



Starkare lok på Stambanan genom övre Norrland?

Underlag för bedömning av alternativa förslag enligt fyrstegsprincipen



Nils Ahlm

BRNT 2006:58

Rapport

ISSN/ISBN

Innehåll

Inledning	5
Sammanfattning	7
Bakgrund	9
Uppdrag	9
Syfte	9
Gångtidsberäkningar	11
Resultat	13
<hr/>	
MAXIMAL VAGNVIKT STAMBANAN GENOM ÖVRE NORRLAND	13
MAXIMAL VAGNVIKT BANA MED MAXIMAL LUTNING 10 %o	13
RESULTAT VAGNVIKTFÖRHÅLLANDEN	13
Slutsatser	15
Kommentarer	15
<hr/>	
ADHESIONSFAKTORNS BETYDELSE	16

ANTAL BILAGOR: 8

Inledning

Denna utredning är en del i den så kallade fyrstegsprincipen för Norrbotniabanan. Utredningen beskriver effekterna av att järnvägsföretagen använder sig av starkare lok för godstransporter efter Stambanan genom övre Norrland samt jämför detta mot att starkare lok används på banor utan vagnviktsbegränsande stigningar.

De som medverkat i utredningen är:

Nils Ahlm, BRNB, gångtidsberäkningar och analys.

Anders Wahlberg, BRNB, granskning av modell, tågdata och analys.

Sammanfattning

Efter Stambanan genom övre Norrland finns flera långa och branta stigningar på upp till 17 ‰ som begränsar vagnvikten som kan dras efter ett RC4 lok till 1100 ton. Jämfört med banor utan vagnviktsbegränsande lutningar är detta en begränsning med 500 ton. Detta medför högre transportkostnader för tågtransporter från övre Norrland med i storleksordningen 20-30 %¹ jämfört med tågtransporter efter banor utan vagnviktsbegränsande backar.

Genom att använda sig av starkare lok kan vagnvikten ökas. För att studera hur vagnvikterna påverkas vid olika lutningar har simuleringar med två lok som har större effekt än RC4-lok genomförts. Följande resultat erhöles vid simuleringarna (se bilaga 1):

- Genom att använda ett BR 185-lok (4.2MW) istället för ett RC4-lok (3.6MW) kan maximala vagnvikten för Stambanan genom övre Norrland öka från 1100 ton till 1250 ton.
- Genom att använda ett 6MW-lok istället för ett RC4-lok kan maximala vagnvikten för Stambanan genom övre Norrland öka från 1100 ton till 2300 ton.
- För banor utan vagnviktsbegränsande lutningar är maximala vagnvikten för RC4 1600 ton, BR 185 1750 ton och för 6MW-lok 2900 ton.
- Dom branta och långa stigningarna efter Stambanan genom övre Norrland kommer även med starkare lok att begränsa vagnvikten med 500-600 ton jämfört med banor utan vagnviktsbegränsande stigningar.

Transporthandikappet räknat i ton för Stambanan genom övre Norrland jämfört med andra banor utan vagnviktsbegränsande lutningar bibehålls därmed även om starkare lok används. Detta betyder att även med nya starkare lok kommer transportkostnaden för tågtransporter efter Stambanan genom övre Norrland att vara högre än för banor utan vagnviktsbegränsande backar.

¹ Enligt Ny järnväg Umeå- Haparanda, underlagsrapport.

Bakgrund

I samband med större infrastrukturinvesteringar bör åtgärderna analyseras enligt den så kallade fyrstegsprincipen. I den underlagsrapport om Norrbotniabanan som Banverket presenterade år 2003 identifierades ett antal alternativ som kan förbättra dagens transportsituation i norra Sverige. Exempel var förbättrad busstrafik, förbättrad sjöfart och modernare järnvägsfordon.

Efter Stambanan genom övre Norrland finns flera långa och branta stigningar (se bilaga 2, höjdprofil Järneträskbacken) på upp till 17 ‰ som begränsar vagnvikten som kan dras efter ett RC4-lok till 1100 ton. Detta medför högre transportkostnader för tågtransporter i storleksordningen 20-30 %² jämfört med tågtransporter efter banor utan vagnviktsbegränsande backar. Ett av syftena med Norrbotniabanan är att den byggs med maximal medellutning över 1000m på 10 ‰ för att öka den möjliga vagnvikten och på så sätt minska transportkostnaderna för järnvägsföretagen och deras kunder.

Uppdrag

Uppdraget är att beskriva effekterna för godstransporterna på Stambanan genom övre Norrland om nya, starkare lok införskaffas av järnvägsföretagen. En jämförelse mellan befintligt läge och simuleringar av sträckor med samt utan vagnsviktbegränsande lutningar genomförs.

Syfte

Syftet med utredningen är att påvisa vilka effekter nya starkare lok kan ge på transporteffektiviteten på banor med vagnviktsbegränsande backar jämfört med effekterna på banor utan vagnviktsbegränsande backar.

² Enligt Ny järnväg Umeå- Haparanda, underlagsrapport.

Förutsättningar och antaganden

Järneträskbacken är på sträckan mellan Vännäs och Boden den vagnviktsbegränsande backen som används i simuleringen för att avgöra maximal vagnvikt för Stambanan genom övre Norrland. Den maximala vagnvikten är för sträckan Boden-Vännäs och Vännäs-Boden 1100 ton för tåg draget av ett RC4-lok³.

För att studera effekterna av att använda sig av nya starkare lok genomförs följande simuleringar och jämförelser:

- Jämförelse mellan ett RC4-lok (3.6MW) med dagens maximala last mot ett 4.2MW-lok och 6MW-lok maximala lastförmåga genom den tågviktsbegränsande järneträskbacken. Jämförelse mellan den totala och den procentuella lastökningen.
- Jämförelse mellan ett RC4-lok mot ett 4.2MW-lok och ett 6MW-lok maximala lastförmåga på en fiktiv bana där lutningen varierar mellan 10-17 ‰ över en 5km sträcka för att studera lutningens inverkan på maximala vagnvikten.

Dom tåg som använts i simuleringarna är tåg dragna med RC4 (3.6MW), tåg dragna med BR 185 (4.2MW) och tåg dragna med ett enkelt IORE-lok (6MW).

RC4-loket har en adhesionsvikt⁴ på 78 ton, BR 185 har en adhesionsvikt på 85 ton och 6MW-loket har en adhesionsvikt på 150 ton. För 6MW-loket är detta cirka 90 % mer än på RC4-loket. Detta faktum tillsammans med effektförhållandet där 6MW-loket ger ca 70 % mer effekt än RC4-loket gör att denna modell till viss del påverkas av ändringar i adhesionsfaktorn. Denna studie har utförts med en konstant adhesionsfaktor men adhesionens inverkan har undersökts och beskrivits i kapitlet Kommentarer.

För denna utredning har inte kraftförsörjningens påverkan studerats utan alla tåg förutsätts ha tillräcklig elkraftförsörjning.

³ Enligt Linjeboken (BVF 646.8) 2005-06. För närvarande finns dock diskussioner att sänka vagnvikten till 1000 ton.

⁴ Adhensionsvikten är den vikt som ligger på drivande axlar vilken tillsammans med adhesionsfaktorn mellan räl och drivande hjul ger det ”fäste” som loket kan accelerera med.

Gångtidsberäkningar

Banverkets gångtidsprogram (GTP) har använts till gångtidsberäkningarna. Bandata har hämtats in från BIS för Järneträskbacken.

För att utreda möjlig vagnvikt draget av ett starkare lok antas att den vagnvikt som ger en hastighetskurva som tangerar hastighetskurvan för ett tåg draget med RC4-lok med maximal vagnvikt gäller som möjlig vagnvikt för det starkare loket.

Följande gångtidsberäkningar har genomförts:

- Järneträskbacken (Älvsbyn-Koler)
- Fiktiv bana med 5km backe som varierar med lutningarna 10-17 ‰

Den fiktiva banan har konstruerats som bana helt utan kurvor med en accelerationssträcka för att få upp tågen till full hastighet (100 km/h) innan dom kommer till den 5 km långa lutningen.

Följande tåg har använts i simuleringarna:

- Godståg, RC4-lok med vagnvikter mellan 1100 ton och 1600 ton, GTP # enligt nedanstående tabell.
- Godståg, BR 185-lok⁵ (lok från Bombardier som bland annat Deutsche Bahn använder) med vagnvikter mellan 1250 ton och 1750 ton, GTP # 941.
- Godståg, 6MW-lok (motsvarande enkelt IORE) med vagnvikter mellan 1700 ton och 2900 ton, GTP # 586.

För simulering av tåg med RC4 lok har följande existerande tåg i GTP använts:

#471, vagnvikt 1600 ton, längd 560m.

#531, vagnvikt 1300 ton, längd 400m.

#535, vagnvikt 1400 ton, längd 750m.

#537, vagnvikt 1125 ton, längd 366m.

⁵ Dragkraftskurva enligt Magnus Wahlborg, Banverkets Huvudkontor, Marknadsavdelningen.

#542, vagnvikt 1100 ton, längd 620m.

Vid konstruktion av de simulerade tågen med starkare lok (GTP #586 och #941) har dragkraftskurva för respektive lok använts och gångmotståndet har beräknats med följande formel⁶:

$$F = 2000 + 9,81 \cdot M \cdot (6 \cdot 10^{-4} + v \cdot 10^{-5}) + 8,125 \cdot (0,65 + 0,0125 \cdot L) \cdot v^2$$

där

F = gångmotstånd i N

v = hastighet i m/s

M = tågvikt i kg

L = tåglängd i m

Längden på tågen har uppskattats med antagande om ca 100 ton/20 m + loklängd för 6MW-loken och ca 70 ton/20m för BR 185.

⁶ Formel enligt Magnus Wahlborg, Banverkets Huvudkontor, Marknadsavdelningen.

Resultat

Maximal vagnvikt Stambanan genom övre Norrland

För att avgöra förändringen i maximal vagnvikt jämfördes hastighetskurvan för 6MW-loket och BR 185-loket med olika vagnvikter, mot hastighetskurvan för ett RC4-lok med 1100 tons vagnvikt vid en simulering av sträckan Älvsbyn-Koler (Järneträskbacken).

Vid 2300 tons vagnvikt är hastighetskurvan för 6MW-loket i det närmaste identisk med RC4 tåget, se bilaga 3. För BR 185-loket sker detta vid 1250 tons vagnvikt. Detta verifieras också vid GTP körning med den fiktiva banan med en 5km lutning på 17 ‰.

Maximal vagnvikt bana med maximal lutning 10 ‰

Vid 2900 tons vagnvikt är hastighetskurvan för 6MW-loket och vid 1750 tons vagnvikt för BR 185-loket, i stort sett identisk med RC4-loket med 1600 tons vagnvikt, se bilaga 4.

Resultat vagnviktförhållanden

Vid lutningar på 17 ‰ och simulering över Järneträskbacken ger 6MW-loket en möjlighet att öka den maximala vagnvikten med 1200 ton eller 109 % från 1100 ton till 2300 ton. BR 185-loket (4.2MW) ger möjlighet att öka vagnvikten med 150 ton eller 14 % från 1100 ton till 1250 ton.

På banor med maximal lutning på 10 ‰ ger 6MW-loket en ökning av maximala vagnvikten från 1600 ton till 2900 ton. Detta är en ökning med 1300 ton eller 81 %. BR 185-loket ger motsvarande ökning från 1600 ton till 1750 ton, en ökning med 150 ton eller 9 %.

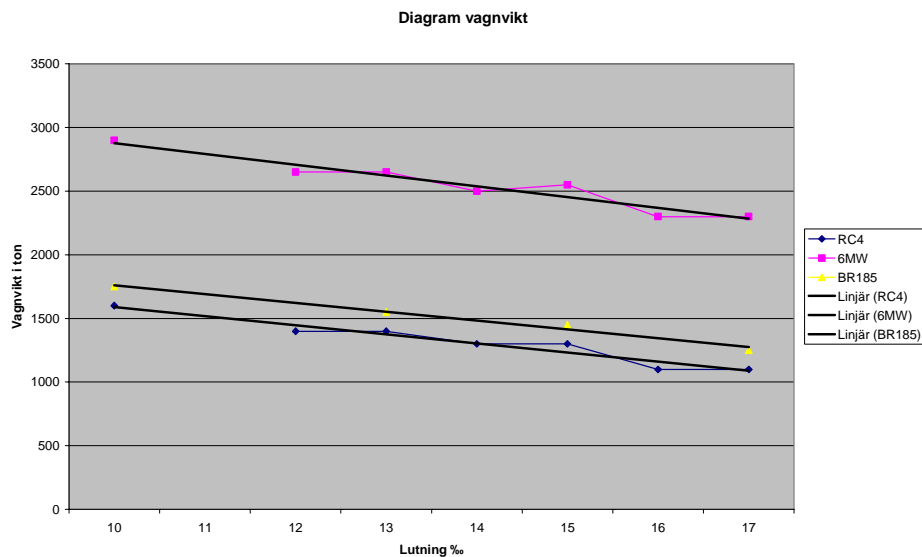


Diagram 1: Maximal vagnvikt beroende på lutning, se bilaga 4-7.

Den vagnviktsbegränsning som finns på Stambanan genom övre Norrland är för RC4-loket 500 ton jämfört med banor utan vagnviktsbegränsande lutningar. För BR 185-loket blir denna vagnviktsbegränsning också 500 ton och för 6MW-loket 600 ton.

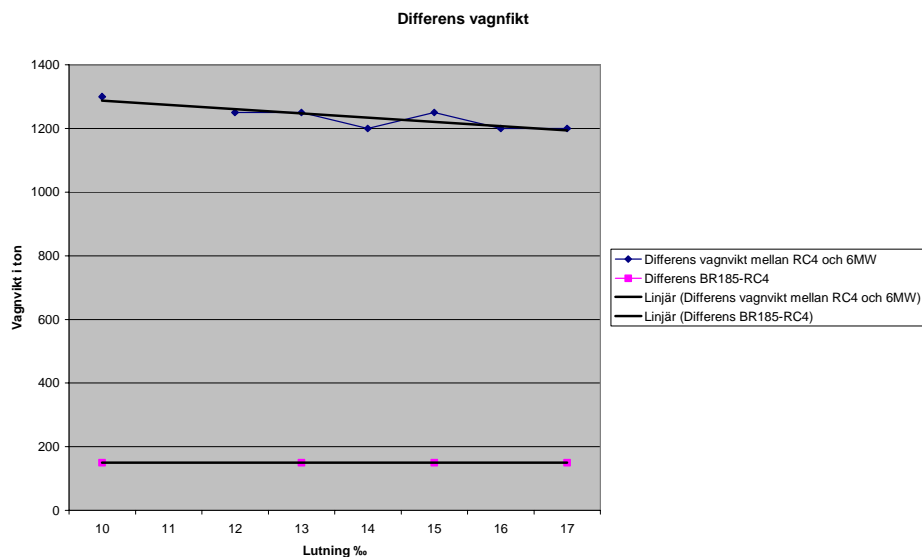


Diagram 2: Diagram över ökad vagnvikt för BR 185 och 6MW-loket jämfört med RC4.

Slutsatser

Syftet med utredningen är att påvisa vilka effekter nya starkare lok kan ge på transporteffektiviteten på banor med vagnviktsbegränsande backar jämfört med effekterna på banor utan vagnviktsbegränsande backar.

Resultatet visade att transport handikappet räknat i ton (500-600 ton) för Stambanan genom övre Norrland jämfört med andra banor utan vagnviktsbegränsande lutningar bibehålls även om starkare lok används. Detta betyder att även med nya starkare lok kommer transportkostnaden för tågtransporter efter Stambanan genom övre Norrland att vara högre än för banor utan vagnviktsbegränsande backar.

Kommentarer

Vagnviktsbegränsningar beror inte bara på graden av lutning utan även på längden av lutningen samt möjlig hastighet in i lutningen. I denna utredning har en lutning som är 5 km studerats. Det går inte utifrån den här utredningen göra en bedömning om vilka vagnvikter som ska gälla utifrån en bana beroende på vilka maxlutningar den har, utan det måste bedömas från fall till fall. Det som studerats i denna utredning är skillnaden i vagnvikter för fallet med olika lutningar i en lika lång backe.

Förutom att vagnvikten är en begränsande faktor är även tåglängden begränsad på banor med enkelspår på grund av att längden på mötesstationerna. Efter Stambanan genom övre Norrland är det generellt sett möjligt att mötas med 630-660 meter långa tåg. Även om starkare lok används kan inte tåg längre än detta framföras vilket medför att endast tåg där lasten är av högre densitet kan utnyttja möjligheten till mer last. En Norrbotniabana har även fördelen av att mötesstationerna byggs med 750m längd så att längre tåg kan framföras.

Påpekas bör också att tåglängden blir begränsande för många tåg på enkelspårssträckor utan vagnviktsbegränsande lutningar. Speciellt vid jämförelse med t ex tåg med 6MW-lok, ett tåg som har samma vikt till längdförhållande som GTP # 471 (RC4-lok, 1600 ton, 750m) skulle med 6MW-lok kunna bli nästan 1400 meter om det bara begränsades av vagnvikten.

För lok som BR 185 som inte är lika starka blir inte längdbegränsningen lika markant utan dom flesta tåg kommer förmodligen att begränsas av vikten, speciellt för Stambanan genom övre Norrland.

I denna utredning har inte kraftförsörjningens inverkan studerats, däremot finns idag problem efter Stambanan genom övre norrland att köra tåg med trippelkopplade lok för att kunna dra större laster. Med starkare lok finns möjlighet till att använda sig av dubbelkopplade lok istället för trippelkopplade

RC4-lok alternativt med en utbyggd Norrbotniabana klara samma laster med dubbelkopplade RC4-lok.

Adhensionsfaktorns betydelse

Förutom lokets effekt är adhesionsförmågan av stor vikt för dragförmågan. Adhensionen beror på adhesionsfaktorn (friktionskoefficienten i kontakten hjul-räl under givet vissa yttre klimatförhållanden) samt lokets adhesionsvikt.

Vid jämförelse av två loks dragförmåga är förhållandet mellan lokets effekt och adhesionsvikt av betydelse. Om två lok har ungefär samma kvot för effekt/adhensionsvikt så blir jämförelsen mindre känslig för ändringar av adhesionsfaktorn. Om skillnaden däremot är stor blir jämförelsen väldigt beroende av vilken adhesionsfaktor som väljs vid simuleringen.

I denna utredning har ett 6MW-lok som har lite högre adhesionsvikt i förhållande till effekten än RC4-loket studerats. Det medför att 6MW-loket har något bättre prestanda i jämförelsen mot RC4-loket vid lägre adhesion (lövhalka etc.) än jämfört vid normal adhesion, se bilaga 8.

Betydelsen av att lok med ungefärligt lika effekt/adhensionsvikt studeras i denna utredning är att den blir relativt okänslig för vilken adhesionsfaktor som väljs i gångtidssimuleringen. Eftersom låg adhesionsfaktor är ett problem som är vanligt förekommande är det viktigt att inte jämförelsen blir beroende av vilken nivå på adhesionsfaktorn som väljs.

Något som också kan inverka på resultatet är att nya modernare lok har bättre traktionskontroll och har ett något bättre adhesionsuttag. Detta har dock inte kunnat studeras med befintligt simuleringsverktyg. Ett rimligt antagande är dock att modernare lok med traktionskontroll har något bättre prestanda än vad denna utredning visar. En bedömning är dock att detta inte påverkar resultatet i denna utredning i någon större utsträckning eftersom effekten av detta borde bli likartad för dom olika lutningarna.

Bilagor

- Bilaga 1: Vagnviktsdiagram
- Bilaga 2: Höjdprofil, Järneträskbacken
- Bilaga 3: GTP hastighetsgraf, Järneträskbacken
- Bilaga 4: GTP hastighetsgraf, 10 ‰
- Bilaga 5: GTP hastighetsgraf, 13 ‰
- Bilaga 6: GTP hastighetsgraf, 17 ‰
- Bilaga 7: GTP hastighetsgraf, Järneträskbacken med olika adhesion

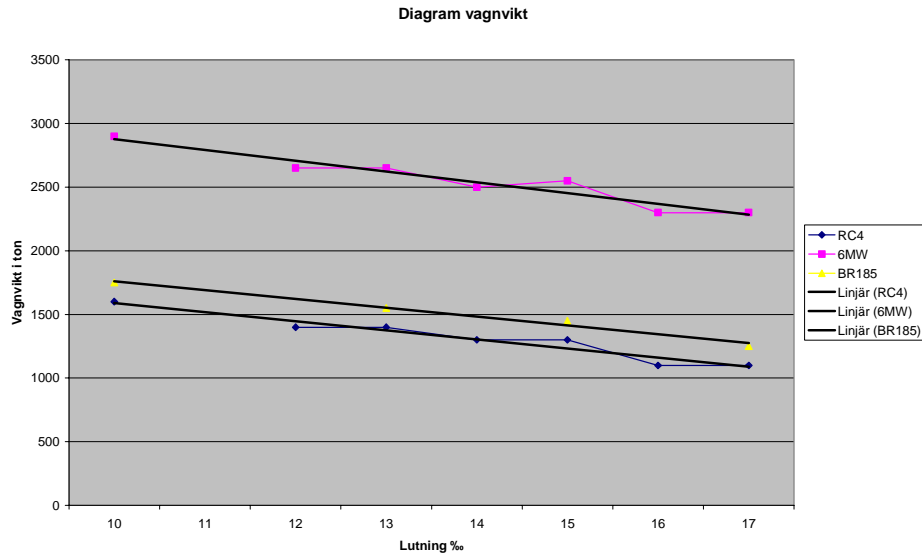


Diagram över uppskattad maximal vagnvikt beroende av lutning.

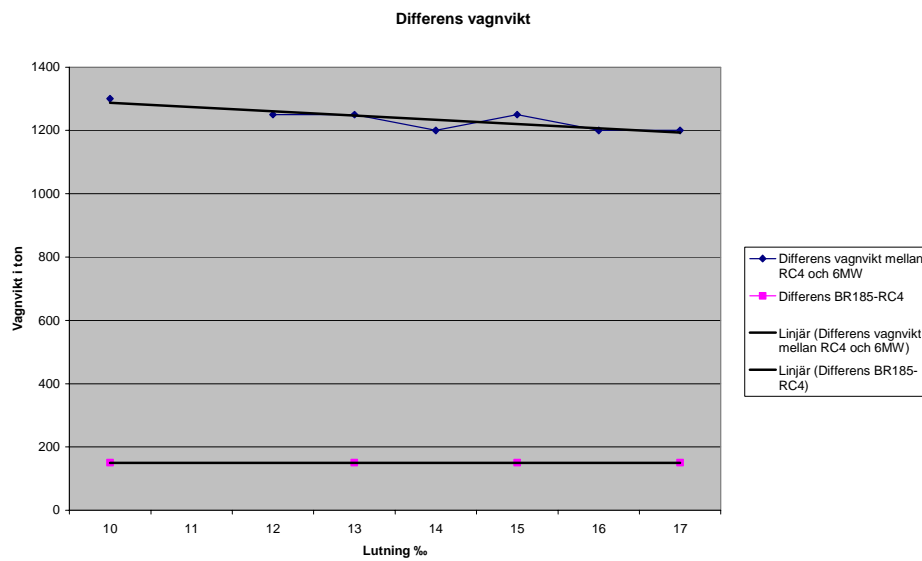


Diagram över skillnad i maximal vagnvikt mellan nya starkare lok och RC4-lok.

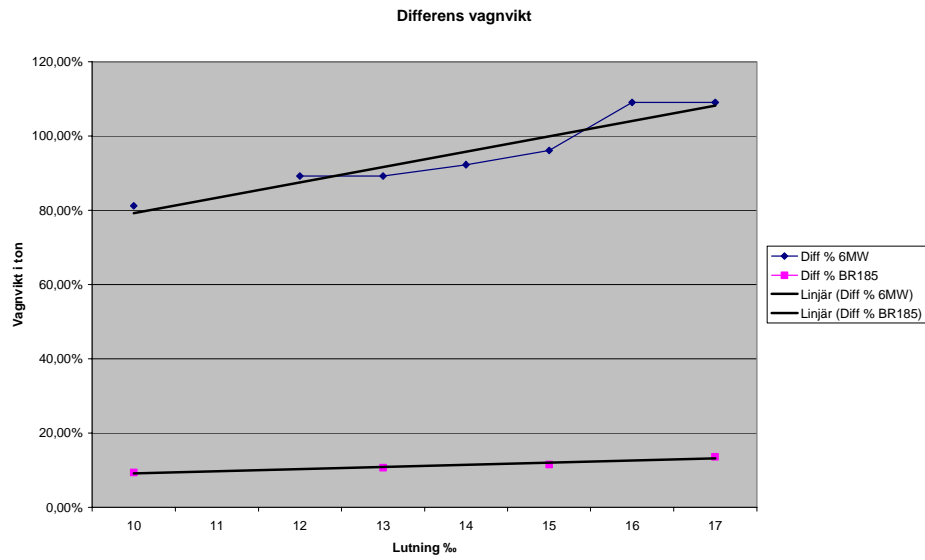
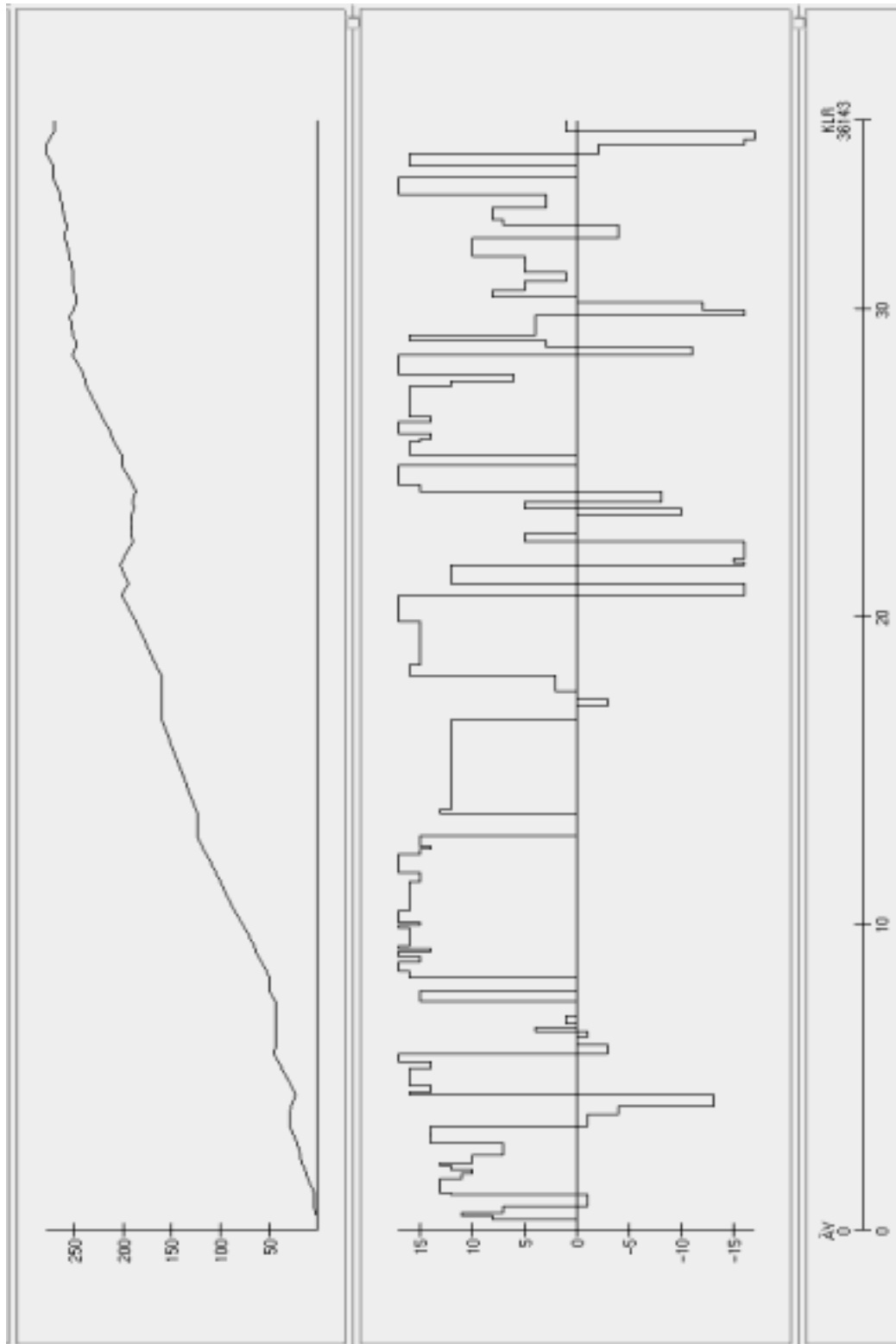


Diagram över procentuell skillnad i maximal vagnvikt mellan nya starkare lok och RC4-lok.



Höjd och lutningsprofil för Järneträskbacken.

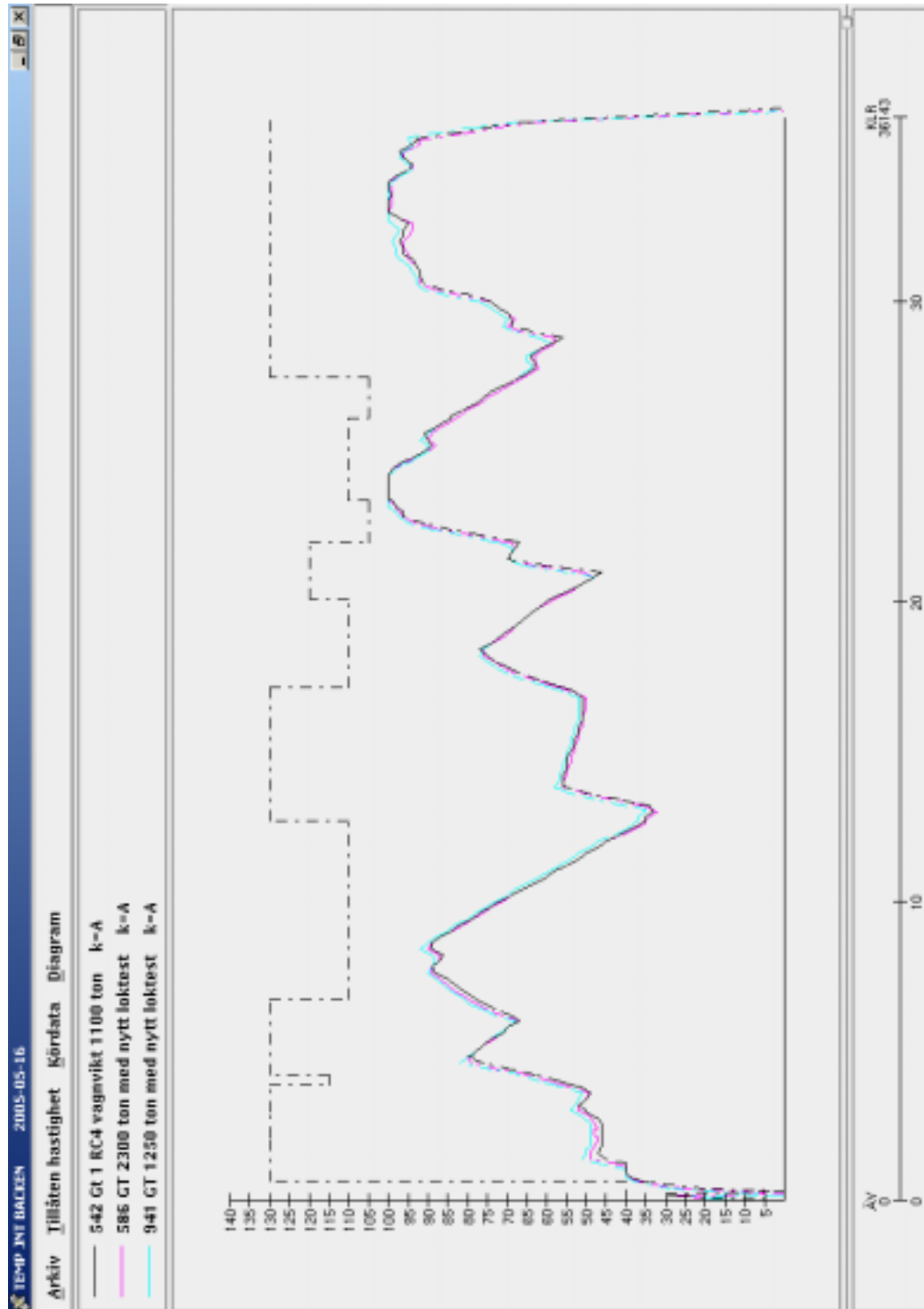


Diagram över hastighetsprofil, järneträskbacken.

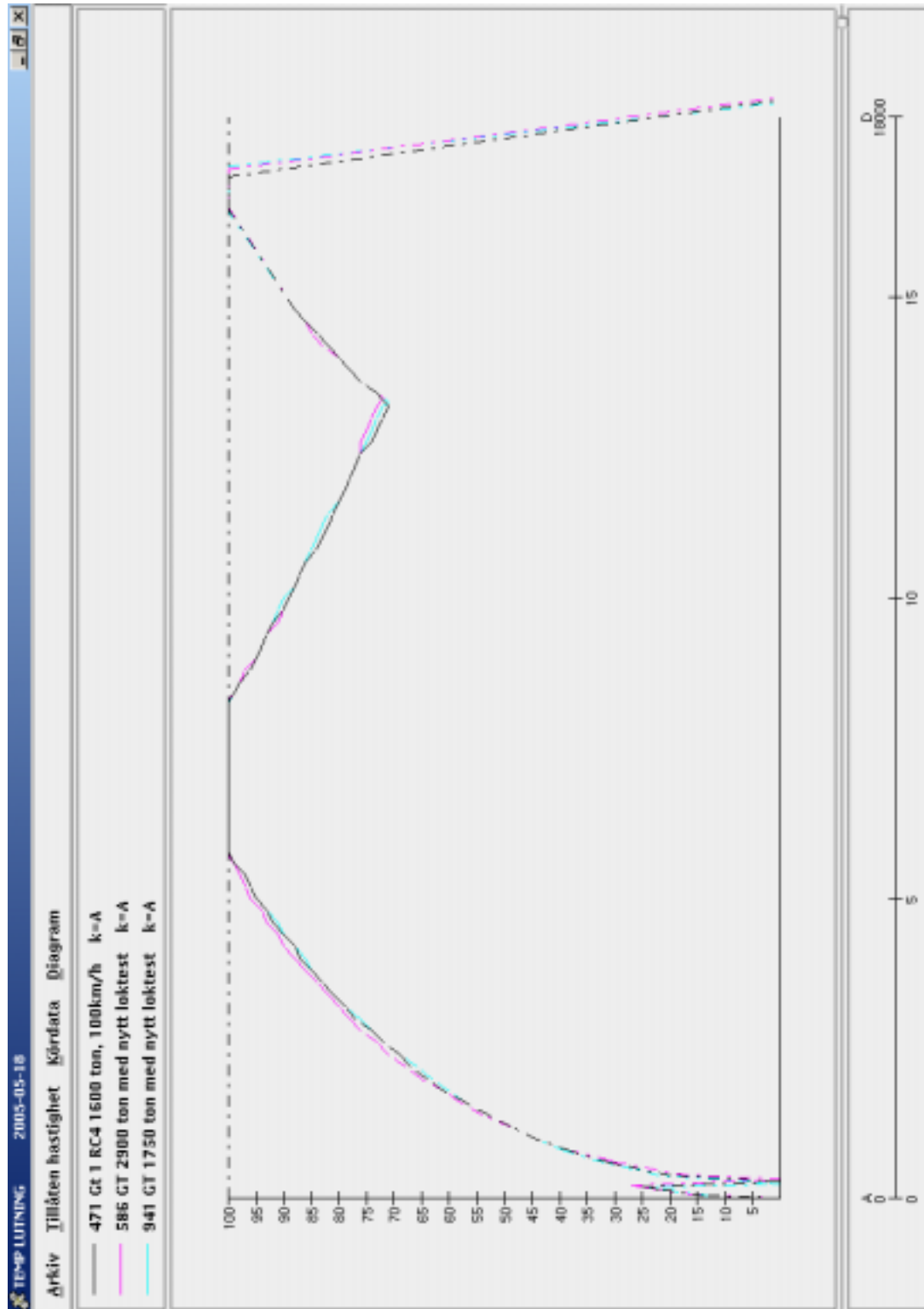


Diagram över hastighetsprofil, 10 ‰ lutning.

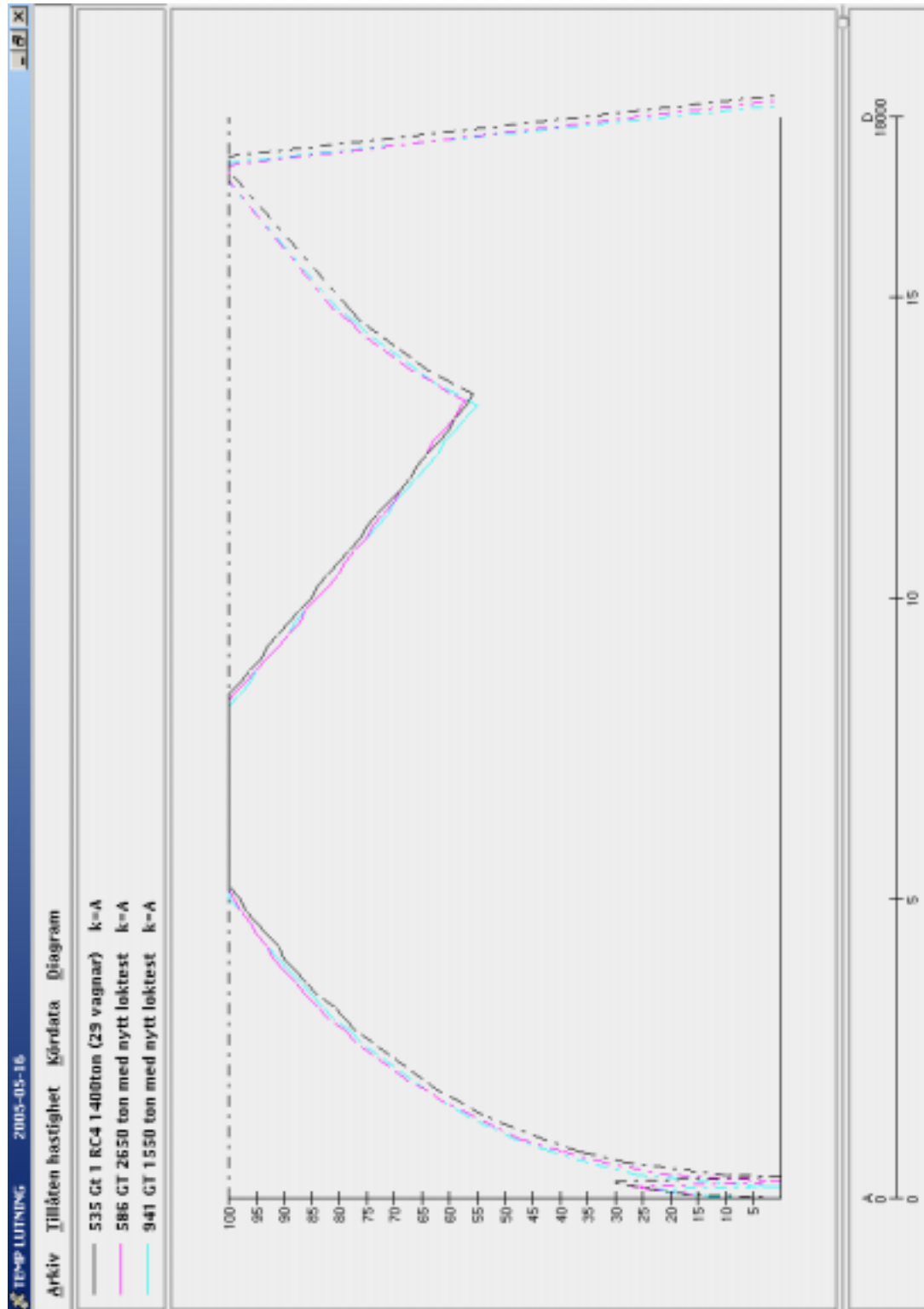


Diagram över hastighetsprofil, 13 ‰ lutning.

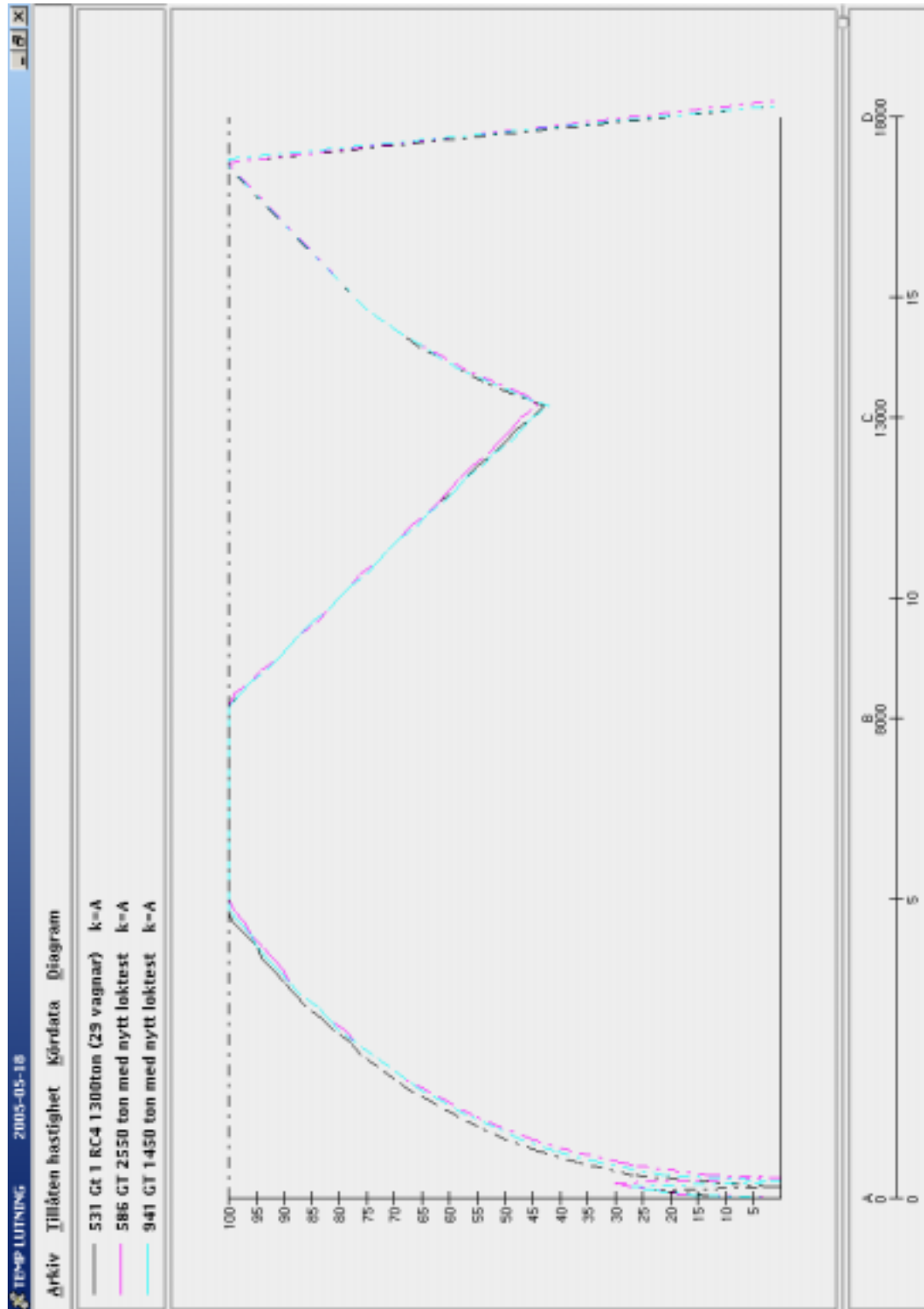


Diagram över hastighetsprofil, 15 ‰ lutning.

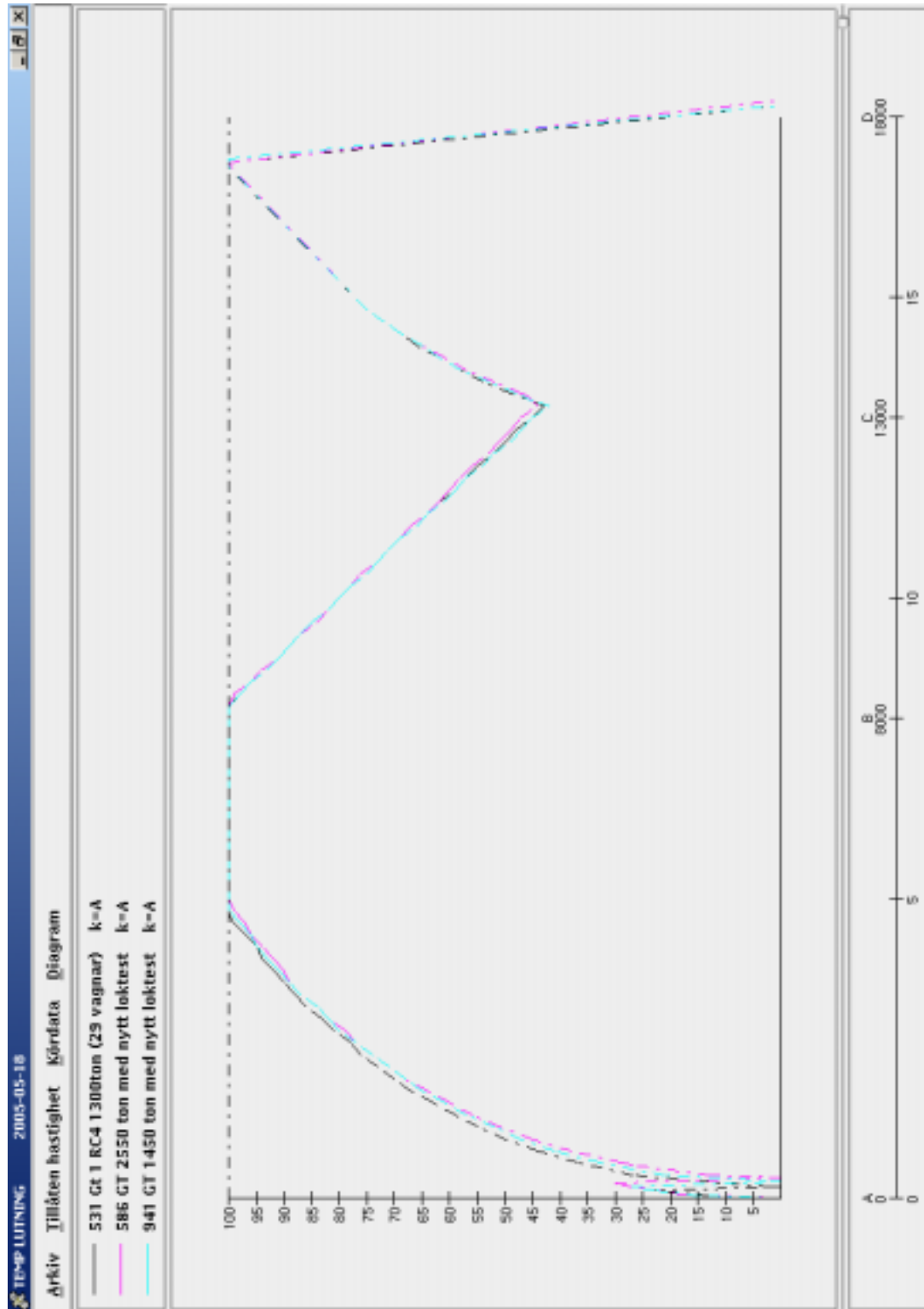


Diagram över hastighetsprofil, 17 ‰ lutning.

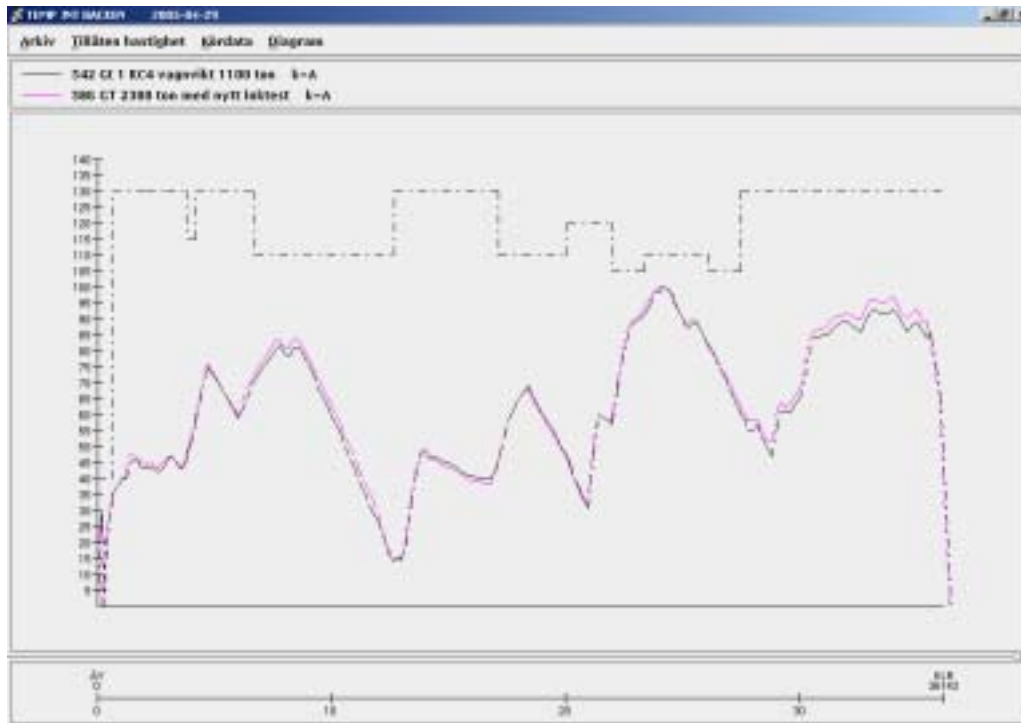


Diagram över Järneträskbacken, adhesionsfaktor 0,096.

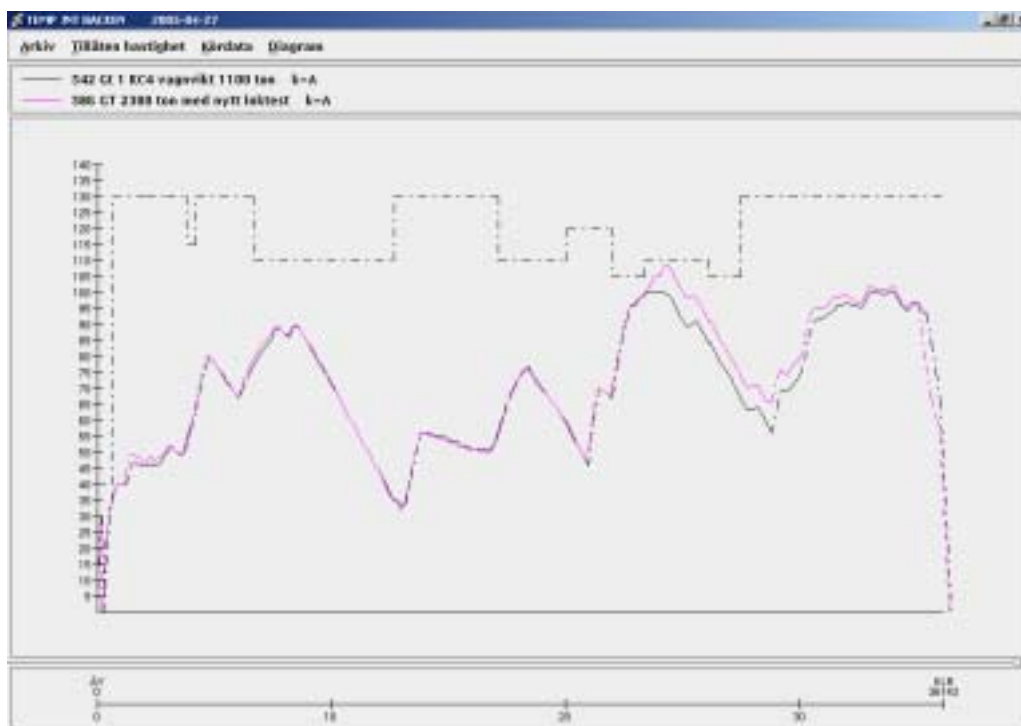


Diagram över Järneträskbacken, adhesionsfaktor 0,116 (normalinställning i GTP).

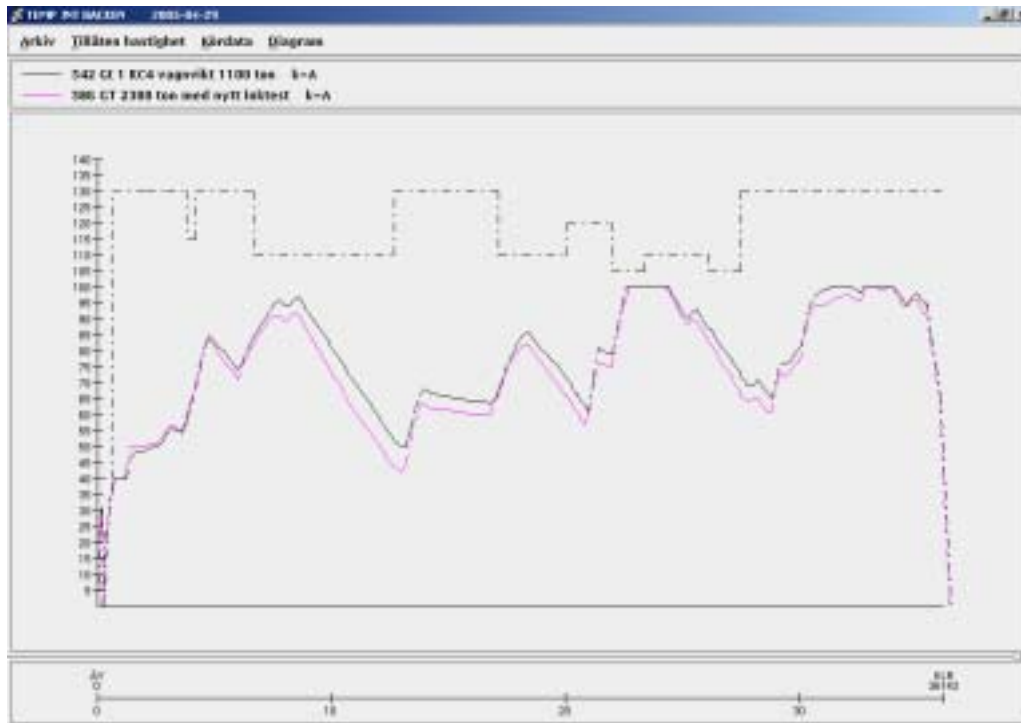


Diagram över Järneträskbacken, adhesionsfaktor 0,136.