



RAPPORT

Dokumentdatum

2019-05-20

Skapat av

Christer Persson

Elasticiter för kontaktledningsfel med avseende på ankomstförseningar vid station

Innehåll

1.	Inledning.....	4
2.	Modelluppdateringar	5
1.1	Modellestimeringar av kontaktledningsfelens påverkan på tågförflyttningar	5
1.2	Uppdatering av modellspecifikationer	8
1.3	Hantering av kontaktledningsfel i FF-modellen	9
1.4	Övrigt	9
3.	Beräknade elasticiteter.....	9
4.	Att använda elasticiteterna	10
5.	Beräkningsexempel	11
1.5	Minskning av kontaktledningsfel för hela bantyp 2.....	11
1.6	Minskning av kontaktledningsfel för en del av Ostkustbanan	11
2	Referenser	12
	Bilaga: Estimerade parametrar för fel- och förseningsmodellen	13

1. Inledning

Kontaktledningsfel är en typ av fel i järnvägssystemet som ger upphov till en stor del av de störningar i som infrastruktur fel ger upphov till för tågtrafiken. Till exempel stod kontaktledningsfelen för 19,2 procent¹ av infrastrukturrelaterade merförseingsminuter under perioden 2013-2016, och cirka 6 procent av de totala merförseingarna orsakades av kontaktledningsfel. Med detta som bakgrund har kontaktledningsfel valts ut som en prioriterad typ av fel där det är önskvärt att ta fram elasticiteter för dessa fels påverkan på förseingar i tågtrafiken. Detta kan sedan användas som en del av en effektsambandskedja.

Kontaktledningsfel definieras som fel på anläggningar av typen Kontaktledning enligt rubriknivå 2 under rubriken Elanläggningar på rubriknivå 1 i Trafikverkets standard BVS 811. Denna definition används för kontaktledningsfel i Trafikverkets merförseingsstatistik, de går dessutom att identifiera i det så kallade ofelia-registret.

Elasticiteterna har definierats med avseende på ankomstförseingar för avstigande vid stationer. Det innebär att de avser enbart persontågstrafik. De har vidare avgränsats till att omfatta elasticitet för en genomsnittlig station för var och en av bantyperna 1, 2 och 3 samt för de tre större stationerna Stockholm, Göteborg och Malmö.

För att ta fram elasticiteterna har den så kallade FF-modellen, utvecklad av WSP och KTH, använts. För att genomföra denna uppgift har kontaktledningsfel urskilts från övriga fel i indata till modellen. Dessutom har kompletterande modellestimeringar utförts i syfte att särskilja kontaktledningsfelens inverkan på tågens tidhållning.

¹ Enligt Trafikverkets eget uttag ur merförseingsstatistiken.

2. Modelluppdateringar

FF-modellen är en så kallad intensitetsmodell för när händelser ska inträffa, vilket innebär att den är uppbyggd av samma typ av modeller som används till exempel i överlevnadsanalys eller för modellering av tillförlitlighet för maskinutrustning. Händelser är i detta fall antingen att ett tåg avgår från en station eller att ett tåg under förflyttning ankommer till en station. Modellerna för ankomst till station (gångtidsmodellerna) bygger på att gångtiden mellan stationer följer en invers normalfördelning. För modellerna för avgång från station (väntetidsmodellerna) är antagandet att väntetiden på stationen följer en Weibullfördelning. Båda dessa modelltyper är i sin tur uppdelade i modeller för persontåg och modeller för icke-persontåg. Totalt finns därmed fyra separata modeller i FF-modellen. För en mer detaljerad redogörelse för FF-modellen hänvisas till (WSP, 2014).

1.1 Modellestimeringar av kontaktledningsfelens påverkan på tågörflyttningar

Modellestimeringar har utförts på samma sätt som för den nuvarande FF-modellen (WSP, 2014), men med fel helt avgränsade till typen kontaktledningsfel. Anledningen till detta är att ingen signifikans gick att få för att skilja estimerade parametrar för kontaktledningsfel från parametrar för övriga fel. Huvudorsaken till detta är att andelen kontaktledningsfel i Ofelia för 2009 är enbart 2,5 procent av de totala infrastrukturrelaterade felen. Att övriga typer av fel inte ingår som variabel i modellerna innebär dock att parametern som estimeras för kontaktledningsfel kan fånga upp effekter från övriga typer av fel. Detta inträffar om det finns en korrelation i data mellan kontaktledningsfel och övriga fel. I estimeringsdata är denna korrelation 0,17. Det innebär att parametrarna för kontaktledningsfel tenderar att överskatta den korrekta effekten för kontaktledningsfel, och vidare att beräknade elasticiteter också kommer att överskattas. Även estimerade parametrar för övriga variabler som ingår i modellen riskerar att påverkas av att övriga typer av fel har uteslutits. Detta diskuteras i avsnittet *Uppdatering av modellspecifikationer* nedan.

Nedan visas tabeller med estimeringsresultat för de fyra estimerade delmodellerna i FF. Motsvarande tabeller för den ursprungliga FF-modellen finns sammanställda i bilagan. Variabelnamn stämmer överens med namnen givna i (WSP, 2014), tabellen nedan ger en kort beskrivning av variablerna.

Variabelnamn	Förklaring
bantyp1 - bantyp5, bantypNA	Indikatorvariabler (0/1) för bantyp 1-5 (Trv:s def.). NA innebär att bantyp saknas, t.ex. industrispår.
x2000	Indikatorvariabel för X2000-tåg
Pendel	Indikatorvariabel för pendeltåg
Gt	Indikatorvariabel för godståg
Tjt	Indikatorvariabel för tjänstetåg
timegap	Tidsavstånd till framförvarande tåg
Ptg	Planerat tidsavstånd till framförvarande tåg enligt tidtabell
ktml.fel.infra	Antal kontaktledningsfel (enbart infrastrukturrelaterade fel)
from0.delay	Antal förseningsminuter vid ankomst till station
Ph	Indikatorvariabel för högtrafik (6:00-8:00, 16:00-18:00)

I tabellerna nedan ger kolumnerna betecknade med Std standardavvikelsen för parameterskattningarna (ofta kallad standardfelet), kolumnerna betecknad med Z ger statistikan för att testa om parametrarna är signifikant skilda noll (i ett normalfördelningstest). Slutligen markerar kolumnerna betecknade med Sign vilken signifikansnivå som parametrarna klarar sådana test, '***' innebär att signifikansnivån åtminstone är 0,1%, '**' att den ligger mellan 0,1% och 1%, '*' att den ligger mellan 1% och 5%. En tom cell i en Sign-kolumn innebär att signifikans nivån ligger mellan 10% och 100%.

Tabell 1. Estimering för gångtidsmodell, persontåg

Parameter	Värde	Std.	Z	P-värde	Sign.
<i>Hastighet</i>					
intercept_hastighet	1,725	0,0029	594,83	0,00	***
bantyp2	0,314	0,0026	120,74	0,00	***
bantyp3	0,019	0,0035	5,50	0,00	***
bantyp4	-0,078	0,0064	-12,25	0,00	***
bantyp5	-0,580	0,0249	-23,28	0,00	***
x2000	0,431	0,0040	107,74	0,00	***
Pendel	-0,118	0,0024	-49,16	0,00	***
1/(timegap + 1)	-0,933	0,0108	-86,41	0,00	***
ctl.fel.infra	-0,277	0,0280	-9,88	0,00	***
ctl.fel.infra*bantyp2	-0,140	0,0427	-3,27	0,00	***
ctl.fel.infra*bantyp3	0,005	0,0318	0,17	0,87	
bantyp3/(timegap +1)	0,168	0,0599	2,80	0,01	**
bantyp4/(timegap +1)	-0,760	0,1089	-6,98	0,00	***
bantyp5/(timegap +1)	2,420	1,6169	1,50	0,13	
<i>Sigma (standardavvikelse för tågets position)</i>					
intercept_sigma	0,248	0,0029	85,66	0,00	***
bantyp2	0,166	0,0033	50,18	0,00	***
bantyp3	-0,100	0,0043	-23,22	0,00	***
bantyp4	0,059	0,0078	7,59	0,00	***
bantyp5	-0,658	0,0825	-7,98	0,00	***
x2000	0,143	0,0034	42,16	0,00	***
Pendel	-0,235	0,0025	-93,84	0,00	***
1/(timegap + 1)	0,227	0,0097	23,41	0,00	***
ctl.fel.infra	-0,346	0,0392	-8,83	0,00	***
ctl.fel.infra*bantyp2	0,235	0,0432	5,43	0,00	***
ctl.fel.infra*bantyp3	0,261	0,0440	5,93	0,00	***
x2000*ctl.fel	0,172	0,0537	3,20	0,00	***
pendel*ctl.fel	0,484	0,0458	10,57	0,00	***
bantyp2/(timegap +1)	-0,304	0,0239	-12,72	0,00	***
bantyp3/(timegap +1)	0,040	0,0714	0,56	0,58	

Tabell 2. Estimering för gångtidsmodell, ej persontåg

Parameter	Värde	Std.	Z	P-värde	Sign.
<i>Hastighet</i>					
Intercept_hastighet	1,055	0,0020	527,75	0	***
bantyp2	0,210	0,0015	140,32	0	***
bantyp3	0,149	0,0016	93,17	0	***
bantypNA	-0,092	0,0038	-24,33	0	***
Gt	-0,026	0,0017	-15,25	0	***
1/(timegap + 1)	-0,140	0,0051	-27,39	0	***
ctl.fel.infra	-0,100	0,0122	-8,21	0	***

ktl.fel.infra*bantyp2	-0,062	0,0149	-4,15	0	***
ktl.fel.infra*bantyp3	-0,093	0,0143	-6,47	0	***
<i>Sigma (standardavvikelse för tågets position)</i>					
intercept_sigma	0,258	0,0019	136,01	0	***
bantyp2	0,127	0,0019	67,01	0	***
bantyp3	0,069	0,0021	33,06	0	***
bantyp4 or 5	0,032	0,0052	6,11	0	***
bantypNA	-0,109	0,0051	-21,37	0	***
Tjt	0,139	0,0021	66,16	0	***
1/(timegap + 1)	-0,236	0,0064	-36,91	0	***
ktl.fel.infra	0,119	0,0061	19,46	0	***

Tabell 3. Estimering för väntetidsmodell, persontåg

Parameter	Värde	Std.	Z	P-värde	Sign.
<i>Scale, exp. komponent</i>					
intercept_scale	0,492	0,0049	100,48	0	***
bantyp2	0,284	0,0042	67,55	0	***
bantyp3	0,382	0,0046	83,08	0	***
bantyp4	0,340	0,0095	35,78	0	***
bantypNA	0,148	0,0116	12,76	0	***
x2000	0,299	0,0096	31,13	0	***
Pendel	-0,257	0,0044	-58,39	0	***
(ptg+1)/(tg + 1)	0,033	0,0013	25,26	0	***
ktl.fel.infra	0,147	0,0212	6,95	0	***
<i>Scale, additiv komponent</i>					
1(fromo.delay<0)*fromo.delay	-0,640	0,0043	-148,88	0	***
1(fromo.delay>0)*fromo.delay	0,017	0,0008	21,34	0	***
<i>Shape</i>					
intercept_shape	0,008	0,0020	3,98	0	***
bantyp2	-0,041	0,0022	-18,68	0	***
bantyp4	-0,199	0,0044	-45,17	0	***
bantypNA	-0,143	0,0059	-24,29	0	***
Pendel	0,215	0,0020	107,73	0	***
Ph	-0,031	0,0017	-18,11	0	***
1(fromo.delay<0)*fromo.delay	-0,005	0,0001	-48,52	0	***
1(fromo.delay>0)*fromo.delay	0,001	0,0002	4,18	0	***

Tabell 4. Estimering för väntetidsmodell, ej persontåg

Parameter	Värde	Std.	Z	P-värde	Sign.
<i>Scale, exp. komponent</i>					
konstant_scale	2,103	0,0192	109,51	0,00	***
bantyp2	-0,389	0,0226	-17,22	0,00	***
bantyp3	-0,368	0,0226	-16,27	0,00	***
bantypNA	-0,472	0,0448	-10,53	0,00	***
(ptg+1)/(tg + 1)	0,044	0,0026	16,81	0,00	***
ktl.fel.från	0,075	0,0842	0,89	0,37	
<i>Scale, additiv komponent</i>					
$1_{(\text{fromo.delay} < 0)} * \text{fromo.delay}$	0,004	0,0013	3,04	0,00	***
$1_{(\text{fromo.delay} > 0)} * \text{fromo.delay}$	-0,005	0,0002	-26,99	0,00	***
<i>Shape</i>					
konstant_shape	-0,598	0,0033	-181,17	0,00	***
$1_{(\text{fromo.delay} > 0)} * \text{fromo.delay}$	0,000	0,0001	1,95	0,05	*

1.2 Uppdatering av modellspecifikationer

De ovan redovisade estimeringarna utfördes på data avgränsat till kontaktledningsfel. Det innebär att de resterande 97,5 procent infrastrukturellerade fel i järnvägssystemet endast ingår indirekt i de estimerade modellerna. Att de ingår indirekt betyder att de (1) påverkar de slumpmässiga komponenterna i modellerna, (2) påverkar parameterestimeringarna. Den senare orsaken är själva syftet med estimeringarna utförda för kontaktledningsfel.

Ett alternativ för uppdateringen av FF-modellen är att utesluta alla fel utom kontaktledningsfel och sedan kalibrera om modellen så att den stämmer överens på totalnivå för tågens tidsavvikelser. I detta fall modelleras de övriga felen enbart genom de slumpmässiga komponenterna i modellen. Detta angreppssätt prövades, men det visade sig svårt att tillfredsställande kalibrera modellen. Det är i sig rimligt eftersom detta angreppssätt innebär en betydande förändring i modellen.

Istället uppdaterades modellen genom att skilja på kontaktledningsfel och övriga fel i indata till modellen och sedan använda de estimerade felparametrarna (markerade i fet stil i tabell 1-4 ovan) för kontaktledningsfel, men övriga parametrar hämtas från de ursprungligen estimerade parametrarna i FF-modellen, som estimerades utan ta hänsyn till någon indelning efter typ av fel. För övriga fel används de ursprungligen estimerade parametrarna i FF. Detta kan motiveras genom att närmare studera skillnaden i parameterestimat mellan estimeringarna enligt tabell 1-4 ovan och de i den ursprungliga FF-modellen. Följande går att säga om skillnaden i estimerade parametrar ovan jämfört med modellestimeringarna i FF-modellen (WSP, 2014):

1. Parametrarna i de slumpmässiga komponenterna (sigma och shape i tabell 1-4) skiljer sig åt i betydande grad. Detta går att tolka som att de övriga felen som inte ingår i data påverkar estimeringen av de slumpmässiga komponenterna.
2. De parametrar som har påverkats i komponenterna för genomsnittshastighet (och scale) är parametrarna för kontaktledningsfel, vilket är helt i sin ordning.
3. Utöver det har parametrarna för tidsavstånd till framförvarande tåg (timegap) också förändrats märkbart. Timegap-parametrarna har generellt blivit mer negativa i estimeringarna ovan vilket innebär att ett tåg i genomsnitt saktar ner mer när det närmar sig ett framförvarande tåg jämfört med modeller med de ursprungliga parametrarna för FF. Det

antyder att förseningar som uppstår på grund av övriga fel och som i data ingår som till synes slumpmässiga fördröjningar av tågen *ses av modellerna ovan som orsakad av för kort timegap till framförvarande tåg*.

Den sista effekten, att timegap-parametrarna har blivit mer negativa, är alltså en skenbar effekt som beror på de ej modellerade övriga felen och alltså inte i sig har med tågets tidsavstånd till framförvarande tåg att göra. Det engelska uttrycket för detta är att de ej ingående övriga felen är en confounder för timegap.

Därför går det att argumentera för att enbart ta med de specifika parametrarna för kontaktledningsfelens påverkan på genomsnittlig hastighet för tågen (och motsvarande för scale) och att hämta övriga parametrar från de ursprungliga modellerna i FF. Detta hanterar punkt 2 ovan. Punkt 1 har hanterats genom att kalibrera in konstanter i de slumpmässiga komponenterna (med ursprungliga parametrarna) så att de stämmer på en genomsnittlig nivå. Punkt 3 ovan hanteras genom att använda timegap-parametrar från den ursprungliga FF-modellen eftersom timegap-parametrarna i de nya estimeringarna, enligt punkt 3, troligen innehåller effekter som inte härrör från tågens tidsavstånd till framförvarande tåg (timegap).

1.3 Hantering av kontaktledningsfel i FF-modellen

Tidigare har fel hanterats så att de faktiska fel som förekommer i ofelia för 2009 används i FF. Vid tidigare elasticitetskörningar har de faktiska felen vid varje delsträcka och station räknats upp, typiskt med 10 procent. Som nämnts ovan så är kontaktledningsfelen tämligen ovanligt förekommande, de utgör 2,5 procent av de infrastrukturrelaterade felen som registrerades i ofelia under 2009 och 3,7 procent av felen som har potential att påverka tåg. Detta ger problem för den tidigare använda metoden för att hantera felen. FF-modellen gör alla körningar för ett typdygn under september 2009. Under ett dygn är enbart ett tiotal kontaktledningsfel normalt öppna. Vilket innebär att alla prognoskörningar om hur de *faktiska* kontaktledningsfelen påverkar tågens tidhållning blir *ytterst osäkra*. Detta har hanterats i denna studie genom att per delsträcka och station över år 2009 beräkna det genomsnittliga antalet kontaktledningsfel per minut under genomsnittsdygnet. I jämförelsescenariot i elasticitetskörningarna har sedan dessa genomsnittsfel räknats upp med 10 procent

1.4 Övrigt

Jämförande arbete utfördes under studiens gång mellan merförseningar och ankomstförseningar båda beräknade ur ofelia-data. Motivet till detta var att de resulterande elasticiteterna bedömdes som låga i förhållande till hur stor del av merförseningarna som orsakades av kontakledningsfel. Den bedömningen påverkades dock av en felaktig bild av hur stor del av merförseningarna som orsakades av kontakledningsfel. Som nämnts i inledningen orsakas cirka 6 procent av de totala merförseningarna av kontakledningsfel. Utifrån detta ser inte elasticiteterna som redovisas i nästa avsnitt ut att vara för låga.

3. Beräknade elasticiteter

Elasticiter för kontaktledningsfel har beräknats genom att köra två prognosscenarier för FF-modellen. Det ena scenariot är ett basscenario för nuläget 2009, det andra är ett jämförelsescenario där antalet kontaktledningsfel har ökat med 10 procent men som i övrigt är identiskt med basscenariot. Sedan beräknas elasticiteterna genom följande formel:

$$\frac{\text{Procentuell ökning av ankomstförseningar vid station}}{\text{Procentuell ökning av kontaktledningsfelen}}$$

Varje scenario har simulerats 56 gånger med olika så kallad random seeds för den Monte Carlo-simulering som ingår i modellen. Den genomsnittliga elasticiteten över dessa körningar har sedan beräknats tillsammans med konfidensintervall för dess säkerhet. De erhållna elasticiteterna visas i tabellen nedan.

	Konf.intervall	
	Elasticitet	+/-
Totalt	0,12	0,001
Bantyp 1	0,14	0,002
Bantyp 2	0,09	0,002
Bantyp 3	0,14	0,016

Elasticiteterna för centralstationerna i Stockholm, Göteborg och Malmö skilde sig inte signifikant från genomsnittsstationen i bantyp 1. Därför redovisas dessa inte separat.

4. Att använda elasticiteterna

Elasticiteterna som presenterades i föregående avsnitt är beräknade genom att öka de genomsnittliga kontaktledningsfelen med 10 procent överallt i hela järnvägssystemet i landet. Detta skiljer sig från det typiska användningsområdet som snarare är att förutsäga effekten av insatser som görs påverkar kontaktledningsfelen för en *begränsad sträckning* i systemet. För att använda elasticiteterna på en begränsad del av systemet är det viktigt att förändringen av kontaktledningsfel och förseningar relateras till rätt grundmängd av kontaktledningsfel och förseningar.

Om insatser görs som förväntas minska kontaktledningsfel för en viss sträckning är det rimligt att anta att förseningarn påverkas mest för stationerna på sträckningen, men (1) eftersom många tåg som passerar den studerade sträckningen har sin slutstation potentiellt långt bort från den studerade sträckningen, och (2) tågen påverkar varandra, så är det också rimligt att anta att förändringen i kontaktledningsfel på den studerade sträckningen kommer att påverka förseningar vid stationer utanför den studerade sträckningen. Utöver detta så gäller specifika förhållanden för olika stationer som gör att effekten på förseningar av förändringen i kontaktledningsfel kan skilja sig åt mellan stationerna. För att förutsäga dessa effekter och hur de varierar mellan olika delar av järnvägssystemet behöver vi göra prognoskörningar med FF-modellen. *Elasticiteterna* från FF-modellen kan endast ge genomsnittliga resultat över en fördefinierad del av järnvägssystemet.

För att beräkna procentuella förändringar i ankomstförseningar föreslås följande tillvägagångssätt

1. Låt E^B beteckna förseningselasticiteten för kontaktledningsfel för bantyp B .
2. Kalla sträckningen (eller området) där insatser görs som förändrar förväntat antal kontaktledningsfel för S .
3. Definiera området i järnvägssystemet som påverkas av åtgärderna som förändrar antalet kontaktledningsfel, kalla detta område A .

Procentuell förändring av ankomstförseningar per station i område A för bantyp B , betecknas $\Delta D_A^B\%$ och beräknas enligt

$$(1) \quad \Delta D_A^B\% = E^B * \Delta F_A\%$$

Där $\Delta F_A\%$ är förändrat antal kontaktledningsfel i A efter åtgärd delat med totalt antal kontaktledningsfel i A före åtgärd

5. Beräkningsexempel

Nedan visas två beräkningsexempel som illustrerar hur formel (1) i föregående avsnitt kan användas.

1.5 Minskning av kontaktledningsfel för hela bantyp 2

Detta exempel är en direkt tillämpning av formel (1). Åtgärder genomförs i bantyp 2 vilket beräknas minska kontaktledningsfelen med 25% i bantyp 2. Vi väljer att bortse från hur åtgärden påverkar övriga delar av järnvägssystemet, därmed har vi att

$$\text{Område } A = \text{Område } S = \text{Bantyp } 2$$

Därmed blir den procentuella minskningen av ankomstförseningar per station i bantyp 2:

$$\Delta D_A^B \% = E^B * \Delta F_A \% = 0,09 * 25\% = 2,25 \%$$

Där elasticiteten är hämtad från avsnitt 3

1.6 Minskning av kontaktledningsfel för en del av Ostkustbanan

Åtgärder för att minska kontaktledningsfel görs för sträckan Uppsala-Gävle, vilket är område S. Åtminstone hela Ostkustbanan, det vill säga Ulriksdal-Sundsvall, bör påverkas av åtgärden. Antal kontaktledningsfel per år för område S beräknas till 16 stycken före åtgärden och 8 stycken efter åtgärden. För hela Ostkustbanan, område A, antas 80 kontaktledningsfel före och 72 kontaktledningsfel per år efter åtgärden. Notera att åtgärden bara genomförs för område S. Dessa antaganden visas i tabellen nedan

Område		Antal kontaktledningsfel per år		
		före åtgärd	Efter åtgärd	Ändring(%)
S	Uppsala-Gävle	16	8	-50%
A	Ulriksdal-Sundsvall	80	72	-10%

Enligt formel (1) på föregående sida så är det förändringen av kontaktledningsfel i område A som ska användas i beräkningen av förseningsförändringen. Den markerade cellen i tabellen ovan ger därmed att

$$\Delta F_A \% = -10\%$$

Tabellen nedan visar den procentuella förändringen av ankomstförseningar per station och bantyp i område A, Ostkustbanan, beräknat enligt formel (1) ovan och med användning av elasticiteterna från avsnitt 3.

Bantyp		Elasticitet	Förändring Ktl-fel(%)	Förändring ankomstförs. station (%)
1	Ulriksdal-Skavarby	0,14	-10%	-1,4%
2	Skavarby-Gävle	0,09	-10%	-0,9%
3	Gävle-Sundsvall	0,14	-10%	-1,4%

2 Referenser

WSP (2014). *Utvecklad modell för effektsamband mellan fel i infrastruktur och tågförseningar*. WSP

Bilaga: Estimerade parametrar för fel- och förseningsmodellen

Tabell B1-B4 nedan redovisar estimeringsresultat för parametrarna i de fyra delmodellerna i den ursprungliga fel- och förseningsmodellen. Tabellerna finns publicerade i WSP (2014) avsnitt 3.8. Nedan ges först en kort beskrivning av de ingående variablerna.

Variabelnamn	Förklaring
bantyp1 - bantyp5, bantypNA	Indikatorvariabler (0/1) för bantyp 1-5 (Trv:s def.). NA innebär att bantyp saknas, tex industrispår.
x2000	Indikatorvariabel för X2000-tåg
Pendel	Indikatorvariabel för pendeltåg
Gt	Indikatorvariabel för godståg
Tjt	Indikatorvariabel för tjänstetåg
timegap	Tidsavstånd till framförvarande tåg
ptg	Planerat tidsavstånd till framförvarande tåg enligt tidtabell
nerr	Antal fel (enbart infrastrukturelaterade fel)
from0.delay	Antal förseningsminuter vid ankomst till station
Ph	Indikatorvariabel för högtrafik (6:00-8:00, 16:00-18:00)

Tabell B1. Estimeringsresultat för gångtid mellan stationer, persontåg

Parameter	Koef.	Term	Värde	Std.	Z	P-värde	Sign.
Hastighet							
β_1		Intercept	1,73	0,010	179,0	< 0,0001	***
β_2		bantyp2	0,32	0,011	29,7	< 0,0001	***
β_3		bantyp3	0,04	0,010	4,1	< 0,0001	***
β_4		bantyp4	0,02	0,036	0,5	0,6068	
β_5		bantyp5	-0,61	0,154	-3,9	< 0,0001	***
β_6		bantypNA	0,38	0,018	21,1	< 0,0001	***
β_7		x2000	0,46	0,010	45,5	< 0,0001	***
β_8		Pendel	-0,09	0,008	-11,9	< 0,0001	***
β_9		1/(timegap+1)	-0,68	0,039	-17,5	< 0,0001	***
β_{10}		nerr	-0,16	0,003	-60,6	< 0,0001	***
β_{11}		bantyp4*nerr	0,10	0,044	2,2	0,0266	*
β_{12}		bantypNA*nerr	-0,02	0,006	-4,4	< 0,0001	***
β_{13}		bantyp2*(1/(timegap+1))	0,38	0,079	4,8	< 0,0001	***
β_{14}		bantyp4*(1/(timegap+1))	-0,37	0,109	-3,4	0,0007	***
Sigma							
β_{15}		Intercept	0,18	0,010	18,3	< 0,0001	***
β_{16}		bantyp2	0,24	0,011	21,9	< 0,0001	***
β_{17}		bantyp3	-0,07	0,012	-5,6	< 0,0001	***
β_{18}		bantyp4	0,59	0,034	17,6	< 0,0001	***
β_{19}		bantyp5	-0,16	0,409	-0,4	0,6886	
β_{20}		bantypNA	0,13	0,018	7,4	< 0,0001	***
β_{21}		x2000	0,11	0,009	12,7	< 0,0001	***
β_{22}		Pendel	-0,19	0,008	-22,8	< 0,0001	***
β_{23}		1/(timegap+1)	0,33	0,032	10,2	< 0,0001	***
β_{24}		Nerr	-0,06	0,005	-12,5	< 0,0001	***
β_{25}		bantyp2*nerr	0,11	0,008	13,8	< 0,0001	***
β_{26}		bantyp3*nerr	0,13	0,015	8,9	< 0,0001	***
β_{27}		bantyp4*nerr	-0,22	0,063	-3,5	0,0004	***
β_{28}		bantyp5*nerr	1,05	0,488	2,1	0,0321	*
β_{29}		bantypNA*nerr	-0,06	0,012	-4,8	< 0,0001	***
β_{30}		bantyp2*(1/(timegap+1))	-0,83	0,071	-11,7	< 0,0001	***
β_{31}		bantyp4*(1/(timegap+1))	-2,56	0,517	-4,9	< 0,0001	***
Log likelihood: -77 023,76			Antal obs.		35596		

Tabell B2. Estimeringsresultat för gångtid mellan stationer, ej persontåg

Parameter	Koef.	Parameter	Värde	Std.	Z	P-värde	Sign.
Hastighet							
β_1		Intercept	1,12	0,011	99,3	< 0,0001	***
β_2		bantyp2	0,23	0,009	26,5	< 0,0001	***
β_3		bantyp3	0,18	0,009	19,3	< 0,0001	***
β_4		1 (bantyp4 bantyp5)	0,00	0,021	0,0	0,9618	
β_5		bantypNA	-0,08	0,020	-4,2	< 0,0001	***
β_6		gt	-0,08	0,009	-8,0	< 0,0001	***
β_7		1/(timegap+1)	-0,07	0,026	-2,7	0,0079	**
β_8		nerr	-0,13	0,005	-28,1	< 0,0001	***
β_9		bantyp2*nerr	0,08	0,006	14,4	< 0,0001	***
β_{10}		bantyp3*nerr	0,02	0,006	3,3	0,0011	**
β_{11}		1 (bantyp4 bantyp5) *nerr	0,10	0,026	3,9	< 0,0001	***
β_{12}		bantypNA*nerr	0,11	0,005	22,8	< 0,0001	***
Sigma							
β_{13}		Intercept	0,28	0,010	28,3	< 0,0001	***
β_{14}		bantyp2	0,08	0,010	8,7	< 0,0001	***
β_{15}		bantyp3	0,00	0,011	-0,3	0,7596	
β_{16}		1 (bantyp4 bantyp5)	-0,08	0,034	-2,4	0,0176	*
β_{17}		bantypNA	-0,11	0,026	-4,1	< 0,0001	***
β_{18}		tjt	0,07	0,011	6,0	< 0,0001	***
β_{19}		1/(timegap+1)	-0,19	0,033	-5,8	< 0,0001	***
β_{20}		nerr	-0,05	0,003	-21,1	< 0,0001	***

Log likelihood: -111 597,8 Antal obs. 12530

Tabell B3. Estimeringsresultat för väntetid på station, persontåg

Parameter	Koef.	Parameter	Värde	Std.	Z	P-värde	Sign.
Scale, exp. komponent							
β_1		Intercept	0,38	0,027	14,0	< 0,0001	***
β_2		bantyp2	0,30	0,022	13,8	< 0,0001	***
β_3		bantyp3	0,46	0,028	16,2	< 0,0001	***
β_4		bantyp4	0,37	0,053	7,0	< 0,0001	***
β_5		bantypNA	0,29	0,056	5,2	< 0,0001	***
β_6		x2000	0,41	0,054	7,5	< 0,0001	***
β_7		Pendel	-0,23	0,024	-9,9	< 0,0001	***
β_8		(ptg+1) / (timegap+1)	0,02	0,007	3,1	0,0020	**
β_9		nerr.f	0,07	0,005	13,4	< 0,0001	***
Scale, additiv komponent							
β_{10}		1 (from0.delay<0) * from0.delay	-0,75	0,030	-25,0	< 0,0001	***
β_{11}		1 (from0.delay>0) * from0.delay	0,02	0,004	6,1	< 0,0001	***
Shape							
β_{12}		Intercept	0,05	0,015	3,3	0,0010	**
β_{13}		bantyp2	-0,07	0,014	-5,1	< 0,0001	***
β_{14}		bantyp3	-0,19	0,016	-12,1	< 0,0001	***
β_{15}		bantyp4	-0,28	0,027	-10,1	< 0,0001	***
β_{16}		bantyp5	-0,49	0,152	-3,2	0,0013	**
β_{17}		bantypNA	-0,34	0,028	-11,8	< 0,0001	***
β_{18}		x2000	-0,05	0,028	-1,9	0,0614	+
β_{19}		Pendel	0,24	0,013	18,3	< 0,0001	***
β_{20}		ph	0,02	0,010	2,2	0,0256	*
β_{21}		1 (from0.delay<0) * from0.delay	-0,03	0,003	-11,5	< 0,0001	***
β_{22}		1 (from0.delay>0) * from0.delay	0,00	0,001	2,5	0,0143	*

Log likelihood: -28 167,96 Antal obs. 18076

Tabell B4. Estimeringsresultat för väntetid på station, icke-personståg

Parameter	Koef.	Term	Värde	Std.	Z	P-värde	Sign.
Scale, exp component							
	β_1	Intercept	2,25	0,094	24,0	< 0,0001	***
	β_2	bantyp2	-0,57	0,110	-5,2	< 0,0001	***
	β_3	bantyp3	-0,55	0,110	-5,0	< 0,0001	***
	β_4	bantypNA	-0,79	0,221	-3,6	0,0004	***
	β_5	(ptg+1) / (timegap+1)	0,04	0,014	3,2	0,0016	**
	β_6	nerr.l	0,08	0,105	0,8	0,4400	
Scale, additive component							
	β_7	1 (from0.delay<0) * from0.delay	0,02	0,007	3,4	0,0008	***
	β_8	1 (from0.delay>0) * from0.delay	-0,02	0,002	-7,6	< 0,0001	***
Shape							
	β_9	Intercept	-0,49	0,020	-24,8	< 0,0001	***
	B_{10}	1 (from0.delay<0) * from0.delay	0,00	0,001	4,4	< 0,0001	***
Log likelihood: -5 245,924			Antal obs.		1778		

