

Statens Väg och Transportforskningsinstitut (VTI)

Cnossos EU / Nord 2000

Mätserie 2D – Tillägg ståltåg med olika bromssystem

Pilotstudie av bulleremission från godstågspassager vid Storvik

2022-10-25



CNOSSOS EU / NORD 2000 MÄTSERIE 2D – TILLÄGG STÅLTÅG MED OLIKA BROMSSYSTEM

Pilotstudie av bulleremission från
godstågspassager vid Storvik

KUND

Statens Väg och Transportforskningsinstitut (VTI)
på uppdrag av Trafikverket (TRV)
Anders Genell
Regnbågsgatan 1
417 55 Göteborg

KONSULT

Ingenjörsgenom Elton Tjörn
Hövikstrandsvägen 108
471 70 Höviksnäs
Tel: +46 10 7225000
Org nr: 520215-4695

KONTAKTPERSONER

Anders Genell – Akustiker
Statens Väg och Transportforskningsinstitut (VTI)
Mobil: 0734 32 02 65
E-post: anders.genell@vti.se

Tomas Jerson – Senior konsult
Ingenjörsgenom Elton
Mobil: 0702 66 84 42
E-post: tomas.jerson@telia.com

PROJEKT
Cnossos EU – Indata tågbuller

UPPDRAGSNAMN
Mätserie 2D – Tillägg ståltåg med olika
bromssystem

UPPDRAGSNUMMER
202201

UPPRÄTTAD AV
Anders Genell / Tomas Jerson

DATUM
2022-10-25

ÄNDRINGSDATUM
2023-01-09

INNEHÅLL

1	SAMMANFATTNING	4
2	BAKGRUND	5
3	MÄTNINGAR	5
3.1	MÄTMETOD	5
3.2	LINJESTRÄCKA	7
3.3	MÄTPLATS STORVIK	7
3.4	MÄTPUNKTER	7
3.5	MÄTINSTRUMENT	8
3.6	VÄDERLEK	9
4	RESULTAT	9
4.1	STORVIK	9
4.2	GODSVAGNAR FÖR TRANSPORT AV SLABS	9
3.2.1	Godsvagn littera Sgmmnps 013	9
3.2.2	Godsvagn littera Sgmmnps 960	10
3.3.3	Godsvagn littera Sgmmns Wascosa	10
4.3	LJUDNIVÅER FRÅN STÅLTÅGPASSAGER	11
3.2.1	Variationer i ljudenerginivå mellan lastade och tomma ståltåg	11
5	KOMMENTARER	14
5.1	MÄTINSTRUMENT	14
5.2	GODSVAGNAR	14
5.3	RESULTAT	14
6	BILAGOR	15
5.1	RÅDATA TÅGMÄTNINGAR	15
5.2	GT – STÅLPENDELN	15
5.3	15	
	GT – ORDINARIE GODSTÅG	16
5.4	MÄTPUNKTER MED KOORDINATER	16
5.5	TEKNISKA DATA ELDRIVNA GODSTÅGSLOK	17
5.5.1	Ellok Rd2, Rm, Rc1, Rc4	17
5.5.2	Ellok Mb Transmontana	17
5.5.3	Ellok 142	18
5.5.4	Ellok 243 Vectron	18

1 SAMMANFATTNING

Den aktuella inmätningen är föranledd av att godsvagnar som används i regelbunden trafik med stålämnen, s.k. slabs, mellan Luleå och Borlänge har olika bromssystem. Kontakter med operatören Green Cargo resulterade i en utfästelse om att ett eller flera tågsätt med majoriteten av vagnarna utrustade med antingen kompositbromsblock eller med skrivbromsar skulle passera mätplatsen i Storvik för inmätning av bulleremission. Mätningarna drabbades dock av flera motgångar - inget tågsätt innehöll fler än enstaka vagnar med kompositblockbromsar, banan var oannonserat avstängd dagtid och mätpersonal insjuknade i Covid-19 under pågående mätkampanj. Fyra ståltågspassager inmättes trots motgångarna, två lastade och två olastade i retur. Analys av mätresultaten visar att det finns potential till minskad bulleremission, men utan att kompletterande inmätning av tågsätt med flera sammankopplade vagnar med kompositbromsblock eller skrivbromsar är det svårt att göra en bedömning av hur stor effekten kan bli.

2 BAKGRUND

Den europeiska beräkningsmodellen Cnossos EU samt Nord 2000 saknar relevanta indata för beräkning av bullerimmission från svenska tåg. Då omfattande mätningar krävs av såväl representativa fordon som av järnvägsanläggningen så har mätningarna indelats i 3 mätserier. Mångfalden av mätfall kräver omfattande förberedelser för att kraven med fokus på såväl akustik, tillgänglighet, fordonsförekomst, sth (största tillåten hastighet) m.m. skall vara uppfyllda vid mätplatserna.

Mätserie 1 och 2 samt 3A har utförts av WSP Akustik i Göteborg. Mätserie 1 och 2 har fokuserat på buller från person- och godståg i konstanta hastigheter och till viss del under acceleration och bromsning. Mätserie 2 utökades med 2B för att man även skulle erhålla bullerdata från moderna skivbromsade personvagnar (Flixtain) i höga hastigheter samt med 2C för att jämföra bulleremission från de X2-tåg som genomgått en omfattande renovering där bl.a. mycket av omformare och styrelektronik bytts ut. Mätserie 3A fokuserade på tågpassager över broar. Efter detta tillkom mätserie 3B som har fokuserat på tågpassager genom växlar och därefter 3C som har varit inriktad mot tågpassager i kurvor med liten radie runt 300m.

Det aktuella tillägget mätserie 2D är föranlett av att godsvagnar som används i regelbunden trafik med stålälmen s.k. slabs mellan Luleå och Borlänge har olika bromssystem. Det är ett mål att ersätta ursprungliga bromssystem med gjutjärnsblock med kompositbromsblock. Med tiden avses även denna bromstyp ersättas med nya skivbromsade godsvagnar. En betydelsefull anledning till bytet är att gjutjärnsblock i samband med bromsning genererar ojämnheter på hjulens kontaktytor och att dessa medför högre bulleremission.

Ingenjörsfirma Elton har av Trafikverket genom VTI fått i uppdrag medverka i mätserie 2D. I rapporten redovisas förutsättningar och rådata från mätningar under passager vid en linje med regelbunden ståltågstrafik. Syftet har varit att tillhandahålla rådata som efter analys och bearbetning av VTI skall användas som indata i beräkningsmodellerna. För mätningarnas utförande ansvarar Anders Genell VTI, Göteborg och Tomas Jerson Ingenjörsfirma Elton, Tjörn.

3 MÄTNINGAR

3.1 MÄTMETOD

I tillämpliga delar så är mätningarna utförda enligt SS EN-ISO 3095. Ljud från tågpassagera är uppmätta med en realtidsanalysator. Mätningar har påbörjats och avslutats ca 100 m före respektive 100 m efter varje passage. Mätningarna har skett tidseriellt med ΔT 0,1s.

Under tågpassagera har ljudnivåer registrerats i tersbanden 20 – 20000 Hz. Passagera är även registrerade med avseende på ekvivalenta och maximala ljudnivåer (tidsvägning F). Mätningarna är också lagrade som icke komprimerade ljudfiler (Wave).



Foto 1: Mikrofonplatta placerad på ballasten mellan rälen

En massiv platta av plast med en mikronkapsel i centrum monterades mellan rälen. Mikrofonplattans utformning monterad dikt an mot ballasten ger en korrelerad markreflex. Mikrofonens placering med ett kort avstånd till enskilda hjuls kontaktpunkt mot rälen (ca 0,7 m) ger en förbättrad möjlighet till att bestämma ljudnivåskillnader mellan förekommande stålvagnar med olika hjulslitage jmf. med ordinarie mikrofoner på 7,5 avstånd från spårmit. Signal/brus problemet accentuerades tydligare för mikrofonerna på längre avstånd om vagnar med andra bromssystem som ger mindre hjulslitage än den vanligaste typen med gjutjärnsblock bara förekommer enskilt i tågsetet.



Foto 2: Accelerometer och mekaniskt filter monterad med neodymmagnet under rälfot

Vibrationsnivåerna från varje hjulpassage i godstågen uppmättes med hjälp av en accelerometer som monterats under rälfoten. Spårens status på mätplatsen dokumenterades av Infra Nord med hjälp av CAT-mätningar. Övriga data/mätningar, såsom ojämnheter (räfflor och vågor) på hjul samt räldämpning, har inte utförts i denna pilotstudie.

Tågtyp, antal vagnar, färdriktning och hastighet har noterats. Förekomst av onormala ljud som t.ex. repetitiva impulser eller svirrande/tonala ljud före och under passagerna har noterats. Tågens passagehastighet har uppmätts med dopplerradar och manuell tidtagning har även utförts för att erhålla godstågens totala längd.

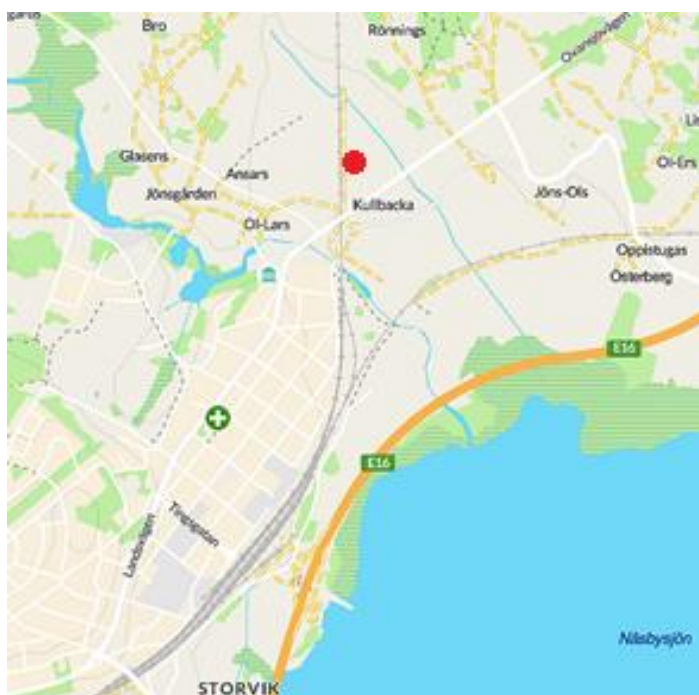
3.2 LINJESTRÄCKA

Godstågen med stålämnen (slabs) trafikerar sträckan Luleå - Borlänge. Linjen vid mätplatsen Storvik har enkelspår och rälen (UIC60) är helsvetsad och monterad med Pandrol-befästning på betongslipers. Även trafik med ordinarie godståg förekommer.

3.3 MÄTPLATS STORVIK

Samtliga ståltågspassager har skett som förbipassager i konstant hastighet. Den aktuella mätpunkten är belägen ca 1,5 km nordost om centrala delarna av Storviks bangårdsområde, sth på platsen är 100 km/h.

Banan har endast godstågstrafik, företrädesvis med Green Cargo ellok littera Mb (ståltågen) och Rd2 eller liknande. Övriga trafikoperatörer kan använda andra loktyper i godstågen som t.ex. Vectron-lok m.fl.



Karta 1: Enkelspåret norr om Storvik där ljudmätningar av tågpassager utförts ligger på ca 150 m avstånd från närmaste trafikerad väg 522, mätplatsen är markerad med en röd cirkel.

3.4 MÄTPUNKTER

Mätningarna utfördes på 7.5 m från spårets mittpunkt och mikrofoner var monterad på 1,2 m och 4 m rök och var försedda med vindsydd. Ljudmätningar utfördes även med en mikrofonplatta placerad på ballasten mellan rälen. Bakgrundsnivån har typiskt legat >20 dBA under ljudnivåerna från tågpassagera. I avsnitt 5.3 redovisas tekniska data på de loktyper som passerat mätplatserna. Markprofilen mellan spår och mätpunkter samt orientering vid respektive bandel har dokumenterats, dessa uppgifter redovisas i avsnitt 5.2, tabell 5.



Foto 3: Ett godståg passerar mätplatsen mot Storvik

3.5 MÄTINSTRUMENT

Följande instrument användes vid mätningarna.

Tabell 1: Mätinstrument

Instrument	Typ	Serienummer
Ljudnivåanalysator	Sinus Apollo LB LT-4L	908047
Mikrofon+förstärkare ch1	B&K 4188-A-21	2906549
Mikrofon+förstärkare ch2	B&K 4188-A-21	2906550
Mikrofon+förstärkare ch3	MG MK222E/MV210	22678/6137
Attenuator – 20 dB	B&K ZF 0023	--
Vinkelmikfäste	B&K 0122	--
Mikrofonplatta	MP-ET1	--
Akustisk kalibrator	B&K 4231	300779
Accelerometer	PCB 352C03	LW257246
Vibrationskalibrator	Svantec SV110	105413
Mekaniskt filter	B&K UA0553	--
Magnetplatta	DYTRAN 6196	--
Radarpistol	Bushnell 101911	INR2101
Tidtagarur	King Tech	INR2102
Vindmätare	Silva ADC Wind	Ö-074
Avståndsmätare	Nikon 124	5006425

Ljudnivåmätaren med tillhörande utrustning uppfyller kraven för mätinstrument klass I enligt SS EN 61 672. VTI:s policy för kalibrering följer riksprovplatsen RISE:s kvalitetssystem. Kontroll av kalibreringsnivåer i fält, före och efter mätningarna har utförts utan anmärkning.

3.6 VÄDERLEK

Medelvindhastigheten har under samtliga mätningar varit <5 m/s. Då avståndet till spåren vid mätningarna varit kort så har inte rådande vindriktning beaktats. Mätningar har inte utförts då regn förekommit. Lufttemperaturen har vid samtliga mätningar varit > 5°C.

4 RESULTAT

Mätningar av buller och vibrationer från tågpassager i Storvik har utförts tillfällen under november månad 2021. I tabell 2 redovisas vilka tågtyper som uppmätts. I bilaga 5.1 redovisas rådata från mätningarna för varje tågtyp.

4.1 STORVIK

Tabell 2: Mätningar buller från 13 passerande godståg

Tågtyp	GT ¹⁾	GT ²⁾	GT ³⁾
Antal	4	7	2

1) Stälpendeln ellokdragna godsvagnar för transport av stålämnen "slabs"

2) Godståg med ellokdragna ordinarie godsvagnar

3) Godståg med ellokdragna ordinarie godsvagnar som bromsar

4.2 GODSVAGNAR FÖR TRANSPORT AV SLABS

Enligt uppgift från trafikoperatören Green Cargo så används tre olika godsvagnstyper försedda med olika bromssystem vid transporter av stålämnen.

3.2.1 Godsvagn littera Sgmmnps 013



Foto 4: Den vanligaste typen godsvagn för transport av slabs har littera Sgmmnps 013 och är normalt försedd med bromsblock av gjutjärn

3.2.2 Godsvagn littera Sgmmnps 960



Foto 5: Denna godsvagn för transport av slabs har littera Sgmmnps 960 och är normalt försedd med bromsblock av kompositmaterial

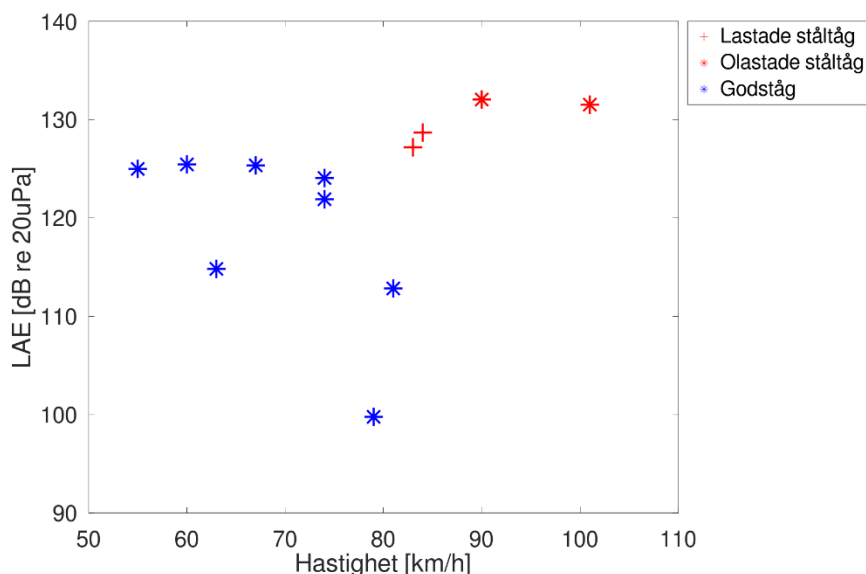
3.3.3 Godsvagn littera Sgmmns Wascosa



Foto 6: Denna moderna typ av godsvagn för transport av slabs har littera Sgmmns och är försedd med skivbromsar

4.3 LJUDNIVÅER FRÅN STÅLTÅGPASSAGER

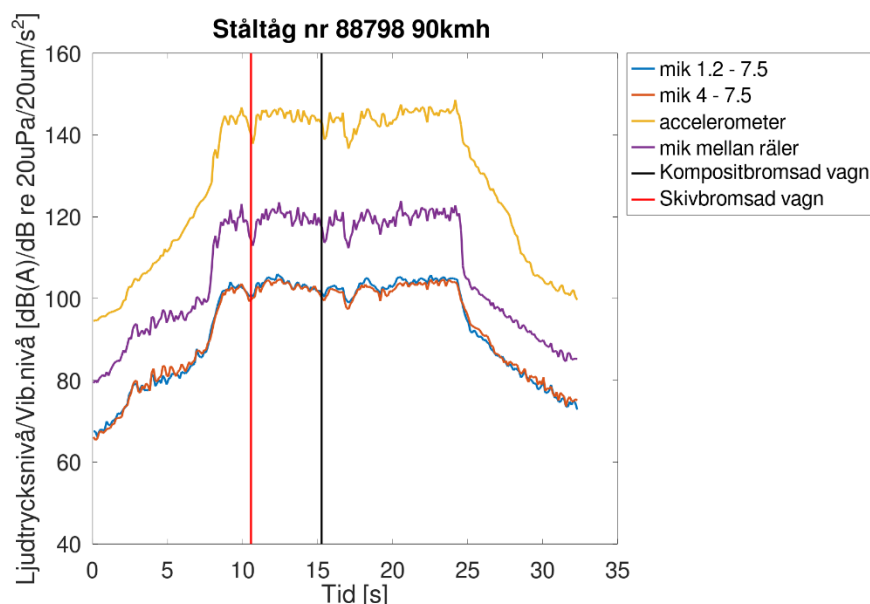
3.2.1 Variationer i ljudenerginivå mellan lastade och tomma ståltåg



Figur 1. Ljudenerginivåer som funktion av hastighet för samtliga passager uppmätta vid mätplatsen i Storvik.

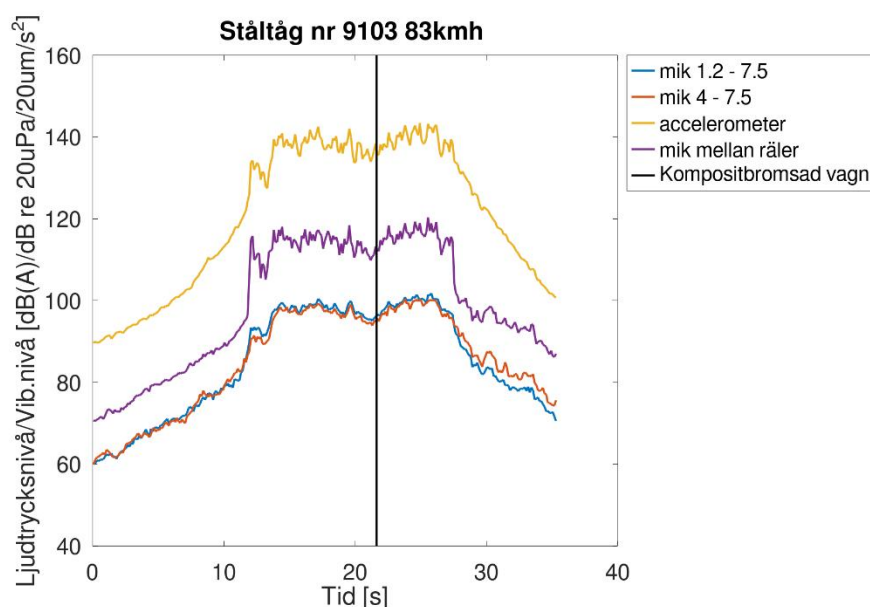
Figur 1 visar ljudenerginivåer för samtliga tågpassager vid mätplatsen i Storvik, tagna från mikrofonen placerad mellan rälerarna. Lastade ståltåg representeras av röda +-tecken, olastade ståltåg av röda asterisker och vanliga godståg av blåa asterisker. Som synes skiljer sig inte nivåerna nämnvärt mellan lastade och olastade godståg med avseende på ljudenergi för hel passage.

Den ursprungliga orsaken till att mätningarna genomfördes var att undersöka effekten av kompositblockbromsade respektive skivbromsade vagnar på bulleremissionen. Ursprungligen fanns uppgift om att den aktuella bandelen skulle trafikeras av tågsätt som helt eller åtminstone till största del skulle bestå av antingen kompositblockbromsade eller av skivbromsade vagnar. Väl på plats visade det sig under pågående mätningar att endast enstaka vagnar i vissa tågsätt var av kompositblockbromsad eller skivbromsad typ.

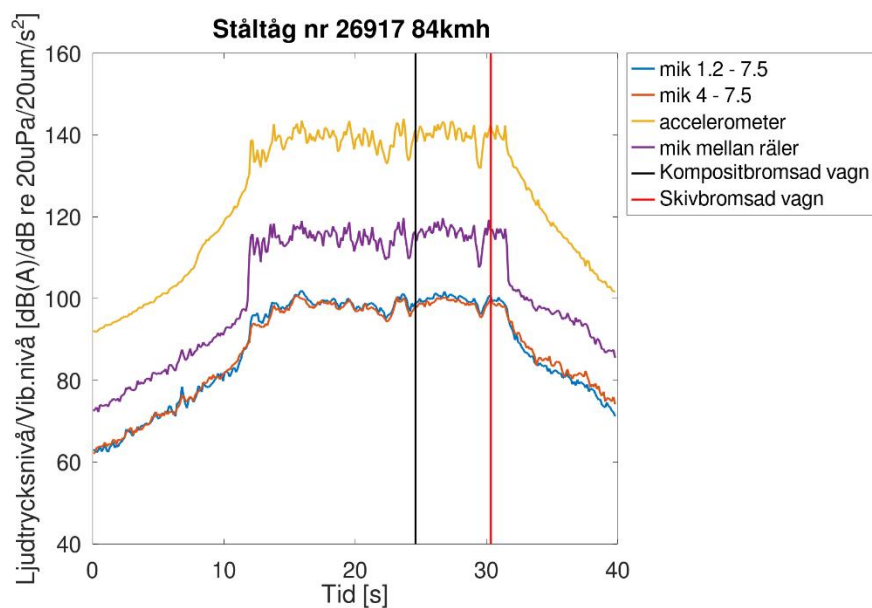


Figur 2. Tidshistorik över A-vägd ljudnivå för tre mikrofonpositioner samt för rälvibrationsnivå utan vägning för passage av ståltåg med tågnummer 88798.

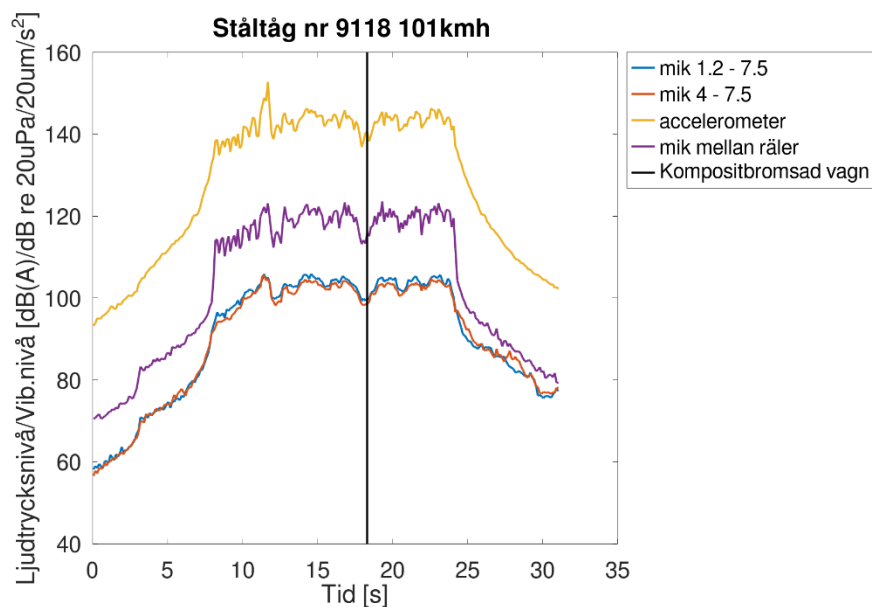
Figur 2 visar tidshistorik för de olika mikrofonpositionerna samt för rälvibrationsnivå. Markerat med vertikala streck är ungefärlig tidpunkt för passage av kompositblockbromsad respektive skivbromsad vagn. Tidshistoriken uppvisar lokala minima när respektive vagn befinner sig tvärs för mikrofonpositionerna, men lokala minima av motsvarande magnitud förekommer också när andra vagnar passerar tvärs mikrofonpositionerna. Figur 3 - Figur 5 visar motsvarande tidshistorik för övriga ståltågspassager, vilka samtliga uppvisar motsvarande lokala minima när kompositblockbromsade eller skivbromsade vagnar passerar tvär för mikrofonpositionerna. Magnituden hos respektive lokalt minimum förefaller dock vara begränsad för en enstaka vagn av kompositblockbromstyp eller skivbromstyp vilket också bekräftas av ljudenerginivå för hel passage i Figur 1.



Figur 3. Tidshistorik över A-vägd ljudnivå för tre mikrofonpositioner samt för rälvibrationsnivå utan vägning för passage av ståltåg med tågnummer 9103.



Figur 4. Tidshistorik över A-vägd ljudnivå för tre mikrofonpositioner samt för rälvibrationsnivå utan vägning för passage av ståltåg med tågnummer 26917.



Figur 5. Tidshistorik över A-vägd ljudnivå för tre mikrofonpositioner samt för rälvibrationsnivå utan vägning för passage av ståltåg med tågnummer 9118.

5 KOMMENTARER

5.1 MÄTINSTRUMENT

Mätningarna med mikrofonplatta följer ingen etablerad mätmetod och resultaten går inte att därför att överföra till förekommande ljudnivåer i tågens omgivning. Resultaten kan dock användas som ett hjälpmedel för att tydligare indikera skillnader mellan enskilda godsvagnars ljudnivåer. Skillnader som kan bero på hjulslitage vilket inte bara kan förklaras av olika bromssystem utan även av hur ofta hjulstatusen kontrolleras och åtgärdas på enskilda vagnar.

Ytterligare hjälpmedel för att fastställa orsaken till variationer i ljudnivåer under tågpassagerna är att mäta rälens vibrationsnivå under varje enskild hjulpassage. Den uppmätta vibrationsnivån är summan av hjulets och rälens ojämnheter. Genom att på platsen mäta rälens ojämnheter med CAT verktyget så kan man separera hjul och rälsitage. Man kan då få en uppfattning om hjulens kondition på enskilda vagnar i godstågen.

5.2 GODSVAGNAR

Antalet godsvagnar med alternativa bromssystem som användes för transporter av slabs avvek betydligt från förväntat. I de totalt fyra passerande ståltågen så hade endast två godsvagnar skivbromsar och fyra godsvagnar kompositbromsblock. Övriga 105 st godsvagnar hade vanliga bromsblock av gjutjärn.

Förklaringen från trafikoperatören Green Cargo till det begränsade antalet godsvagnar med alternativa bromssystem var bl.a. "att det inte funnits tid till nummerväxling" och "det förekommit stora produktionsstörningar under veckan".

Det låga antalet godsvagnar med alternativa bromssystem reducerar möjligheten till att med hög säkerhet analysera och bestämma statistiska skillnaderna i ljudnivå mellan godsvagnstyperna.

5.3 RESULTAT

Det är svårt att dra några tydliga slutsatser angående effekten på utstrålad ljudeffekt av att använda kompositblockbromsar eller skivbromsar utifrån de mätningar som redovisats här. Det skulle krävas flera vagnar sammankopplade i en delenheter av tågsättet för att kunna göra en pålitlig analys. Tidshistorik från de olika passagerna indikerar dock att det skulle vara möjligt att minska utstrålad ljudeffekt om större delen av varje tågsätt bestod av vagnar av kompositblockbromstyp eller skivbromstyp.

6 BILAGOR

5.1 RÅDATA TÅGMÄTNINGAR

Förekommande ljudnivåer från varje enskild passage redovisas i samtliga tabeller med följande beteckningar.

F Max: Maximala ljudtrycksnivå under passagen är utförd med tidvägning Fast 0,125 sekunder.

dBA: Redovisade ljudnivåer är frekvensvägda med A-filter

5.2 GT – STÅLPENDELN

Tabell 2: Rådata från mätningar av ståltågspassager i konstant hastighet

För samtliga mätningar gäller: Datum 2022-08-29 ¹⁾ – 2022-08-30 ¹⁾ Mätplats Storvik								
Fil	Riktning	Hastighet	Lastad / Tom	Vagnar/ Lok	F MAX 1.2	LAE 1.2	F MAX 4	LAE 4
	B/O ¹⁾	km/h	L/T	antal	dBA	dBA	dBA	dBA
3 ²⁾	B	83	L	15/2 ²⁾	101.74	110.41	100.46	109.56
6 ²⁾	B	84	L	30/2 ²⁾	102.15	112.18	100.73	111.34
7 ²⁾	O	101	T	29/2 ²⁾	106.00	115.33	105.48	114.34
12 ²⁾	O	90	T	32/1 ²⁾	106.04	115.67	104.85	114.92

1) Färddriktning mot Borlänge/Ockelbo

2) Lok littera Mb

5.3

GT – ORDINARIE GODSTÅG

Tabell 3: Rådata från mätningar av godstågspassager

För samtliga mätningar gäller: Datum 2022-08-29 ¹⁾ – 2022-08-30 ¹⁾ Mätplats Storvik								
Fil	Riktning	Hastighet	Lastad/ Tom	Vagnar/ Lok	F MAX 1.2m	LAE 1.2m	F MAX 4m	LAE 4m
	B/O ¹⁾	km/h	L/T	antal	dBA	dBA	dBA	dBA
1 ¹⁾	O	79	L	42/2 ³⁾	95.57	99.77	94.54	98.88
2 ¹⁾	B	74-65 ²⁾	L	15/1 ³⁾	98.19	107.37	97.87	106.67
4 ¹⁾	B	63-53 ²⁾	L	22/2 ⁴⁾	87.39	99.10	86.33	98.12
5 ¹⁾	B	67	L	30/1 ³⁾	100.01	109.63	99.71	109.02
8 ¹⁾	O	74	L	15/2 ³⁾ 2 ⁵⁾	98.14	105.94	96.94	104.99
9 ¹⁾	B	55	L	32/2 ³⁾	96.56	109.08	95.69	108.31
10 ¹⁾	O	60	L	32/1 ³⁾	97.12	109.65	95.95	108.75
13 ¹⁾	O	81	L	23/2 ³⁾	_6)	_6)	_6)	_6)

- 1) Färdriktning mot Borlänge/Ockelbo
- 2) Godståget bromsar
- 3) Lok littera Rd
- 4) Lok littera 142 och 243 (Vectron)
- 5) Lok littera Td (ej i drift)
- 6) Ogiltig - mikrofoner täckta av plastskydd mot regn

5.4 MÄTPUNKTER MED KOORDINATER

Tabell 5: Mätpunktskoordinater orienterad till aktuell bandel

Plats	Mät punkt	Mikrofon höjd	Sweref99TM E	Sweref99TM N	Bandel	km + m
Storvik	M1	1,2	1841361	8533340	311	220 km + 17 m
Storvik	M1	3,5	1841361	8533340	311	220 km + 17 m

5.5 TEKNISKA DATA ELDRIVNA GODSTÅGSLOK

Ellok som förekommit i trafiken på sträckan under mätningarna.

5.5.1 Ellok Rd2, Rm, Rc1, Rc4

Typ: Elektriskt lok Rd2

Axelföljd: Bo`Bo`

Längd 15,5 m

Tjänstevikt: 78 ton

Effekt: 3600 kW

Sth: 135 km/h

Tillverkare: ASEA ombyggda
av Bombardier

Ombyggnadsår: 2009 - 2014

Ombyggda antal: 79 st.

Tillhör: Green Cargo



5.5.2 Ellok Mb Transmontana

Typ: Elektriskt lok Mb

Axelföljd: Co`Co`

Längd 20,7 m

Tjänstevikt: 123 ton

Effekt: 6000 kW

Sth: 160 km/h

Tillverkare: Softronic

Byggår: 2018 -

Tillhör: Green Cargo



5.5.3 Ellok 142

Typ: Elektriskt lok 142

Axelföljd: Bo`Bo`

Längd 16,2 m

Tjänstevikt: 83,5 ton

Effekt: 4000 kW

Sth: 150 km/h

Tillverkare: Simmering-Graz-Pauker

Byggår: 1969 - 1977

Tillhör: Hector Rail



5.5.4 Ellok 243 Vectron

Typ: Elektriskt lok 243

Axelföljd: Bo`Bo`

Längd 19,0 m

Tjänstevikt: 87 ton

Effekt: 6400 kW

Sth: 200 km/h

Tillverkare: Siemens

Byggår: 2010 -

Tillhör: Hector Rail, Flixtrain, Snälltåget

