of the "model". Parameters of interest is: initial crack angle, initial crack spacing, distribution of initial crack length, load contact zone in relation to spacing, FE mesh sensitivity, material properties (in particular the friction coefficient).

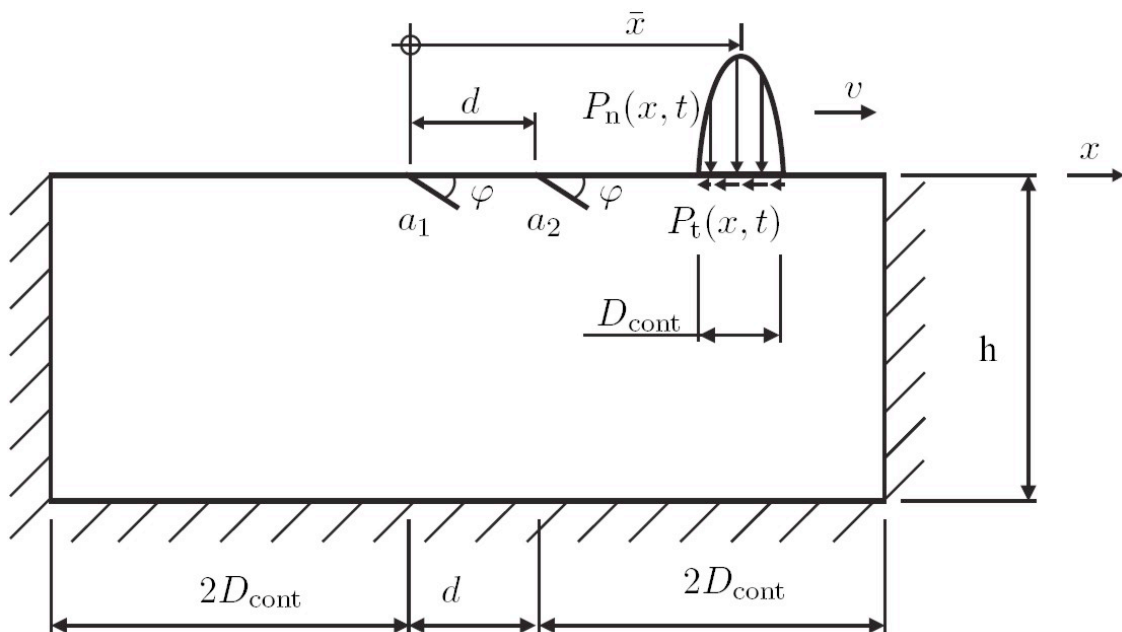


Figure 1: Geometry of the rail specimen

Rail corrugation growth on curves

Peter Torstensson

CHARMEC/Department of Applied Mechanics
Chalmers University of Technology, SE-412 96 Göteborg, Sweden.

peter.torstensson@chalmers.se

The running surface of a new or recently ground rail contains roughness (irregularities) with small amplitudes and a wide range of wavelengths. When exposed to railway traffic, such roughness may develop into a periodic irregularity with higher amplitudes and a more distinct wavelength. This is referred to as rail corrugation. Below vehicle speeds of approximately 250 km/h, railway noise generation is dominated by the wheel-rail rolling contact and this means that corrugation acts as one important excitation mechanism. Apart from noise issues, corrugation gives rise to increased dynamic loads which causes damage to track and vehicle components. Future increased exploitation of rail networks with higher speeds and axle loads means that it is of great practical concern for railway industry to find ways of reducing the generation of corrugation.

Corrugation is caused by time-variant fluctuations of the conditions in the wheel-rail contact. When a bogie negotiates a curve increased creepages and tangential contact forces are created, and as a consequence curved track is more likely to develop corrugation than tangent track. The magnitudes of the tangential forces increase with decreasing curve radius. This is a contributing factor to the extensive corrugation observed in small radius curves commonly existing in metro systems.

A model for simulation of dynamic train-track interaction on a curve that simultaneously accounts for low-frequency vehicle dynamics and high-frequency excitation because of short-pitch corrugation is being developed. The in-house simulation program DIFF3D is employed. DIFF3D includes descriptions of a flexible track discretely supported on sleepers and a flexible wheel axle. Detailed studies of for example the influence of traction as well as wheel-rail friction, curve radius and non-symmetrical rail profiles on corrugation growth will be performed.

Corrugation Analysis Trolley (CAT) measurements have been initiated to regularly monitor corrugation growth on selected curves in SL's track network. Typically corrugation is observed on the inner rail of curves with a radius of around 150 m. Figure 1 shows roughness spectra from measurements performed on four occasions on the inner rail of a curve at Alvik – Stora mossen. The solid line shows the roughness spectrum that was measured before rail grinding was carried out. Large roughness levels in the wavelength interval 4 – 10 cm caused by short-pitch corrugation are observed. The gradual formation of new corrugation after grinding is also noticed.

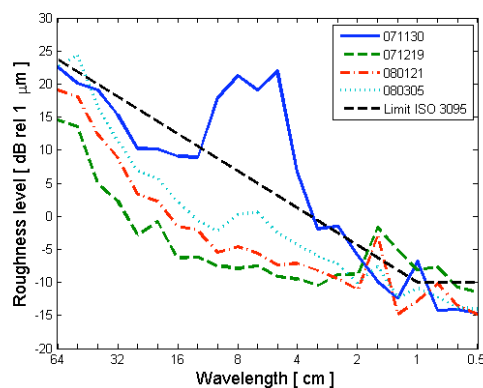


Figure 1. Spectra of measured corrugation at Alvik - Stora mossen (SL track network) averaged into 3rd octave bands. Data from four measurement occasions are presented.

Temperatures at railway tread braking – a parametric study

Tore Vernersson & Roger Lundén

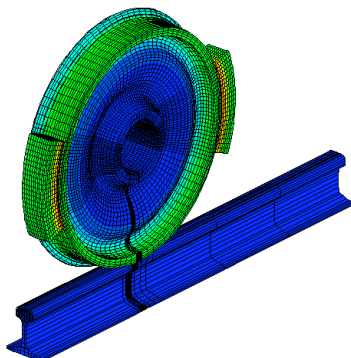
CHARMEC, Chalmers / Epsilon Utvecklingscentrum Väst, Göteborg, Sweden
Chalmers Applied Mechanics – CHARMEC, Göteborg, Sweden

tore.vernersson@chalmers.se roger.lunden@chalmers.se

A thermal model of railway tread braking has been developed for use in calculations of wheel and brake block temperatures. Two-dimensional finite element models of block(s) and wheel are coupled via a contact interface that controls the heat generation and also the heat partitioning between block and wheel through thermal contact resistances. The thermal power generated at the block-wheel interface during braking is determined from train braking data. A model for heat transfer from the rolling wheel into the rail has been developed where a film with thermal contact resistance is placed at the wheel-rail interface.

In previous work the thermal model was calibrated using experimental data for wheel and blocks under standard brake rig conditions, and also under the cooling influence from the rail which was introduced using a “rail-wheel” in the rig. Furthermore, the model has been successfully calibrated using results from field studies. The model can be used to efficiently design tread braking systems for both freight and passenger trains. It can handle stop braking, drag braking at constant brake power, and intermediate periods of cooling. The temperature history during a full train route can thus be calculated. The inclusion of heat transfer from wheel to rail means that the model is useful for comparing brake rig tests, where normally the chilling influence from the rail is not included, with in-field tests.

In the present work, the model is utilised to study temperatures and partitioning of heat and energy during different braking set-ups and braking loads. First, the influences from geometrical changes are studied, with parameters such as wheel design, wheel wear and block wear. Also the effect from choice of brake block configuration is studied. Second, the influence from brake block material is considered. This comparison is of high importance when low-friction brake blocks of LL-type are being introduced as retrofit solutions for cast iron brake blocks. Third, the influences from braking parameters are studied. Gradient braking on mountain descents are simulated but also the related case of brake system malfunctioning. Stop braking and emergency braking are studied. Fourth, the importance of rail chill is studied with respect to shape and size of the contact patch. Considering the fact that hollow wear of the tread profile affects the shape of the contact patch and hence the effect of rail chill. The results will be presented in graphs that give an overview of brake temperatures and energy transfer during tread braking.



*Tread braked wheel with two brake blocks in 2Bg configuration.
Heat is partitioned between blocks and wheel and conducted from
the hot wheel to the cold rail*

Influence of under-sleeper pads on track dynamics

Stephen Witt

Linköping University, SE 581 83 Linköping, Sweden

Stephen.Witt@gmx.de

The track stiffness (i.e. force on track divided by track deflection) experienced by a train will vary along the track. Sometimes the stiffness variation may be very large within a short distance. One example is when an unsupported sleeper is hanging in the rail giving, locally at that sleeper, a very low stiffness of the track. Another example of an abrupt change of track stiffness is the transition from an embankment to a bridge. The irregularities of track stiffness will cause variations of the wheel/rail interaction forces, and these force variations will normally imply track degradations such as track settlement due to permanent deformation of the ballast and the underlying substructure. As soon as track geometry starts to deteriorate, the variations of the train/track interaction forces increase, and this speeds up the track deterioration rate.

This presentation discusses how the stiffness of a track can be modified by use of under-sleeper pads. A transition area between two parts of the track, with different track stiffness, can be designed to reduce the variation of the wheel/rail contact force (and a smooth wheel/rail contact force at the transition area will minimise the track deterioration). Two possible ways to obtain a smooth transition are available:

- (a) the stiffness of ballast and substructure in the transition area can be modified (the substructure stiffness can be influenced by, for example, grouting, concrete plates, etc),
- (b) under-sleeper pads can be used to control the track stiffness.

In the presentation it is demonstrated that under-sleeper pads can be used to control the track stiffness variations, thereby decreasing the wheel/rail contact force variations. In another part of the study, a random track stiffness is created (each sleeper has its own ballast stiffness), and under-sleeper pads are used to smoothen the stiffness variations.

Trafikberoende spårnedbrytning och kopplingen till olika egenskaper hos fordonen

Johan Öberg

Banverket, Spårssystem Sundbyberg
 johan.oberg@banverket.se

Principiellt bör de olika järnvägsföretagen (operatörerna) betala avgifter som motsvarar det ytterligare spårslitage som deras respektive fordon orsakar. Denna princip är också föreskriven i Järnvägslagen (SFS 2004:519). Detta är grundidén med s.k. *differentierade spåravgifter*. Det bör i sin tur incitament för företagen att investera i spårvänliga fordon.

Med *spårnedbrytning* avses den successiva trafikberoende försämringen eller "slitage" av infrastrukturen, i första hand spåret. Både över- och underbyggnaden påverkas av de trafiklasterna som framförs och det spelar inte bara roll hur mycket som körs utan också vad som körs på spåren. Med *spårvänlighet* avses fordon som orsakar liten spårnedbrytning ("spårslitage") per körd km eller bruttoton-km. Med mindre spårslitage följer lägre kostnader för Banverkets underhåll av infrastrukturen. Ibland kan dessutom fordonsägarna dra fördel av exempelvis minskat hjulslitage.

Att det faktiskt finns tydliga skillnader – och ibland stora skillnader – mellan det ytterligare spårslitage som olika fordonstyper ger upphov till visar de studier som Banverket gjort och låtit göra. I ett gemensamt projekt mellan Banverket och KTH har en modell för spårnedbrytning tagits fram. Fyra olika typer av nedbrytning ingår; nämligen *spårlägesnedbrytning*, *komponentutmattning*, *rullkontaktutmattning* och *nötning* av räler. Modellteorin grundar sig på resultat från omfattande studier av Europeisk järnvägsexpertis (UIC och ORE) och studier av engelska järnvägsmyndigheten RSSB.

Rullkontaktutmattningen och nötningen av rälererna baseras på den friktionsenergi som omsätts i hjul-rälkontakten. Denna parameter har bestämts genom omfattande simulering (GENSYS) med variation av fordons- och spårparametrar, inklusive olika friktion och smörjning/icke smörjning. Med uppgifter om den huvudsakliga trafiken och fordonen på Banverkets nät kalibreras modellen mot den genomsnittliga årliga marginalkostnaden för spårslitage. Det möjliggör en direkt koppling mellan spårslitage och orsakad kostnad, t.ex. per körd bruttoton-km, för olika fordon.

Modellen är implementerad i ett Excel-baserat beräkningsverktyg med namnet DeCAyS (Deterioration Cost Associated with the Railway Superstructure). Genom att använda nedanstående representativa fordonsegenskaper för att bestämma spårslitage, har olika generella fordonskoncept utvärderats och jämförts utifrån deras spårvänlighet.

- ▶ Tjänstevikt (bruttovikt för godsvagnar)
- ▶ Antal axlar
- ▶ Axelavstånd i boggi
- ▶ Oavfjädrad massa per hjul
- ▶ Longitudinell styvhet i hjulparsstyrningen
- ▶ Antal sittplatser för passagerarfordon
- ▶ Största tillåtna hastighet (*sth*) för fordonet
- ▶ Tågkategori – t.ex. *A*, *B* eller *S* (rälsförhöjningsbrist)
- ▶ Höjd och lateralförskjutning av tyngdpunkt

Generellt kan man säga att det som karakteriserar ett "spårvänligt" fordon är låg axellast, bra kurvtagningsegenskaper, låg hastighet samt att massan (vikten) av de komponenter som är i direkt kontakt med spåret – s.k. *oavfjädrad massa* – är låg.

Design av sömnförsök i lab med vibrationer och buller från tågtrafik

Mikael Ögren, Tomas Jerson & Evy Öhrström

VTI, Box 8077, SE-402 78 Göteborg

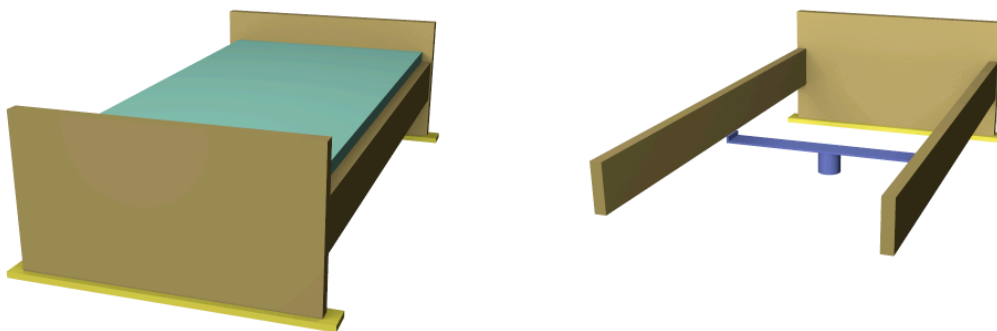
mikael.ogren@vti.se

Banverket finansierar sedan 2006 ett forskningsprojekt med förkortningen TVANE (www.tvane.se), som syftar till att undersöka flera aspekter på störning av vibrationer och buller från tågtrafik. En delundersökning är sömnstudier i lab där ett antal försökspersoner får sova i ett sömnlaboratorium där de utsätts för olika exponering av buller och vibrationer. Syftet är att få fram data kring eventuell samverkan mellan buller och vibrationer, t.ex. om buller maskerar vibrationseffekterna så att dessa upplevs som mindre störande.

Att exponera försökspersonerna för korrekta bullernivåer uppnås genom att använda ett specialbyggt bullerlab med tre identiska sovrum som är utrustade med ett högtalarsystem som omfattar ca 100 högtalare. Bullerlabbet saknade dock möjligheter att generera sängvibrationer varför detta fick implementeras inom projektet. I tidigare studier när man skakat sängar har man ofta använt hydrauliska system, men detta var inte möjligt i detta fall dels på grund av ekonomiska begränsningar och dels på grund av begränsat utrymme i bullerlabbet.

För att vibrera sängarna designades istället ett system baserat på elektrodynamiska skakdon som normalt används i hemmabiosystem, vilket gör att de är mycket prisvärda. Det visade sig dock att dessa skakdon också har vissa brister, framförallt genererar de mycket distorsion, varför det var tvunget att montera dem via ett avstämt mekaniskt filter. Distorsionen var värst när donen monterades horisontellt varför vibrationerna begränsades till vertikala svängningar.

De vibrationsnivåer som användes vid sömnstudierna var en stark vibration motsvarande 1,4 mm/s komfortvägd nivå samt en svag motsvarande 0,4 mm/s. Vibrationssignalen slogs på endast för godstågspassager, och själva signalen var artificiellt genererad för att motsvara mätningar i fält.



NORDISKT JÄRNVÄGSSEMINARIUM

Stort tack till Evert Andersson och Mats Berg!

Serien med seminarier startade på Hotell Amaranten i Stockholm den 21-22 oktober 1992. De tidigare seminarierna i serien som vi har fått information om är:

1. Stockholm (VTI) 1992
2. Stockholm (KTH) 1993
3. Köpenhamn (DSB) 1994
4. Linköping (VTI) 1996
5. Göteborg (Chalmers) 1998
6. Luleå (LTU) 1999
7. Trondheim (NTNU, Jernbaneverket & SINTEF) 2000
8. Stockholm (KTH) 2001
9. Borlänge (VTI) 2002
10. Köpenhamn (DTU) 2003
11. Luleå (LTU) 2004
12. Hamar (NTNU, Jernbaneverket & SINTEF) 2005
13. Linköping (LiTH) 2006
14. Hook (Chalmers), 2008

Intressant är att detta seminarium annonserats som det femtonde (baserat på numreringen av föregående). Det verkar därför saknas ett seminarium i listan ovan. Vet du mer? Kontakta organisationskommittén!

Till detta seminarium i Hook har vi omkring 115 deltagare och 47 föredrag. Hook ligger vid Halmstad–Nässjö järnväg. Detta var en av Sveriges största privatbanor. Huvudlinjen mellan Halmstad och Nässjö öppnade i december 1882. Den var 196,1 kilometer lång, belagd med räls som vägde 22,2 kg/meter. Största lutning på linjen var 16,67 promille och huvudspårets minsta krökningsradie var 300 meter. Största tillåtna hastighet var 30 km/t.

1938 introducerades snabbmotorvagnståg. Toppfarten var 110 km/h och dessa tåg har kallats Sveriges första snabbtåg. Restiden Halmstad–Nässjö minskade i ett slag med minst en timme till cirka tre timmar. Idag tar resan cirka två timmar och fyrtiofem minuter.

Mer information om Halmstad–Nässjö järnvägar finns t ex på
www.historiskt.nu/normalsp/hnj/hnj_fakta.html
<http://www.jarnvag.net/Banguide/Halmstad-Nassjo.asp>