

Statens Väg och Transportforskningsinstitut (VTI)

Crossos EU / Nord 2000

Mätserie 3C – Pilotstudie av kurvor med liten radie

Mätningar av bulleremission från tågpassager i kurvor vid Hindås och Gånghester

2021-12-03



CNOSSOS EU / NORD 2000 MÄTSERIE 3C – PILOTSTUDIE AV KURVOR MED LITEN RADIE

Mätningar av bulleremission från tågpassager i
kurvor vid Hindås och Gånghester

KUND

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

KONSULT

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

KONTAKTPERSON

Tomas Jerson – Senior konsult
Ingenjörfirma Elton
Mobil: 0702 66 84 42
Epost: tomas.jerson@telia.com

PROJEKT
Cnossos EU – Indata tågbuller
UPPDRAGSNAMN
Mätserie 3C – Pilotstudie Kurvor
UPPDRAGSNUMMER
202101
UPPRÄTTAD AV
Tomas Jerson
DATUM
2021-12-03
ÄNDRINGSDATUM
2021-12-07

INNEHÅLL

1	BAKGRUND	4
2	MÄTNINGAR	4
2.1	MÄTMETOD	4
2.2	LINJESTRÄCKA	5
2.3	MÄTPLATS HINDÅS	5
2.3.1	Hindås kurva km 36+085	5
2.4	MÄTPLATS GÅNGHESTER	6
2.4.1	Gånghester km 79+154	6
2.5	MÄTPUNKTER	6
2.5.1	Mätpunkt kurva i Hindås	6
2.5.2	Mätpunkt kurva i Gånghester	7
2.6	MÄTINSTRUMENT	7
2.7	VÄDERLEK	7
3	RESULTAT	8
3.1	KURVA I HINDÅS	8
3.2	KURVA I GÅNGHESTER	8
3.3	DIAGRAM SKRIKLJUD TÅGPASSAGER	8
3.3.1	Persontågspassage Hindås	8
3.3.1	Persontågspassage Gånghester	9
4	KOMMENTARER	10
4.1	ALMÄNNA	10
4.2	PLATSRELATERADE	10
5	BILAGOR	12
5.1	RÅDATA TÅGMÄTNINGAR	12
5.1.1	X2 – Snabbtåg (nyrenoverat provtåg)	12
5.1.2	X11 – Elmotorvagn	12
5.1.3	X50 - Elmotorvagn	13
5.1.4	X61 – Elmotorvagn	13
5.1.5	GTE - Elektriska godståg	13
5.1.6	PT – Ellok med personvagnar	14
5.2	MÄTPUNKTER MED KOORDINATER	14
5.3	TEKNISKA DATA ELMOTORVAGNAR	15
5.3.1	X11 elmotorvagn	15
5.3.2	X50 - X54 elmotorvagn	15
5.3.3	X61 elmotorvagn	16
5.4	TEKNISKA DATA ELDRIVNA LOK	16
5.4.1	Persontågslök Rc2-Rc3, Rc6	16
5.4.2	Godstågslök Rc1, Rc4, Rd2, Rm	17

1 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. 3A har fokuserat på tågpassager över broar.

Mätserie 3 fokuserar på buller från järnvägsanläggningen i samband med tågpassager över broar, genom växlar och i kurvor med liten radie. Ingenjörfirma Elton har av Trafikverket genom VTI fått i uppdrag medverka i mätserie 3B och 3C.

I den aktuella delrapporten 3C redovisas förutsättningar och rådata från mätningar i kurvor. Mätningarna har fokuserats på buller vid tågpassager genom kurvor med liten radie och förekomst av ljud med tonal karaktär (skrik ljud) som kan uppstå under dessa förhållanden. Syftet har varit att tillhandahålla rådata som efter analys och bearbetning av VTI skall användas som indata i beräkningsmodellerna. För mätningarnas utförande ansvarar Tomas Jerson vid Ingenjörfirma Elton på Tjörn.

2 MÄTNINGAR

2.1 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 passagera så har ljudnivåer registrerats i tersbanden 20 – 20000 Hz. Varje passage har även registrerats med avseende på ekvivalenta och maximala ljudnivåer (tidsvägning F). Tågpassagera är även lagrade som icke komprimerade ljudfiler (Wave).

Tågtyp, antal vagnar, färdriktning och hastighet har noterats. Förekomst av onormala ljud som t.ex. repetitiva impulser eller svirrande/tonala ljud före och under passagera har noterats. Tågens passagehastighet har uppmätts med dopplerradar och i vissa fall även med tidtagning.

Övriga data/mätningar, såsom ojämnheter (räfflor och vågor) på räl och hjul samt räldämpning, har inte utförts i denna pilotstudie.

2.2 LINJESTRÄCKA

Vid val av lämplig linjesträcka konstaterades att den s.k. *Kust till Kustbanan* mellan Göteborg och Kalmar/Karlskrona har ett betydande antal kurvor med liten radie. Trafik med såväl olika passagerartåg som godståg förekommer dagtid i rimligt antal. Efter rekognosering i närområdet utmed sträckan Härryda – Limmared framkom två mätplatskandidater, Hindås och Gånghester .

2.3 MÄTPLATS HINDÅS

Omedelbart efter utfarten från Hindås station i riktning mot Borås finns enligt BIS en kurva med radien 300 m. Den dagliga trafiken vid Hindås består av ett flertal elmotorvagnar i pendeltrafik mellan Göteborg och Borås. Det förekommer även ett antal lokdragna persontåg i fjärrtågstrafik från Göteborg till Kalmar och Karlskrona. Det går även godståg där några är s.k. Volvotåg med karosseridetaler från Olofström och slutdestination Torslandaverken på Hisingen.

2.3.1 Hindås kurva km 36+085

Sträckan har UIC60 räl monterad på betongslipers och rälbefästningen är Pandrol. Sth i kurvan är **65/70 km/h**.



Foto 1: Enkelspår i kurva efter Hindås station i sydlig riktning mot Borås. Mätpunkten är markerad med röd cirkel.

2.4 MÄTPLATS GÅNGHESTER

Vid utfarten från Gånghester i riktning mot Borås ligger en kurva där radien enligt BIS är 313 m. Den dagliga trafiken vid Gånghester består av ett antal lokdragna persontåg i fjärrtågstrafik från Göteborg till Kalmar och Karlskrona. Det går även godståg där några är s.k. Volvotåg med karosseridetaljer från Olofström och slutdestination Torslandaverken på Hisingen.

2.4.1 Gånghester km 79+154

Sträckan har UIC60 räil monterad på betongslipers och räilbefästningen är Pandrol. Sth i kurvan är **70/80** km/h.



Foto 2: Enkelspår i kurva vid Gånghester Hindås station i västlig riktning mot Borås. Mätpunkten är markerad med röd cirkel.

2.5 MÄTPUNKTER

Bakgrundsnivån vid samtliga kurvutmätningar har typiskt legat $\gg 10$ dBA under ljudnivåerna från tågpassagerarna. I avsnitt 5.3 – 5.4 redovisas tekniska data på de fordon som förekommit vid mätplatserna. Markprofilen mellan spår och mätpunkter samt orientering vid respektive bandel har dokumenterats, dessa uppgifter redovisas i avsnitt 5.2, tabell 10.

2.5.1 Mät punkt kurva i Hindås

Mätningarna i kurvan utfördes på 7.5 m från spårets mittpunkt och mikrofonen var monterad på 1,2 m rök och försedd med vindskydd. På grund av banvallens höjd över omgivande mark samt sly och angränsande staket så gick det inte att upprätta en mätplats i kurvans centrala delar. En mät punkt kunde dock etableras före kurvans utgång mot Borås.

Platsen låg invid ett kalhygge där banvallshöjden var acceptabelt hög, ca 1,5 m och inga andra hinder förekom.

2.5.2 Mät punkt kurva i Gånghester

Mätningarna utfördes i en kurva belägen vid Gånghesters station i riktning mot Borås. Avståndet till spårets mittpunkt var 7,5 m och mikrofonen var monterad på 1,2 m rök och försedd med vindskydd. Mät punkten var belägen i kurvans centrala del strax bortom den nedlagda järnvägsstationen. Inga hinder i form av staket eller sly förekom och banvallshöjden var ca 0,5 m.

2.6 MÄTINSTRUMENT

Följande instrument användes vid mätningarna.

Tabell 1: Mätinstrument

Instrument	Typ	Serienummer
Ljudnivåmätare	SVANTEK 971	87066
Mikrofon	SVANTEK 7052E	75772
Mikrofonförstärkare	SVANTEK SV18	88806
Akustisk kalibrator	SVANTEK SV33B	110016
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. Ingenjörfirma Elton:s policy för kalibrering följer riksprövsplatsen RISE:s kvalitetssystem. Kontroll av kalibreringsnivåer i fält, före och efter mätningarna har utförts utan anmärkning.

2.7 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 eller snöfall förekommit. Lufttemperaturen har vid samtliga mätningar varit $\geq 0^{\circ}\text{C}$ och ballasten har inte varit tjälad.

Då vissa av mätningarna utförts på senhösten så har det under tidiga morgontimmar < kl. 09 förekommit dagg på rälen. Vid det sista mättillfället i Hindås förekom dimma och en lufttemperatur på 0°C . Då konstaterades en tunn ishinna på rälen kontaktyta. Dimman lättade och himlen klarnade efter kl. 10, temperaturen låg resten av dagen flera grader över 0°C .

3 RESULTAT

Mätningar av buller från tågtrafik har utförts under 5 dagar i kurvor vid platserna Hindås och Gånghester. I avsnitt 3.1 och 3.2 redovisas tågtyper som passerat på båda platserna. I avsnitt 3.3 ges exempel på frekvensspektra från respektive mätplats då kurvskrik förekommit. I bilaga 5.1 redovisas rådata från mätningarna för varje tågtyp.

3.1 KURVA I HINDÅS

Tabell 2: Mätningar buller från 22 tågpassager

Tågtyp	X2 ³⁾	X11 ²⁾	X50 ²⁾	X61 ²⁾	PT ³⁾	GTE ⁴⁾	T43 ⁵⁾
Antal ¹⁾	1	8	1	4	5	2	1

- 1) Passage i jämn hastighet
- 2) Elmotorvagn
- 3) Persontåg med ellokdragna vagnar
- 4) Elektriskt godståg
- 5) T43 tungt diesellok

3.2 KURVA I GÅNGHESTER

Tabell 3: Mätningar buller från 14 tågpassager

Tågtyp	PT ²⁾	GTE ³⁾
Antal ¹⁾	8	6

- 1) Passage i jämn hastighet
- 2) Persontåg med ellokdragna vagnar
- 3) Elektriskt godståg

3.3 DIAGRAM SKRIKLJUD TÅGPASSAGER

3.3.1 Persontågspassage Hindås

Ljudnivåvariationer under en persontågspassage med skrik ljud i en kurva vid Hindås visas i diagram 1.

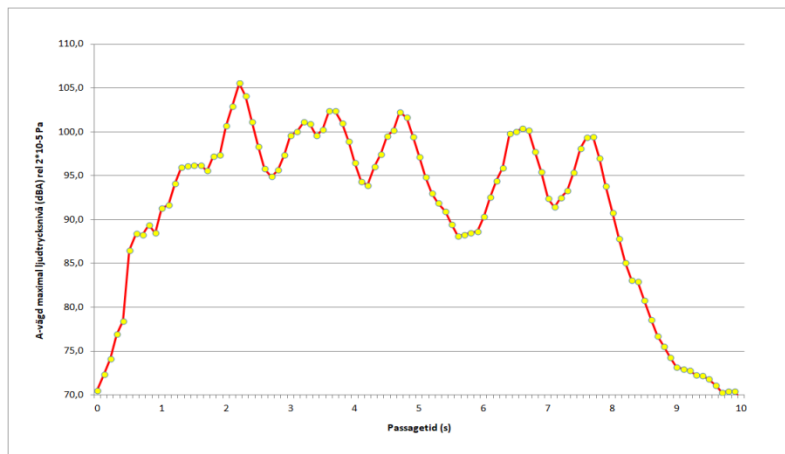


Diagram 1: Tidserie med A-vägda maximalnivåer i kurva vid Hindås under en persontågspassage, fil 4

Ett frekvensspektrum med kurvskrik under den aktuella persontågspassagen presenteras i diagram 2.

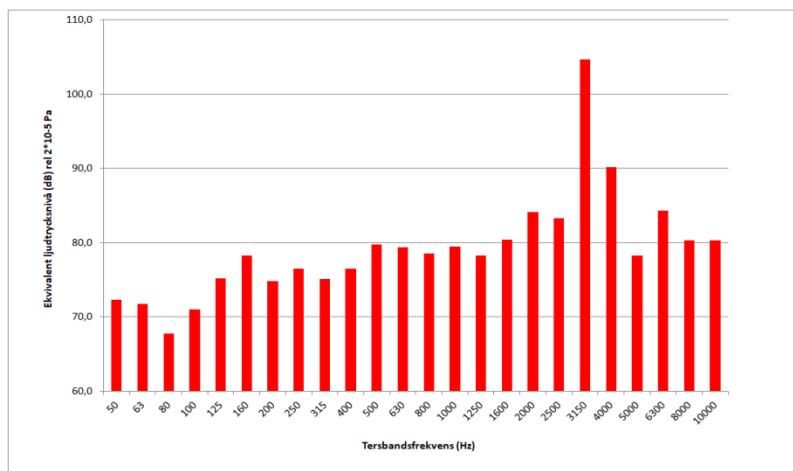


Diagram 2: O-vägt tersbandsspektra visande kurvskrik i samband med en persontågspassage i Hindås, fil 4

I diagrammet kan man se en distinkt topp i tersbandet 3150 Hz som visar när kurvskrik förekommer.

3.3.1 Persontågspassage Gånghester

Ljudnivåvariationer under en persontågspassage med skrik ljud i en kurva vid Gånghester visas i diagram 3.

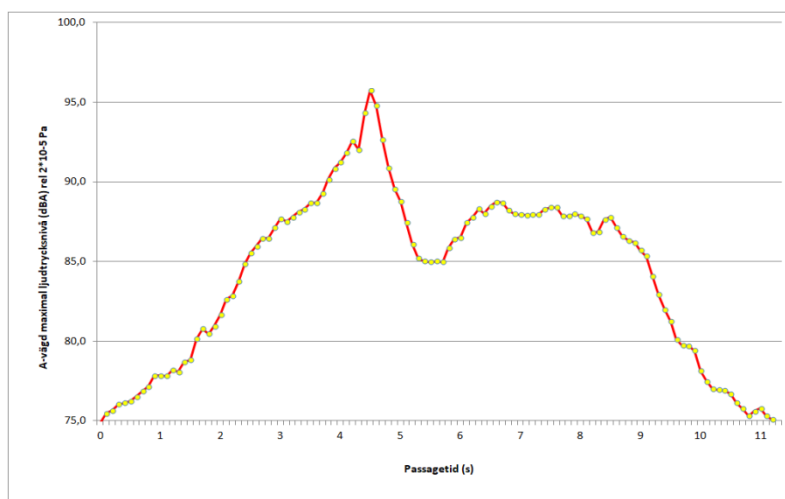


Diagram 3: Tidserie med A-vägd maximalnivåer i kurva vid Gånghester under en persontågspassage, fil 5

Ett frekvensspektrum med kurvskrik då ljudtrycksnivån är som högst under den aktuella persontågspassagen presenteras i diagram 4.

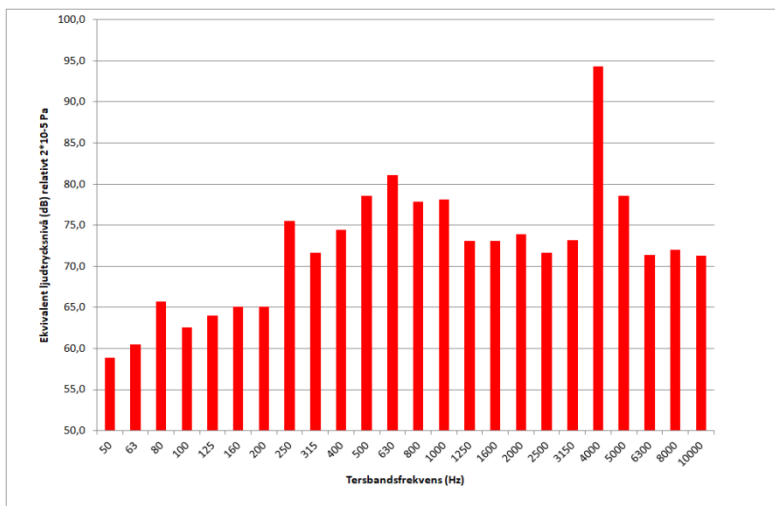


Diagram 4: O-vägt tersbandsspektra visande kurvskrik under en persontågs-passagen i Gånghester, fil 5

I diagrammet kan man se en distinkt topp i tersbandet 4000 Hz i samband med att kurvskrik förekommer.

4 KOMMENTARER

4.1 ALMÄNNA

Det är sedan länge känt att tågpassager i kurvor med liten radie kan förorsaka buller med rena toner s.k. kurvskrik. Orsaken är att tåghjulen inte optimalt följer kurvans radie utan momentant glider på rälen, s.k. "stick slip". Fenomenet exciterar i sin tur hjulens resonansfrekvenser varvid vanligtvis starka tonala ljud kan höras i tågens omgivning. Hjulens flänsar kan i en kurva även penetrera ytterrälens insida. Ett mer bredbandiga ljud, ofta med skärande karaktär kan då uppstå.

Man kan i viss mån förebygga dessa oönskade fenomen genom att sänka tågens hastighet samt att dosera kurvan optimalt. Kurvskrik kan även reduceras med hjälp en smörjapparat där produkten minskar friktionen mellan hjul och räl och uppkomsten av kurvskrik. Åtgärder på tågen såsom dämpade hjul och radialstyrda hjulaxlar kan också minska förekomst av kurvskrik.

4.2 PLATSRELATERADE

Då en del av mätningarna utfördes under senhösten förekom tidig morgon vid Gånghester dagg på rälen. Vid sista mätningen i Hindås då väderprognosen förutspått klart väder låg dimman tjock under tidiga morgontimmar. Lufttemperaturen var ca 0°C och rälen hade en tunn hinna av is. Generellt gäller att vatten har en smörjande effekt varför skrik ljud från passerande tåg inte förekom under något av dessa tillfällen.

Vid ankomsten till Hindås vid första mättillfället konstaterades att spårslipning nyligen utförts, se foto 3 nedan. Rälen uppvisade tydliga diagonala räfflor efter slipstenarnas bearbetning.



Foto 3: Nyslipad ytterräl i kurvan vid mätplats Hindås

En oväntad effekt var att ett stort antal av tågpassagerna endast uppvisade svaga tendenser till skrik ljud. Vid nästa mätillfälle 5 veckor senare hade rälen blivit mer polerad av tågtrafiken så starka skrik ljud förekom under hälften av passagerna.



Foto 4: Oslipad ytterräl i kurvan vid mätplats Gånghester

I fotot 4 ovan ser man rälhuvudets blanka kontaktyta polerat av tåg hjulens passager. Man kan också se de smala ytorna på rälen innerkant efter hjulflänsarnas penetrering genom kurvan.

Antalet dagliga godstågspassager minskade tyvärr under senhösten då Volvo drog ner sin verksamhet p.g.a. rådande komponentbrist.

5 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

5.1.1 X2 – Snabbtåg (nyrenoverat provtåg)

Tabell 4: Rådata från mätningar av X2-passagen i kurva

Datum	Fil	Mätplats	Riktning	Hastighet	Kurvskrik	F MAX
			B/G ²⁾	km/h	Ja / Nej	dBA
20210913	11	Hindås	B	67	Ja ¹⁾	90,8

1) Svag tendens till kurvskrik

2) Färdriktning Borås/Göteborg

5.1.2 X11 – Elmotorvagn

Tabell 5: Rådata från mätningar av X11-passager i kurva

Datum	Fil	Mätplats	Riktning	Hastighet	Kurvskrik	F MAX
			B/G ⁴⁾	km/h	Ja / Nej	dBA
20210913	2	Hindås	G	64	Nej	90,6
20210913	5	Hindås	G	59	Ja	87,4
20210913	6	Hindås	B	70	Ja ¹⁾	89,2
20210913	9	Hindås	G	66	Ja ²⁾	89,9
20210913	13	Hindås	B	70	Ja ³⁾	84,7
20210913	17	Hindås	B	73	Ja ³⁾	88,7
20211018	2	Hindås	G	65	Nej	90,4
20211018	6	Hindås	B	70	Ja ³⁾	89

1) Svag tendens till kurvskrik

2) Svaga kurvskrik på avstånd

3) Skärande ljud, sannolik flänskontakt

4) Färdriktning Borås/Göteborg

5.1.3 X50 - Elmotorvagn

Tabell 6: Rådata från mätningar av X50-passager kurva

Datum	Fil	Mätplats	Riktning	Hastighet	Kurvskrik	F MAX
			B/G ²⁾	km/h	Ja / Nej	dBA
20210913	8	Hindås	B	66	Ja ¹⁾	85,7

- 1) Svag tendens till kurvskrik
- 2) Färdriktning Borås/Göteborg

5.1.4 X61 – Elmotorvagn

Tabell 7: Rådata från mätningar av X61-passager i kurva

Datum	Fil	Mätplats	Riktning	Hastighet	Kurvskrik	F MAX
			B/G ⁴⁾	km/h	Ja / Nej	dBA
20210913	1	Hindås	B	70	Ja ¹⁾	85
20210913	15	Hindås	G	63	Ja ³⁾	83,9
20211018	1	Hindås	B	63	Nej ²⁾	83,3
20211018	5	Hindås	G	47	Ja ³⁾	87,4

- 1) Svag tendens till kurvskrik
- 2) Ishinna på rälen
- 3) Skärande ljud, sannolik flänskontakt
- 4) Kraftigt kurvskrik
- 5) Färdriktning Borås/Göteborg

5.1.5 GTE - Elektriska godståg

Tabell 8: Rådata från mätningar av GTE-passager i kurvor

Datum	Fil	Mätplats	Riktning	Hastighet	Kurvskrik	F MAX
			V/B/G ⁴⁾	km/h	Ja / Nej	dBA
20210824	1	Gånghester	V	71	Ja ¹⁾	97,5
20210824	4	Gånghester	B	64	Ja ¹⁾	105,1
20210824	7	Gånghester	B	66	Ja ²⁾	108,6
20210824	8	Gånghester	V	72	Ja ¹⁾	100,4
20211008	2	Gånghester	G	62	Ja ³⁾	103,8
20211008	4	Gånghester	G	72	Ja ¹⁾	96,7
20210913	12	Hindås	G	63	Nej	103,0
20211018	7	Hindås	G	61	Ja ¹⁾	97,6

- 1) Periodiska kurvskrik
- 2) Periodiska svaga kurvskrik under bromsning?
- 3) Periodiska svaga kurvskrik
- 4) Färdriktning Värnamo/Borås/Göteborg

5.1.6 PT – Ellok med personvagnar

Tabell 9: Rådata från mätningar av passager med passagerartåg i kurvor

Datum	Fil	Mätplats	Riktning	Hastighet	Kurvskrik	F MAX
			B/G ⁵⁾	km/h	Ja / Nej	dBA
20210824	2	Gånghester	V	74	Ja ¹⁾	96,1
20210824	3	Gånghester	B	74	Nej ⁴⁾	96,4
20210824	5	Gånghester	V	67	Ja ¹⁾	97,2
20210824	6	Gånghester	B	68	Ja ¹⁾	96,8
20210902	15	Gånghester	V	72	Ja ³⁾	96,8
20210902	16	Gånghester	B	76	Nej	96,9
20210913	3	Hindås	G	62	Ja ³⁾	94,1
20210913	7	Hindås	B	59	Ja ³⁾	94,9
20210913	10	Hindås	G	68	Nej	95,9
20211008	1	Gånghester	G	66	Nej	96,1
20211008	3	Gånghester	G	74	Nej ⁴⁾	98,3
20211018	3	Hindås	G	57	Nej	94,7
20211018	4	Hindås	G	65	Ja ¹⁾	106,0

- 1) Periodiska kurvskrik
- 2) Periodiska kurvskrik under bromsning?
- 3) Periodiska svaga kurvskrik
- 4) Möjligen bromsning?
- 5) Färdriktning Värnamo/Borås/Göteborg

5.2 MÄTPUNKTER MED KOORDINATER

Tabell 10: Mätpunktskoordinater i kurvor orienterad vid respektive bandel

Plats	Mät punkt	Mikrofon höjd	Sweref99TM E	Sweref99TM N	Bandel	Spår ¹⁾	km + m
Hindås	M1	1,2	1387103	7905044	641	E	36 km + 085 m
Gånghester	M1	1,2	1450053	7903819	721	E	79 km + 154 m

- 1) E = enkelspår

5.3 TEKNISKA DATA ELMOTORVAGNAR

5.3.1 X11 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 2 vagnar,
framförs även multipel

Axelföljd:

2 vagnar Bo`Bo`+ 2`2`

Längd: 2 vagnar 49,9 m

Tjänstevikt: 103 ton

Effekt: 1280 kW

X11 Sth: 140 km/h

Tillverkare: ASEA

Byggår: 1982 - 1995

Tillhör: Västtrafik m.fl.



5.3.2 X50 - X54 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 2 eller 3
vagnar, även multipel

Axelföljd: 2 vagnar Bo`Bo`+ Bo2`

3 vagnar Bo`Bo`+ 2`2`+ Bo`Bo`

Längd: 2 vagnar 53,9 m

3 vagnar 80,5 m

Tjänstevikt: 2 vagnar 142 ton

3 vagnar 203 ton

Effekt: 2 vagnar 1590 kW

3 vagnar 2012 kW

Sth: 180 - 200 km/h

Tillverkare: Bombardier

Byggår: 2000 – 2013

Tillhör: Västtrafik m.fl.



5.3.3 X61 elmotorvagn

Typ: Elmotorvagn, 4-delad

även multipelkopplade

Axelföljd:

X61 Bo` (Bo`)(2`)(Bo`) Bo`

Längd: X61 74,3 m

Tjänstevikt: X61 155 ton

Effekt: 61 2000 kW

Sth: X61 160 km/h

Tillverkare: Alstom

Byggår: 2005 -

Tillhör: Västtrafik m.fl.



5.4 TEKNISKA DATA ELDRIVNA LOK

5.4.1 Persontågslök Rc2-Rc3, Rc6

Typ: Elektriskt lok Rc6

Axelföljd: Bo`Bo`

Längd 15,5 m

Tjänstevikt: 78 ton

Effekt: 3600 kW

Sth: 160 km/h

Tillverkare: ASEA

Ombyggnadsår Rc5 till Rc6:
1992 - 1995

Ombyggda antal: 60 st.

Tillhör: SJ, TRV



5.4.2 Godstågslök Rc1, Rc4, Rd2, Rm

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

