



ONTWIKKELINGEN EN REIKWIJDTE REKEN- EN MEETVOORSCHRIFT RAIL

Michael Dittrich, TNO

NAG-dag 21 juni 2017

OVERZICHT

- › Ontwikkeling en reikwijdte RMV Rail
- › Toekomstige ontwikkelingen spoor
- › Kennis- en internationale ontwikkelingen
- › SRM elementen in de loop der tijd toegevoegd
- › Voorbeelden HSL: Cat 9, bovenbouw, meten en rekenen
- › Belang van railtrilling meting
- › Bruggen en verdiept spoor
- › Emissiemeetmethoden
- › Conclusies

ONTWIKKELING EN REIKWIJDTE RMV RAIL

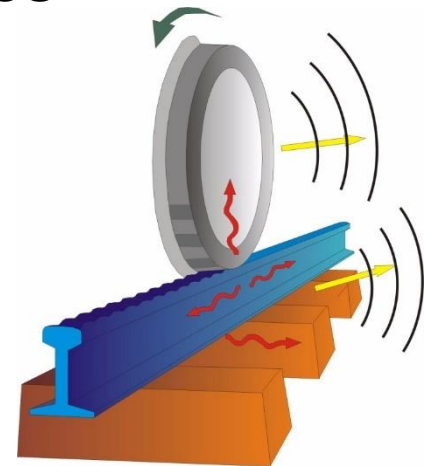
- › SRM Rekenmodellen ontwikkeld in jaren '80
- › Rol TNO e.a. in opdracht van ministeries
- › Stuurgroepen Overheid/CROW/ProRail/Adviesbureaus/TNO/RIVM
- › Laatste stand RMR 2012
- › Reikwijdte: kartering, actieplannen en planning/tracébesluiten
- › Publiek verwacht dat de voorspellingen kloppen, daarom ook metingen vaak geëist

TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN SPOOR

- › Hogere rij snelheden en verhoging van de treinintensiteiten
- › Nieuwe materieelsoorten en infra met hogere kwaliteit
- › Nieuwe bronmaatregelen
- › Meer metingen (o.a. automatisch)
- › Meer woningen dicht bij de infra
- › Meer ingewikkelde situaties
- › Overgang naar CNOSSOS

KENNIS- EN INTERNATIONALE ONTWIKKELINGEN

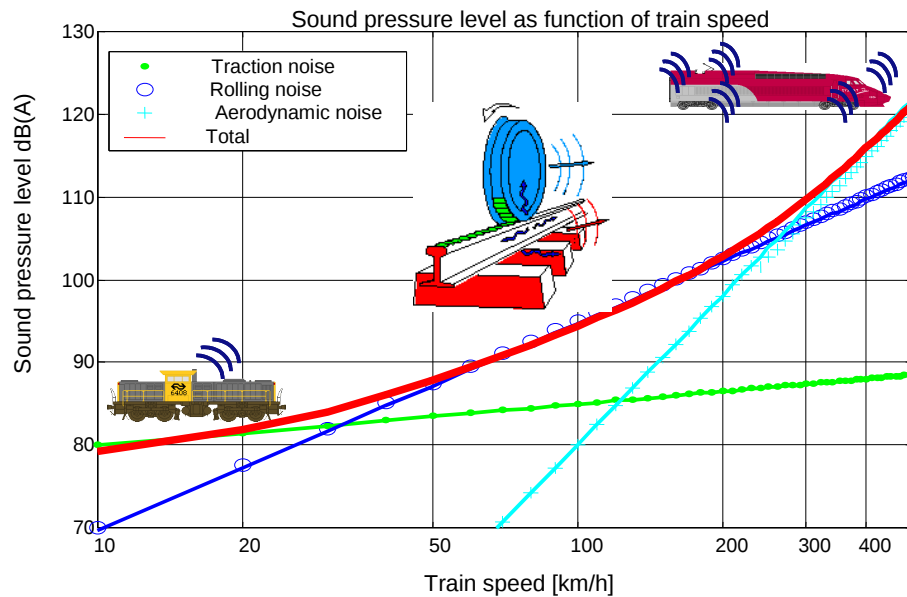
- › Normalisatie van meetmethoden voor typekeuring CEN, ISO, TSI
- › Europese projecten over spoorweggeluid (modellering, meetmethodes, maatregelen)
- › Europese rekenmodellen zoals Harmonoise/IMAGINE/CNOSSOS
- › Numerieke tools beschikbaar zoals TWINS, FEM/BEM, Tomas/PE, rekenmodel spoorbruggen
- › Meetmethoden zoals PBA, automatische monitoring voor onderbouwing van de rekenmodellen en het effect van maatregelen
- › Deze kennis en tools worden ingezet bij de analyse van nieuwe situaties
- › Actueel: CNOSSOS en Verordening 996/2015/EU



SRM: TOEGEVOEGDE ELEMENTEN

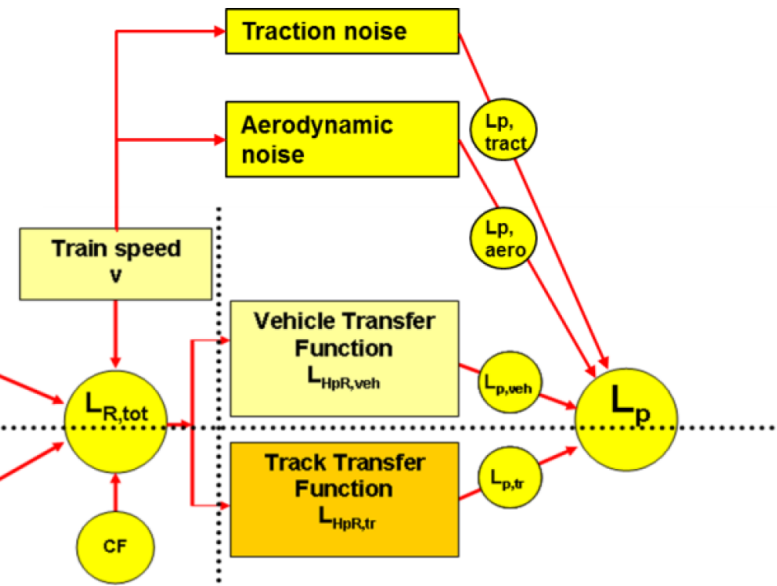
- › Materieelsoorten (HSL)
 - › Spoorconstructies (Rheda spoor, railedempers)
 - › Fysische elementen (wiel en railruwheid)
 - › Meetmethodes voor inmeten materieel en infra (procedures A,B,C)
-
- › De incrementele ontwikkeling van SRM leidt soms tot beperkingen
 - › Gevolg van te grove benaderingen: inleveren van geluidruimte

HOOFDBRONNEN



Vehicle

Track



VOORBEELD HSL

- › Nieuwe categorieën, hoge snelheid, verbeterd model voor categorie 9
- › Nieuw type bovenbouw (Rheda spoor)
- › Maatregelen: raildempers, absorptieplaten, akoestisch slijpen
- › Effect spoorverdieping

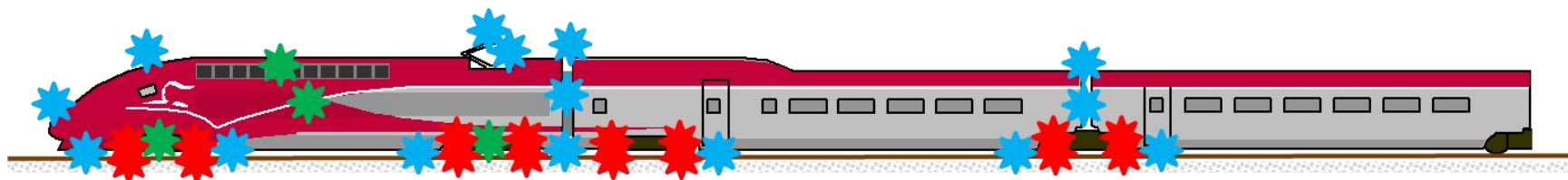
- › Veel metingen, integratie in SRM vereist veel aanpassingen

9	Spoorvoertuigcategorie 9: schijf+blokgeremd hogesnelheidsmaterieel: – elektrisch hogesnelheidsmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde blokremmen op de motorwagens: de treinstellen van het type Thalys; – elektrisch hogesnelheidsmaterieel van het type ICE-3.		
V250	 Een V250 (Albatros) bestaat uit 8 geledingen en telt als 1 rekeneenheid (201 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen.	0,25	52 m
ICE	 Een ICE bestaat uit 8 geledingen en telt als 1 rekeneenheid (201 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen.	0,25	51 m
Thalys	 Een Thalys bestaat uit 10 geledingen en telt als 1 rekeneenheid (200 m). Getoond zijn de eerste 3 geledingen.	0,30	63 m

HSL FACTOREN MODELLERING

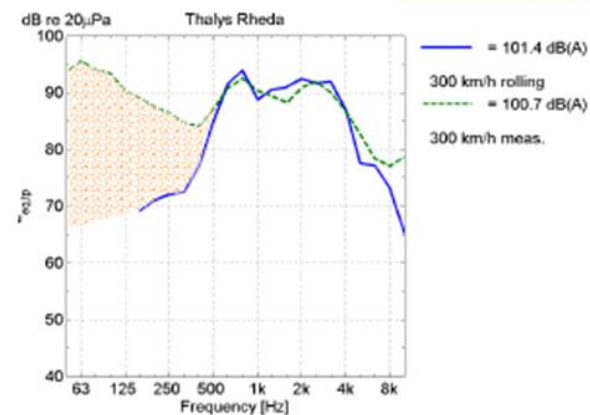
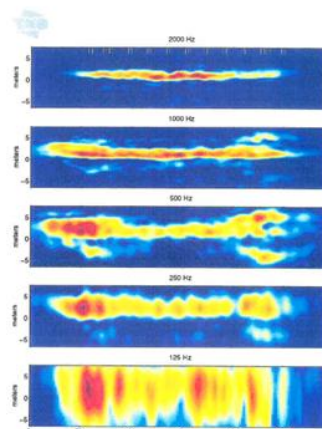
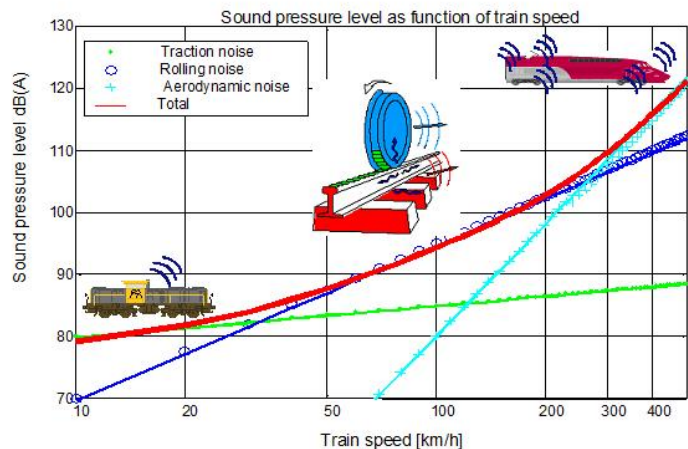
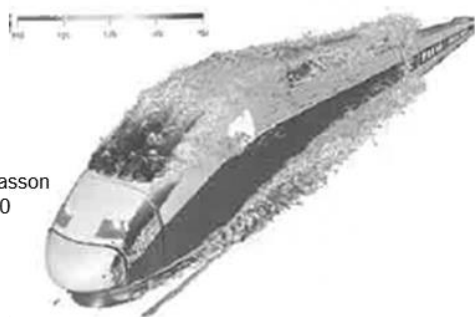
- › Materieel: ook aerodynamisch geluid -> verhouding met rolgeluid van belang
- › Spoor: verhoogde bijdrage Rhedaspoor wegens zachte railpads en harde betonplaten -> bovenbouwcorrectie voor rolgeluid, en op bronhoogte spoor
- › Wiel- en railruwheid: in principe lagere ruwheden, akoestisch geslepen spoor
- > ruwheidscorrectie
- › Effect maatregelen goed kwantificeren: bronscheiding nodig
- › Randvoorwaarden metingen: weinig testlocaties, vaste rij snelheden

GELUIDBRONNEN EN BRONHOOGTES



- ★ Aerodynamisch
- ★ Rolgeluid
- ★ Aandrijving/koeling

Bron: Masson
e.a. 2010



EMISSIONSTERMEN CAT 9

$$L_{E,i}^{bs} = 10 \lg \left(\sum_{p=d,s} \sum_{c=1}^{11} 10^{(E_{p,i,c}^{bs} + C_{bb,i,c}^{bs} + C_{spoorconditie,i,c,m})/10} \right) \quad (3.1a)$$

Bovenbouwcorrectie op h=0m

ruwheidscorrectie

$$L_{E,i}^{as} = 10 \lg \sum_{p=d,s} \left(\sum_{c=1}^{11} 10^{(E_{p,i,c}^{as} + C_{bb,i,c}^{as} + C_{spoorconditie,i,c,m})/10} + \sum_{c=1}^{11} 10^{E_{rem,p,i,c}/10} + \sum_{c=3,5,6} 10^{E_{motor,p,i,c}/10} + \sum_{c=9} 10^{E_{aero,p,i,9}^{as}/10} \right) \quad (3.1b)$$

$$L_{E,i}^{2m} = 10 \lg \sum_{p=d,s} \left(\sum_{c=9} 10^{E_{aero,p,i,9}/10} + \sum_{c=9} 10^{E_{koeling,p,i,9}/10} \right) \quad (3.1c)$$

$$L_{E,i}^{4m} = 10 \lg \sum_{p=d,s} \left(\sum_{c=9} 10^{(E_{aero,p,i,9}-3)/10} + \sum_{c=9} 10^{(E_{koeling,p,i,9}-3)/10} \right) \quad (3.1d)$$

$$L_{E,i}^{5m} = 10 \lg \sum_{p=d,s} \left(\sum_{c=9} 10^{(E_{aero,p,i,9}-3)/10} \right) \quad (3.1e)$$

$$E_{p,i,c} = a_{i,c} + b_{i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c} \quad (3.2a)$$

9	$a, v < 120$	56	78	100	106	75	73	88	58
	$v \geq 120$	38	69	92	87	62	43	48	46
	$b, v < 120$	5	1	-4	-4	13	13	3	16
	$v \geq 120$	15	5	0	6	19	28	23	19
9 koeling	a	54	69	79	84	84	83	82	78
	b	0	0	0	0	0	0	0	0
9 aero	a	-45	-35	-27	-25	-26	-25	-25	-30
	b	50	50	50	50	50	50	50	50

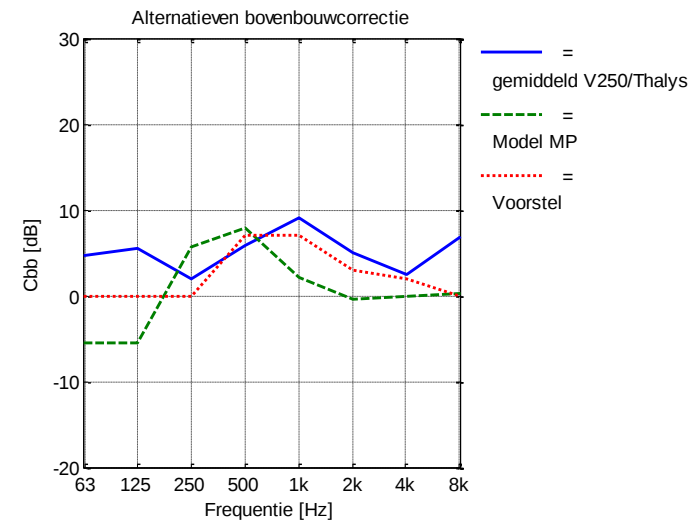
$$W = -3,2 - 1,5 \arctan \left(\frac{v - 200}{50} \right)$$

$$E_{p,i,9}^{bs} = E_{p,i,9} + W$$

$$E_{p,i,9}^{as} = E_{p,i,9} + 10 \lg (1 - 10^{W/10})$$

BOVENBOUWCORRECTIE HSL RHEDASPOOR

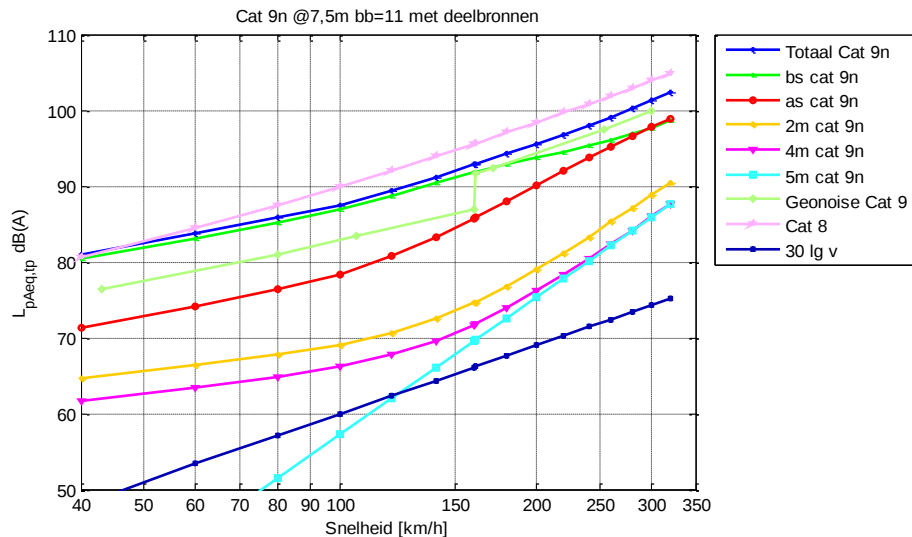
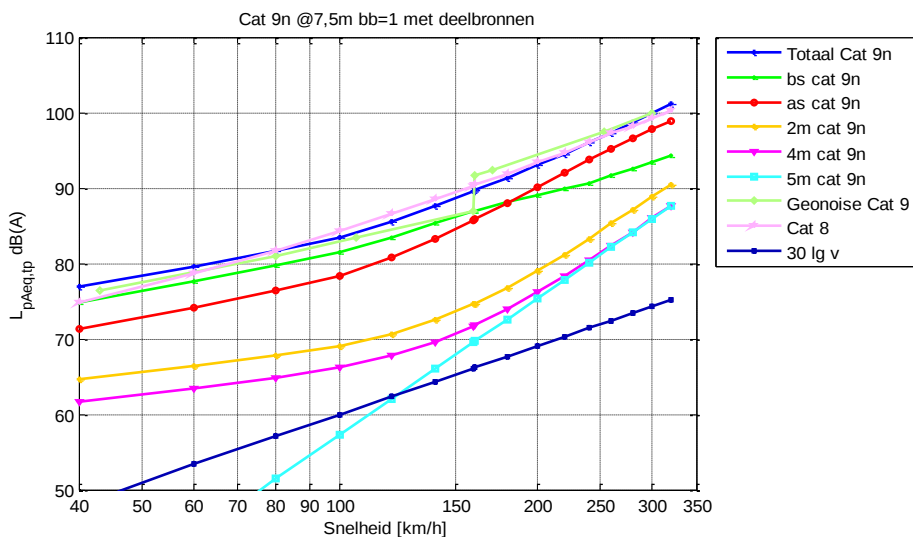
- › Bij hoge snelheden, alleen toepassen op rolgeluid
- › Wegens afstraling wielen bij hoge snelheid, alleen toepassen op bronhoogte spoor (BS)
- › Leidt tot aanpassing rekenwijze RMV



PASSAGENIVEAUS CAT9 OP BALLASTSPOOR EN RHEDASPOOR

- › Passageniveaus per bronhoogte
- › Op ballastspoor

op HSL Rhedaspoor



- › Kruising spoor- en wielbijdrage ca 160 km/h - 300 km/h

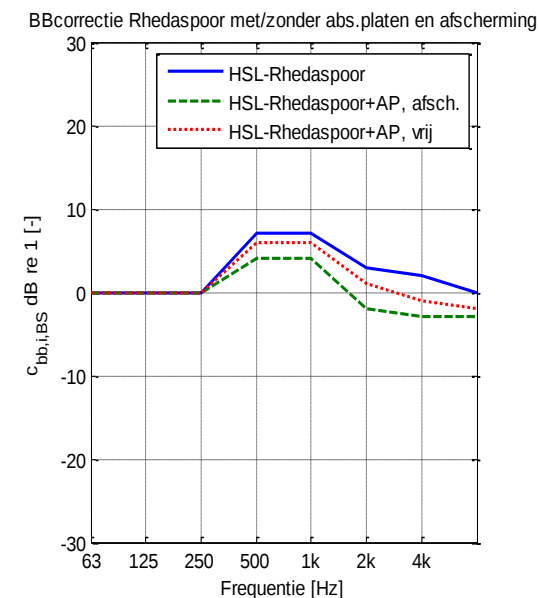
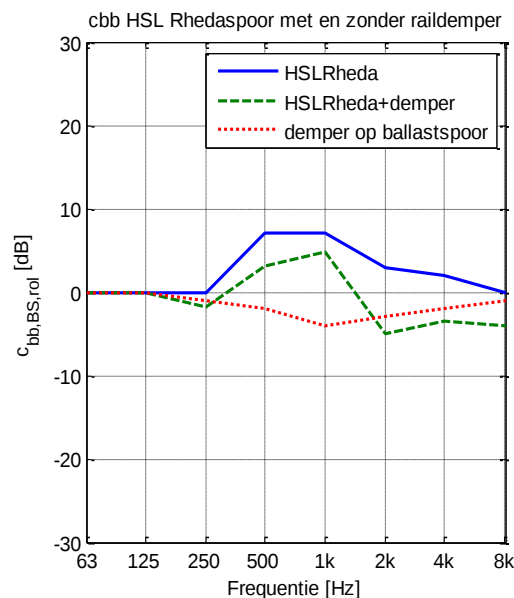
EFFECT RAILDEMPERS EN ABSORPTIEPLATEN OP DE HSL IN VERDIEPT SPOOR



Rail dampers at the west track at section D2.



Absorption plates in between and next to the track at section D3.



- › Demper anders dan SRM 'standaard demper'
- › Effect platen alleen gemeten in situatie verdiepte Rheda spoor

SIMULATIE MET BEM

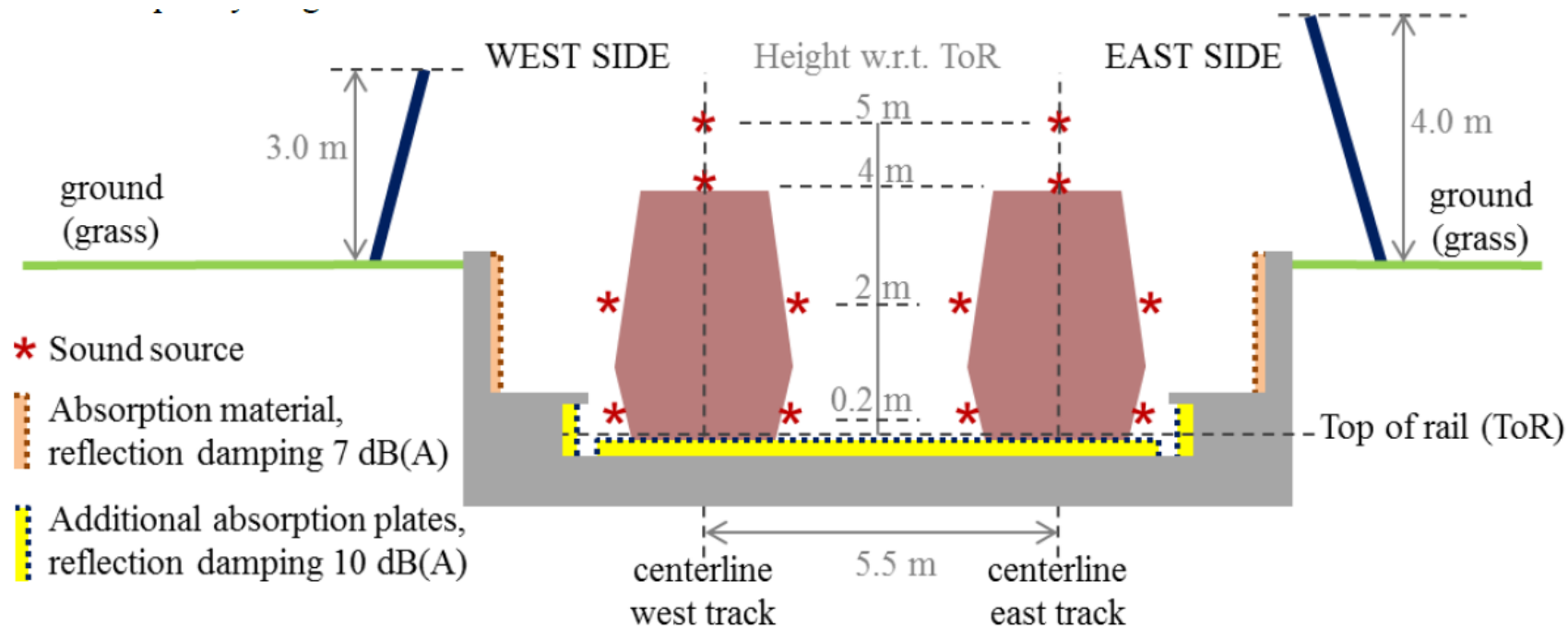


Fig. 4 – Schematic overview of the BEM model, including the additional absorption plates as a noise control measure.

EFFECTMETINGEN OP DOORSNEDES IN VERDIEPT SPOOR

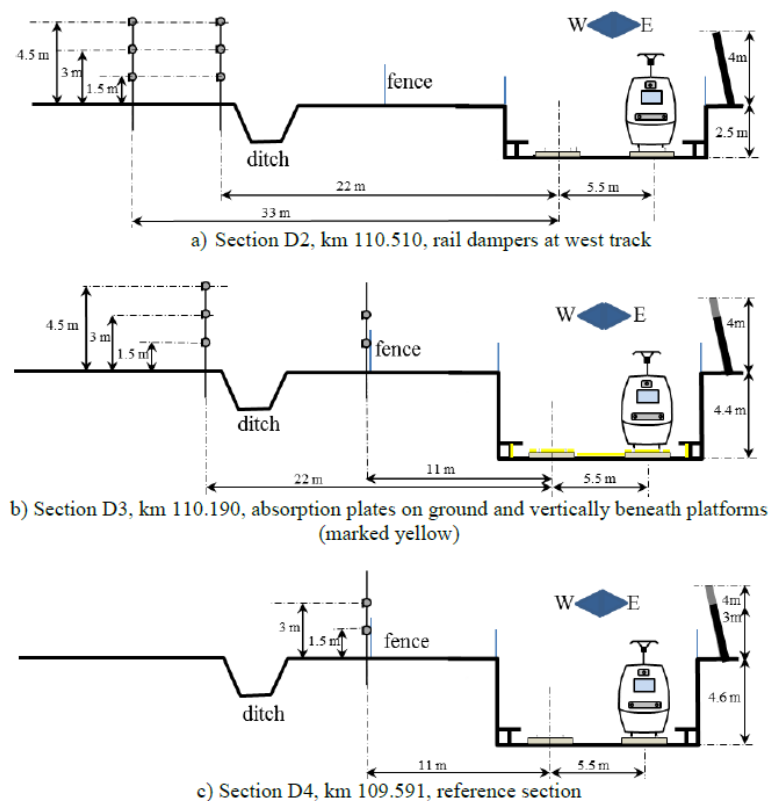


Fig. 5 – Schematic view of the cross-sections with the measurement setup at the high speed slab track near Lansingerland.

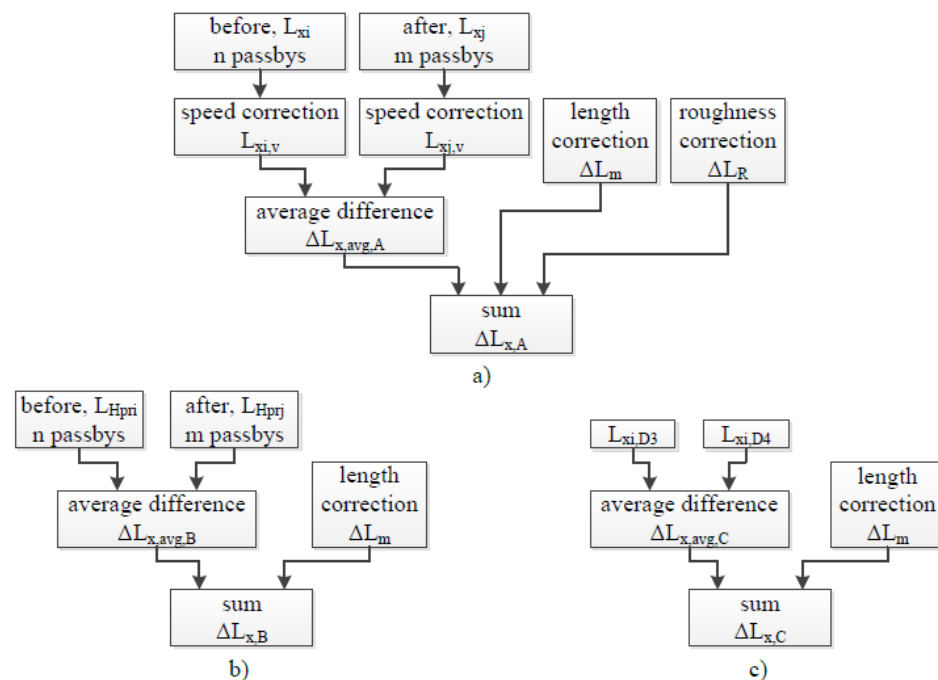


Fig. 6 – Flowcharts of measurement analysis methods, with a) method A using different corrections for speed and roughness, b) method B based on transfer functions from roughness to sound pressure, c) method C based on identical pass-by conditions

RESULTATEN BEREKENING EN METING

Table 1 – Predicted noise reductions in dB(A) for rail dampers and absorption plates with measures on both the west and east track, for both tracks.

	Rail dampers	Absorption plates
Thalys	1.3	5.6

Table 2 – Measured noise reductions in dB(A) for the different analysis methods, trains and tracks, for rail dampers and absorption plates.

Method		Rail dampers west track	Absorption plates west track east track	
Thalys	A	2.7	4.0	3.5
	B	2.2 - 3.8	3.7	4.8
	C	-	3.7	3.3
	TWINS	1.7	-	-
	Average	2.5	3.8	3.9
TraxxPrio	A	2.0 - 2.3	4.0	2.0
	B	2.5	4.2	2.9
	C	-	2.2	3.8
	Average	2.3	3.5	2.9

BELANG VAN RAILTRILLINGEN BIJ METINGEN

- › Directe bepaling van gecombineerde wiel/rail ruwheid, afstandsdemping en overdrachtfunctie
- › Scheiding van effecten van ruwheid en vibro-akoestische overdracht
- › Te gebruiken voor scheiding van rolgeluid en overige bronnen (aero/tractiegeluid)

CEN/TC 256

Date: 2015-04

TC 256 WI 256538

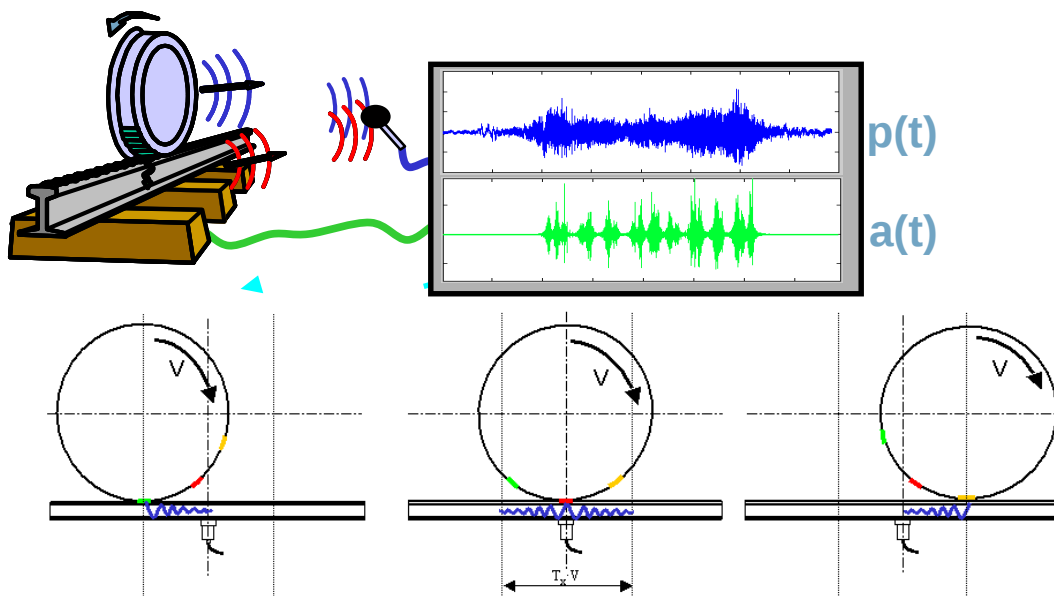
CEN/TC 256

Secretariat: DIN

Railway applications — Acoustics — Measurement method for combined roughness, track decay rates and transfer functions

Bahnanwendung — Akustik — Messmethode für kombinierte Rauheit, Gleisabklirgen und Übertragungsfunktionen

Applications ferroviaires — Acoustique — Méthode de mesure pour la rugosité combinée, les taux de décroissance de la voie et les fonctions de transfert



STALEN BRUGGEN EN VERDIEPT SPOOR ISSUES

- › Brugtoeslag bepaling
(effect brug én railruwheid op de brug)
- › Schermen op bruggen
(werken niet op onderzijde)
- › Afstraalkarakteristiek bruggen (monopool)
- › Verdiept spoor:
 - › Effecten reflecties en absorptie
(lastig meten, dus ook modelleren)
 - › Schermwerking in complexe situaties
(openingen en schuinstand)
- › Onderzoek middels specifieke metingen,
FEM/BEM, analytische modellen



EMISSIONEETMETHODEN

- › Procedure A: inpassing in bestaande categorie 'eenvoudige procedure'
 - › Procedure B: compleet inmeten nieuw materieel, alle bronnen
 - › Procedure C: bepaling bovenbouwcorrectie
-
- › A en B gebaseerd op 'typekeurings' situatie:
gecontroleerde passages, railruwheid, spoortype; meettrein steeds lastiger verkrijgbaar en duur
Update mogelijk en wenselijk
-
- › Procedure C werkt goed met opeenvolgende spoorconstructies en ruwe wielen



CONCLUSIES

- › SRM is op aantal fronten te verbeteren, echter raamwerk heeft beperkingen
- › Voor bijzonder nieuw materieel, bovenbouw, schermen, bruggen is vaak specifieke analyse en/of metingen nodig
- › CNOSSOS biedt kans tot overgang naar betere fysieke bronbeschrijving
- › Nieuwe kennis, normen, meetmethoden, data en onderzoeksresultaten beschikbaar





› **BEDANKT VOOR UW AANDACHT**

Voor meer inspiratie:
TIME.TNO.NL

TNO innovation
for life