



**National Library
of Sweden**

Denna bok digitaliserades på Kungl. biblioteket år 2013

148/811
67
STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1966: 41

Kommunikationsdepartementet



FORDONSKOMBINATIONER

Längder och hastigheter

BETÄNKANDE AVGIVET AV

STATENS TRAFIKSÄKERHETS RÅD

Stockholm 1966

STATENS

OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1966

Kronologisk förteckning

1. Svensk ekonomi 1966—1970. Esselte. 294 s. Fi.
2. Export och import 1966—1970. Bilaga 1. Esselte. 92 s. Fi.
3. Yrkesutbildningen. Håkan Ohlssons boktryckeri, Lund. 586 s. E.
4. Ny myntserie. Beckman. 87 s. Fi.
5. Internationellt fredsforskningsinstitut i Sverige. Norstedt & Söner. 61 s. U.
6. Förenklad statsbidragsgivning till hälso- och sjukvården. Håkan Ohlssons boktryckeri, Lund. 157 s. S.
7. Utsökningsrätt IV. Esselte. 147 s. Ju.
8. Tillgången på arbetskraft 1960—1980. Bilaga 2. Esselte. 67 s. Fi.
9. Omsorger om psykiskt utvecklingshämmande. Esselte. 187 s. S.
10. Handelns arbetskrafts- och investeringsbehov fram till 1970. Esselte. 82 s. Fi.
11. Tygförvaltningens centrala organisation. Svenska Reproduktions AB. 164 s. Fö.
12. Renbetesmarkerna. Svenska Reproduktions AB. 273 s. + 1 kartbilaga. Jo.
13. Utvecklingstendenser inom undervisning, hälso- och sjukvård samt socialvård 1966—1970. Bilaga 6. Esselte. 51 s. Fi.
14. Ny hyreslagstiftning. Norstedt & Söner. 473 s. Ju.
15. Undersökning angående hyressplittringen. AB Kopia. 205 s. Ju.
16. Ny folkbokföringsförordning m.m. Esselte. 241 s. Fi.
17. Arbetspromemorior i författningsfrågan. Esselte. 94 s. Ju.
18. Strategi i väst och öst. Esselte. 174 s. Fö.
19. Statliga betänkanden 1961—1965. Kihlström. 170 s. Fi.
20. Decentralisering av naturalisationsärenden m. m. Norstedt & Söner. 49 s. Ju.
21. Oljebranschen. Esselte. 71 s. Fi.
22. Lagstiftning mot radiostörningar. Esselte. 91 s. H.
23. Markfrågan I. Norstedt & Söner. 330 s. Ju.
24. Markfrågan II. Bilagor. Norstedt & Söner, 231 s. Ju.
25. Sällskapsresor. Hæggström. 229 s. H.
26. Bostadsärenden m. m. Esselte. 247 s. Jo.
27. Skeppsholmens framtida användning. Kihlström. 114 s. + 1 utviksblad. Fö.
28. Läkemedelsförmånen. Beckman. 228 s. S.
29. Atomansvarighet III. Norstedt & Söner. 391 s. Ju.
30. Den framtida jordbrukspolitik. Håkan Ohlssons boktryckeri, Lund. 361 s. Jo.
31. Den framtida jordbrukspolitik. B. Esselte. 411 s. Jo.
32. Kommunerna och ungdomen. Esselte. 214 s. S.
33. Friluftslivet i Sverige. Del III. Anläggningar för det rörliga friluftslivet m. m. Svenska Reproduktions AB. 248 s. K.
34. Luftfartsverkets ekonomi och organisation. Esselte. 134 s. K.
35. Militärsjukvården. Esselte. 196 s. Fö.
36. Vägfraktavtalet I. Norstedt & Söner. 197 s. Ju.
37. De statliga undervisningssjukhusens organisation. Esselte. 132 s. S.
38. Utsökningsrätt V. Esselte. 81 s. Ju.
39. Lagstiftning om elektriska anläggningar. Esselte. 153 s. H.
40. Arbetspsykologisk verksamhet. Hæggström. 116 s. E.
41. Fordonskombinationer. Esselte. 259 s. K.

STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1966:41

Kommunikationsdepartementet



FORDONSKOMBINATIONER

Längder och hastigheter

BETÄNKANDE AVGIVET AV

STATENS TRAFIKSÄKERHETS RÅD

ESSELTE AB, STOCKHOLM 1966

STATENS OFFENTLIGA FÖRHANDLINGAR 1905: 11

A general publication of the Government



FORDONSKOMBINATIONER

Länder och härskaper

BESÄKANDER AVGIFTELÄSA

STATENS TRYCKERIENHET

Innehåll

Skrivelse till Konungen

Begreppsförklaringar och förkortningar	9
<i>Kap. 1 Utredningsuppdraget</i>	<i>11</i>
1.1 Inledning	11
1.2 Uppdraget	12
1.3 Uppdragets utförande	14
<i>Kap. 2 Vägnät och fordonsbestånd</i>	<i>15</i>
2.1 Vägar	15
2.2 Brobestånd	17
2.3 Fordonsbestånd	17
<i>Kap. 3 Tunga fordonskombinationer</i>	<i>21</i>
3.1 Fordonslängd	21
3.1.1 Inledning	21
3.1.2 Utländska bestämmelser	21
3.1.3 Väg- och vattenbyggnadsstyrelsens skrivelse den 16 maj 1963 till Kungl. Maj:t	22
3.1.4 Transportekonomiska synpunkter	23
3.1.4.1 Allmänt	23
3.1.4.2 Näringslivets synpunkter på fordonslängder	25
3.1.5 Trafiksäkerhetssynpunkter	28
3.1.5.1 Allmänt	28
3.1.5.2 Studier rörande fordons och fordonskombinationers utrymmesbehov i kurvor	29
3.1.5.3 Studier av omkörningar	30
3.1.6 Överväganden och förslag	30
3.2 Hastighet	35
3.2.1 Inledning	35
3.2.2 Utländska bestämmelser	36
3.2.3 Väg- och vattenbyggnadsstyrelsens skrivelse den 25 september 1963 till Kungl. Maj:t	36
3.2.4 Näringslivets synpunkter på tunga fordonskombinationers hastighet	36
3.2.5 Inventering av olyckor	37
3.2.6 Studier av hastigheter m.m.	38
3.2.7 Studier av omkörningar	40
3.2.8 Fordonstekniska synpunkter	41
3.2.9 Överväganden och förslag	42

<i>Kap. 4 Lätta fordonskombinationer</i>	44
4.1 Inledning	44
4.2 Utländska bestämmelser	45
4.3 Väg- och vattenbyggnadsstyrelsens skrivelse den 12 augusti 1963 till Kungl. Maj:t	46
4.4 Inventering av trafiksäkerhetsfaktorer	46
4.5 Inventering av olyckor	47
4.6 Studier av hastigheter m. m.	48
4.7 Studier av omkörningsmöjligheter för lätta fordonskombinationer	48
4.8 Studier av kördynamik	49
4.9 Studier av bromsförmåga och dynamisk stabilitet vid bromsning	50
4.10 Överväganden och förslag	53
<i>Kap. 5 Sammanfattning</i>	55
<i>Författningsförslag</i>	58
<i>Särskilda yttranden</i>	
<i>Av ledamoten i trafiksäkerhetsrådet, direktören Torell</i>	60
<i>Av föredraganden i trafiksäkerhetsrådet, kanslichefen Hansson</i>	61

Bilagor

<i>Bilaga A Trafikolyckor utanför tätbebyggelse, i vilka fordonskombinationer deltagit</i>	65
1. Olyckor med tunga fordonskombinationer år 1960	65
2. Olyckor med lätta fordonskombinationer (april—september åren 1963 och 1964)	70
<i>Bilaga B Tunga fordonskombinationer — trafikstudier</i>	73
1. Fordonstyper i den tunga trafiken utanför tätbebyggt område	73
2. Tunga fordonstypers längd	79
3. Tunga fordonstypers reshastighet på vägar med hög hastighetsstandard	82
4. Tunga fordons inverkan på körförhållandena	87
5. Allmän diskussion	96
Appendix 1 Fördelning av fordonstyper efter gällande hastighetsbestämmelser	98
Appendix 2 Antal tunga bilar med hänsyn till förekomsten av släpvagnar enligt statens väginstituts fotografiska material från åren 1962 och 1963	99
Appendix 3 Punkthastighetsfördelningar vid köstudier	104
<i>Bilaga C Studier rörande möjligheterna att köra om tunga fordonskombinationer vid olika hastigheter och längder hos dessa kombinationer</i>	110
1. Teoretiska beräkningar	110
2. Praktiska försök	112
<i>Bilaga D Inventering av de faktorer, som ur trafiksäkerhetssynpunkt bör beaktas vid bestämmande av lämplig hastighetsgräns för lätta fordonskombinationer</i>	123

1. Samband mellan huvudfaktorer	123
2. Inverkan av det enskilda fordonets hastighet på trafikförhållandena . .	124
3. Vissa resultat från undersökningar i USA beträffande trafikförhållan- denas inverkan på olycksfallsfrekvensen.	125
4. Fordons manöveregenskaper	126
<i>Bilaga E Lätta fordonskombinationer — trafikstudier</i>	<i>128</i>
1. Inledning	128
2. Lätta fordonskombinationers förekomst, hastighet och betydelse som kö- bildare	128
3. Förloppet vid omkörning av lätta fordonskombinationer	136
4. Diskussion	140
Appendix Figurer och tabeller	141
<i>Bilaga F Studier rörande möjligheterna att företa omkörning med lätta fordons- kombinationer</i>	<i>151</i>
<i>Bilaga G Studier rörande lätta fordonskombinationers kördynamik</i>	<i>156</i>
1. Inledning	156
2. Lätta fordonskombinationers kördynamik	156
Appendix Matematisk modell för analys av dynamisk stabilitet hos ett dragfordon med enaxligt släpfordon	171
<i>Bilaga H Studier rörande lätta fordonskombinationers bromsförmåga och dyna- miska stabilitet vid bromsning</i>	<i>188</i>
1. Inledning	188
2. Lätta fordonskombinationers dynamiska stabilitet vid bromsning . . .	188
3. Lätta fordonskombinationers bromsförmåga	191
4. Släpfordons bromssystem	204
Appendix 1 Matematiskt underlag för teoretisk analys av lätta fordonskom- binationers bromsförmåga	217
Appendix 2 Påskjutskraftens inverkan på den dynamiska stabiliteten under bromsning hos en lätt fordonskombination vid låsning av dragfordonets bakhjul	226
<i>Bilaga I Inventering av de faktorer, som ur trafiksäkerhetssynpunkt bör beaktas vid bestämmande av fordons och fordonskombinationers maximala längd . . .</i>	<i>231</i>
1. Inledning	231
2. Manöveregenskaper	231
3. Trafikförhållanden	232
Appendix Största möjliga totallängd för tunga fordonskombinationer med hänsyn till utrymmesbehov vid körning i kurvor	234
<i>Bilaga J Längdbestämmelser i USA.</i>	<i>241</i>
1. Inledning	241
2. Längdbestämmelser för olika slag av fordon	241

130	1. Samfundet mellan huvudstadstörnet
131	2. Inverkan av det enskilda förlorets hastighet på tryckförhållandena
132	3. Vissa resultat från undersökningen i U.S.A. beträffande tryckförhållandena därmed inverkan på öfvertrycksverkan
133	4. Förlorens manöverensskap
134	Bilaga E. 1. Öva förlorenskombinationens tryckförhållande
135	1. Inledning
136	2. 1. Alla förlorenskombinationens förloret, bestämdt och påvisat som för- bildare
137	3. Förloret vid anslutningen av 1. Alla förlorenskombinationer
138	4. Diskussion
139	Appendix. Figur och tabeller
140	Bilaga F. Studier rörande tryckförhållandena vid förlorens anslutning med 1. Alla förloren- skombinationer
141	Bilaga G. Studier rörande 1. Alla förlorenskombinationens förlorenskap
142	1. Inledning
143	2. 1. Alla förlorenskombinationens förlorenskap
144	Appendix. Matematisk modell för analys av dynamisk stabilitet hos 1. Alla förlorenskombinationer
145	Bilaga H. Studier rörande 1. Alla förlorenskombinationens förlorenskap vid olika mixta stabilitet vid förlorenskap
146	1. Inledning
147	2. 1. Alla förlorenskombinationens dynamiska stabilitet vid förlorenskap
148	3. 1. Alla förlorenskombinationens förlorenskap
149	4. Stabilitetsanalys
150	Appendix 1. Matematiskt underlag för förlorenskap vid 1. Alla förlorenskap
151	Appendix 2. Förlorenskap vid anslutningen av 1. Alla förlorenskap vid anslutningen av 1. Alla förlorenskombinationer vid anslutningen av 1. Alla förlorenskap
152	Bilaga I. Inledning
153	1. Inledning
154	2. Manöverensskap
155	3. Tryckförhållanden
156	Appendix. Statiska tillstånd förlorenskombinationer med 1. Alla förlorenskombinationer vid kortare förloren
157	Bilaga J. Ängbestämning i U.S.A.
158	1. Inledning
159	2. Ängbestämning för olika slag av förloren

Till KONUNGEN

Genom beslut den 26 oktober 1962 och den 19 december 1963 uppdrog Kungl. Maj:t åt statens trafiksäkerhetsråd att i samråd med väg- och vattenbyggnadsstyrelsen och statens väginstitut undersöka verkningarna av

hastighetshöjning för vissa fordonskombinationer och genom undersökningar belysa frågan om inverkan på trafiksäkerheten av fordons och fordonstågs längd samt att till Kungl. Maj:t inkomma med resultat av utförda undersökningar ävensom rådets yttrande i berörda frågor.

I utredningsuppdraget har tillika ingått att ta ställning till följande av Kungl. Maj:t till statens trafiksäkerhetsråd remitterade skrivelser från väg- och vattenbyggnadsstyrelsen, nämligen dels den 16 maj 1963 angående utredning av förutsättningarna för att införa bestämmelser om maximilängd för fordon och fordonståg, dels den 12 augusti 1963 angående förslag till ändrade hastighetsbestämmelser för personbil med tillkopplad släpvagn m. m. och dels den 25 september 1963 med förslag om utredning av hastighet för bil med påhängsvagn av viss konstruktion.

Statens trafiksäkerhetsråd — som i huvudskrivelsen benämnes utredningen — förordnade den 15 september 1964 pol. mag. S. Ocklind att medverka vid utredningsuppdragets fullgörande.

Såsom expert att biträda utredningen har fr. o. m. den 30 mars 1965 anlitats hovrättsassessorn H. H. Abelin.

I utredningen har vidare medverkat från väg- och vattenbyggnadsstyrelsen överingenjören G. Ekberg samt från statens väginstitut överdirektören N. Bruzelius, överingenjörerna G. Kullberg och S. Edholm, avdelningsdirektören B. Kolsrud samt förste forskningsingenjören O. Nordström.

Sedan utredningsuppdraget slutförts, får statens trafiksäkerhetsråd härmed i underdånighet överlämna betänkande med förslag till längdbestämmelser samt ändrade hastighetsbestämmelser för vissa tunga och lätta fordonskombinationer. Väg- och vattenbyggnadsstyrelsen och statens väginstitut biträder förslagen.

Vid den slutliga handläggningen av detta ärende inom rådet har närvarit — förutom undertecknade A. Strand, ordförande, och H. Hansson, föredragande — herrar N. Bruzelius, G. Ekberg, L. Hulthén, W. Jonsson, E. Rudberg, A. Thorson, A. Torell och G. Vahlberg.

Vid betänkandet är fogade särskilda yttranden av herrar Torell och Hansson.

Stockholm den 30 juni 1966

Axel Strand

Hans Hansson

Begreppsförklaringar och förkortningar

Avdriftsvinkel

Vinkeln mellan hjulcentrums rörelseriktning och skärningslinjen mellan hjulplan och vägbanan

Axeltryck

Den sammanlagda vikt, som uppbäres av samtliga de hjul på fordonet, vilkas mittpunkter ligger i ett och samma, vinkelrätt mot fordonets längdaxel belägna vertikalkplan

Boggi

Två hjulaxlar på mindre inbördes avstånd än 2,0 m

Bromskraftfördelning

Kvoten mellan bromskraften vid ett fordon framaxel och bromskraften vid dess bakaxel när inga hjul är låsta

Bruttovikt

Den vikt, som vid visst tillfälle uppbäres av fordonets samtliga hjul, band eller medar

Cambervinkel

Vinkeln mellan hjulplanet och vägbanans normal i centrum av kontaktytan mellan hjul och vägbanan

Dynamisk stabilitet

Ett fordon i rörelse är dynamiskt stabilt om en genom en störningskraft initierad svängningsrörelse dämpas ut då störningen upphör att verka

Förkortningar

AASHO = American Association of State Highway Officials
CEMT = European Conference of Ministers of Transport (ECMT)
EEC = European Economic Community
hk = hästkrafter
ISO = International Organisation for Standardization
km/h = km/tim = kilometer per timme
m = meter
m.p.h. = miles per hour
rskr = riksdagsskrivelse
VoV = Väg- och vattenbyggnadsstyrelsen
VTF = Vägtrafikförordningen

Glidfriktionskraft

Karakteriseras av att den till sin storlek är beroende av normalkraft och friktionskoefficient samt av att den är motriktad glidriktningen

Kritisk överstyrning

Därmed avses en så hög grad av överstyrning (se detta ord) att instabilitet inträder

Lätt fordonskombination

En fordonskombination bestående av ett dragfordon, som utgöres av en bil vars totalvikt ej överstiger 3,5 ton, samt en därtill kopplad släpkärva (se detta ord)

Maximilast

Den beräknade vikten av det största antal personer och den största mängd gods varför fordonet är inrättat, dock att i fråga om bil förarens vikt ej medräknas

Neutralstyrning

Ett neutralstyrt fordon karakteriseras av att, under inverkan av *sidkraft* (se detta ord) avdriftsvinklarna för bakhjulen blir lika stora som avdriftsvinklarna för framhjulen

Olyckstyper

S = Olycka med ensamt motorfordon (singelycka)
M = Olycka i samband med möte
O = Olycka i samband med omkörning
B = Olycka i samband med upphinnande av framförvarande fordon
P = Olycka i samband med passage av uppställt eller parkerat motorfordon
A = Olycka i samband med avsvängning
I = Olycka i samband med infart på huvudled
K = Olycka i vägkorsning, där ingen av vägar är huvudled (fordonen på olika vägar före olyckan)
C = Olycka med motorfordon och cykel eller moped
F = Olycka med motorfordon och fotgängare
D = Olycka med motorfordon och djur
X₁ = Olycka med motorfordon i järnvägs-korsning
X₂ = Sådan olycka med motorfordon som inte kan hänföras till någon annan olyckstyp

Påhängsvagn

Släpvagn, som är avsedd att genom kopplingsanordning, bestående av tapp med vändskiva eller därmed jämförlig konstruktion, förenas med bil eller traktor, och som är så utförd, att dess underrede (chassi) eller karosseri vilar direkt på det dragande fordonet

Sidkraft

En kraft riktad vinkelrätt mot hjulplanets skärningslinje med vägbanan eller, då hela fordonet avses, vinkelrätt mot fordonets längdaxel

Singelfordon

Ett fordon utan tillkopplat *släpfordon* (se detta ord)

Släpfordon

Fordon, som är byggt för koppling till bil eller traktor och avsett för person- eller godsbefordran eller för att uppbära anordningar för bilens eller traktorns drivande

Släpkärra

Här avses hjulförsedd| släpvagn — dock ej påhängsvagn — med en axel (alternativt boggi)

Släpvagn

Släpfordon, som är försett med hjul eller band

Tjänstevikt

För bil eller traktor: den sammanlagda vikten av dels fordonet i normalt, fullt driftfärdigt skick vid användning av tyngsta till fordonet hörande karosseri, dels till fordonet hörande

verktyg och reservhjul samt bränsle, smörjolja och vatten, dels och föraren av fordonet.

För släpfordon: vikten av fordonet i normalt, fullt driftfärdigt skick vid användning av tyngsta till fordonet hörande karosseri

Totalvikt

Summan av fordonets tjänstevikt och maximalast

Tonkilometer (tonkm)

Godsvikten i ton multiplicerad med transportavståndet i km (dvs. mått på utfört transportarbete)

Tung fordonskombination

Fordonskombination bestående av ett dragfordon, som utgöres av en bil vars totalvikt överstiger 3,5 ton, samt ett därtill kopplat släpfordon

Understyrning

Ett understyrt fordon karakteriseras av att, under inverkan av sidkraft, avdriftsvinklarna för bakhjulen blir mindre än för framhjulen, varvid bankurvans krökningsradie blir större än för ett neutralstyrt fordon, som färdas med samma styrutslag och hastighet som det understyrda fordonet

Överstyrning

Ett överstyrt fordon karakteriseras av att, under inverkan av sidkraft, avdriftsvinklarna för bakhjulen blir större än för framhjulen, varvid bankurvans krökningsradie blir mindre än för ett neutralstyrt fordon, som färdas med samma styrutslag och hastighet som det överstyrda fordonet

Anm. I de fall källanvisning inte särskilt angivits för i betänkandet förekommande tabeller och figurer har uppgifterna införskaflats och sammanställt genom utredningens försorg

KAPITEL 1

Utredningsuppdraget

1.1 Inledning

Enligt VTF gällde före den 1 juli 1962 att lastbilar och bussar med en totalvikt överstigande 2,5 ton inte fick framföras med högre hastighet än 60 km/tim (på motorväg 80 km/tim). VTF föreskrev dessutom att om till fordon kopplades annat fordon detta medförde en begränsning av den maximala hastigheten till 20—60 km/tim beroende på de tillkopplade fordonens konstruktion och antal. Översteg emellertid den tillkopplade släpvagnens totalvikt ej en tredjedel av dragfordonets tjänstevikt, påverkades inte den för dragbilen tillåtna maximihastigheten.

Trafikanterna i yrkesmässig trafik hemställde vid flera tillfällen genom sina organisationer om en ändring av hastighetsbestämmelserna för tunga lastbilar och bussar under framhållande, att bestämmelserna allvarligt påverkade trafikekonomin och att fordonens tekniska konstruktion numera var sådan, att en hastighetshöjning skulle kunna medges utan att därför trafiksäkerheten eftersattes. Över hemställan år 1958 till Kungl. Maj:t från Svenska lasttrafikbilägareförbundet och Svenska omnibusägareförbundet om ändring i då gällande hastighetsbestämmelser yttrade sig bl. a. statens trafiksäkerhetsråd, som därvid tillstyrkte en höjning av maximihastigheten till 70 km/tim.

I skrivelse den 18 maj 1960 till Kungl. Maj:t föreslog VoV att frågan om has-

tigheten för tyngre lastbilar och bussar borde upptagas till förnyat övervägande.

Vid 1961 års riksdag väcktes två motioner (I: 280 och II: 243) vari yrkades att riksdagen i skrivelse till Kungl. Maj:t skulle begära höjning av maximihastigheten för tung lastbil och buss till 70 km/tim samt för tung lastbil med släpvagn till 60 km/tim. Andra lagutskottet anförde bl. a. i utlåtande (1961: 67), att vägande motiv fanns för en höjning av maximihastigheten för de tunga fordonen med hänsyn till skäl, som åberopats av VoV och statens trafiksäkerhetsråd. Utskottet var däremot inte berett att utan närmare utredning förorda en generell höjning till 70 km/tim. Vad gällde höjningen för fordonskombinationer av olika slag framförde utskottet som sin mening, att viss utredning måste förutsättas beträffande bl. a. utvecklingen av fordonens bromsutrustning.

I proposition 1962:155 förordade statsrådet och chefen för kommunikationsdepartementet en höjning av förenämnda viktgräns från 2,5 till 3,5 ton och att den högsta tillåtna hastigheten för fordon över denna gräns skulle sättas till 70 km/tim (på motorväg 90 km/tim). Departementschefen framhöll dock, att förslaget endast avsåg fordon utan tillkopplade släpfordon, samt påpekade att när det gällde sammansatta fordon och fordonståg bedömandet delvis måste bli ett annat eftersom kombinationer av två eller flera fordon

blev otympligare att manövrera än enkla fordon. Departementschefen ansåg det därför ej tillrådligt att utan ytterligare undersökningar vidtaga någon generell höjning av hastigheten för dylika transportenheter med undantag för sådan bil till vilken kopplats påhängsvagn med s. k. sammanhängande bromssystem (semitrailer). För bil med sådan lättare släpvagn, vars totalvikt inte översteg en tredjedel av dragfordonets tjänstevikt, borde fortfarande gälla samma hastighetsbestämmelser som för bilen utan släpvagn.

Efter utlåtande av tredje lagutskottet (1962: 34) biföll riksdagen de föreslagna ändringarna (rskr 278), och bestämmelserna trädde i kraft den 1 juli 1962.

1.2 Uppdraget

Departementschefen hade i sitt uttalande förordat fortsatta undersökningar beträffande de i 56 § 1 mom. VTF omnämnda fordonskombinationernas hastighet. I skrivelse den 26 oktober 1962 till statens trafiksäkerhetsråd anförde Kungl. Maj:t bl. a. följande.

Genom Kungl. Maj:ts förordning den 6 juni 1962 (nr 263) om ändring i vägtrafikförordningen den 28 september 1951 (nr 648) ha bl. a. vidtagits vissa jämkningar i de för tyngre fordon tidigare gällande bestämmelserna om maximi-hastighet. De hastighetshöjningar som härigenom medgivits avse allenast vissa fordon, som föras utan tillkopplade släpfordon eller vartill kopplats sådan lättare släpvagn som beskrives i 56 § 1 mom. tredje stycket vägtrafikförordningen, samt transportenheter som avses i 1 mom. andra stycket a) samma författningsrum. Beträffande övriga i 56 § 1 mom. omnämnda fordonskombinationer har — såsom närmare utvecklats i propositionen nr 155 år 1962 och i tredje lagutskottets däröver avgivna, av riksdagen godkända utlåtande nr 34 — frågan om hastighetshöjning ansetts böra anstå i avbidan på fortsatta undersökningar rörande verkningarna av en sådan åtgärd.

Med hänvisning till vad som anförts i nyssnämnda proposition och utskottsutlåtande uppdrog Kungl. Maj:t åt trafiksäkerhetsrådet att, i samråd med VoV och statens väginstitut, skyndsamt verkställa berörda undersökningar samt anmodade rådet att snarast till Kungl. Maj:t inkomma med dels en plan för undersökningarnas bedrivande med uppgifter om det sätt på vilket rådet avsåg att utföra desamma och den tid som därför beräknades åtgå, dels en uppställning över rådets beräknade kostnader för uppdragets fullgörande.

I skrivelse den 16 januari 1963 inkom trafiksäkerhetsrådet till Kungl. Maj:t med nämnda plan och kostnadsuppställning. Planen var följande.

1. Inventering av de olyckor utanför tätbebyggt område, i vilka tunga fordonskombinationer deltagit.

2. Inventering av utländska bestämmelser och erfarenheter rörande tunga fordonskombinationer.

3. Studier av förekomsten i trafiken av olika typer av tunga fordon (inkl. kombinationer med sådana fordon och deras längder).

4. Studier av dels de hastigheter, som för närvarande tillämpas av förare av tunga fordon (inkl. fordonskombinationer) och dels köförhållandena.

5. Studier rörande möjligheterna att köra om fordonskombinationer vid olika hastigheter hos dessa kombinationer.

Kungl. Maj:t fann genom beslut den 8 mars 1963 den av statens trafiksäkerhetsråd upprättade planen böra läggas till grund för undersökningarnas bedrivande samt föreskrev att kostnaderna för undersökningarna skulle bestridas från anslaget Kostnader för vetenskaplig trafiksäkerhetsforskning.

Innan nu nämnda spörsmål blivit föremål för närmare utredning, hade även frågan om nya hastighetsbestäm-

melser för lätta fordonskombinationer aktualiserats. Motioner i detta ämne hade vid olika tidpunkter framförts i riksdagen.

I skrivelse till Kungl. Maj:t år 1962 (rskr 361) anslöt sig riksdagen till tredje lagutskottets utlåtande (nr 38), däri utskottet uttalat sig för att spörsmålet om hastighetshöjning för bil med tillkopplad husvagn avgjordes utan att en lösning av frågan om maximifarten för de tyngre lastfordonskombinationerna avvaktades.

Genom kungörelsen den 8 mars 1963 (nr 38) om undantag av vissa släpvagnar från 6 § 1 mom. och 56 § 1 mom. VTF öppnades möjlighet till en viss höjning av hastigheten för de fordon, som åsyftades i berörda utskottsutlåtande.

VoV framlade i skrivelse till Kungl. Maj:t den 12 augusti 1963 förslag till ändrade hastighetsbestämmelser för personbil med tillkopplad släpvagn m. m. Över skrivelsen begärdes yttrande från trafiksäkerhetsrådet.

Styrelsen hemställde vidare i en till Kungl. Maj:t ställd skrivelse den 16 maj 1963 om en allsidig utredning av förutsättningarna för att snarast införa bestämmelser om maximilängd för fordon och fordonståg samt föreslog vidare i skrivelse den 25 september 1963, att frågan angående hastighet för bil med påhängsvagn av viss konstruktion måtte bli föremål för behandling av den inom trafiksäkerhetsrådet pågående förutnämnda utredningen.

I skrivelse den 19 december 1963 uppdrog Kungl. Maj:t åt statens trafiksäkerhetsråd att, i anslutning till de undersökningar rådet fått i uppdrag att utföra genom ovan nämnda beslut den 26 oktober 1962, verkställa praktiska prov rörande förhållandena från trafiksäkerhetssynpunkt vid olika hastigheter för sådana fordonskombinationer

som avsågs i VoV:s skrivelse den 12 augusti 1963. Resultaten av samtliga undersökningar och prov samt av de studier i övrigt rådet fann nödvändiga för ett samlat bedömande av frågan om hastighetsgränser för bil, vartill kopplats ett eller flera fordon, borde jämte rådets yttrande däröver framläggas i ett sammanhang.

Vidare uppdrog Kungl. Maj:t åt trafiksäkerhetsrådet att genom erforderliga undersökningar — innefattande prov vid olika hastigheter — belysa frågan om inverkan på trafiksäkerheten av fordons och fordonstågs längd. I samband med det förslag, vartill dessa undersökningar kunde föranleda, borde rådet vidare enligt skrivelsen avge yttrande i den fråga som upptagits i VoV:s förslag den 25 september 1963. Jämväl de nya proven och undersökningarna skulle verkställas i samråd med styrelsen och statens väginstitut.

Trafiksäkerhetsrådet borde slutligen enligt Kungl. Maj:ts skrivelse den 19 december 1963 snarast inkomma med en plan för bedrivande av de undersökningar som nu lämnade uppdrag föranledde ävensom en uppställning över de beräknade kostnaderna för uppdragets fullgörande.

I skrivelse den 11 mars 1964 inkom trafiksäkerhetsrådet efter samråd med VoV och statens väginstitut med förenämnda plan jämte kostnadsberäkning. Planen över förslag till undersökningar var följande.

A. Hastighetsgränser för lätta fordonskombinationer

1. Inventering av de faktorer, som ur trafiksäkerhetssynpunkt bör beaktas vid bestämmande av lämplig hastighetsgräns för lätta fordonskombinationer.

2. Studier av olyckor utanför tätbebyggt område, i vilka lätta fordonskombinationer deltagit.

3. Inventering av utländska bestämmelser och erfarenheter rörande lätta fordonskombinationer.

4. Studier under sommaren 1964 av lätta fordonskombinationers hastighet, förekomst i trafiken samt betydelse som köbildare.

5. Studier av förloppet vid omkörning av lätta fordonskombinationer.

6. Studier rörande möjligheterna att företa omkörning med lätta fordonskombinationer.

7. Studier rörande bromsförmågan hos lätta fordonskombinationer samt kursstabiliteten (dynamisk stabilitet) vid bromsning.

8. Kördynamiska studier rörande lätta fordonskombinationer.

B. Längdbestämmelser för fordon och fordonskombinationer

1. Inventering av de faktorer som ur trafiksäkerhetssynpunkt bör beaktas vid bestämmande av fordons och fordonskombinationers längd jämte fältstudier av bl. a. utrymmesbehovet vid körning i kurvor.

2. Inventering av utländska bestämmelser och erfarenheter rörande fordons och fordonskombinationers längd.

3. Studier rörande möjligheterna att köra om fordonskombinationer med varierande längd.

Kungl. Maj:t fann genom beslut den 10 april 1964 den av statens trafiksäkerhetsråd upprättade planen böra läggas till grund för undersökningarnas bedrivande.

Kungl. Maj:t bemyndigade VoV att av det för budgetåret 1963/64 under sjätte huvudtiteln anvisade anslaget Utredningar ta i anspråk högst 42 000 kr., att enligt beslut av trafiksäkerhetsrådet användas för bestridande av rådets kostnader i anledning av uppdraget, samt föreskrev att kostnaderna i övrigt skulle bestridas från anslaget Kostnader för vetenskaplig trafiksäkerhetsforskning.

1.3 Uppdragets utförande

Statens väginstitut har utfört de av ovan nämnda undersökningar, som beträffande de tunga fordonskombinationerna berör delundersökningarna nr 3 och 4 och beträffande de lätta fordonskombinationerna och fordons och fordonstågs längd berör delundersökningarna nr A.1, A.4, A.5, A.7 och A.8 samt nr B.1. Övriga studier har utförts av trafiksäkerhetsrådet. Resultaten av samtliga undersökningar framlägges i betänkandet så att en sammanfattande redogörelse för delstudierna ges i huvudskrivelsen, medan den fylligare redovisningen av varje delundersökning lämnas i separata, vid huvudskrivelsen följande bilagor.

Samhällsekonomiska aspekter på längd- och hastighetsbestämmelser med hänsyn till vägnät, fordonsbestånd m. m. har endast behandlats i huvudskrivelsen och utgör jämte trafiksäkerhetssynpunkter bakgrund till utredningens överväganden och förslag.

KAPITEL 2

Vägnät och fordonsbestånd

2.1 Vägar

Den totala längden av allmänna vägar i landet utgör omkring 108 000 km. Av dessa underhålls ca 96 000 km, huvudsakligen på landsbygden, av väg- och vattenbyggnadsverket och ca 12 000 km av städer, köpingar och samhällen. Det enskilda vägnätet har en betydande omfattning. Sålunda uppgår den del, som åtnjuter statsbidrag till underhållet, till ca 56 000 km.

De allmänna vägarna på landsbygden indelas i riksvägar och länsvägar. Riksvägarna utgör ca 15 % av vägnätet men har likväl att svara för omkring hälften av det totala trafikarbetet. Av länsvägarna hänförs ca 15 000 km till det »primära länsvägnätet», vilket svarar för ca 15 % av trafikarbetet.

Längden av motorvägar uppgick den 1 januari 1966 till ca 220 km.

Kvalitetsgraderingar, utförda i enlighet med vissa inom VoV tillämpade normer, har visat att av riksvägnätet 40 % kan anses fullgoda, medan 30 % bedömts vara godtagbara och 30 % ansetts vara av ej godtagbar standard. Av det primära länsvägnätet har ca 40 % tillfredsställande standard i förhållande till dagens trafik, medan inte mindre än 60 % av detta vägnät är i behov av snar ombyggnad. Av det övriga länsvägnätet har något mindre än hälften godtagbar standard.

Vägarnas standard återspeglas delvis i de belastningsbestämmelser som gäller för vägen i fråga. De allmänna

bestämmelserna om axeltryck och bruttovikt återfinns i 54 § 1 mom. VTF, vari stadgas att motordrivet fordon eller därtill kopplat fordon inte får föras på allmän väg, gata eller annan allmän plats när den vikt, som uppbärs av någon hjulaxel, överstiger 6,00 ton eller när den sammanlagda vikten, som uppbärs av två på mindre inbördes avstånd än 2,0 m belägna hjulaxlar på fordonet eller fordonståget, överstiger 8,00 ton. Inte heller får fordonet eller fordonståget framföras på angiven plats, när bruttovikten överstiger, vid mindre avstånd än 2,0 m mellan första och sista hjulaxeln, 8,00 ton, vid ett avstånd mellan axlarna av 2,0 men inte 2,2 m, 8,50 ton, vid ett avstånd mellan samma axlar av 2,2 m eller däröver, 8,75 ton med tillägg av 0,25 ton för varje 0,2 m varmed axelavståndet överstiger 2,2 m. Om det motordrivna eller därtill kopplade fordonet är försett med band eller medar får det inte föras på allmän väg, gata eller annan allmän plats, när fordonets bruttovikt överstiger 12,00 ton. För medfordon gäller detta dock bara vid färd över bro. Förseelse mot nu nämnda bestämmelser är straffbar. Enligt kungörelsen den 15 mars 1963 (nr 49) om straffrihet i vissa fall för överskridande av maximilast m. m. vid befordran av skogsprodukter bestraffas dock ej befordran av vissa skogsprodukter, såvida inte maximilasten, högsta tillåtna axeltryck eller bruttovikt överskridits med mer än 20 %.

Ökade vikter har emellertid i väsent-

lig grad medgivits för den större delen av vägnätet genom lokala trafikföreskrifter, som länsstyrelserna utfärdat med stöd av 61 § VTF. Såsom framgår av tabell 1 är numera 90 % av de allmänna vägarna på landsbygden upplåtna för trafik med fordon med ett axeltryck av 8 ton och ett boggitryck av 12 ton, och på 10 % av nämnda vägar är det tillåtna axeltrycket 10 ton och boggitrycket 16 ton. Den i VTF angivna bruttovikten har samtidigt höjts med lika många ton som det för vägen medgivna boggitrycket överstiger 8 ton, dvs. med 4 resp. 8 ton.

Utvecklingen under senare år har

Tabell 1. Tillåtna axel- och boggitryck

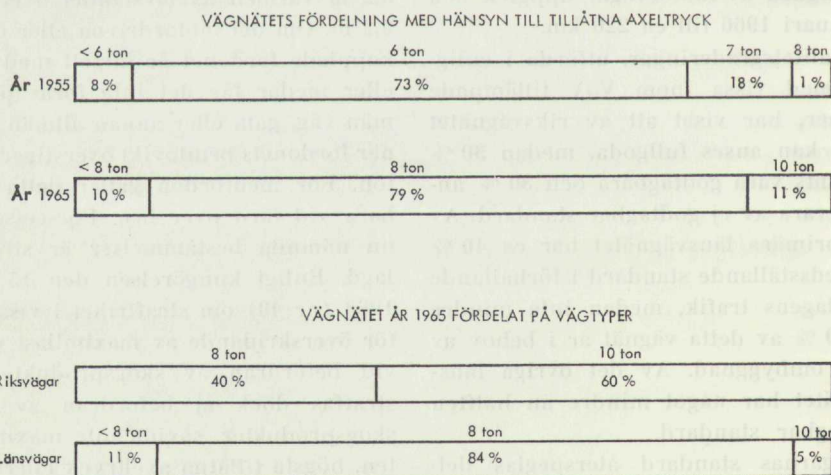
Väggategori	Andel av vägnätet i %, upplåtet för		
	mindre än 8/12 ton	8/12 ton	10/16 ton
Riksvägar.....	—	40,1	59,9
Primära länsvägar.	1,9	83,9	14,2
Övriga.....	13,7	84,4	1,9
Det totala vägnätet	10,2	79,0	10,8

Källa: VoV:s petita år 1965

gått snabbt. För drygt tio år sedan var bärigheten på vägarna så begränsad att på endast 19 % av det totala vägnätet i landet tilläts ett högre axeltryck än 6 ton (år 1955). Högsta tillåtna boggitryck utgjorde normalt 8—10 ton. Genom ombyggnad och förstärkning av vägarna har sedan dess bärigheten successivt ökat.

År 1964 uppläts 5 % av vägnätet för 10 tons axeltryck och 16 tons boggitryck. Detta tunga vägnät omfattar väsentligen riksvägarna i Götaland och Svealand. Under år 1965 har detta vägnät utsträckts till att omfatta även vissa riksvägar i Norrland. I figur 1 illustreras vägnätets fördelning med hänsyn till tillåtna axeltryck och vägtyper.

Vägarnas geometriska utformning (tvärsnitt, dvs. körbana, vägren m. m., och linjeföring) är bl. a. beroende av fordonens utrymmesbehov med hänsyn till deras yttre dimensioner och möjligheterna att manövrera dem. De marginaler som vägen medger vid möten, vid omkörning och vid körning i snäva kurvor, bl. a. i vägskal och gatu-korsningar, väljes med hänsyn till såväl



Figur 1. Tillåtna axeltryck

Källa: VoV:s petita år 1965

Tabell 2. Brobeståndets fördelning efter tillåtna axel- och boggitryck år 1965

Väggategori	Axeltryck						
	Antal broar	10 ton eller mera		8 ton eller mera		mindre än 8 ton	
		antal	%	antal	%	antal	%
Europavägar.....	625	613	98	625	100	0	0
Övriga riksvägar.....	1 132	988	87	1 113	98	19	2
Primära länsvägar.....	1 350	1 043	77	1 262	94	88	6
Övriga ».....	5 996	4 023	67	5 186	87	810	13
Summa	9 103	6 667	73	8 186	90	917	10

Väggategori	Boggitryck								
	Antal broar	22 ton		16 ton eller mera		12 ton eller mera		mindre än 12 ton	
		antal	%	antal	%	antal	%	antal	%
Europavägar.....	625	406	65	603	97	624	100	1	—
Övriga riksvägar.....	1 132	435	39	923	82	1 092	96	40	4
Primära länsvägar.....	1 350	441	33	835	62	1 232	91	118	9
Övriga ».....	5 996	1 983	33	3 270	55	4 848	81	1 148	19
Summa	9 103	3 265	36	5 631	62	7 796	86	1 307	14

Källa: VoV:s petita år 1965.

säkerheten som framkomligheten. Marginalerna begränsas emellertid av kostnadsskäl, med påföljd att fordonens yttre dimensioner måste begränsas.

2.2 Brobestånd

Den begränsade bärigheten hos en stor del av vägnätet hänger delvis samman med den otillfredsställande hållfastheten hos det äldre brobeståndet. Tabell 2 visar broarnas bärighet i vad avser axeltryck och boggitryck med fördelning på olika väggategorier.

Möjligheten att framföra tunga fordon och fordonståg begränsas inte enbart av det för vägen tillåtna axel- eller boggitrycket. För att undvika farliga belastningskoncentrationer, framför allt på broar, är det nödvändigt att begrän-

sa även den sammanlagda belastningen från fordonets hjul med hänsyn till avståndet mellan axlarna. Detta sker genom den tidigare refererade föreskriften i 54 § 1 mom. VTF om högsta tillåten bruttovikt som funktion av avståndet mellan fordonets eller fordonstågets första och sista axel¹.

2.3 Fordonsbestånd

Transportområdet har under det senaste decenniet undergått mycket stora förändringar. Fordonens tekniska utveckling och vägnätets successiva uppbyggnad har starkt ökat möjligheterna

¹ Under år 1965 har VoV i samråd med vissa organisationer behandlat frågor om viss ändring av gällande bestämmelser i 54 § 1 mom. VTF innebärande bl. a. justering av högsta tillåten bruttovikt.

till godstransporter på landsväg. Vid slutet av år 1950 uppgick det totala antalet lastbilar i landet till 85 000. Fram till år 1963 ökade beståndet med mer än 50 % och uppgick den 1 januari 1965 till 134 000. Beståndsökningen mätt i såväl absoluta som relativa tal var störst under första hälften av 1950-talet. Under perioden efter år 1950 har utvecklingen i fråga om skilda fordonstorlekar haft ett mycket olika förlopp. Medan en minskning skett för tunga fordon i mellanklasserna (maximilast 2—5 ton), har en betydande ökning av antalet över 5 ton ägt rum. Antalet fordon i den lägsta viktklassen (under 1 ton) fördubblades under tiden 1951—1964, medan antalet i storleksgruppen 5—6 ton mer än femdubblades. De mycket tunga fordonen (över 8 ton) var mer än 28 gånger så många år 1964 som år 1951. Mot dessa ökningarna kan en nedgång med mer än 70 % noteras för 3—4-tonsbilarna. Denna utveckling av antalet bilar för skilda storleksgrupper åskådliggöres i tabell 3.

Vad beträffar den kommande lastbilsutvecklingen kan det antas att fordonbeståndet kommer att öka i relativt liten omfattning — ett par procent varje år — medan däremot transportvolymen kan beräknas öka med mellan 7 och 18 % varje år. Figur 2, som bygger på vägplaneprognozen år 1958, illustrerar antaganden fram till år 1975.

Utvecklingen av beståndet av släpvagnar visar, såsom framgår av tabell 4 jämförd med tabell 3, stor överensstämmelse med lastbilsbeståndets utveckling. Totalt har antalet släpvagnar ökat från 17 700 vid början av år 1951 till 59 600 vid motsvarande tid år 1965, varav påhängsvagnarna ökat från 900 till 3 500 under motsvarande tidsperiod.

En mycket stor del av släpvagnarna har låg lastkapacitet, och man kan anta att släpfordon med en maximilast

Tabell 3. Lastbilsbeståndet den 1/1 1951 och den 1/1 1965 fördelat på viktklass

Maximilast (ton)	Antal bilar*		Procentuell fördelning	
	1951	1965	1951	1965
—1	24 100	45 200	28,4	33,9
1—2	7 400	19 500	8,7	14,6
2—3	8 300	6 800	9,8	5,1
3—4	21 100	5 800	24,8	4,3
4—5	18 400	10 000	21,6	7,4
5—6	3 400	17 300	4,0	12,9
6—7	1 000	10 000	1,2	7,5
7—8	800	5 000	1,0	3,7
8—	400	14 100	0,5	10,5
Summa	84 900	133 700	100,0	100,0

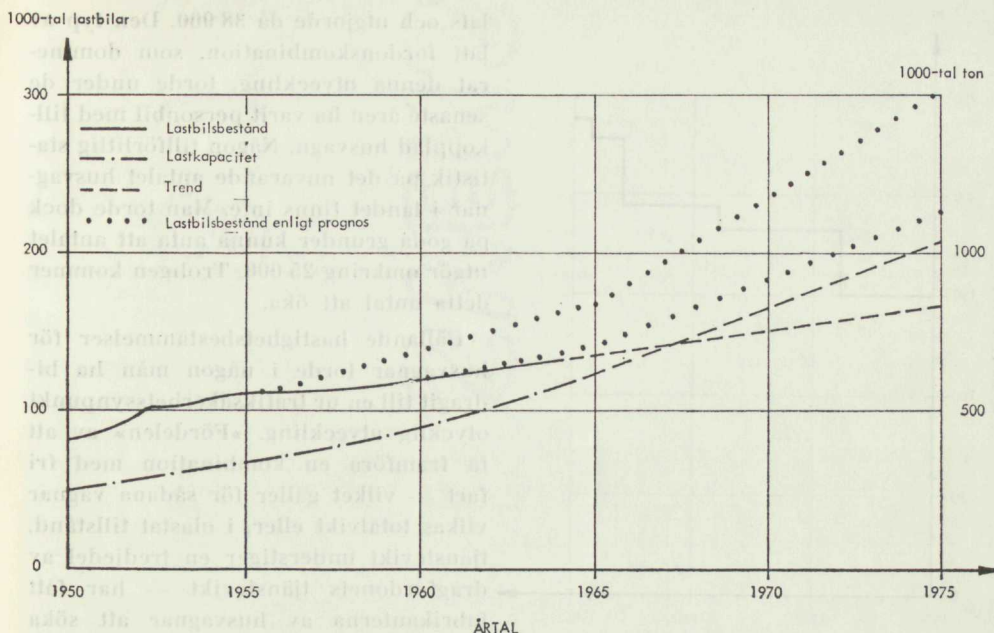
* Antalet avrundat till jämna 100-tal

Källa: Centrala bilregistret

av högst 1,0 ton främst användes till personbilar. Utgår man från denna förutsättning, skulle det innebära att det för lastbilar fanns 9 400 släpvagnar den 1/1 1951 och 20 700 den 1/1 1965. Antalet tunga släpvagnar har ökat betydligt, och den 1/1 1965 uppgick antalet, som lastade över 8 ton, till 12 200 mot endast 700 den 1/1 1951. Dessa tunga släpvagnar kan endast nyttjas av stora dragbilar. Om man antar att släpvagnar med en lastkapacitet av över 8 ton kopplas till bilar med en lastförmåga av mer än 7 ton innebär detta, att till tre bilar med en lastförmåga av över 7 ton hör två släpvagnar med en maximilast överstigande 8 ton.

Som framgår av tabell 4 har också påhängsvagnarna ökat mycket kraftigt i antal under tiden efter år 1951. Dessa har i regel en mycket hög lastkapacitet; 93 % av samtliga påhängsvagnar lastar över 8 ton. Dragbilarna till dessa påhängsvagnar har inte redovisats i utredningen men kan per den 1/1 1965 uppskattas till ca 2 700 st. Till en och samma dragbil hör således i vissa fall två påhängsvagnar.

Utvecklingen efter år 1950 har, som framgår av det anförda, inneburit en



Figur 2. Lastbilsbeståndets utveckling åren 1950—1975

Tabell 4. Släpvagnar den 1/1 1951 och den 1/1 1965 fördelade på viktklass

Maximilast (ton)	Antal släp- vagnar		Därav på- hängsvagnar	
	1951	1965	1951	1965
— 1	8 351	38 883	28	11
1— 2	1 579	1 195	14	6
2— 4	5 247	1 195	51	33
4— 6	1 282	4 316	91	37
6— 8	603	1 782	248	177
8—10	405	1 443	319	286
10—	269	10 766	144	2 996
Summa	17 736	59 580	895	3 546

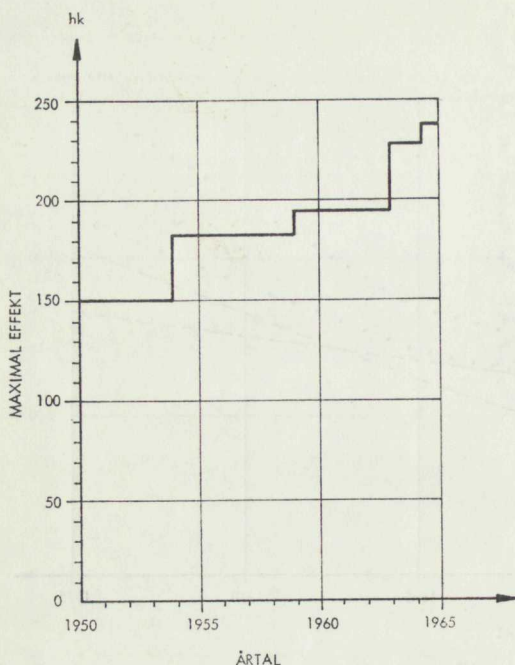
Källa: Centrala bilregistret

mycket kraftig ökning av antalet tunga fordon, särskilt bland de större av dessa. I denna utveckling torde de trafikekonomiska faktorerna ha spelat en stor roll. Fordonsprestationernas ökning har inneburit att transportkostnaderna inte stigit i samma utsträckning som övriga kostnadsmoment utan

t. o. m. i vissa fall sjunkit. Detta torde också sammanhånga med att medeltransportlängden sedan år 1950 ökat betydligt.

Med större totalvikter följer ett behov av större dragkraft, särskilt som man samtidigt av driftsekonomiska skäl strävar mot ökade medelhastigheter. Effektutvecklingen beträffande dieselmotorerna i ett par av de vanligaste lastbilarna under perioden 1950—1965 visas i figur 3. Den i dag vanligaste motoreffekten för de större dragfordonen ligger vid omkring 240 hk. Högre effekt förekommer inte heller hos standardbilar i Europa. I USA och Canada förekommer däremot på de stora skogsbilarna motorstyrkor på närmare 500 hk.

De lätta fordonskombinationerna har, vilket torde framgå av statistiken beträffande släpvagnar i tabell 4, efter år 1950 undergått en förhållandevis snabb utveckling. Släpvagnar med en lastförmåga på upp till 1 ton, vilka främst tor-



Figur 3. Maximal effekt för dieselmotorer åren 1950—1965

de utgöras av släpvagn, kopplad till personbil, uppgick den 1/1 1951 till 8 400 men hade den 1/1 1965 mer än fyrdubb-

lats och utgjorde då 38 900. Den typ av lätt fordonkombination, som dominerat denna utveckling, torde under de senaste åren ha varit personbil med tillkopplad husvagn. Någon tillförlitlig statistik på det nuvarande antalet husvagnar i landet finns inte. Man torde dock på goda grunder kunna anta att antalet utgör omkring 25 000. Troligen kommer detta antal att öka.

Gällande hastighetsbestämmelser för husvagnar torde i någon mån ha bidragit till en ur trafiksäkerhetssynpunkt olycklig utveckling. »Fördelen» av att få framföra en kombination med fri fart — vilket gäller för sådana vagnar vilkas totalvikt eller, i olastat tillstånd, tjänstevikt understiger en tredjedel av dragfordonets tjänstevikt — har fått fabrikanterna av husvagnar att söka konstruera så lätta vagnar som möjligt. I flera avseenden torde detta ha medfört att viktiga detaljer kommit att bli underdimensionerade. Från många håll har varningar framförts mot en sådan utveckling.

År	Antal	Maximal effekt (hk)
1950	8 400	150
1951	32 000	185
1952	38 900	185
1953	45 000	185
1954	52 000	185
1955	60 000	195
1956	70 000	195
1957	80 000	195
1958	90 000	195
1959	100 000	195
1960	110 000	195
1961	120 000	195
1962	130 000	195
1963	140 000	230
1964	150 000	240
1965	160 000	250

Tunga fordonskombinationer¹

3.1 Fordonslängd

3.1.1 Inledning

Generella bestämmelser om fordonslängd saknas i Sverige. Lokala bestämmelser gäller dock i vissa städer. Sålunda är i Stockholm den generellt största tillåtna längden för fordon eller fordonskombinationer inom de centrala delarna av staden 10 m och inom övriga delar 15 m. En längd på upp till 20 m är dock tillåten under förutsättning att framförandet ej sker inom det s. k. inre trafikområdet eller under särskilda dagar och tider. Vissa trafikleder är helt undantagna från bestämmelsernas tillämpning. I Västerås får fordon eller fordonskombinationer, som är längre än 10 m, inte framföras på vissa trafikleder under särskilda dagar och tider. I Norrköping och Karlskrona är fordonslängden begränsad till 25 m, och i Karlstad gäller en största tillåten längd av 20 m.

De i kap. 2 refererade bestämmelserna i 54 § VTF rörande bruttovikt har haft ett markant inflytande på fordonstågens längder. För att kunna utnyttja de medgivna axel- och boggitrycken på vägarna men samtidigt uppfylla villkoren om högsta medgivna bruttovikt måste transportörerna öka avståndet mellan fordonets axlar och därmed även fordonstågets totala längd. Detta har hittills kunnat ske utan hinder av stadganden i VTF. En ökning av fordonslängden har även kunnat ske med hänsyn till att de svenska bestämmelserna medger att två — under vissa förutsättningar flera än

två — släpvagnar kan kopplas efter ett dragande fordon. Dragbil med påhängsvagn samt till denna kopplad ytterligare en släpvagn är sålunda en inte ovanlig fordonskombination i Sverige.

Förekomsten av långa fordon och fordonskombinationer påverkas inom vissa gränser av två, delvis mot varandra stridande intressen, nämligen dels transportmarknadens önskan att utnyttja långa fordonståg för rationellare transporter, dels trafiksäkerhetens naturliga krav på en begränsning av långa enheter på vägarna. Utredningen kommer i det följande att — efter en redogörelse för utländska bestämmelser — först uppehålla sig vid fordonslängder, sett i relation till näringslivets intressen, varefter förekommande trafiksäkerhetsaspekter kommer att diskuteras.

3.1.2 Utländska bestämmelser

Såsom framgår av det följande förekommer utomlands olika bestämmelser om fordonskombinationers längd.

I tabell 5 redovisas de för vissa europeiska länder den 1 januari 1965 gällande längdbestämmelserna. Av sammanställningen framgår, att 18 m är den vanligast förekommande, tillåtna maximala längden för fordonskombinationer samt att undantag från givna längdbestämmelser förekommer.

Av de uppgifter, som inkommit till trafiksäkerhetsrådet i samband med in-

¹ Angående innebörden härav, se Begreppsförklaringar och förkortningar.

Tabell 5. Fordonskombinationers längd

Land	Största tillåten längd (m)	Anm.
Belgien.....	18,0	För speciella transporter maximalt 25 m
Danmark.....	18,0	
Finland.....	20,0	Omfattande lokala begränsningar För speciella transporter medges längder på upp till 28 m
Frankrike.....	18,0	
Nederländerna.....	18,0	
Norge.....	—	
Schweiz.....	14,0	
Storbritannien.....	17,4 (57 fot)	
Västtyskland.....	18,0	

venteringen av utländska bestämmelser och erfarenheter rörande fordonskombinationer, har vidare framgått, att de i sammanställningen redovisade längderna främst synes ha dikterats av trafikpolitiska motiv. De överväganden rörande olika längders inverkan på trafiksäkerheten, som kan ha gjorts i samband med utformandet av längdbestämmelserna, torde sålunda ha grundats på teoretiska beräkningar eller från subjektiva utgångspunkter.

Det må anföras, att de i Finland gällande längdbestämmelserna rörande maximal längd för fordon och fordons-tåg trädde i kraft den 1 januari 1965 och att de innebar en höjning av tidigare största tillåten längd med 2 m.

Internationella föreskrifter eller rekommendationer rörande fordonslängder återfinns främst i 1949 års internationella konvention rörande vägtrafik, som anger en maximilängd av 14 m för fordon med påhängsvagn och 22 m för fordon med annan släpvagn. Vid den europeiska transportministerkonferensen (CEMT) har år 1960 föreslagits en maximilängd av 16,5 m. Inom EEC framlades år 1964 ett förslag, att den största tillåtna längden skulle vara 15 m för fordon med påhängsvagn och 18 m för fordon med annan släpvagn. Man har dock ännu inte fattat något avgörande beslut i frågan.

I USA samordnas bestämmelserna om fordonsstorlekar genom AASHO, som numera rekommenderar 65 fot, dvs. ca 20 m.

Det kan i detta sammanhang vara av intresse att erinra om de försök som, framförallt i USA, utförts med extremt långa fordonskombinationer. Syftet har främst varit att undersöka förutsättningarna för en rationalisering av landsvägs-transporterna. För försöken har kombinationer med en längd av 30 m och däröver använts och under längre perioder trafikerat vissa motorvägar. Enligt publicerade uppgifter skall dessa försök ha utfallit positivt även ur trafiksäkerhetssynpunkt. Det bör dock här framhållas, att de ifrågavarande kombinationerna främst är avsedda att framföras på vägar av mycket hög standard.

I bilaga J ges en redogörelse för nu gällande amerikanska längdbestämmelser och synpunkter i anslutning härtill.

3.1.3 Väg- och vattenbyggnadsstyrelsens skrivelse den 16 maj 1963 till Kungl. Maj:t

Ovan (s. 13) har angivits att VoV i skrivelse den 16 maj 1963 till Kungl. Maj:t föreslagit införande av bestämmelser om maximilängd för fordon och fordonståg. Skrivelsen har överlämnats till utredningen.

I skrivelsen redogöres för gällande bestämmelser om axel- och boggitryck och den upprustning av vägar och broar som på senare tid ägt rum och som medger högre belastning på dessa. Vissa förslag om ändring av bestämmelserna framföres i samband därmed. I detta sammanhang tar styrelsen upp frågan om maximilängd för fordon och fordonståg och anför bl. a.

Fordonståg med en längd av 20 m och däröver har blivit allt vanligare i trafiken. En av anledningarna härtill synes vara en strävan att inom ramen för gällande bruttoviktsbestämmelser kunna utnyttja medgivna axel- och boggitryck. Ur trafiksäkerhetssynpunkt är denna utveckling oroande. Mycket långa fordonståg innebär icke bara en fara i trafiken, särskilt vid omkörning, utan försvårar dessutom trafikavvecklingen i tätorterna. Vissa stadsmyndigheter har därför redan nu ansett sig tvingade att införa begränsning av den största tillåtna längden för såväl enstaka fordon som fordonståg. Det må även påpekas att flera europeiska länder redan infört längdbestämmelser.

Styrelsen framhåller att den är medveten om att införande av generella bestämmelser om maximilängd för fordonståg med tanke på den befintliga fordonsparken kan medföra vissa övergångsproblem för landets transportörer men anser, med hänsyn till frågans stora betydelse ur trafiksäkerhetssynpunkt, att frågan — som samtidigt rymmer transportekonomiska och fordons tekniska problem — bör göras till föremål för en allsidig utredning.

3.1.4 Transportekonomiska synpunkter

3.1.4.1 Allmänt

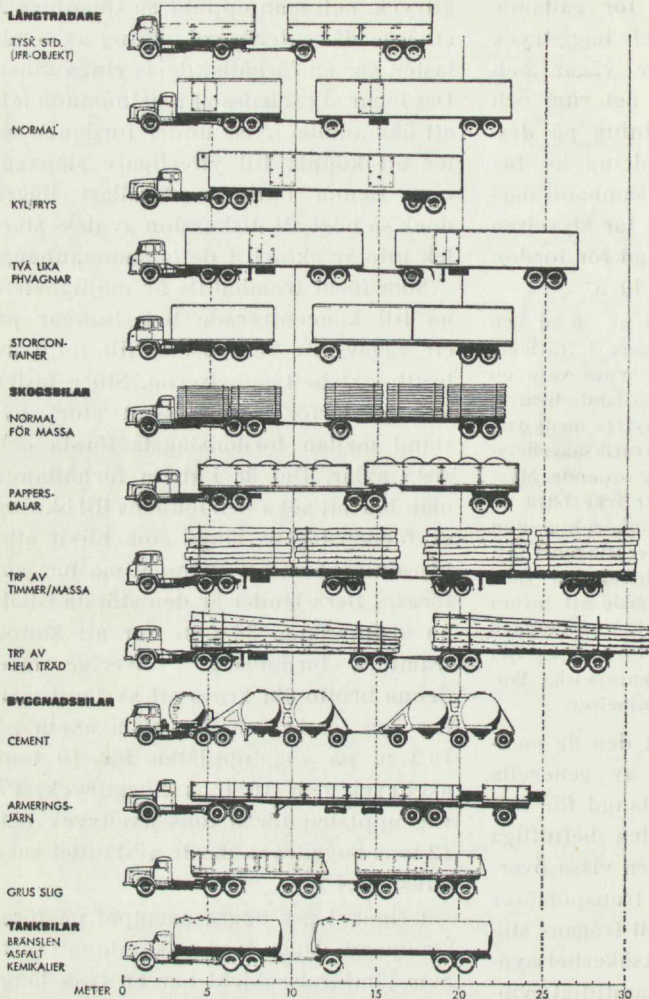
Kostnaderna för transport av en vara är mycket beroende av storleken av den last som kan medföras på ett fordon eller fordonståg. I allmänhet gäller att kostnaderna sjunker i viss proportion till lastens storlek. Då fråga är om stora totallaster avtar emellertid kostnads-sänkningen vid ett givet axel- och bog-

gitryck, och man uppnår så småningom ett läge där ytterligare ökning av totallasten ger en förhållandevis ringa vinst. Det lönar sig således ej i sistnämnda fall att öka antalet axlar under fordonen eller att koppla till ytterligare släpvagnar. Denna optimala totallast ligger dock så högt att diskussion av dess storlek inte är aktuell i detta sammanhang.

Som förut framhållits är möjligheterna till koncentrerade belastningar på ett vägavsnitt begränsade till följd av bruttoviktsbestämmelserna. Stora laster kräver därför regelmässigt stort avstånd mellan fordonstågets första och sista axlar. Det är i detta förhållande man har att söka den tendens till ökning av fordonstågens längd som blivit alltmera märkbar. Ett exempel må här anföras. I flera länder är den största tillåtna bruttovikten 38 ton. För att kunna framföra fordonståg i Sverige med denna bruttovikt krävs ett avstånd mellan den första och den sista axeln på 19,2 m på väg, upplåten för 10 tons axeltryck och 16 tons boggitryck. På väg upplåten för 8 tons axeltryck och 12 tons boggitryck måste avståndet vara minst 22,4 m.

I figur 4 ges några exempel på förekommande långa fordonskombinationer. Som jämförelseobjekt har en tysk långtradare av standardformat (längd 18 m) medtagits. På den vågräta skalan kan fordonslängden avläsas.

Utgår man från den utnyttjbara längden på fordonen och antar att en begränsning till 20 eller 15 m skulle genomföras, kommer detta i flera fall att innebära en väsentlig ökning av transportkostnaderna. Denna ökning kommer främst att drabba de godsslag, beträffande vilka man i dag till fullo kan utnyttja lastförmågan hos långa fordon, dvs. cement, byggnadsmaterial, virke, malm, olja och andra tyngre varor. Då transportkostnaderna oftast utgör en mycket betydande del av de totala pro-



Figur 4. Exempel på tunga fordonskombinationer med stor längd

duktionskostnaderna skulle en sådan begränsning således få kännbara återverkningar.

Utredningen har försökt uppskatta längdfördelningen av fordonskombinationer med en totallängd av 18 m eller däröver. Några statistiska uppgifter i detta avseende har inte stått att få. Statens väginstitut (se bilaga B) och svenska vägföreningen har emellertid åren 1962 och 1964 utfört vissa undersökningar i syfte att beräkna denna längdfördelning. Med utgångspunkt

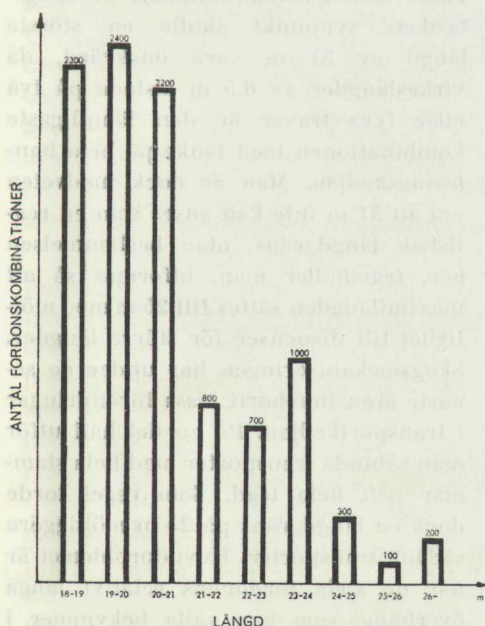
från den därvid använda metodiken och erhållna resultat samt genom upplysningar från centrala bilregistret och informationer från vissa företag har utredningen beräknat antalet fordonskombinationer med en total längd av 18 m eller däröver till approximativt 10 000 vid årsskiftet 1965/66. Fördelningen redovisas dels i tabell 6, dels i diagram, figur 5.

Antalet fordon och fordonskombinationer inom vissa längdintervall torde förändra sig relativt snabbt. Det kan

Tabell 6. Beräknad längdfördelning av fordonskombinationer med en längd av 18 m eller däröver vid årsskiftet 1965/66

Längd i m	Totalt antal	Procent
18—19	2 300	23
19—20	2 400	24
20—21	2 200	22
21—22	800	8
22—23	700	7
23—24	1 000	10
24—25	300	3
25—26	100	1
>26	200	2
	10 000	100

sälunda förväntas, att de transporter med containers, som redan under år 1966 torde komma att påbörjas i större omfattning, kommer att medföra en ökning av antalet kombinationer i längdintervallet 23—24 m. En liknande utveckling kan antas äga rum beträffande skogsbrukets landtransporter särskilt med hänsyn till genomförda och planerade nedläggningar av flottleder.



Figur 5. Längdfördelning av fordonskombinationer med en längd av 18 m eller däröver vid årsskiftet 1965/66

3.1.4.2 Näringslivets synpunkter på fordonslängder

Transportuppgifterna inom den svenska industrin har alltmera kommit att bli en betydande kostnadsfaktor. Som exempel härpå kan nämnas, att det transportarbete, som i dag utföres i landet av enbart lastbilar i yrkesmässig trafik, uppgår till 11 miljarder tonkm per år. Medeltransportkostnaden för detta arbete är i genomsnitt för hela riket omkring 17 öre/tonkm, vilket innebär, att enbart på den yrkesmässiga sidan av lastbilstransporterna det ges ut närmare 2 miljarder kronor årligen. I samband med de verkställda undersökningarna har kontakter tagits med näringslivet och dess organisationer för att man skall få en praktisk belysning av de aktuella problemen rörande fordonskombinationers längder. De synpunkter, som här anförts, dikteras främst av trafikekonomiska faktorer. Även trafik-säkerhetssynpunkter kommer emellertid in i bilden, eftersom ökad trafik-säkerhet innebär en driftsekonomisk faktor av stor betydelse för transportkostnaden. De synpunkter som framkommit har sammanfattats i tabell 7.

Lastbilsfabrikanterna betonar den

Tabell 7. Näringslivets synpunkter på tunga fordonskombinationers längd

Näringsgrupp	Erforderlig längd utan dispens-möjlighet (m)	Acceptabel generell längd med dispens-möjlighet (m)
Lastbilsfabrikanter ..	25—27	25
Skogsbruk.....	31	25
Gruvindustri.....	30	24
Byggnadsindustri....	32	25
Speditions- & transportföretag.....	22—24	22
Näringar med transport av flytande gods (olja etc.)...	22—24	20

snabba utveckling, som äger rum på transportsidan i riktning mot allt större och kraftigare fordon för att näringslivets krav på rationellare och effektivare transporter skall kunna tillgodoses. Fabrikanterna framhåller att den totala fordonslängden givetvis är en fråga om omkörningssträckor och trafiksäkerhet, men att man med en läpligt utformad fordonskombination ej behöver åsidosätta trafiksäkerheten vid en inom rimliga gränser ökande fordonslängd. Det skulle ur denna synpunkt vara önskvärt att tillåten fordonslängd sattes till 25 å 27 m, där lokala förhållanden inte motiverar en särskild begränsning. Möjlighet att i speciella fall erhålla dispens från de generella reglerna bör finnas, uttalas det. Avgörande för bedömningen av längden för en dragbil med påhängsvagn visavi en lastbil med annan släpvagn bör enligt fabrikanterna vara utrymmesbehovet för resp. fordonståg vid en 360-graderssväng. I det sammanhanget anser man det böra observeras att vid samma totallängd en fordonskombination med två kortare påhängsvagnar tar mindre utrymme i anspråk än en kombination med en lång påhängsvagn. Den förstnämnda kombinationen kan vidare anpassas så att utrymmesbehovet blir mindre än för en lika lång kombination med en tvåaxlig släpvagn. Man framhåller också den stora betydelsen av fordonsvikten och reglerna beträffande maximalt medgivna fordonsvikter på våra vägar, vilka problem anses vara intimt förknippade med hela transportfrågan. Från lastbilsfabrikanternas sida betonas nödvändigheten av en smidig lösning av axeltrycksbestämmelserna i 54 § VTF.

Skogsbruket och skogsindustrin tillhör en gren av näringslivet, som är särskilt beroende av långa råvarutransporter per lastbil. De driftsekonomiska

faktorerna står i förgrunden, men man betonar även trafiksäkerhetens stora betydelse, eftersom framförandet av fordon, som kan anses mindre trafiksäkra, innebär risker för avbrott i transportkedjan med ekonomiska konsekvenser som följd. Synpunkter har inhämtats från representanter för några av de större skogsföretagen i landet, och de åsikter, som därvid framkommit, torde kunna anses vara representativa för näringsgrenen som helhet. Man framhåller att transportkostnaden i dag utgör mellan 40 och 50 % av råvarans värde och att införande av bestämmelser, som skulle påverka denna transportkostnad i ogynnsam riktning, skulle få betydande ekonomiska konsekvenser inte minst för konkurrensförhållandet på exportmarknaden. Vad beträffar frågan om införandet av en längdbegränsning framhålles, att med nuvarande axeltrycksbestämmelser är det nödvändigt att få köra med relativt långa fordonskombinationer. Ur skogsbrukets synpunkt skulle en största längd av 31 m vara önskvärd, då virkeslängder av 6,5 m lastade på två eller fyra travar är den lämpligaste kombinationen med tanke på hela hanteringskedjan. Man är dock medveten om att 31 m inte kan anses som en realistisk längdgräns, utan bestämmelsen bör, framhåller man, utformas så att maximilängden sättes till 25 m med möjlighet till dispenser för större längder. Skogsmekaniseringen har under de senaste åren inneburit vissa förändringar i transportkedjan. På en del håll utför man sålunda transporter med hela stammar och hela träd. Som regel torde dock en längdgräns på 25 m möjliggöra sådana transporter. Huvudproblemet är här de stela fordonens relativt långa överhäng, som kan vålla bekymmer i kurvor.

Gruvindustrin har ett annat utgångsläge än t. ex. skogsindustrin, då det här rör sig om transporter av mycket tungt gods. Transportrationaliseringen har inneburit en fortgående utveckling mot användande av speciella fordonskombinationer upp till 30 m långa. De flesta malmtransporter i dag torde ske med utnyttjande av längder under 25 m. Prognoserna pekar dock mot att vissa kombinationer kommer att överskrida denna längd. Även om man finner 24—25 m acceptabel som generell gräns, betonar man från gruvnäringens sida önskvärdheten av möjligheter till dispens över denna gräns.

Byggnadsindustrins transporter sprider sig över en mängd olika typer av fordon. Betong- och stenindustrin har transportproblem delvis analoga med gruvnäringens. I stort sett torde samtliga aktuella transporter kunna rymmas inom en 25-metersgräns. För vissa typer av transporter, t. ex. balkar, förekommer visserligen transportenheter av betydande längd, upp till 32 m. Dessa transporter torde dock kunna klassificeras som dispenstransporter. Man är beredd att acceptera en generell längdbegränsning till ca 25 m. För tyngre transporter, t. ex. betong, utgör belastningsbestämmelserna ett stort problem.

Speditionsföretagens prognoser tyder på att längderna på fordonskombinationerna torde komma att stanna mellan 22 och 24 m. I fråga om containertransporterna avser man emellertid att få till stånd en anpassning till internationella bestämmelser om standardisering av storleken på dessa containers.

De enskilda lastbilsåkarnas transportuppgifter överensstämmer i mångt och mycket med speditionsföretagens. Denna kategori av åkare utför en del av speditionsföretagens transporter och handhar i övrigt praktiskt taget alla förekom-

mande transporter. Inom denna kategori återfinns en grupp fordon för speciella transporter (biltransportbilar etc.) som, med hänsyn till sin stora längd i händelse av reglering av fordonslängden, torde få framföras först efter särskilt tillstånd.

Transporter av flytande gods utföres bl. a. av *bensin- och oljeföretagen* och *jordbrukets produktionsföretag* (mjölktransporter). Längdproblemet torde här vålla mindre bekymmer, under förutsättning att 22—24 m sättes som generell längdgräns. Längderna på dessa kombinationer överstiger endast i enstaka fall 20 m, och prognoserna för de närmaste åren pekar på en anpassning till drygt 20 m.

Det har under de diskussioner som förts med representanter för näringslivet från flera håll betonats den pågående utvecklingen mot *containertransporter*. Inom ett flertal områden har sålunda stora förändringar planerats och i vissa fall också realiserats. Pappersbalar, bildelar och en mängd olika styckegods anses inom en snar framtid i stor utsträckning komma att transporteras i containers. Den anpassning till internationella längder (figur 4) som denna utveckling medför, skulle på sina håll i och för sig kräva längder av ca 24 m eller mera.

Utredningen har bl. a. tagit upp dessa frågor till diskussion med Ingenjörsvetenskapsakademiens transportforskningskommission. I ett uttalande den 8 mars 1966 framhåller kommissionen bl. a. följande.

I samband med undersökningar inom IVA:s transportforskningskommission (TFK) av förutsättningarna för och problemen vid godstransport i containers har frågan om fordonsbredd och fordonslängd vid landsvägstransporter varit föremål för övervägande. Härvid har man utgått ifrån att containerstorleken normalt skulle vara

den av ISO som standard föreslagna, dvs. med måtten $8 \times 8 \times 20$ fot, motsvarande $2,44 \times 2,44 \times 6,05$ m. På grundval av denna standardcontainer har vid undersökningarna närmare studerats förhållandena kring hanteringsmomenten, transporter på olika sätt samt det praktiska utförandet av lastning och lossning av containers. En rapport härom har sammanställts och är f. n. under tryckning.

Eftersom erfarenheterna av containertransport i Sverige hittills är mycket ofullständiga har försök gjorts att vid transportföretag i USA inhämta detaljerade informationer att tjäna som underlag för aktuella ställningstaganden här i Sverige. Detta gäller särskilt lastbilarnas bredd- och längdmått, på vilka nedanstående synpunkter kan anföras.

A. Fordonsbredd: — — —

B. Fordonslängd:

1. Vid val av maximal fordonslängd i landsvägstransporter är det nödvändigt att ur containersynpunkt taga hänsyn till den *modul*, som den över hela världen mest använda och standardiserade containern utgör med sina 20 fot eller 6,05 m.

2. Det är dessutom angeläget att containern skall kunna transporteras med olika typer av *standardfordon och kombinationer av sådana dragfordon*, påhängsvagnar och släpvagnar, och att man sålunda ej tvingas använda sig av specialfordon.

3. I fråga om dragbilen bör möjligheter finnas att använda sig av *olika typer och fabrikat*, såväl med frambyggd förarhytt som i normalutförande med förarplatsen bakom motorn.

4. Det är av driftsskäl — och därmed också ur kostnadssynpunkt — nödvändigt att förutsätta *normala kopplings- och draganordningar* så man ej tvingas göra specialkonstruktioner.

5—8. — — —

9. För transport av tre containers ligger totallängden med *frambyggd förarhytt* på dragbilen mellan 22,03 och 24,66 m; — — —

10. De mest aktuella fordonskombinationerna torde vara med vardera en längd av 23, 23,5 och 23,9 m med *förarhytt bakom motorn*; nettolasten utgör ca 25, 29,5 resp. 33 ton vid fullt utnyttjande av axel-/boggi-trucken 10/16 ton.

11. Det är av transportekonomiska och driftsmässiga skäl angeläget att ha möjligheter att på en gång framföra *tre* containers — med upp till 33 tons godsvikt enligt ovan — och dessutom med full fri-

het att välja fordonskombination, typ av dragbil, kopplingsanordningar, vändskivor m. m.

12. Här anförda synpunkter talar för att *totallängden sättes till 24 meter för containertransporter* och icke kortare längder; med 24 m som maximal fordonslängd ges tillräcklig frihet åt trafikotövarna att framföra rimliga godsmängder utan att tvingas utnyttja specialfordon och specialtransporter.

3.1.5 Trafiksäkerhetssynpunkter

3.1.5.1 Allmänt

Längdbestämmelser är motiverade med hänsyn till trafiksäkerheten. Ett viktigt argument för längdbestämmelser är att olycksriskerna kan bedömas vara större vid omkörning av mycket långa fordon eller fordonskombinationer. Omkörningsriskerna är emellertid inte enbart beroende av den omkörda kombinationens längd utan även av dess hastighet och av antalet av andra trafikanters omkörningar av en sådan kombination. Om långa enheter är olämpliga ur kördynamisk synpunkt är svårt att f. n. uttala sig om, eftersom undersökningar kring denna fråga är mycket begränsade. Stor längd gör vidare att enheten kan behöva stor svängradie, och den kan därvid vara svår att manövrera i kurvor och gathörn. Av betydelse för bestämmande av längden är sålunda fordonskombinationens utrymmesbehov. Bestämningen av fordonslängden måste ske med utgångspunkt från nu nämnda faktorer samlade inverkan på trafiksäkerheten.

3.1.5.2 Studier rörande fordons och fordonskombinationers utrymmesbehov i kurvor

Vid körning i horisontalkurva kräver såväl singelfordon som fordonskombi-

nationer ökat utrymme i sidled. Detta utrymmesbehov är en funktion av kombinationens typ och totala längd. I extremfallet är körning i en viss kurva omöjlig på grund av att utrymmet är för litet. Ofta möjliggörs körning genom att kombinationen upptar mer utrymme än vad den egna körfilen medger. Detta kan medföra avsevärda riskmoment vid tät trafik.

Enligt den av trafiksäkerhetsrådet i skrivelse den 11 mars 1964 till Kungl. Maj:t framlagda planen (se s. 13) har förutsatts fältstudier av utrymmesbehovet i kurvor. Dessa har emellertid ersatts med modellförsök, vilka i detta sammanhang bedömts ge tillfredsställande resultat.

I appendix till bilaga I har de vanligaste typerna av tunga fordonskombinationer studerats. Med ledning av erhållna resultat rörande utrymmesbehov i tre elementära typer av kurvor anges i det följande riktvärden på hur stora totallängder för fordonskombinationer som kan tillåtas med hänsyn till vägars och gators nuvarande utformning. Resultaten visar att den största möjliga totallängden varierar betydligt för olika slags fordonskombinationer.

Utrymmesbehovet för en fordonskombination med en given totallängd varierar betydligt med antalet fordonsenheter och dessas inbördes längdförhållande. Som väntat är tendensen, att utrymmesbehovet med bibehållen totallängd blir mindre ju flera fordon en kombination består av. Det framgår också att, om skillnaden i längd för de i kombinationen ingående fordonen är mycket stor (dragfordon med påhängsvagn), detta ökar utrymmesbehovet.

Grundläggande för viss del av nu ifrågavarande utredning har varit VoV:s normer för utformning av vägskal.¹ Det är dock inte möjligt att utan mycket omfattande undersökningar utröna hur

stor del av vägnätets vägskal som är utformade enligt dessa normer.

90°-kurva av typ gathörn

Erhållna resultat visar, att i 90°-kurva av typ gathörn samtliga kombinationer, även ensamma lastbilar av den kortaste typen, kräver betydligt större utrymme än vad en fil av normal bredd (3,75 m enligt nämnda Anvisningar och bestämmelser . . . , kap. 211: 34, Typsektion F) medger. Det är alltså nödvändigt att inkräkta på intelligande utrymmen.

Följande uppställning anger största möjliga längder för fordon och fordonskombinationer vid 90°-sväng i gathörn. Kombinationen tangerar både kurvans inner- och ytterkontur. Två filer tas i anspråk.

Typ	Totallängd (m)
Lastbil	10,5
Lastbil med en släpvagn	19
Lastbil med två släpvagnar	24
Dragbil med påhängsvagn	16
Dragbil med påhängsvagn och släpkärra	22
Dragbil med påhängsvagn och släpvagn	22,5

90°-kurva av typ vägskal

Kurvans innerkontur definieras enligt nämnda Anvisningar och bestämmelser . . . kap. 254: 1. Ytterkonturen består av två mot varandra vinkelräta linjer. Fordonet eller fordonskombinationen får utnyttja en fil (3,5 m) och tangerar dess inner- och ytterkontur. Följande största längder är möjliga.

Cirkulationsplats (rondell)

Cirkulationsplats definieras enligt nämnda Anvisningar och bestämmelser

¹ Se Anvisningar och bestämmelser för vägars planläggning, utformning och utförande, utfärdade av VoV år 1955.

Typ	Totallängd (m)
Lastbil	10,5
Lastbil med en släpvagn	18,5
Lastbil med två släpvagnar	25
Dragbil med påhängsvagn	14,5
Dragbil med påhängsvagn och släpkärra	20
Dragbil med påhängsvagn och släpvagn	21

ser . . . kap. 281, blad 12. Vid beräkningarna har fordonets eller fordonskombinationens yttre framhjul antagits beskriva en kurva med radien 50 m.

I följande uppställning anges största möjliga längder för fordon och fordonskombinationer vid gång i ovan beskrivna kurva när fordonets skenbara breddökning tillåts vara 1,0 m.

Typ	Totallängd (m)
Lastbil	> 10,5
Lastbil med en släpvagn	19
Lastbil med två släpvagnar	26
Dragbil med påhängsvagn	16
Dragbil med påhängsvagn och släpkärra	22
Dragbil med påhängsvagn och släpvagn	22

3.1.5.3 Studier av omkörningar

I bilaga C redovisas resultatet av de teoretiska och praktiska studier som utförts för att undersöka förhållandena i samband med omkörningar av tunga fordonskombinationer av varierande längd och framförda med olika hastigheter. Av studierna framgår följande i vad avser fordonslängdens inflytande.

De teoretiska beräkningarna visar att en ökning av längden hos en tung fordonskombination medför försämrade möjligheter för andra trafikanters att köra om kombinationen. Beräkningarna visar bl. a. att för ett par utvalda sträck-

kor på europavägarna 3 och 4 enbart med hänsyn till rådande siktförhållanden och under antagande av en hastighet av 50 km/tim för fordonskombinationen och 90 km/tim såväl för det omkörande fordonet som för mötande trafik en ökning av fordonskombinationens längd från 10 till 30 m reducerar omkörningsmöjligheterna med 25 %.

De praktiska försöken utfördes med kombinationer av 18 och 27 meters längd. I figur 6 visas som exempel den längsta av dessa. Resultatet av dessa försök visar inte någon *markant* riskökning vid omkörningar av fordon med ökande längd inom nämnda intervall. En viss riskökning konstateras dock vid stigande fordonslängd.

3.1.6 Överväganden och förslag

Frågan om fordons och fordonstågs längd är ett problem huvudsakligen för de tunga kombinationerna. Slutsatserna beträffande längdfrågan begränsas därför till dessa.

Utomlands förekommer på de flesta håll allmänna bestämmelser om längder. Den inventering som företagits ger emellertid vid handen, att dessa bestämmelser inte synes ha grundats på utförda trafiksäkerhetsstudier utan vanligen dikterats av rent trafikpolitiska skäl. Det torde därför i och för sig inte finnas skäl att utan vidare godta de regler härom som gäller utomlands. Det bör vidare framhållas att andra axel- och boggitrycksbestämmelser gäller, jämfört med de svenska, varför de tågvikter, som utomlands ofta kan utnyttjas, blir större med hänsyn till viss maximalt medgiven längd. Bedömanden rörande svenska bestämmelser bör i stället ske främst med utgångspunkt från erfarenheter och studier av inhemska transport-, väg- och trafikförhållanden.

Transportekonomiska rationaliseringssträvanden har medfört en utveckling mot allt längre fordonskombinationer, och längder över 20 m har blivit allt vanligare. För svenska förhållanden har främst gällande bruttoviktsbestämmelser medfört att fordonslängden ökats för att lastkapaciteten skall kunna utnyttjas till fullo. Vad gäller frågan, om en ökad trafikfara kan anses uppkomma i samband med ömkörning av långa fordonsenheter, har utförda undersökningar inte gett belägg för att någon *markant* fara därvid uppkommer inom det längdintervall om 18—27 m som undersökts. En viss riskökning har dock konstaterats vid stigande fordonslängd.

Några entydiga slutsatser av betydelse särskilt ur trafiksäkerhetssynpunkt har ej kunnat dras av de gjorda undersökningarna. Undersökningarna i och för sig föranleder därför inte utredningen att framhålla någon vare sig önskvärd eller inte önskvärd maximal längd för fordonskombinationer inom undersökta intervall. Å andra sidan anser utredningen uppenbart att en — låt vara inte alltid praktiskt påvisbar — latent ökning av trafikfaran uppkommer i samband med ömkörning av längre enheter. Ur denna synpunkt torde saken kunna uttryckas så att vid enahanda yttre betingelser står en ökning av trafikfaran i viss relation till en ökning av fordonslängden. Det måste därför ur denna synvinkel framstå som följdriktigt att påstå att trafiksäkerhetskänsligheter motiverar restriktivet vid tillåtande på vägarna av längre fordon och fordonskombinationer.

Företagna undersökningar har vidare gett vid handen att långa fordon och fordonskombinationer kräver stort utrymme i snäva kurvor och i gathörn. Även denna omständighet kan tillmätas sådan betydelse ur trafiksäkerhetssyn-

punkt att den föranleder till restriktivitet i nämnda avseende.

Låg bärighet i fråga om vägar och broar har varit en bidragande orsak till användning av relativt långa fordonskombinationer. Man torde även kunna skönja en tendens till en utveckling mot ännu längre enheter än f. n. Ur trafiksäkerhetssynpunkt kan ett sådant framtidsperspektiv inte anses tillfredsställande. Utredningen anser det därför vara av stor betydelse att regler tillskapas som möjliggör att en utveckling i den antydda riktningen hejdas. Detta kan enligt utredningens mening bara ske genom införande av generella förbudsbestämmelser på ifrågavarande område. Emellertid har stora delar av det svenska näringslivet kommit att bli beroende av långa fordonsenheter för sina transporter. Med utgångspunkt från den aktuella transportekonomiska situationen och den fordonspark som f. n. används måste det därför anses betydelsefullt att man vid införandet av en generell, högsta tillåten längdgräns tar hänsyn inte bara till trafiksäkerhetssynpunkter utan även till transportekonomiska faktorer. En vansklig uppgift blir att ta ställning till i vilken utsträckning dessa båda faktorer bör läggas till grund för rekommendation av en viss högsta tillåten längd. Av intresse i detta sammanhang är även om och i vad mån undantag bör medges från en sålunda fastställd längd.

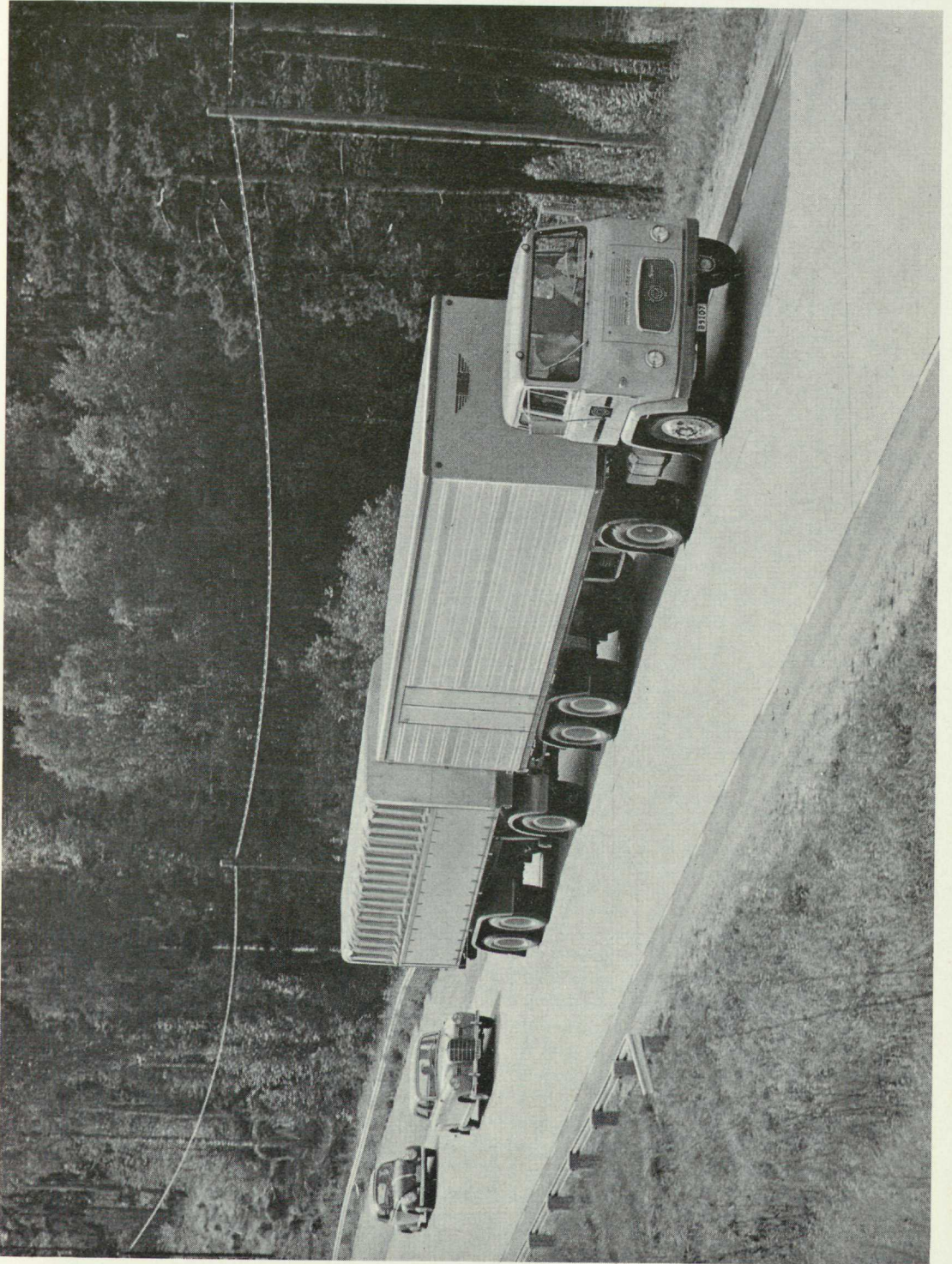
Den bransch, som inom det svenska näringslivet kanske är mest beroende av långa fordonskombinationer för sina transporter, är skogsbruket och skogsindustrin (standardkombination ca 24 m). Deras transporter är koncentrerade företrädesvis inom vissa områden i landet. I figur 7 visas en vanligen förekommande skogstransportkombination. En begränsning av fordonslängden utan möjlighet till dispens för erforderliga

större längder skulle för skogsnärings- kunna få till följd en betydande kostnadshöjning och en försämring av konkurrensläget på exportmarknaden. Även inom andra näringsgrenar finns i och för sig välmotiverade skäl för användande av relativt långa fordonskombinationer. Gruvhanteringen kan här anges som exempel liksom speditiönsföretagens stycke-godstransporter i standardiserade behållare (containers). En viss del av näringslivet synes ha planerat övergång till transporter av detta slag, varvid man accepterat internationella mått på dessa behållare; en dragbil transporterar tre sådana behållare och når en totallängd av omkring 24 m.

Som framgår av de av utredningen företagna undersökningarna kan transportekonomiska skäl sålunda anföras för att man i vissa fall skall tillåta förhållandevis långa fordonskombinationer. Å andra sidan måste det vara ett allmänt önskemål att långa fordon eller fordonskombinationer inte förekommer på vägarna i större utsträckning än som kan anses oundgängligen nödvändigt. Långa fordon eller fordonskombinationer bör sålunda, allmänt sett, inte förekomma i sådana fall, där en transport utan större olägenhet kan ske med måttligt långa enheter. Detta betraktelsesätt gäller ur trafiksäkerhetssynpunkt — men kan delvis också gälla ur transportekonomisk synpunkt, eftersom transporter av material med hög volymvikt inte kräver större lastutrymme än att en tillfredsställande totalvikt på fordonet ändock kan medföras utan att fordonslängden behöver vara särskilt stor. En sådan koncentrerad viktbelastning kan tillåtas på broar i modernt utförande, där ca 50 tons totalvikt kan överföras på ca 18 m långa kombinationer. Övervägande delen av brobeståndet tillåter emellertid inte detta. Låga tillåtna axel- och bog-

gitryck medför i stället, att totalvikten måste fördelas över flera axlar, vilket i sin tur leder till långa fordon eller fordonskombinationer. Ekonomiska motiv för generösa längdbestämmelser har anförts av näringslivet och transportörerna. Emellertid har man påvisat den ökning av transportkostnaderna som skulle uppstå vid genomförande av en begränsning av längden utan att därvid ta i betraktande de olägenheter och kostnader, som en ökad användning av mycket långa fordonskombinationer skulle medföra. Sådana faktorer som försämrad trafiksäkerhet, försvärad framkomlighet för övrig trafik och ökade kostnader för att anpassa väg- och gatunätet efter de långa fordonskombinationernas behov är faktorer som måste vägas mot de ekonomiska vinsterna för befraktarna. Det är därför ej givet att den totala samhällsekonomin skulle vinna på en stor frihet i detta avseende. En noggrann avvägning mellan alla dessa faktorer kräver emellertid sådana omfattande prognoser och undersökningar att den måste anses falla utanför utredningsuppdraget.

Som tidigare framhållits (s. 30) innebär vid vissa betingelser en ökning av fordonslängden en försämring av omkörningsmöjligheterna. Härtill bör läggas det förhållandet att en rad ej mätbara faktorer påverkar farosituationen vid omkörningar av långa fordon. Av sådana faktorer må här nämnas förekomsten av skilda psykologiska effekter, vilka verkar bestämmande på den enskilde förarens handlande. Vidare kan anföras betydelsen i en given omkörningssituation av svag motorstyrka hos det omkörande fordonet. Ytterligare en faktor av hithörande slag utgör förekomsten av dåligt väglag, t. ex. smuts, regn eller snö som kastas upp av ett framförvarande långt fordon. Det framstår för utredningen som uppenbart att



Figur 6. 27 m långa fordonskombination under erövning i Esselby.

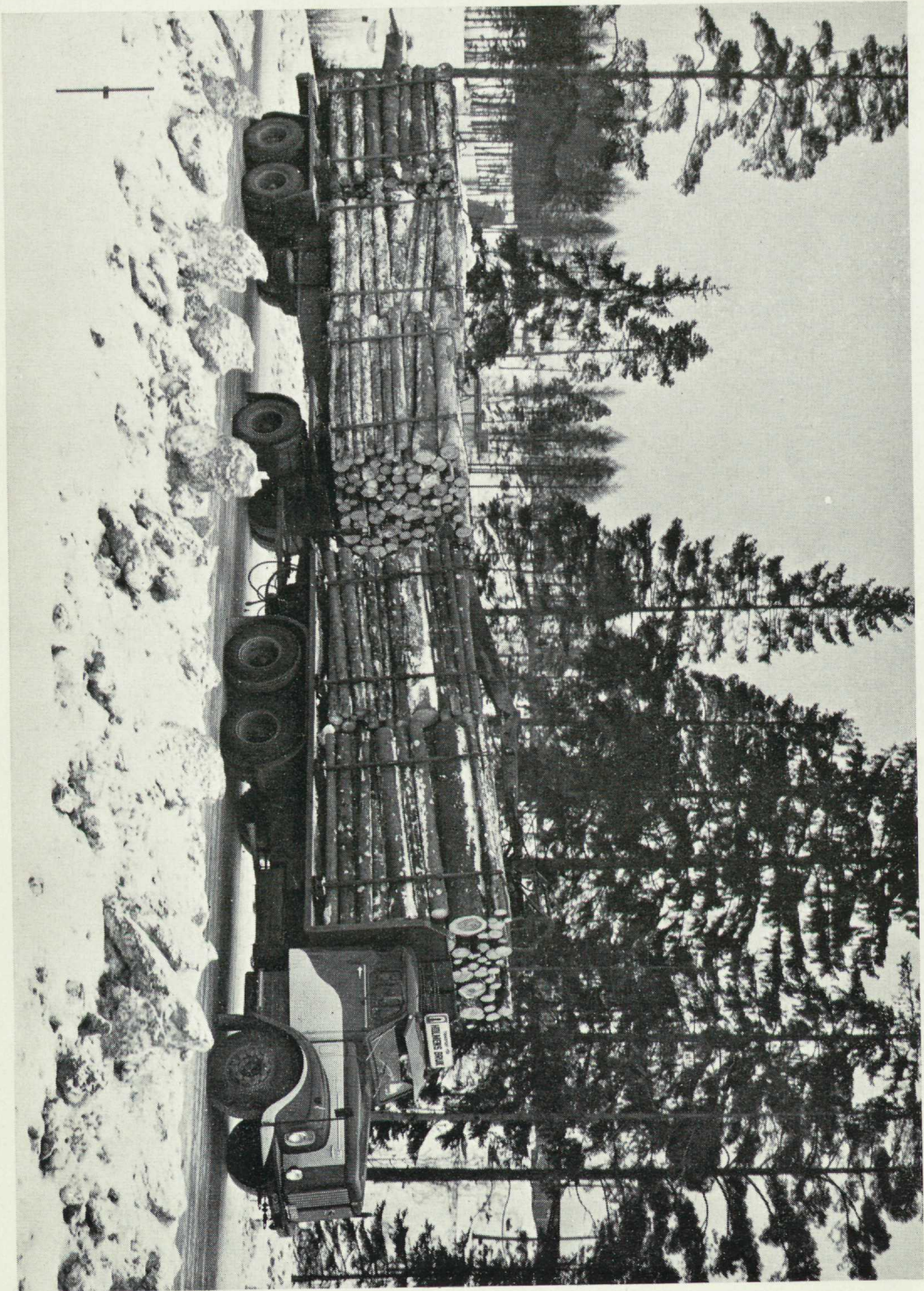


Figure 4. Shovel-mounted combination

betydelsen av nu nämnda faktorer kan sättas i viss relation till längden av den fordonskombination som skall köras om. I vad mån förekomsten av dessa, på trafiksäkerheten oftast negativt inverkan- de faktorer kan anses uppväga av en eventuell total riskminskning till följd av färre antal omkörningar vid användning av långa fordonskombinationer, anser sig utredningen inte kunna uttala sig om. Utöver de nu angivna omständigheterna spelar fordonets eller fordonskombinationens tekniska konstruktion viss roll för bedömande av om en särskild längd kan anses lämplig eller ej ur trafiksäkerhetssynpunkt. I samband med inventering av de faktorer, som ur trafiksäkerhetssynpunkt bör beaktas vid bestämmande av fordons och fordonskombinationers längd, har framkommit, att tendensen är att utrymmesbehovet vid körning i kurva ökar ju färre antal fordon som ingår i en kombination av viss längd. Är kombinationen mycket lång, kan sålunda ur trafiksäkerhetssynpunkt olämpliga och i vissa fall direkt farliga situationer uppstå. Det nu sagda understryker behovet av restriktivitet vid valet av en högsta tillåten generell längdgräns.

Utredningen har nyss framhållit att långa fordon eller fordonskombinationer inte bör förekomma i sådana fall, där en transport utan större olägenhet kan ske med måttligt långa enheter. Som förut anförts skulle en längdgräns vid 18 m komma att beröra ca 10 000 fordonskombinationer. Vid en längdgräns på 20 m skulle ca 5 300 kombinationer eller drygt hälften komma att beröras. En gräns vid 22 m skulle komma att omfatta ca 2 300 kombinationer, medan ca 600 kombinationer skulle falla under bestämmelserna vid en gräns på 24 m (tabell 6). Inom de yttersta av nu nämnda intervaller fördelar

sig de olika näringsgrenarnas transportfordon mycket olika. Som framgår av figur 5 (s. 25) är längderna huvudsakligen fördelade antingen omkring 20 m eller nära 24 m.

De gränser, inom vilka bestämmelser om en maximalt tillåten längd skulle kunna tänkas, ligger mellan 18 och 24 m. Utanför dessa gränser anser utredningen en lagstiftning vara orealistisk. Med hänsyn till att de tunga transporterna i stor utsträckning är knutna till kombinationer med en längd av minst omkring 20 m, skulle en gräns vid 18 m i alltför liten grad tillgodose de skilda transportbehoven och med stor sannolikhet nödvändiggöra ett omfattande dispensförfarande. En gräns vid 18 m anser utredningen därför mindre lämplig. Sattes gränsen vid 20 m, skulle även här ett tämligen omfattande dispensförfarande bli erforderligt. Beständes gränsen till 24 m, skulle å andra sidan — förutom att den måste anses tveksam ur trafiksäkerhetssynpunkt bl. a. med hänsyn till utrymmesbehov i kurvor och gathörn — ett mycket ringa antal kombinationer över 18 m (ca 6 %) komma att beröras. En lagstiftning kan knappast bedömas erforderligt blott för att hindra användning av fordonskombinationer representerande ett så litet antal. Ett ytterligare alternativ utgör då en längdgräns vid 22 m.

Fordonslängder över 22 m kan anses relativt fåtaliga. En gräns vid denna längd skulle därför innebära en inskränkning för ett begränsat antal fordonskombinationer. Det är vidare möjligt att med en fordonskombination, vars längd uppgår till 22 m och där avståndet mellan den första och den sista axeln kan uppskattas till ca 19,5 m, tillämpa en bruttovikt över 38 ton på väg där det tillåtna axeltrycket är 10 ton och boggitrycket 16 ton, dvs. samma bruttovikt som utgör maximi-

värdet enligt flera internationella bestämmelser. På väg med 8 tons axeltryck och 12 tons boggitryck blir motsvarande bruttovikt 34 ton. Möjligen kan också under vissa förutsättningar en kombination av nu angiven längd transportera tre fraktbehållare av vardera 6 meters längd (jämför s. 28, punkt 9).

Med hänsyn till vad sålunda anförts anser utredningen, att den generellt tillåtna längden för fordonskombinationer inte bör överstiga 22 m. Utredningen föreslår att denna gräns skall inbegripa inte endast själva fordonskombinationens längd utan i förekommande fall även den last, som transporteras på fordonen.

Ehuru en högsta tillåten längdgräns vid 22 m för fordon och fordonskombinationer sålunda bör fastställas, utesluter detta inte, att undantag från denna gräns kan vara befogade. Då längdgränsen 22 m föreslagits, anser utredningen emellertid att tillbörliga hänsyn tagits till näringslivets behov. Dispens från denna bestämmelse bör därför medges endast i särskilda undantagsfall, exempelvis för transport av mycket långt, ej delbart gods såsom betengelement, brobalkar m. m. Vid delbart gods bör således någon dispens inte kunna påräknas. Vid en längdgräns av 22 m kan problem uppkomma vid framförandet av fordonskombinationer i snäva kurvor m. m. Utredningen föreslår med hänsyn härtill att tillståndsmyndigheten bemyndigas utforma erforderliga bestämmelser beträffande ledbarhet, styrförmåga etc.

Utredningens förslag avser längder över 22 m. Emellertid har undersökningarna angående fordons och fordonskombinationers utrymmesbehov i kurvor m. m. klart visat att en begränsning kan vara nödvändig även av längder på 22 m eller därunder. Det är därför utredningens uppfattning att till-

ståndsmyndigheten även i sådana fall bör ha möjlighet att — när lokala bestämmelser inte äger tillämpning — meddela de särskilda föreskrifter i fråga om ledbarhet, spårning m. m. som kan vara påkallade. Frågan om längdbegränsning äger dock intimt samband med vägars och gators geometriska utformning. Särskilt får detta förhållande betydelse, när det gäller prövning av framkomligheten i snäva kurvor m. m. Innan en närmare undersökning skett av dessa jämte därmed sammanhängande frågor, vilken undersökning torde falla utom ramen för utredningens uppdrag, anser sig utredningen ej kunna framlägga något förslag i fråga om begränsning av längder under 22 m.

Ett önskemål bör vara att dispensgivningen sker från enhetliga bedömningsnormer. Därigenom tillgodoses i görligaste mån kravet på en rättvis behandling av likartade fall, samtidigt som tillståndsmyndigheten kan hålla en centralt dirigerad, på likartade grunder utövad uppsikt över bestämmelsernas efterlevnad. Ett önskemål bör därjämte vara att dispensgivningen sker under hänsynstagande till fordonstekniska och trafiksäkerhetsfrämjande aspekter. Mot bakgrunden härav torde enligt utredningens uppfattning VoV vara den myndighet som f. n. bäst svarar mot kraven på lämplig tillståndsmyndighet. Utredningen föreslår därför att denna myndighet omhänderhar nämnda slag av dispensärenden. Beslut som fattas av VoV torde vara överklagbara till Kungl. Maj:t i kommunikationsdepartementet enligt vad härom är särskilt stadgat.

Av hänsyn till redan befintliga fordonskombinationer med längder över 22 m föreslår utredningen att under en övergångstid av åtta år dispens skall kunna ges i sådana fall där de i kombinationen ingående fordonen förvärvats före den dag de nya bestämmelser-

na träder i kraft och där fordonen till följd av bestämmelserna inte skulle kunna brukas.

Med det nu anförda anser sig utredningen ha besvarat VoV:s skrivelse den 16 maj 1963 i de avseenden som omfattas av utredningsuppdraget.

3.2 Hastighet

3.2.1 Inledning

De hastighetsbestämmelser, som f. n. gäller i Sverige för tunga fordonskombinationer, omfattar flera olika övre hastighetsgränser beroende på fordonskombinationens sammansättning. Hastighetsgränserna, vilka närmare framgår av 56 § VTF, är 90 (på motorväg under vissa omständigheter), 70, 50, 40, 30 och 20 km/tim. De faktorer, som avgör vilken högsta hastighet som får tillämpas, är antal släpfordon, typ av släpfordon, bromsutrustning samt viktförhållanden. En fordonskombination, där släpvnagens totalvikt eller, i olastat tillstånd, tjänstevikt ej överstiger en tredjedel av dragfordonets tjänstevikt, får framföras med samma hastighet som är medgiven för dragfordonet utan tillkopplad släpvagn. För dragfordon med

påhängsvagn, vars samtliga hjul är försedda med effektiva från fotbroms eller motsvarande anordning på dragfordonet manövrerbara bromsar, är utom tättbebyggt område den högsta tillåtna hastigheten 70 km/tim. En bil med annan släpvagn än påhängsvagn får framföras med högst 50 km/tim under förutsättning att släpvnagen är försedd med effektiva från fotbroms eller motsvarande anordning på bilen manövrerbara bromsar. Är fråga om en släpvagn i annat fall än nu sagts, gäller, om släpvnagens bruttovikt inte överstiger bilens, en maximihastighet av 40 km/tim. Denna hastighet föreskrives också för en kombination vari ingår två släpvnagar samt dessa är försedda med effektiva från fotbroms eller motsvarande anordning på bilen manövrerbara bromsar. 40 km/tim är även den för bärgningsbil högsta tillåtna hastigheten vid bogsering av annat fordon. Förutom nu nämnda finns även lägre hastighetsgränser föreskrivna. De särskilda bestämmelser rörande släpvnagar, för vilka redogöres i samband med framställningen angående lätta fordonskombinationer (se under 4.1, s. 44) är även tillämpliga på tunga fordonskombinationer.

Tabell 8. Hastighetsbestämmelser beträffande tunga fordonskombinationer

Land	Högsta tillåten hastighet (km/tim)	Anm.
Belgien.....	60	Överstiger kombinationens totalvikt 10 ton, är hastigheten begränsad i förhållande till viktökningen
Danmark.....	60	
Finland.....	70	
Frankrike.....	—	
Nederländerna.....	60	På motorväg är hastigheten begränsad till 64 km/tim På motorväg är hastigheten begränsad till 80 km/tim. Påhängsvagn, som väger mindre än 7,5 ton, får framföras med högst 80 km/tim
Norge.....	60	
Schweiz.....	60	
Storbritannien.....	48	
Västtyskland.....	60	

3.2.2 Utländska bestämmelser

I tabell 8 redovisas de för några europeiska länder den 1 januari 1965 gällande hastighetsbestämmelserna rörande tunga fordonskombinationer.

Som framgår av sammanställningen är inom åtskilliga länder på kontinenten den högsta tillåtna hastigheten 60 km/tim för här berörda fordonskombinationer. I Västtyskland får dock hastigheten på motorväg uppgå till högst 80 km/tim.

Det har vid här förevarande inventering vidare framgått, att de i sammanställningen redovisade hastighetsbestämmelserna inte synes ha tillkommit på grundval av erfarenheter från några med vetenskapliga metoder utförda studier rörande bestämmelsernas inverkan på trafiksäkerheten. Det må dock framhållas, att inom Benelux-länderna (Belgien, Luxemburg och Nederländerna) tillsatts en expertgrupp med uppgift att undersöka förutsättningarna för införande av gemensamma trafikbestämmelser för dessa stater. Enligt uppgift skulle härvid också beaktas möjligheterna att genom trafiksäkerhetsforskning underbygga bestämmelserna rörande fordons-hastigheten.

3.2.3 Väg- och vattenbyggnadsstyrelsens skrivelse den 25 september 1963 till Kungl. Maj:t

Som tidigare nämnts (s. 13) har VoV i skrivelse den 25 september 1963 till Kungl. Maj:t föreslagit utredning av frågan om hastighetsbestämmelser för bil med påhängsvagn av viss konstruktion. Skrivelsen har överlämnats till utredningen.

I skrivelsen hänvisar VoV till den ändring i VTF som trädde i kraft den 1 juli 1962 och som innebar, att den högsta tillåtna hastigheten för bil med tillkopplad påhängsvagn försedd med effektiva bromsar höjdes från 60 till 70 km/tim medan hastigheten för fordons-

kombinationer med andra släpvagnar bibehölls oförändrad.

Styrelsen framhåller att konstruktioner framkommit som möjliggör att bilar med påhängsvagn, som ur hastighets-synpunkt är att jämställa med två släpvagnar, får framföras med 70 i stället för 40 km/tim, vilken sistnämnda hastighet är den maximalt medgivna för bil med två släpvagnar. Styrelsen anser det otillfredsställande ur trafiksäkerhets-synpunkt att fordonskombinationer av angivet slag med en längd av 25 m eller däröver skall få framföras med så hög hastighet.

3.2.4 Näringslivets synpunkter på tunga fordonskombinationers hastighet

Liksom fallet var beträffande fordonslängder har utredningen ansett det värdefullt att inhämta näringslivets synpunkter på hastigheten för tunga fordonskombinationer. Dessa synpunkter har sammanfattats i tabell 9.

Lastbilsfabrikanterna betonar att det måste anses angeläget med en höjning av hastigheten till 70 km/tim för lastbil med bromsförsedd släpvagn. Effekten skulle inte bli enbart ekonomisk. Sannolikt skulle också trafikköerna lätta på vägarna varjämte en minskning skulle ske av de trafikfarliga situatio-

Tabell 9. Näringslivets synpunkter på tunga fordonskombinationers hastighet

Näringsgrupp	Önskvärd maximi-hastighet för tung fordonskombination (km/tim)
Lastbilsfabrikanter	70—75
Skogsbruk	70
Gruvindustri	70
Byggnadsindustri	70
Speditions- & transport-företag	70—80
Näringar med transport av flytande gods (olja etc.)	70—80

ner, som omkörningar mellan olika tunga kombinationer och fordon innebär. Enligt fabrikanterna borde man överväga att införa en uniform hastighetsgräns vid 70 eller 75 km/tim för samtliga tekniskt goda tunga fordon och fordonskombinationer.

Skogsbruket och skogsindustrin framhåller, att den högsta tillåtna hastigheten för tunga fordonskombinationer generellt bör vara 70 km/tim, resp. på motorväg 90 km/tim. För kombinationer med flera än en släpvagn bör en lägre maximihastighet kunna accepteras, om sådana kombinationer anses bära förekomma. Det tillägges, att utvecklingen gått mot ett större utnyttjande av påhängsvagnar och att flera släpvagnar än en i dag knappast torde förekomma inom skogsbruket.

Gruvindustrin anser en anpassning av hastigheten till 70 km/tim för tekniskt goda fordonskombinationer vara ett önskemål av stor vikt.

Byggnadsindustrin förordar att samma högsta tillåtna hastighet bör gälla för tunga fordonskombinationer och singelfordon.

Speditionsföretagen betonar vikten av att maximihastigheten för de tunga fordonskombinationerna höjs till 70 km/tim.

De enskilda lastbilsåkarna anser att en ökning av den högsta tillåtna hastigheten framstår som ett väsentligt önskemål. Speciellt gäller detta lastbil med en bromsförsedd släpvagn som, utan att trafik säkerheten behöver eftersättas, borde få framföras med samma hastighet som i dag gäller för lastbil med tillkopplad påhängsvagn eller 70 km/tim.

Bensin- och oljeföretagen och jordbrukets produktionsföretag (mjöltransporter) ställer hastighetsfrågan i förgrunden och uttalar i detta avseende samma uppfattning som speditönsföretagen.

3.2.5 Inventering av olyckor

En bearbetning av de 1 232 polisanmälda trafikolyckor i landet, som under år 1960 inträffade utanför tätbebyggelse och i vilka tunga fordonskombination var delaktigt trafikelement (jämför bilaga A.1), har bl. a. visat, att olyckor med personskada som följd förekommit i mindre omfattning vid dessa olyckor än vid övriga olyckor utanför tätbebyggt område. Av de olyckor, i vilka tunga fordonskombinationer deltog, resulterade sålunda 6,5 % i dödlig eller svår personskada. Motsvarande värde för det totala antalet utanför tätbebyggelse inträffade olyckor var 9 %. Skillnaden är än mera markerad för de lätta personskadorna — 17,6 resp. 25,6 %.

Det har vid bearbetningen av det nämnda olycksmaterialet inte heller framkommit något, som tyder på att svårighetsgraden för de olyckor, i vilka tunga fordonskombinationer med en högsta tillåtna hastighet av 50 km/tim varit inblandade, skulle undergå någon större förändring vid en eventuell höjning av denna hastighetsgräns.

De vanligaste olyckstyperna har varit mötesolyckor, singelolyckor och omkörningsolyckor i nu nämnd ordning. Andelen singelolyckor har därvid varit något mindre och andelen mötesolyckor resp. omkörningsolyckor något större än motsvarande andelar för samtliga polisundersökta trafikolyckor utanför tätbebyggelse.

Beträffande den stora andelen mötesolyckor kan anföras, att dessa till största delen inträffat på vägar med en vägbredd understigande 6 m. Dessa olyckor har därjämte i mer än hälften av fallen skett vid möte med annat tungt fordon eller tung fordonskombination. Någon större skillnad har i detta avseende inte kunnat konstateras mellan de tunga fordonskombinationer, vilkas

högsta tillåtna hastighet varit 60 km/tim, och de kombinationer, som tillåtit köra med högst 50 km/tim. Med hänsyn till att de flesta mötesolyckorna inträffat på mindre vägar, kan det inte utslutas, att den maximalt tillåtna hastigheten för de tunga kombinationerna ej alltid utnyttjats vid olyckstillfället.

Vad den relativt sett höga frekvensen omkörningsolyckor beträffar, torde denna bero på att de tunga fordonskombinationerna i mycket stor utsträckning förekommer på vägar med stark trafik. Då kombinationerna som regel framföres med lägre hastigheter än övrig trafik, uppkommer på dessa vägar ofta besvärliga omkörningssituationer.

Av det bearbetade materialet har vidare framgått, att andelen mörkertrafikolyckor varit något större för de tunga fordonskombinationerna än för andra fordonstyper. Detta förhållande torde till stor del bero på att de tunga fordonskombinationerna i större utsträckning än andra fordonskategorier framföres nattetid.

Det har slutligen framgått, att fordondefekter medverkat vid uppkomsten av ungefär 10 % av de undersökta olyckorna. De vanligaste defekterna har därvid varit bromsfel resp. brusten kopplingsanordning. Totalt sett har emellertid fordondefekterna varit alltför få för att tillåta några slutsatser rörande deras eventuella betydelse i samband med en höjning av den högsta tillåtna hastigheten för vissa tunga fordonskombinationer.

Det bör framhållas, att det på grundval av det föreliggande olycksmaterialet inte är möjligt att klarlägga i vad mån olika fordonstekniska egenskaper hos de berörda kombinationerna varit medverkande olycksfaktorer.

Sammanfattningsvis kan sägas, att det med utgångspunkt från den företagna undersökningen torde vara svårt

att entydigt uttala sig om vilka följder en revidering av hastighetsbestämmelserna för de tunga fordonskombinationerna skulle få, sett från olyckssynpunkt. Av det undersökta olycksmaterialet har emellertid ingenting framkommit, som talar för att olycksfrekvensen skulle undergå någon märkbar ökning eller olyckorna bli av påtagligt svårare natur vid en måttlig höjning av den högsta tillåtna hastigheten för vissa tunga fordonskombinationer (jämför nedan under avsnitt 3.2.6).

3.2.6 Studier av hastigheter m.m.

I dessa studier (jämför bilaga B) behandlas den tunga trafiken utanför tätbebyggt område med hänsyn till dess andel av den totala trafiken, förekomsten av olika fordonstyper, fordonens längd, hastighet och inverkan på köförhållandena.

Enligt material från VoV:s axeltrycksmätningar under en vecka på 114 platser under tiden maj—juni och augusti—september 1962 var lastbilsandelen i genomsnitt 12,5 % för hel vecka, helgdagar inräknade (jämför tabell B.1). I regel varierade andelen mellan 8 och 18 % utan någon systematisk skillnad mellan trafikstarkare och trafiksvagare vägar.

Typerna bland de tunga fordonen kunde bestämmas på grundval av ett omfattande material, huvudsakligen fotomaterial som väginstitutet år 1962 insamlat på 35 platser i östra mellansverige. Av platserna låg 29 på riksvägar och 6 på länsvägar. Fotograferingen skedde på vanliga vardagar (ej helgdagar eller dagar före helgdagar). Av materialet framgick följande (jämför tabell B.2).

Tunga fordonskombinationer utgjorde på riksvägarna (inkl. europavägar) ca 39 % av de tunga bilarna, medan de på länsvägarna utgjorde endast ca

20 %. Det stora materialet från riksvägarna visade en förhållandevis enhetlig bild i detta avseende. I det lilla länsvägs materialet var tendensen dock mera varierande.

Av samtliga tunga bilar i totalmaterialet var ca 65 % utan släp (högsta tillåten hastighetsgräns f. n. 70 km/tim), ca 34 % hade en släpvagn (7 % med påhängsvagn [70 km/tim] och 27 % med släpkärra eller annan släpvagn [50 km/tim]). Endast 0,6 % hade två släpvagnar (40 km/tim). Beträffande nämnda hastighetsgränser förutsattes att släpvagnarna var försedda med effektiva bromsar, en förutsättning som nästan alltid varit uppfylld för tunga fordon.

En jämförelse mellan det fotografiska materialet och material från axeltrycksmätningar under hela året 1962 på 200 platser över hela Sverige visade en förhållandevis god överensstämmelse (jämför tabell B.3). Det fotografiska materialet från riksvägarna bedömdes vara av särskilt intresse för undersökningarna på grund av den på dessa vägar så höga andelen tunga fordonskombinationer. Den vanligaste typen av tung fordonskombination i riksvägs materialet var en boggilastbil med en vanlig tvåaxlig släpvagn (ej påhängsvagn eller släpkärra). Fordonstypen utgjorde 14 % av de tunga fordonen.

I riksvägs materialet tillhörde nästan 55 % av de tunga fordonens axlar en fordonskombination, ehuru dessa fordon som nämnts endast utgjorde 39 % av fordonsantalet. Siffrorna understryker de tunga fordonskombinationernas stora andel i transportarbetet.

De tunga fordonens hastighet undersöktes huvudsakligen på grundval av restidsmätningar på ca 3—6 km långa sträckor som tillät hög hastighet. Avsikten var att belysa dessa fordoners anpassning till hastighetsbestämmelserna.

Fyra sträckor hade undersökts före den 1 juli 1962, då den maximalt tillåtna hastigheten på vanlig väg (ej motorväg) höjdes från 60 till 70 km/tim för tung lastbil utan släpfordon och tung lastbil med en påhängsvagn. Fem sträckor hade studerats efter den 1 juli 1962.

De uppmätta reshastigheterna överskred oftast de tillåtna, och överskridandet var större ju lägre de tillåtna hastigheterna var. Endast bland de fordon som hastighetsbegränsats till 70 km/tim var ett underskridande av hastighetsgränsen vanligare än ett överskridande. Medelhastigheten var högre efter den 1 juli 1962 än tidigare för de fordonstyper som inte fått höjd tillåten hastighet.

Sammanfattningsvis må anföras att under gynnsamma vägförhållanden förelåg *en tendens i riktning mot samma hastighet för alla tunga fordon, oberoende av tillåten hastighet* (jämför figur B.6).

De tunga fordonskombinationernas inverkan på körförhållandena jämfördes med övriga fordoners inverkan på dessa förhållanden. Jämförelsen gjordes med hänsyn till hastigheten dels för att säkerställa jämförbarhet mellan fordonen, dels för att belysa verkan av en hastighetshöjning för de tunga fordonskombinationerna.

Materialet insamlades på sex olika platser på tvåfilig väg av normal riksvägsstandard. Det bestod av hastighets- och tidsavståndsmätning av de fordon som passerade mätplatserna. Hela materialet omfattade över 18 000 fordon.

Studierna visade att betydligt flera fordon låg i kö efter de tunga fordonen än efter de lätta. I regel var det förhållandevis flera köfordon efter de tunga fordonskombinationerna än efter tunga singelfordon.

Emellertid syntes köledarnas hastig-

het inte inverka mycket på frekvensen av fordon i kön. Förklaringen torde vara att, fastän omkörningsfrekvensen minskar då köledarens hastighet ökar, omkörningarna samtidigt blir försvårade och köfordonen blir liggande längre sträcka i kö.

Köstudierna antyder att man med förhållandevis enkla beräkningar tillräckligt noggrant kan fastställa de restidsvinster i trafiken som uppstår, om en fordonstyps medelhastighet höjs. Dessutom ger de tidigare redovisade hastighetsstudierna goda hållpunkter för en ungefärlig bedömning av den verkliga hastighetshöjning som följer på en höjning av den maximalt tillåtna hastigheten.

En granskning av samtliga resultat ger vid handen att det ur trafiktekniska synpunkter skulle vara motiverat, att den maximalt tillåtna hastigheten för tunga bilar med endast en släpkärra eller vanlig släpvagn och effektiva bromsar på släpvagnen höjdes från nuvarande 50 till 70 km/tim, dvs. till samma hastighet som gäller för tunga fordon utan släpvagn eller med endast en påhängsvagn. En sådan höjning synes erbjuda betydande fördelar med hänsyn till efterlevnaden, övervakningen och trafikekonomin utan att samtidigt allmänna krav på framkomlighet och säkerhet i trafiken eftersättes.

3.2.7 Studier av omkörningar

Syftet med undersökningarna (jämför bilaga C) har varit att söka utröna, hur dels hastigheten, dels längden hos en tung fordonskombination inverkar på möjligheterna att företa omkörningar av kombinationen i fråga samt på beteendet hos de trafikanter, som företar sådana omkörningar.

Som tidigare anförts (s. 30) har de teoretiska beräkningarna gett vid handen att såväl en höjning av hastig-

heten som en ökning av längden hos en tung fordonskombination medför försämrade möjligheter för andra trafikanter att köra om kombinationen i fråga. Beräkningarna visar sålunda för ett par utvalda sträckor på europavägarna 3 och 4 att, enbart med hänsyn till rådande siktförhållanden och under antagande av en hastighet av 90 km/tim hos omkörande fordon och hos mötande trafik, en höjning av fordonskombinationens hastighet från 50 till 70 km/tim reducerar omkörningsmöjligheterna med 25 %.

En väsentlig fråga att utreda har varit, om en sådan försämring av omkörningsmöjligheterna åtföljs av ett ökat risktagande hos de omkörande trafikanterna. Av de praktiska försök, som utförts, framgår att den andel trafikanter, som använt en med hänsyn till siktsträcka och hastighet hos mötande trafik för lång omkörningssträcka, blivit större såväl när kombinationens längd ökats som när kombinationens hastighets höjts.

Resultaten i fråga om effekten av en hastighetshöjning har emellertid inte varit fullt entydiga för de olika vid försöken använda kombinationerna. Man kan av de erhållna resultaten från 1964 års försök sålunda utläsa, att andelen riskfyllda omkörningar ökat, när hastigheten hos en 18 m lång kombination höjts från 50 till 70 km/tim, medan motsvarande hastighetshöjning för en 27 m lång kombination medfört en i stort sett oförändrad andel riskfyllda omkörningar. En jämförelse mellan de båda kombinationerna visar vidare, att den procentuella andelen riskfyllda omkörningar legat något lägre för den kortare kombinationen vid samma hastighet. Denna differens har emellertid, som framgår av ovanstående, utjämnats, då kombinationerna framförts med en hastighet av 70 km/tim.

Den ökade procentuella andelen riskfyllda omkörningar är emellertid av ganska begränsad storleksordning och förefaller inte att stå i proportion till de reducerade omkörningsmöjligheterna. Den torde därför inte vara något uttryck för ett medvetet, ökat risktagande utan snarare en följd av att de omkörande trafikanterna — särskilt vid en ökning av kombinationernas längd — får svårare att göra en bedömning av erforderliga omkörnings- och frisksiksträckor.

Man har vid försöken kunnat konstatera, att, då kombinationerna körts om av andra tunga fordon och fordonskombinationer, dessa omkörningar varit betydligt mera riskfyllda än de omkörningar, som företagits med personbilar. De fall, där fordonskombinationerna kördes om av andra tunga fordon eller fordonskombinationer, upphörde emellertid praktiskt taget, när hastigheten höjdes från 50 till 70 km/tim.

Över huvud taget sjönk den totala omkörningsfrekvensen markant, när hastigheten höjdes. Under försöken år 1963 skedde endast 17,5 % av det totala antalet omkörningar, när försöksfordonet framfördes med 70 km/tim. Motsvarande procenttal under studierna år 1964 var för 18-meters kombinationen 22,5 % och för 27-meters kombinationen 29,8 %. Försökskombinationerna har med andra ord bättre följt med i trafikströmmens tempo vid en hastighet av 70 km/tim än vid 50 km/tim.

Minskningen av omkörningsfrekvensen har varit av den storleksordningen att, även om andelen riskfyllda omkörningar som regel varit något större vid den högre hastigheten (70 km/tim), det totala antalet riskfyllda omkörningar vid denna hastighet varit ungefär 50 % lägre än då försökskombinationerna framförts med 50 km/tim.

De utförda studierna av omkörningar

har sålunda visat, att det inte skulle innebära något nämnvärt eftersättande av trafiksäkerheten, om den högsta tillåtna hastigheten för vissa tunga fordonskombinationer (dragfordon med tillkopplad släpvagn) höjdes till 70 km/tim, dvs. den hastighet som i dag gäller för tungt fordon utan tillkopplad släpvagn och fordon med tillkopplad påhängsvagn (semitrailer).

3.2.3 Fordonstekniska synpunkter

De fordonstekniska egenskaperna hos de tunga kombinationerna har hittills varit föremål för studier i mycket ringa omfattning. Kördynamik och dynamisk stabilitet vid bromsning är frågor som torde vara av betydelse för såväl totallängd som hastighet och kan ännu inte anses ha tillräckligt penetrerats.

Teoretisk analys eller praktiska prov föreligger inte som grund för de nuvarande hastighetsbestämmelserna beträffande tunga kombinationer. De har tillkommit som resultat av bedömningar, grundade på fordonsmaterial och vägstandard vid tiden för bestämmelsernas införande. Gynnandet av fordonskombination med påhängsvagn torde främst grunda sig på den amerikanska uppfattningen, att denna typ av fordonskombination skulle ur trafiksäkerhetssynpunkt vara överlägsen kombination med släpvagn. I Tyskland gäller dock mera rigorösa bestämmelser för bromsanordningar på fordonskombinationer med påhängsvagn än för sådana med släpvagn av annan typ, vilket tyder på att man där har en annan uppfattning än i USA. Några teoretiska undersökningar rörande dessa förhållanden har dock veterligen inte utförts.

En skärpning av de tekniska kraven på tunga fordonskombinationer och även på lastfordon i allmänhet är önskvärd. Dessa tekniska krav skulle främst

gälla hållfasthet på väsentliga fordonsdetaljer, bromsutröstning, dynamisk stabilitet och manöverorgan.

Hittills saknas i stor utsträckning teoretiskt underlag för bestämmelser rörande fordonsdata och provningsförfaranden. För att kunna precisera kraven fordras ytterligare forskning.

3.2.9 Överväganden och förslag

De tunga fordonskombinationerna är vanligen förekommande trafikelement, och utförda fältstudier visar att de ofta framföres med en hastighet, som väsentligen överskrider den f. n. tillåtna. Detta gäller företrädesvis de typer av tunga kombinationer som enligt VTF får framföras med högst 50 resp. 40 km/tim, dvs. tung lastbil med bromsförsedd släpvagn och tung lastbil med påhängsvagn och släpvagn. Undersökningarna ger vid handen en allmän tendens till samma hastighet för alla tunga fordonstyper oberoende av tillåten hastighet. Denna hastighet ligger enligt undersökningarna vid omkring 70 km/tim.

Ett spörsmål av vitalt intresse är i vad mån trafiksäkerheten skulle komma att äventyras i samband med omkörningar av långa fordon, därest hastigheten för dessa skulle generellt höjas. De praktiska studier av omkörningar som utförts under åren 1963 och 1964 tyder på att det ur omkörnings-synpunkt inte kan anses innebära något eftersättande av trafiksäkerheten, om den högsta hastigheten för vissa tunga kombinationer höjes till 70 km/tim. De kombinationer som här åsyftas är sådana som är försedda med tillfredsställande bromsanordningar. Här förutsattes även att släpvagnen är bromsförsedd (jämför dock nedan, s. 43).

Förekomsten av ett flertal hastighetsgränser är otillfredsställande ur över-

vakningssynpunkt och troligen även mindre lämplig ur trafiksäkerhetssynpunkt. Så få hastighetsgränser som möjligt med därtill anpassade krav på fordonens konstruktion samt en låg hastighetsgräns för fordon, som inte uppfyller dessa krav, torde vara en bättre lösning.

Några hållbara motiveringar för skilda hastighetsgränser för å ena sidan fordonskombinationer bestående av dragfordon med påhängsvagn och å andra sidan fordonskombinationer med en släpvagn av annan typ har inte kunnat påvisas. En höjning av den maximalt tillåtna hastigheten för den kategori, som nu får köra 50 km/tim, till 70 km/tim torde f. n. måhända inte kunna motiveras på fordonstekniska grunder. Skäl har emellertid inte framkommit som tyder på att sistnämnda hastighetsgräns är olämplig ur trafiksäkerhetssynpunkt. Tills vidare borde därför denna högre hastighetsgräns kunna accepteras.

Även beträffande fordonskombinationer vari ingår två eller flera släpvagnar är forskningsunderlaget av ringa omfattning. Rent allmänt kan dock sägas att svårigheten att vid förekommande belastningstillstånd rätt avpassa bromskraften mellan de olika axlarna i en fordonskombination ökar med antalet axlar. Vidare bör beaktas att förarens möjlighet att reda upp en besvärlig situation minskar med såväl ökat antal fordonsenheter i kombinationen som ökad färdhastighet. Med hänsyn till dessa synpunkter torde det f. n. vara olämpligt att föreslå någon ändring av nu gällande hastighetsbestämmelser för dessa fordonskombinationer.

En fordonskombination vari ingår en obromsad släpvagn eller två släpvagnar, försedda med effektiva bromsar, får f. n. framföras med en hastighet av högst 40 km/tim. Vad den förstnämnda

fordonskombinationen beträffar bör emellertid, som närmare framhålles under avsnitt 4.1, s. 44, märkas att varje släpvagn, vars totalvikt överstiger 750 kg, numera skall vara försedd med effektiv broms. Obromsade, tyngre släpvagnar kommer därför att i praktiken bli mindre vanliga. För att motverka ökad användning av obromsade släpvagnar föreslår utredningen inte någon höjning av hastigheten beträffande den fordonskombination vari sådana släpvagnar ingår. Ett undantag härifrån anser sig utredningen emellertid böra göra med hänsyn till det resultat som framkommit i samband med undersökningar av lätta fordonskombinationer (se s. 52). Vid dessa undersökningar har nämligen framkommit att bromsar bör föreskrivas för släpvagnar, vars totalvikt överstiger en sjättedel av bilens tjänstevikt. Detta undersökningsresultat äger generell giltighet och gäller alltså även tunga fordonskombinationer. En höjning av hastigheten för sist angivna kombinationer torde därför kunna ske utan eftersättande av nödiga trafiksäkerhetskrav. Till frågan om hastigheten för fordon med obromsad släpvagn återkommer utredningen i kap. 4.

De utförda undersökningarna rörande lämplig hastighetsgräns för tunga fordonskombinationer föranleder utredningen att föreslå att den högsta tillåtna hastigheten för fordonskombinationer, vari ingår en släpvagn med tillfredsställande bromsanordning eller där släpvagnens totalvikt ej överstiger en sjättedel av bilens tjänstevikt, höjes till

70 km/tim. En sådan höjning torde i praktiken innebära en relativt obetydlig hastighetsförändring samt medföra en positiv inverkan på köförhållandena och en minskad överträdelse av hastighetsbestämmelserna. Det bör emellertid understrykas att *besiktningskontrollen i många avseenden sannolikt måste skärpas, samtidigt som fortlöpande studier bör ske av de fordonstekniska egenskaperna hos de tunga fordonen och fordonskombinationerna.*

Som framgått av vad ovan anförts under 3.2.1 (s. 35) gäller bl. a. att en fordonskombination, där släpvagnens totalvikt eller, i olastat tillstånd, tjänstevikt ej överstiger en tredjedel av dragfordonets tjänstevikt, får föras med samma hastighet som är medgiven för dragfordonet utan tillkopplad släpvagn. Med hänsyn till resultat av undersökningar som utförts rörande lätta fordonskombinationer (se nedan kap. 4) föreslår utredningen att denna regel slopas. Detta innebär i fråga om tunga fordonskombinationer att den högsta tillåtna hastigheten på motorväg sänks från 90 till 70 km/tim.

Beträffande den fordonskombination bestående av dragbil med ledad påhängsvagn, som åsyftas i VoV:s skrivelse den 25 september 1963 är det utredningens mening att ifrågavarande kombination bör betraktas som dragbil med tillkopplade två släpvagnar. Utredningen anser sig med hänsyn härtill och till vad ovan anförts ha besvarat ifrågavarande skrivelse i de avseenden som omfattas av utredningsuppdraget.

KAPITEL 4

Lätta fordonskombinationer¹

4.1 Inledning

Bestämmelserna om högsta tillåten hastighet för lätta fordonskombinationer överensstämmer i stort sett med motsvarande bestämmelser för de tunga kombinationerna. Den för en lätt kombination medgivna högsta tillåtna hastigheten framgår av 56 § 1 mom. VTF. Om släpvagnens totalvikt eller, i olastat tillstånd, tjänstevikt inte överstiger en tredjedel av bilens tjänstevikt, får fordonen föras med samma hastighet som är medgiven för bilen utan släpvagn. Är totalvikten större, får kombinationen framföras med en högsta tillåten hastighet av 50 km/tim, om släpvagnen är försedd med effektiva, från fotbroms eller motsvarande anordning på bilen manövrerbara bromsar, och eljest med högst 40 km/tim under förutsättning att släpvagnens bruttovikt ej överstiger bilens bruttovikt.

Med stöd av kungörelsen den 8 mars 1963 (nr 38) om undantag rörande vissa släpvagnar från 6 § 1 mom. och 56 § 1 mom. VTF gäller en högsta tillåten hastighet av 50 km/tim för tvåhjulig släpvagn med en totalvikt ej överstigande 1 500 kg och som utrustats med påskjutsbroms av typ som godkänts av VoV. Är vikt- eller bromskraven ej uppfyllda, gäller lägre maximihastighet.

I 6 § 1 mom. VTF föreskrives bl. a. vissa krav på bromsanordning i fråga om släpvagn, som drages av bil. Sålunda skall släpvagnen, om den är avsedd

för personbefordran eller dess totalvikt överstiger 750 kg, vara försedd med effektiv broms som kan manövreras från fotbroms eller motsvarande anordning på dragfordonet och som är så beskaffad att släpvagnen automatiskt inbromsas vid brott på kopplingsanordningen. Dock fordras inte automatisk bromsverkan i fråga om tvåhjulig husvagn eller mindre bagagevagn, om den är försedd med tillförlitlig reservkoppling (t. ex. kedja eller ställina). Om släpvagnens tjänstevikt överstiger 400 kg, skall den vara utrustad med broms som kan kvarhålla släpvagnen på slutande mark även om vagnen frånkopplats bilen. Bromsen skall därvid kunna manövreras från släpvagnen eller, om denna inte är avsedd för personbefordran, från någon plats vid sidan av den. VoV kan i vissa fall meddela undantag från de nu nämnda bestämmelserna.

Under senare år har intresset för husvagnar ökat starkt, och dessa har blivit allt vanligare på vägarna. Någon tillförlitlig statistik över antalet husvagnar i landet finns inte, men som antytts i kap. 2 torde antalet kunna uppskattas till omkring 25 000. Man kan förmoda att en fortsatt ökning av antalet kommer att äga rum under de närmaste åren. Den ökande bilburna turisttrafiken över gränserna har även kommit att bidra till en ökning av trafiken med husvagnar.

¹ Angående innebörden härav, se Begrepps-förklaringar och förkortningar.

4.2 Utländska bestämmelser

I tabell 10 redovisas de för vissa europeiska länder den 1 januari 1965 gällande bestämmelserna rörande den högsta tillåtna hastigheten för personbil med tillkopplad släpvagn.

I likhet med vad som var fallet beträffande de tunga kombinationerna synes hastighetsbestämmelserna för de lätta kombinationerna i huvudsak ha tillkommit utan att till grund härför legat erfarenheter från vetenskapligt bedrivna studier.

Vid sidan av nu nämnda hastighetsbestämmelser finns i de flesta länder föreskrifter rörande släpvnags konstruktion m. m. Dessa föreskrifter kan i viss mån påverka fastställandet av den högsta tillåtna hastighet, med vilken den kombination får framföras i vilken släpvnagen ingår. Som regel föreskrives att släpvagn skall vara försedd med effektiva bromsar och att vissa viktförhållanden mellan dragfordon och släpvagn skall föreligga.

I Belgien föreskrives att släpvagn måste vara bromsförsedd, om dess vikt överstiger 750 kg eller hälften av dragfordonets vikt.

I Finland har man för avsikt att in-

föra en ny bestämmelse rörande släpvnags vikt. Denna bestämmelse innebär, att den högsta tillåtna totalvikten för släpvagn utan bromsar inte får överstiga hälften av dragbilens vikt. Totalvikten av en med bromsar utrustad, enaxlig släpvagn avsedd att kopplas till personbil, må dock med biltillverkarens samtycke uppgå till högst 75 % av bilens tjänstevikt. Några bestämmelser rörande den högsta tillåtna totalvikten för släpvagn finnes ej.

I Schweiz gäller, med hänsyn till landets starkt kuperade och backiga terräng, relativt restriktiva bestämmelser för framförande av personbil med tillkopplad husvagn. Tidigare (före den 16.8.1950) har husvagn varit helt förbjuden på de schweiziska vägarna. I lag den 19 december 1958, vilken, såvitt nu är ifråga, trätt i kraft den 1 januari 1963, återfinnes detaljerade föreskrifter rörande framförandet av husvagn. Föreskrifterna kan sammanfattas i följande huvudpunkter.

1. Högsta tillåten längd och bredd på enaxlig släpvagn är 6 m resp. 210 cm.

2. Totalvikten av en kombination bestående av personbil med tillkopplad släpvagn får inte vara större än att kombinationen utan svårighet kan startas i 15 % motlut.

Tabell 10. Hastighetsbestämmelser beträffande lätta fordonskombinationer

Land	Högsta tillåten hastighet (km/tim)	Anm.
Belgien.....	—	Överstiger kombinationens totalvikt 5 ton, är hastigheten begränsad till 60 km/tim
Danmark.....	60	
Finland.....	70	På motorväg är hastigheten begränsad till 80 km/tim
Frankrike.....	—	
Nederländerna.....	—	Överstiger släpvnagens hjultryck 375 kg, är hastigheten begränsad till 60 km/tim (80 km/tim på motorväg)
Norge.....	60	
Schweiz.....	80	Överstiger släpvnagens vikt 1 000 kg, är hastigheten begränsad till 60 km/tim
Storbritannien.....	64	
Västtyskland.....	80	

3. Vikten av lastad släpvagn utan effektiva bromsar får inte överstiga 50 % av dragfordonets tomvikt och får för släpvagn med effektiva el-, vakuum- eller påskjutsbromsar ej överstiga 100 % av nämnda vikt.

4. Släpvagnen skall besiktigas tillsammans med dragfordonet och får endast användas tillsammans med detta.

5. För personbil med tillkopplad släpvagn är den högsta tillåtna hastigheten 80 km/tim, då släpvagnens totalvikt uppgår till högst 1 000 kg, och 60 km/tim, då denna vikt överskrides.

6. I släpvagnen får under färd inga personer vistas eller varor utöver turistutrustning medföras.

4.3 Väg- och vattenbyggnadsstyrelsens skrivelse den 12 augusti 1963 till Kungl. Maj:t

Som tidigare omnämnts (s. 13) har VoV i skrivelse den 12 augusti 1963 till Kungl. Maj:t föreslagit ändrade hastighetsbestämmelser för personbil med tillkopplad släpvagn m. m. Skrivelsen har överlämnats till utredningen.

Efter att ha redovisat behovet av ändring av gällande bestämmelser framlägger styrelsen förslag till vissa föreskrifter beträffande släpvagnars vikt och utrustning.

I fråga om bromsar har styrelsen i och för sig funnit skäl tala för införande av en bestämmelse att varje släpvagn, vars totalvikt överstiger hälften av det dragande fordonets tjänstevikt, skall vara försedd med effektiva bromsar. Styrelsen anser dock att denna fråga bör lösas i samband med den allmänna översyn av vägtrafikförfattningarna som pågår på internordiskt plan.

Till liknande slutsats har styrelsen kommit beträffande släpvagnars utrustning med effektiva fjädrar.

Vad beträffar hastighetsbestämmelser för lätt fordonskombination redovisar styrelsen vissa olägenheter, som kan anses vara förenade med gällande föreskrifter, samt framlägger följande

förslag till ändrade bestämmelser, nämligen för

- A. Släpvagn, försedd med effektiva bromsar
- a) om släpvagnens totalvikt ej överstiger hälften av det dragande fordonets tjänstevikt..... 90 km/tim
 - b) om nämnda förhållande överstiger hälften men ej tre fjärdedelar..... 70 »
 - c) i andra fall..... 50 »
- B. Släpvagn, som ej är försedd med effektiva bromsar
- a) om släpvagnens totalvikt ej överstiger en tredjedel av det dragande fordonets tjänstevikt..... 70 km/tim
 - b) i andra fall..... 40 »

4.4 Inventering av trafiksäkerhetsfaktorer

Av trafiksäkerhetsskäl föreskriver VTF för vissa fordonstyper maximalt tillåtna hastigheter. Föreskrifterna har givits främst med hänsyn till fordonens konstruktion, antal och slag av släpfordon, viktförhållanden samt hur fordonen sammankopplas.

Vid bestämning av lämplig hastighetsgräns för fordonskombinationer måste vinsten i trafiksäkerhet vägas mot de olägenheter som hastighetsbegränsningen medför. En hastighetsbegränsning orsakar förutom tidsförluster m. m. för det hastighetsbegränsade fordonet även att annan snabbare trafik hindras. Avvägningen mellan hänsyn till trafiksäkerheten och andra hänsyn kan därför i och för sig medföra att hastighetsgränsen sätts högre än som är lämpligt ur enbart trafiksäkerhetssynpunkt.

I övervägande grad består de lätta fordonskombinationerna av husvagnar kopplade till personbilar och utgör därvid en fordonskombination, för vilken de trafikekonomiska synpunkterna har ringa betydelse.

I huvudsak gäller att kravet på hög hastighet för anpassning till den snab-

ba trafiken måste vägas mot kravet på en låg hastighet vid manövreringen av fordonskombinationen i fråga. De viktiga faktorer, som måste beaktas vid utformningen av bl. a. hastighetsbestämmer för fordon och fordonskombinationer, har belysts i bilaga D.

4.5 Inventering av olyckor

Det undersökta olycksmaterialet (jämför bilaga A) har varit mycket begränsat. Detta har medfört, att det ställer sig svårt att dra några slutsatser rörande hastighetens betydelse för olyckornas uppkomst. Man kan på grundval av de berörda olyckorna därför inte utan vidare avgöra, vad en höjning av den högsta tillåtna hastigheten för här ifrågasvarande fordonskombinationer skulle medföra i fråga om ökade risker för olyckor av den ena eller andra typen.

Det har emellertid framgått, att mötes- och omkörningsolyckor utgjort de vanligaste typerna av trafikolyckor, i vilka lätta fordonskombinationer varit inblandade. Mötesolyckor är dock mycket vanliga även för övriga fordonsslag, medan däremot omkörningsolyckor synes inträffa oftare med lätta fordonskombinationer än med exempelvis personbilar utan tillkopplad släpvagn. Vad mötesolyckorna beträffar, synes en vanlig orsaksfaktor till dessa olyckor ha varit felbedömning av det egna och det mötande fordonets bredd, en felbedömning, som ej torde haft något direkt samband med de högsta tillåtna hastigheterna för lätta fordonskombinationer.

Beträffande omkörningsolyckorna synes, i de fall lätt fordonskombination varit det omkörande trafikelementet, en vanlig olycksframkallande faktor ha varit felbedömning av den omkörande enhetens längd. Denna felbedömning

synes mera ha berott på bristande vana och erfarenhet hos föraren av kombinationen än på den hastighet, med vilken kombinationen framförts. I de fall den lätta kombinationen varit omkörande element och samtidigt möte inträffat, kan emellertid en felbedömning av den omkörande kombinationens accelerationsförmåga ha skett. Med en ökning av den högsta tillåtna hastigheten följer en sämre accelerationsförmåga för de berörda kombinationerna. I sådana fall skulle man kunna förvänta, att en hastighetshöjning kommer att medföra ökade svårigheter att utföra korrekta omkörningar. En sänkning av hastigheten skulle däremot kunna tänkas medföra gynnsammare förhållanden i detta avseende. Det totala antalet omkörningar av här berört slag torde emellertid vara ganska litet. Det är av det begränsade olycksmaterialet ej heller möjligt att dra några slutsatser, i vilken utsträckning olika typer av lätta fordonskombinationer förekommer vid sådana omkörningar.

För de omkörningar, där lätt fordonskombination är det omkörda fordons-elementet, innebär en höjning av den högsta tillåtna hastigheten för de kombinationer, som i dag får framföras med högst 50 km/tim, att hastighetsintervallet mellan dessa fordon och övriga fordon i trafiken minskar. Detta resulterar i en nedgång av antalet omkörningar av lätta fordonskombinationer och därmed följande minskning av det totala antalet olycksrisker i samband med sådana omkörningar. Ett motsatt resultat kan följa med en sänkning av hastigheten för de kombinationer, som i dag får färdas med fri fart. Å andra sidan torde de kombinationer, som i dag får framföras med högre hastighet än t. ex. 70 km/tim, utgöra en relativt begränsad del av samtliga lätta fordonskombinationer.

4.6 Studier av hastigheter m. m.

Materialet för studierna (jämför bilaga E) insamlades på tvåfilig väg av riksvägsstandard i östra Svealand och på västkusten under juli månad 1964. För varje passerande fordon uppmättes hastighet och tidsavstånd till framförvarande fordon. Materialet omfattade närmare 9 000 fordon. Alla fordon fotograferades för typbestämning.

Av samtliga observerade fordon var i genomsnitt 1,3 % lätta fordonskombinationer (variation mellan 0,9 och 2,0 %).

Resultaten av punkthastighetsmätningarna visade att de hastighetsbegränsade lätta fordonskombinationerna (andel ca 75 %) överskred högsta tillåten hastighet med i medeltal 15—25 km/tim. Detta tyder på en större benägenhet för anpassning till den övriga snabbare trafiken än för åttlydnad av gällande hastighetsbestämmelser.

Vid jämförelse mellan de lätta fordonskombinationernas och övriga fordons inverkan på köförhållandena framgick att de lätta fordonskombinationerna bildade köer av samma typ och längd som de tunga fordonskombinationerna.

För att få ett begrepp om effekten av en höjd hastighetsgräns för de lätta fordonskombinationerna har omkörningsfrekvenser och efterliggningssträckor studerats.

Håller köledaren högre hastighet, minskar omkörningsfrekvensen, medan efterliggningssträckornas längd ökar. Tidsförlusterna minskar däremot vid högre hastighet hos köledaren.

Studierna av omkörningsförloppet visade bl. a. att

1. fordonskombinationernas totala längd ej nämnvärt påverkade omkörningsförloppet vid hastigheterna 50 och 70 km/tim,

2. de omkörande fordonens risktagning ej var större vid 70 än vid 50 km/tim att döma av tidsmarginalen från det att ett omkörande fordon återgått till den ursprungliga filen till dess möte ägt rum med ett i motsatt riktning kommande fordon,

3. ingen skillnad iaktogs mellan å ena sidan 50 och å andra sidan 70 km/tim vad beträffar insvängningstiden, dvs. tiden från det ett omkörande fordon legat bredvid kombinationen till dess det återgått till ursprungsfilen.

Trafiksäkerhetsbedömningar ligger till grund för bestämmelser om högsta tillåten hastighet. De i denna rapport redovisade studierna visar en anpassning till samma hastighet oberoende av tillåten hastighet. Medelhastigheterna för de hastighetsbegränsade lätta fordonskombinationerna uppmättes till 65—75 km/tim.

De lätta fordonskombinationerna förekommer som köledare i ungefär samma utsträckning som tunga fordon och fordonskombinationer. Trafikstudierna visade att en ökad trafikövervakning i nuvarande läge sannolikt skulle medföra att omkörningsfrekvensen för omkörningar av lätta fordonskombinationer ökade samtidigt som köfordonen skulle åsamkas större tidsförluster.

4.7 Studier av omkörningsmöjligheter för lätta fordonskombinationer

De utförda försöken, som genomförts under så realistiska betingelser som möjligt, har främst syftat till att söka finna ut i vilken grad omkörningssträckan påverkas, om till personbil kopplas husvagn (jämför bilaga F). Det har därvid kunnat konstateras, att accelererande omkörningar, som företas med lätta fordonskombinationer (personbil med tillkopplad husvagn) från utgångs-

hastigheten 50 km/tim inte synes erbjuda några större problem, i varje fall inte på rak, plan väg.

Redan vid nämnda utgångshastighet framträder emellertid de mindre, relativt motorsvaga bilarnas bristande accelerationsförmåga, när motorerna utsätts för extra belastning. Detta förhållande accentueras, då utgångshastigheten inför en omkörning höjs till 70 km/tim. Även för större och mera motorstarka bilar medför tillkopplandet av husvagn vissa problem, när utgångshastigheten inför en accelererande omkörning höjs till 70 km/tim. De utförda försöken har sålunda visat, att det för sådana fordonskombinationer och vid den sist nämnda utgångshastigheten som regel krävs så långa siktsträckor inför en omkörning, att sådana i praktiken — med hänsyn till de tider och den trafik då dessa kombinationer förekommer — mera sällan torde stå till förfogande.

Försöken har slutligen visat, att accelererande omkörningar med personbil med tillkopplad husvagn från en utgångshastighet av 90 km/tim vanligen inte kan utföras på ett tillfredsställande sätt och därför måste betraktas vara ur trafiksäkerhetssynpunkt direkt olämpliga.

Man kan med hänvisning till vad som nu anförts beträffande omkörningsmöjligheterna dra de slutsatserna, att lätta fordonskombinationer ej bör utföra accelererande omkörningar vid en hastighet av omkring 70 km/tim eller däröver *samt* att dragfordonet i en lätt fordonskombination bör uppfylla krav på motorstyrka, som är beroende av bl. a. kombinationens vikt.

4.8 Studier av kördynamik

Vid statens väginstitut har utförts forsknings- och utredningsarbete rörande lätta fordonskombinationers kör-

dynamik (jämför bilaga G). Arbetet har omfattat litteraturstudier, matematiska beräkningar samt fältförsök.

Ändamålet med studierna har varit att söka klarlägga körhastighetens inverkan på en lätt fordonskombinationens kördynamik. I begreppet kördynamik innefattas dynamisk stabilitet, styrkaraktäristik samt dynamiska belastningar på hjul och kopplingsdon. Av tidsskäl har studierna begränsats till en analys av hur den dynamiska stabiliteten påverkas av körhastigheten och fordonskombinationens konstruktiva utformning.

Med hjälp av en teoretisk fordonsmodell och elektronisk databehandling har olika, i en fordonskombination ingående parametrar analyserats med avseende på deras relativa inverkan på fordonskombinationens dynamiska stabilitet.

Ett fordon i rörelse är dynamiskt stabilt om en genom en störningskraft initierad svängningsrörelse dämpas ut då kraften upphör att verka. I annat fall är det dynamiskt instabilt. Den dynamiska stabiliteten är i de flesta fordons tekniska tillämpningar hastighetsberoende. För ett tvåaxligt dragfordon med släpkärra gäller enligt vad som hittills är känt, att stabiliteten vanligen minskar med ökande körhastighet. Vid en viss hastighet övergår fordonskombinationens rörelsetillstånd från stabilt till instabilt. Instabiliteten kan yttra sig dels i att släpfordonet kommer i odämpade periodiska svängningar, dels i att dragfordonet på grund av överstyrning kommer i en odämpad aperiodisk svängningsrörelse (kritisk överstyrning).

Av den teoretiska analysen framgår, att dragfordonets massa, däcksutrustning, axelavstånd och tröghetsmoment samt släpfordonets massa, däcksutrustning, kulbelastning och avstånd mellan

dragkula och släpfordonsaxel är parametrar som kraftigt inverkar på fordonskombinationens dynamik. I många fall innebär ändring av ett parametervärde att flera andra sådana ändras och då ofta så att den gynnsamma effekten av en ändring elimineras av den ogynnsamma effekten av en annan. Då hög gränshastighet för icke kritisk överstyrning för dragfordonet är ett viktigare stabilitetskrav än det likaledes mycket viktiga kravet på hög pendlingsdämpning hos släpfordonet, kan konstateras att dragfordonet bör vara relativt tungt, ha stort masströghetsmoment, kraftigt dimensionerade däck, långt axelavstånd och kort överhäng. Släpfordonet bör ha liten massa, hög kulbelastning, långt avstånd mellan dragkula och släpfordonsaxel och kraftigt dimensionerade däck.

Fältförsök har utförts med två olika tunga dragbilar och en husvagn där vissa parametrar varierades. Vid proven studerades svängningsdämpningen vid olika hastigheter. Vidare utfördes prov med en färdstabilisator, dvs. en svängningsdämpare mellan dragfordon och släpfordon.

Proven visade att dynamisk instabilitet i ogynnsamma fall kan uppnås vid hastigheter understigande 70 km/tim samt att en lämpligt dimensionerad färdstabilisator är ett effektivt medel mot pendlingssvängningar mellan drag- och släpfordon.

Jämförelse mellan värden, som med den teoretiska modellen och vid fältförsöken uppmätts på pendlingsdämpningen, visade att de vid de teoretiska beräkningarna gjorda förenklningarna inverkade så att något för gynnsamma värden erhöles.

Utförda analyser och försök visar sålunda att en lämpligt dimensionerad fordonskombination har tillfredsställande dynamisk stabilitet även vid hastig-

heter över 100 km/tim. Det har också praktiskt och teoretiskt visats att man i ogynnsamma fall kan erhålla dynamisk instabilitet vid en hastighet understigande 70 km/tim. Släpfordonets massa i relation till dragfordonets är av betydelse, men avstånd mellan dragkula och släpfordonsaxel, kulbelastning och däcksutrustning samt dragfordonets beskaffenhet i olika avseenden har så stor inverkan på den dynamiska stabiliteten att klassning med hänsyn till denna, grundad på relativ vikt, inte kan förordas. Provkörning för typgodkännande av olika slag av fordonskombinationer med avseende på kördynamiska egenskaper torde vara den tills vidare lämpligaste metoden. Godkännande för olika hastighetsgränser får med hänsyn till svårigheten att ange ett rättvist klassningssystem anses olämpligt. I stället torde en enda hastighetsgräns, omfattande samtliga lätta fordonskombinationer, vara att föredra. För att den skall vara tillämpbar för en viss fordonskombination krävs att denna uppfyller vissa fordringar på dynamisk stabilitet.

4.9 Studier av bromsförmåga och dynamisk stabilitet vid bromsning

Vid statens väginstitut har utförts forsknings- och utredningsarbete rörande lätta fordonskombinationers bromsförmåga och dynamiska stabilitet vid bromsning (jämför bilaga H). Arbetet har omfattat litteraturstudier, teoretiska analyser och beräkningar samt fältförsök.

Ändamålet med studierna har varit att för lätta fordonskombinationer söka klarlägga olika faktorerers inverkan på den dynamiska stabiliteten vid bromsning och på bromsförmågan. Med bromsförmåga avses i detta sammanhang ett fordons maximala förmåga till

hastighetsminskning med bibehållen dynamisk stabilitet.

Den dynamiska stabiliteten under olika bromsningstillstånd har analyserats, och teoretisk beräkning av rörelseförloppet vid hopvikning (s. k. fällknivsverkan) av en fordonskombination orsakad av bakhjulsåsning på dragfordonet har utförts för två fall, ett utan och ett med påskjutande kraft från släpfordonet.

Av analysen framgår att en förutsättning för dynamisk stabilitet är att ej något hjul eller endast dragfordonets framhjul är låsta. Av beräkningarna framgår att vikiningsförloppet vid instabil bromsning sker snabbt och att det utvecklas snabbare, om påskjutskraft från släpfordonet föreligger.

Fältförsök har utförts med en utgångshastighet av dels 70 km/tim vid bromsning med alla hjul låsta på dragfordonet och dels 90 km/tim vid bromsning med låsta framhjul. Försöksresultaten stöder riktigheten av teoretiska överväganden och beräkningar.

Teoretiska beräkningar har utförts som vid olika värden på dragfordonets bromskraftfördelning visar hur en fordonskombinations bromsförmåga påverkas av släpfordonsbromsarnas tillskott till den totala bromskraften, släpfordonets belastning, fordonskombinationens hastighet vid bromsningens början samt rådande friktionskoefficient.

Beräkningarna har utförts för såväl pedalkraftstyrd broms som påskjutsbroms på släpfordonet. Som jämförelse har även det ensamma dragfordonets bromsförmåga beräknats. Av beräkningarna framgår att det, med de bromssystem med fast bromskraftfördelning och möjlighet till hjullåsning som ännu förekommer på de flesta fordon, inte är möjligt att erhålla optimal bromsförmåga vid alla de friktionsförhållanden som kan råda på våra vägar. Ett fordons

bromssystem ger således endast möjlighet till fullt utnyttjande av ett bestämt friktionsvärde utan låsning av något hjul. Storleken av detta värde är dessutom beroende av fordonets tyngdpunktsläge, som oftast ändras vid belastning av fordonet. Då bilfabrikanterna har olika meningar om vid vilken friktion och vid vilket belastningstillstånd hos fordonet optimal bromsförmåga skall erhållas, kan fordon av likartad storlek och typ men av olika fabrikat ha olika bromsförmåga under samma friktionsförhållanden. Skillnaderna märks inte under normala inbromsningar men kan givetvis i en kritisk situation vara av avgörande betydelse. Med nuvarande tekniska utvecklingsnivå måste detta förhållande dock accepteras.

Dragfordonet i en lätt fordonskombination används i stor utsträckning även utan släpfordon. Med fast bromskraftfördelning betyder detta, att bromsförmågan vid en viss friktionskoefficient inte kan vara densamma för ett ensamt dragfordon som för dragfordonet med tillkopplat släpfordon, hur bromssystemet än är beskaffat, om man uppställer villkoret att hjullåsning inte får ske. Allmänt gäller att, om vid en viss friktionskoefficient dragfordonet har optimal bromsförmåga, fordonskombinationen kommer att ha sämre bromsförmåga men bättre dynamisk stabilitet. Har fordonskombinationen optimal bromsförmåga, kommer dragfordonet ensamt att ha sämre bromsförmåga och dålig dynamisk stabilitet. Skillnaden i bromsförmåga är dock vid lämpligt avpassad släpfordonsbroms inte större än vad som förekommer mellan olika singelfordon. Av beräkningarna framgår vidare att bromsförmågan påverkas mindre vid ändrad last när släpfordonet är utrustat med påskjutsbroms än när dess broms är pe-

dalkraftstyrd utan lastkännande regulator. Under förutsättning av fullgod dimensionering av bromsarna är hastighetens inverkan på bromsförmågan av mindre betydelse inom det studerade hastighetsområdet (0—90 km/tim).

Samma minimikrav på bromsförmåga bör lämpligen gälla för såväl ett ensamt fordon som en fordonskombination. Enligt nuvarande svenska bestämmelser krävs en medelretardation av 4,3 m/s² vid inbromsning av ett maximalt belastat fordon.

Förutom ovannämnda krav bör en fordonskombination, som ej är att betrakta som bil med efterfordon, när bestämmelserna rörande tjänstevikt är uppfyllda, vid hastigheten 50 km/tim kunna uppnå retardationen 6 m/s² på torr asfalt eller betong utan att något hjul låses. Detta motiveras av att risken för låsning av dragfordonets bak-hjul resp. släpfordonets hjul är störst under denna förutsättning. Vidare bör ett släpfordons bromssystem till sin verkan vara beroende av släpfordonets belastningstillstånd, om förhållandet totalvikt/tjänstevikt för släpfordonet överstiger värdet 1,5. Därjämte bör förhållandet mellan bromskrafterna på dragfordon och släpfordon i en fordonskombination påverkas av dragfordonets belastningstillstånd, om förhållandet totalvikt/tjänstevikt för dragfordonet överstiger samma värde. Detta syftar till ett förebyggande av för tidig hjullåsning i belastningsfall, som inte täcks av tidigare nämnda bromsprov, och grundar sig på förenklade teoretiska beräkningar.

Slutligen bör släpfordonets påskjutande kraft på dragfordonet inte överstiga 10 % av dragfordonets tjänstevikt vid en retardation av 6 m/s². Skälet härtill är att en påskjutskraft från släpfordonet på dragfordonet under inbromsning ökar riskerna för hopvikning av

kombinationen och därför bör hållas så liten som möjligt. En del av släpfordonets tyngd vilar på dragfordonet, varför en viss påskjutskraft inte kan undvikas vid en med hänsyn till friktionskoefficienten maximal inbromsning. Det sagda medför att endast mycket lätta släpfordon kan tillåtas sakna bromsar. Teoretiskt har visats att bromsar fordras för alla släpfordon vars totalvikt överstiger en sjättedel av dragfordonets tjänstevikt. Detta resultat är närmast föranlett av undersökningar beträffande lätta fordonskombinationer men äger givetvis tillämpning även i fråga om tunga kombinationer.

De för lätta släpfordon vanligast förekommande bromssystemen är elektrisk broms, påskjutsbroms, vakuummekanisk broms och hydraulisk broms. Praktiska prov har utförts med de tre förstnämnda typerna. I funktionshänseende skilde de sig främst i fråga om fördröjningar och kopplingskrafter vid till- och frånslag av bromsarna. Fördröjningarna var endast otillfredsställande stora för vakuumbromsen. Denna typ av bromssystem torde därför vara mindre lämpad för snabba fordon. Beträffande påskjutsbromsen konstaterades att påskjutskraften, som vid fortvarighetstillstånd var tillfredsställande låg, vid en snabb inbromsning av dragfordonet kortvarigt kunde uppgå till flerdubbelt högre värde, vilket under ogynnsamma omständigheter kan initiera en sladdningsrörelse hos kombinationen.

Vid en teoretisk jämförelse mellan pedalkraftstyrd och retardationsstyrd släpfordonsbroms har den pedalkraftstyrda släpfordonsbromsen med möjlighet till separatbromsning tekniskt sett befunnits vara fördelaktigast ur trafik-säkerhetssynpunkt. Vissa i praktiken förekommande brister i utförandet i förening med den retardationsstyrda

bromsens enklare handhavande gör dock att en ändring av gällande bestämmelser angående släpfordonsbromsars verknings sätt f. n. inte kan förordas.

När tekniskt fullgoda pedalkraftstyrda släpfordonsbromsar med separatmanövreringstillsats konstruerats och gynnsamma erfarenheter rörande dessas driftsäkerhet kan framläggas, bör en sänkning övervägas av viktgränsen för släpfordon, som får förses med retardationsstyrda bromsar. Ett vägande skäl för detta är de ökade körningarna med husvagn vintertid, då den retardationsstyrda bromsens nackdelar tydligast framträder.

4.10 Överväganden och förslag

Av de i detta kapitel omnämnda undersökningarna är särskilt följande av intresse. Studier av omkörningsmöjligheter för lätta fordonskombinationer har visat att man ej bör utföra accelererande omkörningar med dessa kombinationer vid en hastighet av omkring 70 km/tim eller däröver samt att dragfordonet i en lätt fordonskombination bör uppfylla krav på motorstyrka som är beroende av bl.a. kombinationens vikt.

Studier av körhastighetens inverkan på en lätt fordonskombinations kördynamik har gett vid handen att en lämpligt dimensionerad fordonskombination har tillfredsställande dynamisk stabilitet även vid hastigheter över 100 km/tim samt att i ogynnsamma fall dynamisk instabilitet kan erhållas vid en hastighet understigande 70 km/tim.

Av utförda fältförsök och teoretiska studier framgår att en fordonskombination med lämpligt anpassat bromssystem har tillfredsställande bromsförmåga. Om vid bromsning instabilitet på grund av hjullåsning erhålles, är dock

en fordonskombination en större trafikolycksfallsrisk än ett ensamt fordon. Fällknivsverkan hos fordonskombinationer utbildas mycket snabbt och är svår att bemästra. Svårigheten ökar med ökande färdhastighet. Med hänsyn till detta bör fri fart ej tillåtas för någon typ av fordonskombinationer. En bedömning av utförda bromsprov och teoretiska beräkningar ger vid handen, att, vid normalt väglag och under förutsättning att släpfordonet är försett med bromsar eller har en totalvikt som ej överstiger en sjättedel av bilens tjänstevikt, 50 km/tim är en säker hastighet, 70 km/tim är en godtagbar hastighet och 90 km/tim är en inte rekommenderad hastighet.

Lätta fordonskombinationer utgöres till övervägande del av husvagn som kopplats till personbil. Antalet dylika kombinationer har de senaste åren ökat kraftigt och det måste därför anses vara av stor betydelse att bestämmelser rörande de lätta fordonskombinationernas hastighet anpassas till en nivå där trafiksäkerheten inte eftersättes.

Av utförda studier och praktiska prov framgår visserligen att en fordonskombination är en större trafikrisk än det ensamma dragfordonet. Det torde emellertid kunna anses klarlagt att man genom lämpliga krav, vilkas uppfyllande bör kontrolleras vid besiktning, kan säkerställa tillräckligt goda köregenskaper hos den lätta fordonskombinationen för att en måttlig höjning av de nuvarande hastighetsgränserna skall kunna motiveras.

Det nu anförda föranleder utredningen att beträffande lätta fordonskombinationer föreslå en enhetlig högsta tillåten hastighet av 70 km/tim, under förutsättning att de uppfyller vissa villkor rörande dynamisk stabilitet samt att släpvagnen antingen är utrustad med effektiva bromsar eller har en total-

vikt som ej överstiger en sjättedel av bilens tjänstevikt. Föreligger inte nämnda förutsättningar, föreslås kombinationen få framföras med högst 40 km/tim eller den lägre, högsta tillåtna hastighet som enligt gällande bestämmelser är föreskriven för den aktuella fordonskombinationen.

En konsekvens av utredningens förslag blir att bestämmelsen i 56 § 1 mom. sista stycket VTF, som medger möjlighet till fri hastighet bl. a. när släpvgagnens totalvikt ej överstiger en tredjedel

av bilens tjänstevikt, inte längre bör bibehållas. Utredningen föreslår därför att nämnda stadgande utgår. Med hänsyn till framkomna undersökningsresultat, varav bl. a. framgår att 90 km/tim är en ej rekommendabel hastighet, anser utredningen skäl inte föreligga att föreslå högre maximihastighet på motorväg än på annan väg.

Genom nu framförda förslag anser sig utredningen ha besvarat VoV:s skrivelse den 12 augusti 1963 i de avseenden som omfattas av utredningsuppdraget.

KAPITEL 5

Sammanfattning

Tunga fordonskombinationer kommer till användning främst inom näringslivet och nyttotrafiken, medan lätta kombinationer huvudsakligen utgöres av personbil jämte därtill kopplad husvagn. Utredningen föreslår införande av en generell högsta tillåten längdgräns om 22 m för de tunga kombinationerna. Vidare föreslås en höjning till 70 km/tim av den högsta medgivna hastigheten för vissa tunga kombinationer. I fråga om vissa lätta kombinationer förordar utredningen att de, vari ingår bromsade släpvagnar, får framföras med något högre hastighet — 70 km/tim — än f. n. Beträffande både tunga och lätta fordonskombinationer föreslår utredningen att nuvarande möjligheter att framföra kombinationerna med samma fart som för bilen utan släpvagn upphör. Närmare utvecklat innebär utredningens förslag följande.

Tunga fordonskombinationer

Längder

Transportekonomiska rationaliseringssträvanden har medfört en utveckling mot allt längre fordonskombinationer. Inom vissa delar av näringslivet, t. ex. skogsbruket, förekommer längder av upp till 31 m. För svenska förhållanden har främst gällande axel- och boggitryckbestämmelser medfört att fordonslängden ökats för att lastkapaciteten skall kunna utnyttjas till fullo. Vad gäller frågan, om en ökad trafik-

fara kan anses uppkomma i samband med omkörning av långa fordonsenheter, har utförda undersökningar inte gett belägg för att någon *markant* fara därvid uppkommer. Undersökningarna har avsett längdintervall om 18—27 m. Utredningen anser sig inte kunna direkt peka på någon önskvärd eller inte önskvärd längd för fordonskombinationer vare sig ur transportekonomisk synpunkt eller av hänsyn till trafiksäkerheten. Å andra sidan anser utredningen uppenbart att en — låt vara inte alltid praktiskt påvisbar — ökning av trafikfaran uppkommer i samband med omkörning av långa fordonskombinationer eller vid långa fordons eller fordonskombinationers framförande i kurvor och gathörn. Det måste därför framstå som följdriktigt att påstå att trafiksäkerhetskänsyn motiverar restriktivitet vid tillåtande på vägarna av längre fordon och fordonskombinationer.

För att stävja en utveckling i riktning mot längre fordon och fordonskombinationer har utredningen funnit nödvändigt att föreslå införande av generell förbud mot framförande av fordon eller fordonskombinationer överstigande en viss längd. Vid övervägande av en lämplig längdgräns har utredningen diskuterat en gräns vid 18, 20, 22 resp. 24 m, med dispensmöjlighet för längre fordon. Utredningen har stannat för en längd vid 22 m med bl. a. den motiveringen att denna längd medger framförande av en fordonskombina-

tion med 38 tons bruttovikt på vägar upplåttna för trafik med 10 tons axeltryck och 16 tons boggitryck. Dispens kan tänkas förekomma då fråga är om transport av gods som kan betecknas som odelbart.

Såsom dispensmyndighet föreslås tills vidare VoV, på vilken myndighet skall ankomma att meddela närmare föreskrifter i samband med tillståndsgivningen.

Av hänsyn till redan befintliga fordonskombinationer med längder över 22 m föreslår utredningen att under en övergångstid av åtta år tillstånd skall kunna ges i sådana fall där de i kombinationen ingående fordonen förvärvats innan de nya bestämmelserna träder i kraft och där fordonen till följd av bestämmelserna inte skulle kunna brukas.

Hastigheter

Tunga fordonskombinationer är vanligen förekommande, och utförda fältstudier har visat att de ofta framföres med en hastighet, som väsentligen överskrider den f. n. tillåtna. Detta gäller företrädesvis de kombinationer som får framföras med högst 50 resp. 40 km/tim. Undersökningarna har gett vid handen en allmän tendens till samma hastighet för alla tunga fordonstyper oberoende av tillåten hastighet. Denna gemensamma hastighet ligger enligt undersökningarna vid omkring 70 km/tim.

Praktiska studier av omkörningar tyder på att det ur omkörningssynpunkt inte kan anses innebära något eftersättande av trafiksäkerheten, om den högsta tillåtna hastigheten för vissa tunga fordonskombinationer höjes till 70 km/tim. De kombinationer som här åsyftas är antingen sådana som är försedda med tillfredsställande bromsanordning-

ar, varmed menas att även släpvagnen är bromsförsedd, eller sådana där släpvagnens totalvikt ej överstiger en sjättedel av bilens tjänstevikt.

De gjorda undersökningarna rörande lämplig hastighetsgräns för tunga fordonskombinationer föranleder utredningen att föreslå att den högsta tillåtna hastigheten för sådana kombinationer, vari ingår *en* släpvagn med tillfredsställande bromsanordning eller där släpvagnens totalvikt ej överstiger en sjättedel av bilens tjänstevikt, höjes till 70 km/tim. En dylik höjning torde komma att innebära en relativt obetydlig hastighetsförändring samt medföra en positiv inverkan på körförhållanden och en minskad överträdelse av bestämmelserna. För att motverka ökad användning av obromsade släpfordon föreslås dock inte — utöver vad nyss anförts — någon höjning av hastigheten beträffande fordonskombinationer vari sådana släpfordon ingår.

Med hänsyn till erhållna resultat av hastighetsstudier rörande lätta fordonskombinationer föreslår utredningen att de nuvarande särbestämmelserna i 56 § 1 mom. sista stycket VTF slopas. Detta får till följd en sänkning av den högsta tillåtna hastigheten på motorväg från 90 till 70 km/tim för sådana tunga kombinationer som med stöd av nyss nämnda stadgande eljest skulle ha fått framföras med 90 km/tim.

Lätta fordonskombinationer

Hastigheter

Lätta fordonskombinationer utgöres till övervägande del av husvagn som koplats till personbil. Antalet dylika kombinationer har de senaste åren ökat kraftigt och det måste därför anses vara av stor betydelse att bestämmelser rö-

rande dessa kombinationers hastighet anpassas till en nivå där trafiksäkerheten inte eftersättes.

Med hänsyn till den dynamiska stabiliteten vid bromsning bör fri fart inte tillåtas för någon typ av ifrågavarande fordonskombination. Fällknivsverkan hos dessa kombinationer sker snabbt och är svårbemästrad. Fordonsteknisk motivering för en hastighetsgräns föreligger därför. En bedömning av utförda omkörnings- och bromsprov jämte teoretiska beräkningar ger vid handen att — vid normalt väglag och under förutsättning att släpfordonet är försett med bromsar eller har en totalvikt som ej överstiger en sjättedel av bilens tjänstevikt — 50 km/tim är en säker hastighet, 70 km/tim är en godtagbar hastighet och 90 km/tim är en inte rekommendabel

hastighet. Differentierad hastighetsgräns kan inte förordas.

Det nu anförda föranleder utredningen att för lätt fordonskombination föreslå en högsta tillåten hastighet av 70 km/tim under förutsättning att drag- och släpfordon uppfyller vissa villkor rörande dynamisk stabilitet samt att släpfordonet antingen är utrustat med effektiva bromsar eller har en totalvikt som ej överstiger en sjättedel av dragfordonets tjänstevikt.

Som ovan framgått föreslår utredningen att de i 56 § 1 mom. sista stycket VTF angivna bestämmelserna utgår. Detta innebär för de lätta fordonskombinationernas vidkommande att hastigheten sänks till högsta tillåtna 70 km/tim, vilken hastighet sålunda även kommer att gälla vid färd på motorväg.

Förslag till

Förordning om ändring i vägtrafikförordningen den 28 september 1951 (nr 648)

Härigenom förordnas *dels* att i vägtrafikförordningen den 28 september 1951 till 54 § skall fogas ett nytt moment, betecknat 4 mom. och av nedan angiven lydelse, samt att paragrafens nuvarande 4 och 5 mom. skola betecknas respektive 5 mom. och 6 mom. *dels ock* att 56 § 1 mom., 61 § 1 mom. och 67 § nämnda förordning skola erhålla ändrad lydelse på sätt nedan anges.¹

(Nuvarande lydelse)

(Föreslagen lydelse)

54 §.

4 mom.

Motordrivet fordon eller därtill kopplat fordon får icke föras på allmän väg, gata eller annan allmän plats, om längden av fordonet eller fordonskombinationen, lasten inräknad, överstiger 22 meter.

Utan hinder av vad i första stycket stadgas äger Konungen eller den myndighet Konungen därtill förordnar, om särskilda skäl föreligga, tillåta större längd än nu sagts. Med sådant tillstånd må förenas särskilda villkor eller föreskrifter.

56 §.

1 mom. Sådan buss — — — — — i timmen.

Har till — — — — — manövrerbara bromsar 70

b) en släpvagn i annat fall, än som under a) sägs, samt släpvagnen är försedd med effektiva från fotbroms eller motsvarande anordning på bilen manövrerbara bromsar 50

b) en släpvagn i annat fall än som under a) sägs, samt släpvagnen är försedd med effektiva från fotbroms eller motsvarande anordning på bilen manövrerbara bromsar eller har en totalvikt icke överstigande en sjättedel av bilens tjänstevikt 70

c) en släpvagn — — — — — a—f) sägs 20

Har till bil kopplats endast en släpvagn, vars totalvikt icke överstiger en tredjedel av bilens tjänstevikt, må fordonen utan hinder av vad ovan stadgats föras med samma hastighet, som är medgiven för bilen utan släpvagn.

¹ Senaste lydelse av 56 § 1 mom. se 1962: 263, av 61 § 1 mom. se 1964: 732 samt av 67 § se 1965: 763.

(Nuvarande lydelse)

(Föreslagen lydelse)

Vad nu sagts om släpvagnens totalvikt skall, därest släpvagnen ej är lastad, gälla dess tjänstevikt.

61 §.

1 mom. Beträffande viss —————	c) färdhastighet;
d) inskränkning i trafiken beträffande fordon av visst slag eller fordon med last av viss beskaffenhet eller medgivande av större eller inskränkning till mindre axeltryck eller bruttovikt eller bredd å fordon och last än som tillåtes i 54 §;	d) inskränkning i trafiken beträffande fordon av visst slag eller fordon med last av viss beskaffenhet eller medgivande av större eller inskränkning till mindre axeltryck eller bruttovikt eller bredd å fordon och last eller inskränkning till mindre längd å fordon eller fordonskombination än som tillåtes i 54 §;
e) att viss —————	av trafiken.
Föreskrifter, som —————	av länsstyrelsen.
Länsstyrelsen äger —————	lägre hastighet.
Väg må — — — — —	väg- och vattenbyggnadsstyrelsen.

67 §.

Med dagsböter straffas den, som åsidosätter föreskrifterna i 40 §, 41 § 1 mom. eller 2 mom. andra stycket, 42 § 2 eller 4 mom. eller 46 § 1 mom. tredje stycket, föreskrifterna om signalering i 47 § 3 mom. första stycket eller föreskrifterna i 48 § 1 eller 3 mom., 49 § 2 eller 4 mom., 52 § 2 mom., 53 §, 54 § 2 eller 4 mom., 55 § 1 mom. eller 2 mom. första stycket, 56 § 1, 2 eller 3 mom. eller 57 § 2 mom. tredje stycket eller 3 eller 4 mom. Till samma straff dömes den, som överträder föreskrift, meddelad med stöd av 56 § 4 mom.	Med dagsböter straffas den, som åsidosätter föreskrifterna i 40 §, 41 § 1 mom. eller 2 mom. andra stycket, 42 § 2 eller 4 mom. eller 46 § 1 mom. tredje stycket, föreskrifterna om signalering i 47 § 3 mom. första stycket eller föreskrifterna i 48 § 1 eller 3 mom., 49 § 2 eller 4 mom., 52 § 2 mom., 53 §, 54 § 2, 4 eller 5 mom., 55 § 1 mom. eller 2 mom. första stycket, 56 § 1, 2 eller 3 mom. eller 57 § 2 mom. tredje stycket eller 3 eller 4 mom. Till samma straff dömes den, som överträder föreskrift, meddelad med stöd av 56 § 4 mom.
Med böter, —————	3 mom.
Förseelse mot —————	trehundra kronor.
Befordras med —————	fordonets brukande.
För medverkan —————	23 kap. brottsbalken.

Särskilda yttranden

Av ledamoten i trafiksäkerhetsrådet, direktören Torell

I utredningen rörande längdbestämmelser för fordon och fordonskombinationer har körförsök gjorts med fordonskombinationer mellan 18 och 27 m, utan att någon bestämd, av trafiksäkerhetsskäl betingad längdgräns kan förordas. Vill man då det gäller att fastställa en längdgräns hävda, att ett längre fordon medför större risk än ett kortare, så kan också göras gällande, att insättande av flera kortare fordon för samma transportuppdrag ökar riskerna. Trafiksäkerhetsmomentet har ej kunnat beläggas i hela dess vidd, men det synes ändock väsentligt, att någon särskild längdgräns mellan 18 och 27 m ej kunnat fastställas.

Valet av en längdgräns torde därför få bestämmas med hänsyn till transportekonomi och vägförhållanden. I sistnämnda fall är det otvetydigt, att landets svaga brobestånd och därmed tillåtna låga axeltryck får till följd fordonskombinationer av relativt stor längd och med många axlar. De faktiska vägförhållandena och den långa tid som beräknas förflyta, innan det s. k. tunga vägnätet omfattar merparten av vägnätet, motiverar enligt mitt förmenande längdbestämmelser, som anpassas till våra vägförhållanden. Bestämmelserna behöver inte vara knutna till de internationella, som f. ö. främst är avsedda för trafik över gränserna. Då vi inte kan räkna med att kunna utnyttja de axeltrycksbestämmelser, som CEMT antagit och till vilka vi anslutit oss, behöver vi inte heller rimligen binda oss vid för snäva längdbestämmelser.

Av trafiksäkerhetsskäl bör utvecklingen beträffande fordon och fordonskombinationer kunna kontrolleras, och jag anser det därför befogat att införa en lämplig längdbestämmelse. För fordon eller fordonskombinationer över en sålunda bestämd längd bör dispenser kunna lämnas.

Vid valet av längdgräns har utredningen diskuterat fyra alternativa lösningar. Dessa förslag har inneburit en längdgräns vid 18, 20, 22 eller 24 m med dispens för längre fordonskombinationer.

Jag vill uttala mig för att längdgränsen fastställs till 24 m. För längre kombinationer bör erfordras dispens. Mitt förslag innebär ett administrativt enklare förfarande än vid en gräns på 22 m. I sistnämnda fall synes nämligen drygt 2 000 kombinationer få dispenseras mot i stället några hundra, om gränsen sätts till 24 m.

Transportekonomiskt är 24 meters längd avgjort att föredraga framför 22 m med hänsyn till bl. a. skogsbrukets transporter och till containertrafik. En längd på 22 m innebär därtill för körning på de vägar, som upplåtits för 8 tons axeltryck och 12 tons boggitryck, att största totalvikten uppgår till 34 å 35 ton på grund av bestämmelserna i 54 § VTF (totalviktstabellen). Då dessa vägar nu omfattar ca 90 % av hela vägnätet, kommer en mycket stor del av transporter att ske med för låg totalvikt.

Eftersom vi hittills saknat längdbestämmelser, måste betydande ekonomiska förluster uppstå för näringslivet genom införande av sådana bestämmelser.

Utredningen har velat förhindra att sådana resultat uppkommer och har därför föreslagit en övergångstid, under vilken befintliga fordon i stort sett blir förbrukade. Jag ansluter mig till utredningens förslag i detta avseende, nämligen att denna övergångstid fastställs till åtta år.

**Av föredraganden i trafiksäkerhetsrådet,
kanslichefen Hansson**

Utredningens uttalande, att trafiksäkerhetsskäl motiverar restriktivitet vid valet av en högsta tillåten generell längdgräns, vill jag instämma i. Det nu åberopade uttalandet anser jag dock inte motivera en så hög generell maximi-gräns som 22 m. En sådan gräns anser jag ur flera synpunkter olämplig.

En allmän riktlinje för utredningen har varit, att långa fordon eller fordonskombinationer inte bör förekomma på vägarna i sådana fall, där en transport utan större olägenhet kan ske med måttligt långa enheter. Den i betänkandet redovisade undersökningen av längdförhållandena hos olika fordonskombinationer visar, att en gräns vid 22 m skulle komma att beröra ca 2 300 fordonskombinationer. Om en längdgräns valdes vid 20 m, skulle ca 5 300 kombinationer komma att beröras. Ca 10 000 kombinationer skulle komma att omfattas av en längdgräns vid 18 m. Av de kombinationer, som skulle komma att beröras vid en längdgräns av 20 m, är blott ett mycket obetydligt antal oundgängligen beroende av att gränsen inte sättes under 22 m. De kombinationer, som här åsyftas, utgöres i huvudsak av vissa typer av tankfordon. Beträffande det klart övervägande antalet kombinationer är det emellertid likgiltigt, om gränsen sättes vid 20 eller 22 m. Med hänsyn till det nu anförda skulle otvivelaktigt den nyss angivna riktlinjen tillgodoses bättre, om gränsen sattes vid 20 m i stället

för vid den av utredningen föreslagna.

Gällande bruttoviktsbestämmelser medför vidare med utredningens förslag, att fordonen blott i ringa utsträckning kan utnyttja full lastkapacitet vid en längdgräns på 22 m. Vid denna längd skulle tillåten bruttovikt bli ca 38 ton på vägar avsedda för trafik med 10 tons axeltryck och 16 tons boggitryck. Sistnämnda slags vägar representerar emellertid f. n. endast drygt 10 % av det svenska vägnätet, och möjligheten att vid en längd av 22 m utnyttja nämnda bruttovikt skulle därför bli mycket obetydlig. Anledning finns därför att utgå från att transportörerna — för att kunna utnyttja fordonets lastförmåga till fullo — kommer att använda fordonskombinationer av omkring 20 meters eller, efter dispens, ca 24 meters längd.

Ett annat viktigt skäl för att vara restriktiv vid val av en största tillåten fordonslängd är det förhållandet, att långa enheter kräver stort utrymme i kurvor och gathörn. Även ur denna synpunkt anser jag en längdgräns vid 22 m vara för hög. En gräns vid 20 m skulle bättre svara mot trafiksäkerhetskravet i detta avseende.

Ytterligare en nackdel med utredningens förslag anser jag vara själva utformningen av dispensgivningen. Enligt förslaget skall dispens bara kunna medges, när fråga är om transport av ej delbart gods. Bortsett från att det måste anses diskutabelt att — vilket blir konsekvensen av utredningens förslag — premiera transport av s. k. ej delbart gods, oaktat angelägenhetsgraden av en sådan transport ofta kan vara mindre än vid transport av s. k. delbart gods (var går f. ö. gränsen mellan delbart och ej delbart gods?), torde tillståndsgivningen komma att bli onödigt inflexibel. Enligt min mening bör en större anpassning ske till särskilda behov av transport med längre enheter, oavsett om fråga är om s. k. delbart eller

ej delbart gods. Detta nödvändiggör en mjukare utformning av dispensbestämmelserna. Självfallet kan den närmare regleringen av dessa diskuteras. En lösning kan härvid tänkas vara att dispens skall kunna komma i fråga, när *särskilda skäl* föreligger att transport sker med fordonskombinationer över 20 m. Sådana skäl bör anses föreligga om det dels kan bedömas vara av väsentlig betydelse att transport äger rum med fordon över 20 m, dels finnes vara godtagbart ur trafiksäkerhetssynpunkt att fordonskombinationen trafikerar vägarna.

Av väsentlig betydelse kan sålunda vara att skogsindustrin erhåller möjlighet att utföra transporter som kräver över 20 m långa kombinationer. Däremot bör dispens inte kunna påräknas om en transport bedömes kunna ske med fordonskombinationer kortare än 20 m. Transporter som här åsyftas är sådana som rör styckegods, flytande gods och sådant övrigt gods som utan större svårighet torde kunna fraktas med kortare enheter. Vidare torde dispens regelmässigt inte böra ifrågakomma vid trafik av rent lokal karaktär.

Som en viktig andra förutsättning för dispens bör även krävas att fordonskombinationen uppfyller föreskrivna trafiksäkerhetskrav i tekniskt hänseende, dvs. i fråga om ledbarhet, spårning etc.

Dispens som nu avses må kunna medges för viss fordonskombination och gälla tills vidare. I tillståndet bör då anges de förutsättningar, under vilka tillståndet givits, med erinran att brist med avseende på någon av förutsättningarna medför att tillståndet skall anses förfallet. Så länge någon ändring inte sker i förutsättningarna för meddelande av tillståndet bör sålunda ej krävas någon ny dispens.

De nu berörda undantagsfallen kan

eventuellt hänföras till en särskild dispensgrupp och bör — med hänsyn till tillståndets varaktighet — lämpligen inte avse längder över 24 m.

Emellertid torde behov ej sällan föreligga av transport med längre enheter än 24 m och dispens kan i sådana fall vara oundgängligen nödvändig. Möjlighet bör därför finnas att, då *synnerliga skäl* föreligger, medge dispens även för kombinationer av större längd. Sådana kombinationer är betydligt mindre vanliga än de med kortare längder, och antalet dispenser av förevarande slag torde därför komma att bli förhållandevis ringa. Som exempel på fall, då nu avsett tillstånd bör kunna meddelas, må nämnas, att transporten avser att tjäna ett intresse av mera allmän betydelse, t. ex. det samhällsviktiga intresset av att transport äger rum av balkar för visst brobygge. Även i fråga om nu avsedda dispenser bör som förutsättning för tillstånd gälla att fordonskombinationen uppfyller föreskrivna tekniska krav ur trafiksäkerhetssynpunkt.

Beträffande båda grupper av dispenser bör tillståndsmyndigheten kunna meddela de ytterligare föreskrifter som kan vara betingade av trafiksäkerhetsskäl, t. ex. föreskrift om natttransport, förbud mot körning på viss väg o. s. v.

I fråga om val av tillståndsmyndighet ansluter jag mig till utredningens förslag.

Den av mig antydda lösningen av dispensgivningen — andra lösningar kan väl tänkas — kan i början komma att bli något mera omfattande än den av utredningen föreslagna, och under en första period kan viss personalförstärkning tänkas bli erforderlig hos den myndighet som avses skola handlägga dispensärenden. Efter hand torde dessa dock reduceras till ett relativt begränsat antal.

BILAGOR

RIKSDAGARNA

1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030

BILAGA A

Trafikolyckor utanför tätbebyggelse, i vilka fordons- kombinationer deltagit¹

1. Olyckor med tunga fordons- kombinationer år 1960

1.1 Undersökningens omfattning

Undersökningen har omfattat samtliga polisundersökta trafikolyckor, i vilka tung lastbil med tillkopplat släpfordon (tung fordonskombination) varit delaktigt trafikelement och som under år 1960 inträffat utanför tätbebyggelse.

Underlaget för undersökningen har utgjorts av de uppgifter rörande inträffade trafikolyckor, polismyndigheterna insänder till Statistiska centralbyrån. Detta material har vidare kompletterats med polismyndigheternas förundersökningsprotokoll.

Totalt omfattar materialet 1 232 olyckor. Vid 126 olyckor har defekter hos förare eller fordon bidragit till olycks-

uppkomsten. Dessa olyckor har frånskilts och bearbetats separat.

1.2 Undersökningens genomförande

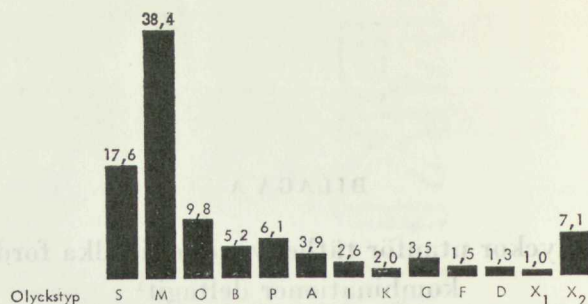
Vid undersökningen har studerats dels olyckornas fördelning på olyckstyper, dels de yttre förhållanden, som rått vid olyckorna i fråga. Särskild uppmärksamhet har ägnats sådana fall, där fordonsdefekter, t. ex. brustna kopplingar, felaktiga bromsar etc. medverkat till olycksuppkomsten.

Det har i samband med bearbetningen även ansetts vara av vikt att studera olyckornas svårighetsgrad för de olika kombinationerna och att jämföra denna med svårighetsgraden för samtliga de olyckor, som under år 1960 inträffat utanför tätbebyggelse. Resultatet av dessa studier redovisas i tabell A.1.

Tabell A.1. Trafikolyckor utanför tätbebyggelse år 1960, i vilka tunga fordonskombinationer deltagit, procentuellt fördelade efter typ av kombination och svårighetsgrad

Svårighetsgrad	Olyckor i vilka deltagit tung fordonskombination med högsta tillåten hastighet (km/h)			Samtliga olyckor inom ej tätbebyggt område
	50	60	Summa	
Dödsolycka.....	3,8	1,7	3,4	2,9
Olycka med svår personskada.....	3,2	2,9	3,1	6,0
Olycka med lätt personskada.....	17,0	20,1	17,6	25,6
Olycka med enbart egendomsskada.....	76,0	75,3	75,9	65,5
Summa	100,0	100,0	100,0	100,0

¹ Av forskningsledaren L.-B. Kritz, statens trafiksäkerhetsråd.



Figur A.1. Trafikolyckor fördelade efter olyckstyp

Av tabellen framgår, att såväl andelen svåra olyckor (olyckor med dödlig eller annan svår personskada) som den totala andelen personskadeolyckor varit lägre för de olyckor, i vilka de undersökta fordonskombinationerna varit delaktiga trafikelement än för samtliga olyckor utanför tätbebyggelse. Av de olyckor, i vilka deltog fordonskombinationer med den högsta tillåtna hastigheten 50 resp. 60 km/h, resulterade sålunda 24,1 % i personskada och 6,5 % i svår sådan skada (inkl. dödlig skada). Motsvarande värden för det totala antalet olyckor utanför tätbebyggelse var 34,5 resp. 8,9 %.

Tabell A.2. Trafikolyckor utanför tätbebyggelse år 1960, i vilka tunga fordonskombinationer deltagit, fördelade efter olyckstyp

Olyckor		
Olyckstyp	Antal	Procentuell andel
S.....	195	17,6
M.....	424	38,4
O.....	108	9,8
B.....	58	5,2
P.....	67	6,1
A.....	43	3,9
I.....	29	2,6
K.....	22	2,0
C.....	39	3,5
F.....	17	1,5
D.....	14	1,3
X ₁	11	1,0
X ₂	79	7,1
Summa	1 106	100,0

Även mellan de kombinationer, vilkas högsta tillåtna hastighet var 60 km/h och de vilkas högsta tillåtna hastighet var 50 km/h, förefinnes vissa skillnader i fråga om olyckornas svårighetsgrad. För den totala andelen personskadeolyckor är emellertid skillnaden av obetydlig storleksordning.

Av de olyckor, i vilka kombinationer av det förstnämnda slaget (kombinationer med högsta tillåtna hastigheten 60 km/h) deltog, resulterade sålunda 4,6 % i svår (inkl. dödlig) personskada. Motsvarande värde för det senare slaget av kombinationer (kombinationer med högsta tillåtna hastigheten 50 km/h) var 7,0 %. Den totala andelen personskadeolyckor för de båda nu nämnda kombinationsgrupperna var 24,7 resp. 24,0 %.

Som nästa led i inventeringen har olyckorna fördelats på 13 olika olyckstyper, vilka i tabellerna angivits med bokstavsbezeichnungar. Förklaringar till dessa beteckningar återfinnes i huvudskrivelsen under Begreppsförklaringar och förkortningar. Fördelningen redovisas dels i tabell A.2, dels i figur A.1.

Av tabellen och figuren framgår bl. a., att mer än hälften (56 %) av de undersökta olyckorna utgöres av singel- och mötesolyckor. Detta värde överensstämmer mycket väl med motsvarande värde (56 %) för samtliga polisundersökta trafikolyckor utanför tätbebyggelse. I det här förevarande olycksmaterialet dominerar emellertid mötesolyckorna och

Tabell A.3. Trafikolyckor utanför tätbebyggelse år 1960, i vilka tunga fordonskombinationer deltagit, fördelade efter typ av kombination och olyckstyp

Olyckstyp	Fordonskombinationer med högsta tillåten hastighet (km/h)										Summa
	60		50		40		Övrigt		Okänt		
	Antal	%	Antal	%	Antal	%	Antal	%	Antal	%	
S	28	16,1	150	19,9	1	5,9	5	9,4	11	10,1	195
M	78	44,8	284	37,7	8	47,0	23	43,3	31	28,7	424
O	12	6,9	74	9,8	2	11,7	5	9,4	15	13,9	108
B	8	4,6	44	5,8	0	—	1	1,9	5	4,6	58
P	11	6,3	36	4,8	1	5,9	5	9,4	14	13,0	67
A	7	4,0	29	3,8	1	5,9	3	5,7	3	2,8	43
I	7	4,0	19	2,5	0	—	1	1,9	2	1,9	29
K	3	1,7	15	2,0	1	5,9	3	5,7	0	—	22
C	5	2,9	26	3,4	1	5,9	3	5,7	4	3,7	39
F	2	1,2	12	1,6	0	—	0	—	3	2,8	17
D	0	—	6	0,8	1	5,9	0	—	7	6,5	14
X ₁	1	0,6	8	1,1	0	—	2	3,8	0	—	11
X ₂	12	6,9	51	6,8	1	5,9	2	3,8	13	12,0	79
Summa	174	100,0	754	100,0	17	100,0	53	100,0	108	100,0	1 106

omfattar ungefär $\frac{2}{3}$ av samtliga olyckor av de båda nu nämnda typerna. Av samtliga singel- och mötesolyckor utanför tätbebyggelse är endast omkring 50 % mötesolyckor. Av tabellen och figuren framgår vidare, att omkörningsolyckorna omfattar nära 10 % av de undersökta olyckorna. Detta värde är ungefär dubbelt så stort som motsvarande värde för samtliga polisundersökta trafikolyckor utanför tätbebyggelse. Av övriga olyckstyper har ingen svarat för mer än 7 % av samtliga de bearbetade 1 106 olyckorna.

I tabell A.3 redovisas olycksfördelningen för olika slag av fordonskombinationer med utgångspunkt från de under det aktuella året 1960 gällande högsta tillåtna hastigheterna för dessa kombinationer.

Av tabellen framgår bl. a., att mötesolyckor varit den dominerande olyckstypen för samtliga de berörda kombinationerna. Andelen mötesolyckor har emellertid varierat något för de olika kombinationerna. Skillnaderna är emellertid inte av den storleksordning-

en, att det kan uteslutas, att de är slumpmässigt betingade. Det kan därjämte redan i förevarande sammanhang påpekas, att det totala antalet undersökta olyckor för vissa kombinationer är av så begränsad omfattning, att det inte tillåter några säkra slutsatser vad beträffar olycksfördelningen. I stort sett uppvisar emellertid fördelningen på olyckstyper en god överensstämmelse mellan de kombinationer, vilkas högsta tillåtna hastighet var 60 km/h (lastbil med tillkopplad påhängsvagn; s. k. semitrailer) och de, vilkas högsta tillåtna hastighet var 50 km/h (lastbil med tillkopplad släpvagn försedd med från lastbilen manövrerbara bromsar). De skillnader, som finnes, är ej större, än att de får hänföras till slumpens inverkan. Det är vidare tänkbart, att om fordonskombinationerna inom gruppen »okänt» kunnat föras till sina resp. grupper, en ännu bättre överensstämmelse skulle ha erhållits.

Det kan slutligen anföras, att de fordonskombinationer, vilkas högsta tillåtna hastighet var 60 km/h svarade för

Tabell A.4. Mötesolyckor utanför tätbebyggelse år 1960, i vilka tunga fordonskombinationer deltagit, fördelade efter typ av kombination, typ av mötande fordon samt vägbredd

a. Fordonskombinationer med en högsta tillåten hastighet av 50 km/h

Vägbredd (m)	Mötande fordons typ									
	Personbil		Lastbil		Lastbil + släp		Okänt fordon		Summa	
	Antal	%	Antal	%	Antal	%	Antal	%	Antal	%
<3.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3—4.....	9	5,8	—	—	—	—	—	—	9	3,2
4—5.....	40	26,0	35	40,7	8	21,6	—	—	83	29,2
5—6.....	46	29,9	39	45,3	14	37,9	—	—	100 ¹	35,2
6—7.....	34	22,1	8	9,3	9	24,3	3	—	54	19,0
>7.....	25	16,2	4	4,7	6	16,2	3	—	38	13,4
Summa	154	100,0	86	100,0	37	100,0	6	—	284 ¹	100,0

¹ Häri ingår en olycka, där det mötande fordonet varit motorcykel

b. Fordonskombinationer med en högsta tillåten hastighet av 60 km/h

Vägbredd (m)	Mötande fordons typ									
	Personbil		Lastbil		Lastbil + släp		Okänt fordon		Summa	
	Antal	%	Antal	%	Antal	%	Antal	%	Antal	%
<3.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3—4.....	6	13,1	—	—	—	—	1	—	7	9,0
4—5.....	16	34,8	11	45,9	1	—	—	—	28	35,9
5—6.....	14	30,4	8	33,3	—	—	—	—	22	28,2
6—7.....	7	15,2	3	12,5	2	—	1	—	13	16,7
>7.....	3	6,5	2	8,3	2	—	1	—	8	10,2
Summa	46	100,0	24	100,0	5	—	3	—	78	100,0

16 % av det totala antalet undersökta olyckor, och de vilkas högsta tillåtna hastighet var 50 km/h svarade för 68 %. Denna fördelning av olyckorna stämmer ganska väl överens med de båda kombinationsgruppernas förekomst på vägarna — 20 resp. 75 %.

Som ovan framgått har mötesolyckorna varit den dominerande olycksypen för samtliga de av undersökningen berörda fordonskombinationerna. Det har för dessa olyckor därför även ansetts vara av intresse att undersöka mötande fordons art samt vägens karaktär på de platser, olyckorna inträff-

fat. I tabell A.4 redovisas de mötesolyckor, i vilka kombinationer med en högsta tillåten hastighet av 50 resp. 60 km/h deltagit, fördelade på typ av mötande fordon samt vägbredd.

Av tabellen framgår bl. a., att mötesolyckorna för båda berörda typer av tunga fordonskombinationer koncentrerats till vägar med en vägbredd av 4—6 m. Huvuddelen av antalet mötesolyckor har således inträffat på vägar med mindre vägbredd än riksvägar. Särskilt utpräglat är detta förhållande i de fall mötesolyckorna inträffat i samband med möte med lastbil med eller utan till-

Tabell A.5. Trafikolyckor utanför tätbebyggelse år 1960, i vilka tunga fordonskombinationer deltagit, fördelade efter vid olyckorna rådande ljusförhållanden och olyckstyp

Olyckstyp	Dagsljus		Mörker		Summa
	Antal	%	Antal	%	
S.....	60	30,8	135	69,2	195
M.....	300	70,8	124	29,2	424
O.....	76	70,4	32	29,6	108
B.....	28	48,3	30	51,7	58
P.....	33	49,3	34	50,7	67
A.....	27	62,8	16	37,2	43
I.....	14	48,3	15	51,7	29
K.....	20	90,9	2	9,1	22
C.....	27	69,2	12	30,8	39
F.....	14	82,4	3	17,6	17
D.....	4	28,6	10	71,4	14
X ₁	8	72,7	3	27,3	11
X ₂	48	60,8	31	39,2	79
Summa	659	59,6	447	40,4	1 106

kopplat släpfordon. Olyckor, som uppstått i samband med möte med personbil, har däremot i något större utsträckning skett på bredare vägar. Det bör emellertid framhållas, att de i tabellen redovisade värdena i flera fall är av så ringa storleksordning, att de ej tillåter några säkra slutsatser.

I tabell A.5 har de undersökta olyckorna fördelats efter de ljusförhållanden, som rått vid olyckorna i fråga, samt olyckstyp.

Av tabellen framgår, att av det totala antalet olyckor med tunga fordonskombinationer inträffade nära 60 % under dagsljus och drygt 40 % under mörker. För samtliga olyckor utanför tätbebyggelse under år 1960 var motsvarande tal 70 resp. 30 %. Detta innebär m. a. o., att andelen mörkertrafikolyckor är något större för de tunga fordonskombinationerna än för exempelvis personbilar. Denna avvikelse torde emellertid bero på att de tunga fordonskombinationerna proportionsvis färdas mer under mörker än andra fordon.

Av tabellen framgår vidare, att andelen olyckor under mörker varit störst för singelolyckor och olyckor med mo-

torfordon och djur. Detta konstaterande stämmer väl överens med tidigare erfarenheter, även om andelen singelolyckor under mörker är något högre för de tunga fordonskombinationerna än för övriga fordon. Denna differens torde emellertid återigen sammanhånga med de olika fordonskategoriernas olika förekomst under skilda tider på dygnet.

Det hade varit önskvärt att ur det undersökta materialet kunna få fram fakta ägnade att belysa frågan i vad mån olika egenskaper hos fordonskombinationerna bidragit till olyckornas förekomst. Materialets karaktär har emellertid ej möjliggjort detta.

Som inledningsvis anförts har 126 olyckor, vid vilka defekter hos förare eller fordon bidragit till olycksuppkomsten, fränskilt undersökningsmaterialet och bearbetats separat. Det har därvid, vad förarna beträffar, visat sig, att insomning varit den vanligaste olycksbidragande faktorn, närmast följd av alkoholpåverkan.

Vad fordonsdefekterna beträffar redovisas dessa i tabell A.6.

Av tabellen framgår, att bromsfel och brusten draganordning varit de vanli-

Tabell A.6. Förekomst av defekter hos tunga fordonkombinationer, som deltagit i trafikolyckor utanför tätbebyggelse år 1960, fördelade efter typ av kombination och defekternas art

Fordonsdefekt	Fordonskombinationer med högsta tillåten hastighet (km/h)									
	60		50		Övrigt		Okänt		Summa	
	Antal	%	Antal	%	Antal	%	Antal	%	Antal	%
Bromsfel	4	—	9	18,7	2	—	1	—	16	25,0
Brusten draganordning	—	—	10	20,7	—	—	1	—	11	17,2
Punktering	—	—	6	12,5	—	—	1	—	7	11,0
Slitna däck	3	—	3	6,3	—	—	—	—	6	9,4
Fel på styrinrättning	—	—	5	10,4	—	—	—	—	5	7,8
Fel på bakljus	—	—	4	8,3	—	—	—	—	4	6,2
Axelbrott	—	—	3	6,3	—	—	1	—	4	6,2
Belysningsfel	—	—	3	6,3	—	—	1	—	4	6,2
Fjäderbrott	—	—	3	6,3	—	—	—	—	3	4,7
Tappat hjul	1	—	1	2,1	—	—	—	—	2	3,1
Fel på blinkers	1	—	—	—	—	—	—	—	1	1,6
Kopplingsfel	—	—	1	2,1	—	—	—	—	1	1,6
Summa	9	—	48	100,0	2	—	5	—	64	100,0

gast förekommande defekterna på de i de undersökta olyckorna delaktiga fordonkombinationerna. Felaktigt anbragt last har vidare i flera fall varit en bidragande olycksfaktor. Den totala frekvensen fordondefekter är emellertid av så begränsad omfattning, att den inte medger några slutsatser, huruvida det rått några skillnader i förekomsten av sådana defekter mellan de av undersökningen omfattade fordonkombinationer, vilkas högsta tillåtna hastighet var 50 km/h, och de, för vilka högsta tillåtna hastigheten var 60 km/h.

2. Olyckor med lätta fordonkombinationer (april—september åren 1963 och 1964)

2.1 Undersökningens omfattning

Undersökningen har omfattat samtliga polisundersökta trafikolyckor utanför tätbebyggelse, i vilka personbil med tillkopplad släpvagn (lätt fordonskombi-

nation) varit delaktigt trafikelement och som inträffat under månaderna april—september åren 1963 och 1964.

Skälet till att undersökningen begränsats att omfatta blott tiden april—september är, att antalet husvagnar, som framföres på vägarna under vinterhalvåret (oktober—mars) är mycket ringa.

Underlaget för undersökningen har utgjorts av de uppgifter rörande inträffade trafikolyckor, polismyndigheterna insänder till Statistiska centralbyrån. Detta material har vidare kompletterats med uppgifter ur polismyndigheternas förundersökningsprotokoll. Totalt omfattar materialet 91 olyckor, varav 45 olyckor år 1963 och 46 olyckor år 1964.

2.2 Undersökningens genomförande

Vid bearbetningen har olyckorna fördelats på ovan nämnda 13 typer. Olyckornas fördelning på dessa typer framgår av tabell A.7.

Tabell A.7. Trafikolyckor utanför tätbebyggelse april—september åren 1963 och 1964, i vilka lätta fordonskombinationer deltagit, fördelade på olyckstyper

Olyckstyp	S	M	O	B	P	A	I	K	C	F	D	X ₁	X ₂	Summa
Antal.....	11	21	17	9	1	13	3	3	6	2	1	—	4	91
Procentuell andel	12	23	19	10	1	14	3	3	7	2	1	—	5	100

Av tabellen framgår, att 12 av de 13 olyckstyperna finnes representerade i olycksmaterialet. Mötes- och omkörningsolyckor är de två vanligaste olyckstyperna, som tillsammans omfattar 42 % av totala antalet olyckor. En-

träffar sommarhalvåret (april—september) 1963 i följande sammanställning. Motsvarande ålderssammansättning för sommarhalvåret 1964 har ej kunnat erhållas ur det tillgängliga olycksmaterialet.

	Ålder (år)								Summa
	18—20	21—25	26—30	31—40	41—50	51—60	61—70	Okänt	
Antal förare.....	1	4	8	12	13	3	3	1	45
Procentuell andel....	2	9	19	27	29	6	6	2	100

bart omkörningsolyckorna omfattar 19 % av de undersökta olyckorna. Detta värde är anmärkningsvärt högt mot bakgrunden av att endast 5—6 % av samtliga polisundersökta trafikolyckor utanför tätbebyggelse utgöres av omkörningsolyckor.

Åtskilliga av de undersökta omkörningsolyckorna har uppkommit, då personbil med tillkopplad släpvagn kört om annan vägtrafikanter och därvid kört in så snävt framför denne, att släpvagnen stött samman med det omkörda fordonet. I vissa fall har detta skett i samband med möte.

I storleksordningen mellan 10 och 14 % återfinnes avsvängnings-, singel- och upphinnandeolyckorna. Särskilt anmärkningsvärd är den relativt låga frekvensen singelolyckor (12 %). Det förefaller inte orimligt att anta, att detta förhållande till en del kan hänföras till ålderssammansättningen hos förarna i det undersökta olycksmaterialet. Denna ålderssammansättning redovisas, vad be-

Av sammanställningen framgår, att 89 % av de berörda förarna varit äldre än 25 år. Vid tidigare undersökningar har det konstaterats, att frekvensen singelolyckor ej är särskilt hög för äldre förare, medan det motsatta förhållandet råder beträffande de unga förarna.

Emellertid är antalet undersökta olyckor så begränsat, att det inte tillåter några slutsatser rörande orsakerna till här påpekade avvikelser från olyckstypsfördelningen för ett riksomfattande olycksmaterial.

Av de olyckor, som inträffat under tiden april—september 1963 och 1964 har 37 olyckor (41 %) resulterat i personskada. Två av dessa olyckor fick dödlig utgång.

Olyckorna under de två undersökta sommarhalvåren har främst inträffat under månaderna juni—juli med en olyckstopp den sistnämnda månaden. Denna fördelning sammanhänger naturligtvis med husvagnens karaktär av semesterfordon och den, särskilt under

juli månad, intensiva semestertrafiken.

De flesta olyckorna (80 %) har inträffat i dagsljus.

Av de undersökta olyckorna har två tredjedelar inträffat, då det varit klart väder eller uppehållsväder.

På grund av den bristande kännedomen om de lätta fordonskombinationernas förekomst i trafiken under olika yttre förhållanden är det emellertid inte möjligt att beräkna den relativa olycksrisken för sådana kombinationer vid varre sig olika ljus- eller väderleksförhållanden.

Undersökningen har gett vid handen, att släpvagnen medverkat till olycks-

uppkomsten vid ungefär en fjärdedel av de undersökta olyckorna. Vid en annan fjärdedel av olyckorna har det bedömts som osäkert, huruvida släpvagnen bidragit till olycksuppkomsten.

I de flesta fall, där släpvagn medverkat till olycksuppkomsten, har det rört sig om mötesolyckor eller omkörningsolyckor. Att släpvagnen i dessa fall medverkat torde i första hand få tillskrivas ovana att föra långa och breda fordonskombinationer som personbil med tillkopplad släpvagn (husvagn).

Tekniska brister på släpvagnen har inte kunnat konstateras vid någon av de berörda olyckorna.

Antal olyckor		Procentuell andel	
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20

... och undersökta olyckor. Vid en annan fjärdedel av olyckorna har det bedömts som osäkert, huruvida släpvagnen bidragit till olycksuppkomsten. I de flesta fall, där släpvagn medverkat till olycksuppkomsten, har det rört sig om mötesolyckor eller omkörningsolyckor. Att släpvagnen i dessa fall medverkat torde i första hand få tillskrivas ovana att föra långa och breda fordonskombinationer som personbil med tillkopplad släpvagn (husvagn). Tekniska brister på släpvagnen har inte kunnat konstateras vid någon av de berörda olyckorna.

... och undersökta olyckor. Vid en annan fjärdedel av olyckorna har det bedömts som osäkert, huruvida släpvagnen bidragit till olycksuppkomsten. I de flesta fall, där släpvagn medverkat till olycksuppkomsten, har det rört sig om mötesolyckor eller omkörningsolyckor. Att släpvagnen i dessa fall medverkat torde i första hand få tillskrivas ovana att föra långa och breda fordonskombinationer som personbil med tillkopplad släpvagn (husvagn). Tekniska brister på släpvagnen har inte kunnat konstateras vid någon av de berörda olyckorna.

BILAGA B

Tunga fordonskombinationer — trafikstudier¹

1. Fordonstyper i den tunga trafiken utanför tätbebyggt område

För att man tillräckligt säkert skall kunna bedöma de verkningar som ändringar i hastighetsbestämmelserna för dragfordon med släp kan medföra, krävs bl. a. viss kännedom om sådana fordons förekomst i trafiken. Fordonsregistret kan inte ge denna information bl. a. därför att motorfordon och släpfordon registreras var för sig, och den kombinerade användningen i stor utsträckning är av tillfällig art. Dessutom är den årliga genomsnittliga körsträckan olika för skilda fordonstyper, och denna kan självfallet inte utläsas ur fordonsregistret. I huvudsak är det trafikförhållandena utanför tätbebyggt område som är av intresse, eftersom den generella hastighetsbegränsningen till 50 km/h reglerar den maximala hastigheten inom tätbebyggt område.

Det saknas f. n. en fullt representativ undersökning av den genomsnittliga fördelningen av fordonstyper på svenska vägar utanför tätbebyggt område. Fordonssammansättningen i trafiken varierar självfallet från plats till plats. En sådan undersökning skulle därför dra mycket höga kostnader. För frågan om ändrade hastighetsbestämmelser för tunga fordonskombinationer kan befintligt undersökningsmaterial dock ge tillräcklig information. Det utgörs av resultat från VoV:s axeltrycksmätningar, som årligen utförs på ca 200 olika platser i landet under minst en hel vecka

per plats, och från vissa av väginstitutets trafikstudier, vid vilka samtliga passerande fordon fotograferats.

1.1 Primärmaterialet

Resultaten från axeltrycksmätningarna, som för år 1961 omfattade ca 163 000 tunga fordon, möjliggör inte en fullständig uppdelning av fordonen med hänsyn till maximalt tillåtna hastigheter. Registreringen vid vägplatserna ger nämligen axeltrycket² och axelarrangemanget för enbart axlar med markkontakt, vilket bl. a. innebär att en upphissad boggiaxel inte registreras. Någon differentiering mellan semitrailer och lastbil med vanlig släpvagn eller släpkärva är inte möjlig att göra. Detta stora material har emellertid varit lämpligt för jämförelser med materialet från väginstitutets fotografiska studier, och det ger även möjlighet att i stora drag beräkna andelen lastbilar och dennas variation med trafikens storlek.

Väginstitutets fotografiska material, vilket samlades in under åren 1962—63, omfattar nära 8 000 tunga fordon från 35 olika platser i östra Mellansverige. Det har erhållits vid trafikstudier i samband med tillfällig hastighetsbegränsning, framkomlighetsstudier, undersökningar av fordonsmanövrer vid en avfartsramp på motorväg samt undersökningar av fordons tjänstevikt. Fotografe-

¹ Av avdelningsdirektör B. Kolsrud, statens väginstitut.

² Angående definitioner och förkortningar, se huvudskrivelsen, Begreppsförklaringar och förkortningar.

ringen skedde automatiskt och gjordes vid dagsljus mitt på dagen under arbetsdagar utom lördagar under växlande långa perioder om ca 1,5—5 timmars varaktighet.

Apparaturen bestod av en kamera för 16 mm film, en automatikenhet samt en pneumatisk givare över vägbanan. Tryck på givaren utlöste en exponering. På grund av fördröjning i automatiken utlöste snabba fordon endast en bild, medan långsamma fordon gav en bild för varje passerande hjulaxel. I de allra flesta fall erhöll man således flera bilder av de tunga fordonen i något olika positioner, vilket medgav en säker bestämning av fordonstypen.

1.2 Andelen tunga fordon i trafiken enligt material från VoV

Vid axeltrycksmätningarna registrerar vägen grafiskt axeltrycken och på så

sätt även bruttovikten. Av tryckdiagrammet och bruttovikten är det givetvis uteslutet att i samtliga fall avgöra, om totalvikten överstiger 3,5 ton eller ej. Ur materialet från axeltrycksmätningarna är det därför inte möjligt att exakt utläsa andelen tunga fordon bland dem som passerat vägplatsen. Som »lastbil» har vid VoV:s databehandling de fordon räknats vars största axeltryck vid vägningen överskred 1,25 ton.

På grundval av material som ställts till förfogande av VoV har tabell B.1 utarbetats. Av denna framgår att på de 114 undersökta vägstationerna andelen »lastbilar» varierade i stort sett mellan 8 och 18 %. Genomsnittsvärdet visar endast ett svagt samband mellan trafikflödets storlek och vägkategorin (riksväg kontra länsväg), och uppgår för hela materialet till 13,2 %.

Andelen lätta lastbilar i hela lastbils-

Tabell B.1. Vägstationer fördelade på vägtyp, lastbilsandel och trafikflöde

Mätningar utförda en hel vecka (inkl. söndag) och under hela dygn per station under tiden 1/5—15/6 och 11/8—30/9 1962. Material från VoV:s axeltrycksmätningar

Andel lastbilar %	Antal vägstationer på riksväg				Antal vägstationer på länsväg				Hela antalet vägstationer
	Antal fordon/dygn			Sa	Antal fordon/dygn			Sa	
	0—500	500—1 500	1 500—		0—500	500—1 500	1 500—		
6—8	1	2	2	5	—	2	—	2	7
8—10	1	4	7	12	2	6	1	9	21
10—12	3	5	7	15	4	3	—	7	22
12—14	—	7	8	15	3	6	—	9	24
14—16	2	4	2	8	2	5	—	7	15
16—18	—	2	4	6	4	1	1	6	12
18—20	—	3	1	4	—	1	—	1	5
20—22	—	—	1	1	1	—	—	1	2
22—24	—	1	—	1	1	2	—	3	4
24—26	—	—	—	—	1	—	—	1	1
26—28	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28—30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30—32	—	—	—	—	—	1	—	1	1
Totalt	7	28	32	67	18	27	2	47	114
Procent lastbilar i medeltal	11,2	13,2	12,4	12,6	14,9	13,6	13,0	14,1	13,2

trafiken är erfarenhetsmässigt mycket låg utanför tätbebyggt område, eftersom den lätta distributionstrafiken är starkt bunden till tätorterna. Tidigare undersökningar av axeltrycksmaterialet har således visat att i genomsnitt endast ca 5 % av lastbilarna enligt tabell B.1 är lätta lastbilar (totalvikt högst 3,5 ton). Skulle tabellen ha avsett andelen tunga fordon med en totalvikt över 3,5 ton, skulle genomsnittet reduceras från 13,2 till ca 12,5 %. Siffrorna ger således en relativt god uppfattning om de tunga fordonens totala förekomst i trafiken.

Det bör uppmärksammas att siffrorna i tabell B.1 hänför sig till våren och sommaren samt att mätningarna skedde under en hel vecka per station, helgdagarna inräknade. Beträffande andelen tunga bilar mitt på dagen under vanliga vardagar hänvisas till avsnitt 4.1, där det framgår att andelen då är betydligt högre än genomsnittet under en hel vecka (tabell B.9, s. 89).

1.3 Fördelningen av fordonstyper enligt väginstitutets fotografiska material

I tabell B.2 har fördelningen av fordonstyper (jämför appendix B.1) i det fotografiska materialet återgetts i förhållande till hastighetsbestämmelserna. Det kan anmärkas att den fotografiska bilden inte ger säker upplysning om huruvida det på fordonskombinationerna kan ha saknats sammanhängande bromssystem. Enligt uppgift från statens bilinspektion är emellertid avsaknad härav så sällsynt att de i tabellen angivna maximalt tillåtna hastigheterna endast avser fordon med sammanhängande bromssystem.

En indelning har dessutom gjorts i europavägar och övriga riksvägar samt i länsvägar och efter län. Av materialet härrör ungefär hälften från europavä-

garna och ca en fjärdedel från vardera av de övriga vägkategorierna.

I appendix B.2 har fordonstyperna återgetts mera i detalj med uppgifter om tid och plats för fotograferingen. Där används en kod för fordonstypen som även används i tabellerna B.3 och B.5 samt i vissa diagram, figurerna B.1 och B.2. Singelaxel betecknas med (1), boggi med (2), koppling med vändskiva (på semitrailer) med en punkt (.) och dragstångskoppling med streck (—). Koden 12.2—11 betyder exempelvis en semitrailerkombination med boggi på både dragbilen och påhängsvagnen samt en vanlig tvåaxlig släpvagn tillkopplad till påhängsvagnen. Summeras siffrorna erhålls axelantalet (1+2+2+1+1 = 7).

I genomsnitt för hela materialet hade 34,8 % av fordonen en eller flera släpvagnar enligt tabell B.2. Mera än en släpvagn förekom dock mycket sällan och endast för 0,6 % av fordonen. I regel var det då en dragbil med semitrailer som hade en extra släpvagn. Endast 4 av de 7 981 tunga fordonen bestod av en vanlig lastbil (ej dragbil för semitrailer) med två släpvagnar (jämför appendix B.2).

Vid jämförelse i tabell B.2 mellan de tre vägkategorierna framgår att andelen fordon med släpvagn var nästan dubbel så stor på europavägarna och de övriga riksvägarna (ca 39 % för båda kategorierna) som på länsvägarna (ca 20 %). Resultaten överensstämmer väl med riksvägarnas funktion att i särskilt hög grad betjäna den långväga trafiken med tunga lastfordon. Även den jämförelsevis ringa spridningen i värdena från riksvägarna understryker detta förhållande i kontrast mot resultaten från länsvägarna. Det bör dock anmärkas att variationerna i fordonssammansättning i en icke obetydlig utsträckning kan hänföras till slumpen, eftersom materialet från många platser är litet.

Tabell B.2. Tunga bilar med hänsyn till förekomsten av släpvagn enligt väginstitutets fotografiska material från åren 1962 och 1963

Anm.: Maximalt tillåten hastighet inom parentes avser motorväg. Se appendix B.2 för närmare uppgifter angående bl. a. fordonstyper

Maximalt tillåten hastighet i km/h		Före 1.7.62	60 (80)	—	60	50	40		
		Efter »	70 (90)	—	70	50	40		
Väg	Län	Antal platser	Tunga bilar (totalvikt 3,5 ton)						
			Hela antalet tunga bilar	Andel utan släpvagn %	Andel med släpvagn %	Andel med en släpvagn		Andel med två släpvagnar	
						med semi-trailer %	utan semi-trailer %	med semi-trailer %	utan semi-trailer %
a) Europavägar									
E3	B	1	106	55,7	44,3	15,1	28,3	—	0,9
»	D	2	544	66,4	33,6	7,5	25,5	0,4	0,2
E4	B	2	766	62,7	37,3	7,3	28,8	1,2	—
»	C	1	329	61,7	38,3	10,9	27,4	—	—
»	D	3	1 639	60,8	39,2	7,0	31,6	0,5	0,1
»	E	2	213	54,5	45,5	11,7	31,9	1,9	—
E18	C	1	283	62,5	37,5	9,5	27,6	0,4	—
»	U	1	299	51,2	48,8	5,0	43,8	—	—
Samtliga		13	4 179	60,9	39,1	7,9	30,5	0,6	0,1
b) Övriga riksvägar									
15	E	1	111	75,7	24,3	5,4	18,0	0,9	—
15	H	1	34	58,8	41,2	8,8	26,5	5,9	—
32	E	1	55	67,3	32,7	7,3	25,4	—	—
36	E	1	145	80,7	19,3	3,4	15,9	—	—
51	E	1	69	62,3	37,7	4,3	33,4	—	—
52	T	1	64	71,9	28,1	3,1	25,0	—	—
55	C	2	607	54,5	45,5	8,6	34,8	2,1	—
55	D	3	199	53,8	46,2	8,5	37,7	—	—
55	E	1	167	50,3	49,7	7,2	42,5	—	—
58	D	1	35	71,4	28,6	2,9	25,7	—	—
58	U	1	79	63,3	36,7	7,6	29,1	—	—
70	C	1	304	64,8	35,2	6,3	27,3	1,6	—
76	B	1	128	60,9	39,1	12,5	26,6	—	—
Samtliga		16	1 997	61,0	39,0	7,3	30,5	1,2	—
c) Länsvägar									
211	E	1	85	61,2	38,8	12,9	25,9	—	—
214	D	1	24	91,7	8,3	—	8,3	—	—
222	D	1	192	78,6	21,4	2,6	18,8	—	—
249	U	1	193	60,1	39,9	4,7	34,7	—	0,5
250	U	1	1 254	83,6	16,4	3,3	13,0	0,1	—
274	B	1	57	94,7	5,3	3,5	1,8	—	—
Samtliga		6	1 805	79,9	20,1	3,8	16,1	0,1	0,1
Hela materialet		35	7 981	65,2	34,8	6,8	27,4	0,6	0,0

Tabell B.3. Jämförelse mellan typfördelningen bland tunga fordon i väginstitutets fotografiska material och i VoV:s material från axeltrycksmätningar

Grupp	Fordonstyper	Fotografiskt material år 1962/63		Axeltrycksmaterial från hela året 1961	
		Antal	%	Antal	%
1	11.....	4 141	51,8	—	—
	12.....	1 066	13,4	—	—
	Summa	5 207	65,2	111 113	68,3
2	11.1.....	273	3,4	—	—
	12.1.....	5	0,1	—	—
	11-1.....	422	5,2	—	—
	12-1.....	189	2,4	—	—
	Summa	889	11,1	18 059	11,1
3	12.11.....	6	0,1	—	—
	11-11.....	368	4,6	—	—
	12-11.....	948	11,9	—	—
	11.1-1.....	7	0,1	—	—
	Summa	1 329	16,7	25 185	15,5
4	11.2.....	141	1,8	—	—
	12.2.....	119	1,5	—	—
	11-2.....	83	1,0	—	—
	12-2.....	86	1,1	—	—
	Summa	429	5,4	5 898	3,6
5	11-12.....	12	0,2	—	—
	12-12.....	68	0,8	—	—
	Summa	80	1,0	960	0,6
6	Övriga	47	0,6	1 390	0,9
	Totalt	7 981	100,0	162 605	100,0

Anm.: Typbeteckningens innebörd framgår bl. a. av appendix B.2. Inom var och en av fordonsgруппerna 1—5 kan olika fordonstyper ge upphov till samma axeltrycksdiagram vid passage över en axeltrycksvåg. Detta beror på att tryckdiagrammet ej visar en upplyft boggi på motorfordonet samt att typen släpvagnskoppling inte kan avläsas

1.4 Jämförelser mellan det fotografiska materialet och resultat från axeltrycksmätningar

Som framgått av det tidigare anförda skedde väginstitutets fotografering av fordon mitt på dagen och endast i östra mellansverige. Resultaten från väginstitutets fotografiska material kan jämföras med vissa resultat från VoV:s axeltrycksmätningar, vilka i motsats till institutets material härrör från hela år och hela dygn samt är erhållna vid mätningar över hela landet. Detta fram-

går av tabell B.3, där fordonstyperna från väginstitutets material grupperats på ett sådant sätt att de svarar mot vissa huvudgrupper av tunga fordon i axeltrycksmätningarna från år 1961. Som väntat innehåller resultaten från axeltrycksmätningarna en större andel fordon utan släpvagn, eftersom dessa mätningar, jämfört med institutets fotografiska undersökningar, oftare skett på trafiksvaga vägar. Jämförelsen påverkar dock inte uppfattningen vilka

fordonskombinationer som dominerar den tunga trafiken. Representativiteten i det fotografiska materialet synes därför tillräcklig, även om detta endast erhållits under speciella tider och inom en snäv geografisk region.

1.5 Det fotografiska materialet från riksvägar

Uppenbarligen är det förhållandena på riksvägarna med deras rikliga förekomst av fordon med släp, som är av huvudsakligt intresse för frågan om höjning av de maximalt tillåtna hastigheterna för tunga fordonkombinationer. Figurerna B.1 och B.2 visar de olika fordonstypernas förekomst i det sammanlagda materialet från riksvägarna. De undersökta europavägarna är alltså inkluderade.

Den utan jämförelse vanligaste tunga fordonstypen på riksvägarna var enligt figur B.1 lastbil och buss utan boggi och släpfordon och utgjorde 46,5 % av samtliga tunga fordon. Lastbilar med boggi och utan släp var den närmast vanligaste typen och utgjorde 14,4 % av de tunga fordonen.

Av fordonen med släpvagn var den vanligaste typen en boggilastbil med en tvåaxlig vanlig släpvagn, typbeteckning

12-11 (figur B.1). Denna fordonstyp förekom nästan lika ofta som boggilastbil utan släpvagn.

I övrigt visade det sig att bland fordonen med en släpvagn förekom 9 olika typer som vardera innehöll minst 1 % av de tunga fordonen (figur B.1).

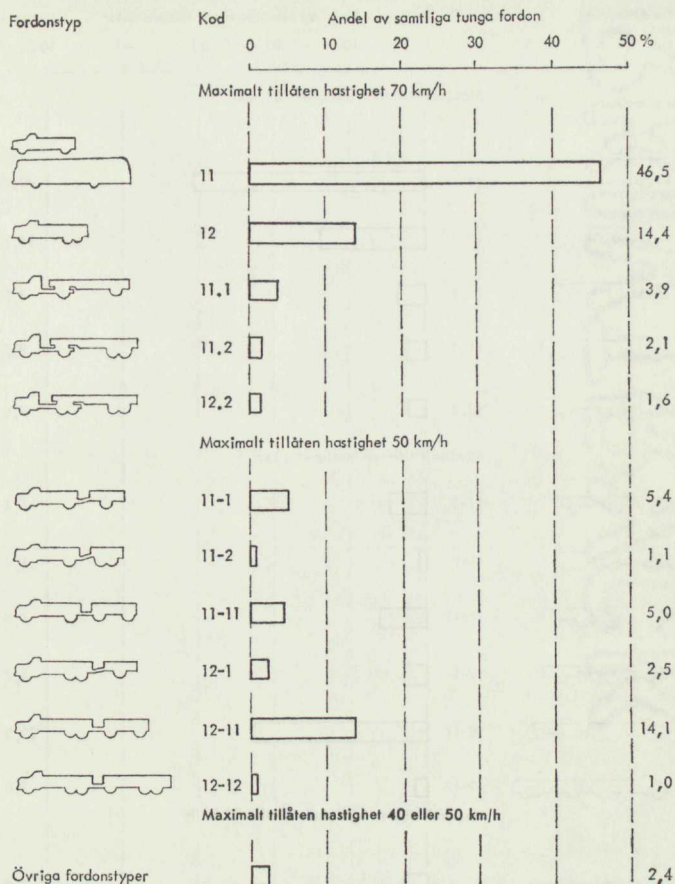
En beskrivning av den tunga fordonstrafiken i form av antal fordon ger dock en skev bild av de olika fordonstypernas betydelse i transporthänseende. I grova drag kan man få ett uttryck för en fordonstyps lastkapacitet genom att studera antalet fordonsaxlar. I figur B.2 har därför fordonsaxlarna fördelats på resp. fordonstyper. Nästan 55 % av axlarna tillhörde fordon med släp, ehuru dessa fordon enligt det föregående (tabell B.2) endast representerade ca 39 % av hela antalet tunga fordon i det totala riksvägs materialet. Fordonstypen 12-11 hade hela 23,3 % av axlarna mot 14,1 % av fordonsantalet.

Sammanslås de fordonstyper som faller under samma hastighetsbestämmelser får man det resultat som visas i tabell B.4.

Siffrorna i tabellen ger stöd för uppfattningen att frågan om höjda tillåtna hastigheter för fordonkombinationer är särskilt betydelsefull för tunga fordon med endast en släpvagn eller en släpkärra.

Tabell B.4. Tungta fordon och fordonsaxlar på riksvägar (inkl. europavägar) fördelade efter gällande hastighetsbestämmelser. Väginstutetets fotografiska material (tabell B.2)

Högsta tillåten hastighet (km/h)		Fordonstyp	Fordon %	Fordonsaxlar %
Motorväg	Övrig väg			
90	70	Tung lastbil eller buss utan släpvagn	62	45
70	70	Tung lastbil med påhängsvagn (semitrailer)	8	10
50	50	Tung lastbil med en släpkärra eller en släpvagn (ej semitrailer)	29	44
40	40	Tung lastbil med två släpvagnar	1	1
Summa			100	100



Figur B.1. 6 176 tunga fordon fördelade på fordonstyper. Väginstitutets fotografiska material från riksvägar (inkl. europavägar) åren 1962—63

Anm.: Angående kodbe-teckning och övriga data, se appendix B.2

2. Tunga fordonstypers längd

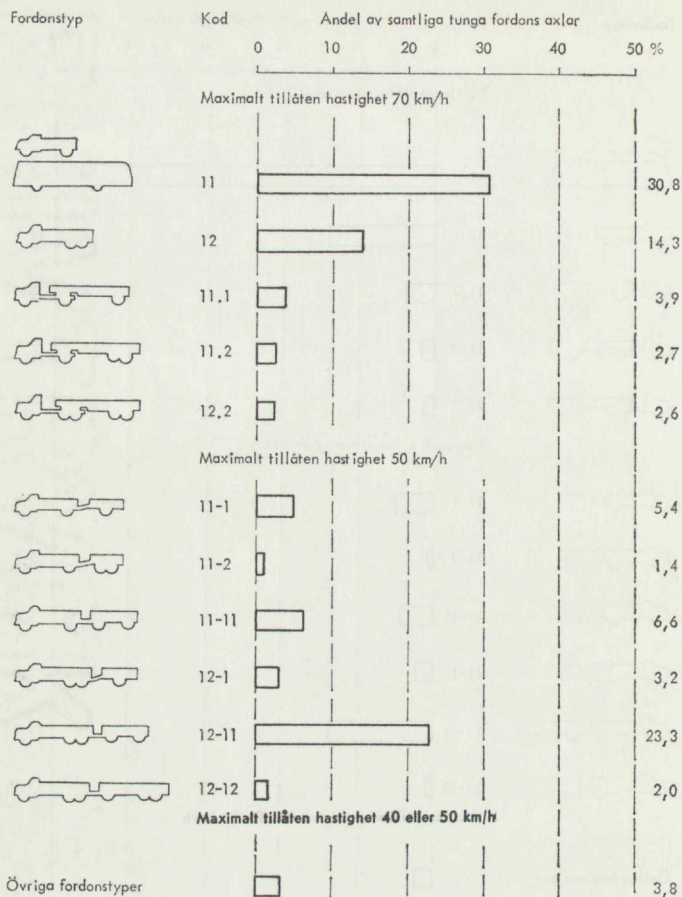
De tunga fordonskombinationerna kan uppnå en betydande längd, vilket försvårar omkörningar. I det följande redovisas mätresultatet av bl. a. dessa fordons längd.

Under år 1962 gjorde väginstitutet vissa undersökningar av tunga fordons tjänstevikt m. m., varvid även fordonens axelarrangemang (axlarnas antal och inbördes avstånd) studerades. På grundval av detta material har tabell B.5 och figur B.3 utarbetats. De enskilda fordonens längd har uppskattats med ledning av fotografier, och måtten kan

därför inte betraktas som helt exakta. Eventuella smärre systematiska avvikelser är dock av ringa betydelse i detta sammanhang.

Medellängden visas för ett antal olika fordonstyper i tabell B.5. För vissa typer är antalet undersökta fordon mycket litet. I figur B.3 visas längdfördelningarna för de fyra vanligaste huvudtyperna av tunga fordon.

Inom var och en av huvudgrupperna förekommer systematiska skillnader i medellängd mellan olika fordonstyper (tabell B.5). För lastbilar med två släpvagnar är materialet dock så litet att det inte medger några slutsatser härvid-



Figur B.2. 18 738 fordonsaxlar, tillhörande 6 176 tunga fordon fördelade på fordonstyper. Väginstitutets fotografiska material från riksvägar (inkl. europavägar) åren 1962—63

Anm.: För kodbeteckning och övriga data, se appendix B.2

lag. Ett fordon i den sistnämnda gruppen av typen 11.2-12 var emellertid nära 27 m långt.

Av särskilt intresse är de stora fordonslängderna hos den ofta förekommande gruppen lastbilar med en vanlig släpvagn, där fordonslängden ibland kan överstiga 20 m (figur B.3). Semitrailers och tunga lastbilar med släpkärria har förhållandevis lika längdfördelningar, och längden överstiger sällan 18 m.

Vid bedömning av de omkörnings-svårigheter, som fordonskombinationerna medför för övrig trafik, bör bl. a.

följande synpunkter anläggas (jämför avsnitt 4.2).

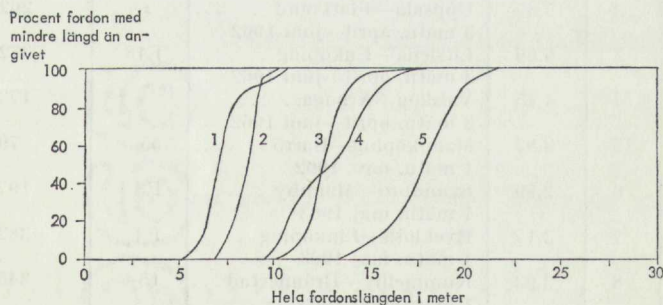
Eventuella restriktiva bestämmelser beträffande fordonskombinationers längd eller skärpta bestämmelser beträffande långa fordonskombinationers hastighet kan medföra, att antalet tunga fordon ökar på bekostnad av deras längd. En sådan antalsökning av de tunga fordonen kan ur säkerhets- och framkomlighetssynpunkt leda till en försämring. Restriktiva bestämmelser ökar under alla omständigheter den tunga trafikens kostnader.

Tabell B.5. Tunga fordonstypers medellängd. Material från väginstitutets studier år 1962 av tunga fordon's tjänstevikt m. m.

Fordonsgrupp	Fordonstyp kod	Antal fordon	Medellängd i meter
Tung buss eller lastbil utan släpvagn ¹	11	61	7,2
	12	79	8,4
	Samtliga	140	7,9
Tung lastbil med påhängsvagn (semitrailer)	11.1	26	11,4
	11.2	19	13,4
	12.1	1	14,6
	12.2	21	15,4
	12.11	1	16,9
	Samtliga	68	13,3
Tung lastbil med släpkärra	11-1	43	12,0
	12-1	22	13,4
	11-2	16	13,9
	12-2	17	13,1
	Samtliga	98	12,8
Tung lastbil med en släpvagn (ej släpkärra eller påhängsvagn)	11-11	34	16,6
	12-11	51	18,0
	11-12	1	17,3
	12-12	10	20,2
	Samtliga	96	17,7
Tung lastbil med två släpvagnar	11.-11	1	23,5
	11.2-12	1	26,8
	12.2-11	1	18,8
	Samtliga	3	23,0

Anm.: Se appendix B.2 för definition av fordonskoden

¹ Stickprov ur hela materialet



Figur B.3. Längdfördelningen för vissa huvudgrupper av tunga fordon (totalvikt över 3,5 ton) enligt fotografiskt material från väginstitutet år 1962. Angående fordonsgруппerna, jämför tabell B.5

- 1 = 2-axliga fordon utan släpvagn
- 2 = 3-axliga fordon utan släpvagn
- 3 = fordon med en släpkärra
- 4 = fordon med en påhängsvagn
- 5 = fordon med en släpvagn

3. Tunga fordonstypers reshastighet på vägar med hög hastighetsstandard

Som tidigare nämnts härrör delar av väginstitutets fotografiska material över fordonstyper från vissa restidsmätningar, företagna vid trafikstudier i samband med tillfällig hastighetsbegränsning och vid framkomlighetsundersökningar. Nio av de studerade sträckorna hade hög hastighetsstandard, vilket torde betyda att efterlevnaden av gällande hastighetsbestämmelser bestämt de tunga fordonens hastighet på dessa vägar. Resultatet från dessa snabba sträckor redovisas i det följande. Mätningarna utfördes med hjälp av den tidigare nämnda fotografiska utrustningen, vilken här kräver en mera ingående beskrivning.

3.1 Material och mätmetoder

Vid vardera ändpunkten av en studerad sträcka identifierades fordonen i båda

körriktningarna genom fotografering. Kameran var placerad vid vägen på så sätt att frontbilder erhöles av de fordon som passerade närmast kameran. På filmen kunde i regel fordonets registrerings skylt med länsbokstav och nummer avläsas. Genom att man samtidigt projicerade de två filmerna från sträckans båda ändpunkter kunde full säkerhet i identifieringen erhållas.

På filmen avbildades även en instrumenttavla försedd med ett synkronur, som för varje fordon visade passage-tidpunkten med en noggrannhet av en tiondels sekund, och ett räkneverk som visade exponeringens nummer. Med hjälp av radioförbindelse kunde synkronuren startas och stoppas samtidigt med stor exakthet. Skillnaden i tid mellan synkronuren efter två timmars tid uppgick till högst ett par tiondels sekunder, vilket torde motsvara de sammanlagda start- och stoppfelen.

Tabell B.6. Material för studium av tunga fordons reshastighet på vägsträckor med hög hastighetsstandard

Sträcka			Väg	Antal fordon/h i båda körriktningarna	Andel tunga fordon %	Antal tunga bilar med hastighet över 40 km/h
Nr	Km	Läge, antal mätningar och tidpunkt				
1	6,42	Pilkrog—Hölö 3 mätn. april—juni 1962	E4	300	16,2	299
2	5,87	Uppsala—Flottsund 3 mätn. april—juni 1962	»	262	21,6	277
3	5,69	Litslena—Enköping 3 mätn. april—juni 1962	E18	372	15,1	255
4	4,45	Valskog—Arboga 3 mätn. april—juni 1962	»	173	29,2	285
5	3,87	Malmköping—Barrö 1 mätn. nov. 1962	55	79	12,5	48
6	2,89	Grundbro—Malmby 1 mätn. maj 1963	E3	197	26,8	158
7	3,17	Rycklösa—Linköping 1 mätn. maj 1963	E4	382	16,9	150
8	3,93	Kummelby—Brännestad 1 mätn. maj 1963	15	345	16,1	107
9	2,96	Lännäs—Odensbacken 1 mätn. maj 1963	52	54	22,8	58
Hela materialet						1 637

Anm.: Samtliga sträckor hade en bredd av minst 7 m och asfaltbelagd körbana. Sträckorna var raka eller svagt kurviga med endast obetydliga lutningar

Mätmetoden ställde vissa anspråk på förhållandena vid sträckans ändpunkter. Apparaturen måste sålunda vara uppställd nära ett uttag för 50-periodig växelström, och kameran måste vara riktad så, att den inte utsattes för motljus.

Med den använda metoden erhölls trafikflödet i båda körriktningarna genom att, som tidigare nämnts, samtliga fordon i båda riktningarna fotograferades. Fordonens restid kunde bestämmas inte enbart i huvudriktningen, dvs. den riktning i vilken fordonen fotograferades framifrån, utan även i den motsatta körriktningen.

Sträckornas längd mättes upp med en s. k. färdskrivare, monterad på en bil. Skrivaren hade noggrant kalibrerats på en sträcka som mätts upp med måttband.

Samtliga mätningar gjordes vid torrt väglag och god sikt. Tidpunkten för mätningarna, sträckornas läge m. m. framgår av tabell B.6.

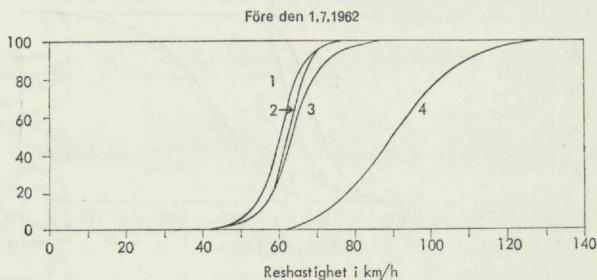
Bortfallsprocenten, dvs. andelen fordon som identifierades endast i en sträckas ena ändpunkt, var låg, ca 13 %, vilket bl. a. torde bero på att man i regel valt sådana sträckor som saknade anslutande allmänna vägar. En mycket liten andel av fordonen uteslöts på grund av att reshastigheten underskred 40

km/h. Denna låga hastighet måste bero på att man gjort uppehåll på sträckan. Uteslutningen har inte förvanskats reshastighetsberäkningarna för någon särskild fordonsgrupp.

3.2 Olika fordonstypers hastighet före den 1 juli 1962

Som framgår av tabell B.6 skedde hastighetsmätningarna på sträckorna 1—4 före den 1.7.1962. På dessa sträckor erhöles ca 2/3 av materialet vid en tidpunkt då det rådde tillfällig hastighetsbegränsning till 90 eller 100 km/h. I figur B.4 visas hastighetsfördelningen på dessa sträckor sammantagna för tunga fordon utan släpvagn, med semitrailer och med släpvagn eller släpkärria. Lastbilar med två släpvagnar var så fåtaliga (6 fordon) att ingen hastighetsfördelning angivits för dem. Denna sistnämnda grupp har emellertid tagits med i tabell B.7, där medelhastigheterna för fordonsgруппerna angivits såväl för enskilda sträckor som totalt. I figur B.4 har vidare personbilers och lätta lastbilers hastighetsfördelning vid fri fart återgivits för att ge en bakgrund till de tunga fordonens hastighet.

Huvudresultaten kan sammanfattas på följande sätt (jämför figur B.4 och tabell B.7):



Figur B.4. Reshastighetsfördelningar för fordon på väg med hög hastighetsstandard enligt mätningar före den 1 juli 1962. Angående material, fordonsgupper m. m., se tabell B.7. Fördelningarna visar procent fordon som underskrider givna hastigheter

- 1 = 378 tunga bilar med en släpvagn eller en släpkärria. Max. 60 km/h.
- 2 = 97 tunga bilar med påhängsvagn. Max. 60 km/h.
- 3 = 635 tunga bilar utan släpvagn. Max. 60 km/h.
- 4 = 1149 personbilar och lätta lastbilar. Fri hastighet.

Tabell B.7. Medelhastigheter för tunga fordon på väg med hög hastighetsstandard före den 1 juli 1962. v = medelreshastighet (aritmetiskt medeltal) i km/h; n = antal fordon

Maximalt tillåten hastighet (km/h)		60		60	50	40
Sträcka	Beräkning	Tung buss eller lastbil utan släp		Tung lastbil med släp		
		2-axliga	3-axliga (med boggie)	1 släpvagn		2 släpvagnar
				Semitrailer	Ej semitrailer	
1	v	64,4	63,6	63,1	60,0	58,5
	n	125	40	25	104	5
2	v	62,4	62,9	59,0	57,3	—
	n	135	27	33	82	—
3	v	64,1	62,8	63,3	62,1	47,5
	n	142	16	25	71	1
4	v	63,0	61,1	62,9	59,5	—
	n	118	32	14	121	—
Totalt	v	63,5	62,6	61,7	59,6	56,7
	n	520	115	97	378	6

a) Av de 732 fordon som var hastighetsbegränsade till 60 km/h körde ca 69 % över 60 km/h och ca 0,5 % över 80 km/h. Medelhastigheten var ca 63 km/h med något lägre värde för de däri inräknade bilarna med semitrailer.

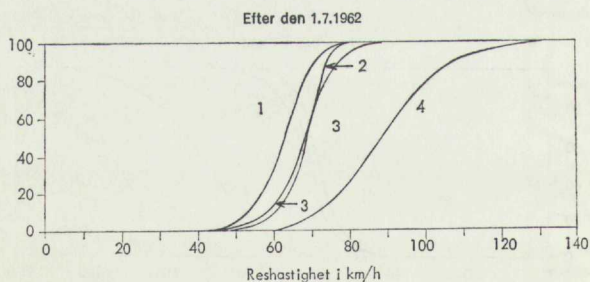
b) Av de 378 fordon som var hastighetsbegränsade till 50 km/h körde ca 94 % över 50 km/h och ca 4 % över 70 km/h. Medelhastigheten var ca 60 km/h.

c) De 6 fordon som var hastighetsbegränsade till 40 km/h körde i genom-

snitt ca 17 km/h fortare än tillåtet.

d) Beträffande frågan om de 2-axliga fordonen i enstaka fall kunnat vara lätta fordon (totalvikt i detta material högst 2,5 ton) kan någon felbedömning av betydelse i detta sammanhang inte ha skett. Detta framgår av att medelhastigheten för 2-axliga och 3-axliga fordon utan släpvagn inbördes är mycket lika, och fordon med boggie är undantagslöst tunga fordon.

Sammanfattningsvis framgår att de



- 1 = 132 tunga bilar med en släpvagn eller en släpkärra. Max. 50 km/h.
 2 = 47 tunga bilar med påhängsvagn. Max. 70 km/h.
 3 = 337 tunga bilar utan släpvagn. Max. 70 km/h.
 4 = 2263 personbilar och lätta lastbilar. Fri hastighet.

Figur B.5. Reshastighetsfördelningar för fordon på väg med hög hastighetsstandard enligt mätningar efter den 1 juli 1962. Angående material, fordonstyper m. m., se tabell B.8. Fördelningarna visar procent fordon som underskrider givna hastigheter

Tabell B.8. Medelhastigheter för tunga fordon på väg med hög hastighetsstandard efter den 1 juli 1962. v = medelreshastighet (aritmetiskt medeltal) i km/h; n = antal fordon

Maximalt tillåten hastighet (km/h)		70		70	50	40
Sträcka	Beräkning	Tung buss eller lastbil utan släp		Tung lastbil med släp		
		2-axliga	3-axliga (med boggie)	1 släpvagn		2 släpvagnar
				Semitrailer	Ej semitrailer	
5	v	68,7	64,2	65,0	61,4	—
	n	29	3	4	14	—
6	v	67,7	71,7	68,7	62,9	—
	n	85	25	13	35	—
7	v	69,7	68,4	68,0	61,4	66,3
	n	50	27	22	47	4
8	v	66,5	68,9	67,5	62,3	57,5
	n	69	11	6	20	1
9	v	67,8	68,3	77,5	66,9	—
	n	32	6	2	16	—
Totalt	v	67,9	69,4	68,3	62,6	64,5
	n	265	72	47	132	5

exakt uppmätta reshastigheterna oftast överskred de maximalt tillåtna, fastän det här rör sig om medelhastigheter på flera kilometer långa sträckor.

3.3 Olika fordonstypers hastighet efter den 1 juli 1962

På sträckorna 5—9 (tabell B.6) utfördes reshastighetsmätningarna efter det att den maximalt tillåtna hastigheten för tunga fordon utan släpvagn och för semitrailer höjts från 60 till 70 km/h. Verkan av denna höjning kan tydligt avläsas ur hastighetsfördelningarna i figur B.5 och av medelhastigheterna i tabell B.8. Fordonsindelningen i tabellen och figuren är densamma som används i avsnitt 3.2.

Vid jämförelse mellan tabellerna B.7 och B.8 framgår följande:

a) De 384 fordonen med en maximalt tillåten hastighet av 70 km/h körde i genomsnitt ca 5 km/h fortare än motsvarande grupp före den 1.7.1962.

b) De 132 fordonen med en maximalt tillåten hastighet av 50 km/h (samma som före den 1.7.1962) körde i genomsnitt ca 3 km/h fortare än motsvarande grupp före nämnda tidpunkt.

c) De 5 fordonen med en maximalt tillåten hastighet av 40 km/h (samma som före den 1.7.1962) körde i genomsnitt ca 8 km/h fortare än motsvarande grupp före denna tidpunkt.

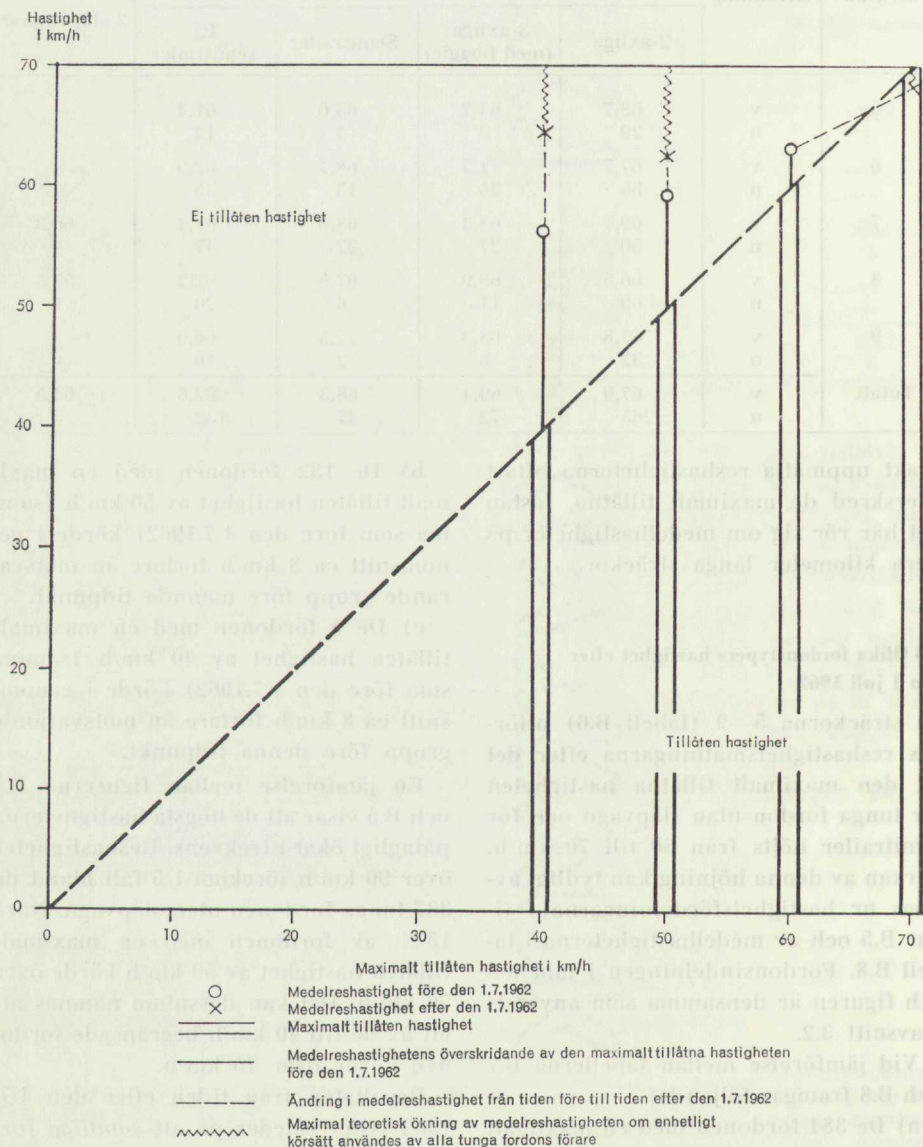
En jämförelse mellan figurerna B.4 och B.5 visar att de högsta hastigheterna påtagligt ökat i frekvens. Reshastigheter över 90 km/h förekom i 5 fall bland de 337 tunga fordonen utan släpvagn. Nära 13 % av fordonen med en maximalt tillåten hastighet av 50 km/h körde över 70 km/h. Det kan dessutom nämnas att ett av de till 40 km/h begränsade fordonen körde över 75 km/h.

Resultaten från tiden efter den 1.7.1962 tyder således på att *samtliga fordonstyper i genomsnitt ökat sin hastighet, oberoende av om den maximalt tillåtna hastigheten höjts eller ej.*

3.4 Diskussion av reshastighetsstudierna

Av det föregående framgår två väsentliga resultat. För det första översteg de faktiska hastigheterna de tillåtna maximihastigheterna mycket ofta och relativt oftare ju lägre hastighetsgrän-

sen var. För det andra ökade samtliga fordonsgupper sin hastighet efter den 1.7.1962. I figur B.6 har medelreshastigheten för de tunga fordonen angivits som funktion av den maximalt tillåtna hastigheten samt med hänsyn till om



Figur B.6. Medelreshastighet för tunga fordon på vägar med hög hastighetsstandard före och efter den 1 juli 1962 som funktion av maximalt tillåtna hastighet. Angående material, se tabellerna B.7 och B.8

hastighetsmätningen skett före eller efter den 1.7.1962. Figuren illustrerar tydligt de här nämnda huvudresultaten.

Av figur B.6 framgår vidare, vilket tidigare berörts, att fordon med en högsta tillåten hastighet av 70 km/h hade en medelhastighet som underskred 70 km/h. Det kan ifrågasättas, om inte medelhastigheten på väg med hög hastighetsstandard inom några år kommer att överskrida 70 km/h för dessa fordon, om inte efterlevnaden kontrolleras i ökad omfattning.

Det framgår även tydligt av figuren att skillnaderna i medelhastighet mellan tunga fordon med olika maximalt tillåtna hastigheter var relativt små. Som förklaring till de små differenserna i medelhastigheten kan bl. a. följande anföras:

a) Förarna kör i stor utsträckning på ackord.

b) Sparad tid kan av förarna utnyttjas till vila och avkoppling.

c) På grund av kontrollrisken genom färdskrivarens registreringar förhindras ett alltför starkt överskridande av 70 km/h (60 km/h före den 1.7.1962).

d) Av färdskrivarens registreringer framgår inte direkt om fordonet haft släpvagn (frånsett semitrailer).

e) Förarna av fordon med en vanlig släpvagn, släpkärria eller två släpvagnar uppfattar den maximalt tillåtna hastigheten om 50 eller 40 km/h som alltför hindrande för övriga fordon.

I synnerhet för tunga fordon med 70 km/h som högsta tillåten hastighet måste det vara svårt att köra om fordonskombinationer med lägre tillåten hastighet. Det kan därför förmodas att förklaringen under punkt e) anger den mest verksamma orsaken till de resultat som erhöles vid reshastighetsmätningarna på vägar med hög hastighetsstandard.

Mot här angivna tolkningar av resul-

taten kan vissa invändningar göras. Man kan t. ex. anta att de vägsträckor som studerades efter den 1.7.1962 var snabbare än de som undersöktes dessförinnan. Som en kontroll utfördes därför en variansanalys av hastigheterna för fordonen med en högsta tillåten hastighet av 50 km/h. Den visade att ingen signifikant skillnad rådde mellan olika fordonstyper inom nämnda fordonsgrupp. Samtidigt framgick det att en starkt signifikant skillnad rådde mellan medelhastigheterna före och efter den 1.7.1962 men också att medelhastigheterna på sträckorna inbördes var signifikant olika. Det kunde därför inte uteslutas att hastigheten på de fyra sträckor som studerades före den 1.7.1962 av en slump var långsammare än hastigheten på de övriga fem sträckorna. Mot detta talar dock det förhållandet att personbilarna i genomsnitt körde fortare på de fyra förstnämnda sträckorna än på de övriga fem (jämför figurerna B.4 och B.5¹).

Sammanfattningsvis kan man dra den slutsatsen av reshastighetsstudierna att *det föreligger en tendens i riktning mot samma hastighet för alla tunga fordon i de fall en väg medger fritt val av hastighet och så länge fartkontrollen har hittillsvarande omfattning.*

4. Tunga fordons inverkan på körförhållandena

Som nämnts i inledningen utgör de hastighetsbegränsade fordonen ett hinder för den övriga, snabbare trafiken. Verkan av detta kan bl. a. utläsas ur körförhållandena. Syftet med trafikstudierna i detta avsnitt är att visa hur en höj-

¹ Ingen märkbar inverkan av de tillfälliga hastighetsbegränsningarna på tunga fordons hastighet har kunnat iakttagas.

ning av den maximalt tillåtna hastigheten för vissa tunga fordonskombinationer påverkar köförhållandena. För beskrivningen används följande uttryck:

- kö = samtliga fordon i en tät följd
- köledare = första fordonet i en kö
- köfordon = de fordon i en kö som följer efter köledaren
- b-fordon = ett köfordon (godtyckligt)
- f-fordon = fordonet omedelbart framför b-fordonet
- e-sträcka = den sträcka som ett omkörande b-fordon legat efter f-fordonet
- köeffekt = köernas inverkan på fordonens hastighet
- köintensitet = andel köfordon av samtliga fordon
- kökvot E/N = antalet köfordon E efter köledare av ett givet slag i förhållande till antalet fordon N av köledarens slag.

Föreliggande undersökningar har inriktats på att belysa hur *koeffekten* ändras vid höjning av hastighetsgränser. I köeffekten uttryckes på ett mätbart sätt de hinder som fordonen i trafiken utgör för varandra ur hastighetssynpunkt. Självfallet är det ej alltid möjligt för en yttre iakttagare att avgöra, om exempelvis ett b-fordon verkligen hindrats av f-fordonet. Det är dock uppenbart, att de fordon som hindras av övrigt trafik förekommer bland köfordonen och att köeffekten övervägande är beroende av hastighetsförlusterna hos de hindrade köfordonen.

En höjning av den högsta tillåtna hastigheten för ett fordon ändrar fordonets inverkan på köförhållandena genom i princip tre faktorer, nämligen *omkörningsfrekvensen*, *e-sträckornas längd* och *köfordonens hastighet*.

Hur mycket dessa faktorer ändras, beror givetvis på fordonets reella hastighetsökning. Den reella hastighetsökning som följer på en höjning av hastighetsgränsen är huvudsakligen beroende av efterlevnaden. Lokala väg- och trafikförhållanden har givetvis ett modifierande inflytande på såväl hastighetsökningen som det sätt på vilket hastighetsökningen inverkar på de tre ovan nämnda faktorerna. Vid olika trafikflöden torde normalt följande inträffa, sedan den maximalt tillåtna hastigheten höjts för en viss typ av fordon:

1. *Omkörningsfrekvensen i trafiken minskar*. Den snabba trafiken passerar fordon av den hastighetsbegränsade typen mindre ofta än tidigare. Samtidigt kan de hastighetsbegränsade fordonen öka antalet egna omkörningar förbi andra långsamma fordon. Denna effekt har dock säkerligen en relativt liten inverkan på omkörningsfrekvensen.

2. *e-sträckornas genomsnittslängd ökar*. En e-sträcka är bl. a. en funktion av f- och b-fordonets hastighet och är i allmänhet längre, ju snabbare f-fordonet kör och kortare ju högre fart b-fordonet håller i förhållande till f-fordonet. Då hastigheten ökar för fordon av den hastighetsbegränsade typen, måste den snabbare trafiken i regel få längre e-sträcka. Även denna effekt måste dominera över den reduktion som sker med de hastighetsbegränsade fordonens egna e-sträckor, då de kan göra egna omkörningar med högre fart.

3. *Den genomsnittliga hastighetsförlusten minskar för de hindrande köfordonen* eftersom f-fordon av den hastighetsbegränsade fordonstypen körtare, varvid e-fordon får högre hastighet.

Tydligen föreligger en motsatt verkan på kökvoterna och följaktligen på köintensiteten mellan omkörningsfrekvensen och e-sträckornas längd. Det

är därför angeläget att få en uppfattning om huruvida köintensiteten skulle öka eller minska vid en höjning av en hastighetsbegränsad fordonstyps maximalt tillåtna hastighet. Kan ett svar lämnas på denna fråga, torde inverkan på köeffekten kunna bedömas. Svaret kan endast ges med hjälp av trafikstudier.

4.1 Mätmetoder och material för köstudier

Det enklaste sättet att studera köförhållandena är att utföra observationerna i enstaka punkter på vägnätet. För att inte onödigtvis komplicera un-

dersökningar av i huvudsak orienterande art, föredrogs denna metod vid väg-institutets köstudier. Undersökningar av fordonsförarnas beteende längs några kilometer långa sträckor skulle kunna ge mera ingående informationer men också draga betydligt större kostnader.

Köstudierna utfördes på sex olika platser på tvåfiliga riksvägar i närheten av Stockholm. Materialets storlek, mätplatsernas läge m. m. framgår av tabell B.9. Köstudier kräver stora material; antalet studerade fordon överskri-der 18 000.

Mätningarna utfördes med trafikanaly- satorer av typ TA3, konstruerade och

Tabell B.9. Material för studium av tunga fordons inverkan på köförhållandena

Inom parentes har den maximalt tillåtna hastigheten angivits i km/h

Datum	Körriktning mot	Antal bilar ¹					Antal bilar/h	Antal tunga bilar %	
		P (Fri fart)	L (70)	T (70)	S (Högst 50)	Totalt			
<i>Kjulsta, E4.</i> 1963		Körbana 7,0 m asfalt, vägren 1,2 m grus, 11,9 km söder om Södertälje stadsgräns, 1,8 km från väg 226 mot Järna.							
18—19/4	Södertälje	1 721	203	32	136	2 092	94	18	
25—26/4	Nyköping	2 009	215	49	184	2 457	110	18	
<i>Årby, E3.</i> 1963		Körbana 6,2 m asfalt, vägrenar saknades, 4,1 km väster om Södertälje stadsgräns, 2,8 km från Turinge kyrka.							
29/4	Södertälje	295	50	9	25	379	95	22	
29/4	Strängnäs	282	59	23	39	403	101	30	
<i>Lövstaholm, E4.</i> 1963		Körbana 6,7 m asfalt, vägren 1,1 m grus, 4,1 km norr om väg 263 till Sigtuna, 5,6 km från väg 908 till Vassunda kyrka.							
5—7/11	Uppsala	1 442	274	69	143	1 928	139	25	
5—7/11	Stockholm	1 433	253	54	97	1 837	133	22	
<i>Ö. Vällinge, E18.</i> 1964		Körbana 6,8 m asfalt, vägren 3,3 m, 8,0 km öster om Enköpings stadsgräns, 4,0 km väster om avtagsväg till Litslena kyrka.							
23—25/9	Stockholm	1 633	238	62	106	2 039	170	20	
23—25/9	Enköping	1 918	207	45	192	2 062	172	19	
<i>Turinge, E3.</i> 1964		Körbana 7,0 m asfalt, vägren 1,1 m grus, 10,4 km väster om Södertälje stadsgräns, 1,0 km öster om avtagsväg till Nykvarn.							
1—2/10	Strängnäs	1 107	246	74	105	1 532	139	28	
1—2/10	Södertälje	1 111	246	48	74	1 479	134	25	
<i>Taxinge kyrka, E3.</i> 1964		Körbana 6,2 m asfalt, vägren 0,1 m grus, 20,5 km väster om Södertälje stadsgräns, 8,0 km öster om avtagsväg till Mariefred.							
22—23/10	Strängnäs	850	111	28	76	1 061	109	20	
22—23/10	Södertälje	704	71	18	71	864	89	15	
		Hela materialet	14 503	2 175	511	1 244	18 433	127	21

¹ Angående definitioner av fordonsgруппerna P, L, T och S, se s. 90

tillverkade vid väginstitutet. På en 5-kanals hållremsa stansades för varje fordon två rader hål. I dessa mätningar registrerades på hållremsan

a) en automatiskt uppmätt hastighet,
b) en automatiskt uppmätt skillnad i tid (»tidsavstånd») mellan två på varandra följande fordons passagetidpunkter vid mätplatsen, samt

c) en kod för fordonsslaget, manuellt inställd av en operatör med hjälp av ett tangentbord och automatiskt instansad samtidigt med hastigheten och tidsavståndet.

Två positioner på hållstansen var tillgängliga för markering av fordonsslaget. Fordonen kunde därför indelas i 4 grupper som valdes på följande sätt:

P = lätta bilar (totalvikt högst 3,5 ton)

L = tunga bilar utan släp

T = dragbil med påhängsvagn (utan annan släpvagn)

S = övriga tunga bilar med släpvagn.

På varje mätplats användes två trafikanalyser, en för vardera körriktningen. Vid mätplatserna Kjulsta och Årby registrerades på hållremsan maskinellt de fordon som passerade i den egna körriktningens körfil. Fordon som på grund av omkörning befann sig i den motsatta riktningens fil, markerades med penna på hållremsan. I de sällsynta fall, då något fordon av annan orsak ej registrerats, markerades även detta med penna på hållremsan.

Vid de övriga mätplatserna mättes hastigheten även för fordon under omkörning, samtidigt som alla passerande fordon fotograferades automatiskt. Med filmens hjälp har för dessa mätningar en exakt riktig registreringsföljd kunnat konstrueras genom korrigerande tillägg till primärregistreringen, och samtliga fordons hastigheter och tidsavstånd har uppmätts.

Tabell B.10. Medelhastigheter för olika fordonsgupper vid köstudierna

Angående materialets storlek m. m., se tabell B. 9. Inom parentes har den maximalt tillåtna hastigheten angivits

Körriktning mot	Medelhastighet (km/h)			
	P (Fri fart)	L (70)	T (70)	S (Högst 50)
Kjulsta, E4				
Södertälje.....	95	67	68	61
Nyköping.....	93	67	69	62
Årby, E3				
Södertälje.....	87	65	68	63
Strängnäs.....	84	67	67	63
Lövstaholm, E4				
Uppsala.....	87	68	68	59
Stockholm.....	84	66	64	57
Ö. Vällinge, E 18				
Stockholm.....	93	70	71	67
Enköping.....	91	74	71	70
Turinge, E3				
Strängnäs.....	82	71	70	63
Södertälje.....	83	63	65	57
Taxinge, E3				
Strängnäs.....	86	67	68	60
Södertälje.....	92	74	78	66

4.2 Resultat av köstudierna

Som en bakgrund till resultaten av köstudierna visas i tabell B.10 medelhastigheterna inom vardera av de fyra fordonsgруппerna. Tabellen illustrerar det förhållandet, att vägens standard ur hastighetssynpunkt är lägre vid Årby, Lövstaholm och Turinge än vid övriga mätplatser. Detta framgår av hastigheten för lätta bilar. En svag tendens i samma riktning framträder även i de tunga bilarnas hastighet. I appendix B.3 visas dessutom hastighetsfördelningarna från de sex platserna för att ge en uppfattning om hastighetsvariationerna inom varje fordonsgрупп. Resultaten från dessa punkthastighetsmätningar överensstämmer i huvudsak med de tidigare redovisade resultaten av restidsstudier (avsnitt 3) och kräver inga ytterligare kommentarer.

I tabell B.11 redovisas för olika fordonsslag en beräkning av kökvoten som i väsentliga avseenden visar dessas hindrande verkan på trafiken. Summan E av alla köfordon («efterliggande» fordon) bakom en viss typ köledare är ett uttryck för hur mycket fordonstypen totalt sett har hindrat trafiken. *Som köfordon har de fordon räknats som passerat mätplatsen högst 5 sekunder efter föregående fordon passage.* Genom att dividera antalet E med hela antalet N av köledarens fordonstyp fås fordonstypens kökvot E/N.

Vid jämförelser mellan kökvoterna E/N för de olika fordonstyperna i tabell B. 11 är det möjligt att draga slutsatser angående fordonstypernas relativa betydelse som köbildare. De tunga fordonen har enligt tabellen haft mycket större kökvot än de lätta, samtidigt som effekten i genomsnitt varit störst för de större fordonstyperna.

I tabellen har kökvoten beräknats dels med hänsyn till fordonstypen, dels med hänsyn till hastigheten. Hastighets-

grupperna har valts med avseende på tunga fordonens hastighetsfördelning, jämför appendix B.3. Inledningsvis (s. 88) nämndes, att en höjning av ett fordonens hastighet självfallet minskar omkörningsfrekvensen förbi fordonet, men att de omkörande fordonen vid den högre hastigheten sannolikt ligger längre sträcka i kö innan omkörning företas. Tabell B.11 visar att så måste ha varit fallet vid föreliggande studier. Således är kökvoten större vid höga hastigheter än vid låga för de lätta bilarna (P), fastän långsammare fordon oftare blir omkörda än de snabbare.

Av särskilt intresse är det förhållandet att de tunga fordonens kökvot är ungefär lika stor, antingen de kör fortare eller saktare. Resultatet kan approximativt uttryckas på följande sätt. *Inverkan på köintensiteten av en höjning av de tunga fordonens hastighet kännetecknas i stort sett av att minskningen i omkörningsfrekvens åtföljes av en ökning i efterliggningssträcka så att köintensiteten blir nästan oförändrad.*

Beräkningarna i tabell B.11 avser givetvis endast hastighetsbestämda fordon. För Kjulsta och Årby avviker siffrorna något litet från de verkliga, emedan de ej hastighetsbestämda fordonen uppgick till ca 5 %. I regel var dessa fordon under omkörning med läge i motriktningens körfil (jämför s. 90). Vid övriga mätplatser hastighetsbestämdes emellertid alla fordonen. Resultaten går i stort sett i samma riktning för alla sex platserna, fränsett att kökvoterna ligger på olika nivåer. Vid Turinge var kökvoterna högst, vid Lövstaholm, Taxinge och Ö. Vällinge något lägre och vid Kjulsta och Årby lägst. I någon mån kan detta förklaras med skillnader i trafikflödet (tabell B.9), men sannolikt har vägstandarden haft större inverkan på resultatet (jämför medelhastigheterna i tabell B.10).

Tabell B.11. Kökvot E/N för olika slag av fordon med hänsyn till hastigheten

N = samtliga fordon av angivet slag och med angiven hastighet

E = hela antalet köfordon efter köledare av angivet slag och med angiven hastighet

Fordonsslag	Maximalt tillåten hastighet (km/h)	Mätplats	Hastighet i km/h					
			—60		60—70		70—	
			N	E/N	N	E/N	N	E/N
P = lätta bilar (totalvikt högst 3,5 ton)	Fri fart	Kjulsta	81	0,10	225	0,16	3 424	0,18
		Årby	18	0,06	88	0,20	471	0,20
		Lövstaholm	155	0,10	356	0,16	2 364	0,22
		Ö. Vällinge	93	0,14	231	0,39	3 227	0,32
		Turinge	171	0,23	314	0,36	1 733	0,26
		Taxinge	67	0,19	142	0,08	1 343	0,25
L = tunga bilar utan släp	70	Kjulsta	68	0,24	212	0,26	140	0,26
		Årby	22	0,45	52	0,27	35	0,20
		Lövstaholm	96	0,46	261	0,49	170	0,52
		Ö. Vällinge	54	0,50	132	0,57	259	0,27
		Turinge	151	0,45	69	0,61	172	0,37
		Taxinge	28	0,25	72	0,38	84	0,18
T = dragbilar med enbart påhängsvagn	70	Kjulsta	9	0,44	39	0,28	33	0,12
		Årby	4	0,00	18	0,17	10	0,10
		Lövstaholm	23	0,57	67	0,57	33	0,61
		Ö. Vällinge	1	0,00	56	0,60	50	0,28
		Turinge	28	0,57	44	0,43	50	0,62
		Taxinge	6	0,17	19	0,68	21	0,10
S = övriga tunga bilar med släp	50	Kjulsta	167	0,31	120	0,43	70	0,24
		Årby	21	0,52	32	0,91	11	0,45
		Lövstaholm	144	0,85	67	0,72	29	0,41
		Ö. Vällinge	73	0,84	91	0,58	134	0,31
		Turinge	93	0,85	47	1,40	39	0,72
		Taxinge	45	1,00	67	0,60	35	0,71
Samtliga fordon		Kjulsta	325	0,24	596	0,26	3 667	0,18
		Årby	65	0,34	190	0,33	527	0,20
		Lövstaholm	418	0,47	751	0,39	2 596	0,25
		Ö. Vällinge	221	0,46	510	0,49	3 670	0,32
		Turinge	443	0,48	574	0,53	1 994	0,29
		Taxinge	146	0,45	300	0,31	1 483	0,45

Tabell B.12. Procent köledare och kökvot E/N för olika fordonsslag vid Lövestaholm

Anm.: Såväl köfordonen E som köledarna har i denna tabell definierats något avvikande från motsvarande i tabell B.11, se texten

Fordonsslag	Maximalt tillåten hastighet (km/h)	Hela antalet fordon N	Köledare av angivet slag		E	E/N
			Antal	%		
P = lätta bilar (totalvikt högst 3,5 ton)	Fri fart	2 875	382	13,3	482	0,17
L = tunga bilar utan släp	70	527	149	28,3	235	0,45
T = dragbilar med enbart påhängsvagn	70	123	38	30,9	63	0,51
S = övriga tunga bilar med släp	50	240	98	40,8	177	0,74
Samtliga fordon		3 765	667	17,7	957	0,25

Tabell B.13. Köernas längd vid Lövestaholm, Ö. Vällinge, Taxinge och Turinge

Köledare	Mätplats	Antal köer												S:a	Medelkö- längd
		Körlängd, antal fordon													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	≥13		
P	Lövestaholm	309	54	12	6	1	—	—	—	—	—	—	—	382	2,3
	Ö. Vällinge	419	133	60	22	9	5	2	2	2	1	2	2	661	2,7
	Taxinge	161	40	20	11	3	—	—	—	—	—	—	—	235	2,5
	Turinge	258	74	25	11	4	4	2	1	1	1	—	1	382	2,7
L	Lövestaholm	92	38	11	6	2	—	—	—	—	—	—	—	149	2,6
	Ö. Vällinge	55	23	12	4	3	—	1	1	—	—	—	—	99	2,8
	Taxinge	17	7	1	1	2	—	—	—	—	—	—	—	28	2,3
	Turinge	76	29	15	7	2	1	1	1	—	1	—	—	133	2,9
T	Lövestaholm	22	11	3	—	1	—	—	—	—	—	—	—	37	2,6
	Ö. Vällinge	15	9	3	1	—	1	—	—	—	—	—	—	29	2,8
	Taxinge	5	2	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	9	2,9
	Turinge	22	5	5	2	2	—	1	—	—	—	—	—	37	2,9
S	Lövestaholm	58	16	14	7	2	—	1	—	—	—	—	—	98	2,7
	Ö. Vällinge	38	8	6	4	3	2	1	2	—	—	—	1	65	3,2
	Taxinge	26	15	6	4	1	—	1	—	1	—	—	—	54	3,1
	Turinge	23	14	7	5	5	1	2	3	—	1	—	—	61	3,8

P = lätta bilar (totalvikt högst 3,5 ton), fri fart

L = tunga bilar utan släp, maximihastighet 70 km/h

T = dragbilar med enbart påhängsvagn, maximihastighet 70 km/h

S = övriga tunga bilar med släp, maximihastighet 50 km/h

Materialet från Lövestaholm har underkastats en speciell analys med hjälp av ett standardprogram för automatisk databehandling. Programmet används för sådana punkthastighetsmätningar som utföres med samtidig mätning av tidsavståndet mellan på varandra följande fordon. I dessa beräkningar har dock köfordonen definierats på ett något annat sätt än vid beräkningarna i tabell B.11. Som i denna tabell har för köfordonen tidsavståndet till framförvarande fordon fått uppgå till högst 5 sekunder, men dessutom har krävts att köfordons hastighet inte fått avvika väsentligt från köns medelhastighet. Fordon som ej uppfyllt dessa krav har ej räknats som köfordon.

Procenten köledare jämte den något ändrade beräkningen av kökvoten E/N vid Lövestaholm visas i tabell B.12. Det kan utläsas att de tunga fordonen i genomsnitt är betydligt mera hindrande

än personbilarna för övrig trafik. Denna tendens konstaterades även i tabell B.11, där det som förut framhållits visat sig, att resultatet inte enbart är en funktion av de lätta bilarnas högre hastighet. Jämförelser mellan tabellerna B.11 och B.12 visar dessutom att kökvoterna är lägre i tabell B.12, vilket är en följd av den något strängare ködefinitionen.

Vid jämförelser mellan de tunga fordonstyperna inbördes med avseende på hindrande verkan måste emellertid följande synpunkt beaktas. I princip är det inte den hindrande verkan per fordon som är det enda lämpliga måttet på hinder i trafiken vad lastbilarna beträffar. I stället kan man beräkna en hindrande verkan t. ex. per tonkm nytolasttransport (eller liknande mått, som uttrycker transportarbetets omfattning). Det framgår nämligen av tabellerna B.11 och B.12, att kökvoterna för T och S knappast torde uppgå till den

Tabell B.14. Medelhastigheter för köer och för samtliga fordon vid Lövestaholm, Ö. Vällinge, Taxinge och Turinge

For- dons- slag	Mätplats	Medelhastighet i km/h för köer efter köledare av angivet fordonsslag										Medel- hast. för samtliga fordon (B)	Skillnad (A)—(B) (km/h)	
		Körlängd, antal fordon												Totalt (A)
		2	3	4	5	6	7	8	9	10				
P	Lövestaholm	85	81	83	81	73	—	—	—	—	83,5	85,2	-1,4	
	Ö. Vällinge	94	93	86	80	84	78	84	80	76	90,1	92,3	-2,2	
	Taxinge	90	84	87	79	90	—	—	—	—	87,3	88,7	-1,4	
	Turinge	83	81	75	73	73	70	69	68	82	79,9	82,9	-3,0	
L	Lövestaholm	68	71	65	68	63	—	—	—	—	68,4	67,0	+1,4	
	Ö. Vällinge	73	75	70	75	74	—	65	—	—	74,3	71,4	+2,9	
	Taxinge	69	66	65	73	68	—	—	—	—	67,7	69,8	-2,1	
	Turinge	68	68	69	66	73	65	51	66	—	67,6	66,8	+0,8	
T	Lövestaholm	67	67	74	—	66	—	—	—	—	67,7	66,2	+1,5	
	Ö. Vällinge	79	67	75	73	—	—	56	—	—	69,3	71,5	-2,2	
	Taxinge	74	62	75	—	68	—	—	—	—	69,6	70,8	-1,2	
	Turinge	71	66	64	63	60	—	69	—	—	66,8	68,6	-1,8	
S	Lövestaholm	59	55	61	60	57	—	55	—	—	58,6	58,3	+0,3	
	Ö. Vällinge	71	64	71	66	72	79	58	—	—	69,6	67,9	+1,7	
	Taxinge	65	67	74	69	55	—	55	—	54	65,9	63,2	+2,7	
	Turinge	64	59	63	54	67	89	—	67	—	63,7	60,3	+3,4	

Anm.: Angående fordonsslag, se tabell B.13

dubbla kökvoten för L, dvs. om de tunga fordonskombinationerna ersattes av singelfordon, skulle köintensiteten öka. Det kan nämnas, att samma grundläggande synpunkt, som här anlagts för lastfordons kökvoter på jämförelser mellan fordonskombinationer och singelfordon, kan tillämpas på lastfordons trafikolycksfrekvens. Åtminstone är detta naturligt då det gäller olycksriskerna för andra trafikanter, medan principen är diskutabel då det gäller olycksriskerna för lastfordonskombinationerna själva.

På materialet från Lövestaholm, Ö. Vällinge, Turinge och Taxinge visas i tabell B.13 ett karakteristiskt drag i köförhållandena, nämligen köernas längd. I motsats till vad som kunde väntas, förekom endast måttliga skillnader mellan kölängderna efter tunga singelbilar och tunga fordonskombinationer.

Som nämnts tidigare har hittills det förhållandet att högre hastigheter hos

köledarna leder till mindre hastighetsförluster hos köfordonen inte tagits med i sammanhanget. I tabell B.14 kan denna effekt utläsas i materialet från Lövestaholm. Således framgår det att köerna med lätta fordon som köledare haft en betydligt högre medelhastighet än de köer som haft tunga fordon som köledare.

Något överraskande torde vara, att köernas medelhastighet i genomsnitt avviker så litet från medelhastigheten för samtliga fordon av köledarens typ. Detta är emellertid en konsekvens av det tidigare omnämnda approximativa förhållandet att kökvoten är ungefär lika stor vid olika hastigheter hos köledaren av visst fordonsslag. För de lätta bilarnas del kan resultatet i viss mån förklaras av att den i tabell B.13 använda ködefinitionen tenderar att reducera antalet av sådana »köer», där ett snabbt fordon nyss passerat ett långsamt.

Som inledningsvis förklarades är kö-

Tabell B.15. Medelastigheten för olika slag av körfordon efter viss typ av köledare, jämte medelastigheten för de fria fordonen vid Ö. Vällinge, Turinge och Taxinge

Köledare (fordonsslag)	Mätplats	Medelastighet i km/h för de fria fordonen	Medelastighet i km/h för körfordon av olika fordonsslag			
			P	L	T	S
P = lätta bilar (totalvikt högst 3,5 ton)	Ö. Vällinge	96 (854)	89 (977)	72 (71)	69 (16)	70 (51)
	Turinge	88 (944)	81 (506)	66 (78)	68 (12)	60 (12)
	Taxinge	93 (1 670)	88 (320)	73 (16)	79 (10)	64 (14)
L = tunga bilar utan släp	Ö. Vällinge	72 (185)	77 (154)	73 (18)	63 (5)	70 (7)
	Turinge	69 (208)	70 (204)	65 (33)	65 (7)	68 (7)
	Taxinge	77 (113)	68 (39)	65 (9)	—	—
T = dragbilar med enbart påhängsvagn	Ö. Vällinge	73 (29)	72 (42)	65 (4)	65 (3)	65 (3)
	Turinge	69 (57)	71 (54)	57 (14)	68 (3)	65 (1)
	Taxinge	70 (24)	72 (14)	65 (1)	—	65 (1)
S = övriga tunga bilar med släp	Ö. Vällinge	66 (83)	77 (130)	65 (12)	65 (5)	64 (17)
	Turinge	61 (77)	68 (124)	59 (31)	62 (6)	55 (8)
	Taxinge	64 (76)	68 (92)	60 (9)	55 (3)	69 (5)

Anm.: Siffrorna inom parentes anger antalet observationer

effekten en funktion av såväl köintensiteten som köernas hastighet. Resultaten har visat att en måttlig reell hastighetshöjning för en given fordonstyp genom höjning av den tillåtna hastigheten kan förmodas endast obetydligt inverka på köintensiteten. Dessutom har det framgått, att köfordonen med en köledare av nämnda fordonstyp kör med ungefär samma medelastighet som samtliga fordon av köledarens typ.

Materialet från Ö. Vällinge, Turinge och Taxinge har studerats speciellt med avseende på medelastigheten för olika slag av köfordon efter visst slag av köledare. Detta redovisas i tabell B.15. Man kan avläsa de hastighetsförluster ett visst fordonsslag gör efter olika slag av köledare. Som hastighets- och köstudierna i övrigt visat åsamkas per-

sonbilarna de största hastighetsförlusterna (15—25 km/h), om de ingår i köer där ett tungt fordon är köledare. För de tunga fordonen innebär det liten skillnad att ligga i kö; i köer efter personbilar göres i många fall hastighetsvinster.

Mot bakgrunden av ovanstående resultat, kan följande sammanfattande slutsats dragas vad beträffar verkan på köeffekten, om den tillåtna hastigheten höjs för en hastighetsbegränsad fordonstyp:

En höjning av den tillåtna hastigheten för en viss typ av tunga fordon leder till en reell hastighetsökning, som i medeltal är lika stor för köfordonen som för den hastighetsbegränsade fordonstypen, utan att frekvensen av köfordonen ändras nämnvärt.

4.3 Diskussion av köstudierna

Resultaten av köstudierna har visat att det sannolikt vore förhållandevis lätt att beräkna verkan på köeffekten av en höjning av den tillåtna hastigheten för en hastighetsbegränsad fordonstyp, om den reella genomsnittliga hastighetshöjningen för fordonstypen kunde förutses och vore av måttlig storlek. För de tunga fordonskombinationerna är det möjligt att under vissa förhållanden bedöma storleken av den reella hastighetshöjningen, om den maximalt tillåtna hastigheten sattes till 70 km/h. Reshastighetsstudierna har nämligen visat att samtliga tunga fordon tenderar att hålla samma hastighet på snabb väg. De har också visat att den resulterande hastighetshöjningen skulle bli mycket måttlig. Samtidigt har köstudierna visat att de fordonskombinationer som f. n. får köra med högst 50 km/h (grupp S) i hög grad hindrar övrig trafik, med påföljd att även en måttlig reell hastighetshöjning skulle innebära betydande vinster för den övriga snabbare trafiken. Dessutom har det framgått att, *i förhållande till transportarbetet, fordonskombinationerna sannolikt är mindre hindrande än singelfordonen.*

5. Allmän diskussion

Obligatoriska hastighetsbegränsningar för vissa slag av fordon har införts av hänsyn till trafiksäkerheten. Vid valet av hastighetsgränser måste avvägningar göras mot de olägenheter som dessa begränsningar medför. De här redovisade trafikstudierna ger underlag för trafiktekniska bedömningar med för- och nackdelar av eventuella höjningar av hastighetsgränserna för vissa tunga fordonskombinationer.

Resultaten tyder på att samtliga tunga fordon med endast en släpvagn borde

hastighetsbegränsas till 70 km/h. Av dessa tunga fordon har fordon med påhängsvagn (semitrailer) redan hastighetsbegränsats till högst 70 km/h.

I det här framlagda fotografiska materialet (tabell B.2, s. 76) från vissa riksvägar (inkl. några europavägar) där tunga fordonskombinationer var mycket vanliga, hade 38 % av de tunga bilarna en släpvagn och mindre än 1 % två släpvagnar. 8 % hade endast semitrailer, dvs. ungefär en femtedel av de tunga bilarna med en släpvagn.

Siffrorna beträffande olika tunga fordonstypers förekomst demonstrerar tydligt olägenheterna av att majoriteten (ungefär fyra femtedelar) av de tunga fordonskombinationerna på de studerade, livligt trafikerade riksvägarna var tillåten att köra med en hastighet av högst 50 km/h. En väsentlig del av olägenheterna bestod däri, att, vid en noggrann efterlevnad av bestämmelserna, dessa fordon ideligen passerades av andra tunga fordon med 70 km/h som högsta tillåtna hastighet. Av dessa snabbare fordon var en ej ringa andel semitrailerkombinationer.

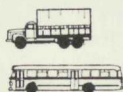
Mot denna bakgrund är det inte förvånande, att skillnaden i medelhastighet på snabb väg var mindre än 6 km/h mellan tunga fordonskombinationer med 50 resp. 70 km/h som högsta tillåten hastighet (medelhastighet 62,6 resp. 68,3 km/h, se tabell B.8, s. 85). En skärpning av övervakningen av hastighetsbestämmelsernas efterlevnad skulle kunna leda till en större respekt för bestämmelserna bland förarna av tunga fordon med en högsta tillåten hastighet av 50 km/h. En påtaglig förbättring i efterlevnaden medför dock en motsvarande ökning av den tunga trafikens transportkostnader. Dessutom ökar antalet omkörningar, speciellt de riskabla omkörningarna mellan fordonskombinationerna inbördes.

Köststudierna visar att köerna knappast kommer att öka, om den högsta tillåtna hastigheten höjdes från 50 till 70 km/h för tunga fordon med en släpkärra eller en släpvagn. Däremot kommer tidsförlusten för de köande fordonen givetvis att minska på grund av den högre hastigheten hos köledare med

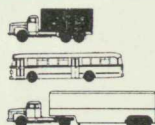
släpvagn. Sådana köledare svarar för en relativt stor andel av köerna att döma av de resultat som köstudierna gav. Restidsvinsterna blir därför sammanlagt av betydande storlek, även om hastighetsökningen för de tunga fordonskombinationerna endast skulle uppgå till ca 6 km/h på snabb väg.

APPENDIX 1

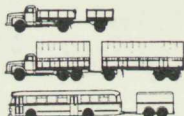
Fördelning av fordonstyper efter gällande hastighetsbestämmelser



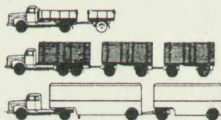
På MOTORVÄG, om bilens totalvikt överstiger 3,5 ton. OBS! Bil med påhängsvagn max. 70 km/h.



Bil över 3,5 tons totalvikt samt bil med en påhängsvagn (semitrailer).

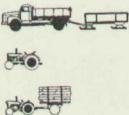


Bil med släpvagn.
Om dragbilens tjänstevikt är minst 3 ggr släpvagnens totalvikt tillåtes samma hastighet som för dragbilen ensam.



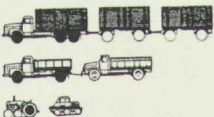
Bil med släpvagn utan bromsar och släpvagnens bruttovikt inte överstiger bilens. Om dragbilens tjänstevikt är minst 3 ggr släpvagnens totalvikt tillåtes samma hastighet som för dragbilen ensam.

Bil med två släpvagnar.
Semitrailer med släpvagn.



Bil med släpsläde och slädens bruttovikt inte överstiger bilens.

Traktor och traktor med en eller två släpvagnar (med eller utan bromsar).



Bil med två släpvagnar utan bromsar.

Bogsering (undantag: bärgningsbil med upplyft fordon, med minst ett hjul på vägen, 40 km/h).

Bandfordon.



Fordon eller släp med hjulringar av järn eller annat hårt material.

Teckenförklaringar:

- Hjul med effektiva bromsar manövrerade från förarplatsen.
- Hjul utan bromsar.

APPENDIX 2

Antal tunga bilar med hänsyn till förekomsten av släpvagnar enligt statens väginstituts fotografiska material från åren 1962 och 1963

Koder för typteckningar :

- 1 = singelaxel
- 2 = boggiaxlar
- . = koppling med vändskiva (på semitrailer)
- = koppling med dragstång (på vanlig släpvagn)

Exempel: Den sjuaxliga lastbilstypen 12.2—11 är en dragbil med semitrailer och en tillkopplad vanlig tvåaxlig släpvagn. Motorfordonet och påhängsvagnen har boggi, släpvagnen saknar boggi.

Av exemplet kan utläsas att med denna typteckning är axelantalet lika med siffersumman (1 + 2 + 2 + 1 + 1 = 7).

Plats nr	Platsens ungefärliga läge	Väg	Län	Tidpunkt	Samtliga tunga bilar
a) Europavägar					
1	Turinge (V Södertälje).....	E3	B	maj 1963	106
2	Hällbybrunn (NV Eskilstuna).	»	D	apr—juni 1962	359
3	Valsberga (S Strängnäs).....	»	D	maj 1963	185
4	Pershagen (S Södertälje).....	E4	B	apr, aug 1962	400
5	Pilkrog (S Södertälje).....	»	B	apr—juni 1962	366
6	Uppsala S.....	»	C	apr—juni 1962	329
7	Stavsjö (NO Norrköping).....	»	D	maj 1963	96
8	Nyköping N.....	»	D	aug—okt 1962	737
9	Svärta (NO Nyköping).....	»	D	maj 1962	806
10	Getå (NO Norrköping).....	»	E	okt 1962	52
11	Rycklösa (NO Linköping).....	»	E	maj 1963	161
12	Litslena (NO Enköping).....	E18	C	apr—juni 1962	283
13	Valskog (NO Arboga).....	»	U	apr—juni 1962	299
Summa					4 179
b) Övriga riksvägar					
14	Kumelby (SO Norrköping)....	15	E	maj 1963	111
15	V Tryserum (S Valdemarsvik)	»	H	juni 1963	34
16	Sjökumla (S Motala).....	32	E	juni 1963	55
17	Kaga (NV Linköping).....	36	E	juni 1963	145
18	Olstorp (NV Norrköping)....	51	E	nov 1962	69
19	Lännäs (O Kumla).....	52	T	maj 1962	64
20	Enköping S.....	55	C	juni 1962	258
21	Litslena (O Enköping).....	»	C	juni 1962	349
22	Tjugesta (V Flen).....	»	D	nov 1962	40
23	Malmköping.....	»	D	nov 1962	52
24	Strångsjö (S Katrineholm)....	»	D	juni 1963	107
25	Simonstorp (N Norrköping)...	»	E	maj 1963	167
26	Bettna (S Flen).....	58	D	apr 1963	35
27	Lagersberg (SV Västerås)....	»	U	maj 1963	79
28	Enköping N.....	70	C	juni 1962	304
29	Rö (SV Norrtälje).....	76	B	maj 1963	128
Summa					1 997
c) Länsvägar					
30	Borensberg N (O Motala)....	211	E	juni 1963	85
31	Hagby (SV Eskilstuna).....	214	D	apr 1963	24
32	Nyköping NV	222	D	maj 1963	192
33	Arboga NV.....	249	U	juni 1962	193
34	Köping NV.....	250	U	juni 1962	1 254
35	Ryd (NV Vaxholm).....	274	B	juni 1963	57
Summa					1 805
Hela materialet					7 981

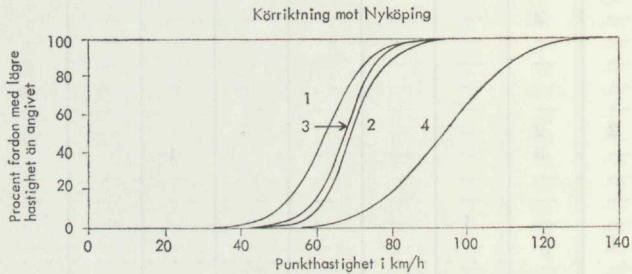
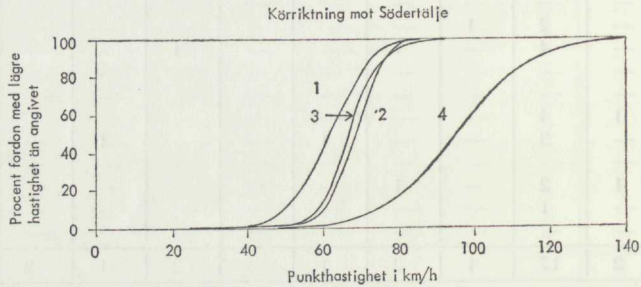
Plats nr	Buss eller lastbil utan släpvagn			Semitrailer utan annan släpvagn					
	11	12	S:a	11.1	11.2	12.1	12.2	12.11	S:a
a) Europavägar									
1	38	21	59	10	4	2	—	—	16
2	194	36	230	18	5	—	3	—	26
3	96	35	131	8	1	—	5	1	15
4	191	69	260	12	9	—	7	—	28
5	153	67	220	13	11	—	4	—	28
6	165	38	203	16	12	—	8	—	36
7	37	11	48	3	6	—	2	—	11
8	304	123	427	31	14	—	18	1	64
9	350	171	521	7	14	—	17	1	39
10	23	7	30	2	—	—	—	—	2
11	59	27	86	10	6	1	6	—	23
12	153	24	177	18	7	1	1	—	27
13	121	32	153	7	1	—	7	—	15
S:a	1 884	661	2 545	155	90	4	78	3	330
b) Övriga riksvägar									
14	72	12	84	3	—	—	2	1	6
15	16	4	20	1	1	—	—	1	3
16	33	4	37	4	—	—	—	—	4
17	97	20	117	3	1	—	1	—	5
18	34	9	43	1	—	—	2	—	3
19	40	6	46	—	—	—	2	—	2
20	104	16	120	11	5	—	2	—	18
21	177	34	211	20	13	—	—	—	34
22	24	3	27	2	1	—	1	—	4
23	31	3	34	2	—	—	2	—	4
24	32	14	46	4	3	—	2	—	9
25	66	18	84	8	2	—	2	—	12
26	22	3	25	1	—	—	—	—	1
27	38	12	50	3	2	—	1	—	6
28	154	43	197	12	7	—	—	—	19
29	48	30	78	12	3	—	1	—	16
S:a	988	231	1 219	87	38	1	18	2	146
c) Länsvägar									
30	33	19	52	9	1	—	1	—	11
31	19	3	22	—	—	—	—	—	—
32	145	6	151	—	1	—	4	—	5
33	107	9	116	4	5	—	—	—	9
34	920	128	1048	16	6	—	18	1	41
35	45	9	54	2	—	—	—	—	2
S:a	1 269	174	1 443	31	13	—	23	1	68
Totalt	4 141	1 066	5 207	273	141	5	119	6	544

Plats nr	Lastbil med en släpvagn (ej semitrailer)									S:a
	11-1	11-2	11-11	11-12	12-1	12-2	12-11	12-12	21-11	
a) Europavägar										
1	4	2	7	—	3	1	13	—	—	30
2	16	2	16	—	6	1	58	1	—	100
3	6	—	5	—	1	1	21	5	—	39
4	13	4	26	—	9	4	47	6	—	109
5	16	5	21	—	9	5	55	1	—	112
6	14	3	15	—	11	2	43	2	—	90
7	3	1	5	—	2	1	21	4	—	37
8	40	9	39	6	16	5	117	9	—	241
9	45	10	26	1	20	38	95	6	—	241
10	2	—	4	—	1	1	12	—	—	20
11	11	2	4	—	3	—	26	1	1	48
12	10	1	18	1	4	3	39	2	—	78
13	23	2	31	2	14	—	55	4	—	131
Summa	203	41	217	10	99	62	602	41	1	1 276
b) Övriga riksvägar										
14	4	—	2	—	3	1	10	—	—	20
15	2	—	1	—	2	—	4	—	—	9
16	5	—	3	—	1	—	5	—	—	14
17	1	—	2	—	1	—	15	4	—	23
18	5	1	2	—	3	—	12	—	—	23
19	3	1	3	—	1	—	6	2	—	16
20	32	5	22	—	3	2	44	3	—	111
21	23	11	16	—	6	1	39	4	—	100
22	2	—	1	—	1	—	5	—	—	9
23	—	—	5	—	1	3	5	—	—	14
24	4	—	12	—	12	—	21	2	—	51
25	12	1	9	—	13	3	28	4	—	70
26	3	1	1	—	1	—	3	—	—	9
27	5	1	1	—	—	—	14	2	—	23
28	22	3	13	2	2	—	41	—	—	83
29	9	2	1	—	3	1	18	—	—	34
Summa	132	26	94	2	53	11	270	21	—	609
c) Länsvägar										
30	—	1	6	—	1	2	11	1	—	22
31	1	—	—	—	1	—	—	—	—	2
32	15	—	3	—	3	5	7	3	—	36
33	25	2	8	—	12	—	20	—	—	67
34	45	13	40	—	20	6	38	2	—	164
35	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Summa	87	16	57	—	37	13	76	6	—	292
Totalt	422	83	368	12	189	86	948	68	1	2 177

Plats nr	Lastbilar med två släpvagnar									S:a
	11.1-1	11.1-11	11.2-1	11.2-11	11.2-12	12.2-1	12.2-11	12-11-1	12-2-2	
a) Europavägar										
1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
2	—	1	—	—	—	—	1	—	1	3
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	2	1	—	—	—	—	—	—	3
5	—	4	—	1	—	—	1	—	—	6
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	1	4	—	—	—	—	—	—	—	5
9	—	3	—	—	1	—	—	1	—	5
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	1	2	—	1	—	—	—	—	—	4
12	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Summa	2	17	1	2	1	—	2	1	2	28
b) Övriga riksvägar										
14	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1
15	—	2	—	—	—	—	—	—	—	2
16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	2	2	—	—	—	5	—	—	—	9
21	—	3	—	—	—	—	1	—	—	4
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1
25	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1
26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	3	2	—	—	—	—	—	—	—	5
29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Summa	6	9	1	1	—	5	1	—	—	23
c) Länsvägar										
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
34	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Summa	—	1	—	—	—	—	—	—	1	2
Totalt	8	27	2	3	1	5	3	1	3	53

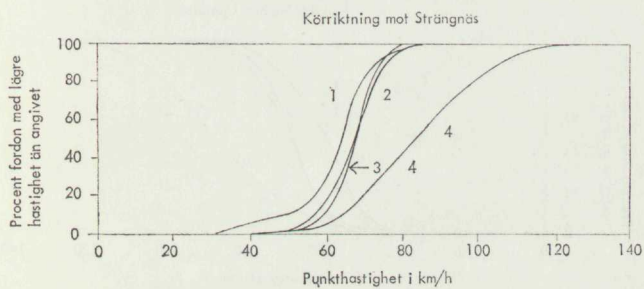
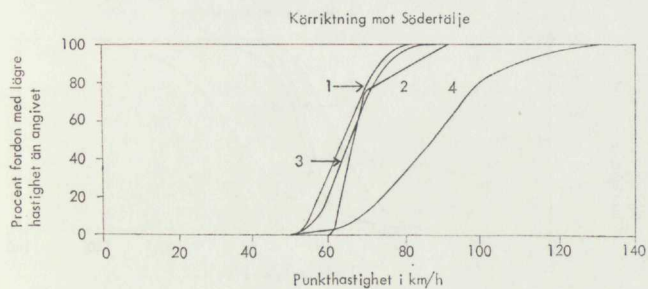
APPENDIX 3

Punkthastighetsfördelningar vid köstudier



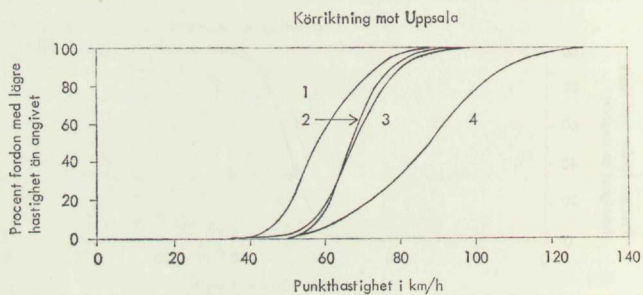
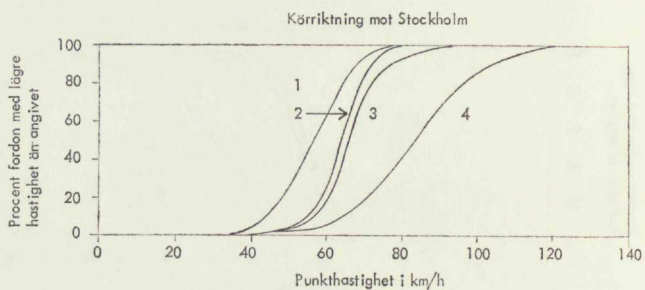
- 1 = Lastbil med släpvagn (ej enbart påhängsvagn). Max. 50 km/h
- 2 = Lastbil med endast påhängsvagn (semitrailer). Max. 70 km/h
- 3 = Tungta fordon utan släpvagn. Max. 70 km/h
- 4 = Personbilar och lätta lastbilar. Fri hastighet.

Punkthastighetsfördelningar vid Kjulsta.
Material: se tabell B. 9.



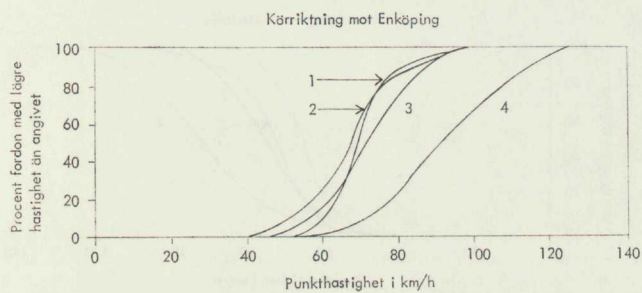
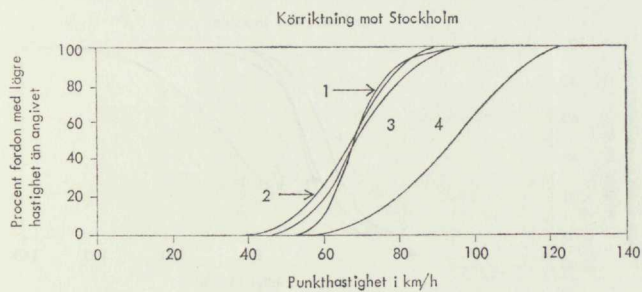
- 1 = Lastbil med släpvagn (ej enbart påhängsvagn), Max. 50 km/h
 2 = Lastbil med endast påhängsvagn (semitrailer), Max. 70 km/h
 3 = Tung fordon utan släpvagn, Max. 70 km/h
 4 = Personbilar och lätta lastbilar. Fri hastighet.

Punkthastighetsfördelningar vid Ärby.
 Material: se tabell B, 9.



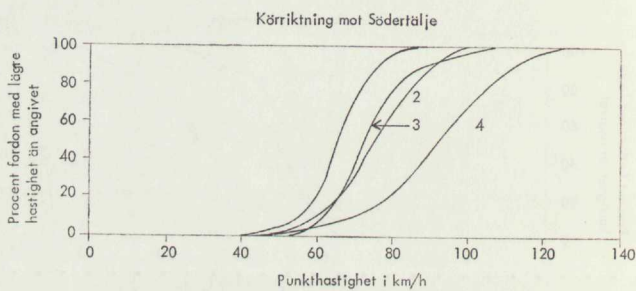
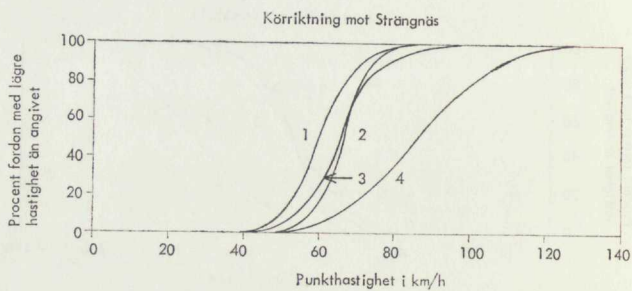
- 1 = Lastbil med släpvagn (ej enbart påhängsvagn). Max. 50 km/h
- 2 = Lastbil med endast påhängsvagn (semitrailer). Max. 70 km/h
- 3 = Tungta fordon utan släpvagn. Max. 70 km/h
- 4 = Personbilar och lätta lastbilar. Fri hastighet.

Punkthastighetsfördelningar vid Lövstaholm.
Material: se tabell B. 9.



- 1 = Lastbil med släpvagn (ej enbart påhängsvagn) Max. 50 km/h
 2 = Lastbil med endast påhängsvagn (semitrailer). Max. 70 km/h
 3 = Tunga fordon utan släpvagn. Max. 70 km/h
 4 = Personbilar och lätta lastbilar. Fri hastighet.

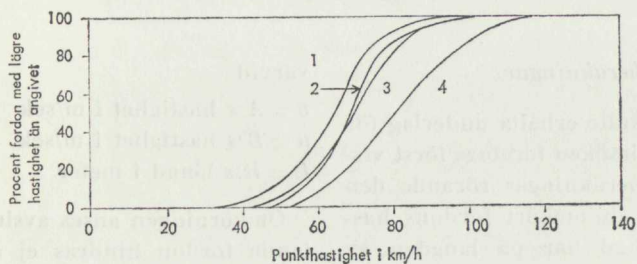
Punkthastighetsfördelningar vid Östra Vällinge.
 Material: se tabell B. 9.



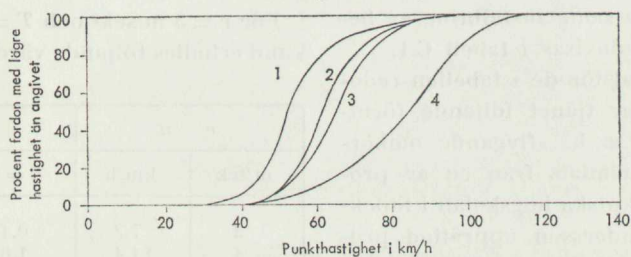
- 1 = Lastbil med släpvagn (ej enbart påhängsvagn). Max. 50 km/h
 2 = Lastbil med endast påhängsvagn (semitrailers). Max. 70 km/h
 3 = Tung fordon utan släpvagn. Max. 70 km/h
 4 = Personbilar och lätta lastbilar. Fri hastighet.

Punkthastighetsfördelningar vid Taxinge.
 Material: se tabell B. 9.

Körriktning mot Strängnäs



Körriktning mot Södertälje



- 1 = Lastbil med släpvagn (ej enbart påhängsvagn). Max. 50 km/h
 2 = Lastbil med endast påhängsvagn. (semitrailer). Max. 70 km/h
 3 = Tung fordon utan släpvagn. Max. 70 km/h
 4 = Personbilar och lätta lastbilar. Fri hastighet.

Punkthastighetsfördelningar vid Turinge.
 Material: se tabell B. 9.

BILAGA C

Studier rörande möjligheterna att köra om tunga fordons- kombinationer vid olika hastigheter och längder hos dessa kombinationer¹

1. Teoretiska beräkningar

För att man skulle erhålla underlag för de praktiska försöken företogs först vissa teoretiska beräkningar rörande den inverkan som ett omkört fordon hastighet och längd har på längden av den siktsträcka som erfordras för en omkörning. Man valde därvid att utföra beräkningarna för s. k. »flygande omkörningar». En sammanställning av beräkningarna redovisas i tabell C.1.

Som grundval för de i tabellen redovisade data har tjänat följande förutsättningar för s. k. »flygande omkörningar» som hämtats från en av professorn vid Tekniska högskolan i Stockholm B. J. Andersson upprättad promemoria beträffande omkörning på backkrön (i kurvor).

Antag att två bilar, A och B, befinner sig på en vägsträcka. Bilen A skall köra om bilen B som körs med konstant fart (u), vilken ej reduceras under omkörningen. Med A utförs en »flygande omkörning» och A antas körd med hastigheten v . Omkörningen inleds i det ögonblick, då A befinner sig så nära B, att den ej kan nedbromsas bakom B till B:s hastighet. Sker nedbromsningen med retardation r m/sek² och är reaktionstiden T sekunder, blir avståndet (d) mellan bilarna (bilarnas fronter) då omkörningen påbörjas:

$$d = (v - u) \left(T + \frac{v - u}{2r} \right) + L$$

varvid

$v = A$:s hastighet i m/sek

$u = B$:s hastighet i m/sek

$L = B$:s längd i meter

Omkörningen anses avslutad (ett mötande fordon hindras ej av A), då A befinner sig på avståndet d_1 framför B. Bäst kan omkörningssituationen beskrivas med följande figur.

För $r = 5$ m/sek² och $T = 0$ resp. 1 sekund erhålles följande värden på $d - L$:

$v - u$		$d - L$	
m/sek	km/h	$T = 0$	$T = 1$
2	7,2	0,4	2,4
4	14,4	1,6	5,6
6	21,6	3,6	9,6
8	28,8	6,4	14,4
10	36,0	10,0	20,0
12	43,2	14,4	26,4
14	50,4	19,6	33,6
16	57,6	25,6	41,6
18	64,8	32,4	50,4
20	72,0	40,0	60,0
22	79,2	48,4	70,4
24	86,4	57,6	81,6

Anm.: Vid de utförda beräkningarna har d_1 antagits vara 15 m

Med kännedom om omkörningssträckans längd, omkörningstiden samt hastigheten hos ett tänkt, mötande fordon C, som ej inbromsas inför mötet med den omkörande bilen A, är det lätt att

¹ Av forskningsledaren L.-B. Kritz, statens trafiksäkerhetsråd.

söka, vad ovan erhållna siktsträckevärden innebär i fråga om praktiska omkörningsmöjligheter. Med ledning av dessa värden och uppgifter i väglogaren har man därför sökt beräkna, hur stor del av ett par utvalda vägavsnitt — Södertälje—Strängnäs och Södertälje—Nyköping — som med hänsyn till rådande siktförhållanden överhuvudtaget kan komma i fråga för omkörningar vid olika hastigheter och längder hos det omkörda fordonet. Resultaten av dessa beräkningar redovisas i tabell C.2.

Av tabellen framgår bl. a., att den vägsträcka, som med hänsyn till rådande siktförhållanden tillåter omkörning, vid en hastighet av 50 km/h och en längd av 10 m hos det omkörda fordonet och under i tabellen i övrigt angivna villkor beträffande omkörande fordon samt mötande trafik, reduceras med drygt 25 % på båda de undersökta vägavsnitten, om fordonets längd ökas från 10 till 30 m. På vägavsnittet Södertälje—Strängnäs

Tabell C.2. Vägsträckor (km), som med hänsyn till rådande siktförhållanden tillåter omkörningar vid olika hastigheter hos omkört, omkörande och tänkt mötande fordon, samt olika längder hos det omkörda fordonet

Hastigheter:

Omkörande fordons hastighet 90 km/h
 Omkört fordons hastighet (u) 50 resp.
 70 km/h
 Mötande fordons hastighet 90 km/h
 L = Omkört fordons längd (m)

Sträcka: Södertälje—Strängnäs (38,7 km)

u	$L = 10$	$L = 15$	$L = 20$	$L = 25$	$L = 30$
50	28,8	26,7	24,6	22,8	20,5
70	20,9	17,9	14,6	11,6	9,1

Sträcka: Södertälje—Nyköping (49,5 km)

u	$L = 10$	$L = 15$	$L = 20$	$L = 25$	$L = 30$
50	40,9	38,3	35,1	32,7	29,7
70	30,1	26,5	22,2	17,6	14,3

minskas sålunda den för omkörning möjliga vägsträckan från 28,8 till 20,5 km och på vägavsnittet Södertälje—Nyköping från 40,9 till 29,7 km. Samma effekt erhålles, därest det 10 m långa, omkörda fordonets hastighet ökas från 50 till 70 km/h. Ökas både hastigheten (från 50 till 70 km/h) och längden (från 10 till 30 m) reduceras den för omkörning möjliga vägsträckan med ungefär två tredjedelar. Omsatt i praktiken innebär detta, att endast 9,1 km av det 38,7 km långa vägavsnittet Södertälje—Strängnäs tillåter omkörningar.

2. Praktiska försök

2.1 Metodik

De praktiska försöken har ägt rum vid två tillfällen, första gången våren 1963 och andra gången sommaren 1964. Vid de båda försöken kördes ett försöksfordon — en fordonskombination — ett antal turer på en utvald vägsträcka med hastigheter, som varierades från tur till tur. För att förhållandena vid de olika hastigheterna skulle bli så jämförbara som möjligt utfördes körningarna efter ett schema, som avsåg att i möjligaste mån eliminera inverkan av sådana faktorer som exempelvis variationer i trafikintensiteten. På så sätt erhöles förutsättningar för att resultaten för de olika hastigheterna skulle bli så jämförbara som möjligt. Vid de tillfällen försöksfordonet blev omkört, mättes dels omkörningssträckans längd, dels längden av den sträcka, över vilken den omkörande trafikanten hade fri sikt då omkörningen påbörjades, dels omkörningstiden. Denna tid beräknades dessutom — för kontroll — med ledning av den uppmätta omkörningssträckan samt försöksfordonets hastighet. Utöver dessa data noterades även de omkö-

rande fordonens typ. De erhållna värdena har bearbetats så att för varje hastighet hos försöksfordonet noterats dels antalet omkörningar vid vilka trafikanterna använt en med hänsyn till frisiktsträckans längd för lång omkörningssträcka, dels den totala omkörningsfrekvensen vid ifrågavarande hastighet.

Med utgångspunkt från omkörningstiden kan man beräkna säkerhetsmarginalen för en mötande bil, som vid omkörningens påbörjande befinner sig just där frisiktsträckan slutar. Vid en sådan situation uppstår ett kollisionsgränsläge mellan den omkörande och den mötande bilen, om den sistnämndas hastighet är för hög i förhållande till den omkörande bilens frisiktsträcka och omkörningstid, eller m. a. o. om det mötande fordonet under omkörningstiden hinner färdas till den punkt, där omkörningen avslutas. Med hjälp av uppgifter om frisiktsträcka, omkörningstid samt hastighet hos det omkörda fordonet kan man för varje omkörningssituation beräkna den högsta genomsnittshastighet som det mötande fordonet får ha utan att kollisionsgränsläge uppstår.

Följande exempel kan måhända tjäna att belysa nämnda förhållande. Antag, att ett försöksfordon färdas med en hastighet av 60 km/h. Försöksfordonet omköres av ett annat fordon, som, då omkörningen påbörjas (i detta fall, då det omkörande fordonets front är i höjd med försöksfordonets bakända), har en frisiktsträcka på 200 m. Omkörningen tar 5 sekunder i anspråk. Under denna tid hinner försöksfordonet färdas 83 m. Det omkörande fordonet färdas under nämnda 5 sekunder samma sträcka men skall dessutom passera försöksfordonet (fordonen antas vara 5 m långa) och med sin bakända nå 10 m framför detta fordon, dvs. köra en total sträcka om

103 m. Av den ursprungliga frisiktsträckan (200 m) återstår då 97 m. Antag vidare, att ett mötande fordon blir synligt vid frisiktsträckans borte begränsning just då omkörningen påbörjas. Detta fordon får då under de 5 sekunder omkörningen tar i anspråk ej färdas längre än de 97 m, som återstår av frisiktsträckan, sedan det omkörande fordonet tagit sina 103 m i anspråk för omkörningen. Detta innebär, att det mötande fordonet måste färdas med en hastighet understigande 70 km/h för att inte ett kollisionsgränsläge skall uppstå, dvs. för att inte det omkörande och det mötande fordonet skall sammanstöta innan omkörningen hunnit avslutas.

För försöken har krävts, förutom försöksfordon, förare av detta och erforderlig instrumentell utrustning, en undersökningspersonal på tre personer, nämligen en observatör, en instrumentavläsare med uppgift att från instrument notera längden av omkörnings- resp. frisiktsträckor samt en protokollförare. Samtliga studier har utförts under dagsljus och på torr sommarvägbana (i maj resp. augusti).

Mätningarna av omkörnings- resp. frisiktsträckor utfördes på följande sätt. Varje gång försöksfordonet blev omkört gjorde observatören följande tre lägesangivelser.

1. Omkörning påbörjas (då det omkörande fordonets front befann sig i höjd med försöksfordonets bakända).
2. Omkörning avslutas (då det omkörande fordonets bakända befann sig ca 10 m framför försöksfordonets front).
3. Frisiktsträckan slut (vid första lägesangivelsen, då omkörningen påbörjades, tog observatören sikte på den punkt på vägen, där den omkörande trafikantens frisiktsträcka sluta

tade, och höll denna punkt i minnet för ny angivelse, när försöksfordonet nådde dit).

Avläsaren följde under omkörningen kontinuerligt siffrorna på ett styckräkneverk, som kopplats till hastighetsmätaredrivningen och som var så växlat att varje enhet i styckräkneverket representerade en viss vägsträcka. Allt eftersom observatören gjorde de tre ovan nämnda lägesangivelserna, angav avläsaren mot angivelserna svarande siffervärden på räkneverket till protokollföraren, som noterade dessa uppgifter på en speciellt utformad blankett. Med hjälp av de protokollförda värdena beräknades därefter omkörnings- resp. frisktsträckan.

Det hade vid studierna varit önskvärt att som lägesangivelse, då omkörning påbörjas, kunna välja den punkt, där det med hänsyn till möjligheterna att undvika sammanstötning med ett mötande fordon ej har någon betydelse, om omkörningen fullföljes eller om den avbrytes och det omkörande fordonet föres in bakom det fordon, som skall köras om. En förutsättning härvid är, att det mötande resp. det omkörda fordonet inte ändrar sin hastighet under omkörningen. Denna punkts läge i förhållande till det omkörda fordonet varierar emellertid med varje omkörning, och det var vid de utförda försöken inte praktiskt möjligt att för varje fall bestämma densamma. Man valde därför att genomgående ange punkten i fråga som det läge, då det omkörande fordonets front var i höjd med det omkörda fordonets bakända.

Denna definition torde emellertid vara fullt tillfredsställande med hänsyn till målsättning och undersökningsmetoder och torde inte medföra någon snedvridning av erhållna resultat.

Ej heller den punkt, då omkörning ansetts avslutad, dvs. då det omkö-

rande fordonets bakersta del befunnit sig 10 m framför försöksfordonets främsta del, är fullt korrekt definierad. Den punkt framför och i förhållande till det omkörda fordonet, där instyrning på den vänstra väghalvan tidigast kan ske efter fullbordad omkörning, varierar nämligen med varje omkörning, främst beroende på farterna hos de båda i omkörningen engagerade fordonen. Den berörda manövern torde dock som regel tidigast kunna påbörjas då det omkörande fordonets bakända befinner sig ca 10 m framför det omkörda fordonets front. Detta mått har därför tillämpats vid alla omkörningar. En dylik definition på punkten för en omkörnings avslutande torde ur praktisk synpunkt vara fullt tillfredsställande.

2.2 Försök på vägavsnittet Södertälje— Strängnäs (Europaväg 3) maj 1963

Försöken utfördes med en fordonskombination bestående av en tung lastbil med släpvagn så tillkopplad, att kombinationens total längd kom att utgöra 20 m. Särskilt tillstånd hade erhållits för förandet av denna försökskombination med högre hastighet än 50 km/h, under den tid undersökningarna genomfördes.

Valet av vägavsnitt dikterades främst av det förhållandet, att tidigare liknande försök skett på enbart goda vägar och att man därför önskade ett vägavsnitt, som erbjöd stor variation i fråga om siktsträckor eller m. a. o. också omfattade vägsträckor av lägre standard. Det valda vägavsnittet uppfyllde dessa villkor. Med hänsyn till vägens karaktär uppdelades vägavsnittet i två delar — den ena från Södertälje till Läggesta, den andra från Läggesta till Strängnäs.

Skillnaden i vägkaraktär — siktsträck-

Tabell C.3. Vägsträckornas fördelning på siktsträckegrupper

Vägsträcka Södertälje—Strängnäs

Siktsträcka S (m)	Vägsträcka I (Södertälje— Läggesta) Vägsträcka med siktsträcka S m		Vägsträcka II (Läggesta— Strängnäs) Vägsträcka med siktsträcka S m		Total sträcka Vägsträcka med siktsträcka S m	
	(km)	%	(km)	%	(km)	%
0—200.....	3,6	13,5	0,9	7,5	4,5	11,6
200—400.....	12,4	46,4	4,3	35,8	16,7	43,2
400—800.....	9,2	34,5	5,5	45,9	14,7	38,0
800—.....	1,5	5,6	1,3	10,8	2,8	7,2
Summa	26,7	100,0	12,0	100,0	38,7	100,0

kor — mellan dessa båda delar framgår bäst av tabell C.3, i vilken redovisas siktsträckornas totala och procentuella fördelning på olika siktsträckegrupper.

Av tabellen framgår bl. a., att sikten på 13,5 % av vägsträcka I (Södertälje—Läggesta) understiger 200 m. Motsvarande värde för vägsträcka II (Läggesta—Strängnäs) är endast 7,5 %. Siktförhållanden överstigande 800 m återfinnes på 5,6 % av vägsträcka I och på 10,8 % av vägsträcka II. Siktförhållandena är således gynnsammare på sträckan Läggesta—Strängnäs än på sträckan Södertälje—Läggesta.

Under försöken, som ägde rum måndagar, torsdagar och fredagar veckorna 5—11 och 12—18 maj samt veckan 26 maj—1 juni 1963, kördes försökskombinationen med hastigheterna 50, 60 resp. 70 km/h 3 turer dagligen sträckan Södertälje—Strängnäs och åter under de bestämda tidsintervallen 9—11, 12—14 och 15—17. Sammanlagt kördes 27 turer på sådant sätt, att varje hastighet förekom under samtliga tre tidsintervall varje veckodag.

Under de dagar försöken pågick, blev försökskombinationen omkörd sammanlagt 773 gånger.

För att förenkla redovisningen av det erhållna observationsmaterialet har om-

körningarna inprickats i diagrammen C.1—3 — ett för varje försökshastighet (50, 60 resp. 70 km/h). Varje noterad omkörning har i dessa diagram inprickats med hänsyn till dels omkörningstidens längd, dels frisktäckans längd.

I diagrammen har vidare inlagts kurvor för tänkta mötande fordon med hastigheterna 80 resp. 100 km/h i syfte att utröna, i vilken utsträckning förarna av de omkörande fordonen tagit mindre tillbörliga chanser vid omkörningarna och i vilken grad dessa omkörningar tillåtit ett vid omkörningarnas påbörjande uppdykande, mötande fordon.

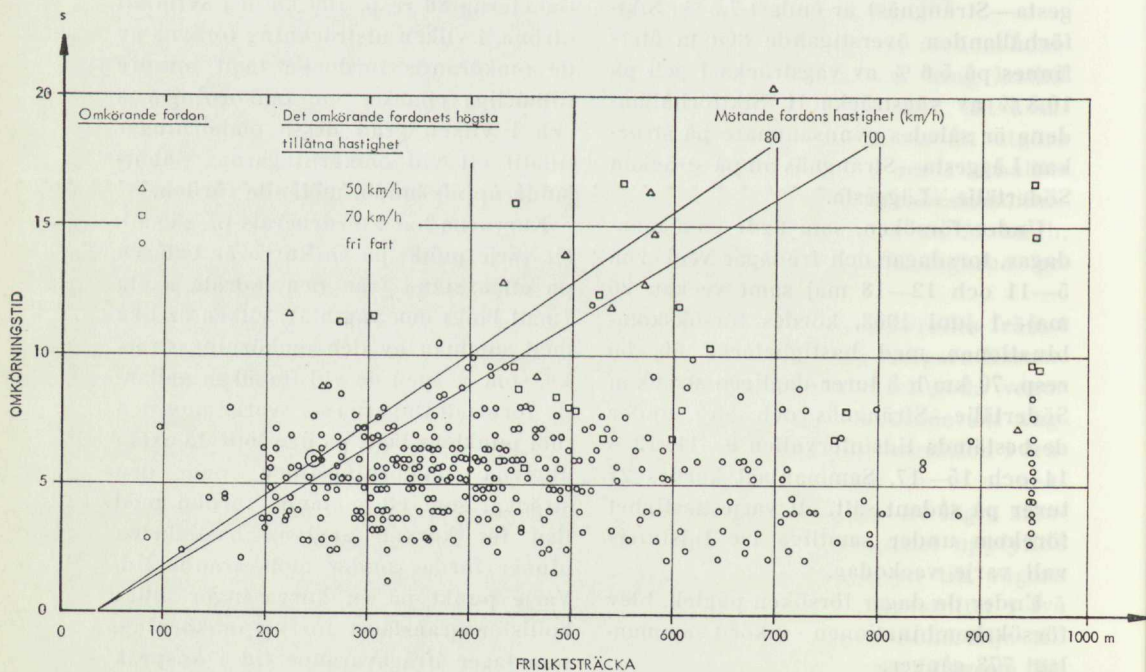
Kurvorna har konstruerats på så sätt, att varje punkt på en kurva är belägen på ett avstånd från den lodräta axeln (mätt längs den vågräta), vilken är lika med summan av den omkörningssträckan, som — med de vid försöken gällande förutsättningarna — svarar mot den mot punktens läge, på den lodräta axeln angivna omkörningstiden och den sträcka, som ett mötande fordon med den för kurvan angivna hastigheten hinner färdas under motsvarande tid. Varje punkt på en kurva utgör alltså kollisionsgränsläget för en omkörning, som tager ifrågavarande tid i anspråk och där frisktäckan sammanfaller med summan av nu angivna sträckor.

Enklast framgår detta av följande exempel.

I diagram C.1 har en av de utförda omkörningarna inringats. Av diagrammet framgår, att ifrågavarande omkörning tog 5,9 sekunder i anspråk. Under denna tid hann försökskombinationen (med en hastighet av 50 km/h) färdas 82 m. Det omkörande fordonet — en personbil — färdades under samma tid samma sträcka men skulle dessutom passera försökskombinationen, som var 20 m lång, och med sin front nå 15 m (med bakändan 10 m) framför detta fordon dvs. köra en totalsträcka om $82 + 20 + 15$ m eller totalt 117 m. Av den ursprungliga frisiktsträckan 247 m återstod då endast 130 m. Antag, att ett mötande fordon blivit synligt vid frisiktsträckans bortre begränsning i det

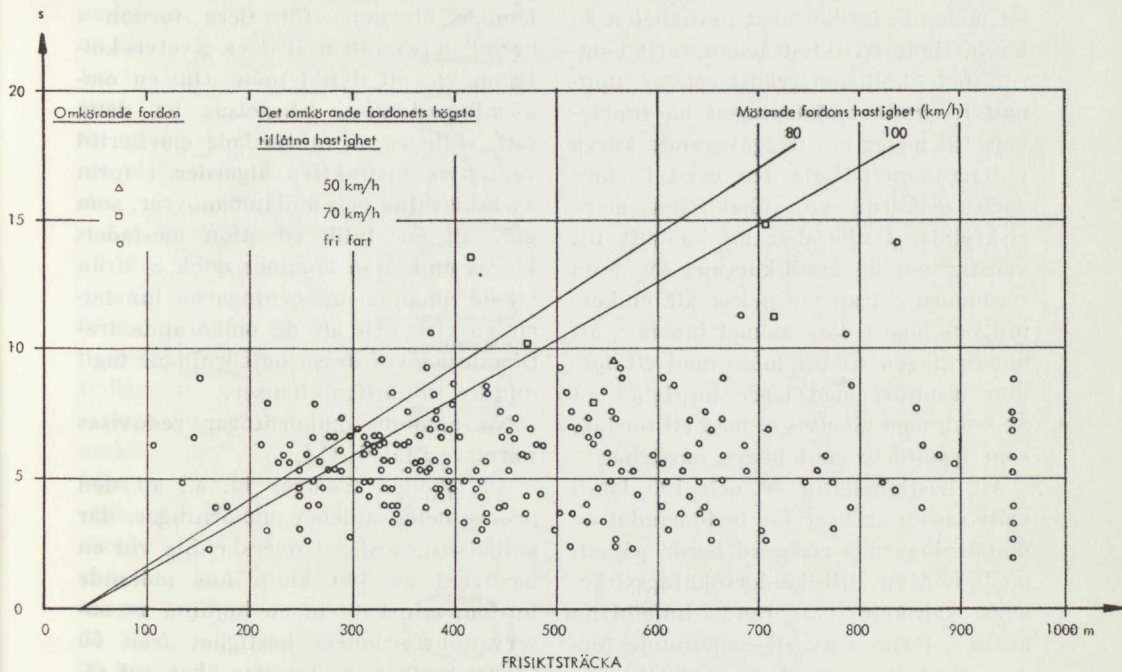
ögonblick omkörningen påbörjades. Detta fordon hade då för att undvika kollisionsgränsläget, under de 5,9 sekunder omkörningen tog i anspråk, ej fått färdas längre än de 130 m, som återstod av frisiktsträckan. Detta är den sträcka som ett fordon med en hastighet av 80 km/h hinner färdas under den ovan angivna tidrymden. Summan av omkörningssträckan och den sträcka, det mötande fordonet hinner färdas under omkörningen, sammanfaller m. a. o. med frisiktsträckan. Hade den omkörande vid ifrågavarande omkörning mött ett fordon, vars hastighet varit 80 km/h, skulle alltså (under förutsättning att inga åtgärder från den omkörande, den omkörde eller den mötande vidtagits) kollisionsgränsläget uppnåtts. Detta framgår i diagrammet på så sätt, att

Diagram C.1. Försöksfordonets hastighet 50 km/h



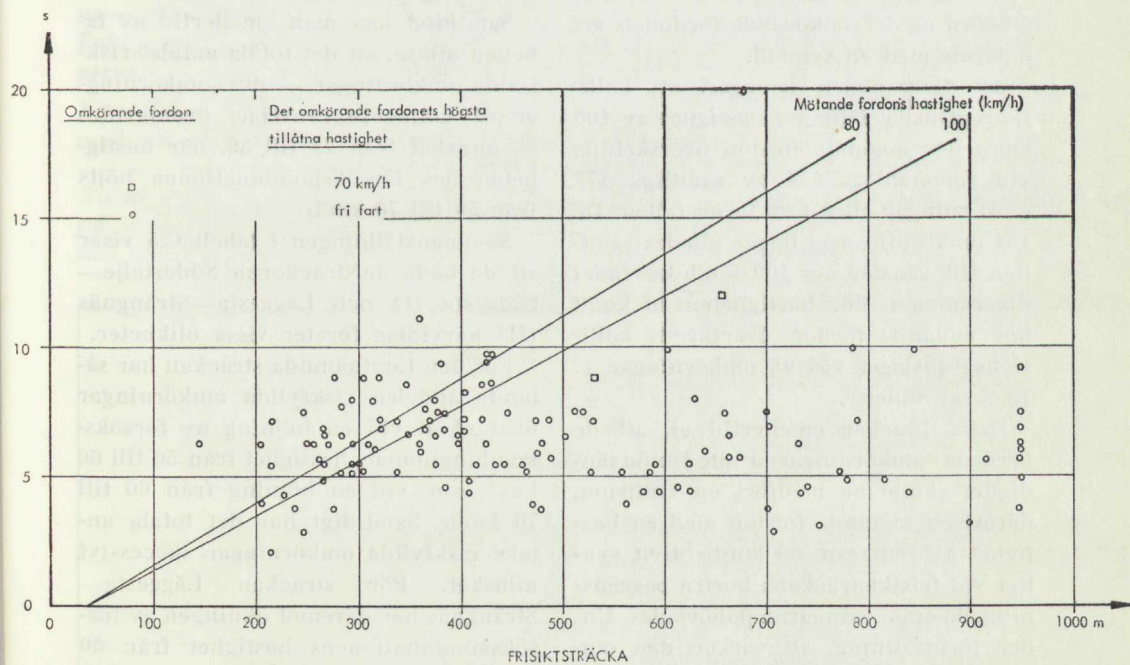
Anm.: De omkörningar, där frisiktsträckan varit längre än 900 m, har i diagrammen inprickats mellan 900 och 1000 m (på siktsträckaxeln)

Diagram C.2. Försöksfordonets hastighet 60 km/h



Se anm. s. 116.

Diagram C.3. Försöksfordonets hastighet 70 km/h



Se anm. s. 116.

omkörningen inprickats på kurvan för ett mötande fordon med hastigheten 80 km/h. Hade frisiktssträckan varit längre (och kollisionsträskläget ej uppnått), skulle omkörningen ha inprickats till höger om ifrågavarande kurva i diagrammet. Hade den varit kortare (och omkörningen följaktligen mera riskfyllt), skulle den ha kommit till vänster om 80 km/h-kurvan. Av detta resonemang framgår också att omkörningens läge i diagrammet innebär, att omkörningen tillåtit möte med ett fordon framfört med lägre hastighet än 80 km/h men givetvis ej med ett fordon, som framförts med högre hastighet.

Att hastigheterna 80 och 100 km/h valts såsom gränser för bedömandet av omkörningarnas riskgrad beror på att, med hänsyn till undersökningssträckans karaktär (vägbredd, linjeföring m. m.), föraren av ett omkörande fordon ständigt måste räkna med att möta fordon med ifrågavarande hastigheter.

I diagrammen har vidare för varje omkörning det omkörande fordonets art noterats med en symbol.

Av diagrammen framgår, att kollisionsträskläget för en hastighet av 100 km/h hos mötande fordon överskridits vid sammanlagt 154 av samtliga 773 omkörningar eller i 20 % av fallen. De 154 omkörningarna ligger således samtliga till vänster om 100 km/h-kurvan i diagrammen. För hastigheten 80 km/h hos mötande fordon överskreds kollisionsträskläget vid 98 omkörningar (i 13 % av fallen).

Detta innebär emellertid ej, att de berörda omkörningarna med nödvändighet skulle ha medfört en kollision, därest ett mötande fordon med en hastighet av 100 resp. 80 km/h blivit synligt vid frisiktsträckans borte begränsning, då omkörningarna påbörjades. Under förutsättning, att varken den omkörde eller den mötande trafikanten

minskar hastigheten och att vägen ej lämnar utrymme för flera fordon i bredd än två, inträffar dock givetvis kollision vid ett dylikt möte. Om en omkörningssituation tillspetsas på detta sätt, vidtager de inblandade emellertid vanligtvis instinktiva åtgärder i form av bromsning och undanmanövrar, som gör, att en dylik situation mestadels klaras upp. Man kommer dock ej ifrån att de nämnda omkörningarna innebära en risk och att de omkörande trafikanterna vid dessa omkörningar tagit mindre tillbörliga chanser.

Nu nämnda omkörningar redovisas närmare i tabell C.4.

Av tabellen framgår bl. a., att den procentuella andelen omkörningar, där kollisionsträskläget överskridits vid en hastighet av 100 km/h hos mötande fordon, minskat vid en höjning av observationsfordonets hastighet från 50 till 60 km/h men därefter ökat vid ytterligare höjning av hastigheten till 70 km/h.

Samtidigt kan man emellertid av tabellen utläsa, att det totala antalet riskfyllda omkörningar — dvs. omkörningar — då kollisionsträskläget överskredes — minskat från 72 till 39, när hastigheten hos försökskombinationen höjts från 50 till 70 km/h.

Sammanställningen i tabell C.5 visar att de båda delsträckorna Södertälje—Läggesta (I) och Läggesta—Strängnäs (II) härvidlag företer vissa olikheter.

För den förstnämnda sträckan har sålunda andelen riskfyllda omkörningar ökat såväl vid en höjning av försökskombinationens hastighet från 50 till 60 km/h som vid en höjning från 60 till 70 km/h. Samtidigt har det totala antalet riskfyllda omkörningar successivt minskat. För sträckan Läggesta—Strängnäs har däremot ökningen av försökskombinationens hastighet från 50 till 60 km/h följts av en markant ned-

gång för både det totala antalet och andelen riskfyllda omkörningar. Vid en ökning av hastigheten från 60 till 70 km/h har dessa båda värden ökat kraftigt. Det har emellertid på grundval av de utförda studierna inte varit möjligt att utröna orsaken till detta förhållande.

Av diagrammen kan vidare utläsas, att de omkörningar, där försöksfordonet (kombinationen) omkörts av andra tunga fordon och tunga fordonskombinationer, ganska genomgående tagit betydligt längre tid i anspråk och varit riskfyllda i större utsträckning än de omkörningar som utförts med personbilar. De förstnämnda omkörningarna redovisas närmare i tabell C.6. En jämförelse mellan omkörningarna visar vidare att omkörningar utförda med tunga fordon praktiskt taget upphört, då försöksfordonets hastighet höjts till 70 km/h.

2.3 Försök på sträckan Södertälje—Eskilstuna—Arboga—Örebro—Arboga—Västerås—Enköping—Strängnäs—Södertälje (Europavägarna 3 och 18 och riksväg 55) augusti 1964

Försöken under våren 1963 utfördes med en enda försökskombination, som

var 20 m lång. Det var m. a. o. inte möjligt att på grundval av dessa försök dra några slutsatser rörande möjligheterna att köra om fordon av olika längd. Under augusti 1964 utfördes därför kompletterande försök med två olika långa fordonskombinationer, en 18 m och en 27 m lång. Syftet med dessa försök var att söka utröna, hur de omkörande trafikanternas beteende påverkades av det omkörda fordonets längd vid olika hastigheter hos detta fordon.

Under försöken, som ägde rum samtliga vardagar med undantag av fredagar veckorna 2—8 och 9—15 augusti 1964, kördes de båda försökskombinationerna sträckan Södertälje—Eskilstuna—Arboga—Örebro—Arboga—Västerås—Enköping—Strängnäs—Södertälje.

Varje kombination kördes denna sträcka en tur dagligen med hastigheten 50 resp. 70 km/h. Hastigheten och fordonens turordning varierades därvid enligt ett uppgjort schema på sådant sätt, att systematiska fel i observationerna i möjligaste mån skulle undvikas. Sammanlagt kördes varje kombination 8 turer.

Att längderna 18 resp. 27 m valts för de i försöken ingående fordonskom-

Tabell C.4. Antal omkörningar, vid vilka ett försöksfordon (tung fordonskombination) på sträckan Södertälje—Strängnäs blivit omkört av andra fordon, fördelat på hastighet hos försöksfordonet samt förekomst av riskfyllda omkörningar (vid olika hastigheter hos ett tänkt mötande fordon)

Försöksfordonets hastighet (km/h)	Antal omkörningar				
	Totalt antal	Där kollisionsgränsläget uppnås vid en hastighet hos ett mötande fordon av			
		80 km/h		100 km/h	
		Antal	Procentuell andel av totalantalet	Antal	Procentuell andel av totalantalet
50.....	393	45	11,5	72	18,3
60.....	245	26	10,6	43	17,6
70.....	135	27	20,0	39	28,9
Summa	773	98		154	

Tabell C.5. Antal omkörningar, vid vilka ett försöksfordon (tung fordonskombination) på sträckan Södertälje—Strängnäs blivit omkört av andra fordon, fördelat på hastighet hos försöksfordonet, delsträckor samt förekomst av riskfyllda omkörningar (vid olika hastigheter hos ett tänkt mötande fordon)

Omkörande fordon	Försöksfordonets hastighet (km/h)	Antal omkörningar					
		Totalt antal	Där kollisionsgränsläget uppnås vid en hastighet hos ett mötande fordon av				
			80 km/h		100 km/h		
			Antal	Procentuell andel av totalantalet	Antal	Procentuell andel av totalantalet	
Vägsträcka I (Södertälje—Läggesta)							
Samtliga	50.....	235	29	12,3	47	20,0	
	60.....	149	21	14,1	34	22,8	
	70.....	71	13	18,3	22	31,0	
	Summa	455	63		103		
Personbil	50.....	215	24	11,2	41	19,1	
	60.....	143	20	14,0	32	22,4	
	70.....	70	13	18,6	22	31,4	
	Summa	428	57		95		
Vägsträcka II (Läggesta—Strängnäs)							
Samtliga	50.....	158	16	10,1	25	15,8	
	60.....	96	5	5,2	9	9,4	
	70.....	64	14	21,9	17	26,6	
	Summa	318	35		51		
Personbil	50.....	144	11	7,6	19	13,2	
	60.....	96	5	5,2	9	9,4	
	70.....	63	14	22,2	17	27,0	
	Summa	303	30		45		

inationerna har motiverats med dels att den förstnämnda längden är vanligt förekommande hos tunga fordonskombinationer, dels att fordonskombinationer med längder, som närmar sig och i vissa fall även överstiger 27 m, börjar förekomma i allt större utsträckning på det svenska vägnätet. Den relativt stora längdskillnaden mellan de båda försökskombinationerna bedömdes även underlätta möjligheterna att fastställa en eventuell inverkan av fordonsläng-

den hos ett omkört fordon på omkörande trafikanters beteenden. Genom att välja en längre experimentsträcka än tidigare erhöles även den fördelen, att försöken kom att utföras på ett mera representativt urval riksvägsavsnitt.

De under augusti 1964 utförda försöken har även gjort det möjligt att kontrollera erfarenheterna av 1963 års försök. I övrigt utfördes försöken efter samma metod som tidigare. Under försöken blev 27-meters kombinationen

Tabell C.6. Antal omkörningar, vid vilka ett försöksfordon (tung fordonskombination) på sträckan Södertälje—Strängnäs blivit omkört av andra tunga fordon, fördelat på hastighet hos försöksfordonet samt förekomst av riskfyllda omkörningar (vid olika hastigheter hos ett tänkt mötande fordon)

Försöksfordonets hastighet (km/h)	Antal omkörningar				
	Totalt antal	Där kollisionegränsläget uppnås vid en hastighet hos ett mötande fordon av			
		80 km/h		100 km/h	
		Antal	Procentuell andel av totalantalet	Antal	Procentuell andel av totalantalet
50.....	34	10	29,4	12	35,3
60.....	6	1	16,7	2	33,3
70.....	2	—	—	—	—
Summa	42	11		14	

omkörd totalt 1 216 gånger och 18-meterskombinationen 1 321 gånger.

Omkörningarna redovisas närmare i tabell C.7. Av denna tabell framgår bl. a., att den procentuella andelen omkörningar, där kollisionegränsläget överskridits, varit större för den 27 m långa kombinationen än för den 18 m långa.

Detta förhållande gäller vid såväl en hastighet av 80 km/h som en hastighet av 100 km/h hos mötande fordon. Det framgår också för den 18 m långa kombinationen, att andelen riskfyllda omkörningar varit något större, då kombinationen körts med 70 än då den körts med 50 km/h. För den 27 m långa

Tabell C.7. Antal omkörningar vid vilka försöksfordonen (tung fordonskombinationer) på sträckan Södertälje—Eskilstuna—Arboga—Örebro—Arboga—Västerås—Enköping—Strängnäs—Södertälje blivit omkörda av andra fordon, fördelat på försöksfordon, hastighet hos dessa fordon, samt förekomst av riskfyllda omkörningar (vid olika hastigheter hos ett tänkt mötande fordon)

Försöksfordonets längd (m)	Försöksfordonets hastighet (km/h)	Antal omkörningar				
		Totalt antal	Där kollisionegränsläget uppnås vid en hastighet hos ett mötande fordon av			
			80 km/h		100 km/h	
			Antal	Procentuell andel av totalantalet	Antal	Procentuell andel av totalantalet
27.....	50	854	111	13,0	178	20,8
	70	362	48	13,3	64	17,7
	Summa	1 216	159		242	
18.....	50	1 024	82	8,0	115	11,2
	70	297	29	9,8	44	14,8
	Summa	1 321	111		159	

Tabell C.8. Antal omkörningar vid vilka försöksfordonen (tunga fordonskombinationer) på sträckan Södertälje—Eskilstuna—Arboga—Örebro—Arboga—Västerås—Enköping—Strängnäs—Södertälje blivit omkörda av andra fordon, fördelat på försöksfordon, hastighet hos dessa fordon, omkörande fordons art samt förekomst av riskfyllda omkörningar (vid olika hastigheter hos ett tänkt mötande fordon)

Försöksfordonets längd (m)	Försöksfordonets hastighet (km/h)	Antal omkörningar				Omkörande fordon	
		Totalt antal	Där kollisionsgränsläget uppnås vid en hastighet hos ett mötande fordon av				
			80 km/h		100 km/h		
			Antal	Procentuell andel av totalantalet	Antal		Procentuell andel av totalantalet
27.....	50	813	101	12,4	163	20,0	} Personbil } Tungt fordon
	70	360	47	13,1	64	17,8	
	50	41	10	24,4	15	36,6	
	70	2	1	—	—	—	
	Summa	1 216	159		242		
18.....	50	967	65	6,7	96	9,9	} Personbil } Tungt fordon
	70	296	29	9,8	44	14,9	
	50	57	17	29,8	19	33,3	
	70	1	—	—	—	—	
	Summa	1 321	111		159		

kombinationen har däremot andelen riskfyllda omkörningar i stort sett varit något lägre vid hastigheten 70 km/h. Skillnaden fordonen emellan har m. a. o. varit mindre, då de körts med 70 än då de körts med 50 km/h.

För båda kombinationerna har vidare det totala antalet riskfyllda omkörningar — omkörningar då kollisionsgränsläget överskridits — minskat i betydande utsträckning, då hastigheten höjts från 50 till 70 km/h. Det har vid försöken vidare kunnat konstateras, att de omkörningar, vid vilka försökskombinationerna körts om av andra tunga fordon och fordonskombinationer, ge-

nomgående tagit betydligt längre tid i anspråk än då kombinationerna körts om av personbilar. Som exempel kan nämnas, att en omkörning, som en tung fordonskombination företog av den 27 m långa försökskombinationen, tog 31,5 sekunder i anspråk. På denna tid hinner ett mötande fordon med en hastighet av 100 km/h färdas 875 m. De förstnämnda omkörningarna har vidare varit betydligt mera riskfyllda än de senare, vilket framgår av tabell C.8. Det kan också av tabellen, liksom av tabell C.6, konstateras att praktiskt taget inga tunga fordon kört om kombinationerna, då dessas hastighet höjts till 70 km/h.

BILAGA D

Inventering av de faktorer, som ur trafiksäkerhetssynpunkt bör beaktas vid bestämmande av lämplig hastighetsgräns för lätta fordonskombinationer¹

1. Samband mellan huvudfaktorer

I det följande skall endast de faktorer inventeras, som bör beaktas då det gäller hastighetsgränser för lätta fordonskombinationer. Frågan om hastighetsgränser kan för lätta fordonskombinationer förenklas åtskilligt. I huvudsak uppträder dessa kombinationer som husvagnskombinationer under industrisemestrarna. Trafikekonomiska synpunkter på hur dessa fordon hindrar den snabbare trafiken får därför reducerad betydelse och behandlas inte närmare i den följande inventeringen.

Problemet gäller i huvudsak att kravet på hög hastighet för trafiksäkrare anpassning till den snabba trafiken måste vägas mot kravet på en låg hastighet för att förbättra fordonskombinationens manöveregenskaper.

Situationen illustreras av figur D.1. Figuren visar några viktigare samband mellan faktorer, som ur trafiksäkerhetssynpunkt bör beaktas vid utformning av hastighets- och längdbestämmelser för fordon och fordonskombinationer. Självfallet utelämnar figuren ett flertal faktorer och samband för att så översiktligt som möjligt antyda huvudstrukturen.

I orsakskedjan (1) — (8) visas de samband som i allmänhet diskuteras, nämligen hur hastighetsbestämmelserna utformas med hänsyn till hastighetens

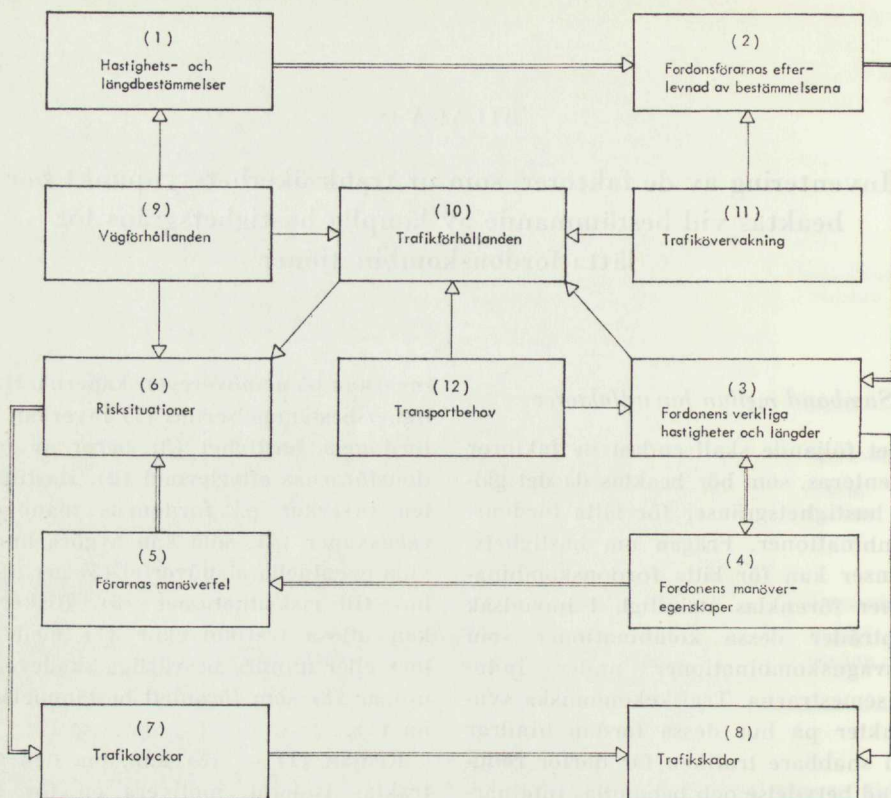
inverkan på manöveregenskaperna. Hastighetsbestämmelsernas (1) inverkan på fordonens hastighet (3) beror av fordonsförarnas efterlevnad (2). Hastigheten inverkar på fordonens manöveregenskaper (4), som kan avgöra huruvida eventuella manöverfel (5) ger upphov till risksituationer (6). Riskerna kan utlösa trafikolyckor (7) med de mer eller mindre besvärliga skadeverkningsar (8) som föranlett bestämmelserna (1).

Kedjan (1) — (8) kan, om den betraktas isolerat, motivera en för låg hastighetsgräns. Emellertid påverkas risksituationerna även på ett annat sätt av hastigheten (3), nämligen genom hastighetsanpassningens inverkan på trafikförhållandena (10). En låg hastighet vållar ideliga omkörningar, som i sin tur leder till flera risksituationer (6) än om farten vore högre.

Med högre hastighet (3) blir dock skadeverkningsarna (8) större, om en trafikolycka inträffar.

Figur D.1 innehåller ytterligare några samband, nämligen mellan faktorer som inverkar modifierande på hastighetsbestämmelsernas inverkan. För det första måste vägförhållandena (9) medge farter över de tillåtna, om fartgränserna (1) skall ha effekt. För det andra

¹ Av avdelningsdirektören B. Kolsrud och förste forskningsingenjören O. Nordström, statens väginstitut.



Figur D.1. Några viktigare samband mellan faktorer, som ur trafiksäkerhetssynpunkt bör beaktas vid utformning av hastighets- och längdbestämmelser för fordonskombinationer

torde trafikövervakningen (11) inverka på efterlevnaden (2). För det tredje inverkar transportbehoven (12) på fordonförarnas hastighetsanpassning (3).

2. Inverkan av det enskilda fordonets hastighet på trafikförhållandena

Hur det enskilda fordonets hastighet inverkar på trafikförhållandena skall beskrivas något närmare. Med ökande hastighet ökar antalet aktiva (egna) omkörningar, medan de passiva omkörningarna minskar i frekvens. Summan av aktiva och passiva omkörningar är lägst vid den s. k. medianhastigheten, dvs. den hastighet som den ena hälften

av trafikanterna överskrider och den andra hälften av dem underskrider.

Förutom att hastigheten inverkar på omkörningsfrekvensen kan den även tänkas inverka på de reella risker som den omkörande tar. Det är således möjligt att föraren i ett fordon efter ett långsamt fordon vid lång efterliggnings-tid är mera benägen att ta risker på grund av otålighet. Det är även möjligt att risktagandet i allmänhet är större vid omkörning av snabba än långsamma fordon.

Det framgår att olika slag av omkörningar måste bedömas för sig. Olycksrisken är stor t. ex. när tunga fordonskombinationer omköras av lätta. De ris-

ker dessa omkörningar medför gör det till en avgörande fråga, hur de hastighetsbegränsade fordonen skall anpassa sin hastighet inbördes. Det är sannolikt lämpligast att de hastighetsbegränsade fordonens inbördes hastighetsanpassning ordnas så att de i möjligaste mån ges samma hastighetsgräns.

En fråga av betydelse för val av lämplig hastighetsgräns för de lätta fordonskombinationerna gäller förarklientelet och dessa förarens manöverfel (5). Frågan är huruvida husvagnsförarens mindre körvana jämfört med lastbilsförarens kan motivera att fordonets manöveregenskaper skall väga tyngre än hastighetsanpassning till den övriga trafiken.

3. Vissa resultat från undersökningar i USA beträffande trafikförhållandenas inverkan på olycksfallsfrekvensen

Avvägningen mellan trafiksäkerhetsargument för högre resp. lägre högsta tillåtna hastighet kan i princip endast göras med hänsyn till faktorernas samlade olyckseffekter. I Highway Research Board Record No 35, 1963, har resultatet av ett sådant avvägningsförsök publicerats.

Materialet bygger bl. a. på empiriska undersökningar av olyckor och trafikförhållanden under åren 1957 och 1958 på vägsträckor i USA med en längd av tillsammans nära 100 svenska mil. Den optimala hastigheten med hänsyn till olyckskostnaderna visade sig ligga i närheten av medianhastigheten för samtliga fordon i trafikströmmen på en väg. Olyckskostnaden för de enskilda fordonen ökar ju mer deras hastighet över- eller underskrider denna medianhastighet. För ett fordon, vars hastighet avviker från medianhastigheten med t. ex. 25 km/h, är sannolikheten att bli

inblandat i en olycka till följd av konflikter med andra fordon flera gånger större än om hastigheten vore i närheten av medianhastigheten.

F. n. är i Sverige trafikströmmens medianhastighet ca 95 km/h på goda tvåfiliga vägar och den högsta tillåtna hastigheten för de flesta lastfordonen 70 km/h. Genom att dessa fordons hastighet så avsevärt avviker från medianhastigheten bör enligt undersökningen sannolikheten för dem att bli inblandade i olyckor vara relativt stor.

För att minska sannolikheten för dessa olyckor bör skillnaden mellan medianhastigheten för trafikströmmen och de hastighetsbegränsade fordonens högsta tillåtna hastigheter minskas. Detta kan ske antingen genom att de hastighetsbegränsade fordonens högsta tillåtna hastighet höjs eller genom att medianhastigheten för hela trafikströmmen sänks. Höjs de hastighetsbegränsade fordonens maximalt tillåtna hastighet måste de givetvis ha prestanda motsvarande den högre hastigheten vad beträffar bl. a. väghållningsförmåga.

En sänkning av fordonsströmmens hastighet kan på goda vägar ske endast genom hastighetsbegränsning. En sådan bidrar till att reducera skillnaden mellan fordonsströmmens medianhastighet och fortkörarnas hastighet. I en trafikström med hög procent tung trafik och där den lättare trafiken håller hög fart bör således en hastighetsbegränsning enligt undersökningen ha god effekt.

På de i ovan nämnda undersökning studerade vägarna var den ur trafikekonomisk synpunkt optimala hastigheten betydligt lägre än medianhastigheten.

Det skall här påpekas att den refererade undersökningen bygger på ett svagt primärmaterial men att resultaten dock

torde kunna tillmätas en viss betydelse.

Vid framtida diskussioner av hastighetsbestämmelser borde mera fakta finnas att tillgå angående dessas konsekvenser ur bl. a. säkerhets- och ekonomisk synpunkt. Forskningsarbeten, t. ex. liknande de här refererade, bör därför komma till stånd i vårt land.

4. Fordons manöveregenskaper

Med ökande hastighet försämras manöveregenskaperna hos ett fordon i olika avseenden.

4.1 Banföljningsförmåga

Oberoende av fordonets konstruktion gäller att de krafter som erfordras för att ett fordon skall följa en given kurvform ökar med kvadraten på hastigheten. De krafter som maximalt kan åstadkommas bestäms dels av fordonets uppbyggnad och däckutrustning, dels av vägbanans beskaffenhet. Av detta följer att en given kurv bana inte kan följas när en för banan och fordonet karakteristisk hastighet överskrides.

Tiden för manövern utförande är omvänt proportionell mot hastigheten, vilket innebär med hastigheten ökande krav på förarens prestationsförmåga.

För ett neutralstyrt fordon är sambandet mellan styrutslag och kurvradie oberoende av hastigheten så länge erforderliga sidkrafter inte överstiger av friktionen mellan däck och väg bana betingade gränsvärden. Ett givet rattutslag resulterar således i en sidkraft som växer med kvadraten på hastigheten. Är fordonet understyrt växer sidkraften långsammare; är det överstyrt ökar sidkraften snabbare. I det sistnämnda fallet blir fordonet instabilt vid en viss, av dess konstruktion betingad hastighet. Vid ökande hastighet blir det såle-

des svårare att styra ett fordon så att friktionsgränsen inte överskrids.

4.2 Dynamisk stabilitet vid konstant körhastighet

Med ökande hastighet minskar den dynamiska stabiliteten hos många fordons typer. Ett dynamiskt stabilt fordon karakteriseras av att en genom en störningskraft initierad svängningsrörelse dämpas ut då störningskraften upphör; i annat fall är det instabilt. Då det instabila fordonet således förstärker varje initierad rörelse, måste föraren hela tiden utföra styrkorrektioner där svårighetsgraden ökar med tilltagande instabilitet och körhastighet. För fordonskombinationer uppträder vid instabilitet kopplade svängningar som kan vara mycket svåra eller omöjliga att häva, om inte hastigheten minskas tills stabilitet inträder.

Då den dynamiska stabiliteten ofta försämras med minskande kurvradie vid konstant hastighet, kan ett fordon vid ingång i kurva, omkörning eller dylikt plötsligt bli instabilt, vilket givetvis innebär en olycksrisk. För en fordonskombination är risken större än för ett ensamt fordon på grund av förarens mycket begränsade möjligheter att påverka släpfordonets rörelser och det större utrymme i sidled som ett långt fordon kräver.

4.3 Fordonstekniska faktorer som påverkar en fordonskombinations dynamiska stabilitet vid konstant hastighet

En fordonskombinations dynamiska stabilitet är beroende av dragfordonets och släpfordonets konstruktiva utformning. Däcksutrustning, massa, massfördelning, masströghetsmoment, geometrisk dimensionering samt svängningsdämpning och fjädring är de ur

fordonsteknisk synpunkt viktigaste konstruktionsfaktorerna.

4.4 Bromsförmåga och dynamisk stabilitet under bromsning

Bromsning är en viktig manöver. Här gäller allmänt att bromssträckan är proportionell mot kvadraten på hastigheten vid bromsningens början. På våt vägbana och vid låsning av ett eller flera hjul ökar bromssträckans längd ännu snabbare vid tilltagande begynnelsehastighet på grund av att glidfriktionskoefficienten minskar vid ökande glidhastighet.

Nödbromsningar leder ofta till att ett eller flera hjulpar låses, varvid fordonets rörelse kan bli instabil. Med ökande hastighet ökar då risken för att fordonet börjar rotera (sladda), vilket för en fordonskombination ofta leder till en hopvikning (fällknivsverkan). Inträffad sladd är svårare att häva med en fordonskombination bl. a. på grund av att den störningskraft släpfordonet utövar på dragfordonet inte omedelbart

kan påverkas via dragfordonets styrutslag.

4.5 Fordonstekniska faktorer som påverkar en fordonskombinations bromsförmåga och dynamiska stabilitet under bromsning

Bromsförmåga och dynamisk stabilitet under bromsning för en fordonskombination påverkas främst av bromskraftfördelningen mellan fordonskombinationens axlar, bromsansättningskarakteristika, samt termisk och mekanisk dimensionering.

4.6 Sidvinds känslighet

Lätta fordonskombinationer där släpfordonet har stor area i förhållande till sin massa, dvs. främst husvagnsekipage, är känsliga för sidvind och luftkrafter som uppstår i samband med passage av eller möte med större fordon. De svängningsrörelser som därvid initieras blir farligare ju högre hastigheten är. I ogynnsamma fall föreligger risk för att släpfordonet vältes av luftkrafterna, varvid risken för allvarligare följder givetvis ökar med hastigheten.

BILAGA E

Lätta fordonskombinationer — trafikstudier¹

1. Inledning

I tabell E.1 anges hastighetsbestämmelser enligt 56 § VTF före och efter den 1 juli 1962.

Till grund för nuvarande hastighetsbestämmelser ligger en trafiksäkerhetsbedömning av de i kombinationen ingående fordonens

- 1) antal
- 2) konstruktion
- 3) vikt och inbördes viktförhållande
- 4) anordning för sammankoppling
- 5) bromsförmåga
- 6) manövrerbarhet.

Jämsides med aspekterna på trafiksäkerhet måste hänsyn tas till fordonskombinationernas transport- och framkomlighetsbehov. Högre tillåten hastighet för en viss fordonstyp medför att fordonstypen producerar större transportarbete per tidsenhet. Trots högre kostnader för slitage på både fordon och väg är detta oftast ekonomiskt fördelaktigt.

Få hastighetsgränser medför att frekvensen omkörningar mellan fordonskombinationer blir liten.

Ogynnsam typutveckling blir ibland följd av en viss hastighetsbestämmelse. Som exempel kan anföras konstruktionsutvecklingen för den lätta fordonskombinationen personbil + husvagn. Strävan efter att göra husvagnarna tillräckligt lätta för att få framföras utan hastighetsbegränsning har menligt

inverkat på bl. a. konstruktionernas kvalitet och styrka. Konstruktörens enda möjlighet att kringgå bestämmelserna blir då att minska vikten på sådana ur trafiksäkerhetssynpunkt så väsentliga detaljer som ramar, fjädrar, axlar, stötdämpare, dragkopplingar m. m.

2. Lätta fordonskombinationers förekomst, hastighet och betydelse som köbildare

Förekomsten av lätta fordonskombinationer ute på vägnätet varierar både lokalt och säsongmässigt. En fullständigt representativ undersökning av förekomsten skulle bli mycket kostsam. Mätningar har utförts på två platser. Den ena (Sik, E6) ger en uppfattning om förhållandena vid stora trafikflöden och med överrepresentation av husvagnar, den andra (Råsta, E4) ger en bild av mera normala trafikförhållanden (tabell E.2).

2.1 Material och metoder

Mätningarna har utförts vid:

1) Avtagsväg till Råsta, ca 25 km V Nyköping längs E4, under tiden 8/7—10/7 1964. *Vägdata*: Körbana 7,0 m, ljus asfalt, vägren 2,0 m grus. Genomsnittligt trafikflöde under mätningarna: 350 fordon/h (båda körriktningarna). Studerat antal fordon: 2 000.

¹ Av förste forskningsingenjören K. I. Åhman, statens väginstitut.

Tabell E.1. Hastighetsbestämmelser enligt 56 § VTF före och efter den 1.7. 1962

Beteckningar:

Hastighetsangivelser inom parentes anger förhållanden före den 1.7. 1962, hastighetsangivelser ej inom parentes anger förhållanden efter den 1.7. 1962.

T = bilens totalvikt i ton.

Förhållandet F_1 = släpvagnens totalvikt/bilens tjänstevikt F_2 = släpvagnens bruttovikt/bilens bruttovikt	Antal och typ av släpvagnar	Maximalt tillåten hastighet (km/h)					
		Släpvagnen försedd med effektiva bromsar			Släpvagnen saknar effektiva bromsar.		
		$T \leq 2,5$	$2,5 < T \leq 3,5$	$T > 3,5$	$T \leq 2,5$	$2,5 < T \leq 3,5$	$T > 3,5$
—	Släpvagn saknas	Fri fart (» »)	Fri fart (60)	70 ¹ (60)	Fri fart (» »)	Fri fart (60)	70 (60)
$F_1 < 1/3$	En påhängsvagn	Fri fart (» »)	Fri fart (60)	70 (60)	Fri fart (» »)	Fri fart (60)	70 (60)
	En annan släpvagn	Fri fart (» »)	Fri fart (60)	70 (60)	Fri fart (» »)	Fri fart (60)	70 (60)
$F_2 < 2$ $F_1 > 1/3$	En påhängsvagn	70 (60)	70 (60)	70 (60)	40 (40)	40 (40)	40 (40)
	En annan släpvagn	50 (50)	50 (50)	50 (50)	40 ² (40)	40 ³ (40)	40 ³ (40)
	Två släpvagnar	40 (40)	40 (40)	40 (40)	20 (20)	20 (20)	20 (20)
$F_2 > 2$		0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Flera än två släpvagnar	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

¹ På motorväg 90
(80)² Om släpvagns totalvikt överstiger 750 kg skall den vara försedd med effektiv broms, som kan manövreras från fotbroms eller motsvarande anordning på dragande bil. Beträffande tvåhjulig släpvagn, vars totalvikt ej överstiger 1500 kg, medges undantag från stadgandet, om släpvagnen är försedd med påskjutsbroms av typ som VoV godkänt, och den skall då jämföras med släpvagn, som är försedd med effektiva bromsar

2) Avtagsväg till Sik, ca 15 km N Falkenberg längs E6, under tiden 14/7—17/7 1964. Vägdata: Körbana 7,1 m, ljus asfalt, vägren 0,5 m asfalt. Genomsnittligt trafikflöde under mätningarna: 600 fordon/h (båda körriktningarna). Studerat antal fordon: 6 880.

Vid båda mätplatserna har kraven klar sikt och torr vägbana varit uppfyllda. I rapporten benämnes mätplatserna Råsta och Sik.

Mätningarna utfördes med trafikanalyser, typ TA-3 med Δt -mätare. På hållemsa instansades automatiskt varje enskilt fordon's hastighet och tidsavstånd

det till närmast föregående fordons passage av mätpunkten.

På varje mätplats användes två trafikanalyser för mätning av trafiken i båda körriktningarna. En av positionerna på hållemsan var tillgänglig för markering av fordonens körriktning. Detta jämte samtidig automatisk filmning av mätpunkten, då fordon befann sig vid denna, har gjort det möjligt att korrigera den ursprungliga hållemsan när omkörning ägde rum på mätplatsen.

Filmen användes för identifiering av de olika typerna av fordonskombina-

Tabell E.2. Andelen husvagnar ur tillgängligt material

Plats	Samtliga fordon	Antal lätta fordonskombinationer	Andel i %
Råsta (8/7—10/7 1964) ...	2 000	26	1,3
Sik (14/7—17/7 1964)	6 880	140	2,0
Sik (12/8—16/8 1964)	14 700	136	0,9

tioner. En del av materialet till köstudierna hämtades från studierna av omkörningsförloppet (se närmare avsnitt 3).

2.2 Förekomst av lätta fordonskombinationer

I fordonsregistren finns en förteckning över alla inregistrerade släpvagnar, även husvagnar. Detta ger dock ingen upplysning om frekvensen eller i vilka fordonskombinationer de ingår. Mätningar måste därför utföras på vägnätet.

Vidare har vid studium av förloppet vid omkörningar (sträckan Pilkrog—Stavsjö Bruk längs E4) en del mätningar gjorts som visar, att under första hälften av augusti husvagnarna förekom under dagtid till ca 1 %.

Studerar man antalet inregistrerade släpvagnar, fördelade på maximilast, finner man de släpvagnar som ingår i lätta fordonskombinationer i gruppen med maximilast 0—500 kg, se figur E.1.

I figuren avspeglas den snabba ökningen av släpvagnar som kan förväntas ingå i lätta fordonskombinationer.

Försäljningsstatistik för de fem mest sålda husvagnarna finns för åren 1961—1963. Också denna pekar på en markant ökning, se figur E.2.

I appendix till denna bilaga, figurerar na 1 och 2, ges i diagramform värdet av

de till Sverige importerade husvagnarna under åren 1960—1964. Detta styrker slutsatsen om husvagnarnas snabba antalsökning.

2.3 Hastighetsstudier

De lätta fordonskombinationerna har indelats i två huvudgrupper:

- a) de som tillåts hålla fri fart
- b) de som är hastighetsbegränsade till 40 och 50 km/h.

Vid värderingen av filmmaterialet är det omöjligt att skilja på de två sistnämnda kombinationerna, eftersom endast bromsutrustningen skiljer dessa åt.

Dessutom har en indelning gjorts i tre undergrupper:

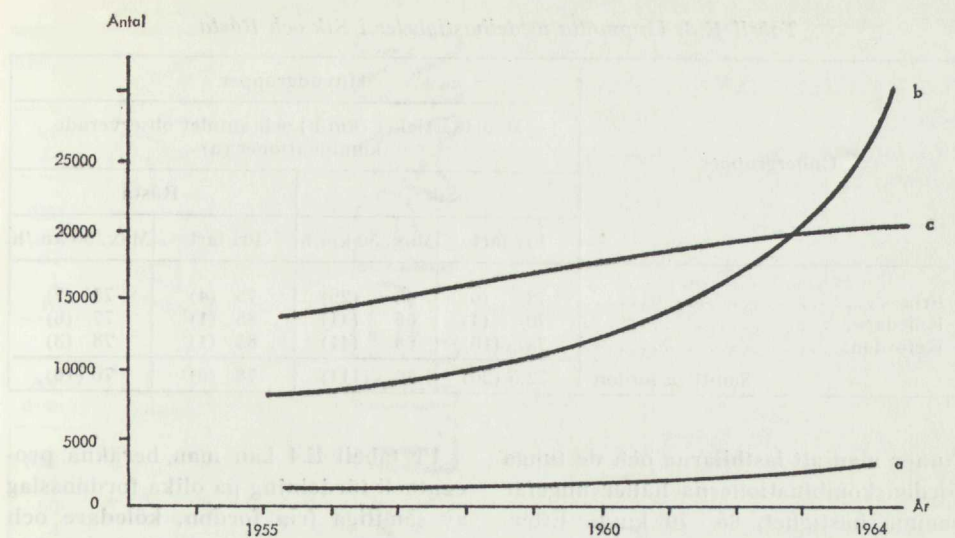
- 1) fria, dvs. de som inte har fordon framför eller bakom sig inom ett tidsavstånd av 5 sekunder (kökriteriet).
- 2) köledare
- 3) köfordon

Av observerade lätta fordonskombinationer utgjorde frifartskombinationerna i Råsta 24 % och i Sik 19 %.

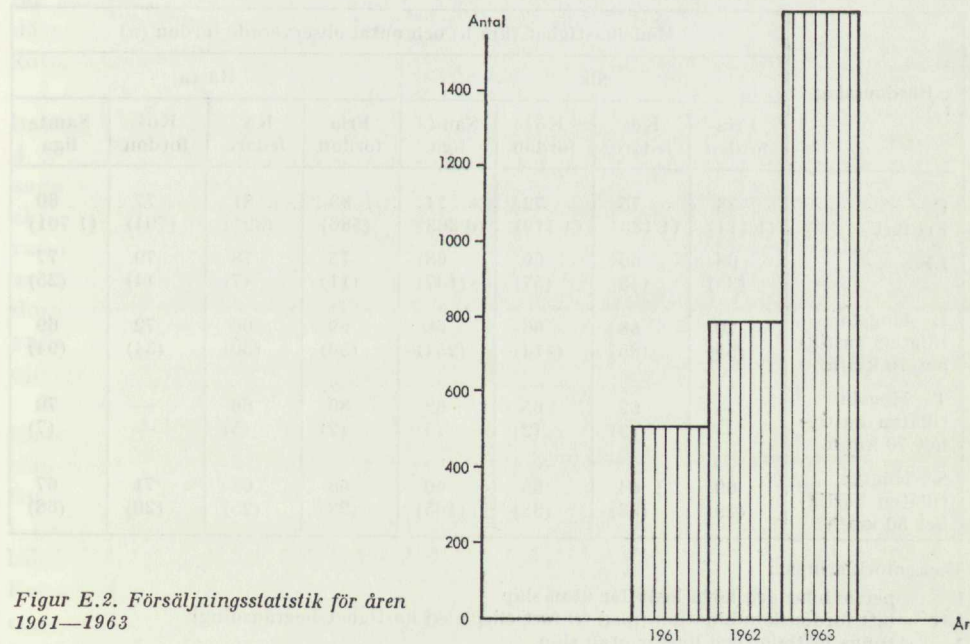
Både i Råsta och Sik överskred de hastighetsbegränsade kombinationerna högsta tillåten hastighet med i medeltal 15—25 km/h. Materialet i Råsta är litet men tendensen mot högre medelhastighet för lägre trafikflöden får nog anses riktig.

En intressant detalj är att när lätta fordonskombinationer uppträder som köfordon håller de högre hastighet än som fria fordon eller köledare. Detta tyder på större lojalitet gentemot andra trafikanter än mot lagbestämmelserna. En fordonsförare söker, då han befinner sig i köposition, uppträda så litet hindrande som möjligt, dvs. hålla samma hastighet som de andra köfordonen.

Studerar man medelhastigheten för de olika fordonslagen (tabell E.4)



Figur E.1. Antal inregistrerade släpvagnar åren 1955—1964 fördelade på
 a = påhängsvagnar
 b = släpvagnar med maxilast 0—500 kg
 c = övriga släpvagnar
 Källa: Bilismen i Sverige 1964



Figur E.2. Försäljningsstatistik för åren 1961—1963

Tabell E.3. Uppmätta medelhastigheter i Sik och Råsta

Undergrupper	Huvudgrupper			
	Medelhastighet (km/h) och antalet observerade kombinationer (n)			
	Sik		Råsta	
	Fri fart	Max. 50 km/h	Fri fart	Max. 50 km/h
Fria.....	73 (6)	63 (29)	75 (4)	75 (7)
Köledare.....	70 (4)	66 (41)	85 (1)	77 (6)
Köfordon.....	73 (16)	68 (41)	85 (1)	78 (3)
Samtliga fordon	72,5 (26)	66,5 (111)	78 (6)	76 (16)

finner man att lastbilarna och de tunga fordonskombinationerna håller ungefär samma hastighet, 65—70 km/h. Eftersom genomsnittliga trafikflödet var åtskilligt större i Sik än i Råsta, påverkar detta givetvis medelhastigheten, mest för personbilar och lätta fordonskombinationer.

Ur tabell E.4 kan man beräkna procentuell fördelning på olika fordonsslag av samtliga fria fordon, köledare och köfordon samt procentuell andel fria fordon, köledare och köfordon för olika fordonsslag, se appendix, figurerna 3 och 4.

Huvudinnehållet i sistnämnda figurer

Tabell E.4. Medelhastighet för fria fordon, köledare och köfordon i Sik och Råsta

Fordonsslag	Medelhastighet (km/h) och antal observerade fordon (n)							
	Sik				Råsta			
	Fria fordon	Köledare	Köfordon	Samtliga	Fria fordon	Köledare	Köfordon	Samtliga
P	78	75	72	74	83	81	77	80
Fri fart	(1 111)	(1 133)	(4 119)	(6 363)	(586)	(321)	(794)	(1 701)
LK	68	66	69	68	75	78	79	77
	(35)	(45)	(57)	(137)	(11)	(7)	(4)	(25)
L Högsta tillåten hastighet 70 km/h	70	68	66	68	69	66	72	69
	(55)	(85)	(114)	(254)	(30)	(30)	(34)	(94)
T Högsta tillåten hastighet 70 km/h	—	62	65	63	80	66	—	70
	—	(3)	(2)	(5)	(2)	(5)	—	(7)
S Högsta tillåten hastighet 50 km/h	69	64	65	66	68	63	71	67
	(29)	(38)	(38)	(105)	(23)	(25)	(20)	(68)

Teckenförklaringar:

- P = personbilar och lätta lastbilar utan släp
 LK = lätt fordonskombination (med fri fart eller med hastighetsbegränsning)
 L = tunga lastbilar och bussar utan släp
 T = tunga bilar med påhängsvagn
 S = övriga tunga fordonskombinationer

sammanfattas i nedanstående uppställningar.

Av 1 000 fordon i Sik är	Fria	Köledare	Köfordon
926 P därav..	162	165	599
20 LK » ..	5	7	8
37 L » ..	8	12	17
1 T » ..	—	1	—
16 S » ..	4	6	6

Av 1 000 fordon i Råsta är	Fria	Köledare	Köfordon
898 P därav..	310	170	418
12 LK » ..	6	4	2
50 L » ..	16	16	18
4 T » ..	1	3	—
36 S » ..	13	13	10

Fordonsindelningen enligt trafikposition för varje fordonsslag visar att fordonsslagen L, LK och S ingår som fria fordon, köledare, köfordon i ungefär samma proportioner. Personbilarna däremot är överrepresenterade bland köfordonen.

I appendix, figur 5 redovisas punkt-hastighetsfördelningarna. I Sik körde 4 % av dem, som var hastighetsbegränsade till 50 km/h eller lägre, med föreskriven hastighet. I Råsta var motsvarande procenttal 5. En större spridning av hastigheterna mellan de olika fordonstyperna märks, som väntat, i Sik, enär ett stort trafikflöde förorsakar ojämn trafikrytm.

Betraktas de lätta fordonskombinationerna med hänsyn till dragbilens och släpvagnens tjänste- resp. totalvikt återfinns de flesta fordonskombinationerna i intervallet 1 000—1 400 kg för dragbilen och 350—750 kg för släpvagnen. Fordonskombinationernas hastighet inom intervallet är ungefär lika oavsett hastighetsbegränsning (se appendix, figur 6).

Nuvarande och av VoV föreslagna bestämmelser — se VoV:s skrivelse till Kungl. Maj:t den 12 augusti 1963 — tillämpade på observerade lätta fordonskombinationer i Sik och Råsta, redovisas i appendix, figur 7. Nuvarande bestämmelser gav 29 kombinationer möjlighet att köra med fri fart och 132 med en hastighet av högst 40—50 km/h. Frifartskombinationerna består oftast av personbil med båtvagn eller med lätt campingvagn. Husvagnskombinationerna är oftast hastighetsbegränsade. Hur VoV:s förslag skulle påverka ovanstående proportion mellan frifarts- och hastighetsbegränsade kombinationer är svårt att förutsäga med tanke på de olika bestämmelser som länge funnits för besiktning av bromsutrustningen.

Emellertid kan konstateras att andelen godkända bromsutrustningar avsevärt ökat med åren. För att man skulle få ett begrepp om ökningens storlek undersöktes besiktningssinstrumenten hos 222 slumpvis utvalda husvagnar inom B-län (tabell E.5).

Tabell E.5. Bromsutrustningen hos 222 slumpvis utvalda husvagnar inom B-län

Bromsutrustning	Andel i % med resp. bromsutrustning		
	Tidpunkt för besiktning		
	Före 1962	1963	Efter 1/1 1964
Med effektiv broms	5	49	83
Utan effektiv broms	95	51	17

2.4 Köstudier

Definition: Ett fordon anses här ingå i en kö, om det närmast framförvarande passerade mätpunkten mindre än 5 sekunder tidigare (kökriteriet). I de fall

köbildning uppstår förorsakar detta bl. a.:

1) Minskad kapacitet, även på anslutningsvägarna om köerna är långa.

2) Tidsförlust för köfordonen, om dessa har större krav på framkomlighet än köledaren.

3) Större risk för trafikolyckor som kan bli följden av omkörningar och påkörningar bakifrån (seriekrocker).

4) Ökat besvär för trafikanterna.

En höjning av högsta tillåten hastighet för ett visst fordonsslag medför att antalet omkörningar förbi detta fordon minskar, medan efterliggningssträckorna däremot ökar.

Genom att utföra mätningar av kölängder och kömedelhastigheter samt studera omkörningsfrekvenser och efterliggningssträckor under olika förhållanden har man här fått en uppfattning om effekten av en hastighetshöjning för de lätta fordonskombinationerna (personbil med husvagn).

Mätningarna utfördes i samband med

hastighetsstudierna med en trafikanalytator typ TA-3 med Δt -mätare.

De observerade kölängderna vid Sik och Råsta (se tabell E.6 och appendix, figur 8) uppvisar ungefär samma fördelning men med stor antalsövertikt i Sik på grund av det stora trafikflödet. Köer med personbilar som köledare är betydligt oftare 2-fordonsköer än när tunga fordon och fordonskombinationer samt lätta fordonskombinationer är köledare. Den stora mängden 2-fordonsköer med personbil som köledare medför i de flesta fall inte nedsatt framkomlighet, eftersom medelhastigheten för 2-fordonsköer mycket litet understiger medelhastigheten för samtliga personbilar.

Om samtliga fordonsslag skulle hindra den övriga trafiken lika ofta skulle köfordonen fördela sig lika med hänsyn till slaget av köledare. Att så ej är fallet kan utläsas ur tabell E.7. Fordonslagen LK, L, T och S är betydligt mer hindrande än personbilarna. Ef-

Tabell E.6. Kölängder vid Sik och Råsta

Mät-plats	Köle-dare	Antal köer												Medel-kölängd	
		Kölängd, antal fordon													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		≥14
Sik	P	446	222	121	85	59	50	39	31	17	17	10	5	23	4,2
	LK	13	9	8	4	2	4	—	1	1	—	2	—	1	4,7
	L	17	21	12	9	5	3	6	1	2	—	—	2	8	5,4
	T	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,0
	S	7	8	3	2	5	4	1	2	—	1	1	2	—	5,4
Råsta	P	175	70	46	15	17	9	3	—	—	2	1	1	1	3,1
	LK	4	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,7
	L	12	7	4	4	—	1	—	—	—	—	—	1	—	3,5
	T	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	5,6
	S	8	4	4	2	1	1	1	—	—	—	—	—	—	3,6

Teckenförklaringar:

P = lätta bilar (totalvikt högst 3,5 ton)

LK = lätta fordonskombinationer (personbil + släpfordon)

L = tunga bilar utan släp

T = dragbilar med enbart påhängsvagn

S = övriga tunga bilar med släp

Köintensitet = relativ förekomst av fordon (saknas uppdelning i fordonslag, är köintensiteten = kökvoten).

Köintensiteten är en funktion av omkörningsfrekvensen och efterliggningssträckans längd. Omkörningsfrekvensen avtar med ökande hastighet hos köledaren. Vid institutets undersökningar (se avsnitt 3) halverades omkörningsfrekvensen för en ökning av hastigheten med 20 km/h (tabell E.9). Omkörningsfrekvensen har här definierats som antal passiva omkörningar per producerad fordonskilometer hos köledaren.

Ur tabell E.10 utläses hur de genomsnittliga efterliggningssträckornas längd ökar med ökad hastighet hos köledaren (tabellerna E.9 och E.10 finns åskådliggjorda i appendix, figur 11). Mätresultatet från 90 km/h baserar sig på ett fåtal omkörningar och får anses osäkert.

Tidsförlusterna blir däremot avsevärt större, när köledaren håller lägre hastighet. Ett exempel belyser detta:

Ett fordon framföres i 100 km/h. Vilka tidsförluster åsamkas fordonet, om en husvagnskombination framförd i

Tabell E.9. Omkörningsfrekvensens variation vid olika typ och hastighet hos köledaren (personbil med husvagn). Material, se avsnitt 3

Typ av köledare	Omkörningsfrekvens för olika hastighet hos köledaren		
	50 km/h	70 km/h	90 km/h
Stor kombination*	1,01	0,61	0,26
Liten kombination*	0,61	0,31	0,15
Samtliga	0,80	0,46	0,22

* Stor kombination: total längd: 950 cm, total bredd: 206 cm
Liten kombination: total längd: 915 cm, total bredd: 200 cm
Stora husvagnens totala vikt: 920 kg
Lilla » » » : 450 kg

Tabell E.10. Genomsnittliga efterliggningssträckor i m för olika typ och hastighet hos köledaren

Typ av köledare	Genomsnittlig efterliggningssträcka per fordon vid olika hastigheter		
	50 km/h	70 km/h	90 km/h
Stor	490 (185)	950 (182)	2 485 (35)
Liten	725 (125)	1 040 (89)	1 550 (10)
Samtliga	585	980	2 280

resp. 50, 70 och 90 km/h förhindrar omkörning under de observerade genomsnittliga efterliggningssträckorna? De beräknade tidsförlusterna kan avläsas i tabell E.11.

3. Förloppet vid omkörning av lätta fordonskombinationer

3.1 Material och metoder

Vid väginstitutets försök användes följande apparatur: En kamera monterad på taket till en husvagn och en spegelanordning som gjorde fotografering möjlig av både mötande och omkörande trafik. I observationsfordonet fanns en pennskrivare, på vilken följande tidpunkter manuellt registrerades

1. varje möte
2. varje gång omkörande fordon kom i jämnhöjd med det omkörda

Tabell E.11. Tidsförlusterna för köfordonen vid varierande hastighet hos köledaren

Typ av köledare (husvagnskombination)	Tidsförlust i sekunder vid olika hastighet hos köledaren		
	50 km/h	70 km/h	90 km/h
Stor	17,9	14,6	10,0
Liten	26,5	16,2	6,3
Samtliga	21,2	15,3	9,2

3. då omkörande fordon kom in i sin egen fil
4. markeringar för varje kameraexponering (vägstyrning gav exponering var 15:e m)
5. tidmarkeringar för kalibrering av pennskrivaren.

Fältmätningarna utfördes längs E4 på sträckan Pilkrog—Stavsjö Bruk under tiden 13/8—28/8 1964.

3.2 Elementär teori, resultat m. m.

Vid alla situationer i trafiken spelar fordonsförarnas beteende en stor roll. Beteendet påverkas av yttre faktorer såsom trafiksignaler, andra fordonsförares beteende, uppskattade hastigheter hos andra fordon, sikt, väglag och krav på framkomlighet. Beroende på förarnas kunnighet, erfarenhet och emotionella tillstånd väljes sedan ett beteende som antas kunna hjälpa dem att klara situationen.

Vid omkörning är det främst en faktor som påverkar föraren: kravet på framkomlighet. Efter en uppskattning av inblandade fordons hastigheter och inbördes positioner på vägen beslutar sig föraren för om han skall köra om. Det som hindrar en omkörning är i första hand mötande trafik och skymd sikt.

Omkörningarna kan indelas i två stora grupper: multipla och enkla. De multipla förekommer i sin tur i ett ändlöst antal varianter. De enkla kan indelas i följande fyra undergrupper:

1. Flygande start — frivilligt tillbaka till egen fil
2. Accelererad start — frivilligt tillbaka till egen fil
3. Flygande start — tvingad tillbaka till egen fil p. g. a. mötande trafik
4. Accelererad start — tvingad tillbaka till egen fil p. g. a. mötande trafik.

Tiden för en omkörning beror i sin tur på många olika faktorer t. ex. väggeometri, vägens linjeföring, de inblandade fordonens hastighet och accelerationsförmåga, väglag samt förarens körskicklighet.

Den minsta tidslucka T_L (tiden i sekunder mellan två fordon i mötande trafikström) som kan accepteras av ett omkörande fordon beror av den relativa hastigheten mellan det omkörande och det mötande fordonet samt av det omkörda fordonets hastighet.

Om vi antar att tiden för en omkörning är T sekunder, det omkörande fordonet har en hastighet av V_1 km/h och det mötande V_2 km/h, kan minsta erforderliga tidsluckan beräknas på följande sätt:

$T_L \cdot V_2 =$ tidsluckans längd omräknad till sträcka

$T(V_1 + V_2) =$ den sträcka som tillryggaläggs av de båda fordonen under den tid som omkörningen tar.

Den minsta tidslucka, som kan existera utan att konfliktsituation uppstår, beskrives:

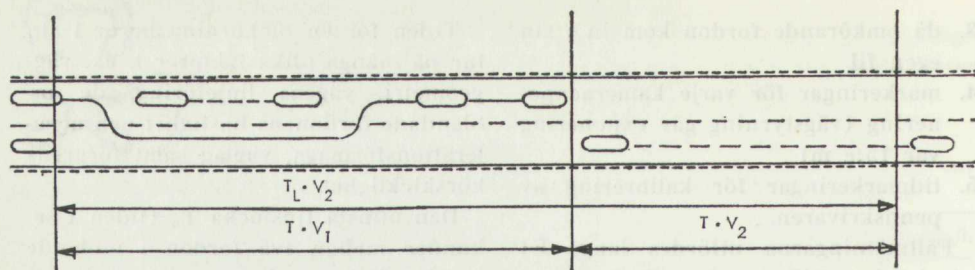
$$T_L \cdot V_2 \geq T(V_1 + V_2)$$

$$T_L \geq \frac{T(V_1 + V_2)}{V_2}$$

$$T_L \geq T \left(\frac{V_1}{V_2} + 1 \right)$$

Vid väginstitutets försök var huvudsyftet att studera hur den snabbare trafikens omkörningar av husvagnskombinationen påverkades av kombinationens hastighet. De undersökta hastigheterna var 50, 70 och 90 km/h. Omväxlande användes stor och liten husvagn (beträffande husvagnarnas dimensioner m. m., se tabell E.9, s. 136).

Som förut nämnts sjönk omkörningsfrekvensen mycket starkt med ökande hastighet. Av väsentligt intresse är, hu-



$T_L \cdot V_2$ = tidsluckans längd omräknad till sträcka

$T(V_1 + V_2)$ = den sträcka som tillryggaläggs av de båda fordonen under den tid som omkörningen tar

ruvida denna ur trafiksäkerhetssynpunkt förmånliga minskning skedde till priset av att omkörningarna blev mera riskfyllda. Undersökningarna av omkörningsförloppet ger ingen antydning om en sådan ökad risk. Vid 90 km/h hos husvagnskombinationerna var dock antalet omkörningar så litet, att materialet inte medger några bestämda slutsatser. Jämförelsen mellan 50 och 70 km/h, där materialet räcker till för en bedömning, ger sammanfattningsvis följande resultat.

— Någon påtaglig inverkan av kombinationens längd på omkörningsförloppet kunde ej påvisas vid någondera av de två hastigheterna.

— Något oftare accepterades korta tidsluckor för omkörning vid 50 än vid 70 km/h.

— Risktagandet var ej större vid 70 än vid 50 km/h att döma av tidsmarginalen från det att omkörande kommit in i egen fil till dess han mötte ett fordon.

— Ingen skillnad iaktogs mellan 50 och 70 km/h vad angår insvängningstiden, dvs. tiden från det att omkörande låg bredvid kombinationen tills han svängt in i egen fil framför mätfordonet.

Dessa försök, som detaljerat skall redovisas i en kommande rapport, kan i vissa avseenden jämföras med resultatet från andra undersökningar.

Den erforderliga tiden för en omkörning har mätts av bl. a. japanska forskare (Fujii—Hoshono—Kondo). På en tvåfilig väg (6,0 m bred, 0,75 m vägren) uppmättes sålunda omkörningstiden till i medeltal 6,4 sekunder. Omkörningen ansågs avslutad då omkörande fordon kommit in i egen fil. Omkörningstiden var nästan helt oberoende av hastighetsskillnaden mellan den omkörande och det omkörda fordonet. Spridningen kring medelvärdet var dock större för större hastighetsskillnad. Tiden som återstod från det att den omkörande kommit in i egen fil till dess han mötte ett framifrån kommande fordon uppmättes till i medeltal 3 sekunder. Detta skulle ge till resultat att ett omkörande fordon i medeltal skulle acceptera tidsluckor på ungefär 10 sekunder.

För att man skall kunna jämföra de japanska mätningarna med dem som gjorts vid väginstitutet måste tidsluckornas längd korrigeras på grund av observationsfordonets hastighet mot mötande trafikström.

T_{obs} = tiden i sekunder mellan två successiva möten mätt från observationsfordonet

$$T_{obs} = \frac{T_L \cdot V_2}{V_2 + V_E}$$

V_E = observationsfordonets egen hastighet

Vid fältmätningarna längs E4 kan mötande fordons medelhastighet antagas vara ca 90 km/h. Omkörande fordon antagas hålla en hastighet som med 20—40 km/h överstiger observationsfordonets, vilket har en hastighet av 50 eller 70 km/h.

Ex. 1

$V_E = 50$ km/h
 $V_1 = 70$ —90 km/h
 $V_2 = 90$ km/h
 $T = 10$ sekunder
 $T_L \approx 15$ —18 sekunder
 $T_{OBS} \approx 9$ —11 sekunder

Ex. 2

$V_E = 70$ km/h
 $V_1 = 90$ —110 km/h
 $V_2 = 90$ km/h
 $T = 10$ sekunder
 $T_L \approx 20$ —22 sekunder
 $T_{OBS} \approx 11$ —14 sekunder

Då endast sådana omkörningar, där mötande fordon bestämt offererade tidsluckans längd (inget sikthinder), uttogs ur institutets material, var de accepterade tidsluckornas längd i medeltal 7,8—8,5 sekunder (observationsfordonets hastighet var 50 resp. 70 km/h), dvs. institutets undersökningar gav kortare omkörningstider än de japanska.

En undersökning som utförts av docent M. Björkman vid psykologiska institutionen, Stockholms Universitet, (An exploratory study of preceptive judgements in a traffic situation), behandlar möjligheten att bestämma mötespunkter.

I de flesta trafiksituationer måste föraren bedöma ett händelseförlopp som bestämts av fysiska samband. Frågan är: med hur stor noggrannhet kan en försöksperson, som sitter i en bil, förutsäga var han kommer att möta ett fordon? Frågan innehåller i princip samma problem som varje förare i ett om-

körande fordon måste ta ståndpunkt till.

Försöken utfördes på ett flygfält, körbanan uppmärksammad med vita, väl synliga märken på var 50:e meter. De två personbilar som användes körde mot varandra med inbördes varierande hastigheter, 20, 30, 40, 50 och 60 km/h.

Följande mätresultat (tabell E.12) erhöles i det experiment som gällde att förutsäga mötespunkten för ett framifrån kommande fordon. Fordonen möttes ej.

Tabell E.12. Skillnader mellan bedömd och objektiv mötespunkt (i meter)

Egna fordons hastighet (km/h)	Mötande fordon (km/h)				
	20	30	40	50	60
20	- 8	+33	+40	+61	+71
30	-55	- 5	+ 3	+43	+37
40	-74	-22	- 1	+12	+28
50	-86	-47	-19	- 2	+12
60	-92	-49	-25	- 1	+10

Om det egna fordonet kör med lägre hastighet än det mötande (en vanlig situation vid omkörningar) framgår det att försökspersonerna då uppskattar att mötespunkten ligger längre bort än den gör i realiteten (+tecken).

Felen hänförs sig systematiskt till bilarnas hastighet och avstånden mellan dem.

Ytterligare försök visar att bedömning av mötespunktens läge i stort sett sammanfaller med den subjektiva mötespunkten mellan fordonen. Den subjektiva bedömningen av halva avståndet är inte helt oberoende av hastigheterna, men korrelationen är mycket liten.

Försök visar att träning (man lät försökspersonerna kontrollera fordonens mötespunkter) avsevärt minskar de systematiska feilen. Detta kan förklaras på många sätt. Troligt är att försökspersonerna inte lär sig att bättre uppskatta

de skilda hastigheterna och avstånden utan att de förbinder dessa med mera påtagliga ting, exempelvis markeringarna på körbanan.

Den viktigaste slutsats som, med tanke på omkörningar, kan dras av dessa försök, är att feluppskattningar görs som kan bli ödesdigra, om de inte hinner korrigeras.

4. Diskussion

Trafiksäkerhetsbedömningar ligger till grund för lagbestämmelser om högsta tillåten hastighet. I VoV:s förslag — se VoV:s ovannämnda skrivelse den 12 augusti 1963 — förordas fyra hastighetsgränser, 40, 50, 70 och 90 km/h. Nuvarande lagbestämmelser begränsar hastigheten för de flesta lätta fordonskombinationerna till 50 km/h. Medelhastigheterna för de hastighetsbegränsade lätta fordonskombinationerna uppmättes till 65—75 km/h.

De lätta fordonskombinationerna förekommer som köledare i ungefär samma utsträckning som tunga fordon och fordonskombinationer. Vid högre hastighet hos köledaren minskar omkörningsfrekvensen medan efterliggningssträckan ökar. Trafikstudierna visar också att en mer aktiviserad trafiköver-

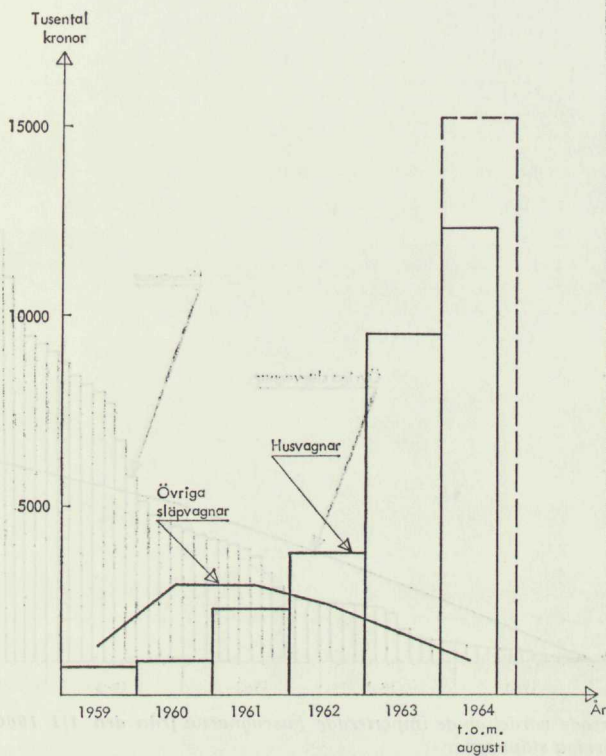
vakning i nuvarande läge skulle betyda att omkörningsfrekvensen för omkörningar av lätta fordonskombinationer skulle öka samtidigt som köfordonen skulle åsamkas större tidsförsluster.

Enligt VoV:s förslag avses de flesta lätta fordonskombinationerna skola hastighetsbegränsas till 70—90 km/h. Redan nu framförs dessa i hastigheter som borde vara aktuella först efter en höjning enligt förslaget. Man kan därför förvänta att de trafiktekniska förhållandena ej skulle ändras nämnvärt om trafikövervakningen aktiviserades i samband med övergång till nya bestämmelser.

Allmänt kan sägas att många olika fartgränser komplicerar lagstiftningen och försvårar övervakningen. Då antalet fordonskombinationer ökar snabbt, medför många olika hastighetsgränser en ökning av antalet omkörningar mellan fordonskombinationer. Dessa omkörningar kan anses trafikfarligare än andra omkörningar. De flesta tunga fordonskombinationerna får framföras med högst 70 km/h. Skäl kan därför anföras för en minskning av antalet hastighetsgränser till två: 70 och 40 km/h, den senare gränsen för fordon med otillfredsställande fordonsteknisk utformning.

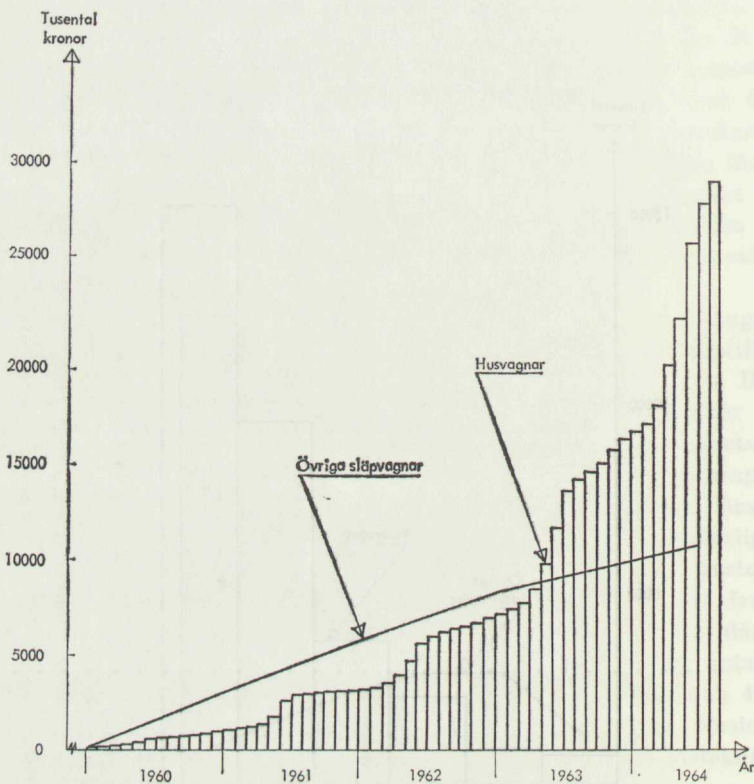
APPENDIX

Figurer och tabeller



Figur 1. Värdet av de till Sverige importerade husvagnarna åren 1960—1964 (i tusental kronor) jämfört med övriga importerade släpvagnar

Källa: Statistiska centralbyråns publikation »Handel»



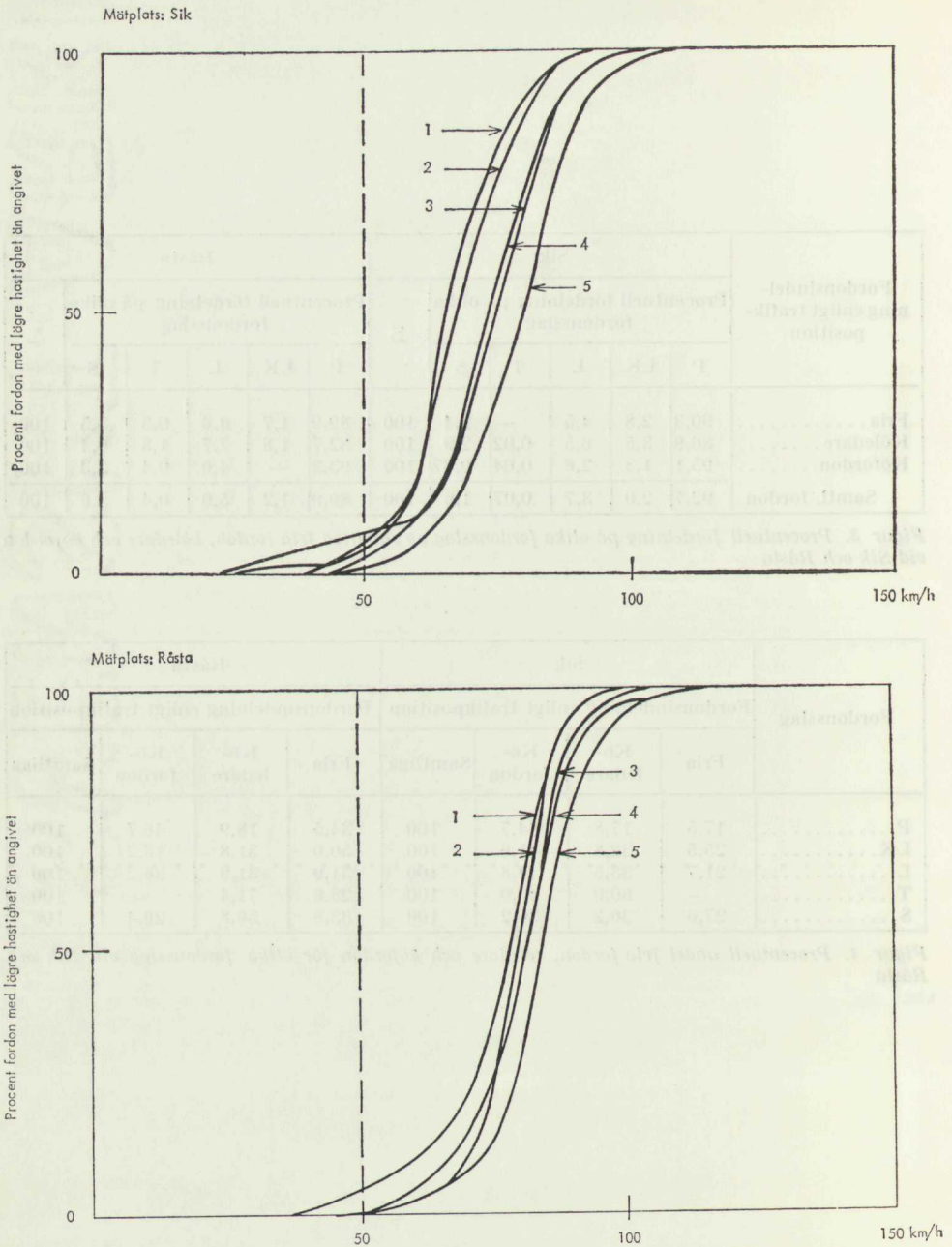
Figur 2. Kumulerade värdet av de importerade husvagnarna från den 1/1 1960 t. o. m. juli 1964 i jämförelse med övriga släpvagnar

Fordonsindelning enligt trafikposition	Sik						Råsta					
	Procentuell fördelning på olika fordonsslag					Σ	Procentuell fördelning på olika fordonsslag					Σ
	P	LK	L	T	S		P	LK	L	T	S	
Fria.....	90,3	2,8	4,5	—	2,4	100	89,9	1,7	4,6	0,3	3,5	100
Köledare.....	86,9	3,5	6,5	0,02	2,9	100	82,7	1,8	7,7	1,3	6,4	100
Köfordon.....	95,1	1,3	2,6	0,04	0,87	100	93,2	—	4,0	0,4	2,3	100
Samtl. fordon	92,7	2,0	3,7	0,07	1,6	100	89,9	1,2	5,0	0,4	3,6	100

Figur 3. Procentuell fördelning på olika fordonsslag av samtliga fria fordon, köledare och köfordon vid Sik och Råsta

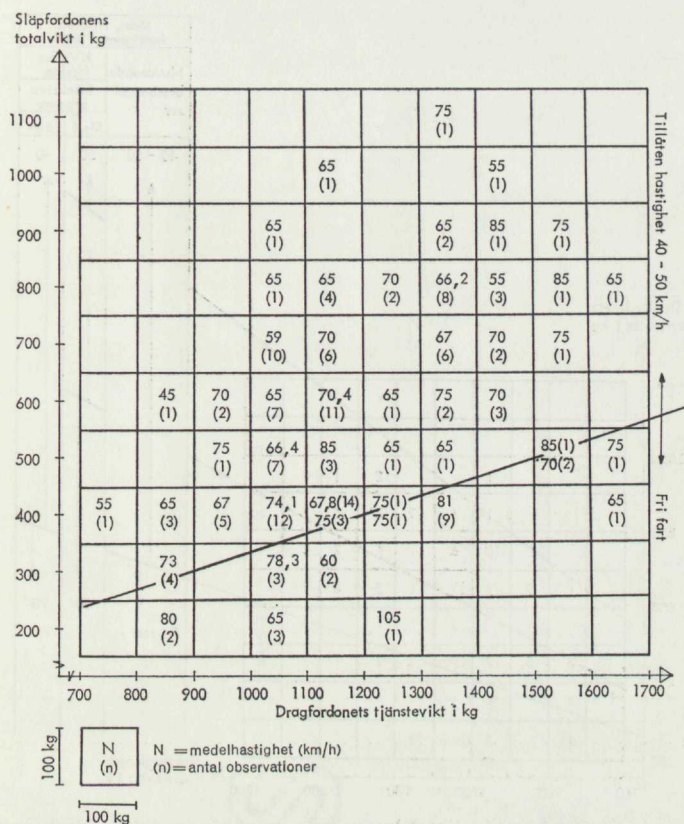
Fordonslag	Sik				Råsta			
	Fordonsindelning enligt trafikposition				Fordonsindelning enligt trafikposition			
	Fria	Köledare	Köfordon	Samtliga	Fria	Köledare	Köfordon	Samtliga
P.....	17,5	17,8	64,7	100	34,5	18,9	46,7	100
LK.....	25,5	32,8	41,6	100	50,0	31,8	18,2	100
L.....	21,7	33,5	44,8	100	31,9	31,9	36,2	100
T.....	—	60,0	40,0	100	28,6	71,4	—	100
S.....	27,6	36,2	36,2	100	33,8	36,8	29,4	100

Figur 4. Procentuell andel fria fordon, köledare och köfordon för olika fordonsslag vid Sik och Råsta

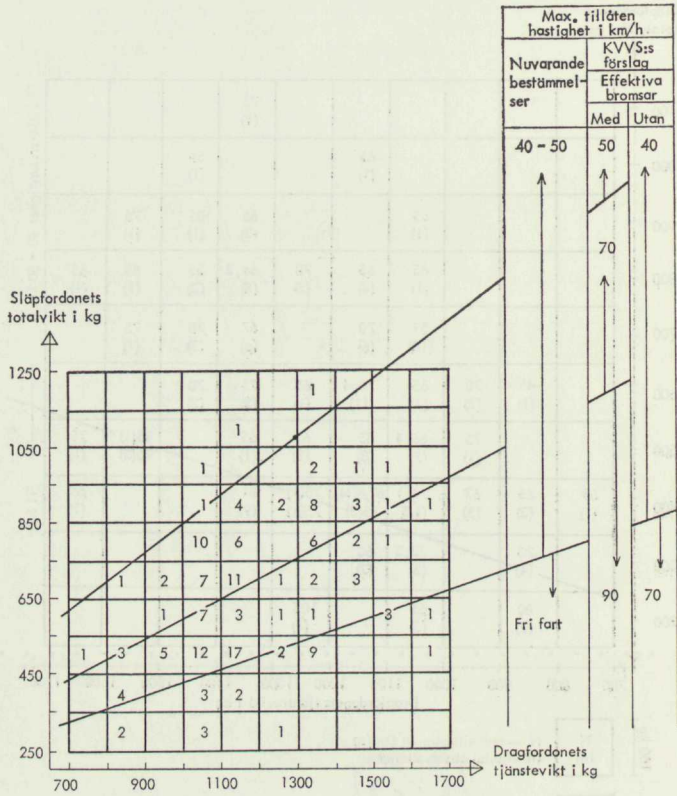


Figur 5. Punkthastighetsfördelningar för personbilar och lätta fordonskombinationer vid Sik och Råsta

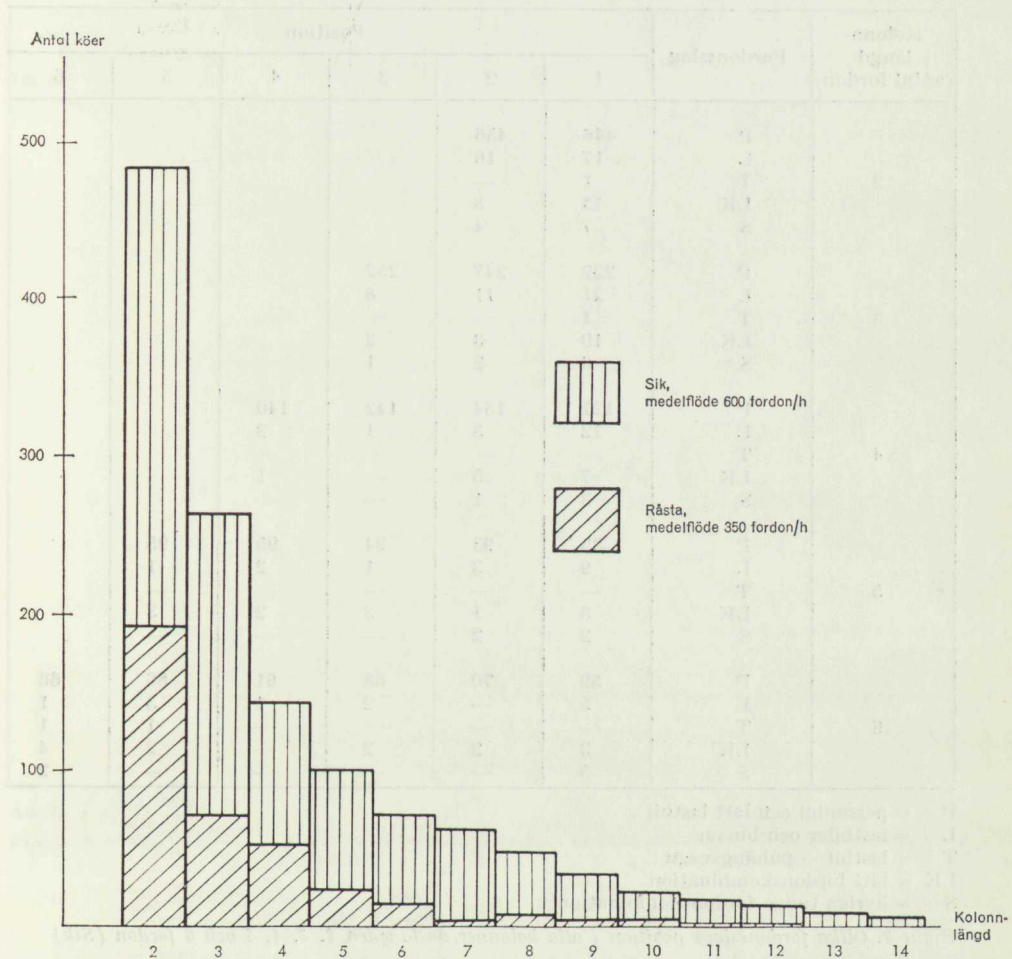
- Teckenförklaringar: 1. Lätta fordonskombinationer (högst 50 km/h)
 2. Samtliga lätta fordonskombinationer
 3. Lätta fordonskombinationer (fri hastighet)
 4. Samtliga personbilar
 5. Fria personbilar



Figur 6. Olika fordonkombinationers hastighet och frekvens med hänsyn till dragfordonets tjänstevikt och släpfordonets totalvikt. Kombinationer under den lutande linjen är enligt gällande bestämmelser ej hastighetsbegränsade



Figur 7. Nuvarande och föreslagna hastighetsbestämmelser med hänsyn till fördelningen av observerade fordonskombinationer vid Sik och Råsta



Figur 8. Kölängdsfrekvens, Sik och Råsta

Kolonn- längd (antal fordon)	Fordonsslag	Position					
		1	2	3	4	5	6
2	P	446	456				
	L	17	16				
	T	1	—				
	LK	13	8				
	S	7	4				
3	P	222	247	252			
	L	21	11	8			
	T	1	—	—			
	LK	10	3	2			
	S	8	2	1			
4	P	121	134	142	140		
	L	12	3	1	2		
	T	—	—	—	—		
	LK	7	5	—	1		
	S	3	1	—	—		
5	P	85	93	94	95	95	
	L	9	3	1	2	1	
	T	—	—	—	—	—	
	LK	3	1	3	2	3	
	S	2	2	—	—	—	
6	P	59	70	68	61	66	66
	L	5	—	2	1	3	1
	T	—	—	—	—	1	1
	LK	3	2	2	—	2	4
	S	5	—	—	—	—	2

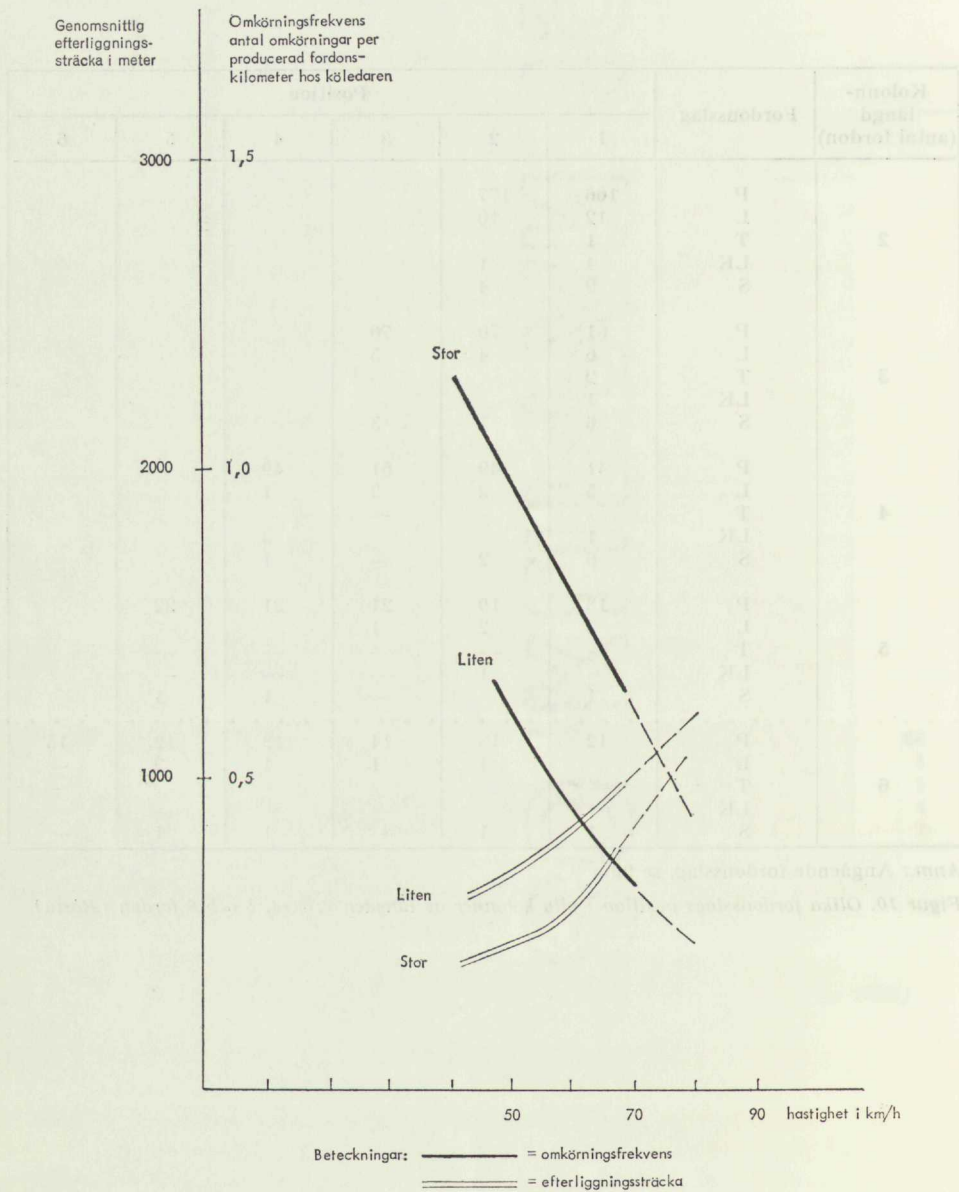
- P = personbil och lätt lastbil
 L = lastbilar och bussar
 T = lastbil + påhängsvagn
 LK = lätt fordonskombination
 S = övriga tunga fordonskombinationer

Figur 9. Olika fordonsslags position i alla kolonner av längden 2, 3, 4, 5 och 6 fordon (Sik)

Kolonn- längd (antal fordon)	Fordonslag	Position					
		1	2	3	4	5	6
2	P	166	177				
	L	12	10				
	T	1	—				
	LK	4	1				
	S	9	4				
3	P	61	70	70			
	L	6	4	5			
	T	2	—	—			
	LK	1	—	—			
	S	6	1	3			
4	P	41	49	51	49		
	L	5	2	2	1		
	T	—	—	—	—		
	LK	1	—	—	3		
	S	6	2	—	1		
5	P	18	19	21	21	22	
	L	3	2	1	—	—	
	T	—	—	—	—	—	
	LK	—	1	—	—	—	
	S	1	—	—	1	1	
6	P	12	13	14	13	12	15
	L	—	1	1	1	2	—
	T	—	—	—	—	—	—
	LK	—	—	—	—	—	—
	S	1	1	—	1	1	—

Anm.: Angående fordonslag, se figur 9

Figur 10. Olika fordonslags position i alla kolonner av längden 2, 3, 4, 5 och 6 fordon (Råsta)



Figur 11. Genomsnittlig efterliggningssträcka och omkörningsfrekvens vid olika hastighet för mätfordonet

BILAGA F

Studier rörande möjligheterna att företa omkörning med lätta fordonskombinationer¹

1.1 Försöksmetodik

Syftet med studierna har varit att undersöka, hur omkörningssträckan påverkas, om till personbil kopplas husvagn. Studierna har omfattat försök med accelererande omkörningar under olika betingelser och med olika dragfordon och husvagnar. Som dragfordon disponerades fyra olika personbilar, i det följande kallade 1, 2, 3 resp. 4. Dragfordonen klassificerades enligt följande.

- 1 liten europeisk bil.
- 2 medelstor europeisk bil.
- 3 medelstor europeisk bil något större än 2.
- 4 amerikansk bil av s. k. »kompakt»-typ.

Två husvagnar användes med tjänstevikterna 680 resp. 250 kg.

Vid försöken, som utfördes som accelerationsprov från utgångshastigheterna 50, 70 och 90 km/h, kördes de olika dragfordonen dels med, dels utan tillkopplad husvagn, samt med och utan viktbelastning enligt följande schema.

Försök A: enbart dragfordon utan tillkopplad husvagn och utan last.

Försök B: dragfordon utan tillkopplad husvagn men med 300 kg last.

Försök C: dragfordon med tillkopplad olastad mindre husvagn.

Försök D: dragfordon med tillkopplad mindre husvagn jämte 300 kg last.

Försök E: dragfordon med tillkopplad olastad större husvagn.

Försök F: dragfordon med tillkopplad större husvagn jämte 300 kg last.

Försöken utfördes på en ca 1 km lång, i stort sett rak och plan vägsträcka, där avståndsmarkeringar gjorts för var 100:e m.

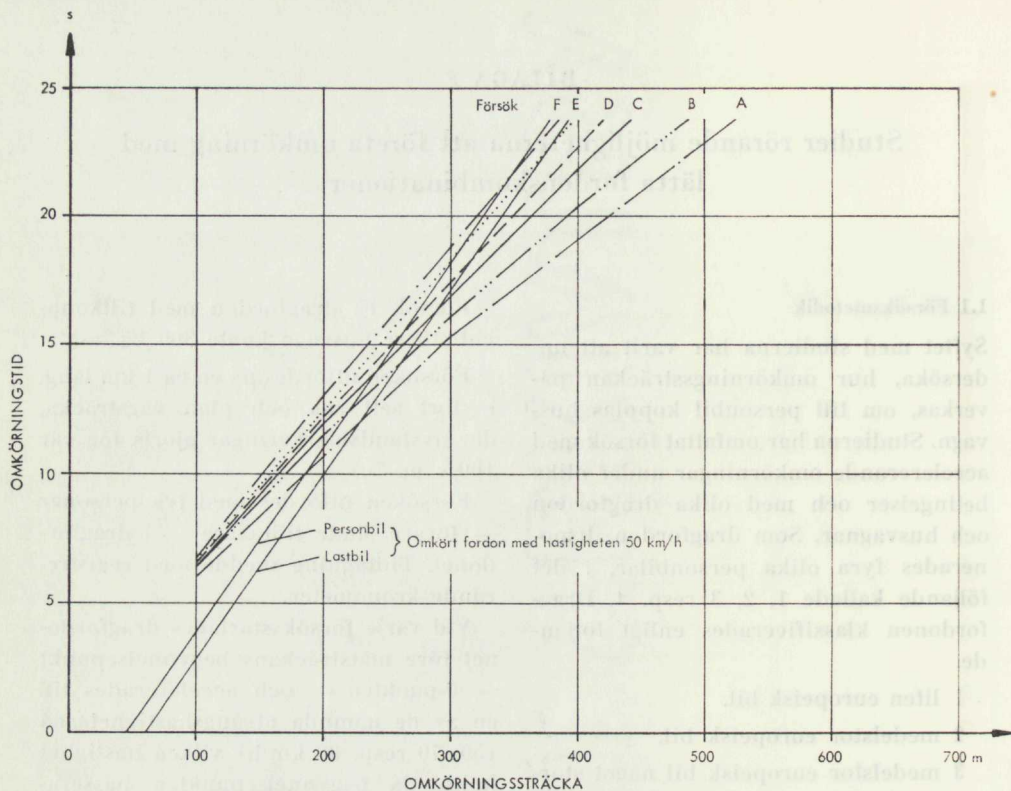
Försöken utfördes med två personer — förare jämte tidtagare — i dragfordonet. Tidtagning skedde med registrerande kronometer.

Vid varje försök startades dragfordonet före mätsträckans begynnelsepunkt — 0-punkten — och accelererades till en av de nämnda utgångshastigheterna (50, 70 resp. 90 km/h) vilken hastighet hölls, då begynnelsepunkten passerades. Vid passagen av 0-punkten accelererades fordonet ånyo så snabbt detta var möjligt. Samtidigt startades kronometern och på densamma gjordes därefter en markering för varje 100-metersmärke, som passerades. Med hjälp av dessa markeringar avlästes de tidsrymder, som åtgått för passerandet av varje 100-meterssträcka.

Det bör framhållas, att man med hänsyn till bl. a. mätfel etc. fann det lämpligt ge tider och hastigheter i avrundade tal. Detta förhållande har emellertid ej påverkat de tendenser, som kan utläsas av de i det följande redovisade undersökningsresultaten.

De erhållna mätvärdena inlades i väg-tiddiagram, där den tillryggalagda

¹ Av forskningsledaren L.-B. Kritz, statens trafiksäkerhetsråd.



Figur F. 1

vägsträckan angavs längs abskissan (x-axeln) och den tid, som åtgått för den accelererande körningen av denna sträcka, längs ordinaten (y-axeln). I diagrammen inlades vidare väg-tidlinjer för ett tänkt fordon — dels personbil, dels lastbil — med en konstant hastighet, som var lika med försöksfordonets utgångshastighet vid 0-punkten.

Vid beräkandet av de sistnämnda linjerna antogs, att det tänkta fordonet befann sig ett visst antal m framför försöksfordonet — 25 m vid hastigheten 50 km/h, 35 m vid 70 km/h och 45 m vid 90 km/h — då 0-punkten passerades. Det tänkta fordonets längd antogs vidare vara 4 m för personbil och 18 m för lastbil. Försöksfordonets längd (med tillkopplad släpvagn) beräknades till 8 m. En omkörning antogs avslutad,

då det omkörande fordonets bakparti nått en punkt 10 m framför det omkörda fordonets front.

Med hjälp av de sålunda konstruerade linjerna har det varit möjligt att för varje utgångshastighet och fordonskombination avläsa den sträcka, som erfordrats vid omkörning av det tänkta fordonet. Exempel på de berörda vägtiddiagrammen ges i figur F.1.

Diagrammet i figuren avser försök med dragfordon 1 och med utgångshastigheten 50 km/h vid 0-punkten.

Av diagrammet kan bl. a. utläsas, att en omkörning företagen med den ifrågasvarande bilen med tillkopplad olastad mindre husvagn, och där det omkörda fordonet varit personbil, krävt en omkörningssträcka på 240 m och en omkörningstid på 14 sekunder — skärnings-

punkten mellan kurva C och kurvan för personbil. För samma bil med tillkopplad mindre husvagn jämte 300 kg last är motsvarande värden 260 m och 15,5 sekunder — skärningspunkten mellan kurva D och kurvan för personbil. Om man för den sistnämnda omkörningen antar förekomsten av mötande trafik med hastigheten 90 km/h, krävs det, för att omkörningen skall kunna företagas utan risk för sammanstötning med denna mötande trafik, en frisktsträcka vid omkörningens påbörjande på 648 m (260 + 388 m). 388 m är den sträcka ett mötande fordon med hastigheten 90 km/h hinner färdas under den tid — 15,5 sekunder — omkörningen tar i anspråk.

1.2 Försökens genomförande

I följande redovisning har resultaten av de vid de olika utgångshastigheterna utförda försöken sammanställts i tabellform. I tabell F.1 redovisas resultaten av de försök, som gjorts med utgångshastigheten 50 km/h.

Av tabellen kan exempelvis utläsas, att då till dragfordon 1 kopplats en mindre husvagn med 300 kg last (försök D), har för omkörning av en personbil, som förts med hastigheten 50 km/h, erforderats en tid på 15,5 sekunder och en omkörningssträcka på 260 m. Detta kräver, under de betingelser beträffande mötande trafik som ovan anförts i samband med redogörelsen för väg-tid-

Tabell F.1. Erforderliga omkörningstider och omkörningssträckor vid accelererande omkörningar utförda med lätta fordonskombinationer och med en utgångshastighet av 50 km/h

A. Omkört fordon: personbil

Försök	Erforderlig omkörningstid (sekunder) Dragfordon				Erforderlig omkörningssträcka (m) Dragfordon			
	1	2	3	4	1	2	3	4
A.....	10,0	8,5	9,0	8,5	190	170	170	160
B.....	12,5	8,5	11,5	9,0	220	160	210	170
C.....	14,0	9,5	10,5	9,5	240	180	190	180
D.....	15,5	9,5	11,0	11,0	260	180	200	200
E.....	18,5	11,5	10,5	9,0	300	210	190	170
F.....	21,5	12,0	13,0	11,5	340	210	230	210

B. Omkört fordon: lastbil

Försök	Erforderlig omkörningstid (sekunder) Dragfordon				Erforderlig omkörningssträcka (m) Dragfordon			
	1	2	3	4	1	2	3	4
A.....	12,0	10,0	10,0	10,0	230	200	200	200
B.....	14,0	10,0	13,0	10,5	260	200	240	210
C.....	16,0	11,0	12,0	11,0	290	220	230	210
D.....	18,5	11,5	13,0	12,5	320	220	240	240
E.....	22,0	13,5	12,5	11,0	370	250	230	210
F.....	26,0	14,0	15,0	13,0	420	250	270	240

diagrammen, en frisiktsträcka på 648 m vid omkörningens påbörjande. Samma försök med fordon 3 gav värdena 11,0 sekunder resp. 200 m. Här krävs under samma betingelser som ovan en frisiktsträcka på blott 475 m. Ännu mera utpräglad blir skillnaden, om man jämför de försök, som utförts med tillkopplad större husvagn med 300 kg last (försök F). Här har för dragfordon 1 krävts en omkörningssträcka på 340 m och en frisiktsträcka på 878 m. För fordon 3 är motsvarande värden 230 resp. 555 m. Det berörda förhållandet accentueras ytterligare vid omkörning av lastbil.

Det visar sig alltså, att redan vid en utgångshastighet av 50 km/h har mindre — dvs. motorsvaga — bilar dåliga accelerationsegenskaper, då de utsätts för extra belastning.

I tabell F.2 redovisas resultaten av de accelerationsförsök, som utfördes med en begynnelsehastighet av 70 km/h. Av tabellen framgår bl. a., att man redan vid försöken med tillkopplad mindre husvagn utan last (försök C) uppmätte en så lång omkörningstid och omkörningssträcka för bil 1, att övriga försök med denna bil slopades. Vid det nämnda försöket hade det för den berörda bilen och under antagande av mötande trafik med hastigheten 90 km/h krävts en frisiktsträcka på mera än 1 km för att en säker omkörning skulle ha kunnat företas.

Jämför man de i tabell F. 2 redovisade värdena med motsvarande värden i tabell F. 1, finner man för samtliga de i försöken ingående dragfordonen dels att såväl omkörningstider som omkörningssträckor genomgående var

Tabell F.2. Erforderliga omkörningstider och omkörningssträckor vid accelererande omkörningar utförda med lätta fordonskombinationer och med en utgångshastighet av 70 km/h

A. Omkört fordon: personbil

Försök	Erforderlig omkörningstid (sekunder) Dragfordon				Erforderlig omkörningssträcka (m) Dragfordon			
	1	2	3	4	1	2	3	4
A.....	15,0	12,5	12,0	11,0	350	300	290	270
B.....	18,5	13,5	12,0	12,5	420	320	290	300
C.....	22,0	13,0	12,5	15,5	480	310	300	360
D.....	—	17,5	15,0	16,0	—	400	350	370
E.....	—	19,0	17,0	16,5	—	420	390	380
F.....	—	23,0	20,5	22,0	—	510	450	490

B. Omkört fordon: lastbil

Försök	Erforderlig omkörningstid (sekunder) Dragfordon				Erforderlig omkörningssträcka (m) Dragfordon			
	1	2	3	4	1	2	3	4
A.....	16,5	14,0	13,5	12,5	400	340	330	310
B.....	21,5	15,0	13,5	14,0	490	360	340	350
C.....	25,0	15,0	14,0	18,0	550	360	340	410
D.....	—	19,0	17,5	18,5	—	440	410	430
E.....	—	22,0	19,0	19,5	—	480	440	450
F.....	—	26,0	23,0	25,0	—	570	510	560

längre vid utgångshastigheten 70 km/h än vid utgångshastigheten 50 km/h, dels att ökningen av omkörningstider och omkörningssträckor med ökad belastning på dragfordonet var betydligt mer uttalad vid utgångshastigheten 70 km/h än vid 50 km/h.

Som exempel kan nämnas, att den erforderliga omkörningssträckan vid omkörning av annan personbil vid utgångshastigheten 50 km/h ökade med 40 m (210—170 m) och omkörningstiden med 3,5 sekunder (12,0—8,5 sekunder) för dragfordon 2 när till bilen kopplades tung husvagn med 300 kg last. För samma bil var vid utgångshastigheten 70 km/h motsvarande ökning 210 m (510—300 m) resp. 10,5 sekunder (23,0—12,5 sekunder).

Redan försök D (dragfordon jämte tillkopplad mindre husvagn med 300 kg last) resulterade för samtliga de tre av detta försök berörda dragfordonen i så långa omkörningstider och omkör-

ningssträckor, att de i praktiken mera sällan torde stå till buds. De gynnsammaste värden, som erhållits vid försök D och utgångshastigheten 70 km/h, värdena för dragfordon 3, medför, under ovan angivna betingelser beträffande mötande trafik, krav på en frisktsträcka vid omkörningens påbörjande av 725 m. För bil 2 är motsvarande värde 840 m.

Den ursprungliga avsikten var att utföra försök även med utgångshastigheten 90 km/h. Det visade sig emellertid omedelbart, att man härvid erhöll så långa omkörningstider och omkörningssträckor, att försöken av säkerhetsskäl måste avbrytas. Man drog härav den slutsatsen, att accelererande omkörningar med tillkopplad husvagn ej kan utföras på ett trafiksäkert sätt från utgångshastigheten 90 km/h, i varje fall ej med de av försöken omfattade dragfordonen.

BILAGA G

Studier rörande lätta fordonskombinationers kördynamik¹

1. Inledning

De studier, som redovisas i det följande, avser att bringa klarhet rörande de faktorer som påverkar fordonskombinationens dynamiska stabilitet.

Utredningen omfattar teoretisk analys av elva fordonsparametrars inverkan på fordonskombinationens dynamiska stabilitet. Vidare redogöres för stabilitetsundersökning vid fältförsök och slutligen för en jämförelse mellan resultat som erhållits på teoretisk och på praktisk väg.

2. Lätta fordonskombinationers kördynamik

2.1 Definitioner

Med *lätt fordonskombination* avses här en fordonskombination bestående av ett dragfordon, som utgöres av en bil, vars totalvikt ej överstiger 3,5 ton, samt ett därtill kopplat släpfordon, som utgöres av en släpkärra, varmed avses ett ej till påhängsvagn hänförligt släpfordon försett med en axel alternativt boggi.

Ett fordon i rörelse är *dynamiskt stabilt* om en genom en störningskraft initierad svängningsrörelse dämpas ut då störningskraften upphör att verka; i motsatt fall är det dynamiskt instabilt. Den dynamiska stabiliteten är i de flesta fordonstekniska tillämpningar hastighetsberoende. Stabiliteten kan öka eller minska med hastigheten beroende på for-

donets uppbyggnad och framdrivnings-sätt. För ett tvåaxligt dragfordon med släpkärra gäller enligt vad som hittills är känt, att stabiliteten vanligen minskar med ökande körhastighet.

2.2 Stabilitetsundersökningar med hjälp av en matematisk fordonsmodell

För att utröna stabilitetens hastighetsberoende samt hur detta är avhängigt av olika parametrar hos drag- och släpfordon har ett antal fordonskombinationer studerats med hjälp av en av Frederick Jindra, Southwest Research Institute, Texas, uppställd matematisk fordonsmodell (se appendix till denna bilaga). Lösningen av det mot modellens rörelseekvationer svarande homogena ekvationssystemet ger upplysning om svängningsformer och relativ stabilitet. Beräkningarna har utförts med hjälp av automatisk databehandling. Vid ökande körhastighet passeras två stabilitetsgränser, vilka huvudsakligen är relaterade till släpfordonets svängningsrörelse resp. dragfordonets styrkaraktistik.

Stabilitetsnivån för släpfordonets svängningsrörelse, pendlingsdämpningen, anges av dämpningsförhållandet, varmed avses förhållandet mellan en maximalamplitud och den närmast följande åt samma håll. När dämpningsförhållandet är mindre än 1, är kombinationen

¹ Av förste forskningsingenjörerna O. Nordström och G. Magnusson, statens vägintitut.

instabil, varvid svängningsamplituden sålunda ökar med tiden. Enligt amerikanska försök skall dock en fordonskombination för att besitta goda köregenskaper ha ett dämpningsförhållande av minst 3; vilket innebär att svängningsamplituden efter två svängningar skall ha minskat till ca 10 % av utgångsvärdet.

Den till dragfordonets styrkaraktistik relaterade stabilitetsgränsen innebär att överstyrda dragfordon från och med en viss hastighet uppnår en sådan grad av överstyrighet att instabilitet inträder (kritisk överstyrning).

Vid studierna har som baskombination använts ett dragfordon med data motsvarande en i Sverige vanlig personbil vägande 1 260 kg samt ett släpfordon vägande 850 kg med för husvagnar i denna klass typiska data. Dock har för släpfordonet använts en däckskaraktistik som ger en högre sidstyvhet, dvs. större sidkraftskoefficient än vad som är normalt förekommande.

Med konstanthållande av övriga data varierades i tur och ordning hos dragfordonet massa, däckskaraktistik för framhjulen, däckskaraktistik för bakhjulen, avstånd mellan bakaxel och dragkula, massfördelning och masströghetsmoment, samt hos släpfordonet massa, däckskaraktistik, avstånd mellan dragkula och släpfordonsaxel, kulbelastning samt masströghetsmoment.

I var och en av bifogade figurer G.1—13 har uppritats två kurvor angivande samhöriga värden på de varierade fordonparametrarna och fordonskombinationens hastighet. Den ena kurvan avser dämpningsförhållandet 3,0 och den andra avser övre hastighetsgräns för icke kritisk överstyrning. Ur dessa diagram kan för en viss fordonskombination utläsas den högsta lämpliga hastigheten, dvs. den för vilken dämpningsförhållandet 3,0 uppnås såvida inte instabilitet på grund

av dragfordonets överstyrning dessförinnan inträtt.

I figurerna har följande beteckningar använts.

För dragfordonet:

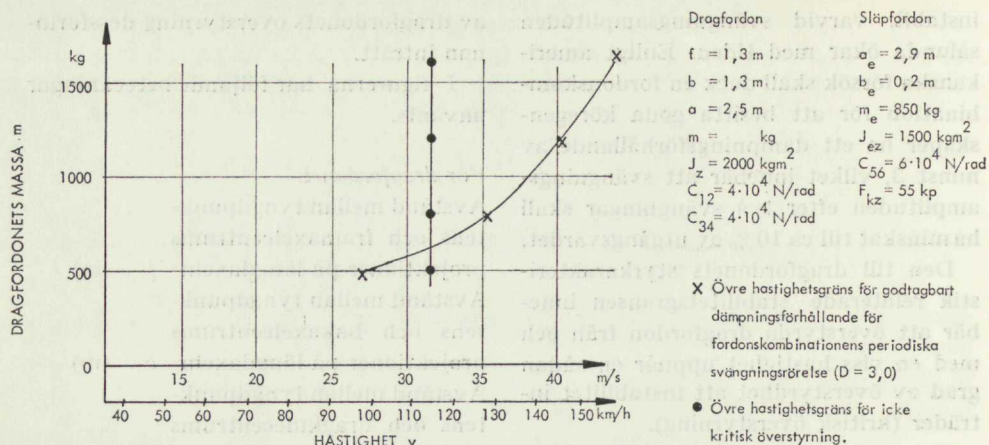
Avstånd mellan tyngdpunktens och framaxelcentrums projektioner på längdaxeln f (m)
 Avstånd mellan tyngdpunktens och bakaxelcentrums projektioner på längdaxeln b (m)
 Avstånd mellan tyngdpunktens och dragkulecentrums projektioner på längdaxeln a (m)
 Massa m (kg)
 Masströghetsmoment med avseende på en vertikal axel genom tyngdpunkten J_z (kgm²)
 Sammanlagd sidkraftskoefficient för framhjulen C_{12} (N/rad)
 Sammanlagd sidkraftskoefficient för bakhjulen C_{34} (N/rad)

För släpfordonet:

Avstånd mellan tyngdpunktens och dragkulecentrums projektioner på längdaxeln a_e (m)
 Avstånd mellan tyngdpunktens och axelcentrums projektioner på längdaxeln . . . b_e (m)
 Massa m_e (kg)
 Masströghetsmoment med avseende på en vertikal axel genom tyngdpunkten J_{ez} (kgm²)
 Sammanlagd sidkraftskoefficient för hjulen C_{56} (N/rad)

2.2.1 Inverkan av dragfordonets massa

Ur figur G.1 kan utläsas att en ökning av dragfordonets massa höjer den hastighet vid vilken gränsen för godtagbart dämpningsförhållande passeras. Hastighetsgränsen för överstyrningsinstabilitet för dragfordonet påverkas däremot inte.



Figur G.1. Dynamiska stabilitetens beroende av dragfordonets massa

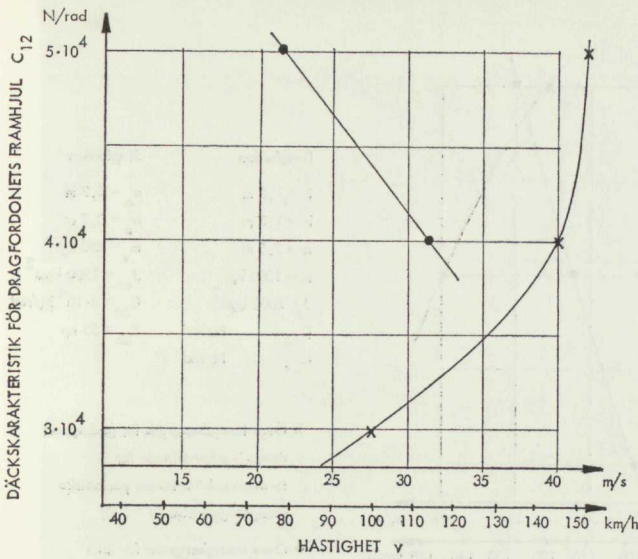
2.2.2 Inverkan av dragfordonets däckskarakteristik

Figur G. 2 visar inverkan av olika däckskarakteristik för dragfordonets framhjul medan fordonsmassa och däckskarakteristik för bakhjulen liksom övriga variabler hålles konstanta. Hastighetsgränsen för godtagbart dämpningsförhållande höjs vid ökande sidkraftskoefficient hos framhjulen, medan däremot hastighetsgränsen för icke kritisk överstyrning sjunker med ökande sidkraftskoefficient. Den optimala sidkraftskoefficienten för framhjulen, dvs. den sidkraftskoefficient för vilken gränshastigheten för icke kritisk överstyrning sammanfaller med den hastighet vid vilken dämpningsförhållandet $D=3,0$, är i detta exempel ca $3,5 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$ vid $4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$ för bakhjulen. Av figur G. 3 framgår, att hastighetsgränsen för godtagbart dämpningsförhållande sjunker vid ökande sidkraftskoefficient hos dragfordonets bakhjul, medan gränsen för kritisk överstyrning höjs. Det optimala värdet på bakhjulets sidkraftskoefficient är ca $4,3 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$ vid $4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$ för framhjulen. I figur G. 4 har med bibehållande av förhållandet

1:1 mellan den totala sidkraftskoefficienten för fram- och bakaxel sidkraftskoefficienten för dragfordonets samtliga hjul varierats. Därav framgår att hastighetsgränsen för godtagbart dämpningsförhållande sjunker vid ökande sidkraftskoefficient, medan hastighetsgränsen för icke kritisk överstyrning höjs. Optimal sidkraftskoefficient är ca $4,8 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$ vid samma sidkraftskoefficient för samtliga hjul.

2.2.3 Inverkan av släpfordonets massa

Figur G. 5 visar stabilitetens beroende av släpfordonets massa. Hastighetsgränsen för godtagbart dämpningsförhållande sjunker påtagligt med ökande släpfordonsmassa, medan hastighetsgränsen för icke kritisk överstyrning i huvudsak är oberoende av släpfordonets massa. Detta gäller vid i övrigt konstanta förhållanden, dvs. även vid konstant kulbelastning. I praktiken torde dock en massförändring hos släpfordonet vanligen medföra en förändring av kulbelastningen. Inverkan av kulbelastningen behandlas på annan plats.



Dragfordon

$f = 1,3 \text{ m}$

$b = 1,3 \text{ m}$

$a = 2,5 \text{ m}$

$m = 1200 \text{ kg}$

$J_z = 2000 \text{ kgm}^2$

$C_{12} = \text{N/rad}$

$C_{34} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$

Släpfordon

$a_e = 2,9 \text{ m}$

$b_e = 0,2 \text{ m}$

$m_e = 850 \text{ kg}$

$J_{ez} = 1500 \text{ kgm}^2$

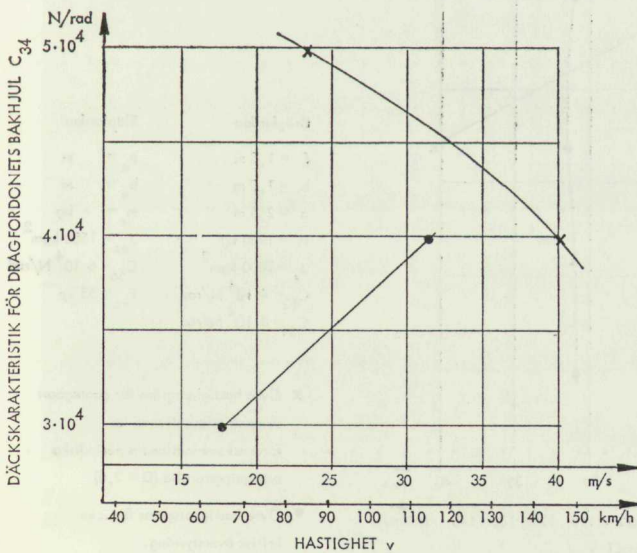
$C_{56} = 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$

$F_{kz} = 55 \text{ kp}$

x Övre hastighetsgräns för godtagbart dämpningsförhållande för fordonskombinationens periodiska svängningsrörelse ($D = 3,0$)

• Övre hastighetsgräns för icke kritisk överstyrning.

Figur G.2. Dynamiska stabilitetens beroende av däckskarakteristiken för dragfordonets framhjul



Dragfordon

$f = 1,3 \text{ m}$

$b = 1,3 \text{ m}$

$a = 2,5 \text{ m}$

$m = 1200 \text{ kg}$

$J_z = 2000 \text{ kgm}^2$

$C_{12} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$

$C_{34} = \text{N/rad}$

Släpfordon

$a_e = 2,9 \text{ m}$

$b_e = 0,2 \text{ m}$

$m_e = 850 \text{ kg}$

$J_{ez} = 1500 \text{ kgm}^2$

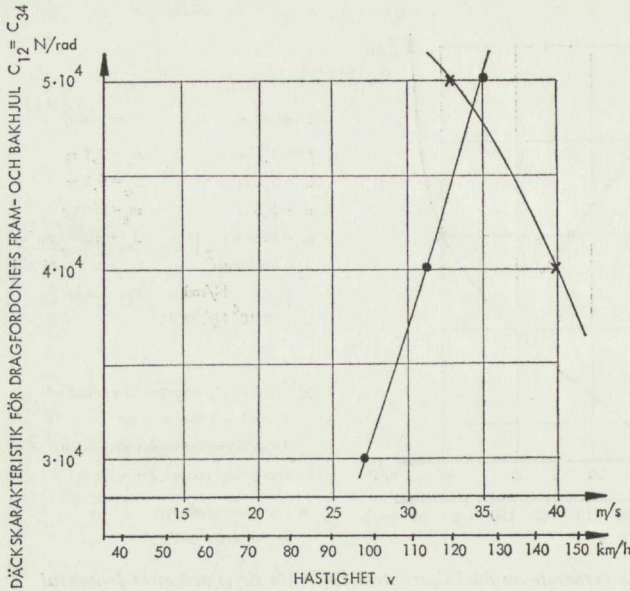
$C_{56} = 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$

$F_{kz} = 55 \text{ kp}$

x Övre hastighetsgräns för godtagbart dämpningsförhållande för fordonskombinationens periodiska svängningsrörelse ($D = 3,0$)

• Övre hastighetsgräns för icke kritisk överstyrning.

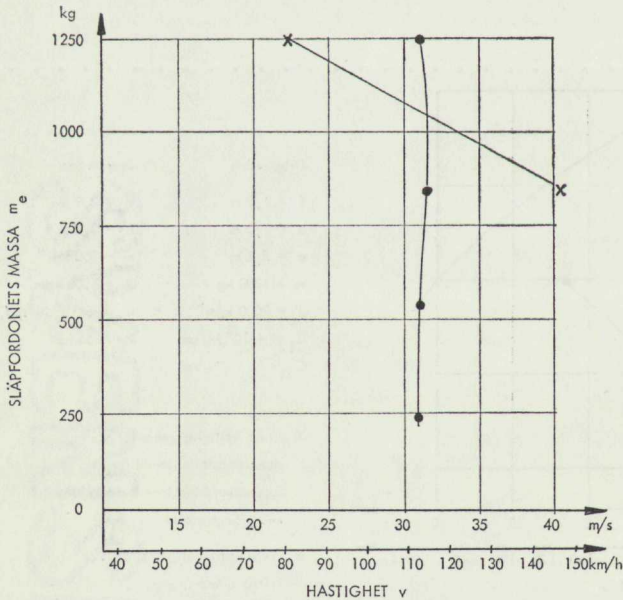
Figur G.3. Dynamiska stabilitetens beroende av däckskarakteristiken för dragfordonets bakhjul



<p>Dragfordon</p> <p>$f = 1,3 \text{ m}$</p> <p>$b = 1,3 \text{ m}$</p> <p>$a = 2,5 \text{ m}$</p> <p>$m = 1200 \text{ kg}$</p> <p>$J_z = 2000 \text{ kgm}^2$</p> <p>$C_{12} = \text{N/rad}$</p> <p>$C_{34} = \text{N/rad}$</p>	<p>Släpfordon</p> <p>$a_e = 2,9 \text{ m}$</p> <p>$b_e = 0,2 \text{ m}$</p> <p>$m_e = 850 \text{ kg}$</p> <p>$J_{ez} = 1500 \text{ kgm}^2$</p> <p>$C_{56} = 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$</p> <p>$F_{kz} = 55 \text{ kp}$</p>
--	---

- x Övre hastighetsgräns för godtagbart dämpningsförhållande för fordonskombinationens periodiska svängningsrörelse ($D = 3,0$)
- Övre hastighetsgräns för icke kritisk överstyrning.

Figur G.4. Dynamiska stabilitetens beroende av däckskarakteristiken för dragfordonets fram- och bakhjul



<p>Dragfordon</p> <p>$f = 1,3 \text{ m}$</p> <p>$b = 1,3 \text{ m}$</p> <p>$a = 2,5 \text{ m}$</p> <p>$m = 1200 \text{ kg}$</p> <p>$J_z = 2000 \text{ kgm}^2$</p> <p>$C_{12} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$</p> <p>$C_{34} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$</p>	<p>Släpfordon</p> <p>$a_e = \text{m}$</p> <p>$b_e = \text{m}$</p> <p>$m_e = \text{kg}$</p> <p>$J_{ez} = 1500 \text{ kgm}^2$</p> <p>$C_{56} = 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$</p> <p>$F_{kz} = 55 \text{ kp}$</p>
--	--

- x Övre hastighetsgräns för godtagbart dämpningsförhållande för fordonskombinationens periodiska svängningsrörelse ($D = 3,0$)
- Övre hastighetsgräns för icke kritisk överstyrning.

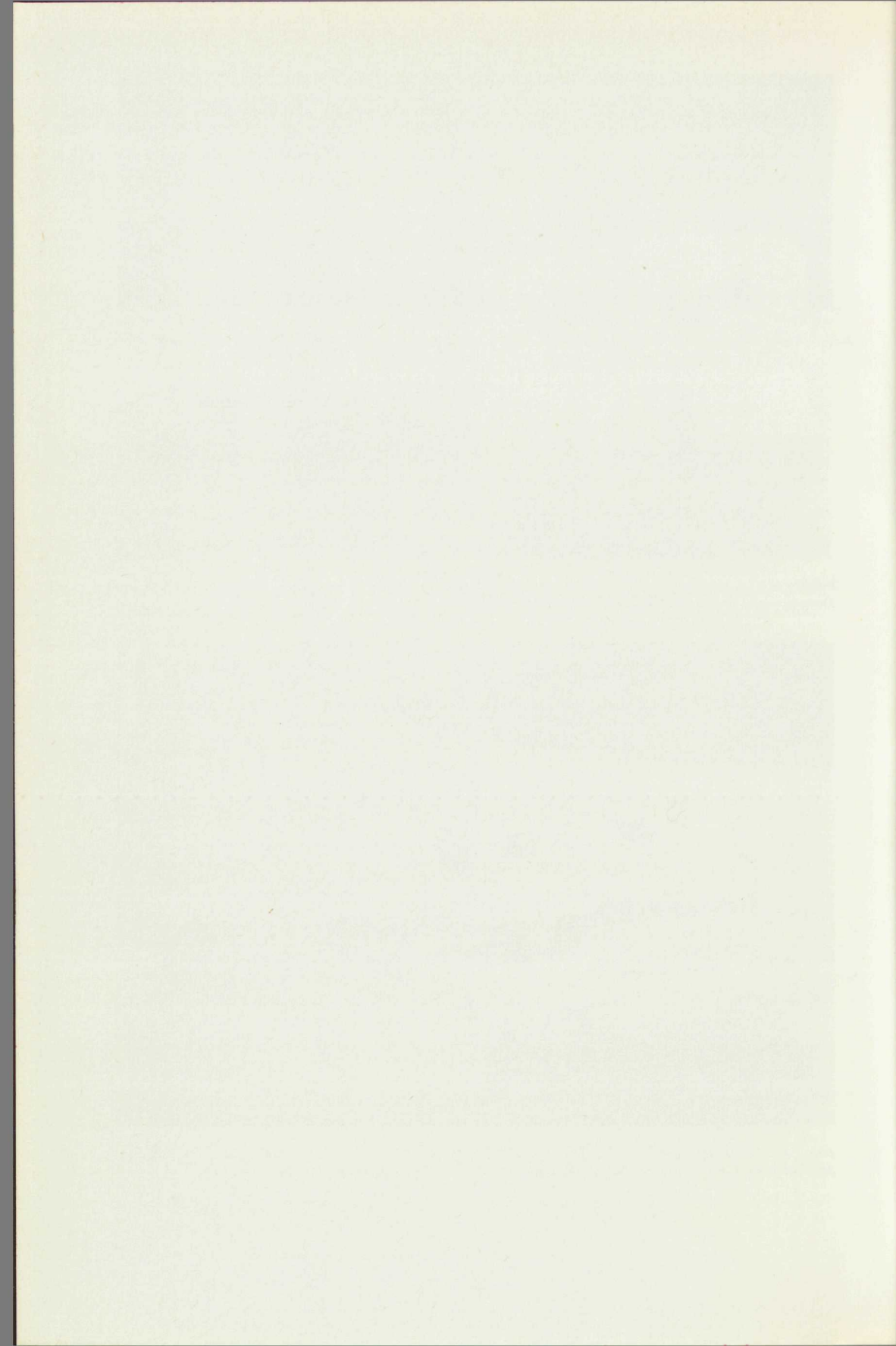
Figur G.5. Dynamiska stabilitetens beroende av släpfordonets massa

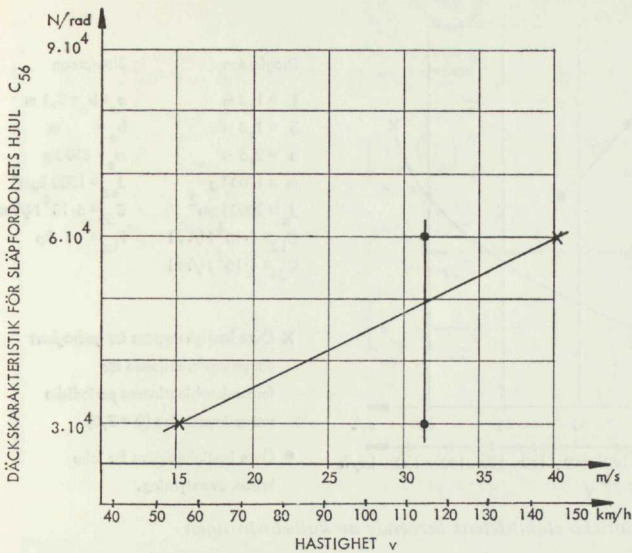


Figur G.14. Dragfordon och släpfordon med utrustning för mätning av vissa dynamiska förlopp. Dragfordonet är utrustat för registrering av dessa



Figur G.15. Dragfordon och släpfordon med utrustning för mätning av vissa dynamiska förlopp. Mätdata överföres via släpkabel till följefordon utrustat för registrering av dessa





Dragfordon

$f = 1,3 \text{ m}$
 $b = 1,3 \text{ m}$
 $a = 2,5 \text{ m}$
 $m = 1200 \text{ kg}$
 $J_z = 2000 \text{ kgm}^2$
 $C_{12} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$
 $C_{34} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$

Släpfordon

$a_e = 2,9 \text{ m}$
 $b_e = 0,2 \text{ m}$
 $m_e = 850 \text{ kg}$
 $J_{ez} = 1500 \text{ kgm}^2$
 $C_{56} = \text{N/rad}$
 $F_{kz} = 55 \text{ kp}$

X Övre hastighetsgräns för godtagbart dämpningsförhållande för fordonskombinationens periodiska svängningsrörelse ($D = 3,0$)

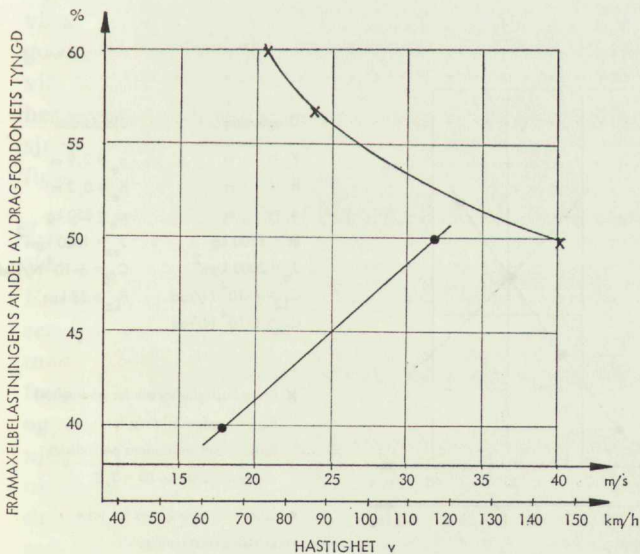
● Övre hastighetsgräns för icke kritisk överstyrning.

Figur G.6. Dynamiska stabilitets beroende av däckskarakteristiken för släpfordonets hjul

2.2.4 Inverkan av släpfordonets däckskarakteristik

Av figur G.6 framgår att hastighetsgränsen för godtagbart dämpningsförhållande stiger markant med ökande sidkraftskoefficient hos släpfordonets hjul. Här öppnas sålunda en väg att motverka

den stabilitetsminskning som en ökning av släpfordonets massa enligt figur G.5 medför. Hastighetsgränsen för icke kritisk överstyrning är enligt figur G.6 oberoende av sidkraftskoefficienten hos släpfordonets hjul. Exemplet ger en optimal sidkraftskoefficient av ca $5 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$.



Dragfordon

$f = m$
 $b = m$
 $a = m$
 $m = 1200 \text{ kg}$
 $J_z = 2000 \text{ kgm}^2$
 $C_{12} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$
 $C_{34} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$

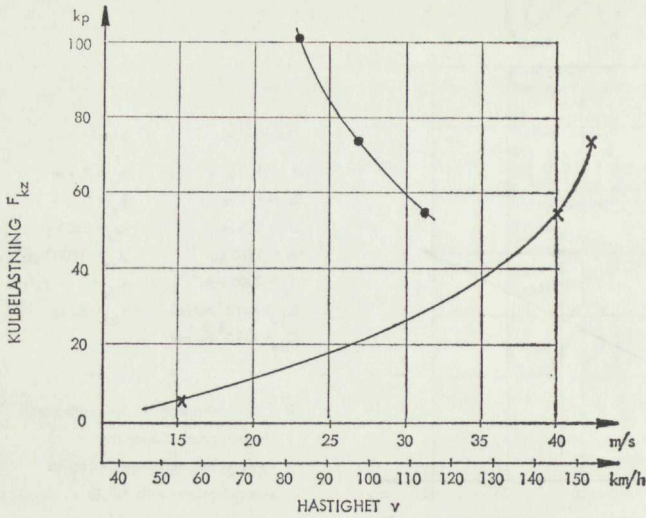
Släpfordon

$a_e = 2,9 \text{ m}$
 $b_e = 0,2 \text{ m}$
 $m_e = 850 \text{ kg}$
 $J_{ez} = 1500 \text{ kgm}^2$
 $C_{56} = 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$
 $F_{kz} = 55 \text{ kp}$

X Övre hastighetsgräns för godtagbart dämpningsförhållande för fordonskombinationens periodiska svängningsrörelse ($D = 3,0$)

● Övre hastighetsgräns för icke kritisk överstyrning.

Figur G.7. Dynamiska stabilitets beroende av dragfordonets massfördelning



Dragfordon	Släpfordon
$f = 1,3 \text{ m}$	$a_e + b_e = 3,1 \text{ m}$
$b = 1,3 \text{ m}$	$b_e = \text{m}$
$a = 2,5 \text{ m}$	$m_e = 850 \text{ kg}$
$m = 1200 \text{ kg}$	$J_{ez} = 1500 \text{ kgm}^2$
$J_z = 2000 \text{ kgm}^2$	$C_{56} = 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$
$C_{12} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$	$F_{kz} = \text{kp}$
$C_{34} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$	

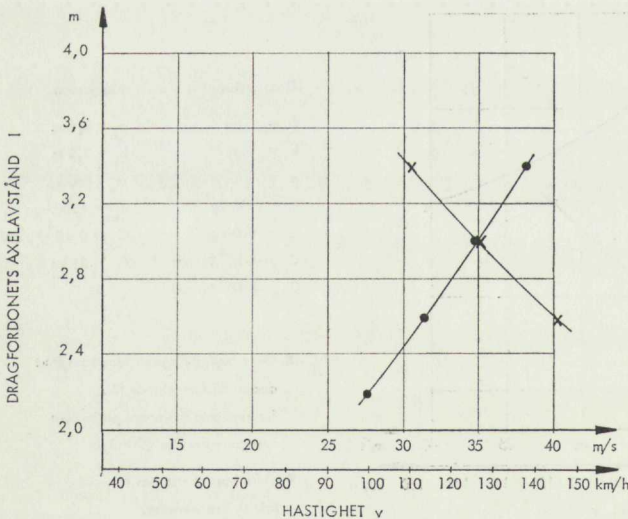
- ✕ Övre hastighetsgräns för godtagbart dämpningsförhållande för fordonskombinationens periodiska svängningsrörelse ($D = 3,0$)
- Övre hastighetsgräns för icke kritisk överstyrning.

Figur G.8. Dynamiska stabilitetens beroende av kubbelastningen

2.2.5 Inverkan av dragfordonets massfördelning

I figur G.7 belyses inverkan av dragfordonets tyngdpunktsläge i längdled. Vid oförändrat förhållande mellan sidkraftskoefficienten för fram- och bakhjul (1 : 1) gäller att hastighetsgränsen för godtagbart dämpningsförhållande sjunker med minskande avstånd mellan framaxel

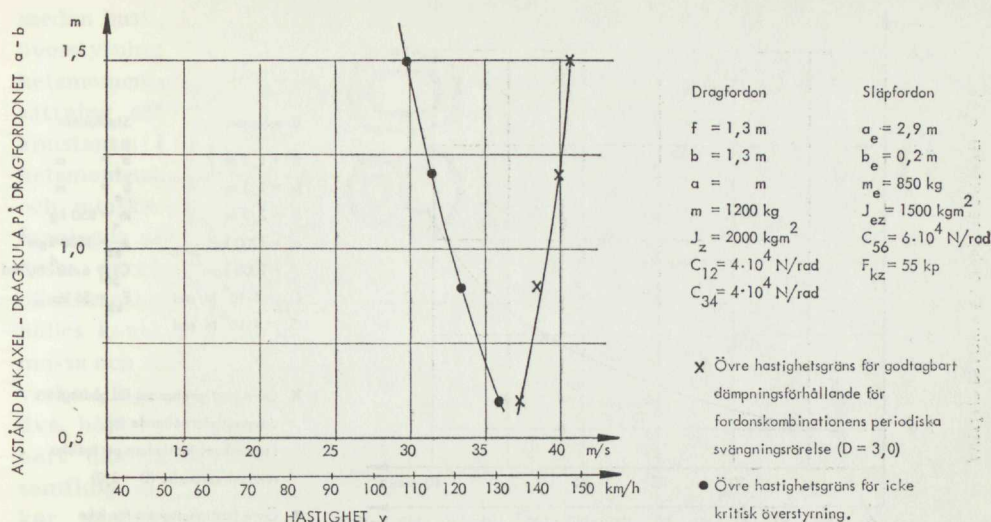
och tyngdpunkt, dvs. med ökande framaxelbelastning och minskande bakaxelbelastning vid konstant totalvikt. Gränsen för icke kritisk överstyrning förskjuts mot högre hastigheter vid flyttning av tyngdpunkten framåt i dragfordonet. Enligt exemplet råder optimal massfördelning när dragfordonets statiska framaxelbelastning är ca 52 % av dess totala



Dragfordon	Släpfordon
$f = \text{m}$	$a_e = 2,9 \text{ m}$
$b = \text{m}$	$b_e = 0,2 \text{ m}$
$a = \text{m}$	$m_e = 850 \text{ kg}$
$m = 1200 \text{ kg}$	$J_{ez} = 1500 \text{ kgm}^2$
$J_z = 2000 \text{ kgm}^2$	$C_{56} = 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$
$C_{12} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$	$F_{kz} = 55 \text{ kp}$
$C_{34} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$	

- ✕ Övre hastighetsgräns för godtagbart dämpningsförhållande för fordonskombinationens periodiska svängningsrörelse ($D = 3,0$)
- Övre hastighetsgräns för icke kritisk överstyrning.

Figur G.9. Dynamiska stabilitetens beroende av dragfordonets axelavstånd



Figur G.10. Dynamiska stabilitetsberoende av avståndet mellan dragfordonets bakaxel och dragkula

tyngd. Det bör dock observeras, att däckskarakteristiken har mycket stort inflytande på stabiliteten.

2.2.6 Inverkan av kulbelastningens storlek

Inverkan av släpfordonets tyngdpunktsläge i längdled uttryckt i kulbelastning visas i figur G.8. Hastighetsgränsen för godtagbart dämpningsförhållande höjs vid ökande kulbelastning, medan hastighetsgränsen för icke kritisk överstyrning sjunker. Optimal kulbelastning är i det i figur G. 8 illustrerade exemplet ca 40 kp.

2.2.7 Inverkan av dragfordonets axelavstånd

Enligt figur G.9 sjunker hastighetsgränsen för godtagbart dämpningsförhållande med ökande axelavstånd på dragfordonet. Korta axelavstånd är dock ogynnsamma på grund av att kulbelastningen ger stor ändring av axelbelastningarna i förhållande till det ensamma dragfordonet, varigenom hastighetsgränsen för överstyrningsinstabilitet snabbt sjunker med minskande axelavstånd. In-

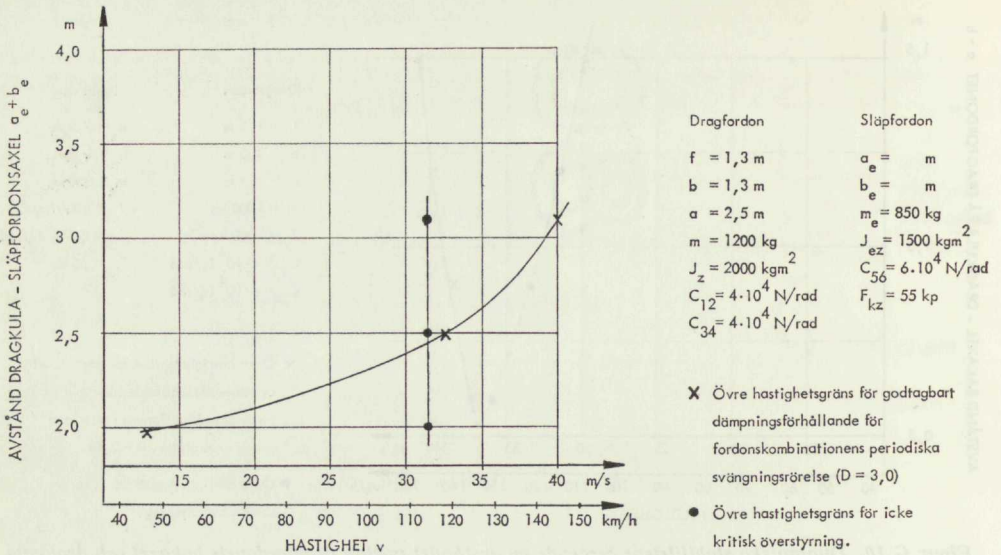
verkan av det till axelavståndet relaterade masströghetsmomentet behandlas nedan. I beräkningsexemplet är optimalt axelavstånd ca 3 m.

2.2.8 Inverkan av avståndet mellan dragkula och dragfordonets bakaxel

Figur G.10 visar att hastighetsgränsen för godtagbart dämpningsförhållande stiger obetydligt med ökande avstånd mellan dragkula och bakaxel, medan hastighetsgränsen för icke kritisk överstyrning sjunker. Optimum ligger i detta exempel vid ca 0,5 m.

2.2.9 Inverkan av avståndet mellan dragkula och släpfordonets axel

Hastighetsgränsen för godtagbart dämpningsförhållande höjs enligt figur G.11 markant med ökande avstånd mellan dragkula och släpfordonsaxel, medan hastighetsgränsen för icke kritisk överstyrning är oberoende av detta. Förutsättningen är att kulbelastning liksom övriga fordonsparemetrar hålles konstanta. Avståndet mellan dragkula och

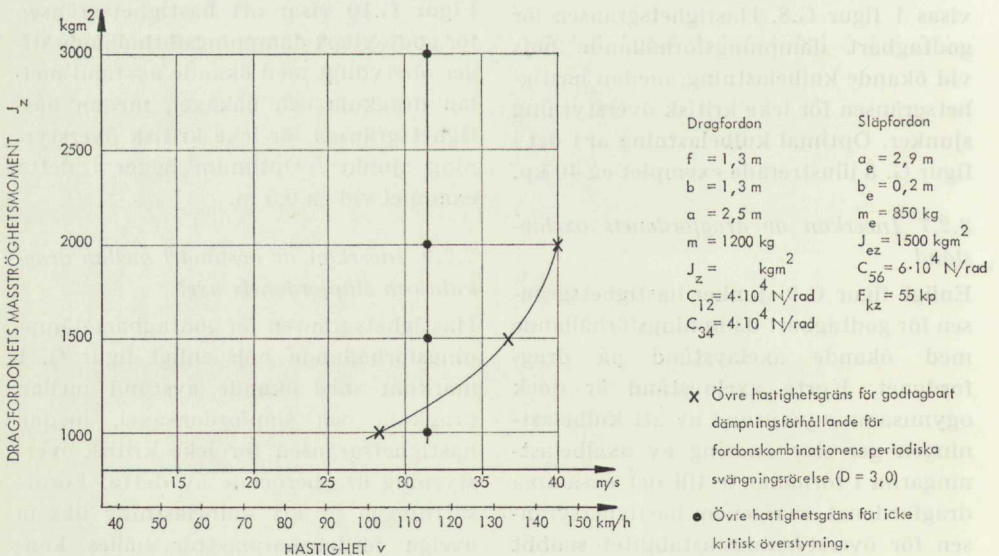


Figur G.11. Dynamiska stabilitetens beroende av avståndet mellan dragkula och släpfordonets axel

släpfordonsaxel är en storhet som vanligen är sammankopplad med massa och masströghetsmoment hos släpfordonet, och den sammanlagda effekten av dessa parametrar behandlas nedan.

2.2.10 Inverkan av dragfordonets masströghetsmoment

Figur G.12 visar att hastighetsgränsen för godtagbart dämpningsförhållande höjs vid ökande masströghetsmoment,



Figur G.12. Dynamiska stabilitetens beroende av dragfordonets masströghetsmoment

medan hastighetsgränsen för icke kritisk överstyrning är oberoende av masströghetsmomentet. Detta gäller under förutsättning att övriga parametrar hålles konstanta. I praktiken torde masströghetsmoment, massa och axelavstånd öka och minska samtidigt varför den sammanlagda effekten av en förändring hos dessa parametrar är av intresse. Om däckskaraktistiken för dragfordonet hålles konstant, kommer en ökning av massa och masströghetsmoment att samverka till att öka pendlingsdämpningen, dvs. höja hastighetsgränsen för godtagbart dämpningsförhållande, medan en samtidig ökning av axelavståndet verkar sänkande på denna. Resultatet torde dock bli en med ökande fordonsstorlek ökande pendlingsdämpning. Om emellertid, vilket i praktiken är fallet, däckskaraktistiken anpassas till dragfordonets massa, kommer detta att verka sänkande på pendlingsdämpningen, varför en med ökande dragfordonsstorlek minskande pendlingsdämpning i praktiken torde vara sannolik. Emellertid medför en ökning av sidkraftskoefficienterna hos dragfordonets hjul, med bibehållande av dessas inbördes förhållande, liksom en ökning av axelavståndet en höjning av hastighetsgränsen för icke kritisk överstyrning, medan denna är oberoende av fordonets massa och masströghetsmoment. Ett högt värde på denna gränshastighet torde ur trafiksäkerhetssynpunkt vara av större betydelse än en hög pendlingsdämpning, varför stora dragfordon totalt sett är fördelaktigare än små.

2.2.11 Inverkan av släpfordonets masströghetsmoment

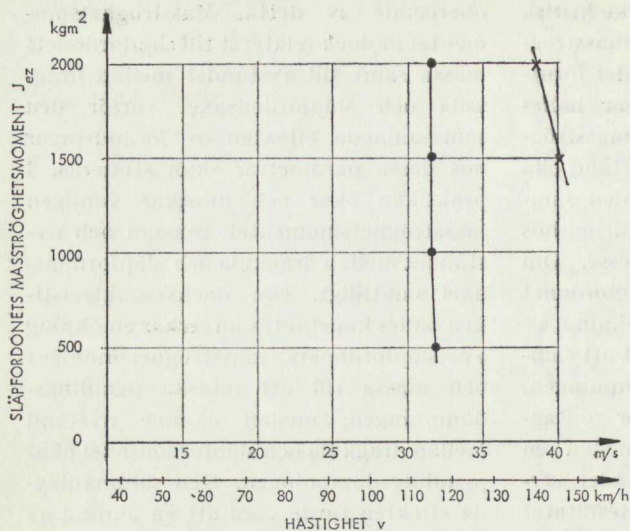
Hastighetsgränsen för godtagbart dämpningsförhållande sjunker (figur G.13) om än i ringa utsträckning, med ökande masströghetsmoment, medan gränsen för överstyrningsinstabilitet i stort sett är

oberoende av detta. Masströghetsmomentet är dock relaterat till släpfordonets massa samt till avståndet mellan dragkula och släpfordonsaxel varför den sammanlagda effekten av förändringar hos dessa parametrar skall studeras. I praktiken ökar och minskar vanligen masströghetsmomentet, massan och avståndet mellan dragkula och släpfordonsaxel samtidigt. Om däckskaraktistiken hålles konstant, samverkar en ökning av släpfordonets masströghetsmoment och massa till att minska pendlingsdämpningen, medan ökande avstånd mellan dragkula och släpfordonsaxel ökar pendlingsdämpningen. Den sammanlagda effekten torde vara att en ökning av släpfordonets storlek i dessa avseenden medför en minskande pendlingsdämpning. Om emellertid däckskaraktistiken hos släpfordonet anpassas till dess massa, torde en av släpfordonets storlek tämligen oberoende pendlingsdämpning kunna uppnås. Hastighetsgränsen för icke kritisk överstyrning är oberoende av samtliga här berörda parametrar.

2.3 Stabilitetsundersökning vid fältförsök

Vid fältförsöken har använts två fordonskombinationer med från den i den teoretiska stabilitetsundersökningen använda fordonskombinationen avvikande data. Dessa fordonskombinationer har av praktiska orsaker valts så, att instabilitetsgränsen nås vid så låg hastighet som möjligt, medan den i den teoretiska undersökningen använda baskombinationen har valts så, att den motsvarar en i praktiken vanligen förekommande fordonskombination. De två vid fältförsöken använda fordonskombinationerna har dock för jämförelses skull även underkastats teoretisk undersökning medelst den matematiska fordonsmodellen. Resultatet av jämförelsen redovisas nedan.

Fältförsöken utfördes med två olika



Dragfordon

$$\begin{aligned} f &= 1,3 \text{ m} \\ b &= 1,3 \text{ m} \\ a &= 2,5 \text{ m} \\ m &= 1200 \text{ kg} \\ J_z &= 2000 \text{ kgm}^2 \\ C_{12} &= 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad} \\ C_{34} &= 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad} \end{aligned}$$

Släpfordon

$$\begin{aligned} a_e &= 2,9 \text{ m} \\ b_e &= 0,2 \text{ m} \\ m_e &= 850 \text{ kg} \\ J_{ez} &= \text{kgm}^2 \\ C_{56} &= 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad} \\ F_{kz} &= 55 \text{ kp} \end{aligned}$$

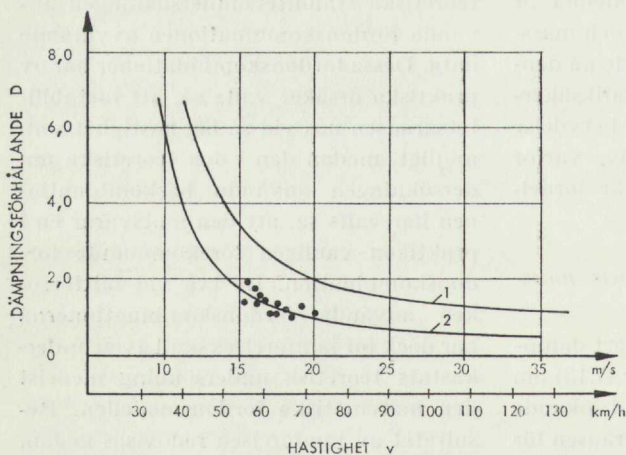
x Övre hastighetsgräns för godtagbart dämpningsförhållande för fordonskombinationens periodiska svängningsrörelse ($D = 3,0$)

• Övre hastighetsgräns för icke kritisk överstyrning.

Figur G.13. Dynamiska stabilitetens beroende av släpfordonets masströghetsmoment

dragfordon, dels med en amerikansk stationsvagn vägande 2 100 kg, dels med en mindre personbil vägande 1 260 kg. Släpfordonet utgjordes av en stor husvagn, vars vikt kunde varieras mellan 1000 och 1300 kg (figurerna G.14 och G.15). Dessa fordonskombinationer var försedda med utrustning för mätning och registrering av ett antal storheter som beskriver fordonskombinationens rörelser.

De för undersökningen av svängningsdämpningen intressanta storheterna är förutom färdhastigheten släpfordonets sidacceleration och vinkeln mellan drag- och släpfordon. Vid försöken har fordonskombinationen bringats i svängning antingen spontant på grund av ojämnheter i vägbanan, vindstötter eller dylikt eller med hjälp av en kortvarig rattmanöver. Släpfordonets sidacceleration och vin-



Dragfordon

$$\begin{aligned} f &= 1,46 \text{ m} \\ b &= 1,38 \text{ m} \\ a &= 2,60 \text{ m} \\ m &= 2100 \text{ kg} \\ J_z &= 4400 \text{ kgm}^2 \\ C_{12} &= 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad} \\ C_{34} &= 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad} \end{aligned}$$

Släpfordon

$$\begin{aligned} a_e &= 3,19 \text{ m} \\ b_e &= 0,01 \text{ m} \\ m_e &= 1200 \text{ kg} \\ J_{ez} &= 2500 \text{ kgm}^2 \\ C_{56} &= \text{N/rad} \\ F_{kz} &= 2 \text{ kp} \end{aligned}$$

Teoretiska beräkningar

kurva 1

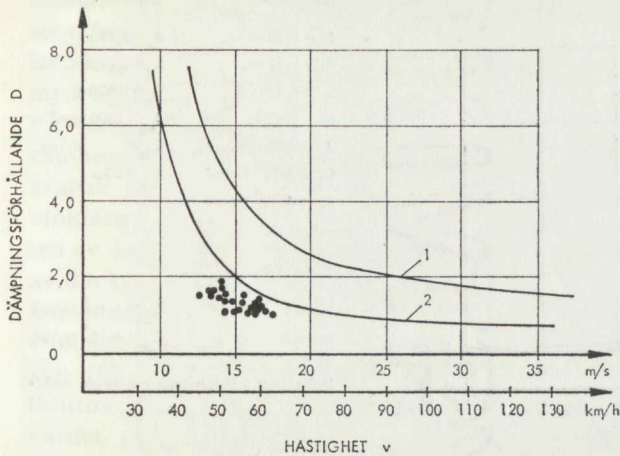
$$C_{56} = 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$$

kurva 2

$$C_{56} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$$

Mätresultat från fältförsök markerade med (•)

Figur G.16. Jämförelse mellan teoretiska beräkningar och mätresultat vid fältförsök



Figur G.17. Jämförelse mellan teoretiska beräkningar och mätresultat vid fällförsök

Dragfordon	Släpfordon
$f = 1,46 \text{ m}$	$a_e = 3,14 \text{ m}$
$b = 1,38 \text{ m}$	$b_e = 0,06 \text{ m}$
$a = 2,60 \text{ m}$	$m_e = 1200 \text{ kg}$
$m = 2100 \text{ kg}$	$J_{ez} = 2500 \text{ kgm}^2$
$J_z = 4400 \text{ kgm}^2$	$C_{56} = \text{N/rad}$
$C_{12} = 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$	$F_{kz} = 22 \text{ kp}$
$C_{34} = 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$	

Teoretiska beräkningar

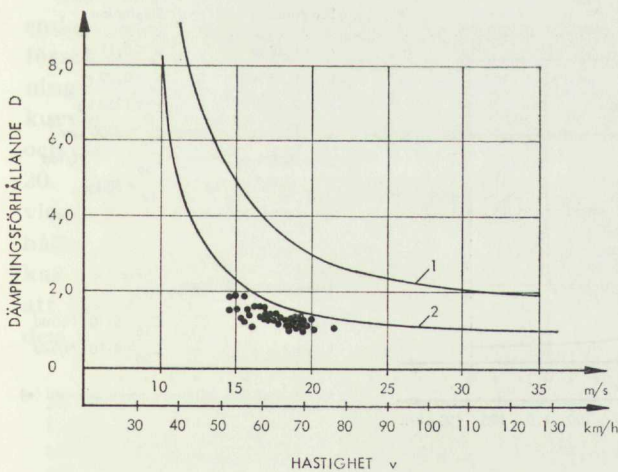
kurva 1	$C_{56} = 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$
kurva 2	$C_{56} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$

Mätresultat från fällförsök markerade med (•)

keln mellan drag- och släpfordon har därvid registrerats i form av två kurvor med approximativ sinusform med ökande, konstant eller minskande amplitud. Förloppet hos endera av dessa storheter kan användas för att beräkna svängningens dämpningsförhållande, definierad som förhållandet mellan två på varandra följande utslag åt samma håll. Genom att, då fordonkombinationen kommit i svängning, färdhastigheten under inverkan av rullnings- och luftmotstånd till-

låtits sjunka, har dämpningsförhållandets hastighetsberoende inom ett hastighetsintervall kunnat studeras.

Dessa sålunda funna värden på dämpningsförhållandet har som funktion av färdhastigheten inprickats i diagram i figurerna G.16—20. Figurerna G.16—18 avser det större dragfordonet och figurerna G.19 och G.20 det mindre. I figurerna G.16—18 är kulbelastningen 2, 22 resp. 40 kp samt i figurerna G.19 och G.20 2 resp. 35 kp.



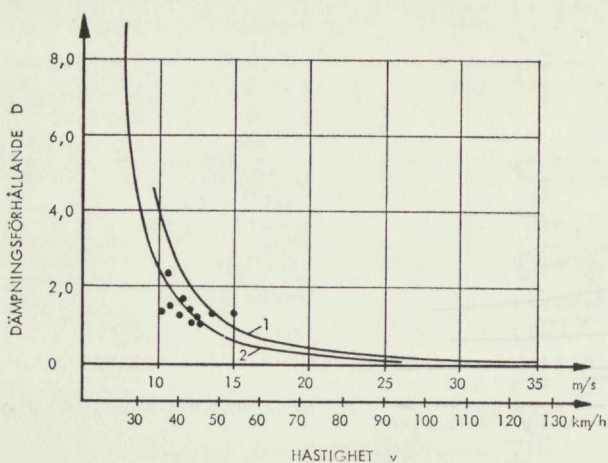
Dragfordon	Släpfordon
$f = 1,46 \text{ m}$	$a_e = 3,10 \text{ m}$
$b = 1,38 \text{ m}$	$b_e = 0,10 \text{ m}$
$a = 2,60 \text{ m}$	$m_e = 1250 \text{ kg}$
$m = 2100 \text{ kg}$	$J_{ez} = 2500 \text{ kgm}^2$
$J_z = 4400 \text{ kgm}^2$	$C_{55} = \text{N/rad}$
$C_{12} = 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$	$F_{kz} = 40 \text{ kp}$
$C_{34} = 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$	

Teoretiska beräkningar

kurva 1	$C_{56} = 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$
kurva 2	$C_{56} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$

Mätresultat från fällförsök markerade med (•)

Figur G.18. Jämförelse mellan teoretiska beräkningar och mätresultat vid fällförsök



Dragfordon

$f = 1,28 \text{ m}$

$b = 1,32 \text{ m}$

$a = 2,52 \text{ m}$

$m = 1260 \text{ kg}$

$J_z = 2000 \text{ kgm}^2$

$C_{12} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$

$C_{34} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$

Släpfordon

$a_e = 3,19 \text{ m}$

$b_e = 0,01 \text{ m}$

$m_e = 1280 \text{ kg}$

$J_{ez} = 2500 \text{ kgm}^2$

$C_{56} = \text{N/rad}$

$F_{kz} = 2 \text{ kp}$

Teoretiska beräkningar

kurva 1

$C_{56} = 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$

kurva 2

$C_{56} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$

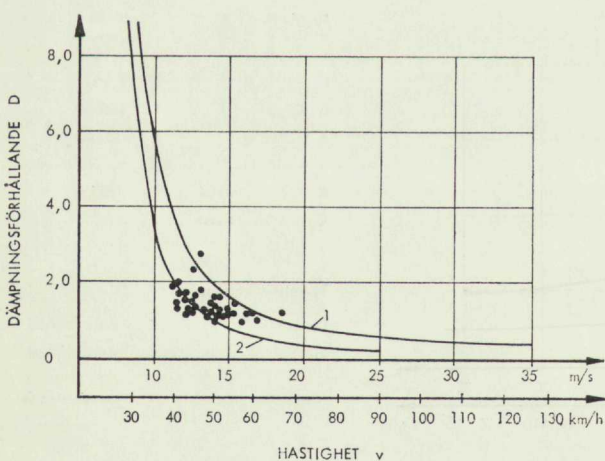
Mätresultat från fältförsök markerade med (•)

Figur G.19. Jämförelse mellan teoretiska beräkningar och mätresultat vid fältförsök

Vidare utfördes vissa prov med s. k. färdstabilisator. Denna består av två i huvudsak i kombinationens längdriktning mellan fordonen anbringade stötdämpare vars uppgift är att dämpa släpfordonets pendlingsrörelse. Dess verkan visade sig vara god. En fordonskombination, som utan färdstabilisator uppnådde dynamisk instabilitet vid ca 90 km/h, kunde med färdstabilisator framföras med kombinationens maximalhastighet ca 120 km/h med bibehållen dynamisk stabilitet.

2.4 Jämförelse mellan teori och praktik

I diagram, se figurerna G.16—20, har förutom de vid fältförsök funna dämpningsförhållandena även inritats beräknade kurvor över sambandet mellan dämpningsförhållande och färdhastighet. Dessa kurvor har erhållits med hjälp av den ovannämnda matematiska fordonsmodellen. I denna modell ingår förutom värden på vissa fordonsdimensioner även värden på däckskonstanterna. Dessa har bestämts med hjälp av en vid statens väginstitut konstruerad mätvagn. Vid



Dragfordon

$f = 1,28 \text{ m}$

$b = 1,32 \text{ m}$

$a = 2,52 \text{ m}$

$m = 1260 \text{ kg}$

$J_z = 2000 \text{ kgm}^2$

$C_{12} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$

$C_{34} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$

Släpfordon

$a_e = 3,11 \text{ m}$

$b_e = 0,09 \text{ m}$

$m_e = 1250 \text{ kg}$

$J_{ez} = 2500 \text{ kgm}^2$

$C_{56} = \text{N/rad}$

$F_{kz} = 35 \text{ kp}$

Teoretiska beräkningar

kurva 1

$C_{56} = 6 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$

kurva 2

$C_{56} = 4 \cdot 10^4 \text{ N/rad}$

Mätresultat från fältförsök markerade med (•)

Figur G.20. Jämförelse mellan teoretiska beräkningar och mätresultat vid fältförsök

dessa mätningar erhöles sidkraften som funktion av avdriftsvinkel och belastning vid cambervinkeln noll, dvs. med hjulaxeln parallell med vägplanet. På försöksfordonen erhöles vid proven cambervinklar som gav upphov till sidkrafter motsatt riktade de av avdriftsvinklarna betingade sidkrafterna. Effekten av detta är likvärdig med en sänkning av däckens sidkraftskoefficienter (däckskonstanterna) med avseende på avdriftsvinkeln. För att i någon mån taga hänsyn till detta har beräkningar utförts förutom för det med mätvagnen uppmätta värdet på släpfordonshjulens sidkraftskoefficient även för det minimivärde som erhöles vid släpfordonets maximala krängning. Denna krängning och motsvarande cambervinklar har bestämts med ledning av uppmätt sidacceleration och krängningskaraktistik hos släpfordonet.

Då mätningar rörande camberkrafternas storlek för de aktuella däckerna inte hunnit utföras vid väginstitutet har värden för däck av närliggande dimension använts. Dessa värden har hämtats från en tysk avhandling.¹

Inverkan av dragfordonets krängning har ansetts försumbar.

Om sidkraftskoefficienten varit den enda osäkra faktorn, skulle de vid fältförsöken erhållna värdena på dämpningsförhållandet ha legat mellan de två kurvor som på detta sätt erhållits i vart och ett av diagrammen i figurerna G.16—20. Detta är dock inte fallet, vilket visar att den matematiska modellen innehåller förenklingar som märkbart påverkar resultatet. Exempelvis förutsättes, att däckskaraktistiken är linjär, medan den i verkligheten är en betydligt mera

komplicerad degressiv funktion. Detta synes medföra att modellen något överdriver däckskaraktistikkens betydelse. Då beräknade värden på dämpningsförhållandet beträffande det tunga dragfordonet ligger högre än motsvarande värden erhållna vid fältförsök och beträffande det lätta dragfordonet ligger i övre delen av spridningsområdet för motsvarande värden erhållna vid fältförsök, kan vidare beträffande teorins giltighet sägas att den inte överdriver svårigheterna att åstadkomma ett tillräckligt stort dämpningsförhållande för fordonskombinationens pendlingsrörelse. Med andra ord är den högsta lämpliga hastigheten för de i figurerna G.1—13 belysta fordonskombinationerna sannolikt lägre än vad som där antyds.

2.5 Slutsatser

Utförda analyser och försök visar sålunda att en lämpligt dimensionerad fordonskombination har tillfredsställande dynamisk stabilitet även vid hastigheter över 100 km/h. Det har också praktiskt och teoretiskt visats att man i ogynnsamma fall kan erhålla dynamisk instabilitet vid en hastighet understigande 70 km/h. Släpfordonets massa i relation till dragfordonets är av betydelse, men avstånd mellan dragkula och släpfordonsaxel, kulbelastning och däckutrustning samt dragfordonets beskaffenhet i olika avseenden har så stor inverkan på den dynamiska stabiliteten att klassning med hänsyn till denna, grundad på relativ vikt, inte kan förordas. Provkörning för typgodkännande av olika slag av fordonskombinationer med avseende på kördynamiska egenskaper torde vara den tills vidare lämpligaste metoden. Godkännande för olika hastighetsgränser får med hänsyn till svårigheten att ange ett rättvist klassningssystem anses olämpligt. I stället torde en enda hastighetsgräns, omfattande samtliga

¹ P. Koessler och G. Senger: »Vergleichende Untersuchungen der Seitenführungseigenschaften von Personenwagen-Reifen»—Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrstechnik. Heft 172, Düsseldorf, 1965.

lätta fordonskombinationer, vara att föredra. För att den skall vara tillämpbar för en viss fordonskombination krävs att denna uppfyller vissa fordringar på

dynamisk stabilitet. Om dessa fordringar ej är uppfyllda, bör samma hastighetsbestämmelser gälla för kombinationen som för dragbil med efterfordon.

... och ...

... och ...

APPENDIX

Matematisk modell för analys av dynamisk stabilitet hos ett dragfordon med enaxligt släpfordon

1. Inledning

För analys av den dynamiska stabiliteten hos ett dragfordon med tillkopplat enaxligt släpfordon krävs en matematisk fordonsmodell. I det följande redogöres för gjorda överväganden vid valet av denna, för den valda modellen samt för analysförfarandet.

2. Val av matematisk fordonsmodell

Då den analytiska beskrivningen av transient sidorörelse hos verkliga fordon är mycket komplicerad, är det i allmänhet lämpligt att införa förenklingar för att underlätta analysförfarandet. I de arbeten rörande fordonskombinationers dynamiska stabilitet som kunnat uppsåras och studeras [1], [2] och [3] förekommer matematiska fordonsmodeller byggda på olika förenklade antaganden. Dessa antaganden är i huvudsak följande:

1. Dragfordonet påverkas ej av släpfordonet.
2. Dragfordonets framaxelcentrum rör sig längs en förutbestämd vanligen rätlinjig bana.
3. Dragfordonets framaxelcentrum rör sig i fordonets längdriktning, dvs. framhjulens sidkraftskoefficient antages oändligt stor.
4. Dragfordonet betraktas som en stel kropp med fixerad tyngdpunkt, dvs. den relativa rörelsen mellan hjulen och den fjädrade massan försummas.
5. Släpfordonet betraktas som en stel kropp med fixerad tyngdpunkt.
6. Sidkraften (S) mellan däck och väg bana antages vara en linjär funktion av avdrifts-

vinkeln (δ) (vinkeln mellan hjulcentrums färdriktning och hjulplanets skärningslinje med vägbaneplanet). $S = C \cdot \delta$ där C antages vara en linjär funktion av hjulbelastningen.

7. Avdriftsvinklarna för hjulen på en axel antages lika stora varigenom dessa hjul kan betraktas som ett hjul placerat i axelcentrum.
8. Framhjulen antages låsta i en bestämd vinkel.
9. Toe-in, camber- och castervinklar sättes lika med noll.
10. Inverkan av drivkrafter försummas.
11. Inverkan av bromskrafter försummas.
12. Inverkan av luftkrafter försummas.
13. Körhastigheten antages konstant.
14. Vägbanan antages plan och horisontell.
15. Alla vinklar antages så små att sinus och tangens kan sättas lika med vinkeln i radianer och cosinus lika med ett.
16. Kopplingen mellan drag- och släpfordon antages friktionslös.
17. Däckens deformation försummas.
18. Gyralkrafter försummas.
19. Däckens återställningsmoment försummas.
20. Inverkan av rullningsmotstånd försummas.

Av ovanstående förenklingar torde 1., 2. och 3. innebära de kraftigaste avvikelserna från verkliga förhållanden. Därnäst i betydelse kommer de antaganden som rör däckens sidkraftsupptagande förmåga, nämligen 6., 7., 8., 9., 10. och 11. samt 4. och 5. som medför att krängningens inverkan på cambervinklar och styrvinklar försummas. Antagande 12. gör modellen olämplig för studier av förlopp vid hög hastighet i synnerhet när det gäller fordon med hög luftmotståndskoefficient och stor volym i förhållande till vikten. Antagande 13. begränsar modellens användbarhet vid

analyser av bromsnings- resp. accelerationsförlopp. Antagande 14. i kombination med antagandena 4. och 5. gör modellen oanvändbar för studier rörande vertikalsvängningar, dvs. rörande komfort och dynamiska axelbelastningar. Antagande 15. inskränker modellens användbarhet till att omfatta stabilitetsanalyser för fordonsrörelser med liten amplitud. Antagande 16. omöjliggör studier av hur en fordonskombinations dynamiska stabilitet påverkas av en svängningsdämpare vid dragkopplingen, s. k. färdstabilisator. Antagande 17. innebär att krängningen och tyngdpunktens sid- och höjdförskjutning i förhållande till hjulkontaktyornas tryckcentra blir mindre än i verkligheten. Vid måttliga sidkrafter torde härav orsakade fel vara obetydliga. Antagandena 18. och 19. torde kunna accepteras i de flesta sammanhang. Undantag härifrån är främst studier rörande kraftöverföringen mellan ratt och styrda hjul och svängningsfenomen i styrningen. Antagande 20. torde vara användbart i de flesta tillämpningar.

För att få en objektiv bild av de olika förenklingarnas relativa betydelse hade det varit önskvärt att med samma data utföra stabilitetsanalyser med successivt avtagande förenklingsgrad. På grund av den mycket begränsade undersökningstiden var detta ogenomförbart. En vid statens väginstitut utarbetad matematisk fordonsmodell, där de flesta här nämnda förenklingarna eliminerats, bedömdes ta för lång tid att programmera för automatisk databehandling. Samma sak gällde för en något enklare modell framlagd av Professor J. R. Ellis vid Advanced School of Automobile Engineering, Cranfield, England [3]. Två modeller, en av D. Williams [2] och en av F. Jindra [1] var tidsmässigt överkomliga.

I den förstnämnda analysen förutsättes dragfordonets framaxelcentrum röra sig

längs en rät linje och däckens sidkrafts-upptagning beräknas med en generell tillämpning olämplig metod. Dessa svagheter föreligger inte i Jindras arbete. I övrigt gäller i stort sett samma förenklade antaganden nämligen, för att nämna de viktigaste, att alla vinklar antages så små att sinus och tangens kan sättas lika med vinkeln i radianer och cosinus lika med ett, att fordonen är fria från krängning, att höger- och vänsterhjul betraktas som ett i axelcentrum placerat hjul samt att inverkan av camber, caster, toe-in, däckens återställningsmoment och styrningens elasticitet försummas. Aerodynamiska krafter har också utelämnats och vägbanan antages plan och horisontell.

Då Jindras matematiska modell således var den minst förenklade av de två och dessutom lämpad för vidare utveckling, valdes denna som utgångspunkt för de teoretiska studierna. Jindras analys gäller dock en tung fordonskombination med släpfordon av typ påhängsvagn och behandlar dessutom inte alla intressanta parametrar. Det var därför nödvändigt att utföra en egen analys med data passande för en lätt fordonskombination med släpfordon av typ släpkärra.

I det följande återges Jindras matematiska härledningar med vissa tillägg och ändringar.

3. Härledning av matematisk fordonsmodell

3.1 Använda beteckningar

Största däckbredd.....	q	(m)
Diam. för obelastat däck	$2r_0$	(m)
Radiell däckdeformation under belastning.....	Δr	(m)
Kurvradie.....	R	(m)
Fordonskombinationens hastighet.....	v	(m/s)
Ringtryck (övertryck)....	p_l	(N/m ²)
Friktionskoefficient.....	μ	

För *dragfordonet*:

Avstånd mellan tyngdpunktens och främre hjulaxelcentrums projektioner på längdaxeln.....	f	(m)
Avstånd mellan tyngdpunktens och bakre hjulaxelcentrums projektioner på längdaxeln.....	b	(m)
Avstånd mellan tyngdpunktens och dragkulecentrums projektioner på längdaxeln.....	a	(m)
Tyngdpunktens höjd över vägbanan.....	h	(m)
Spårvidd	$2c$	(m)
Massa.....	m	(kg)
En framåt riktad, på dragkulan verkande kraft parallell med x-axeln	F_{kx}	(N)
En åt vänster riktad, på dragkulan verkande kraft parallell med y-axeln.....	F_{ky}	(N)
En nedåt riktad, på dragkulan verkande kraft parallell med z-axeln	F_{kz}	(N)
Sammanlagd sidkraft vid framhjulen.....	S_{12}	(N)
Sammanlagd sidkraft vid bakhjulen.....	S_{34}	(N)
Belastning på vänster framhjul.....	P_1	(N)
Belastning på höger framhjul.....	P_2	(N)
Belastning på vänster bakhjul.....	P_3	(N)
Belastning på höger bakhjul.....	P_4	(N)
Framaxelbelastning.....	P_{12}	(N)
Framaxelbelastning beroende av dragfordonets massa.....	P'_{12}	(N)
Framaxelbelastning beroende av släpfordonets massa.....	P''_{12}	(N)
Bakaxelbelastning.....	P_{34}	(N)
Bakaxelbelastning beroende av dragfordonets massa.....	P'_{34}	(N)

Bakaxelbelastning beroende av släpfordonets massa.....	P''_{34}	(N)
Belastningsöverflyttning mellan framhjulen på grund av krängmoment.....	ΔP_{12}	(N)
Belastningsöverflyttning mellan bakhjulen på grund av krängmoment.....	ΔP_{34}	(N)
Masströghetsmoment med avseende på en vertikal axel genom tyngdpunkten.....	J_z	(kgm ²)
Fordonets hastighet i y-axelns riktning.....	\dot{y}	(m/s)
Fordonets acceleration i y-axelns riktning, sidacceleration.....	\ddot{y}	(m/s ²)
Sidkraftskoefficient för vänster framhjul.....	C_1	(N/rad)
Sidkraftskoefficient för höger framhjul.....	C_2	(N/rad)
Sidkraftskoefficient för vänster bakhjul.....	C_3	(N/rad)
Sidkraftskoefficient för höger bakhjul.....	C_4	(N/rad)
Sammanlagd sidkraftskoefficient för framhjulen....	C_{12}	(N/rad)
Sammanlagd sidkraftskoefficient för bakhjulen.....	C_{34}	(N/rad)
Framhjulens styrutslagsvinkel.....	β	(rad)
Avdriftsvinkel för fordonet.....	δ	(rad)
Avdriftsvinkel för framhjulen.....	δ_{12}	(rad)
Avdriftsvinkel för bakhjulen.....	δ_{34}	(rad)
Vinkel mellan fordonets längdaxel och den vid tiden $t = 0$ rådande färdriktningen, girvinkel.....	Ψ	(rad)
Girvinkelhastighet.....	$\dot{\Psi}$	(rad/s)
Girvinkelacceleration.....	$\ddot{\Psi}$	(rad/s ²)

För *släpfordonet*:

Avstånd mellan tyngdpunktens och dragkulecentrums projektioner på längdaxeln.....	a_e	(m)
---	-------	-----

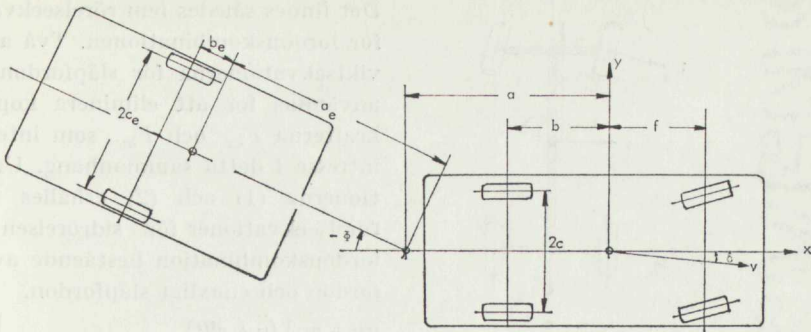
Avstånd mellan tyngdpunktens och hjulaxelcentrums projektioner på längdaxeln	b_e	(m)
Tyngdpunktens höjd över vägbanan	h_e	(m)
Spårvidd	$2c_e$	(m)
Massa	m_e	(kg)
Belastning på vänster hjul	P_5	(N)
Belastning på höger hjul . .	P_6	(N)
Axelbelastning	P_{56}	(N)
Belastningsöverflyttning mellan hjulen på grund av krängmoment	ΔP_{56}	(N)
Sammanlagd sidkraft vid hjulen	S_{56}	(N)
Masströghetsmoment med avseende på en vertikal axel genom tyngdpunkten	J_{cz}	(kgm ²)
Sidkraftskoefficient för vänster hjul	C_5	(N/rad)
Sidkraftskoefficient för höger hjul	C_6	(N/rad)
Sammanlagd sidkraftskoefficient för hjulen	C_{56}	(N/rad)
Avdriftsvinkel för hjulen	δ_{56}	(rad)
Vinkel mellan släpfordonets och dragfordonets längdaxlar	Φ	(rad)
Vinkelhastighet för släpfordonet i förhållande till dragfordonet	$\dot{\Phi}$	(rad/s)
Vinkelacceleration för släpfordonet i förhållande till dragfordonet	$\ddot{\Phi}$	(rad/s ²)
Koordinatsystem:		
Ett i dragfordonet fixt rätvinkligt axelsystem med origo i tyngdpunkten och x-axeln riktad framåt i dragfordonets längdriktning, y-axeln riktad åt vänster vinkelrätt mot dragfordonets symmetriplan och z-axeln riktad uppåt		
	$x y z$	

3.2 Rörelseekvationer

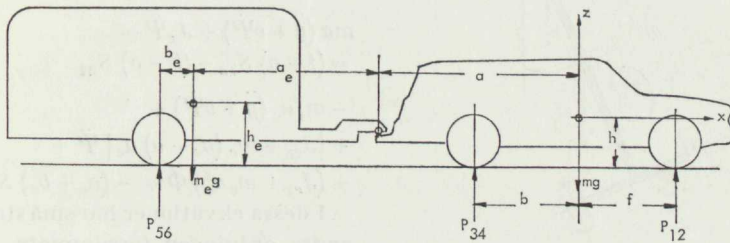
Ett tvåaxligt dragfordon med enaxligt släpfordon (släpkärra) antages framfört med konstant hastighet i en cirkulär bana på en horisontell, hård yta. Dragfordonets styrsystem tänkes låst i ett för kurvradien avpassat läge. Både dragfordon och släpfordon betraktas som stela kroppar med fixerade tyngdpunkter, dvs. den relativa rörelsen mellan hjulaxlarna och de fjädrade massorna försummas. Kopplingen mellan fordonen antages vara en friktionslös led, som inte motverkar vridningsrörelser mellan dragfordon och släpfordon. Luftmotstånd, rullningsmotstånd hos hjulen och gyroskopeffekter hos roterande delar försummas i förenklande syfte. Sidkrafter överförda från vägbanan till däcken betraktas som de enda yttre krafter av betydelse som påverkar fordonet. Utöver sidkrafterna i kontaktytan på däcken uppstår återställningsmoment, men dessa är tillräckligt små för att kunna försummas i denna analys.

Det betraktade systemet visas schematiskt i figur 1. Ett i dragfordonet fixt rätvinkligt koordinatsystem med origo i dragfordonets tyngdpunkt användes. Koordinatsystemets x-axel ligger i dragfordonets längdriktning, och y-axeln är en mot denna vinkelrätt horisontell axel riktad åt vänster. Båda axlarna är riktade längs dragfordonets huvudtröghetsaxlar. Om dragfordonets massa är m (kg), är dess tyngd mg (N). Dragfordonets polära masströghetsmoment kring vertikalaxeln genom tyngdpunkten, dvs. z-axeln, är J_z (kgm²). Tyngdpunktens läge i förhållande till fram- resp. bakaxel anges av avstånden f (m) resp. b (m). Avståndet från tyngdpunkten till kopplingspunkten är a (m).

De variabler som valts för att beskriva dragfordonets rörelse är fordonets avdrift i sidled och fordonets girrörelse. I



Figur 1. Dimensionsbeteckningar för lätt fordonkombination



Figur 2. Dimensionsbeteckningar och kraftplan för lätt fordonkombination

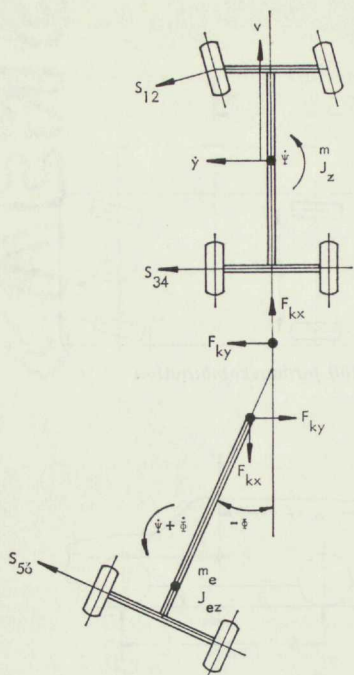
analysen förutsattes att dragfordonets tyngdpunkt rör sig med den konstanta hastigheten v (m/s) enligt figur 1. För små värden på fordonets avdriftsvinkel δ (rad) kan hastighetskomponenten längs x -axeln med tillräcklig noggrannhet sättas lika med fordonets resulterande hastighetsvektor v . I figur 3 visas fordonkombinationens huvuddelar med alla horisontella krafter som verkar på dragfordon och släpfordon utsatta — de positiva riktningarna har angivits. Med hastigheten i y -axelns riktning \dot{y} (m/s) och girvinkelhastigheten $\dot{\Psi}$ (rad/s), positiv riktning enligt figur 3, kan dragfordonets rörelseekvationer hänförliga till det rörliga koordinatsystemet erhållas i form av kraft- och momentjämviktsekvationer

$$\left. \begin{aligned} m(\ddot{y} + v\dot{\Psi}) &= S_{12} + S_{34} + F_{ky} \\ J_z\ddot{\Psi} &= fS_{12} + bS_{34} - aF_{ky} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

där S_{12} (N) och S_{34} (N) är summorna av sidkrafterna vid fram- resp. bakhjul, posi-

tiva i samma riktning som y -axeln. Kraften F_{ky} (N) definierad positiv i y -axelns riktning är kopplingskraftens sidkomponent verkande på avståndet a bakom dragfordonets tyngdpunkt. Punkt över en symbol anger som vanligt differentiering med avseende på tiden. Ekvationerna (1) är desamma som för ett ensamt fordon så när som på tillägget av sidkraftskomponenten F_{ky} .

Som variabel för att beskriva släpfordonets rörelse användes vinkeln Φ (rad) mellan dettas och dragfordonets längdriktningar. Släpfordonets massa är m_e (kg) och J_{ez} (kgm^2) dess polära massströghetsmoment med avseende på en vertikalaxel genom släpfordonets tyngdpunkt. Avståndet mellan tyngdpunkten och kopplingspunkten är a_e (m) och avståndet mellan tyngdpunkten och släpfordonets hjulaxel är b_e (m). Genom att uppställa villkoren för kraft- och momentjämvikt vid fortfarighetstillstånd



Figur 3. Kraftplan för lätt fordonkombination

vid körning i horisontell kurva, erhålles släpfordonets rörelseekvationer

$$\left. \begin{aligned} 0 &= F_{kx} - S_{56} \Phi \\ m_e [\ddot{y} + v\dot{\Psi} - (a + a_e)\ddot{\Psi} - a_e\ddot{\Phi}] &= S_{56} - F_{ky} \\ J_{ez}(\ddot{\Psi} + \ddot{\Phi}) &= -a_e F_{ky} - a_e F_{kx} \Phi - b_e S_{56} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

där S_{56} (N) är sammanlagda sidkrafterna från släpfordonets hjul och F_{kx} (N) kopplingskraftens x-komponent. Av ekvationerna (2) framgår, att sidaccelerationen för släpfordonets tyngdpunkt är sammansatt av den relativa accelerationen $-a_e\ddot{\Phi}$ och den absoluta accelerationen $\ddot{y} + v\dot{\Psi} - (a + a_e)\ddot{\Psi}$ där $(a + a_e)$ är avståndet mellan dragfordonets och släpfordonets tyngdpunkter.

Ekvationerna (1) och (2) innehåller tre obekanta variabler, \dot{y} och $\dot{\Psi}$ för dragfordonet och Φ för släpfordonet och två obekanta kopplingskrafter F_{kx} och F_{ky} .

Det finnes således fem rörelseekvationer för fordonskombinationen. Två av jämviktsekvationerna för släpfordonet kan användas för att eliminera kopplingskrafterna F_{kx} och F_{ky} som inte är av intresse i detta sammanhang. Ur ekvationerna (1) och (2) erhålles nu tre rörelseekvationer för sidrörelsen hos en fordonskombination bestående av dragfordon och enaxligt släpfordon.

$$\left. \begin{aligned} (m + m_e)(\ddot{y} + v\dot{\Psi}) - \\ - m_e(a + a_e)\ddot{\Psi} - \\ - m_e a_e \ddot{\Phi} &= S_{12} + S_{34} + S_{56} \\ ma(\ddot{y} + v\dot{\Psi}) + J_z \ddot{\Psi} &= \\ = (f + a) S_{12} - (b - a) S_{34} \\ - m_e a_e (\ddot{y} + v\dot{\Psi}) + \\ + [J_{ez} + m_e(a_e + a)a_e] \ddot{\Psi} + \\ + (J_{ez} + m_e a_e^2) \ddot{\Phi} &= -(a_e + b_e) S_{56} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

I dessa ekvationer har små storheter av andra ordningen försumrats.

För att lösa detta ekvationssystem är det nödvändigt att ha explicita uttryck för sidkrafterna S_{12} , S_{34} och S_{56} . Däcksidkraften är en funktion av hjulets belastning. Det är därför nödvändigt att beräkna de vertikala hjulbelastningarna.

3.3 Dynamiska hjulbelastningar

I figur 2 visas en sidvy av fordonskombinationen stillastående på plan väg. Krafterna P_{12} (N) och P_{34} (N) samt P_{56} (N) är normalkrafter från vägbanan på fordonskombinationens axlar och F_{kz} (N) är vertikalkraften i kopplingspunkten. För dragfordonet gäller jämviktsekvationerna

$$\left. \begin{aligned} P'_{12} &= \frac{b}{f+b} mg \\ P'_{34} &= \frac{f}{f+b} mg \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

För släpfordonet gäller

$$\left. \begin{aligned} P_{56} &= \frac{a_e}{a_e + b_e} m_e g \\ F_{kz} &= \frac{b_e}{a_e + b_e} m_e g \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

vilket kan uppdelas ytterligare i komponenter verkande vertikalt på dragfordonets axlar:

$$\left. \begin{aligned} P''_{12} &= \frac{b-a}{f+b} \cdot \frac{b_e}{a_e+b_e} m_e g \\ P''_{34} &= \frac{f+a}{f+b} \cdot \frac{b_e}{a_e+b_e} m_e g \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Dragfordonets axelbelastningar blir då

$$\left. \begin{aligned} P_{12} &= P'_{12} + P''_{12} \\ P_{34} &= P'_{34} + P''_{34} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Om fordonskombinationen kör i en horisontell kurva med konstant radie, ändras hjulbelastningarna på grund av centrifugalkraftens inverkan på kombinationen. Krängmomentet på grund av centrifugalkraften ger en ökning av hjulbelastningarna på ytterhjulen med ΔP_{12} (N), ΔP_{34} (N) och ΔP_{56} (N) medan innerhjulen avlastas med samma belopp. De dynamiska hjulbelastningarna blirsåledes

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= \frac{P_{12}}{2} + \Delta P_{12} \\ P_2 &= \frac{P_{12}}{2} - \Delta P_{12} \\ P_3 &= \frac{P_{34}}{2} + \Delta P_{34} \\ P_4 &= \frac{P_{34}}{2} - \Delta P_{34} \\ P_5 &= \frac{P_{56}}{2} + \Delta P_{56} \\ P_6 &= \frac{P_{56}}{2} - \Delta P_{56} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Index 1, 3 och 5 hänför sig till ytterhjulen (vänsterhjulen) och 2, 4 och 6 till innerhjulen (högerhjulen) i en högerkurva. Indexnumreringen har gjorts framifrån och bakåt.

För att bestämma belastningsändringens storlek tänkes fordonskombinationens massa uppdelad i tre massor placerade med tyngdpunkten över var sin

hjulaxel. Storleken av massorna bestäms av de statiska axelbelastningarna.

Vid körning i en horisontell kurva med konstant radie R (m) med centripetalaccelerationen $\frac{v^2}{R}$ kan då belastningsändringarna uppskattas enligt följande

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_{12} &= \left(\frac{h}{2c} P'_{12} + \frac{h_e}{2c} P''_{12} \right) \frac{v^2}{Rg} \\ \Delta P_{34} &= \left(\frac{h}{2c} P'_{34} + \frac{h_e}{2c} P''_{34} \right) \frac{v^2}{Rg} \\ \Delta P_{56} &= \frac{h_e}{2c_e} P_{56} \frac{v^2}{Rg} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

där $2c$ (m) är spårvidden, h (m) och h_e (m) är tyngdpunktens höjd över vägbanan för dragfordon resp. släpfordon.

För en mera ingående analys av belastningsändringen är det nödvändigt att ta hänsyn till fjädrad och ofjädrad massa, bestämma krängaxlar och de fjädrade massornas krängmoment som via fjädningen överföres till hjulen. För ett tvåaxligt fordon har metoder utvecklats för beräkning av krängvinklar och motsvarande hjulbelastningsändringar med hänsyn till ovannämnda faktorer, och de är direkt tillämpbara i detta sammanhang. Den ovan angivna approximativa beräkningen har dock ansetts godtagbar för syftet med denna analys, vilket reducerar antalet variabler utan att väsentligt påverka de grundläggande resultaten.

3.4 Däckkrafter

Gummiringens sidkraftupptagande förmåga är en av de viktigaste faktorerna vid bestämning av ett fordon's uppträdande under körning.

Experiment har visat att en sidkraft från vägbanan påverkande en luftgummiring, som rullar i ett normalplan mot vägen, kan uppstå endast om rörelseriktningen för ringcentrum i förhållande till vägbanan bildar en vinkel med ringens rotationsplan (hjulplanet). Vinkeln mellan hjulplanets skärningslinje med väg-

banan och ringcentrums rörelseriktning kallas avdriftsvinkel δ_i (rad), och kraften som överförs mellan vägbana och däck benämnes sidkraft S_i (N).

Inom området för rullningskontakt kan sidkraften S_i approximativt skrivas $S_i = C_i \delta_i$ förutsatt att $S_i \leq \mu P_i$ där P_i (N) är hjulbelastningen, μ effektiva friktionskoefficienten och C_i (N/rad) en koefficient benämnd sidkraftskoefficient. Sidkraftskoefficienten påverkas i hög grad av hjulbelastning, drivkraft, bromskraft och ett flertal däckskonstruktionsparametrar, t. ex. det obelastade däckets diameter $2r_0$ (m), största däckbredden q (m) för det obelastade däckets och ringtrycket p_i (N/m²). Praktiska prov och teoretiska analyser utförda av olika forskare har resulterat i flera uttryck för sidkraftskoefficienten som funktion av ett större eller mindre antal parametrar. Som exempel kan anföras Deininger [4] vilken använder en formel som tar hänsyn till inverkan av driv- och bromskrafter

$$S_i = K \sqrt{\mu - \frac{D_i}{P_i}} P_i \delta_i$$

där K är en konstant och D_i (N) är absolutvärdet av driv- eller bromskraft.

Ellis [3] har en formel av likartad uppbyggnad

$$S_i = K_0 \sqrt{\mu - \left(\frac{D_i}{P_i}\right)^2} P_i \left(1 - \frac{\delta_i^2}{K_1}\right) \delta_i$$

Smiley och Horne [5] ger följande av Jindra [1] något modifierade uttryck på C_i

$$\left. \begin{aligned} C_i &= 60 p_i q^2 \left[1,7 \left(\frac{\Delta r}{2r_0} \right) - \right. \\ &\quad \left. - 12,7 \left(\frac{\Delta r}{2r_0} \right)^2 \right] \\ \text{för } \frac{\Delta r}{2r_0} &\leq 0,088 \\ C_i &= 60 p_i q^2 \left(0,095 - 0,49 \frac{\Delta r}{2r_0} \right) \\ \text{för } \frac{\Delta r}{2r_0} &\geq 0,088 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

där den relativa däckdeformationen $\frac{\Delta r}{2r_0}$ erhålles ur

$$\frac{\Delta r}{2r_0} = 0,42 \left(\frac{2r_0}{q} \right)^{1/2} \frac{P_i}{p_i (2r_0)^2}$$

Ett av Gebelein, Hahn och Schlick [6] begagnat uttryck för C_i är

$$C_i = \frac{P_i}{K_0 + K_1 P_i}$$

där K_0 och K_1 är empiriskt bestämda konstanter.

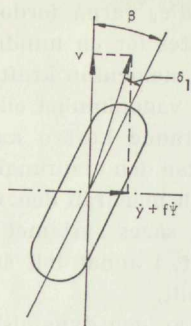
P. Riekert och T. E. Schunk [7] skriver

$$C_i = (K_0 - K_1 P_i) P_i.$$

Ett avsevärt mera komplicerat uttryck för sidkraften som funktion av olika parametrar har härletts av Bergman [8]. På grund av det stora antalet parametrar torde denna formel inte vara lämplig att använda i detta sammanhang och återges ej här.

I samtliga formler ingår konstanter, som med hjälp av dyrbara specialmaskiner måste bestämmas på empirisk väg för den aktuella däcktypen. Ju färre parametrar en formel innehåller, desto mer begränsas koefficienternas giltighetsområde, varför det måste anses önskvärdt, att lätt mätbara parametrar som ringtryck, fälgbredd, däckdimension och eventuell förslitningsgrad ingår i explicit form. Koefficienten skulle då främst ta hänsyn till sådana faktorer som däckstommens uppbyggnad, gummikvaliteten och slitbanans utformning.

I den här redovisade analysen förutsättes dock uppkommande däcksidkrafter vara direkt proportionella mot avdriftsvinklarna samt att på grund av svängningsrörelser uppkomna belastningsvariationer är så små att den resulterande sidkraftskoefficienten för hjulen på en axel kan betraktas som konstant. Inverkan av den för konstant hastighet nödvändiga drivkraften försummas lika-



Figur 4. Schematisk framställning av avdriftsvinkel och styrvinkel för vänster framhjul

så. Använda värden på sidkraftskoefficienter har valts med ledning av empiriskt framtagna diagram dels från utländska publikationer [9] och [10], dels erhållna genom mätningar med apparatur som konstruerats vid väginstutet. Sistnämnda mätningar har utförts på plan vägbana vid hastigheter upp till 70 km/h. Då sidkraftskoefficienten enligt utländska källor [9] och [10] är mycket obetydligt hastighetsberoende och de egna proven bekräftade detta, användes rutinmässigt en provningshastighet av ca 10 km/h.

Då den sidkraft, som upptages av ett däck, antagits direkt proportionell mot avdriftsvinkeln, är det nödvändigt att ange den momentana avdriftsvinkeln i form av ett uttryck innehållande fordonets rörelsevariabler och de vinkelstorheter som med hänsyn till kinematiken använts för styrfunktionen.

Styrningen antages ske enbart med dragfordonets framhjul som vrides lika stora vinklar. Vidare antages att hjulens toe-in-, camber- och castervinklar är noll.

En skiss över kinematiken för vänster framhjul på dragfordonet visas i figur 4. Som redan nämnts, är analysen begränsad till små sidrörelser. Då är i första approximationen varje hjuls färdhastighet lika med den konstanta fordonshas-

tigheten v . Ur systemets geometri fås vinkeln mellan hjulcentrums hastighetsvektor och dragfordonets längdaxel. För framhjulen gäller

$$\beta - \delta_{12} = \frac{\dot{y} + f\dot{\Psi}}{v}$$

och för bakhjulen

$$-\delta_{34} = \frac{\dot{y} - b\dot{\Psi}}{v}$$

där β är styrutslaget och $\delta_{12} = \delta_1 = \delta_2$.

På liknande sätt erhålles motsvarande vinkel för släpfordonshjulen som vinkeln mellan hastigheterna i x- och y-led minskad med släpfordonets vinkel Φ med dragfordonet.

$$-\delta_{56} = \frac{\dot{y} - (a + a_e + b_e)\dot{\Psi} - (a_e + b_e)\Phi}{v} - \Phi$$

Av figur 4 framgår att avdriftsvinkeln för hjulet är vinkeln mellan hjulplanet och hjulcentrums rörelseriktning. Om β är styrutslagsvinkeln för framhjulen, med positiv riktning enligt figur 4, är framhjulets avdriftsvinkel

$$\delta_{12} = \beta - \frac{\dot{y} + f\dot{\Psi}}{v} \quad (11)$$

och för hjulen på resterande axlar

$$\left. \begin{aligned} \delta_{34} &= \frac{-\dot{y} + b\dot{\Psi}}{v} \\ \delta_{56} &= \frac{-\dot{y} + (a + a_e + b_e)\dot{\Psi}}{v} + \\ &+ \frac{(a_e + b_e)\Phi}{v} + \Phi \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Därmed föreligger tillräcklig information för beräkning av sidkrafterna på fordonskombinationens hjul.

3.5 Jämviktsekvationer

Efter insättning av uttrycken för däckkrafter och motsvarande avdriftsvinklar i rörelseekvationerna kan de jämviktsekvationer, som bestämmer fordonskom-

binationens sidrörelse vid körning i horisontell kurva, skrivs på formen

$$\left. \begin{aligned} (m + m_e) \ddot{y} + (C + C_{56}) \frac{\dot{y}}{v} - \\ - m_e (a_e + a) \ddot{\Psi} + [(m + m_e) v^2 + \\ + C' - (a_e + b_e + a) C_{56}] \frac{\dot{\Psi}}{v} - \\ - m_e a_e \ddot{\Phi} - (a_e + b_e) C_{56} \frac{\dot{\Phi}}{v} - \\ - C_{56} \Phi = C_{12} \beta \\ m a \ddot{y} + (C' + a C) \frac{\dot{y}}{v} + J_z \ddot{\Psi} + \\ + (m a v^2 + C'' + a C') \frac{\dot{\Psi}}{v} = \\ = (f + a) C_{12} \beta \\ - m_e a_e \ddot{y} - (a_e + b_e) C_{56} \frac{\dot{y}}{v} + [J_{ez} + \\ + m_e a_e (a_e + a)] \ddot{\Psi} + [- m_e a_e v^2 + \\ + (a_e + b_e) (a_e + b_e + a) C_{56}] \frac{\dot{\Psi}}{v} + \\ + (J_{ez} + m_e a_e^2) \ddot{\Phi} + \\ + (a_e + b_e)^2 C_{56} \frac{\dot{\Phi}}{v} + \\ + (a_e + b_e) C_{56} \Phi = 0 \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

I (13) har följande nya förkortningar använts

$$\left. \begin{aligned} C &= C_{12} + C_{34} \\ C' &= f C_{12} - b C_{34} \\ C'' &= f^2 C_{12} + b^2 C_{34} \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

C_{12} , C_{34} och C_{56} är summan av sidkraftskoefficienterna för höger och vänster hjul på resp. axlar.

Således är

$$\left. \begin{aligned} C_{12} &= C_1 + C_2 \\ C_{34} &= C_3 + C_4 \\ C_{56} &= C_5 + C_6 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

3.6 Dynamisk stabilitet

Vid analysen av fordonskombinationens dynamiska stabilitet antages fordonskombinationen färdas med konstant hastighet i en plan horisontell kurva med

konstant radie, varpå fordonskombinationen utsättes för en mindre störning i form av en momentant kraft orsakad av en vindstöt, vägojämnhet eller liknande. Den resulterande kursen kan skilja sig obetydligt från den ursprungliga eller avvika mer och mer från den. Om avvikelserna är liten, säges systemet vara dynamiskt stabilt, i annat fall är det dynamiskt instabilt.

Analysen av den dynamiska stabiliteten för fordonskombinationen dragfordon—enaxligt släpfordon utföres genom lösning av rörelseekvationerna utan höger led. Dessa som uttrycker arten av fordonskombinationens transienta rörelser, erhålles ur ekvationen (13).

$$\left. \begin{aligned} (m + m_e) \ddot{y} + (C + C_{56}) \frac{\dot{y}}{v} - \\ - m_e (a_e + a) \ddot{\Psi} + [(m + m_e) v^2 + \\ + C' - (a_e + b_e + a) C_{56}] \frac{\dot{\Psi}}{v} - \\ - m_e a_e \ddot{\Phi} - (a_e + b_e) C_{56} \frac{\dot{\Phi}}{v} - \\ - C_{56} \Phi = 0 \\ m a \ddot{y} + (C' + a C) \frac{\dot{y}}{v} + J_z \ddot{\Psi} + \\ + (m a v^2 + C'' + a C') \frac{\dot{\Psi}}{v} = 0 \\ - m_e a_e \ddot{y} - (a_e + b_e) C_{56} \frac{\dot{y}}{v} + [J_{ez} + \\ + m_e a_e (a_e + a)] \ddot{\Psi} + [- m_e a_e v^2 + \\ + (a_e + b_e) (a_e + b_e + a) C_{56}] \frac{\dot{\Psi}}{v} + \\ + (J_{ez} + m_e a_e^2) \ddot{\Phi} + \\ + (a_e + b_e)^2 C_{56} \frac{\dot{\Phi}}{v} + \\ + (a_e + b_e) C_{56} \Phi = 0 \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

där C , C' och C'' är givna av ekvationen (14).

Dessa tre ekvationer representerar ett system av homogena linjära differentialekvationer av andra ordningen i \dot{y} , $\dot{\Psi}$ och Φ .

Lösningsmetoden för ett dylikt system med konstanta koefficienter består i ansättning av en lösning av formen

$$\dot{y} = Ae^{\lambda t} \quad \dot{y}' = \Omega e^{\lambda t} \quad \Phi = Be^{\lambda t} \quad (17)$$

där t är tidsvariabeln, e basen i det naturliga logaritmsystemet, λ är en reell eller komplex storhet som skall bestämmas och A, Ω och B är amplituderna, som också kan vara reella eller komplexa tal.

Om de antagna variabellosningarna (17) insättes i ekvation (16) tillsammans med sina första och andra derivator, transformeras ekvation (16) till en serie av tre homogena linjära algebraiska ekvationer med amplituderna A, Ω och B som obekanta. Detta ekvationssystem har en lösning utöver den triviala nollösningen om koefficientdeterminanten är lika med noll, dvs. om

$$\begin{vmatrix} (m+m_e)\lambda + (C+C_{56})\frac{1}{v} & -m_e(a_e+a)\lambda + (m+m_e)v + [C' - (a_e+b_e+a)C_{56}]\frac{1}{v} & -m_e a_e \lambda^2 - (a_e+b_e)C_{56}\frac{\lambda}{v} - C_{56} \\ m a \lambda + (C'+aC)\frac{1}{v} & J_z \lambda + m a v + (C''+aC')\frac{1}{v} & 0 \\ -m_e a_e \lambda - (a_e+b_e)\frac{C_{56}}{v} & [J_{ez} + m_e a_e (a_e+a)]\lambda - m_e a_e v + (a_e+b_e)(a_e+b_e+a)\frac{C_{56}}{v} & (J_{ez} + m_e a_e^2)\lambda^2 + (a_e+b_e)^2 C_{56}\frac{\lambda}{v} + (a_e+b_e)C_{56} \end{vmatrix} = 0$$

Utveckling av denna determinant ger efter samling av termer med samma dignitet på λ följande karakteristiska ekvation

$$k_4(v\lambda)^4 + k_3(v\lambda)^3 + k_2(v\lambda)^2 + k_1(v\lambda) + k_0 = 0 \quad (18)$$

med koefficienterna

$$\left. \begin{aligned} k_4 &= mJ_z J'_{ez} + m_e J_{ez} J'_z \\ k_3 &= J'_{ez} H_1 + J'_z J''_{ez} C_{56} + m_e J_{ez} H_2 + m J_z (a_e + b_e)^2 C_{56} \\ k_2 &= J'_{ez} H_3 + J''_{ez} H_2 C_{56} + H_1 (a_e + b_e)^2 C_{56} + [m J_z (a_e + b_e) C_{56} + m_e J'_z b_e C_{56} - m J'_{ez} C' - m_e J_{ez} H_4] v^2 \\ k_1 &= H_3 (a_e + b_e)^2 C_{56} + [(a_e + b_e) H_1 + m_e b_e H_2 - J'_{ez} H_4 - m (a_e + b_e)^2 C'] C_{56} v^2 \\ k_0 &= H_3 (a_e + b_e) C_{56} v^2 - [m_e b_e H_4 + m (a_e + b_e) C'] C_{56} v^4 \end{aligned} \right\} (19)$$

där

$$\left. \begin{aligned} J'_z &= J_z + ma^2 \\ J'_{ez} &= J_{ez} + m_e a_e^2 \\ J''_{ez} &= J_{ez} + m_e b_e^2 \\ H_1 &= mC'' + J_z C = (J_z + mJ^2)C_{12} + (J_z + mb^2)C_{34} \\ H_2 &= C'' + 2aC' + a^2C = (f+a)^2 C_{12} + (b-a)^2 C_{34} \\ H_3 &= C''C - C'^2 = (f+b)^2 C_{12} C_{34} \\ H_4 &= C' + aC = (f+a)C_{12} - (b-a)C_{34} \end{aligned} \right\} (20)$$

Rötterna till den karakteristiska ekvationen (18) är de fyra värden på λ som bestämmer den slutliga lösningens karakter. Eftersom alla koefficienterna $k_4 \dots k_0$ är reella tal, måste rötterna till fjärdegradsekvationen (18) vara antingen reella eller komplext konjugerade rotpar. Var

och en av dessa rötter bestämmer en rörelse av formen en konstant gånger $e^{\lambda_i t}$ i lösningarna (17). Om roten λ_i är ett reellt tal, är den motsvarande rörelsen aperiodisk — konvergent om λ_i är negativ, divergent om λ_i är positiv. Om några av λ -värdena bildar komplexa par, är rörelsen oscillerande — dämpad om realdelen är negativ, odämpad om realdelen är positiv. Därför är villkoret för dynamisk stabilitet, att de reella rötterna till den karakteristiska ekvationen skall vara negativa och att de komplexa rötterna skall ha negativ realdel. I de fall rötterna är komplexa, dvs. en oscillerande svängningsform föreligger, kan den relativa stabiliteten anges i form av kvoten mellan två på varandra följande svängningsamplituder med samma tecken. Denna kvot benämnes dämpningsförhållandet (D). Om $\lambda = a + ib$, är dämpningsförhållandet

$$D = e^{-\frac{2\pi a}{b}}$$

När D är mindre än 1 är svängningsrörelsen divergent, dvs. fordonskombinationen är instabil.

Ett studium av karaktären hos fordonskombinationens rörelse vid låst styrsystem efter en störning av jämviktstillståndet är således en undersökning av rötterna till fjärdegradsekvationen (18) i λ . Den karakteristiska ekvationen kan, för fastställande av förekomsten av rötter med positiv realdel, undersökas med hjälp av Routh's stabilitetskriterium innan rötterna erhållits. Routh's kriterium garanterar den dynamiska stabiliteten för fjärdegradssystemet (18) under förutsättning att alla koefficienterna i fjärdegradsekvationen är positiva och att följande villkor rörande sambandet mellan koefficienterna har uppfyllts:

$$k_1 k_2 k_3 - k_1^2 k_4 - k_3^2 k_0 > 0 \quad (21)$$

Det bör observeras, att Routh's stabilitetskriterium kan användas för att skilja mellan stabilitet och instabilitet, men det anger ingenting rörande frågan om relativ stabilitet.

Den naturligaste metoden för bestämning av huruvida rötterna till den karakteristiska ekvationen har positiva realdelar är att bestämma rötternas numeriska värden. Det ger den fullständigaste informationen rörande systemets stabilitet. Olika metoder finns att tillgå för att lösa fjärdegradsekvationer. Följande »trial and error»-metod är särskilt lämpad för det här behandlade problemet. Rötterna kan erhållas snabbt och med den noggrannhet som önskas.

Vid denna approximativa faktoriseringmetod antages att den givna fjärdegradsekvationen

$$f(z) = z^4 + a_3 z^3 + a_2 z^2 + a_1 z + a_0 = 0 \quad (22)$$

uppdelas i två faktorer av andra graden med reella koefficienter:

$$f(z) = (z^2 + bz + c)(z^2 + b'z + c') \quad (23)$$

Efter utveckling av (23) och identifiering av (23) med (22) erhålles följande samband mellan koefficienterna

$$\left. \begin{aligned} b + b' &= a_3 & c + bb' + c' &= a_2 \\ b'c + cb' &= a_1 & cc' &= a_0 \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

Efter att ha antagit ett troligt värde på c mellan 0 och $\sqrt{a_0}$ kan motsvarande värden på b , b' och c' beräknas ur ekvation (24) enligt följande:

$$c' = \frac{a_0}{c} \quad b = \frac{a_1 - a_3 c}{c' - c} \quad b' = a_3 - b$$

varpå värdet $A_2 = c + bb' + c'$ jämföres med värdet på a_2 .

Processen upprepas med varierande c -värden tills önskad överensstämmelse mellan A_2 och a_2 erhållits. De erhållna värdena insättes därpå i andragsgradsekvationerna, ekvation (23), vilka enkelt kan lösas med avseende på sina rötter.

Av de två rörelsetillstånd av andra ordningen som representeras av den ursprungliga fjärdegradsekvationens kvadratiske faktorer har det ena andragsuttrycket med vanligen reella rötter nära anknytning till det ensamma tvåaxliga fordonets karakteristiska ekvation, medan den andra kvadratiske faktorn med vanligen komplexa rötter i första hand har anknytning till släpfordonets rörelse.

Lösningen av den karakteristiska ekvationen ger vidare svars-karakteristiken för de olika manöverparametrarna. Det är tydligt att det minsta negativa värdet på λ är av största intresse vid stabilitetsundersökningen, då detta värde anger den minsta dämpningsgraden vid en störning som vill föra fordonet ur dess kurs vid fortfarighetstillståndet.

4. Program för beräkning med digital datamaskin

Ett manuellt utförande av för analysen erforderliga beräkningsarbeten skulle med tillgänglig personal ha inneburit ett par års arbete. Beräkning med hjälp av datamaskin var därför nödvändig. Det för detta ändamål vid väginstitutet utarbetade programmet är skrivet i Fortran IV och beräkningarna har utförts i den digitala datamaskinen IBM 7044.

Programmet omfattar beräkning av de i den karakteristiska ekvationen (18) ingående konstanterna, lösning av ekvation (18), beräkning av dämpningsförhållandet samt uppritning av diagram över den största reella roten och den största realdelen till de imaginära rötterna till ekvation (18) som funktion av hastigheten. Beräkningarna utfördes för hastigheterna 2,5 m/s, 5,0 m/s, 7,5 m/s osv. upp till 40 m/s. För ekvationslösningen och diagramritningen användes de i IBM:s programbibliotek ingående subrutinprogrammen MULLER-Polynomial Root

Finder Subroutine och PLOT-Kurvplottningsrutin I. Tidsåtgången i datamaskinen för de för analysen erforderliga beräkningarna var ca 10 minuter.

Huvudprogrammet återges på följande sidor, skrivet i Fortran IV. För programmet's tolkning nödvändiga beteckningsförklaringar erhålles i nedanstående tabell.

Beteckning i Fortranprogrammet	Ordinarie beteckning eller betydelse
AF (I).....	f
AB (I).....	b
AA (I).....	a
AM (I).....	m
AJ (I).....	J_z
AC 1 (J, I).....	C_{12}
AC 3 (K, I).....	C_{34}
AAE (L).....	a_e
ABE (L).....	b_e
AME (L).....	m_e
AJE (L).....	J_{ez}
ACE (L).....	C_{56}
F 1.....	J'_z
F 2.....	J_{ez}
F 3.....	J''_{ez}
F 4.....	H_1
F 5.....	H_2
F 6.....	H_3
F 7.....	H_4
F 8.....	k_4
F 9.....	k_3
F 10 + F 11 · A ²	k_2
F 12 + F 13 · A ²	k_1
F 14 · A ² + F 15 · A ⁴	k_0
ROOTR (M 8).....	Realdel i rot till ekvation (18)
ROOTI (M 8).....	Imaginärdel i rot till ekvation (18)

5. Litteraturförteckning

- [1] F. Jindra: »Tractor and Semitrailer Handling», Automobile Engineer, Oct. 1963, pp. 438—446.
- [2] D. Williams: »The Mathematical Theory of the Snaking of Two-wheeled Trailers», Instn Mech. Engrs, Automobile Division, Proc. 1951—52, Part IV, pp. 175—190.
- [3] J. R. Ellis: »Tractor and Semitrailer Handling», Automobile Engineer, March 1964, pp. 94—97.
- [4] W. Deininger: »Einfluss der Antriebskraft auf die Fahrstabilität von Kraft-

- fahrzeugen», Diss. Stuttgart T H., Stuttgart, 1963, 98 pp.
- [5] *R. F. Smiley, W. B. Horne*: »Mechanical Properties of Pneumatic Tires with Special Reference to Modern Aircraft Tires», NASA Technical Report R-64, 1960, 58 pp.
- [6] *H. Gebelein, H. Hahn, G. Schlick*: »Untersuchung zur Erhöhung der Sicherheit der Kraftfahrzeuge durch Verbesserung der Stabilität und der Fahrtrichtungshaltung» Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrstechnik, Heft 162, 1963.
- [7] *P. Riekert, T. E. Schunk*: »Zur Fahrmechanik des gummiereiften Kraftfahrzeuges», Ing.-Archiv, 12, 1940.
- [8] *W. Bergman*: »Theoretical Prediction of the Effect of Traction on Cornering Force», SAE Transactions, 1961, pp. 614—640.
- [9] *G. Krempel*: »Experimenteller Beitrag zu Untersuchungen an Kraftfahrzeugreifen», Diss. Karlsruhe T H, Karlsruhe, 1965.
- [10] *P. Koessler, G. Senger*: »Vergleichende Untersuchungen der Seitenführungseigenschaften von Personenwagenreifen», Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrstechnik, Heft 172, 1964.
- [11] »Travel Trailer Towing», SAE Paper, SP-259.
- [12] »Travel Trailer Towing Improved by Trailer and Car Designers», SAE Journal, Oct. 1964, pp. 78—81.
- [13] *M. Goland, F. Jindra*: »Car Handling Characteristics», Automobile Engineer, Vol 51, 1961, pp. 296—302.
- [14] *R. Eberan von Eberhorst*: »Roll Angles», Automobile Engineer, Vol 41, 1951, pp. 379—384.
- [15] *F. Jindra*: »Der Einfluss der Radaufhängung auf die Richtungshaltung und Stabilität bei Kurvenfahrt», Automobiltechnische Zeitschrift, Vol 63, 1961, pp. 131—139.
- [16] *E. J. Routh*: »A Treatise on the Dynamics of Rigid Bodies», Part II, 6th ed., The Macmillan Co., New York, 1905, pp. 223—231.
- [17] *A. Porter, C. Mack*: »New Methods for the Numerical Solution of Algebraic Equations», Philosophical Magazine Ser. 7, Vol 40, 1949, pp. 578—585.

```

$IBFTC STABIL
C STABILITETSANALYS FOR FORDONSKOMBINATION
DIMENSION AF(20),AB(20),AA(20),AM(20),AJ(20),AC1(3,20),AC3(3,20),
1 AAE(16),ABE(16),AME(16),AJE(16),ACE(16),IB(64),JA(4),
2S(5),COE(5),RODTR(5),ROOTI(5),R(5),JB(64),JD(4),
3 BA(4),CA(4),EA(4),DA(64)
READ (5,1)(AF(I),AB(I),AA(I),AM(I),AJ(I),(AC1(J,I),J=1,3),(AC3(K,
1 I),K=1,3),I=1,20),(AAE(L),ABE(L),AME(L),AJE(L),ACE(L),L=1,16),
2 IA1,IA,IA3,IA2,LA1,LA,LA3,LA2,J2,J3,K2,K3,I2
WRITE (6,3)
A=0
I1=0
M=0
7 DO 10 J=J2,J3
DO 10 K=K2,K3
DO 10 I=IA1,IA
DO 10 L=LA1,LA
DO 10 N=1,16
5 Q=10000
F1=AJ(I)+AM(I)*AA(I)**2
F2=AJE(L)+AME(L)*AAE(L)**2
F3=AJE(L)+AME(L)*ABE(L)**2
F4=((AJ(I)+AM(I)*AF(I)**2)*AC1(J,I)+(AJ(I)+AM(I)*AB(I)**2)*AC3(K,
1 I))*Q
F5=((AF(I)+AA(I)**2)*AC1(J,I)+((AB(I)-AA(I)**2)*AC3(K,I))*Q
F6=((AF(I)+AB(I)**2)*AC1(J,I)*AC3(K,I)*Q**2
F7=((AF(I)+AA(I))*AC1(J,I)-(AB(I)-AA(I))*AC3(K,I))*Q
F8=AM(I)*AJ(I)*F2+AME(L)*AJE(L)*F1
F9=F2*F4+F1*F3*ACE(L)*Q+AME(L)*AJE(L)*F5+
1 AJ(I)*AM(I)*ACE(L)*Q*(AAE(L)+ABE(L)**2
F10=F2*F6+F3*F5*ACE(L)*Q+F4*((AAE(L)+ABE(L)**2)*ACE(L)*Q
F11=AM(I)*AJ(I)*ACE(L)*Q*(AAE(L)+ABE(L))+AME(L)*F1*ABE(L)*
1 ACE(L)*Q-AM(I)*F2*(AF(I)*AC1(J,I)-AB(I)*AC3(K,I))*Q-AME(L)*
2 AJE(L)*F7
F12=F6*((AAE(L)+ABE(L)**2)*ACE(L)*Q
F13=((AAE(L)+ABE(L))*F4+AME(L)*ABE(L)*F5-F3*F7-AM(I))*((AAE(L)+
1 ABE(L)**2)*(AF(I)*AC1(J,I)-AB(I)*AC3(K,I))*Q)*ACE(L)*Q
F14=F6*(AAE(L)+ABE(L))*ACE(L)*Q
F15=-AME(L)*ABE(L)*F7+AM(I)*(AAE(L)+ABE(L))*(AF(I)*AC1(J,I)-
1 AB(I)*AC3(K,I))*Q)*ACE(L)*Q
F9=F9/F8
F10=F10/F8
F11=F11/F8
F12=F12/F8
F13=F13/F8
F14=F14/F8
F15=F15/F8
F8=1
C=N
A=D*2.5
FK2=F10+F11*A**2
FK1=F12+F13*A**2
FK0=F14*A**2+F15*A**4
CALL OVERFL(JO)
IF (JO-2) 203,11,203
11 COE(1)=F8
COE(2)=F9
COE(3)=FK2
COE(4)=FK1
COE(5)=FK0
N1=4
CALL MULLER (COE,N1,RODTR,ROOTI)
IF (RODTR(4)-12345.) 204,203,204
203 M=M+1
IB(M)=50
JB(M)=50
GOTO 180
204 R(1)=-1000.

```



```

R(2)=-1000.
R(3)=-1000.
R(4)=-1000.
S(1)=-1000.
S(2)=-1000.
S(3)=-1000.
S(4)=-1000.
DO 207 M8=1,4
IF (ABS(ROOTI(M8))-1.E-4) 206,206,205
205 R(M8)=ROOTR(M8)
   BA(M8)=ROOTI(M8)
   CA(M8)=- (2.*3.1416*R(M8))/ABS(BA(M8))
   CALL OVERFL(JO)
   IF (JO-2) 208,399,208
399 IF (CA(M8)) 400,400,401
401 EA(M8)=EXP(CA(M8))
   GOTO 207
400 EA(M8)=1./EXP(ABS(CA(M8)))
   GOTO 207
206 S(M8)=ROOTR(M8)
   GO TO 207
208 EA(M8)=1.
207 CONTINUE
IF (R(1).GE.R(2)) GOTO 43
IF (R(2).GE.R(3)) GOTO 44
42 IF (R(3).GE.R(4)) GOTO 45
48 B=R(4)
   FA=EA(4)
   GOTO 49
43 IF (R(1).GE.R(3)) GOTO 46
   GOTO 42
44 IF (R(2).LE.R(4)) GOTO 48
   B=R(2)
   FA=EA(2)
   GOTO 49
45 B=R(3)
   FA=EA(3)
   GOTO 49
46 IF (R(1).LE.R(4)) GOTO 48
   B=R(1)
   FA=EA(1)
49 IF (B+1000.) 350,349,350
349 B=-100.
350 M=M+1
   DA(M)=FA
   IB(M)=(B+100.)/2.+0.5
   IF (S(1).GE.S(2)) GOTO 143
   IF (S(2).GE.S(3)) GOTO 144
142 IF (S(3).GE.S(4)) GOTO 145
148 B=S(4)
   GOTO 149
143 IF (S(1).GE.S(3)) GOTO 146
   GOTO 142
144 IF (S(2).LE.S(4)) GOTO 148
   B=S(2)
   GOTO 149
145 B=S(3)
   GOTO 149
146 IF (S(1).LE.S(4)) GOTO 148
   B=S(1)
   IF (B+1000.) 149,249,149
249 B=-100.
149 JB(M)=(B+100.)/2.+0.5
   WRITE (6,2)(I,L,J,K,N,AF(I),AB(I),AA(I),AM(I),AJ(I),AC1(J,I),
1 AC3(K,I),AAE(L),ABE(L),AME(L),AJE(L),DA(M),ROOTR(1),ROOTI(1),
2 ROOTR(2),ROOTI(2),ROOTR(3),ROOTI(3),ROOTR(4),ROOTI(4))
180 IF (N-16) 82,81,81
81 WRITE (6,4)
82 IF (M-64) 10,50,50
50 WRITE(6,6)

```

```
M3=1
K1=0
51 DO 80 M=M3,64,16
   K1=K1+1
   JA(K1)=IB(M)
80  JD(K1)=JB(M)
   CALL PLOT (2,10,20,30,40,50,60,70,80,90,100,JA(1),JD(1),JA(2),
   1 JD(2),JA(3),JD(3),JA(4),JD(4))
   K1=0
   M3=M3+1
   IF (M3-16) 51,51,52
52  WRITE (6,3)
   M=0
10  CONTINUE
   IF (I-I2) 70,70,60
70  IA=IA2
   IA1=IA3
   LA=LA2
   LA1=LA3
   GOTO 7
1  FORMAT (20(3F3.2,2F5.0,6F4.2/),16(2F3.2,2F5.0,1F4.2/),13I2)
2  FORMAT ((1I3,1I2,2I1,1I3,3F5.2,2F6.1,2F5.1,2F6.2,2F6.1,1F7.2,
   1 8F6.1))
3  FORMAT (/,/,2X,1HI,1X,3HLJK,2X,1HN,2X,1HF,4X,1HB,4X,1HA,4X,1HM,
   1 4X,2HJZ,5X,3HC12,2X,3HC34,3X,2HAE,4X,2HBE,3X,2HME,3X,3HJEZ,4X,
   2 2HDA,4X,5HROTR1,1X,5HROTI1,1X,5HROTR2,1X,5HROTI2,1X,5HROTR3,1X,
   3 5HROTI3,1X,5HROTR4,1X,5HROTI4,/,/,/)
4  FORMAT (/,/,/)
6  FORMAT (/,/,/,/,/)
60  STOP
   END
```

Studier rörande lätta fordonskombinationers bromsförmåga och dynamiska stabilitet vid bromsning¹

1. Inledning

Vid statens väginstitut har utförts studier rörande lätta fordonskombinationers bromsförmåga och dynamiska stabilitet vid bromsning. Dessa studier, som redovisas nedan, avser att bringa klarhet rörande de svårigheter, som föreligger vid bromsning av en fordonskombination och de möjligheter man har att tekniskt bemästra dessa svårigheter.

I det följande ges en teoretisk analys av dels lätta fordonskombinationers dynamiska stabilitet vid bromsning, dels lätta fordonskombinationers bromsförmåga. Vidare beskrives och karakteriseras fem olika bromssystem för släpfordon.

2. Lätta fordonskombinationers dynamiska stabilitet vid bromsning

2.1 Definitioner

Med *lätt fordonskombination* avses här en fordonskombination bestående av ett dragfordon, som utgörs av en bil, vars totalvikt ej överstiger 3,5 ton, samt ett därtill kopplat släpfordon, som utgöres av en släpkärra, varmed avses ett ej till påhängsvagn hänförligt släpfordon försett med en axel alternativt boggi.

Ett fordon i rörelse är *dynamiskt stabilt* om en genom en störningskraft initierad svängningsrörelse dämpas ut då störningskraften upphör att verka; i mot-

satt fall är det dynamiskt instabilt. Den dynamiska stabiliteten är i de flesta fordonstekniska tillämpningar hastighetsberoende. Stabiliteten kan öka eller minska med hastigheten beroende på fordonets uppbyggnad och framdrivnings sätt. För ett tvåaxligt dragfordon med släpkärra gäller enligt vad som hittills är känt, att stabiliteten vanligen minskar med ökande körhastighet.

Med *avdriftsvinkel* avses vinkeln mellan hjulcentrums rörelseriktning och hjulplanetns skärningslinje med vägbanan.

Med *sidkraft* avses en mot hjulplanetns skärningslinje med vägbanan vinkelrät friktionskraft som till sin storlek är beroende bl. a. av avdriftsvinkel och hjulbelastning.

En *glidfriktionskraft* karakteriseras av att den till sin storlek är beroende av normalkraft och friktionskoefficient samt av att den är riktad motsatt glidriktningen.

2.2 Orsaker till dynamisk instabilitet vid bromsning

Förhållandena vid bromsning av en fordonskombination, dvs. en fordonsenhet bestående av ett dragfordon med ett tillkopplat släpfordon, är betydligt mera komplicerade än i fallet med ett ensamt fordon. Vid bromsning av en kombination kan, förutom vanlig sladd eller kurs-

¹ Av förste forskningsingenjörerna O. Nordström, C. Formgren och G. Magnusson, statens väginstitut.

avvikelse, hopvikning av fordonskombinationen, s. k. fällknivsverkan, uppstå. Den eventuella uppkomsten av fällknivsverkan är avhängig av bromskraftfördelningen hos fordonskombinationen, varmed avses den inbördes fördelningen av kombinationens totala bromskraft mellan dess olika axlar. Ideal bromskraftfördelning motsvarar den under bromsningsförloppet aktuella dynamiska axelbelastningen. Om bromskraftfördelningen avviker från detta idealfall, kommer det att medföra, att hjulen på någon av fordonskombinationens axlar vid kraftig bromsning låses, medan övriga hjul fortfarande rullar. På grund av att ett rullande hjul kan uppta sidkrafter, medan ett låst hjul saknar förmåga att uppta krafter vinkelrätt mot hjulets rörelseriktning, leder detta vanligen till uppkomsten av instabiliserande vridmoment på dragfordonet. Avvikelse från den ideala bromskraftfördelningen kommer i praktiken så gott som alltid att föreligga, emedan bromskraftfördelningen hos förekommande fordonskombinationer med några få undantag är konstant, medan ideal bromskraftfördelning förutsätter, att denna varierar med den av retardationen beroende dynamiska axelbelastningen. Tre huvudtyper av icke ideal bromskraftfördelning med åtföljande inverkan på fordonskombinationens stabilitet kan då uppträda. Två av dessa huvudtyper leder till uppkomsten av fällknivsverkan. En typ av fällknivsverkan uppstår i det fall att dragfordonets bakhjul vid bromsning låses, medan framhjulen och släpfordonets hjul fortfarande rullar. En annan typ av fällknivsverkan uppstår då hjulåsning på släpfordonet inträffar medan dragfordonets hjul fortfarande rullar och släpfordonet samtidigt utövar en påskjutande kraft på dragfordonet. Den primära orsaken till att fällknivsverkan uppstår är således i båda fallen, att ett

låst hjul saknar förmåga att uppta krafter riktade vinkelrätt mot hjulets rörelseriktning. Den tredje huvudtypen av icke ideal bromskraftfördelning är fallet att dragfordonets framhjul låses, medan fordonskombinationens övriga hjul rullar. Någon fällknivsverkan uppstår ej i detta fall.

Betydelsen av stabilitet vid bromsning ökar med hastigheten, inte enbart därför att skadorna vid eventuell kollision blir större, utan även därför att allt större del av svängningsförloppet hinner fullföljas innan fordonet stannat. Snabbheten i förloppet ökar också med färdhastigheten.

2.2.1 Dragfordonets bakhjul låses före övriga hjul

Den fällknivsverkan, som uppkommer till följd av att dragfordonets bakhjul låsts medan övriga hjul fortfarande rullar, är mycket farlig då den snabbt — i ogynnsamma fall inom en sekund efter det att bakhjulslåsningen uppstått — kan leda till att vinkeln mellan dragfordon och släpfordon blivit så stor att en katastrof är oundviklig. Fordonsförarens enda möjlighet att häva förloppet är således att inom denna sekund om möjligt avbryta bromsningen och medelst rattmanövrer försöka återföra fordonen till normalläget. Även om föraren skulle lyckas häva fällknivsförloppet, kommer en förlängning av bromssträckan att bli följd. Denna förlängning kan särskilt vid höga hastigheter bli avsevärd och förorsaka kollision med det hinder som kan ha utlöst bromsningsimpulsen hos föraren. Då emellertid en normal bilförarens reaktionstid tillsammans med fördröjningar i bromssystemet kan uppgå till en tidsrymd av samma storleksordning som den tid, som åtgår för utbildande av fällknivsverkan av denna typ, är det föga sannolikt, att föraren skall hinna vidtaga erforderliga motåtgärder. Fordonskombinationer, som vid broms-

ning vid normala friktionskoefficienter mellan hjul och vägbana kan ge upphov till fällknivsverkan av denna typ, bör därför inte tillåtas existera. Om emellertid dragfordonets bromskraftfördelning väljes så, att för tidig bakhjulslåsning förhindras även vid de allra högsta, men mera sällan förekommande friktionskoefficienterna, kommer detta att medföra en sänkning av bromsningsverkningsgraden (-effektiviteten) vid lägre och vanligare friktionskoefficienter och därmed en förlängning av bromssträckorna. Då emellertid dragfordonet vanligen torde komma att framföras utan släpfordon, måste det kravet uppställas, att även det ensamma fordonet skall kunna bromsas utan att bakhjulen låses före framhjulen. Uppfyllandet av detta krav medför en försämring av fordonskombinationens bromsningsverkningsgrad med åtföljande förlängning av bromssträckan. Detta är emellertid en nackdel som måste accepteras om dragfordonet inte har variabel bromskraftfördelning eller låsningsförhindrande anordning för bakhjulen. En bromskraftfördelning motsvarande friktionskoefficienten 0,7—0,8 torde vara lämplig för det ensamma fordonet. Värdet på optimal bromskraftfördelning har för varje friktionskoefficient och fordon ett specifikt värde som bestämmas av vissa parametrar hos fordonet såsom hjulbas, tyngdpunkthöjd, massa m. m.

2.2.2 Släpfordonets hjul låses före övriga hjul

Den fällknivsverkan, som orsakas av låsta hjul endast på släpfordonet när detta dessutom utövar påskjutande kraft på dragfordonet, är mindre farlig än fällknivsverkan orsakad av låsta bakhjul på dragfordonet på grund av att förloppet då är betydligt långsammare. Om en störning uppstår, vilket i praktiken alltid är fallet på grund av varierande friktion,

olika hjulbelastning eller dylikt, kommer släpfordonet att glida i sidled med dragkopplingen som vridpunkt. Utslagets storlek är beroende av hur kraftigt dragfordonet bromsas. Då vinkeln mellan fordonen uppnått det maximivärde, som bestämmas av dragkopplingens konstruktion, kommer släpfordonet att påverka dragfordonet med ett vridmoment, som kan bringa även detta i sladdning. Dessutom föreligger risk att släpfordonet kommer utanför körbanan eller kolliderar med mötande trafik. Om dragfordonet underbromsas relativt släpfordonet, dvs. bromsas så att dragkraft uppstår mellan fordonen, är kombinationen stabil, varvid fällknivsverkan sålunda ej uppstår. Om emellertid bromsningen sker i kurva, kommer släpfordonet, på grund av de låsta hjulens oförmåga att ta upp krafter vinkelrätt mot hjulens rörelseriktning, att glida utåt i kurvan. Detta kan medföra att släpfordonet kolliderar med mötande fordon eller går av vägbanan. Sålunda bör ej heller sådana fordonskombinationer få förekomma, där vid bromsning släpfordonets hjul låses före övriga hjul.

2.2.3 Dragfordonets framhjul låses före övriga hjul

I det fall att endast dragfordonets framhjul låses, förloras visserligen styrförmågan, men fordonskombinationen är dynamiskt stabil, dvs. risk för fällknivsverkan föreligger inte. Vid bromsning i kurvor med liten krökningsradie är däremot risken att fordonskombinationen skall lämna vägbanan ganska stor. Styrförmågan återfås emellertid så snart framhjulen åter börjat rulla, och fordonskombinationen kan då med normala styrmanövrer återföras till rätt kurs.

2.2.4 Dragfordonets samtliga hjul låsta

Med dragfordonets samtliga hjul låsta är fordonskombinationen instabil om

släpfordonet utövar en påskjutande kraft på dragfordonet. Instabiliteten är dock inte lika stor som i fallet med endast bakhjulen låsta på dragfordonet. Denna situation kan undvikas med en sådan bromskraftfördelning, att låsningsgränsen för dragfordonets framhjul uppnås före låsningsgränsen för övriga hjul, dock under förutsättning att fordonsföraren lägger märke till denna framhjulslåsning och undviker att ytterligare öka bromspedalkraften.

2.3 Fältförsök

Väginstitutet har utfört bromsprov med ett släpfordon och två olika dragfordon. Proven ägde rum på en våt, mycket jämn och i det närmaste horisontell asfaltbelagd bana. Bromsningarna utfördes så att låsning av såväl ett som två hjulpar erhöles. Utgångshastigheterna låg mellan 40 och 90 km/h.

Bromskraftfördelningen för det ena dragfordonet var sådan att vid bromsförsök utan tillkopplat släpfordon bakhjulen låstes först. Den instabilitet, som härvid erhöles, ledde vid bromsning från utgångshastigheter över 70 km/h till sladdningstendenser som kunde hävas endast genom att bromsningen avbröts. Med alla hjul låsta vred sig fordonet vanligen något under bromsningen.

Det andra dragfordonet hade en bromskraftfördelning som medförde att vid bromsprov utan tillkopplat släpfordon framhjulen låstes först, och att, trots att fordonet var utrustat med bromsservo, bakhjulen kunde låsas endast vid låg hastighet. Vid dessa prov var fordonet dynamiskt stabilt och kursavvikelsen även vid bromsning från 90 km/h obetydlig.

Bromsprov med det förstnämnda dragfordonet med tillkopplat släpfordon kunde ej utföras med enbart låsta bakhjul hos dragfordonet men väl med samtliga hjul låsta. Vid bromsning från 50 km/h utbildades

ej någon fällknivsverkan. Från 70 km/h erhöles däremot sådan verkan. Denna inträffade vid låg hastighet men så snabbt att föraren ej hann reagera med motåtgärder. Vinkeln mellan fordonen uppgick därvid i ett fall till drygt 40°. På grund av snabbheten i vikiningsförloppet vid bromsning från 70 km/h samt risken för vältning utfördes ej prov med denna fordonskombination från 90 km/h.

För den andra vid fältförsöken använda fordonskombinationen kunde endast framhjulslåsning uppnås och kombinationen var därvid som väntat dynamiskt stabil inom hela det aktuella hastighetsområdet.

Vid bedömningen av försöksresultaten måste man ta hänsyn till att dagens fordon vanligen är utrustade med bromssystem som medger låsning av samtliga hjul. Vidare torde det få hållas för sannolikt att föraren i en kritisk situation ej förmår anpassa bromspedalkraften så att låsning undvikas och att han dessutom försöker göra en girmanöver. Detta talar för att 70 km/h i sådana fall är en för hög hastighet. Emellertid kan man hävda att den maximalt tillåtna hastigheten bara utnyttjas under sådana omständigheter då risken för dylika nödbromsningar är i det närmaste obefintlig samt att försöken tyder på att fordonskombinationen under gynnsamma vägförhållanden hinner stanna, innan vinkeln mellan fordonen hunnit anta farligt stora värden.

3. Lätta fordonskombinationers bromsförmåga

3.1 Definitioner

Med *bromsförmåga* avses i detta sammanhang ett fordons maximala förmåga till hastighetsminskning med bibehållen dynamisk stabilitet. Av avsnitt 2 framgår, att bromsning med bibehållen dy-

namisk stabilitet föreligger i två fall, nämligen när inga hjul är låsta samt när endast dragfordonets framhjul är låsta.

Bromssträcka är ett begrepp, som vid första påseende förefaller entydigt. Närmare studium av begreppets innebörd visar emellertid att flera definitioner är tänkbara, beroende på var bromsningen anses ha börjat.

I juridiska sammanhang är den bromssträcka av intresse som anger den sträcka som tillryggalägges efter det att anledning till bromsning uppkommit. Denna sträcka är sammansatt av (1) beslutssträcka, (2) reaktionssträcka, (3) bromsansättningssträcka, (4) bromskraftuppbyggnadssträcka samt (5) bromssträcka med full bromskraft. Sträckorna (1) och (2) är, som synes, enbart förar- och situationsbetingade, sträckorna (3) och (4) förar- och bromssystembetingade och sträckan (5) enbart bromssystembetingad.

Ur teknisk synpunkt är bromssträckan ett uttryck för ett fordons bromsförmåga. Sträckorna (1) och (2) är därför ointressanta. Sträckorna (3) och (4) måste vara kända som funktion av manöverhastigheten i form av tidsderivatan för pedal kraften, eftersom jämförelser endast kan göras vid samma derivatavärden.

För att ange ett fordons möjlighet att under bromsning utnyttja en given friktionskoefficient har begreppet *medelbromsningsverkningsgrad* införts. Med medelbromsningsverkningsgrad avses kvoten mellan erhållen medelretardation inom ett hastighetsintervall och den teoretiskt möjliga medelretardationen inom samma hastighetsintervall. Då här aktuella bromsningsstudier behandlar bromsning till stillastående, har den teoretiskt möjliga medelretardationen uttryckts som den rådande maximala friktionskoefficienten gånger tyngdaccelerationen plus en tredjedel av kvoten mellan summan av luftmotstånden vid

hastigheten för bromsningens början och summan av fordonets massor.

Bromskraftfördelningen hos dragfordonet definieras som kvoten mellan bromskraften vid framhjulen och vid bakhjulen under förutsättning att inga hjul är låsta.

Vid varje kombination hjul—vägbana erhålls vid bromsning med rullande hjul ett största värde på friktionskoefficienten som här benämnes *friktionsmaximum*. Detta maximum uppnås i regel då det bromsade hjulets periferihastighet är 10 à 20 % lägre än hastigheten vid fri rullning. Bromsning med ytterligare något minskad periferihastighet leder snabbt till låsning av hjulet. Friktionsmaximum kan därför sägas ange hjulets låsningsgräns.

3.2 Olika faktorerers inverkan på fordonskombinationers bromsförmåga

3.2.1 Förutsättningar

För att utröna ett antal parametrars inverkan på en fordonskombinations bromsförmåga vid olika värden på dragfordonets bromskraftfördelning har ekvationer framtagits för beräkning av en fordonskombinations retardation vid bromsning under körning rakt fram på horisontell vägbana (appendix H.1). Ekvationerna har framtagits för två olika släpfordonsbromstyper vardera vid två olika bromsningsfall. Släpfordonsbromstyperna är:

1. Pedalkraftstyrd släpfordonsbroms, varvid bromskraften vid släpfordonets hjul är proportionell mot den av dragfordonets hjul utvecklade bromskraften under förutsättning att inga hjul är låsta.

2. Retardationsstyrd släpfordonsbroms, här påskjutsbroms, dvs. bromskraften vid släpfordonets hjul är proportionell mot den i dragstången vid bromsning av dragfordonet uppkomna påskjutskraften.

Beräkningarna har utförts för följande

stabila bromsningsfall (jämför avsnitt 3.1).

Bromsningsfall A. Framhjulen bromsade till låsningsgränsen så att friktionsmaximum antagits gälla och övriga hjul bromsade, men endast i specialfall ettdera eller båda hjulparen till låsningsgränsen.

Bromsningsfall B. Framhjulen låsta och dragfordonets bakhjul eller släpfordonets hjul, vilketdera som först inträffar, bromsade till låsningsgränsen samt övriga hjul bromsade, men endast i specialfall till låsningsgränsen. För att förenkla beräkningarna har dock detta modifierats till att gälla bromsning med framhjulen låsta och dragfordonets bakhjul bromsade till låsningsgränsen samt släpfordonets hjul bromsade men endast i specialfall till låsningsgränsen.

Beräkningarna behandlar bromsning till stillastående. På grund av hastighetsberoendet hos luftmotstånd och friktionskoefficient är även retardationen hastighetsberoende. För varje friktionsnivå har dock endast friktionskoefficienten gällande låst hjul antagits variera med hastigheten, medan friktionsmaximum, för att förenkla beräkningarna, antagits vara oberoende av hastigheten.

På grund av retardationens hastighetsberoende har hastighetsområdet delats upp i ett antal intervall i vars ändpunkter retardationen beräknats. Med dessa retardationsvärden som underlag har sedan inom varje hastighetsintervall beräknats en medelretardation med vars hjälp delbromssträckan inom hastighetsintervallet beräknats. Med hjälp av den totala bromssträckan har sedan medelretardationen under hela bromsningen framtagits. Med bromssträcka avses här och i det följande bromssträcka enligt (5) i avsnitt 3.1. Sträckorna (3) och (4) försummas för att förenkla beräkningarna. Även sträckorna (1) och (2) försummas (jämför avsnitt 3.1).

Som dragfordon har vid beräkningarna

använts en personbil vägande 1 200 kg med den statiska hjulbelastningen lika för alla fyra hjulen.

Under beräkningarna har följande storheter hållits konstanta.

För *dragfordonet*:

Avstånd mellan tyngdpunktens och framaxelcentrums projektioner på längdaxeln	f	= 1,30 m
Avstånd mellan tyngdpunktens och bakaxelcentrums projektioner på längdaxeln	b	= 1,30 m
Avstånd mellan tyngdpunktens och dragkulecentrums projektioner på längdaxeln	a	= 2,50 m
Tyngdpunktens höjd över vägbanan	h	= 0,57 m
Massa	m	= 1 200 kg
Dragkulecentrums höjd över vägbanan	h_k	= 0,30 m
Luftmotståndskoefficient	w_l	= 0,45
Frontarea	A	= 1,70 m ²
Luftmotståndets an-greppscentrums höjd över vägbanan	h_l	= 0,90 m

För *släpfordonet*:

Tyngdpunktens höjd över vägbanan	h_e	= 0,80 m
Luftmotståndskoefficient	w_{le}	= 0,70
Frontarea (reducerad med hänsyn till dragfordonets inverkan)	A_{er}	= 2,00 m ²
Luftmotståndets an-greppscentrums höjd över vägbanan	h_{le}	= 1,60 m

Vidare har för släpfordonet följande värden använts om ej annat angivits:

Massa $m_e = 600$ kg
 Avstånd mellan tyngd-
 punktens och dragkule-
 centrum's projektioner
 på längdaxeln $a_e = 2,71$ m
 Avstånd mellan tyngd-
 punktens och axelcent-
 rum's projektioner på
 längdaxeln $b_e = 0,19$ m

Vid pedalkraftstyrd släpfordonsbroms:

Kvoten mellan sam-
 manlagd bromskraft vid
 släpfordonets hjul och
 dito vid fordonskom-
 binationens samtliga
 hjul (när inget hjul är låst) $Z_{e\ tot} = 0,20$

Vid påskjutsbroms:

Kvoten mellan sam-
 manlagd bromskraft
 vid släpfordonets hjul
 (när inget hjul är låst)
 och påskjutskraft i
 dragstången $Z_{e\ Fkx} = 1,5$

Fordonskombinationen bestående av ovannämnda dragfordon och släpfordon kallas i det följande baskombination.

Förutom släpfordon med massan 600 kg har ytterligare tre släpfordon behandlats. För dessa gäller förutom ovan angivna värden på h_e , w_{le} , A_{er} och h_{le} , följande datakombinationer:

$m_e = 400$ kg $a_e = 2,61$ m $b_e = 0,29$ m
 $m_e = 900$ kg $a_e = 2,77$ m $b_e = 0,13$ m
 $m_e = 1\ 200$ kg $a_e = 2,80$ m $b_e = 0,19$ m

Om ej annat angivits har dessutom följande värden använts:

Hastigheten vid broms-
 ningens början $v = 15$ m/s
 (54 km/h)

Friktionsmaximum . . . $\mu_{max} = 0,7$

Friktionskoefficient

vid låst hjul . . $\mu_g = \mu_{max} (1 - 0,0165\dot{x})$
 där \dot{x} = fordonskombinationens hastighet

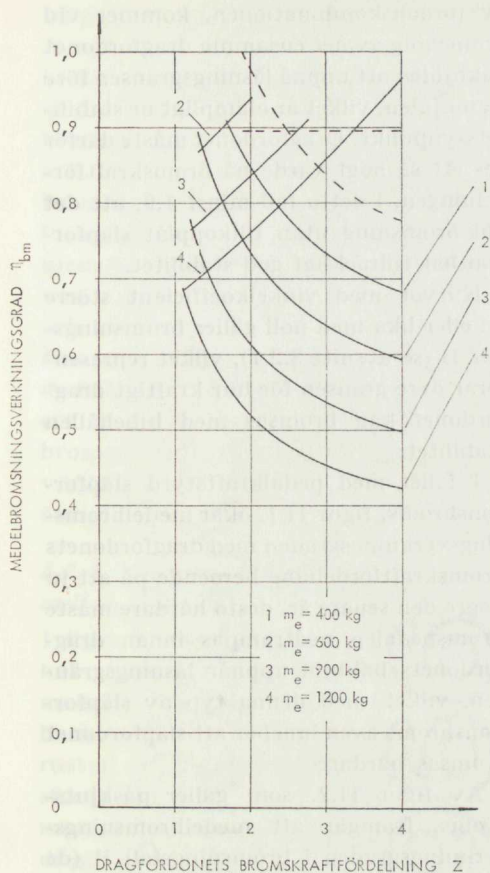
I figur H.1—9 redovisas för ett antal olika fordonsparametrar medelbromsningsverkningsgraden som funktion av dragfordonets bromskraftfördelning. Figur H.10 visar för fyra värden på μ_{max} bromssträckan som funktion av medelbromsningsverkningsgraden.

3.2.2 Inverkan av släpfordonets massa

I figurerna H.1 och H.2 har dragfordonet kombinerats med fyra olika släpfordon med massorna 400, 600, 900 och 1200 kg. I figur H.1, som gäller då släpfordonet är försett med pedalkraftstyrd broms, svarar i alla fyra fallen släpfordonets bromsar för 20 % av fordonskombinationens totala bromskraft så länge inget hjul är låst. I figur H.2, som gäller då släpfordonen är försedda med påskjutsbroms, har kvoten mellan släpfordonshjulens totala bromskraft när inget hjul är låst och påskjutskraften i dragstången hållits konstant i alla fyra fallen och vid ett sådant värde, att släpfordonet med massan 600 kg ger praktiskt taget samma bromskraftbidrag med denna bromstyp som med den pedalkraftstyrda bromstypen i figur H.1.

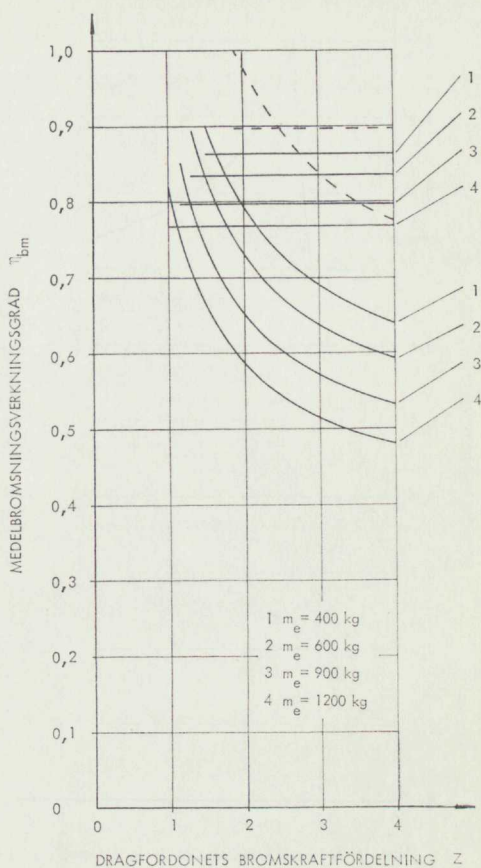
Om skillnaderna i dragstångslängd och kulbelastning mellan de olika släpfordonen försummas, kan för ett visst värde på dragfordonets bromskraftfördelning figurerna H.1 och H.2 sägas visa hur släpfordonets massa inverkar på medelbromsningsverkningsgraden vid de båda olika släpfordonsbromstyperna.

Av de heldragna kurvorna med negativ vinkelkoefficient, gällande bromsningsfall A (se avsnitt 3.2.1), kan i figur H.1 utläsas, att om baskombinationens dragfordon har bromskraftfördelningen 2,0, medelbromsningsverkningsgraden är ca



Figur H.1. Medelbromsningsverkningsgradens beroende av släpfordonets massa. Släpfordon med pedalkraftstyrd broms

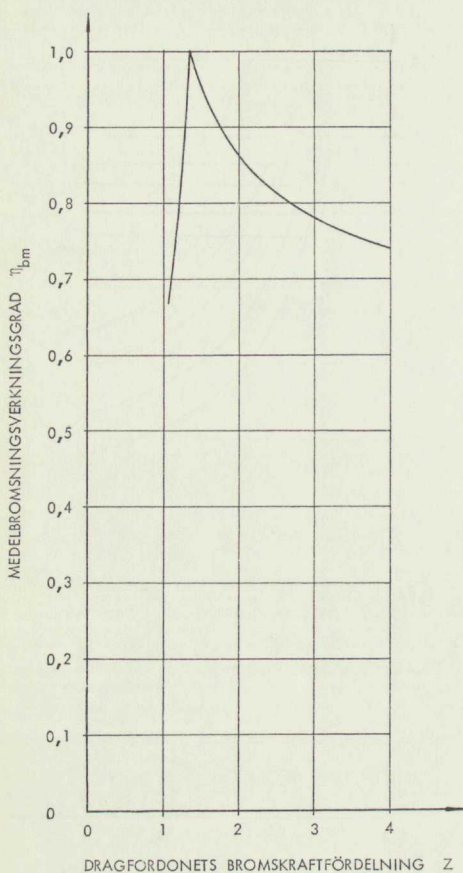
0,73 vid de förutsättningar varunder figur H.1 gäller. Då släpfordonet med massan 600 kg enligt förutsättningarna ger samma bromskraftbidrag med båda bromstyperna, ger figur H.2 för denna fordonskombination samma medelbromsningsverkningsgrad som figur H.1, dvs. ca 0,73. Om i stället släpfordonet med massan 900 kg tillkopplas, blir medelbromsningsverkningsgraden enligt figur H.1 ca 0,61. Motsvarande värde i figur H.2 är ca 0,65. En jämförelse mellan figurerna H.1 och H.2 visar sålunda, att inverkan av släpfordonets massa är mindre vid påskjutsbromsen än vid den pedal-



Figur H.2. Medelbromsningsverkningsgradens beroende av släpfordonets massa. Släpfordon med påskjutsbroms

kraftstyrda släpfordonsbromsen. Detta talar till fördel för påskjutsbroms framför pedalkraftstyrd släpfordonsbroms i de fall, då släpfordonets massa är utsatt för stora variationer.

Läget av de i figurerna H.1 och H.2 heldragna kurvorna med negativ vinkelkoefficient gällande bromsningsfall A talar för ett relativt lågt värde på dragfordonets bromskraftfördelning. Med släpfordonet vägande 600 kg i figur H.1 skulle en bromskraftfördelning hos dragfordonet lika med ca 1,3 ge god medelbromsningsverkningsgrad. För lägre värden på dragfordonets bromskraftfördel-



Figur H.3. Gränskurva för bromsning enligt bromsningsfall A. Släpfordon med pedalkraftstyrd broms

ning existerar ej kurvan, vilket innebär att dragfordonets bakhjul låser sig innan framhjulen uppnår låsningsgränsen, vilket är olämpligt med hänsyn till fordonskombinationens stabilitet under bromsningen.

Den streckade höjda kurvan, som gäller det ensamma dragfordonet, likaledes vid bromsningsfall A, existerar endast för värden på dragfordonets bromskraftfördelning överstigande ca 1,9. Detta innebär, att om under här gällande förhållanden väljes en bromskraftfördelning för dragfordonet, som ger god medelbromsningsverkningsgrad vid bromsning

av fordonskombinationen, kommer vid bromsning av det ensamma dragfordonet bakhjulen att uppnå låsningsgränsen före framhjulen, vilket är olämpligt ur stabilitetssynpunkt. Dragfordonet måste därför ges ett så högt värde på bromskraftfördelningen, i detta fall minst 1,9, att det vid bromsning utan tillkopplat släpfordon har tillräckligt god stabilitet.

Kurvor med vinkelkoefficient större än eller lika med noll gäller bromsningsfall B (se avsnitt 3.2.1), vilket representerar övre gränsen för hur kraftigt dragfordonet kan bromsas med bibehållen stabilitet.

I fallet med pedalkraftstyrd släpfordonsbroms, figur H.1, ökar medelbromsningsverkningsgraden med dragfordonets bromskraftfördelning beroende på att ju högre den senare är, desto hårdare måste bromspedalen nedtrampas innan dragfordonets bakhjul uppnår låsningsgränsen, vilket med denna typ av släpfordonsbroms även innebär att släpfordonet bromsas hårdare.

Av figur H.2, som gäller påskjutsbroms, framgår att medelbromsningsverkningsgraden i bromsningsfall B (de vågräta heldragna kurvorna) är oberoende av dragfordonets bromskraftfördelning. Orsaken härtill är att bromskrafterna vid dragfordonets fram- och bakhjul, då bromsningsfall B gäller, är oberoende av dragfordonets bromskraftfördelning varav följer att även påskjutskraften i dragstången och därmed bromskraften vid släpfordonets hjul och följaktligen fordonskombinationens totala bromskraft är oberoende av dragfordonets bromskraftfördelning.

Om i figur H.1 tillfogas ytterligare kurvor gällande bromsningsfall A för olika släpfordonsmassor, erhålles en skara kurvor, vars existensområde begränsas uppåt och åt vänster av en kurva med ett utseende enligt figur H.3. Denna kurva utgör orten för optimal medelbroms-

ningsverkningsgrad, vid bromsningsfall A, som funktion av dragfordonets bromskraftfördelning under här givna förutsättningar. Härvid förutsättes bl. a. att bromskraftkvoten Z_{etot} är konstant och att för varje värde på dragfordonets bromskraftfördelning det värde på släpfordonets massa väljes som ger den bästa medelbromsningsverkningsgraden. Kurvan visar att om friktionskoefficienten och släpfordonets procentuella andel av den totala bromskraften är givna, rådande friktion utnyttjas optimalt endast vid ett bestämt värde på dragfordonets bromskraftfördelning och ett bestämt värde på släpfordonets massa under för övrigt oförändrade förutsättningar.

3.2.3 Inverkan av friktionskoefficienten mellan hjul och vägbanan

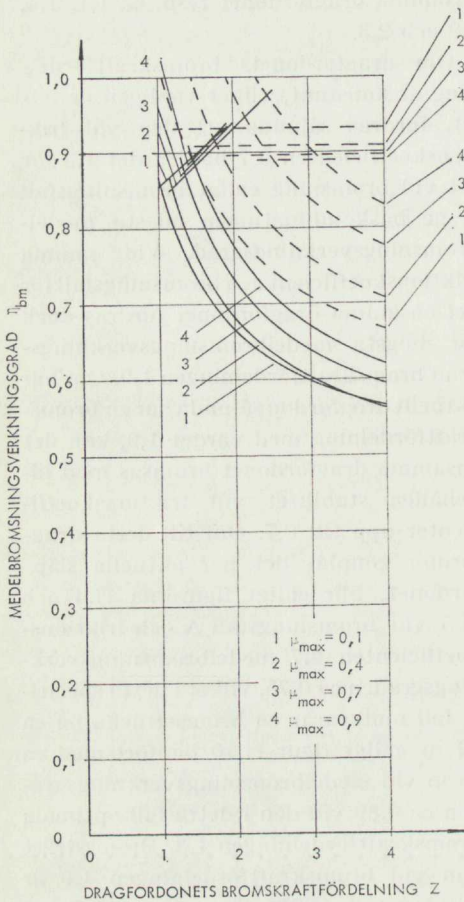
I figur H.4 visar de heldragna kurvorna hur friktionskoefficienten inverkar på medelbromsningsverkningsgraden för baskombinationen då släpfordonet är utrustat med pedalkraftstyrd broms. De streckade kurvorna har, som tidigare, motsvarande innebörd för det ensamma dragfordonet. I figur H.5 gäller samma förhållanden endast med den skillnaden, att släpfordonet är utrustat med påskjutsbroms. Kurvorna med negativ vinkelkoefficient avser bromsningsfall A och kurvorna med vinkelkoefficient större än eller lika med noll avser bromsningsfall B. Figurerna H.4 och H.5 visar hur kurvorna med negativ vinkelkoefficient gällande bromsningsfall A förskjuts mot högre värden på dragfordonets bromskraftfördelning vid ökande värde på friktionskoefficienten. De värden på dragfordonets bromskraftfördelning som enligt figurerna H.4 och H.5 vid bromsningsfall A ger fordonskombinationen den effektivaste bromsningen är ca 1,0, 1,1, 1,3 och 1,4 då friktionsmaximum är resp. 0,1, 0,4, 0,7 och 0,9. Motsvarande värden på dragfordonets bromskraftför-

delning vid bromsningsfall A är för det ensamma dragfordonet resp. ca 1,1, 1,4, 1,9 och 2,3.

Om dragfordonets bromskraftfördelning är konstant, vilket vanligen är fallet, fordras sålunda att den vid friktionskoefficienten 0,7 har värdet 1,3 för att vid bromsning enligt bromsningsfall A ge baskombinationen högsta medelbromsningsverkningsgrad. Vid samma friktionskoefficient och bromsningsfall för det ensamma dragfordonet fordras dock för högsta medelbromsningsverkningsgrad bromskraftfördelningen 1,9. Om här aktuellt dragfordon sålunda har en bromskraftfördelning med värdet 1,9, kan det ensamma dragfordonet bromsas med bibehållen stabilitet vid friktionskoefficienter upp till 0,7. Om till detta dragfordon kopplas det här aktuella släpfordonet, blir enligt figurerna H.4 och H.5 vid bromsningsfall A och friktionskoefficienten 0,7 medelbromsningsverkningsgraden ca 0,75, vilket i detta speciella fall motsvarar en bromssträcka på ca 22 m enligt figur H.10 jämfört med ca 18 m vid medelbromsningsverkningsgraden ca 0,89 vid den i detta fall optimala bromskraftfördelningen 1,3. Bromssträckan vid bromskraftfördelningen 1,9 är alltså mer än 22% längre än vid den i detta fall optimala bromskraftfördelningen. Vid friktionskoefficienten 0,4 blir bromssträckan ca 41 m jämfört med ca 33 m vid den för denna friktionskoefficient optimala bromskraftfördelningen 1,2, dvs. en förlängning med ca 24%. Trots detta måste, för att bromsning skall möjliggöras med bibehållen stabilitet även med det ensamma dragfordonet, krävas att dettas bromskraftfördelning har det högre värdet.

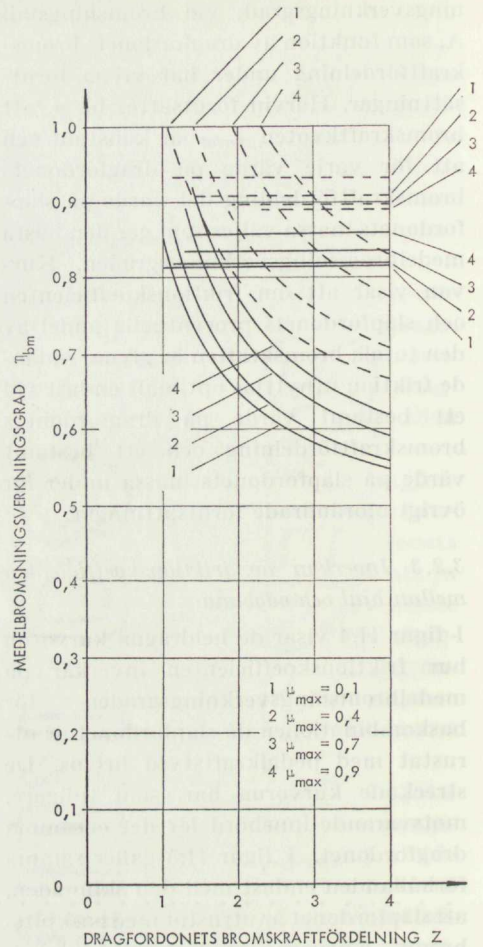
3.2.4 Inverkan av hastigheten vid bromsningens början

Figurerna H.6 och H.7 visar medelbromsningsverkningsgraden som funk-



Figur H.4. Medelbromsningsverkningsgradens beroende av friktionsmaximum. Släpfordon med pedalkraftstyd broms

tion av dragfordonets bromskraftfördelning vid tre olika hastigheter vid bromsningens början. Hastigheten inverkar obetydligt på medelbromsningsverkningsgraden vid bromsningsfall A medan en med ökande hastighet märkbar försämring kan iakttagas för bromsningsfall B. Samma förhållanden gäller även för det ensamma dragfordonet (streckade kurvorna). Att medelbromsningsverkningsgraden i bromsningsfall B, då framhjulen till skillnad mot i bromsningsfall

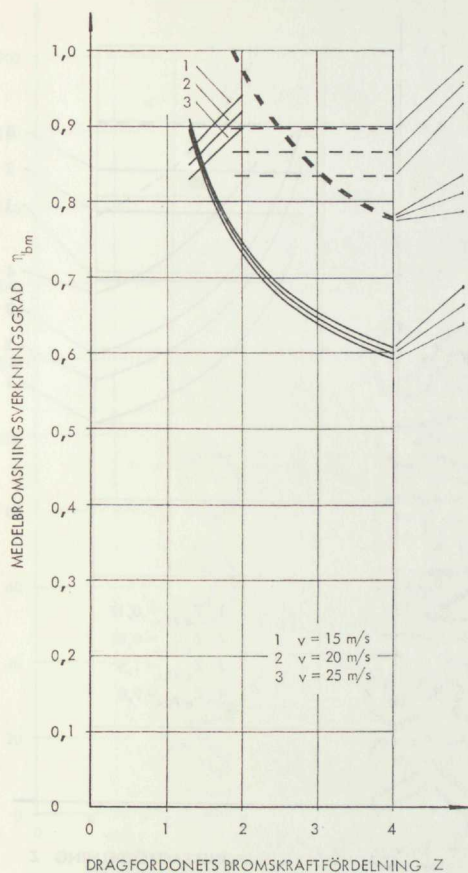


Figur H.5. Medelbromsningsverkningsgradens beroende av friktionsmaximum. Släpfordon med påskjutsbroms

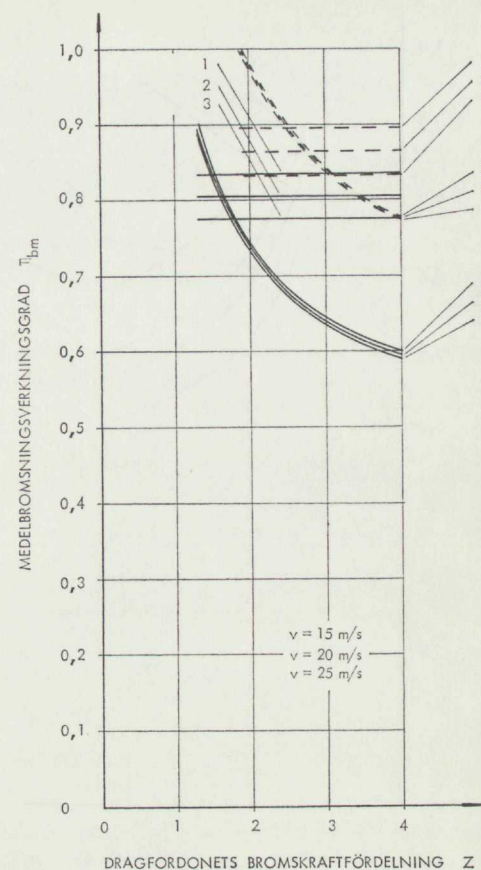
A är låsta, minskar med ökande hastighet, torde bero på att friktionen vid låst hjul minskar vid ökande hastighet, medan friktionen vid rullande hjul enligt förutsättningarna antagits vara oberoende av hastigheten.

3.2.5 Inverkan av släpfordonets bromskraft

Figurerna H.8 och H.9 visar vardera vid fyra värden på släpfordonets andel av fordonskombinationens totala broms-



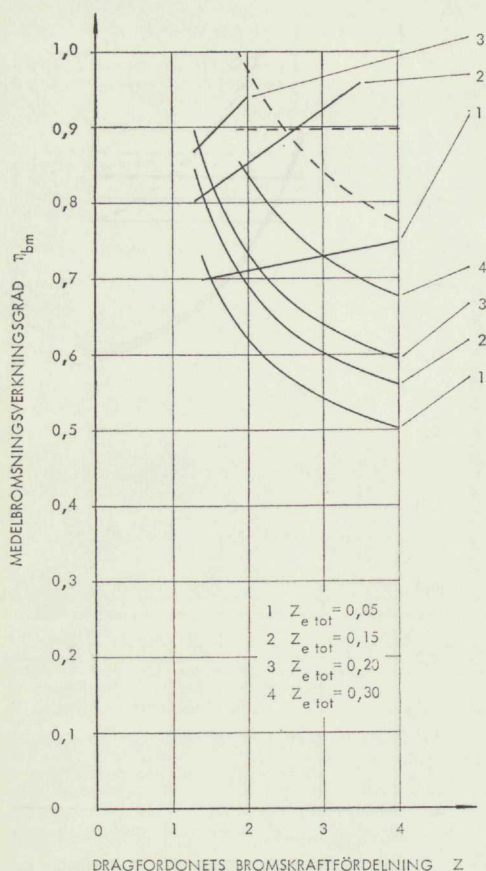
Figur H.6. Medelbromsningsverkningsgradens beroende av hastigheten vid bromsningens början. Släpfordon med pedalkraftstyrd broms



Figur H.7. Medelbromsningsverkningsgradens beroende av hastigheten vid bromsningens början. Släpfordon med påskjulsbroms

kraft medelbromsningsverkningsgraden som funktion av dragfordonets bromskraftfördelning vid bromsning av baskombinationen från 15 m/s (54 km/h). Figur H.8 gäller för pedalkraftstyrd släpfordonsbroms medan figur H.9 gäller för påskjulsbroms. Kurvorna i bromsningsfall A företer som synes vissa likheter med motsvarande kurvor för olika släpfordons massor i figurerna H.1 och H.2. Existensområdet för kurvorna gällande bromsningsfall A begränsas även här av en kurva liknande den i figur H.3. I analogi med fallet med olika massor hos

släpfordonet gäller här att endast ett bestämt värde på släpfordonets bromskraftandel ger högsta möjliga medelbromsningsverkningsgrad under i övrigt oförändrade betingelser. Endast vid denna speciella kombination av parametervärden uppnås medelbromsningsverkningsgraden 1,0 vilket innebär, att det speciella grännsfall inträffar, att inte endast dragfordonets framhjul är bromsade till låsningsgränsen, utan även dess bakhjul och släpfordonets hjul. Figur H.8, som gäller för pedalkraftstyrd släpfordonsbroms visar att medelbromsningsverk-

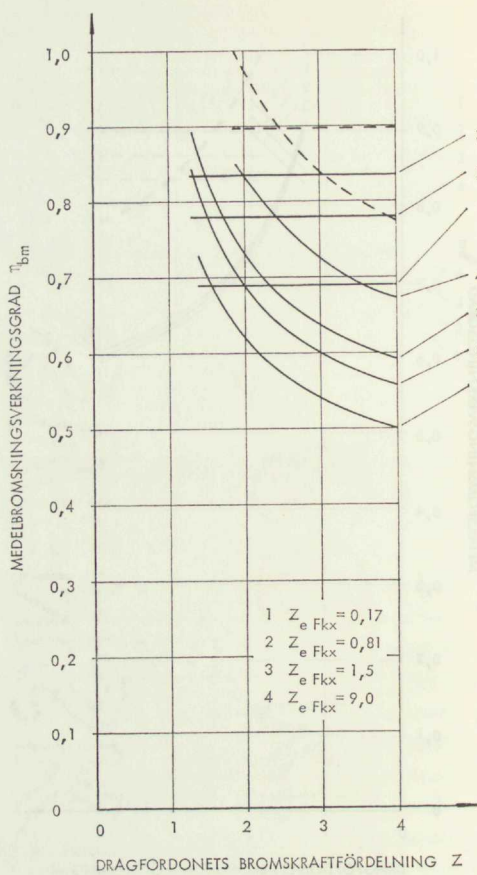


Figur H.8. Medelbromsningsverkningsgradens beroende av släpfordonets andel av fordonskombinationens totala bromskraft. Släpfordon med pedalkraftstyrd broms

ningsgraden vid bromsningsfall B ökar till en viss gräns med ökande värde på dragfordonets bromskraftfördelning varvid ökningen är större ju större släpfordonets bromskraftandel är. Kurvan slutar vid bromsningens början v och friktionsmaximum μ_{max} var och en inverkar på medelbromsningsverkningsgraden vid bromsning enligt bromsningsfall A. Övriga fordonsdata motsvarar baskombinationens (se avsnitt 3.2.1).

3.2.6 Sammanfattning av fem olika parametrars inverkan på medelbromsningsverkningsgraden

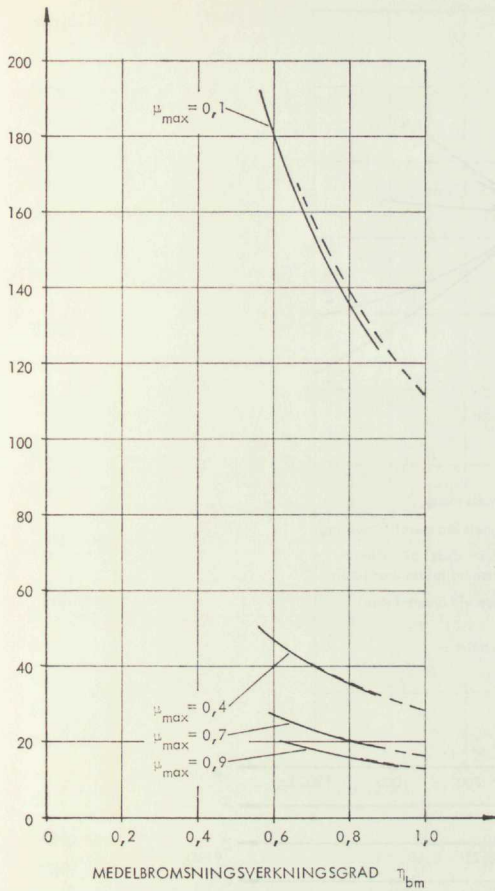
I figur H.11 visas för släpfordon försett med pedalkraftstyrd broms hur släpfordonets massa m_e , dragfordonets broms-



Figur H.9. Medelbromsningsverkningsgradens beroende av förhållandet mellan släpfordonets bromskraft och påskjutskraften. Släpfordon med påskjutsbroms

kräftfördelning Z , kvoten mellan släpfordonshjulets totala bromskraft och fordonskombinationens totala bromskraft (när inget hjul är låst) $Z_{e\ tot}$, hastigheten vid bromsning enligt bromsningsfall A. Övriga fordonsdata motsvarar baskombinationens (se avsnitt 3.2.1).

I figur H.12 illustreras samma förhållanden endast med den skillnaden att släpfordonet är försett med påskjutsbroms varför $Z_{e\ tot}$ har utbytt mot $Z_{e\ Fkx}$ dvs. kvoten mellan släpfordonshjulets



Figur H.10. Bromssträcka som funktion av medelbromsningsverkningsgraden. Hastighet vid bromsningens början 15 m/s (54 km/h). Bromsningsfall A

totala bromskraft (när inget hjul är låst) och påskjutskraften i dragstången.

Vid en jämförelse mellan figur H.11 och figur H.12 framgår att dragfordonets bromskraftfördelning, hastigheten vid bromsningens början och friktionsmaximum vardera har praktiskt taget samma inverkan på medelbromsningsverkningsgraden vid de båda släpfordonsbromstyperna. Inverkan av släpfordonets massa på medelbromsningsverkningsgraden är däremot större vid släpfordon med pedalstyrda broms än vid släpfordon med påskjutsbroms. Medelbromsningsverk-

ningsgraden är vidare en progressiv funktion av $Z_{e\text{ tot}}$ men en degressiv funktion av $Z_{e\text{ Fick}}$.

3.3 Krav på lätta fordonskombinationers bromsförmåga

Samma krav på bromsförmåga bör lämpligen gälla för såväl ett ensamt fordon som för en fordonskombination. Enligt gällande svenska bestämmelser krävs en medelretardation av 4,3 m/s² vid inbromsning av ett fordon vid totalvikt. Detta motsvarar en total bromskraft vid hjulens periferi av 50—55 % av fordonets tyngd vid totalvikt. Då risken för låsning av dragfordonets bakhjul resp. släpfordonets hjul är störst vid tjänstevikt föreslås förutom ovannämnda krav att en fordonskombination vid inbromsning vid tjänstevikt vid hastigheten 50 km/h skall kunna uppnå retardationen 6 m/s² på torr asfalt eller betong utan att något hjul låses.

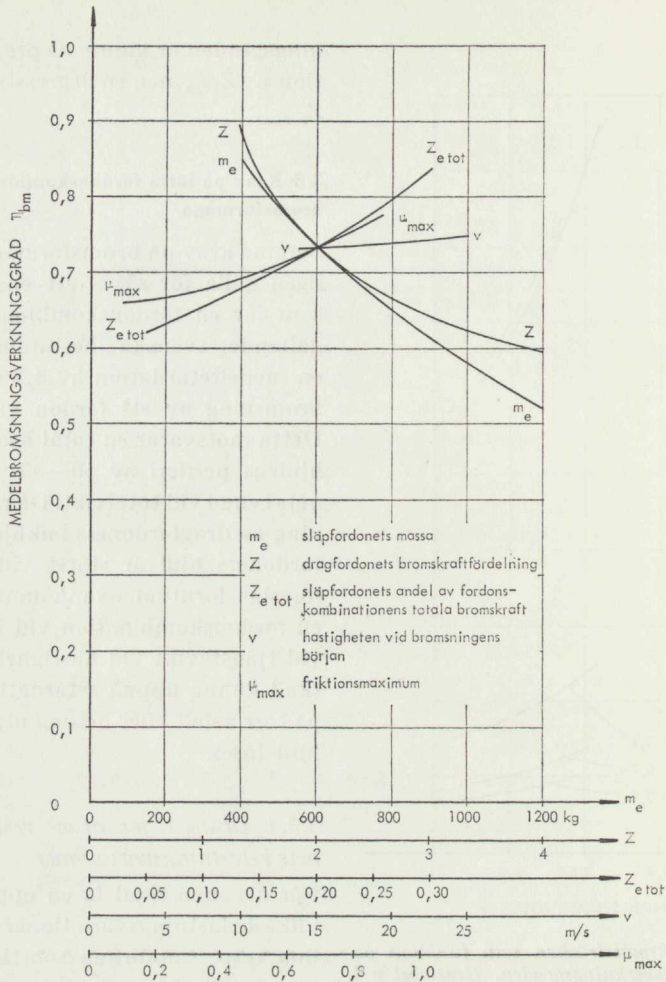
3.3.1 Gränser för drag- resp. släpfordonets belastningsvariationer

För att man skall få en uppfattning om vilka belastningsvariationer hos dragfordon resp. släpfordon som kan tolereras för fordonskombinationer där bromskraftförhållandet mellan de olika axlarna inte påverkas av fordonsenheternas belastningstillstånd, har följande beräkningar utförts.

I förenklande syfte antages kulbelastning och dynamiska hjulbelastningsändringar försumbara. Dragfordonet antages vidare ha en för friktionskoefficienten 0,8 avpassad bromskraftfördelning.

Beteckningar:

Dragfordonets tjänstevikt... m_{tj} (kg)
 Dragfordonets totalvikt... $m_{tj}X$ (kg)
 Släpfordonets tjänstevikt... $m_{e\text{ tj}}$ (kg)
 Släpfordonets totalvikt... $m_{e\text{ tj}}Y$ (kg)



Figur H. 11. Medelbromsningsverkningsgradens beroende av fem olika parametrar. Släpfordon med pedalkraftstyd broms

Sammanlagd bromskraft vid dragfordonets hjul..... B (N)
 Sammanlagd bromskraft vid släpfordonets hjul..... B_{56} (N)
 Bromskraftförhållandet B/B_{56} Z_{56}

Om $Z_{56} = m_{tj}/m_{e\ tj}$, dvs. bromskraftförhållandet har anpassats för tjänsteviktillståndet, kommer en ökning av dragfordonets belastning att medföra att släpfordonets hjul vid bromsning låses tidigare än dragfordonets. Uppställes villkoret att detta vid friktionskoefficienten $\mu = 0,8$ får ske tidigast vid

retardationen $6 \text{ m/s}^2 \approx 0,6 \text{ g}$, erhålles

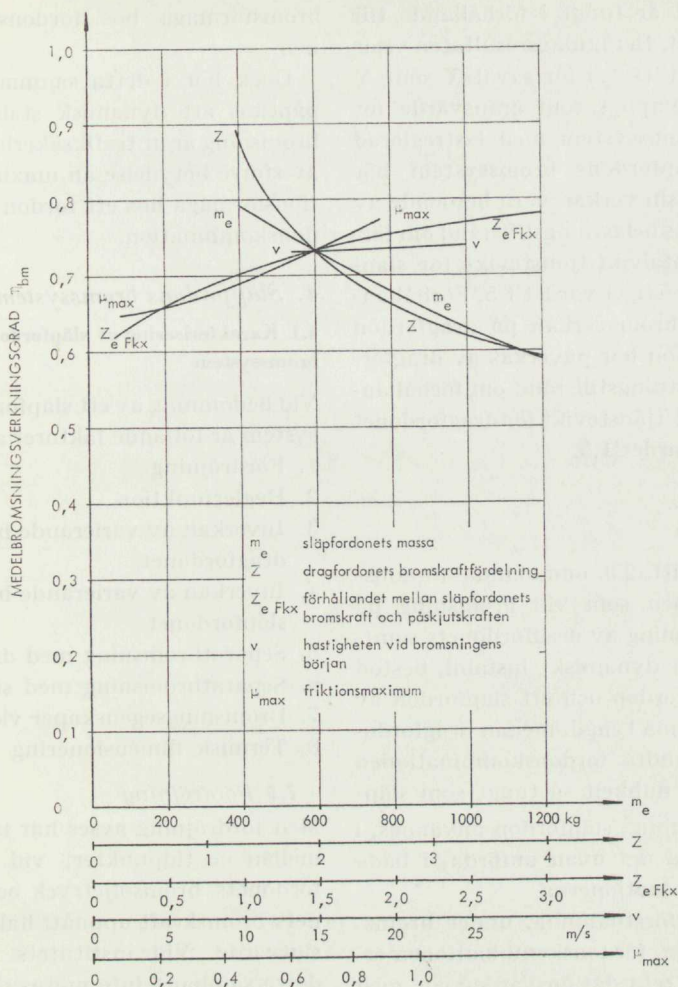
$$\begin{aligned}
 B + B_{56} &= 0,6 \text{ g} (m_{tj}X + m_{e\ tj}) \\
 B_{56} &= \mu \text{ g} m_{e\ tj} = 0,8 \text{ g} m_{e\ tj} \\
 B &= B_{56}Z_{56} = B_{56}m_{tj}/m_{e\ tj}
 \end{aligned}$$

vilket ger

$$X = \frac{4}{3} + \frac{m_{e\ tj}}{3m_{tj}}$$

Om $m_{tj}/m_{e\ tj}$ antages variera mellan 1 och 3, fås för

$$\begin{aligned}
 m_{tj}/m_{e\ tj} = 1 & \quad X = 1,67 \\
 m_{tj}/m_{e\ tj} = 3 & \quad X = 1,44
 \end{aligned}$$



Figur H.12. Medelbromsningsverkningsgradens beroende av fem olika parametrar. Släpfordon med påskjutsbroms

Om endast släpfordonets vikt ökas, kommer, med samma antaganden som tidigare, hjullåsning först att inträffa på dragfordonet. Uppställes villkoret, att detta vid friktionskoefficienten $\mu = 0,8$ får ske tidigast vid retardationen 6 m/s^2 , erhålles

$$B + B_{56} = 0,6 g (m_{tj} + m_{e tj} Y)$$

$$B = \mu g m_{tj} = 0,8 g m_{tj}$$

$$B_{56} = B/Z_{56} = B m_{e tj}/m_{tj}$$

vilket ger

$$Y = \frac{4}{3} + \frac{m_{tj}}{3m_{e tj}}$$

Om $m_{tj}/m_{e tj}$ antages variera mellan 1 och 3, fås för

$$m_{tj}/m_{e tj} = 1 \quad Y = 1,67$$

$$m_{tj}/m_{e tj} = 3 \quad Y = 2,33$$

Beräkningarna visar, att inverkan av förändrad belastning hos dragfordonet är störst när släpfordonet är lätt i förhållande till detta samt att inverkan av släpfordonets belastning är störst när

släpfordonet är tungt i förhållande till dragfordonet. Beräkningsresultaten visar även att värdet 1,5 för såväl X som Y kan vara lämpligt som gränsvärde för krav på bromssystem med lastreglerad verkan. Släpfordons bromssystem bör sålunda till sin verkan vara beroende av släpfordonets belastningstillstånd om förhållandet totalvikt/tjänstevikt för släpfordonet överstiger värdet 1,5. Förhållandet mellan bromsverkan på dragfordon och släpfordon bör påverkas av dragfordonets belastningstillstånd om förhållandet totalvikt/tjänstevikt för dragfordonet överstiger värdet 1,5.

3.4 Fältförsök

Den i avsnitt 2.3 omnämnda fordonskombinationen, som vid bromsning på grund av låsning av dragfordonets samtliga hjul var dynamiskt instabil, bestod av ett dragfordon och ett släpfordon av ungefär samma tyngd, medan dragfordonet i den andra fordonskombinationen var ungefär dubbelt så tungt som släpfordonet. Samma släpfordon användes, i enlighet med det ovan anförda, i båda fordonskombinationerna.

Med den förstnämnda, under bromsning instabila, fordonskombinationen erhöles högre retardationsvärden än med den andra, under bromsning stabila, fordonskombinationen. Detta beror på att dragfordonet i den förstnämnda fordonskombinationen hade en sådan bromskraftfördelning att alla fyra hjulen uppnådde låsningens gränser ungefär samtidigt. Detta medger sålunda utnyttjande av dragfordonets optimala bromsförmåga, medan med det andra dragfordonet endast framhjulslåsning kunde uppnås, och bakhjulens bromskraft begränsades av att tillräckligt hög pedalkraft inte kunde åstadkommas. Detta illustrerar det förhållandet att endast en begränsning av släpfordonets vikt i relation till dragfordonet inte medför säkerställande av god

bromsförmåga hos fordonskombinationen.

Dock bör i detta sammanhang ånyo påpekas att dynamisk stabilitet under bromsning är ur trafiksäkerhetssynpunkt av större betydelse än maximal retardationsförmåga hos ett fordon eller en fordonskombination.

4. Släpfordons bromssystem

4.1 Karakterisering av släpfordons bromssystem

Vid bedömning av ett släpfordons bromssystem är följande faktorer av betydelse.

1. Fördröjning
2. Reglerfunktion
3. Inverkan av varierande belastning på dragfordonet
4. Inverkan av varierande belastning på släpfordonet
5. Separatbromsning med dragfordonet
6. Separatbromsning med släpfordonet
7. Bromsningsegenskaper vid backning
8. Termisk dimensionering

4.1.1 Fördröjning

Med fördröjning avses här tidsavståndet mellan de tidpunkter, vid vilka dragfordonets bromsoljetryck och släpfordonets bromskraft uppnått hälften av resp. slutvärde. Vid institutets prov kunde detta samband inte mätas direkt. I stället betraktades motsvarande tidsavstånd mellan dragfordonets bromsoljetryck och manöverstorhet för resp. bromstyp. I det fall, där separatbromsning med släpfordonet kunnat utföras, erhöles sambandet mellan bromskraft i form av retardation och manöverstorhet. I detta fall har genom nämnda indirekta förfaranden ett exaktare värde på fördröjningen mellan bromsoljetryck och bromskraft kunnat anges. En jämförelse mellan de olika släpfordonsbromstyperna torde ändå vara möjlig på grund av den nära relationen mellan bromskraft och resp. manöverstorhet för här aktuella bromstyper. Fördröjningen hos släpfordonets broms-

stem bör om möjligt vara mindre än hos dragfordonets bromssystem. Stor fördröjning i bromsverkan hos släpfordonet är ogynnsam med hänsyn till bromssträc-kan men kanske främst på grund av att risken för hjullåsning på dragfordonet och därmed följande olägenheter ökar när släpfordonets egenretardation inte sätter in snabbt nog.

4.1.2 Reglerfunktion

Med reglerfunktion avses sambandet mellan manöverstorhet och bromskraft.

Reglerfunktionerna för dragfordonsbroms och släpfordonsbroms bör vara så avpassade, att bromskraften initieras samtidigt i båda systemen eller eventuellt något tidigare på släpfordonet. Låsningensgränsen för frambromsarna på dragfordonet bör vidare, för att riskerna för fällknivsverkan skall minskas, på torr asfaltbeläggning uppnås något tidigare än för övriga axlar i kombinationen.

4.1.3 Inverkan av varierande belastning på dragfordonet

Vid ökande belastning på dragfordonet minskar dess egenretardation vid en given bromspedalkraft. Är släpfordonets bromskraft retardationsstyrd, störs inte sambandet mellan fordonens egenretardationer. Är släpfordonets bromskraft däremot pedalkraftstyrd utan lastkännande reglerdon på dragbilen, blir släpfordonet överbromsat jämfört med dragfordonet. Om dragfordonets lastförmåga är liten jämfört med tjänstevikten, vilket vanligen är fallet med personbilar, blir ändringen så obetydlig, att en godtagbar kompromisslösning i fråga om förhållandet mellan dragfordonets och släpfordonets bromskraft lätt kan åstadkommas.

4.1.4 Inverkan av varierande belastning på släpfordonet

Vid konstant förhållande mellan dragfordonets och släpfordonets bromskraft

kommer förhållandet mellan kombinationens retardation och släpfordonets egenretardation eller med andra ord kopplingskraften att variera om släpfordonets belastning varierar. Vid stora skillnader mellan tjänstevikt och totalvikt på släpfordonet medför detta antingen att även vid måttliga bromsningar hjullåsning fås på släpfordonet när detta är olastat eller att stora påskjutande krafter fås på dragfordonet när släpfordonet är lastat. I sådana fall bör därför släpfordonets bromsverkan vara lastberoende. Detta kan åstadkommas på olika sätt, t. ex. genom att bromsverkan styrs av påskjutskraften i dragkopplingen eller av fjäderhoptryckningen på släpfordonets hjulfjädrar. System med manuell omställning förekommer också. Dessa har dock den nackdelen att omställning för olika belastningstillstånd kan bli bortglömd. Skillnaden i retardationsförmåga mellan fordonskombination med lastat och olastat släpfordon blir, om bromssystemet ej påverkas av belastningen, vid en viss belastning mindre ju tyngre släpfordonet är.

Bromssystem med belastningsreglerad bromsverkan är således angelägnast på släpfordon med stor lastförmåga i förhållande till sin tjänstevikt.

4.1.5 Separatbromsning med dragfordonet

För att i långa branta nedförslut hålla konstant normal hastighet utan att bränna fordonsbromsarna användes vanligen motorbromsning. Vid av masskrafter styrda släpfordonsbromsar kommer dessa att sättas an även vid sådan bromsning om inte tillräckligt stor förspänning i reglerdonet föreligger. Ett sådant arrangemang innebär dock samtidigt, att släpfordonsbromsen inte träder i funktion vid halt väglag. En lösning på problemet är att ha en omställbar förspänning. Ett annat och bättre alternativ är att bromsarna dimensioneras för kontinuerlig bromsning på ifrågakvarande bromskraft-

nivå vid måttlig hastighet (50 km/h), vilket dock vanligen inte är fallet varken på drag- eller släpfordon.

4.1.6 Separatbromsning med släpfordonet

För att dämpa svängningsrörelser, som av olika anledningar kan uppkomma mellan dragfordon och släpfordon, är separatbromsning av släpfordonet ett effektivt medel. I händelse av fel på dragfordonets bromssystem innebär möjlighet till separatbromsning med släpfordonet dessutom, att ett användbart bromssystem fortfarande återstår. Ju tyngre släpfordonet är i förhållande till dragfordonet, desto större betydelse får denna broms och desto angelägnare är det dessutom att den finns då dragfordonets relativa bromsverkan försämras med tilltagande släpfordonsvikt. Bortfall av bromsverkan på vägfordon är tyvärr inte så sällsynt med nuvarande bromssystem varför sistnämnda synpunkt måste anses vara ett starkt argument för bromssystem med möjlighet till separatbromsning av släpfordonet. Av någon anledning har detta argument dock hittills inte beaktats i nämnvärd utsträckning.

4.1.7 Bromsningsegenskaper vid backning

Främst med tanke på körning i halt väglag är det inte oväsentligt att släpfordonsbromsarna skall kunna ansättas vid backning utför en backe.

Ju tyngre släpfordonet är i förhållande till dragfordonet, desto mera angeläget blir detta önskemål som emellertid inte uppfylles av de retardationsstyrda släpfordonsbromsarna.

4.1.8 Termisk dimensionering av släpfordonets bromssystem

Släpfordonsbromsarna bör vara rikligt dimensionerade med tanke på bromsning

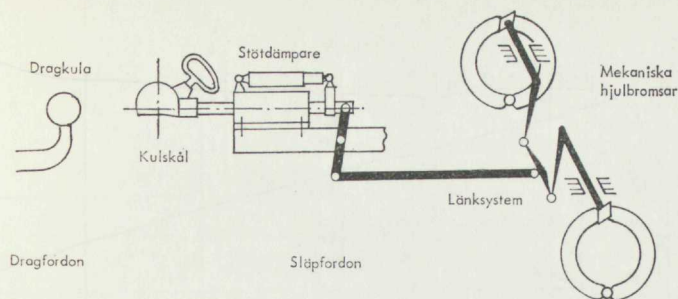
i långa nedförslut. Förslagsvis kan de i Tyskland gällande bestämmelserna för fordonsbromsar tillämpas, enligt vilka fordonet skall framföras 1 km med hastigheten 40 km/h med bromsarna ansatta till en bromskraft motsvarande retardationen 1 m/s^2 , varvid bromskraften vid en viss pedalkraft vid bromsprov omedelbart därefter inte får avvika mer än 25 % från värdet vid kall broms.

4.2 Beskrivning och karakterisering av förekommande bromssystem för lätta släpfordon

4.2.1 Påskjutsbroms

4.2.1.1 Beskrivning och verknings sätt.

Två typer av påskjutsbroms finnes, mekanisk resp. hydraulisk sådan. Bromsarna på ett släpfordon med påskjutsbroms styres, oavsett om överföringssystemet är mekaniskt eller hydrauliskt, på så sätt att bromskraften hos släpfordonet står i proportion till den påskjutande kraft som, då dragfordonet bromsas, uppstår i dragstången. Dragkraft i dragstången påverkar givetvis inte bromsarna. I det mekaniska fallet överföres påskjutskraften medelst ett länksystem till hjulbromsarna (figur H.13). Hos den hydrauliska påskjutsbromsen överföres påskjutskraften till en kolv i huvudcylindern i släpfordonets hydrauliska bromssystem, där ett bromsoljetryck som motsvarar påskjutskraften, uppbygges. Från denna huvudcylinder leder rör- och slangförbindningar till hjulcylindern i resp. hjulbroms. Trots det hydrauliska systemets absoluta dominans beträffande bromssystem för bilar har det mekaniska systemet åtminstone i Sverige blivit nära nog allena rådande för påskjutsbromsar. Skälen till detta kan vara dels ekonomiska — hydraulisk påskjutsbroms har dock i åtminstone ett fall visat sig vara endast ca 15 % dyrare än motsvarande mekaniska broms



Figur H.13. Påskjutsbroms

— dels praktiska, läckageproblem har nämligen förekommit.

4.2.1.2 Fördröjning. Denna är beroende, förutom av den hastighet med vilken dragfordonets bromspedal nedtrampas, av karakteristiken hos den stötdämpare som vanligen tillhör påskjutsbromsen och som har till uppgift att dämpa ryck och stötar i längsled. För att förenkla jämförelsen mellan olika bromstyper har fördröjningen vid snabbast möjliga nedtrampning av bromspedalen studerats (0,2—0,3 s). På grund av att denna bromstyp inte medger separatbromsning med släpfordonet, avses här, på sätt ovan angivits, med fördröjning tidsavståndet mellan de tidpunkter vid vilka bromsoljetryck och manöverkraft uppnått hälften av resp. slutvärde. Vid av väginstitutet utförda prov har denna fördröjning uppgått till 0,13—0,17 s.

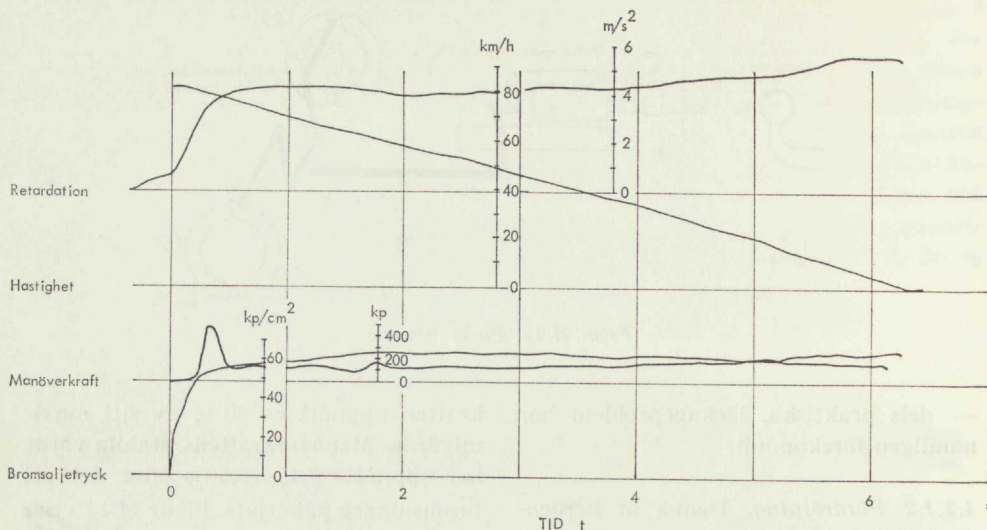
4.2.1.3 Reglerfunktion. Denna karakteriseras av att manöverkraften mycket snabbt, vid institutets prov inom 0,1—0,15 s, stiger till ett maximum för att sedan lika snabbt sjunka till ett stabilt värde, 20—25 % av maximivärdet. Förutsättningen för detta är att bromspedalkraften snabbt ökas till ett maximivärde och sedan konstanthålles vid detta värde. Manöverkraft har vid dessa prov börjat utbildas först sedan pedal-

kraften uppnått ca 80 % av sitt maximivärde. Manöverkraftens stabila värde har uppnått 0,45—0,50 s efter det att bromsningen påbörjats. Figur H.14 visar ett exempel på registrering av bromsoljetryck, manöverkraft, hastighet och retardation som erhållits vid ett av institutet utförd bromsprov. Den initialretardation, som fordonskombinationen enligt figur H.14 har vid bromsningens början, härrör från rullnings- och luftmotstånd.

4.2.1.4 Inverkan av varierande belastning på dragfordonet. En förändring av dragfordonets belastning ger vid konstant bromskraft en förändring av dess egenretardation. Detta medför att påskjutskraften ändras så, att sambandet mellan fordonens egenretardationer återställs.

4.2.1.5 Inverkan av varierande belastning på släpfordonet. Påskjutskraften och därmed bromskraften hos släpfordonet är direkt beroende av släpfordonets belastning, varför en automatisk lastanpassning av bromskraften erhålles.

4.2.1.6 Separatbromsning med dragfordonet. Sådan bromsning är inte möjlig. Bromsens konstruktion medför, att släpfordonet bromsas även om dragfordonet motorbromsas.



Figur H.14. Bromsning med lätt fordonskombination. Exempel på bromsningsförlopp vid släpfordon med påskjutsbroms

4.2.1.7 Separatbromsning med släpfordonet. Möjlighet till sådan bromsning föreligger inte.

4.2.1.8 Bromsningsegenskaper vid backning. Vid backning på horisontell yta eller uppför en backe kan bromsning hos släpfordonet undvikas medelst en spärr. Denna föres i ingrepp manuellt men utlöses vanligen automatiskt när draganordningen utsättes för dragpåkänning då fordonskombinationen kör framåt. Vid backning utför en backe kan ingen bromsverkan från släpfordonet erhållas.

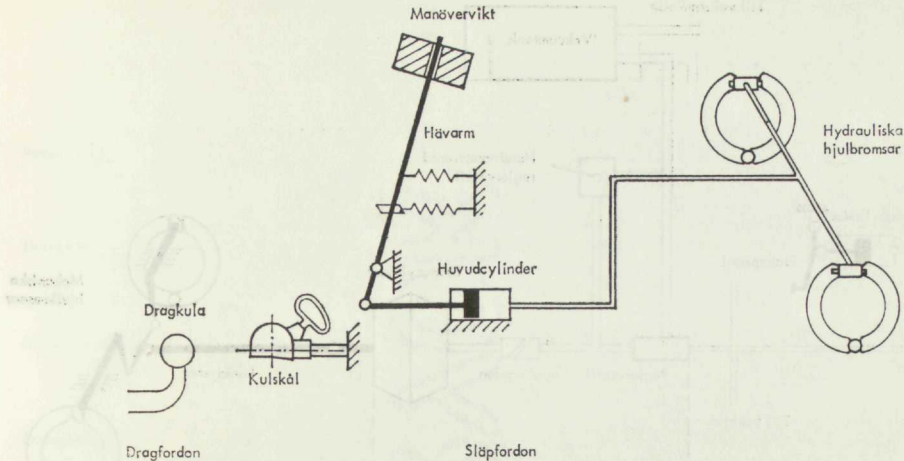
4.2.2 Pendelreglerad broms

4.2.2.1 Beskrivning och verknings sätt. Figur H.15 visar schematiskt en pendelreglerad broms. Under inverkan av den av dragfordonet inledda retardationen kommer på grund av tröghetskraften den i figur H.15 visade hävarmen med manövervikten att röra sig framåt i färdriktningen från viloläget och bygger via kolven i en huvudcylinder upp ett tryck, här kallat manövertryck, i släpfordonets

hydrauliska bromssystem. Om hävarmen överskrider sitt vertikala läge, adderas en kraftkomponent härrörande från den på vikten verkande tyngdkraften till den av retardationen beroende tröghetskraften. Mot dessa krafter verkar dels friktionskrafter, dels fjäderkrafter, vilka senare har till uppgift att återföra hävarmen och manövervikten till viloläget efter avslutad bromsning.

4.2.2.2 Fördröjning. Med denna bromstyp har inga försök utförts vid institutet. I det följande redovisas därför försöksresultat från en tysk undersökning utförd av H. Meyer¹. Separatbromsning med släpfordonet är ej möjlig. Med fördröjning avses sålunda här tidsavståndet mellan de tidpunkter vid vilka bromsoljetryck och manövertryck uppnått hälften av resp. slutvärde. I det enda exemplet i Meyers arbete är denna fördröjning 0,24 s.

¹ Meyer, H.: Masse-Hebel-Bremse für leichtere schnellaufende Einachsanhänger. — ATZ 1962, Heft 7.



Figur H.15. Pendelreglerad broms

4.2.2.3 Reglerfunktion. Denna uppvisar liksom hos påskjutsbromsen ett maximum omedelbart efter det att oljetryck börjat utbildas. Den stabila nivån ligger dock i detta fall på ca halva maximumtrycket. Enligt exemplet i anförda arbete har dragfordonets bromsoljetryck uppnått sitt maximumvärde ca 0,1 s innan oljetryck i släpfordonets bromssystem börjat utbildas. Även i detta fall har dragfordonets bromspedal nedtryckts så snabbt som möjligt (här ca 0,1 s).

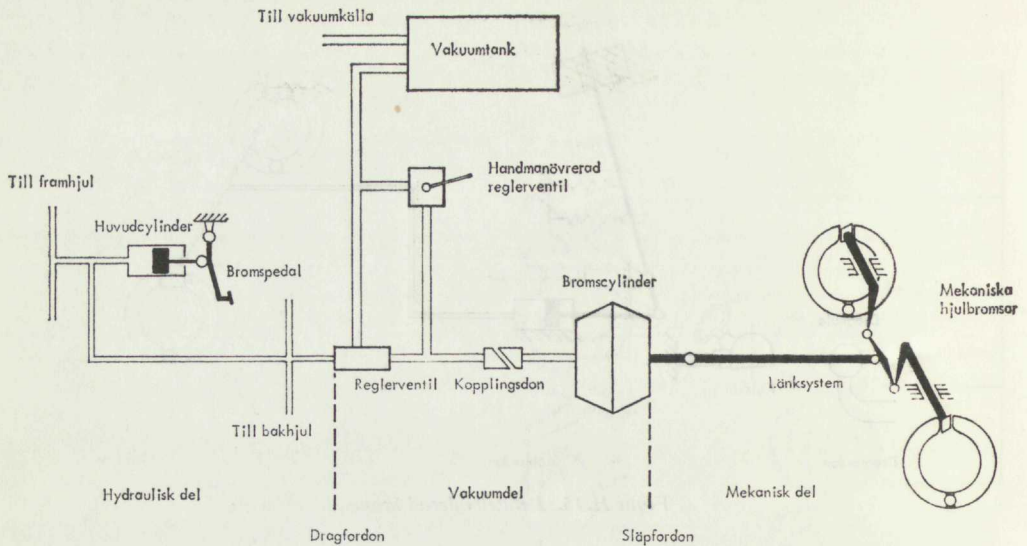
4.2.2.4 Inverkan av varierande belastning på dragfordonet. En på en ändring av dragfordonets massa beroende ändring av dess egenretardation ger en motsvarande ändring av fordonskombinationens verkliga retardation, vilket medför en ändring av hävarmsutslaget och därmed en anpassning av släpfordonets egenretardation till dragfordonets egenretardation.

4.2.2.5 Inverkan av varierande belastning på släpfordonet. Den pendelreglerade bromsen medger ingen automatisk anpassning av släpfordonets bromskraft till dess belastning. Exempelvis ger en

minskning av släpfordonets massa vid konstanthållande av dess bromskraft en ökning av dess egenretardation, vilket medför en ökning av fordonskombinationens egenretardation och därmed en ökning av bromskraften hos släpfordonet. En manuell anpassning av bromskraften till släpfordonets massa kan dock ske genom att pendellängden är variabel varjämte manöverbalker av olika storlek kan användas.

4.2.2.6 Separatbromsning med dragfordonet. Den lägsta retardation vid vilken den pendelreglerade bromsen skall träda i funktion kan inom vissa gränser fritt väljas genom olika fjäderspänningar. Bromsen kan inställas så, att den utan att träda i funktion medger en enbart genom bromsning med dragfordonet erhållen måttlig retardation hos fordonskombinationen. Detta medför dock att vid försiktig inbromsning, t. ex. vid halka, något bromskraftbidrag från släpfordonet inte erhålles.

4.2.2.7 Separatbromsning med släpfordonet. Möjlighet till sådan bromsning föreligger inte.



Figur H.16. Vakuumreglerad broms

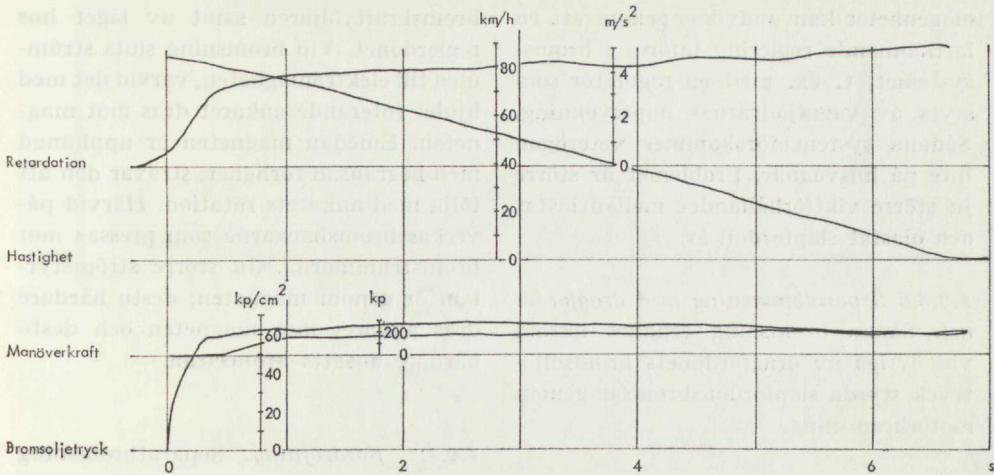
4.2.2.8 Bromsningsegenskaper vid backning. Backning på horisontell yta eller uppför en backe av begränsad lutning medför inga svårigheter. Ingen bromsverkan från släpfordonet kan erhållas vid backning utför en backe.

4.2.3 Vakuumreglerad broms

4.2.3.1 Beskrivning och verkningsställ. Vakuumreglersystem finns både för mekaniska och för hydrauliska släpfordonsbromsar. Dessa reglersystem består av vakuumtank, reglerventil, bromscylinder samt mekanisk eller hydraulisk förbindelse mellan bromscylinder och hjulbromsar. Figur H. 16 visar schematiskt en vakuum-mekanisk broms. Vakuum erhålles vanligen från bilmotorns insugningsrör. I ledningen mellan vakuumtanken och bromscylindern sitter reglerventilen. Denna styres av oljetrycket i dragfordonets bromssystem. I figuren visas även en med denna parallellkopplad handmanövrerad reglerventil. Ventilen är normalt stängd och öppnas vid bromsning. Bromscylindern delas i två kam-

mare av ett membran eller en kolv. Den ena kammaren står i förbindelse med atmosfären och den andra via den ovan nämnda ledningen med vakuumtanken. När reglerventilen öppnas, sugts luften ur den sistnämnda kammaren och tryckskillnaden medför att membranet eller kolven rör sig för att utjämna denna. Den så erhållna rörelsen överföres i det mekaniska fallet via linor och/eller stänger till hjulbromsarna. I det hydrauliska fallet är kolven i luftcylindern förbunden med en kolv i en hydraulisk huvudcylinder där ett av reglerventilens läge beroende tryck i släpfordonets bromssystem alstras. Huvudcylindern är på vanligt sätt förbunden med hjulbromsarna.

4.2.3.2 Fördröjning. Vid detta bromssystem är fördröjningen avsevärd och givetvis beroende av hastigheten med vilken bromspedalen nedtrampas. Den av institutet provade bromsen saknade det ovan nämnda handreglaget som medger separatbromsning med släpfordonet. Av denna anledning studeras även här



Figur H.17. Bromsning med lätt fordonskombination. Exempel på bromsningsförlopp vid släpfordon med vakuumbroms

den fördröjning som definieras av tidsavståndet mellan de tidpunkter vid vilka bromsoljetryck och manöverkraft uppnått hälften av resp. slutvärde. Vid institutets prov uppgick fördröjningen till 0,52—0,64 s. Hela tiden har snabbast möjliga ansättning av dragfordonets bromsar eftersträfvats (0,2—0,3 s). Vid prov utförda av statens maskinprovningar¹ har med vakuumbroms av samma fabrikat som den som använts av institutet erhållits tiden 2,1 s från bromsningens början tills full manöverkraft uppnåts. Andra fabrikat gav 1,6—2,8 s. Statens maskinprovningar har även funnit att fördröjningen vid bromsarnas släppning är avsevärd. Tiden från det bromsreglaget återförts till nolläget till dess bromsbackarna släppt befanns vara 2,3—5,0 s.

4.2.3.3 Reglerfunktion. Vid institutets prov har manöverkraft börjat utbildas då bromspedalkraften uppgått till 55—95 % av sitt maximivärde. Manöverkraften har sedan snabbt stigit till sitt maximivärde oavsett om bromspedal-

kraften ökats, konstanthållits eller till och med något minskats. Figur H. 17 visar ett exempel på registrering av bromsoljetryck, manöverkraft, hastighet och retardation som erhållits vid ett av institutet utfört bromsprov.

4.2.3.4 Inverkan av varierande belastning på dragfordonet. En ökning av dragfordonets belastning kommer med detta bromssystem att medföra att släpfordonet blir överbromsat i jämförelse med dragfordonet. För en fordonskombination bestående av personbil och husvagn är detta av mindre betydelse på grund av de snäva gränser inom vilka belastningen vanligen varierar hos personbilar.

4.2.3.5 Inverkan av varierande belastning på släpfordonet. På grund av att vid ett bromssystem av denna typ släpfordonets bromskraft styres av bromsoljetrycket i dragfordonets bromssystem oberoende av släpfordonets belastning, kommer det lastade släpfordonet att underbromsas, dvs. ge stora påskjutskrafter på dragbilen, medan hjullåsning kan inträffa i det fall släpfordonet är olastat. Dessa

¹ Statens maskinprovningar, Meddelande 1146.

olägenheter kan undvikas genom att en lastkännande reglering införes i bromssystemet, t. ex. med en regulator som styrs av vagnfjädrarnas hoptryckning. Sådana system förekommer veterligen inte på husvagnar. Problemet är större ju större viktförhållandet mellan lastat och olastat släpfordon är.

4.2.3.6 Separatbromsning med dragfordonet. Sådant bromsning erhålles liksom vid övriga av dragfordonets bromsoljetryck styrda släpfordonsbromsar genom motorbromsning.

4.2.3.7 Separatbromsning med släpfordonet. Genom att förse vakuumsystemet med den i figur H.16 visade handmanövrerade reglerventilen kan möjlighet till separatbromsning med släpfordonet erhållas.

4.2.3.8 Bromsningsegenskaper vid backning. Förhållandena är här analoga med dem gällande körning framåt.

4.2.4 Elektrisk broms

4.2.4.1 Beskrivning och verkningsätt. Ett elektriskt bromssystem består av strömkälla, reglerdon, bromskraftväljare samt hjulbromsar (figur H.18). Reglerdonet är i princip en reostat som styres av oljetrycket i dragfordonets bromssystem. Denna reostat kan även handmanövreras oberoende av dragbilens bromssystem. Bromskraftväljaren är kopplad i serie med reglerdonet. Denna är en reostat med vilken bromskraften för visst bromsoljetryck avses kunna inställas med hänsyn till last- och vägförhållanden. Hjulbromsen består av en på bromsskölden monterad elektromagnet, som mekaniskt påverkar bromsbackarna. På bromstrumman är monterat ett ankare. Manöverströmmen erhålles från strömkällan som vanligen är dragbilens ackumulator. Strömstyrkan beror av inställningen hos

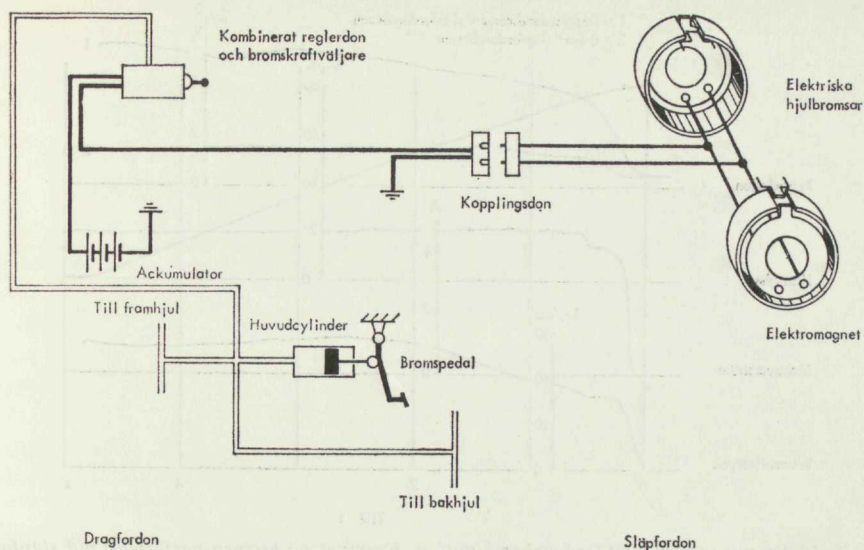
bromskraftväljaren samt av läget hos reglerdonet. Vid bromsning sluts strömmen till elektromagneten, varvid det med hjulet roterande ankaret dras mot magneten. Emedan magneten är upphängd med begränsad rörlighet, strävar den att följa med ankarets rotation. Härvid påverkas bromsbackarna som pressas mot bromstrummorna. Ju större strömstyrkan är genom magneten, desto hårdare dras ankaret mot magneten och desto hårdare ansätts bromsarna.

4.2.4.2 Fördröjning. Separatbromsning med släpfordonet har kunnat utföras vid väginstitutets prov med denna bromstyp. Här avses med fördröjning tidsavståndet mellan de tidpunkter vid vilka bromsoljetryck och retardation uppnått hälften av resp. slutvärde. Den betraktade retardationen har erhållits endast med hjälp av släpfordonets bromsar. Fördröjningen har vid försöken uppmätts till ca 0,15 s, dvs. samma storleksordning som för påskjutsbromsen. Tiden från bromsningens början till dess bromsbackarna vidrört bromstrummorna är enligt S. Bjerninger¹ ca 0,05 s. Vid försök vid statens maskinprovningar² har den elektriska bromsens släppningstid befunnits vara mindre än 0,1 s.

4.2.4.3 Reglerfunktion. Denna kan påverkas via bromskraftväljaren. Vid inställning för hög bromskraft har exempelvis vid bromsoljetrycket 40 kp/cm² erhållits tre gånger högre manöverström än vid inställning för låg bromskraft. Maximal manöverström är oberoende av bromskraftväljarens inställning men uppnås vid inställning för hög bromskraft vid ett

¹ S. Bjerninger, Investigations into braking of tractors and trailers. Uppsala 1959. Almqvist & Wiksells Boktryckeri AB.

² Statens maskinprovningar, Meddelande 1146,

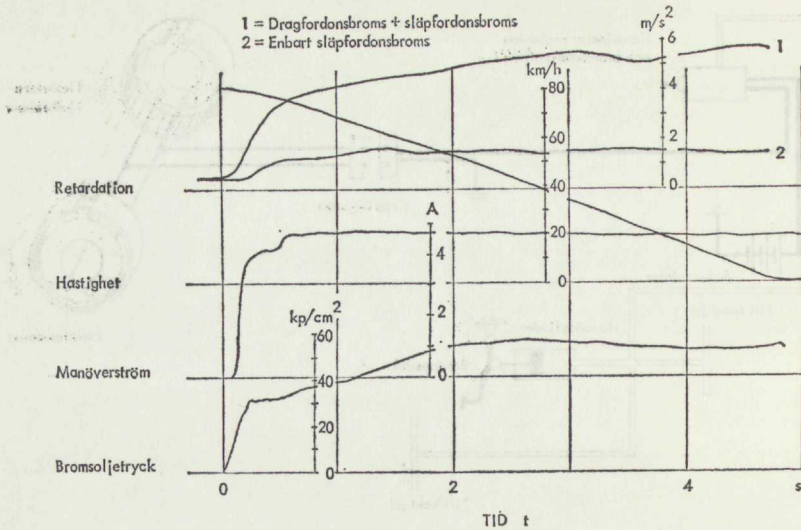


Figur H.18. Elektrisk broms

bromsoljetryck av 30—40 kp/cm² men vid inställning för låg bromskraft först vid ett bromsoljetryck av 80—90 kp/cm². Bromskraftväljaren besitter sålunda vid den av institutet provade bromstypen inte den avsedda egenskapen att reglera bromskraften med hänsyn till last- och vägförhållanden. Manöverström har i det förra fallet börjat utbildas vid ett bromsoljetryck av ca 15 kp/cm² och i det andra fallet vid ca 30 kp/cm². Uttryckt i tidsförskjutningar betyder inställning för låg bromskraft att tiden mellan bromsningens början och tidpunkten då manöverström börjat utbildas förlängs med 0,01—0,02 s jämfört med inställning för hög bromskraft. Tiden för full manöverström har befunnits vara 0,1—0,2 s längre vid inställning för låg än vid inställning för hög bromskraft. Figur H.19 visar ett exempel på registrering av bromsoljetryck, manöverström, hastighet och retardation som erhållits vid ett av institutet utfört bromsprov. Bromskraftväljaren var därvid inställd för hög bromskraft.

4.2.4.4 *Inverkan av varierande belastning på dragfordonet.* Liksom beträffande vakuumreglerade bromsar kommer en ökning av dragfordonets belastning att medföra att släpfordonet blir överbromsat i jämförelse med dragfordonet. Detta är dock av mindre betydelse för fordonskombinationer, vari ingår en husvagn, på grund av de snäva gränser inom vilka belastningen vanligen varierar hos därvid aktuella dragfordon.

4.2.4.5 *Inverkan av varierande belastning på släpfordonet.* För detta bromssystem gäller liksom för vakuumreglerade bromsar, att släpfordonets bromskraft styres av bromsoljetrycket i dragfordonets bromssystem oberoende av släpfordonets belastning. Detta medför att det lastade släpfordonet underbromsas, dvs. ger stora påskjutskrafter på dragfordonet, medan hjullåsning kan inträffa i det fall släpfordonet är olastat. Problemet är större ju större viktförhållandet är mellan lastat och olastat släpfordon. Dessa olägenheter kan undvikas genom att en



Figur H. 19. Bromsning med lätt fordonkombination. Exempel på bromsningsförlopp vid släpfordon med elektrisk broms

lastkännande reglering införes i bromssystemet t. ex. med en regulator som styrs av vagnfjädrarnas hoptryckning. Sådana system förekommer veterligen inte på husvagnar. I det fall bromskraftväljaren är utförd så, att den har avsedd verkan, föreligger dock viss, om än begränsad, möjlighet att manuellt reglera bromskraften efter släpfordonets belastning. Detta förutsätter dock såväl ömdöme som kunnande hos den som skall använda systemet.

4.2.4.6 Separatbromsning med dragfordonet. Sådant bromsning erhålles liksom vid övriga av dragfordonets bromsoljetryck styrd släpfordonsbromsar genom motorbromsning.

4.2.4.7 Separatbromsning med släpfordonet. Sådant bromsning erhålles med hjälp av det handreglage reglerventilen normalt är utrustad med.

4.2.4.8 Bromsningsegenskaper vid backning. Förhållandena är här analoga med dem gällande körning framåt.

4.2.5 Hydraulisk broms med vakuumservo

4.2.5.1 Beskrivning och verkningsätt. Vid denna broms har dragfordon och släpfordon var sitt hydrauliskt bromssystem. Släpfordonets bromssystem regleras av ett i dragfordonet placerat vakuunderstött servodon, som styres av bromsoljetrycket i dragfordonets bromssystem (figur H.20). Servodonet består av vakuumkolv, huvudcylinder för släpfordonets bromssystem samt reglerventil. Vakuum erhålles vanligen från bilmotorns insugningsrör. I obromsat läge är en ventil i förbindelseledningen mellan vakuumkälla och servodon öppen och vakuum råder på båda sidor om vakuumkolven. Vid bromsning får reglerventilen en mot trycket i dragfordonets bromssystem svarande rörelse varvid vakuumentilen stänges och luft av atmosfärtryck släppes in på vakuumkolvens ena sida. Tryckskillnaden mellan kolvens båda sidor medför, att kolven strävar att röra sig för att utjämna denna tryckskillnad. Vakuumkolven är stelt förbunden med hydraulkolven i huvudcylindern i släpfordonets bromssystem i vilket ett

bromsoljetryck, som påverkar släpfordonets hjulbromsar, uppbygges. Delbromsning erhålles genom att vid konstant tryck i dragfordonets bromsoljesystem reglerventilen intar ett sådant läge, att både vakuumventilen och inloppet för luft av atmosfärtryck är stängda. Någon direkt förbindelse mellan dragfordonets och släpfordonets bromssystem föreligger inte varför en skada på släpfordonets bromssystem inte inverkar på dragfordonets. En skada på dragfordonets bromssystem medför dock total förlust av bromsförmåga. Bortfall av vakuumunderstödet medför förlust av bromsförmåga hos släpfordonet.

4.2.5.2 Fördröjning. Uppgifter härom saknas då institutet inte utfört prov med denna broms och då tillgänglig litteratur inte behandlar denna fråga. Bromsens konstruktion medger dock teoretiskt fördröjningar av samma storleksordning som hos ett konventionellt hydrauliskt bromssystem.

4.2.5.3 Reglerfunktion. Även på denna punkt saknas tillräcklig information men teoretiskt föreligger dock möjlighet att vid denna bromstyp erhålla en reglerfunktion ekvivalent med den hos ett vanligt hydrauliskt bromssystem utan vakuumservo.

4.2.5.4 Inverkan av varierande belastning på dragfordonet. Följden av en ökning av dragfordonets belastning blir vid denna broms, liksom vid övriga av dragfordonets bromsoljetryck styrda släpfordonsbromsar, en överbromsning av släpfordonet i relation till dragfordonet.

4.2.5.5 Inverkan av varierande belastning på släpfordonet. Denna broms är givetvis i detta avseende analog med övriga av dragfordonets bromsoljetryck styrda släpfordonsbromsar. Sålunda medför en

ökning av släpfordonets belastning att detta vid konstant bromskraft blir underbromsat i förhållande till dragfordonet, vilket resulterar i ökad påskjutskraft på dragfordonet. En minskning av belastningen medför vid bromsning risk för hullåsning på släpfordonet.

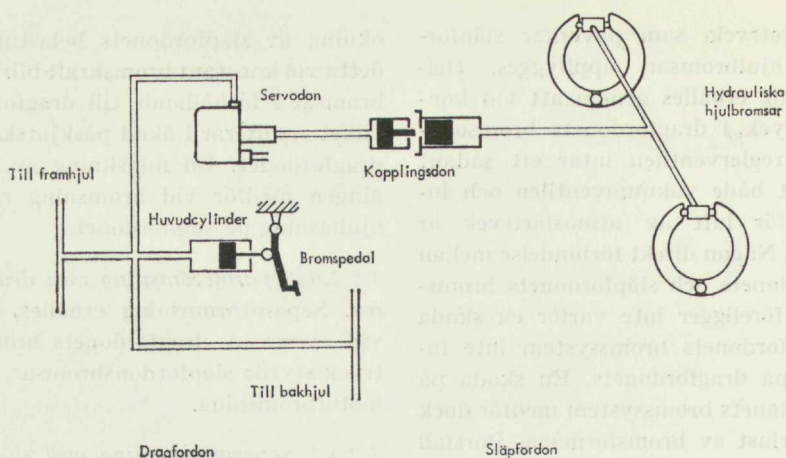
4.2.5.6 Separatbromsning med dragfordonet. Separatbromsning erhålles, liksom vid övriga av dragfordonets bromsoljetryck styrda släpfordonsbromsar, genom motorbromsning.

4.2.5.7 Separatbromsning med släpfordonet. Släpfordonet kan inte separatbromsas med denna bromstyp.

4.2.5.8 Bromsningsegenskaper vid backning. Samma förhållanden som vid körning framåt gäller härvid.

4.3 Jämförelse mellan pedalkraftstyrd och retardationsstyrd släpfordonsbroms

Vid bromsning av en fordonskombination kan släpfordonsbromsen enligt vad ovan anförts styras antingen av den på dragfordonets bromspedal utövade pedalkraften eller av retardationen. En pedalkraftstyrd släpfordonsbroms kan till sin verkan anpassas så, att bromsverkan sätter in samtidigt på drag- och släpfordon eller något tidigare på släpfordonet än på dragfordonet. I praktiken förekommande bromsar av denna typ har dock i många fall otillräcklig justerbarhet och dålig gradering av bromsverkan. En retardationsstyrd släpfordonsbroms kan inte ge bromskraft synkront med dragfordonet men har i stället den fördelen, att bromskraften automatiskt anpassas efter släpfordonets vikt. En nackdel med retardationsstyrd släpfordonsbroms är att någon bromsverkan inte kan erhållas från släpfordonet vid bromsning under backning utför en backe. Denna nackdel vidlåder ej pedalkraftstyrd släpfordonsbroms. Separatbromsning av släpfordonet kan



Figur H. 20. Hydraulisk broms med vakuumservo

vidare endast erhållas hos pedalkraftstyrda system.

Rätt utförd är således den pedalkraftstyrda släpfordonsbromsen i väsentliga avseenden överlägsen den retardationsstyrda. Den fordrar dock installation av bromsreglage i dragfordonet samt en mera komplicerad procedur vid till- och frånkoppling av släpfordonet. Risken att anslutning av släpfordonsbromsen bortglömmas vid tillkoppling av släpfordonet är uppenbar. Sammanfattningsvis torde, tekniskt sett, den pedalkraftstyrda släpfordonsbromsen ur trafiksäkerhetssynpunkt vara fördelaktigast förutsatt att inga långsamma servodon ingår i bromssystemet. I praktiken förefaller dock den tekniska standarden i fråga om justerbarhet och gradering ofta vara oroväckande låg. I förening med den retardationsstyrda släpfordonsbromsens enklare handhavande medför detta att en ändring av nu gällande bestämmelser angående släpfordonsbromsars verknings sätt för närvarande förefaller otillräckligt motiverad. Dessa bestämmelser föreskriver pedalkraftstyrd släpfordonsbroms för släpfordon med en totalvikt överstigande 1 500 kg. För lättare släpfordon är sålunda valet av bromstyp fritt.

4.4 Påskjutskraftens storlek

En påskjutskraft från släpfordonet på dragfordonet under inbromsning ökar riskerna för hopvikning (s. k. fällknivsverkan) av kombinationen och bör därför hållas så låg som möjligt (appendix H.2). Med hänsyn till att en del av släpfordonets tyngd vilar på dragfordonet kan en viss påskjutskraft inte undvikas vid en med hänsyn till friktionskoefficienten maximal inbromsning. Ett rimligt krav förefaller att vara att påskjutskraften inte får överstiga 10% av dragfordonets tjänstevikt vid en retardation av 6 m/s². Uppfyllandet av denna fordran medför att endast mycket lätta släpfordon kan tillåtas sakna bromsar. Denna påskjutskraft skall sålunda på släpfordonet utöva en bromskraft som motsvarar 60% av släpfordonets tyngd vid totalvikt. Följande ekvation kan uppställas

$$0,1 m_{tj}g = 0,6 m_{e\text{ tot}}g$$

där m_{tj} = dragfordonets tjänstevikt

$m_{e\text{ tot}}$ = släpfordonets totalvikt

g = tyngdaccelerationen

Härav fås
$$m_{e\text{ tot}} = \frac{1}{6} m_{tj}$$

Bromsar fordras sålunda för alla släpfordon vars totalvikt överstiger en sjättedel av dragfordonets tjänstevikt.

APPENDIX 1

Matematiskt underlag för teoretisk analys av lätta fordonskombinationers bromsförmåga

Ekvationer har framtagits för beräkning av retardationen under bromsning av en fordonskombination vid två olika släpfordonsbromstyper vardera vid två olika bromsningsfall. Släpfordonsbromstyperna är:

1. Pedalkraftstyrd släpfordonsbroms, varvid bromskraften vid släpfordonets hjul är proportionell mot den av dragfordonets hjul utvecklade bromskraften under förutsättning att inga hjul är låsta.

2. Retardationsstyrd släpfordonsbroms, här påskjutsbroms, dvs. bromskraften vid släpfordonets hjul är proportionell mot den i dragstängens vid bromsning av dragfordonet uppkomna påskjutskraften.

De två bromsningsfallen är:

Bromsningsfall A, som innebär, att framhjulen är bromsade till låsningsgränsen så att friktionsmaximum antagits gälla och att övriga hjul är bromsade men endast i specialfall ettdera eller båda hjulparen till låsningsgränsen.

Bromsningsfall B, som innebär, att framhjulen är låsta och dragfordonets bakhjul bromsade till låsningsgränsen samt att släpfordonets hjul är bromsade men endast i specialfall till låsningsgränsen.

Använda beteckningar:

Bromssträcka s (m)
 Delbromssträcka för n:te hastighetsintervallet s_n (m)
 Fordonskombinationens hastighet vid bromsningens början v (m/s)

Fordonskombinationens hastighet \dot{x} (m/s)
 n:te hastighetsintervallets undre gräns \dot{x}_{n-1} (m/s)
 n:te hastighetsintervallets övre gräns \dot{x}_n (m/s)
 Tyngdaccelerationen g (m/s²)
 Fordonskombinationens acceleration i färdriktningen (vid bromsning negativt värde) \ddot{x} (m/s²)
 Fordonskombinationens acceleration i färdriktningen vid n:te hastighetsintervallets undre gräns (vid bromsning negativt värde) \ddot{x}_{n-1} (m/s²)
 Fordonskombinationens acceleration i färdriktningen vid n:te hastighetsintervallets övre gräns (vid bromsning negativt värde) \ddot{x}_n (m/s²)
 Luftens täthet ρ (kg/m³)
 Medelbromsningsverkningsgrad η_{bm}
 Friktionskoefficient vid låst hjul μ_g
 Friktionsmaximum μ_{max}

För dragfordonet:

Avstånd mellan tyngdpunktens och framaxelcentrums projektioner på längdaxeln f (m)
 Avstånd mellan tyngdpunktens och bakaxelcentrums projektioner på längdaxeln b (m)

Avstånd mellan tyngdpunktens och dragkulecentrums projektioner på längdaxeln.....	a	(m)
Tyngdpunktens höjd över vägbanan.....	h	(m)
Dragkulecentrums höjd över vägbanan.....	h_k	(m)
Luftmotståndets angreppscentrums höjd över vägbanan.....	h_l	(m)
Massa.....	m	(kg)
Framhjulens sammanlagda bromskraft.....	B_{12}	(N)
Bakhjulens sammanlagda bromskraft.....	B_{34}	(N)
Framaxelbelastning.....	P_{12}	(N)
Bakaxelbelastning.....	P_{34}	(N)
En i dragfordonets längdriktning, på dragkulan verkande kraft.....	F_{kx}	(N)
En nedåt riktad, på dragkulan verkande kraft....	F_{kz}	(N)
Luftmotstånd.....	W_l	(N)
Luftmotstånd vid hastigheten v	W_{lv}	(N)
Frontarea.....	A	(m ²)
Luftmotståndskoefficient .	w_l	
Bromskraftfördelning, dvs. kvoten mellan sammanlagd bromskraft vid framhjulen och dito vid bakhjulen(när inget hjul är låst) Z		

För släpfordonet:

Avstånd mellan tyngdpunktens och dragkulecentrums projektioner på längdaxeln.....	a_e	(m)
Avstånd mellan tyngdpunktens och axelcentrums projektioner på längdaxeln	b_e	(m)
Tyngdpunktens höjd över vägbanan.....	h_e	(m)
Luftmotståndets angreppscentrums höjd över väg-		

banan.....	h_{le}	(m)
Massa.....	m_e	(kg)
Hjulens sammanlagda bromskraft.....	B_{56}	(N)
Luftmotstånd.....	W_{le}	(N)
Luftmotstånd vid hastigheten v	W_{lev}	(N)
Frontarea (reducerad med hänsyn till dragfordonets inverkan).....	A_{er}	(m ²)
Luftmotståndskoefficient .	w_{le}	
Kvoten mellan sammanlagd bromskraft vid släpfordonets hjul och dito vid dragfordonets framhjul (när inget hjul är låst)....	Z_{e12}	
Kvoten mellan sammanlagd bromskraft vid släpfordonets hjul och dito vid fordonskombinationens samtliga hjul (när inget hjul är låst).....	$Z_{e tot}$	
Kvoten mellan sammanlagd bromskraft vid släpfordonets hjul (när inget hjul är låst) och påskjutskraft i dragstången	$Z_{e F_{kx}}$	

Vid framtagandet av ett uttryck för retardationen har vid de olika fallen följande ekvationer använts:

Släpfordonsbromstyp 1 och bromsningsfall A

Jämviktsekvation för vridmomenten verkande på dragfordonet kring en tväraxel genom punkten R i figur 1:

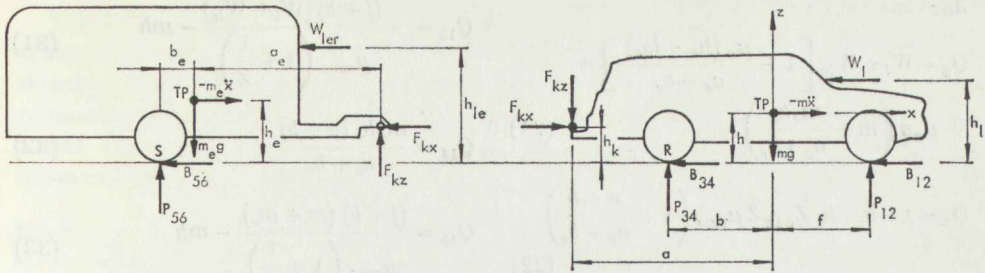
$$mgb - m\ddot{x}h + F_{kx}h_k - F_{kz}(a - b) - P_{12}(b + f) - W_l h_l = 0 \quad (1)$$

Jämviktsekvation för vridmomenten verkande på släpfordonet kring en tväraxel genom punkten S :

$$m_e g b_e - m_e \ddot{x} h_e - F_{kx} h_k - F_{kz} (a_e + b_e) - W_{le} h_{le} = 0 \quad (2)$$

Jämviktsekvation för krafter verkande i längdled på släpfordonet:

$$F_{kx} + W_{le} + m_e \ddot{x} + B_{56} = 0 \quad (3)$$



Figur 1. Kraftplan för lätt fordonkombination under bromsning vid körning rakt fram på horisontell vägbanå

Kraftekvationen ger:

$$\ddot{x} = - \frac{B_{12} + B_{34} + B_{56} + W_l + W_{le}}{m + m_e} \quad (4)$$

Enligt definitionen på dragfordonets bromskraftfördelning gäller, om inga hjul är låsta:

$$B_{12} = ZB_{34} \quad (5)$$

Då framhjulen är på låsningsgränsen, gäller:

$$B_{12} = \mu_{max} P_{12} \quad (6)$$

Vidare gäller för denna släpfordonsbromstyp:

$$B_{56} = Z_{e12} B_{12} \quad (7)$$

Efter eliminering av F_{kx} , F_{kz} , B_{12} , B_{34} , B_{56} och P_{12} ur dessa sju ekvationer, erhålles

$$\ddot{x} = \frac{W_{le} Q_1 - (W_l + W_{le}) Q_2 + Q_3}{m_e Q_4 + (m + m_e) Q_2 - mh} \quad (8)$$

där

$$Q_1 = (h_k - h_{le}) \left(\frac{a-b}{a_e + b_e} \right) + h_k \quad (9)$$

$$Q_2 = \frac{1}{1 + \frac{1}{Z} + Z_{e12}} \left[Z_{e12} h_k \left(1 + \frac{a-b}{a_e + b_e} \right) + \frac{f+b}{\mu_{max}} \right] \quad (10)$$

$$Q_3 = W_l h_l + g \left[m_e b_e \left(\frac{a-b}{a_e + b_e} \right) - mb \right] \quad (11)$$

$$Q_4 = (h_e - h_k) \left(\frac{a-b}{a_e + b_e} \right) - h_k \quad (12)$$

där

$$Z_{e12} = \frac{\frac{1}{Z} + 1}{\frac{1}{Z_{e\text{tot}}} - 1} \quad (13)$$

$$W_l = w_l A \frac{Q}{2} \dot{x}^2 \quad (14)$$

$$W_{le} = w_{le} A_{er} \frac{Q}{2} \dot{x}^2 \quad (15)$$

Släpfordonsbromstyp 1
och bromsningsfall B

Ekvationerna (1)–(4) gäller oförändrade enligt föregående.

Då framhjulen i detta fall är låsta, gäller

$$B_{12} = \mu_g P_{12} \quad (16)$$

och då bakhjulen är på låsningsgränsen, gäller

$$B_{34} = \mu_{max} P_{34} \quad (17)$$

Nu gäller för släpfordonets bromskraft

$$B_{56} = Z_{e12} ZB_{34} \quad (18)$$

Vidare gäller

$$P_{12} + P_{34} - mg - F_{kz} = 0 \quad (19)$$

Efter eliminering av F_{kx} , F_{kz} , B_{12} , B_{34} , B_{56} , P_{12} och P_{34} ur dessa åtta ekvationer erhålles

$$\ddot{x} = \frac{-\frac{Q_5 Q_6}{Q_7} + Q_8}{\frac{Q_9 Q_6}{Q_7} + Q_{10}} \quad (20)$$

där

$$Q_5 = W_l + W_{le} \left[1 + \frac{\mu_g (h_k - h_{le})}{a_e - b_e} \right] + \mu_g g \left(m + \frac{m_e b_e}{a_e + b_e} \right) \quad (21)$$

$$Q_6 = f + b - h_k Z_{e12} Z \mu_{max} \left(1 + \frac{a + b}{a_e + b_e} \right) \quad (22)$$

$$Q_7 = \mu_g - \mu_{max} \left[1 + Z_{e12} Z \left(1 + \frac{\mu_g h_k}{a_e + b_e} \right) \right] \quad (23)$$

$$Q_8 = \frac{a + f}{a_e + b_e} [W_{le} h_k - h_{le}] + m_e g b_e + W_{le} h_k + W_l h_l + g m f \quad (24)$$

$$Q_9 = m + m_e \left[1 + \frac{\mu_g (h_k - h_e)}{a_e + b_e} \right] \quad (25)$$

$$Q_{10} = - \frac{a + f}{a_e + b_e} m_e (h_k - h_e) - m_e h_k - m h \quad (26)$$

där Z_{e12} , W_l och W_{le} ges av ekvationerna (13)—(15).

Släpfordonsbromstyp 2 och bromsningsfall A

Ekvationerna (1)—(6) gäller oförändrade enligt föregående. För denna släpfordonsbromstyp gäller nu

$$B_{56} = Z_{e Fkx} F_{kx} \quad (27)$$

Efter eliminering av F_{kx} , F_{kz} , B_{12} , B_{34} , B_{56} och P_{12} ur dessa sju ekvationer erhålles

$$\ddot{x} = \frac{Q_{11} + W_{le} Q_{12} + Q_{13}}{Q_{14} - m_e Q_{12} + Q_{15}} \quad (28)$$

där

$$Q_{11} = \frac{a - b}{a_e + b_e} (m_e g b_e - W_{le} h_{le}) \quad (29)$$

$$Q_{12} = \frac{1}{1 + Z_{e Fkx}} \left[h_k \left(1 + \frac{a - b}{a_e + b_e} \right) + \frac{Z_{e Fkx} (f + b)}{\mu_{max} \left(1 + \frac{1}{Z} \right)} \right] \quad (30)$$

$$Q_{13} = - \frac{(f + b) (W_l + W_{le})}{\mu_{max} \left(1 + \frac{1}{Z} \right)} - m h \quad (31)$$

$$Q_{14} = \frac{m_e h_e (a - b)}{a_e + b_e} \quad (32)$$

$$Q_{15} = \frac{(f + b) (m + m_e)}{\mu_{max} \left(1 + \frac{1}{Z} \right)} - m h \quad (33)$$

där W_l och W_{le} ges av ekvationerna (14) och (15).

Släpfordonsbromstyp 2 och bromsningsfall B

Ekvationerna (1)—(4), (16), (17), (19) och (27) gäller som förut.

Efter eliminering av F_{kx} , F_{kz} , B_{12} , B_{34} , B_{56} , P_{12} och P_{34} ur dessa åtta ekvationer erhålles

$$\ddot{x} = - \frac{W_{le} Q_{17} + Q_{16} Q_{18} + Q_{19}}{m_e Q_{17} - Q_{16} m_e h_e + Q_{20}} \quad (34)$$

där

$$Q_{16} = \frac{1}{a_e + b_e} [\mu_{max} (f + b) + (\mu_{max} - \mu_g) (a - b)] \quad (35)$$

$$Q_{17} = \frac{1}{1 + Z_{e Fkx}} [h_k Q_{16} + f + b + h_k (\mu_{max} - \mu_g)] \quad (36)$$

$$Q_{18} = m_e g b_e - W_{le} h_{le} \quad (37)$$

$$Q_{19} = (f + b) (W_l + \mu_{max} m g) + (\mu_{max} - \mu_g) (W_l h_l - m g b) \quad (38)$$

$$Q_{20} = m [h (\mu_{max} - \mu_g) + f + b] \quad (39)$$

där W_l och W_{le} ges av ekvationerna (14) och (15).

Ekvationerna (8), (20), (28), och (34) användes för att beräkna accelerationen \ddot{x} vid värden på hastigheten \dot{x} från 0 till v för varje 2,5 m/s. För varje sådant hastighetsintervall beräknas sedan delbromssträckan. Därvid användes formeln

$$s_n = \frac{\dot{x}_{n-1}^2 - \dot{x}_n^2}{\ddot{x}_{n-1} + \ddot{x}_n}$$

där $\dot{x}_0 = 0$ och \ddot{x}_0 satts lika med \ddot{x}_1 .

Vid bromsning från hastigheten v till stillastående erhålles sålunda bromssträckan som summan av de på ovan nämnda sätt beräknade delbromssträckorna. Efter detta beräknas medelbromsningsverkningsgraden med formeln

$$\eta_{bm} = \frac{v^2}{2s \left[\mu_{max} g + \frac{W_{lv} + W_{lev}}{3(m + m_e)} \right]}$$

där
 $\frac{W_{lv} + W_{lev}}{3}$

är det integrerade luftmotståndets medelvärde.

För att beräkningar för de olika bromsningsfallen och släpfordonsbromstyperna vid olika värden på fordonsparametrarna skulle kunna utföras inom rimlig tid och till rimlig kostnad, utnyttjades datamaskin.

Nedan återges huvudprogrammet som är skrivet i Fortran IV. För programmets tolkning nödvändiga beteckningsförklaringar ges i följande tabell.

Beteckning i Fortranprogrammet	Ordinarie beteckning eller betydelse
F	f
B	b
A	a
AM	m
H	h
HK	h_k
CL	w_l
Y	A
HL	h_l
HE	h_e
CLE	A_{er}
HLE	h_{le}
AMY 7 (I)	μ_{max}
AME (J)	m_e
AE (J)	a_e
BE (J)	b_e
ZETOT (L, J)	$Z_{e\ tot}$
ZEF (L, J)	$Z_{e\ Fkx}$
Z (M)	Z
V (N)	\dot{x}
X 2	\ddot{x}
RETPF (N)	— \ddot{x} för släpfordonsbromstyp 1 och bromsningsfall A

RETPB (N)	— \ddot{x} för släpfordonsbromstyp 1 och bromsningsfall B
RETRF (N)	— \ddot{x} för släpfordonsbromstyp 2 och bromsningsfall A
RETRB (N)	— \ddot{x} för släpfordonsbromstyp 2 och bromsningsfall B
G	g
F1, F2, ..., F20	Q_1, Q_2, \dots, Q_{20}
P34	P_{34}
PE	Släpfordonets axelbelastning
D12	— B_{12}
D34	— B_{34}
DE	— B_{66}
DSPF (N)	s_n vid släpfordonsbromstyp 1 och bromsningsfall A
DSPB (N)	s_n vid släpfordonsbromstyp 1 och bromsningsfall B
DSRF (N)	s_n vid släpfordonsbromstyp 2 och bromsningsfall A
DSRB (N)	s_n vid släpfordonsbromstyp 2 och bromsningsfall B
SPF (N)	s vid släpfordonsbromstyp 1 och bromsningsfall A
SPB (N)	s vid släpfordonsbromstyp 1 och bromsningsfall B
SRF (N)	s vid släpfordonsbromstyp 2 och bromsningsfall A
SRB (N)	s vid släpfordonsbromstyp 2 och bromsningsfall B
BVGPF (N3)	Bromsningsverkningsgrad vid släpfordonsbromstyp 1 och bromsningsfall A
BVGPB (N3)	Bromsningsverkningsgrad vid släpfordonsbromstyp 1 och bromsningsfall B
BVGRF (N3)	Bromsningsverkningsgrad vid släpfordonsbromstyp 2 och bromsningsfall A
BVG RB (N3)	Bromsningsverkningsgrad vid släpfordonsbromstyp 2 och bromsningsfall B

BVGMPF (N3) η_{mb} vid släpfordons-
bromstyp 1 och broms-
ningsfall A
BVGMPB (N3) η_{bm} vid släpfordons-
bromstyp 1 och broms-
ningsfall B

BVGMRF (N3) η_{bm} vid släpfordons-
bromstyp 2 och
bromsningsfall A
BVGMRB (N3) η_{bm} vid släpfordons-
bromstyp 2 och broms-
ningsfall B

```

$IBJOB
$IBFTC KBRMS
C 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
LÄTTA FORDONSKOMBINATIONERS BROMSFÖRMÅGA
DIMENSION AMY 7(4),AME(4),AE(4),BE(4),ZETOT(4,4),
1 ZEF (4,4),Z(4), V(10), RETPF(10),
2 RETPB(10), RETRF(10), RETRB(10),
3 BVGPF(3),BVGPB(3),BVGRF(3),BVGRB(3),DSPF(10),DSPB(10),DSRF(10),
4 DSRB(10), SPF(10), SPB(10), SRF(10),
5 SRB(10),BVGMPF(4),BVGMPB(4),BVGMRF(4),BVGMRB(4),WL(10),WLE(10)
READ (5,1) F,B,A,AM,H,HK,CL,Y,HL,HE,CLE,YER,HLER,(AMY 7(I),I=1,4),
1 (AME(J),AE(J),BE(J),(ZETOT(L,J),ZEF (L,J),L=1,4),J=1,4),
2 (Z(M),M=1,4),(V(N),N=1,10)
WRITE (6,2)
2 FORMAT (1H6,29X,44HF B A M H HK CL Y,
1 31H HL HE CLE YER HLER)
WRITE (6,3) F,B,A,AM,H,HK,CL,Y,HL,HE,CLE,YER,HLER
3 FORMAT (26X , 3F6.2 , F7.0 , 9F6.2 / 1H1/1H-/1H0)
N1=0
G=9.81
DL=F+B
DO 11 I=1,4
AMY17=AMY 7(I)
DO 11 J=1,4
SL=AE(J)+BE(J)
DO 11 L=1,4
ZEFKX=ZEF (L,J)
DO 11 M=1,4
KSWI=0
ZE12=(1./Z(M)+1.)*ZETOT(L,J)/(1.-ZETOT(L,J))
KOLL1=0
DO 10 N=1,10
AMY100=AMY 7(I)*(1.-0.0165*V(N))
N1=N1+1
IF (N1-10) 21,21,22
21 WL(N)=CL*Y*0.613*V(N)**2
WLE(N)=CLE*YER*0.613*V(N)**2
22 IF (KSWI.EQ.1) GO TO 10
F1=(HK-HLER)*(A-B)/SL+HK
F2=(ZE12*HK*(1.+(A-B)/SL)+DL /AMY17)/(1.+1./Z(M)+ZE12)
F3=WL(N)*HL+G*(AME(J)*BE(J)*(A-B)/SL-AM*B)
F4=(HE-HK)*(A-B)/SL-HK
X2=(WLE(N)*F1-(WL(N)+WLE(N))*F2+F3)/
1 (AME(J)*F4+(AM+AME(J))*F2-AM*H)
RETPF(N)=-X2
F25=AM*(X2*H+G*F)+WL(N)*HL
F26=((A+F)*(AME(J)*(G*BE(J)-X2*HE)-WLE(N)*HLER))/SL
F27=ZE12*((AM+AME(J))*X2+WL(N)+WLE(N))/(1.+1./Z(M)+ZE12)
P34=(F25+F26 -HK*(1.+(A+F)/SL)*(F27-WLE(N)-AME(J)*X2))/DL
F28=AME(J)*(X2*(HE-HK)+G*AE(J)+WLE(N)*(HLER-HK)
PE=(HK*F27+F28)/SL
D12=((AM+AME(J))*X2+WL(N)+WLE(N))/(1.+1./Z(M)+ZE12)
D34=D12/Z(M)
DE=ZE12*D12
D34LIM=-AMY17*P34
DELIM=-AMY17*PE
IF (ABS(D34).GT.ABS(D34LIM)) GO TO 30
IF (ABS(DE).GT.ABS(DELIM)) GO TO 31
GO TO 70
30 IF (ABS(DE).GT.ABS(DELIM)) GO TO 31
GO TO 31
31 KSWI=1
GO TO 10
70 IF (N.EQ.1) GO TO 24
CSPF(N)=(V(N)**2-V(N-1)**2)/(RETPF(N)+RETPF(N-1))
SPF(N)=SPF(N-1)+ØSPF(N)
GO TO 71
24 DSPF(1)=V(1)**2/(RETPF(1)*2.)

```

```

SPF(1)=DSPF(1)
71 IF (KOLL1.EQ.1) GO TO 72
F5=W(L(N)+WLE(N)*(1.+AMY100*(HK-HLER)/SL)+AMY100*G*(AM+AME(J))*BE(J)
1 /SL)
F6= DL-HK*ZE12*Z(M)*AMY17*(1.+(A+F)/SL)
F7=AMY100-AMY17*(1.+ZE12*Z(M)*(1.+AMY100*HK/SL))
F8=(A+F)*(WLE(N)*(HK-HLER)+AME(J)*G*BE(J))/SL+WLE(N)*HK+W(L(N))*HL+
1 G*AM*F
F9=AM+AME(J)*(1.+AMY100*(HK-HE)/SL)
F10=- (A+F)*(AME(J)*(HK-HE))/SL-AME(J)*HK-AM*H
X2=(-F5*F6/F7+F8)/
1 (F9*F6/F7+F10)
RETPB(N)=-X2
F29=(AME(J)*X2*(HE-HK)+WLE(N)*(HLER-HK))/SL
F30= (AME(J)*G*BE(J))/SL+((AM+AME(J))*X2+W(L(N)+WLE(N))/AMY100+AM*G
F31=(1./AMY100-1./AMY17)/Z(M)+ZE12/AMY100+ZE12*HK/SL
PE=HK*ZE12*(-F29+F30)/(SL*F31)+F29+AME(J)*G*AE(J)/SL
DE=ZE12*(-F29+F30)/F31
DELIM=-AMY17*PE
IF (ABS(DE).GT.ABS(DELIM)) KOLL1=1
IF (KOLL1.EQ.1) N4=N
IF (N.EQ.1) GO TO 25
DSPB(N)=(V(N)**2-V(N-1)**2)/(RETPB(N)+RETPB(N-1))
SPB(N)=SPB(N-1)+DSPB(N)
GO TO 72
25 DSPB(1)=V(1)**2/(RETPB(1)*2.)
SPB(1)=DSPB(1)
72 F11=(A-B)*(AME(J)*G*BE(J)-WLE(N)*HLER)/SL
F12=(HK*(1.+(A-B)/SL)+ZEFKX*DL/(AMY17*(1.+1./Z(M))))/(1.+ZEFKX)
F13 = -DL *(W(L(N)+WLE(N))/(AMY17*(1.+1./Z(M)))-AM*G*B+W(L(N))*HL
F14=AME(J)*HE*(A-B)/SL
F15 = DL *(AM+AME(J))/(AMY17*(1.+1./Z(M)))-AM*H
X2=(F11+WLE(N)*F12+F13)/
1 (F14-AME(J)*F12+F15)
RETRF(N)=-X2
IF (N.EQ.1) GO TO 26
DSRF(N)=(V(N)**2-V(N-1)**2)/(RETRF(N)+RETRF(N-1))
SRF(N)=SRF(N-1)+DSRF(N)
GO TO 27
26 DSRF(1)=V(1)**2/(RETRF(1)*2.)
SRF(1)=DSRF(1)
27 IF (KOLL1.EQ.1) GO TO 28
DMY=AMY17-AMY100
F16= ( DL *AMY17+DMY*(A-B))/SL
F17={HK*F16+F+B+HK*DMY}/(1.+ZEFKX)
F18=AME(J)*G*BE(J)-WLE(N)*HLER
F19= DL *(W(L(N)+AM*G*AMY17)+DMY*W(L(N))*HL-DMY*AM*G*B
F20=AM*(DMY*H+ DL )
X2=- (WLE(N)*F17+F16*F18+F19)/
1 (AME(J)*F17-F16*AME(J)*HE+F20)
RETRB(N)=-X2
IF (N.EQ.1) GO TO 29
DSRB(N)=(V(N)**2-V(N-1)**2)/(RETRB(N)+RETRB(N-1))
SRB(N)=SRB(N-1)+DSRB(N)
GO TO 28
29 DSRB(1)=V(1)**2/(RETRB(1)*2.)
SRB(1)=DSRB(1)
28 GO TO (10,10,10,10,10,12,10,13,10,14),N
12 N3=1
GO TO 16
13 N3=2
GO TO 16
14 N3=3
GO TO 16
16 DIV=AMY17*G+ (W(L(N)+WLE(N)) / (AM+AME(J))
BVGPF(N3)=RETPF(N)/DIV*1000.

```

```

BVGPB(N3)=RETPB(N)/DIV*1000.
BVGRF(N3)=RETRF(N)/DIV*1000.
BVGRB(N3)=RETRB(N)/DIV*1000.
DIV=AMY17*G+((WL(N)+WLE(N))/3.)/(AM+AME(J))
BVGMPF(N3)=V(N)**2./(2.*SPF(N))/DIV*1000.
IF (KOLL1.EQ. 1) GO TO 80
BVGMPB(N3)=V(N)**2./(2.*SPB(N))/DIV*1000.
80 BVGMRF(N3)=V(N)**2./(2.*SRF(N))/DIV*1000.
IF (KOLL1.EQ. 1) GO TO 81
BVGMRB(N3)=V(N)**2./(2.*SRB(N))/DIV*1000.
81 IF (N-10) 10,17,17
17 WRITE (6,4)
WRITE(6,5) I,J,L,M,AMY17,AME(J),AE(J),BE(J),ZETOT(L,J), Z(M),
1 BVGPF(1),BVGPF(2),BVGPF(3),SPF(6),SPF(8),SPF(10),
2 DSPF(1),DSPF(2),DSPF(3),DSPF(4),DSPF(5),DSPF(6),DSPF(7),DSPF(8),
3 DSPF(9),DSPF(10),BVGMPF(1),BVGMPF(2),BVGMPF(3)
IF (KOLL1.EQ.1) GO TO 18
WRITE(6,6) I,J,L,M,AMY17,AME(J),AE(J),BE(J),ZETOT(L,J), Z(M),
1 BVGPB(1),BVGPB(2),BVGPB(3),SPB(6),SPB(8),SPB(10),
2 DSPB(1),DSPB(2),DSPB(3),DSPB(4),DSPB(5),DSPB(6),DSPB(7),DSPB(8),
3 DSPB(9),DSPB(10),BVGMPB(1),BVGMPB(2),BVGMPB(3)
GO TO 19
18 WRITE (6,110) N4
19 WRITE(6,7) I,J,L,M,AMY17,AME(J),AE(J),BE(J), ZEFKX,Z(M),
1 BVGRF(1),BVGRF(2),BVGRF(3),SRF(6),SRF(8),SRF(10),
2 DSRF(1),DSRF(2),DSRF(3),DSRF(4),DSRF(5),DSRF(6),DSRF(7),DSRF(8),
3 DSRF(9),DSRF(10),BVGMRF(1),BVGMRF(2),BVGMRF(3)
IF (KOLL1.EQ.1) GO TO 20
WRITE(6,8) I,J,L,M,AMY17,AME(J),AE(J),BE(J), ZEFKX,Z(M),
1 BVGRB(1),BVGRB(2),BVGRB(3),SRB(6),SRB(8),SRB(10),
2 DSRB(1),DSRB(2),DSRB(3),DSRB(4),DSRB(5),DSRB(6),DSRB(7),DSRB(8),
3 DSRB(9),DSRB(10),BVGMRB(1),BVGMRB(2),BVGMRB(3)
GO TO 78
20 WRITE (6,110) N4
78 IF (I+J+L+M+N-26) 10,77,77
77 WRITE (6,9) N1
10 CONTINUE
11 CONTINUE
1 FORMAT (3F4.2,F5.0,9F4.2,4F3.2/,4(F5.0,2F4.2,8F3.2/),4F3.2,10F3.1)
4 FORMAT (1H0, 47HIJLM MY17 ME AE BE ZETOT ZEFK Z E6 E8,
1 60H E10 S54 S72 S90 DS1 DS2 DS3 DS4 DS5 DS6 DS7 DS8 DS9DS10,
2 23HEM6 EM8 EM10 TYP 3 2 1)
5 FORMAT (1X,4I1,F5.2,F6.0,3F5.2,5H ,F5.2,3F4.0,3F5.1,10F4.1,
1 3F4.0,11H PED 0)
6 FORMAT (1X,4I1,F5.2,F6.0,3F5.2,5H ,F5.2,3F4.0,3F5.1,10F4.1,
1 3F4.0,11H PED 0 L)
7 FORMAT (1X,4I1,F5.2,F6.0,2F5.2,5H ,2F5.2,3F4.0,3F5.1,10F4.1,
1 3F4.0,11H RET 0)
8 FORMAT (1X,4I1,F5.2,F6.0,2F5.2,5H ,2F5.2,3F4.0,3F5.1,10F4.1,
1 3F4.0,11H RET 0 L)
9 FORMAT (32X , I6)
110 FORMAT (41X,34HSLÄPFORDONETS HJUL LÅSTA T O M N=,I2)
STOP
END

```


APPENDIX 2

Påskjutskraftens inverkan på den dynamiska stabiliteten under bromsning hos en lätt fordonskombination vid låsning av dragfordonets bakhjul

Undersökningen behandlar en fordonskombination bestående av ett tvåaxligt dragfordon med tillkopplat enaxligt släpfordon, släpkärra. Fordonskombinationen tänkes bromsad så att dragfordonets bakhjul låses, varvid antages att dess tyngdpunkts hastighet kan betraktas som konstant med oförändrad riktning under det betraktade tidsintervallet.¹ Vidare antages att släpfordonets tyngdpunkt under det aktuella intervallet rör sig utefter samma linje som dragfordonets tyngdpunkt, se figur 1.

Använda beteckningar:

Tyngdaccelerationen g (m/s²)
 Vinkel mellan dragfordonets och släpfordonets längdaxlar Φ (rad)
 Konstant k
 Friktionskoefficient mellan hjul och vägbana vid låst hjul μ_0

För *dragfordonet*:

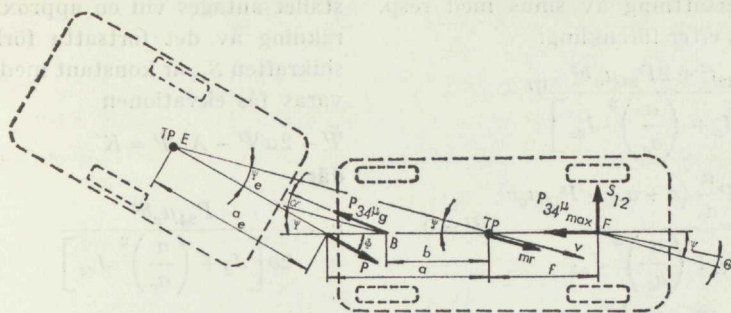
Tyngdpunkt TP
 Avstånd mellan tyngdpunktens och framaxelcentrums projektioner på längdaxeln f (m)
 Avstånd mellan tyngdpunktens och bakaxelcentrums projektioner på längdaxeln b (m)

Avstånd mellan tyngdpunktens och dragkulecentrums projektioner på längdaxeln a (m)
 Massa m (kg)
 En i släpfordonets längdriktning, på dragkulan verkande kraft, påskjutskraften P (N)
 Bakaxelbelastning P_{34} (N)
 Sammanlagd sidkraft på framhjulen S_{12} (N)
 Masströghetsmoment med avseende på en vertikal axel genom tyngdpunkten J_z (kgm²)
 Tyngdpunktens hastighet v (m/s)
 Tyngdpunktens retardation r (m/s²)
 Sammanlagd sidkraftskoefficient för framhjulen C_{12} (N/rad)
 Vinkeln mellan rörelseriktningarna för tyngdpunkt och bakaxelcentrum α (rad)
 Avdriftsvinkel för framhjulen δ_{12} (rad)
 Vinkel mellan rörelseriktningarna för tyngdpunkt och framaxelcentrum θ (rad)
 Vinkel mellan fordonets längdaxel och den vid tiden $t = 0$ rådande färdriktningen, girvinkeln Ψ (rad)

För *släpfordonet*:

Tyngdpunkt $TP E$
 Avstånd mellan tyngdpunktens och dragkulecentrums projektioner på längd-

¹ Ingeniörsvetenskapsakademien, Transportforskningskommissionen. Meddelande nr. 48, Vägfordons kursstabilitet, s. 53.



Figur 1. Kraftplan för lätt fordonskombination vid låsning av dragfordonets bakhjul

axeln..... a_e (m)
 Masströghetsmoment med avseende på en vertikal axel genom tyngdpunkten J_{ez} (kgm^2)
 Vinkel mellan fordonets längdaxel och den vid tiden $t = 0$ rådande färdriktningen, girvinkeln..... Ψ_e (rad)

Vinklarna Ψ , Φ , α , Θ , och Ψ_e enligt figur 1 antas så små, att cosinus kan sättas lika med ett och sinus resp. tangens lika med vinkeln i radianer.

På framhjulen verkar sidkraften S_{12} vinkelrätt mot fordonets längdaxel, emedan framhjulen antas parallella med denna. Sidkraften antages proportionell mot avdriftsvinkeln δ_{12} , som i detta fall blir lika med vinkeln mellan längdaxeln och framaxelcentrums rörelseriktning.

$$S_{12} = C_{12} \delta_{12}$$

eller $S_{12} = C_{12} (\Psi - \Theta)$ men

$$\Theta = \text{tg} \Theta = \frac{f \dot{\Psi}}{v}$$

$$\text{alltså } S_{12} = C_{12} \left(\Psi - \frac{f \dot{\Psi}}{v} \right)$$

$$C_{12} \approx k (mg - P_{34})$$

där C_{12} = sammanlagd sidkraftskoefficient för dragfordonets framhjul

δ_{12} = avdriftsvinkel för dragfordonets framhjul

m = dragfordonets massa

P_{34} = dragfordonets bakaxelbelastning

k = konstant

På bakhjulen verkar friktionskraften $P_{34} \mu_g$. Den betraktas liksom sidkraften som angripande axelcentrum. Riktningen är rakt motsatt dettas hastighet, dvs. bildar vinkeln $\Psi + \alpha$ med längdaxeln.

$$\alpha = \text{tg} \alpha = \frac{b \dot{\Psi}}{v}$$

varför vinkeln blir $\Psi + \frac{b \dot{\Psi}}{v}$

Beträffande den påskjutande kraften P gäller för dess vinkel Φ med dragfordonets längdaxel:

$$\Phi = \Psi + \Psi_e \text{ men } \Psi_e = \frac{\Psi a}{a_e}$$

(sinusteoremet)

$$\text{varför } \Phi = \Psi \frac{a + a_e}{a_e}$$

Momentekvationen kring TP ger:

$$- P_{34} \mu_g b \sin (\Psi + \alpha) + Pa \sin \Phi + S_{12} f = J_z \ddot{\Psi} + \left(\frac{a}{a_e} \right)^2 J_{ez} \ddot{\Psi}$$

där J_z = dragfordonets masströghetsmoment med avseende på en vertikal axel genom tyngdpunkten

J_{ez} = släpfordonets masströghetsmoment med avseende på en vertikal axel genom tyngdpunkten

Efter ersättning av sinus med resp. vinkel fås efter förenkling:

$$\ddot{\Psi} + \frac{2C_{12}f^2 + 2P_{34}\mu_g b^2}{2v \left[J_z + \left(\frac{a}{a_e} \right)^2 J_{ez} \right]} \dot{\Psi} - \frac{C_{12}f + P \frac{a}{a_e} (a + a_e) - P_{34}\mu_g b}{J_z + \left(\frac{a}{a_e} \right)^2 J_{ez}} \Psi = 0$$

eller $\ddot{\Psi} + 2u\dot{\Psi} - A\Psi = 0$

Den karakteristiska ekvationen har lösningen:

$$D_1 = -u + \sqrt{u^2 + A}$$

$$D_2 = -u - \sqrt{u^2 + A}$$

$$u = \frac{C_{12}f^2 + P_{34}\mu_g b^2}{2v \left[J_z + \left(\frac{a}{a_e} \right)^2 J_{ez} \right]}$$

$$A = \frac{C_{12}f + P \frac{a}{a_e} (a + a_e) - P_{34}\mu_g b}{J_z + \left(\frac{a}{a_e} \right)^2 J_{ez}}$$

Instabilitet föreligger så länge som A är positivt. Positivt värde på P ökar således instabiliteten. Stabilitet uppnås vid stort negativt värde på P . Detta fall behandlas inte här. Värdet på P är beroende av släpfordonets bromsutrustning.

Lösningen på differentialekvationen blir:

$$\Psi = Q_1 e^{D_1 t} + Q_2 e^{D_2 t}$$

$$\dot{\Psi} = Q_1 D_1 e^{D_1 t} + Q_2 D_2 e^{D_2 t}$$

$$\ddot{\Psi} = Q_1 D_1^2 e^{D_1 t} + Q_2 D_2^2 e^{D_2 t}$$

Stort tröghetsmoment på enaxligt släpfordon minskar A , dvs. gör förloppet långsammare. När avdriftsvinkeln för dragfordonets framhjul (δ_{12}) uppnått värdet $\approx 5^\circ$, antages tillgänglig friktionskraft vara helt utnyttjad. Efter tidpunkten för detta gäller således ej den antagna förutsättningen, att sidkraften är proportionell mot avdriftsvinkeln. I

stället antages vid en approximativ beräkning av det fortsatta förloppet, att sidkraften S_{12} är konstant med värdet K , varav fås ekvationen

$$\ddot{\Psi} + 2u\dot{\Psi} - A'\Psi = K'$$

där

$$u' = \frac{P_{34}\mu_g b^2}{2v \left[J_z + \left(\frac{a}{a_e} \right)^2 J_{ez} \right]}$$

$$A' = \frac{P \frac{a}{a_e} (a + a_e) - P_{34}\mu_g b}{J_z + \left(\frac{a}{a_e} \right)^2 J_{ez}}$$

$$K' = \frac{Kf}{J_z + \left(\frac{a}{a_e} \right)^2 J_{ez}}$$

Den karakteristiska ekvationen har lösningen

$$D_1 = -u' + \sqrt{u'^2 + A'}$$

$$D_2 = -u' - \sqrt{u'^2 + A'}$$

I. Om $u'^2 + A' > 0$, fås lösningen

$$\Psi = Q_1 e^{D_1 t'} + Q_2 e^{D_2 t'} - \frac{K'}{A'}$$

$$\dot{\Psi} = Q_1 D_1 e^{D_1 t'} + Q_2 D_2 e^{D_2 t'}$$

$$\ddot{\Psi} = Q_1 D_1^2 e^{D_1 t'} + Q_2 D_2^2 e^{D_2 t'}$$

II. Om $u'^2 + A' = 0$, fås lösningen

$$\Psi = e^{-u't'} (Q_1 + Q_2 t') - \frac{K'}{A'}$$

$$\dot{\Psi} = e^{-u't'} [-Q_1 u' + Q_2 (1 - u't')]$$

$$\ddot{\Psi} = e^{-u't'} [Q_1 u'^2 + Q_2 (u'^2 t' - 2u')]$$

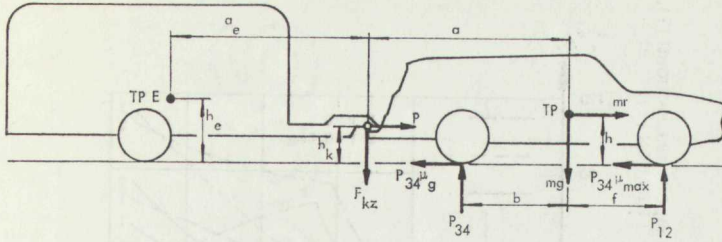
III. Om $u'^2 + A' < 0$, fås lösningen

$$\Psi = e^{-u't'} (Q_1 \cos q t' + Q_2 \sin q t') - \frac{K'}{A'}$$

$$\dot{\Psi} = e^{-u't'} [(-Q_1 u' + Q_2 q) \cos q t' - (Q_1 q + Q_2 u') \sin q t']$$

$$\ddot{\Psi} = e^{-u't'} \{ [Q_1 (u'^2 - q^2) - 2Q_2 q u'] \cos q t' + [2Q_1 q u' + Q_2 (u'^2 - q^2)] \sin q t' \}$$

där $q = \sqrt{-(u'^2 + A')}$



Figur 2. Kraftplan för lätt fordonskombination vid låsning av dragfordonets bakhjul. Horisontalvby

Q_1 och Q_2 bestäms av nedanstående randvillkor.

Då $\delta_{12} = 5^\circ$ är $t = t_1$
 $t' = 0$ för $t = t_1$

Randvillkoren blir alltså

$$\Psi(t' = 0) = \Psi(t = t_1)$$

$$\dot{\Psi}(t' = 0) = \dot{\Psi}(t = t_1)$$

$$\ddot{\Psi}(t' = 0) = \ddot{\Psi}(t = t_1)$$

Beräkningar har genomförts för två fall. I fall 1 är påskjutskraften $P = 0$ och i fall 2 ungefär 10 % av dragfordonets tyngd, dvs. $P \approx 0,1 mg$. Övriga data framgår av det följande.

För dragfordonet:

Avstånd mellan tyngdpunktens och framaxelcentrums projektioner på längdaxeln..... $f = 1,3$ m

Avstånd mellan tyngdpunktens och bakaxelcentrums projektioner på längdaxeln..... $b = 1,3$ m

Avstånd mellan tyngdpunktens och dragkulecentrums projektioner på längdaxeln..... $a = 2,5$ m

Tyngdpunktens höjd över vägbanan..... $h = 0,55$ m

Dragkulecentrums höjd över vägbanan $h_k = 0,35$ m

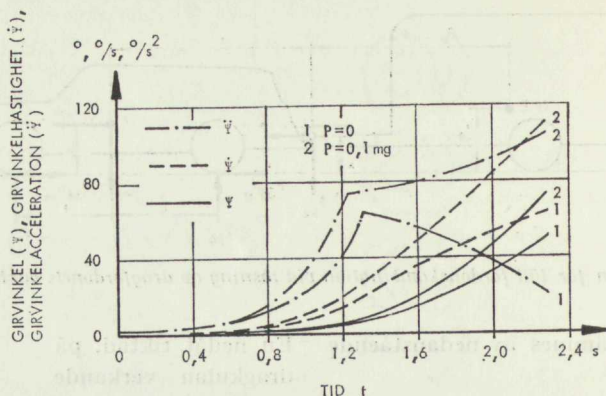
Massa..... $m = 1\,260$ kg

En nedåt riktad, på dragkulan verkande kraft..... $F_{kz} = 500$ N
 Masströghetsmoment med avseende på en vertikal axel genom tyngdpunkten..... $J_z = 2\,000$ kgm²
 Sammanlagd sidkraftskoefficient för framhjulen..... $C_{12} = 4 \cdot 10^4$ N/rad

För släpfordonet:

Avstånd mellan tyngdpunktens och dragkulecentrums projektioner på längdaxeln..... $a_e = 3,1$ m
 Masströghetsmoment med avseende på en vertikal axel genom tyngdpunkten..... $J_{ez} = 2\,500$ kgm²
 Fordonskombinationens hastighet vid bromsningens början $v = 20$ m/s
 Friktionskoefficient vid låst hjul..... $\mu_g = 0,5$
 Friktionsmaximum . $\mu_{max} = 0,8$

Dragfordonet antages ha en sådan bromskraftfördelning och bromsningen antages så kraftig, att framhjulen får bromskraften $\mu_{max} P_{34}$ (N), medan bakhjulen låses, vilket ger bromskraften $\mu_g P_{34}$ (N). Under detta bromsningstillstånd antages de ovan angivna värdena på kulbelastning och påskjutskraft gälla. Bakhjulsbelastningen P_{34} beräknas ur



Figur 3. Girvinkel, girvinkelhastighet och girvinkelacceleration som funktion av tiden vid sladdningsförlopp för lätt fordonkombination med låsta bakhjul på dragfordonet

momentjämviktsekvationen (se även figur 2)

$$P_{34} = \frac{F_{kz}(f+a) + P(h-h_c) + mgf}{f+b + (\mu_{max} + \mu_g)h}$$

För tiden $t = 0$ antages $\Psi = 3 \cdot 10^{-3}$ rad, vilket motsvarar den avdriftsvinkel som krävs för att kompensera en tvärlutning hos vägbanan på ca 2%, samt att $\dot{\Psi} = 0$.

Figur 3 visar för de båda genomräknade fallen girvinkel, girvinkelhastighet och girvinkelacceleration som funktion av tiden från bromsningens början.

För att häva fällknivsförloppet måste fordonsföraren ändra riktning på sidkraften S_{12} . Detta kan ske genom att föraren gör ett så stort styrutslag att vinkeln mellan framhjulets hjulplan och fordonets färdriktning ändrar tecken. I det i figur 1 exemplifierade fallet skall föraren sålunda göra ett styrutslag åt höger i färdriktningen sett. Förutsättningen för att fällknivsförloppet skall kunna hävas är dock att det maximala styrutslaget är större än dragfordonets girvinkel vid tidpunkten för styrutslaget. Det maximala styrutslaget antages här vara 40° . Vidare antages att föraren för att kunna häva fällknivsförloppet måste

ha åstadkommit detta maximala styrutslag senast när girvinkeln är 30° . Inställning av maximalt styrutslag antages ta 0,2 s. Vid $t \approx 0,8$ s har girvinkeln, girvinkelhastigheten och girvinkelaccelerationen blivit så stora att föraren uppfattar att något håller på att hända. Inte förrän vid $t \approx 1,0-1,2$ s börjar dock värdena bli så stora att föraren med säkerhet kan antas inse att han måste vidtaga någon motåtgärd. Av figur 3 framgår att för påskjutskraften $P=0$ girvinkeln 30° uppnås vid $t \approx 2,0$ s. Med avdrag för 0,2 s för utförandet av rattmanöver och 1,0–1,2 s för tiden innan föraren märker att något håller på att hända återstår 0,6–0,8 s som föraren har till sitt förfogande för beslut om och verkställande av adekvat styrkorrektion och minskning av bromspedalkraften. Denna tidsrymd torde för många bilförare vara alltför kort. Med påskjutskraften $P = 1\,250$ N uppnås girvinkeln 30° vid $t = 1,8$ s. Detta medför att föraren endast har 0,4–0,6 s till sitt förfogande för verkställande av lämplig korrigeringsmanöver.

Exemplet visar, trots gjorda förenklingar, betydelsen av att påskjutskraften hålles vid ett lågt värde.

BILAGA I

Inventering av de faktorer, som ur trafiksäkerhetssynpunkt bör beaktas vid bestämmande av fordons och fordonskombinationers maximala längd¹

1. Inledning

För närvarande saknas generella bestämmelser i Sverige om fordons och fordonskombinationers längd. Av trafikekonomiska skäl tenderar de tunga fordonen och fordonskombinationerna att bli allt längre. Införande av längdbestämmelser kan därför vara motiverat av hänsyn till både trafiksäkerheten och framkomligheten.

I figur D.1, bilaga D, ges en översikt över de ur trafiksäkerhetssynpunkt viktigaste faktorerna, vilka bör beaktas vid utformning av längdbestämmelser för fordonskombinationer. Figuren visar det i och för sig givna förhållandet att längden inverkar på fordonets manöveregenskaper och därmed på trafiksäkerheten. Dessutom framgår att längden och eventuella längdbestämmelser inverkar på trafikförhållandena.

I det följande behandlas vissa därmed sammanhängande problem jämte statistiska trafiksäkerhetsdata. Av praktiska skäl har i denna bilaga använts en från VTF något avvikande nomenklatur. Sålunda avses här med *släpfordon* endast släpfordon försett med hjul.

Till släpfordon hänföres:

1. Påhängsvagn, dvs. släpfordon, som är avsett att genom kopplingsanordning bestående av tapp med vändskiva, eller därmed jämbördig konstruktion, förenas med bil eller traktor och som är så utförd att dess un-

derrede (chassi) eller karosseri direkt vilar på det dragande fordonet;

2. Släpvagn, dvs. tvåaxligt släpfordon; samt
3. Släpkärra, dvs. ett ej till påhängsvagnar hänförligt enaxligt släpfordon.

Med axel kan alternativt avses s. k. boggi.

2. Manöveregenskaper

2.1 Utrymmesbehov i kurvor och vägskäl

Vid körning i horisontalkurva kommer såväl singelfordon som fordonskombinationer att kräva ökat utrymme i sidled. Detta utrymmesbehov är en funktion av kombinationens typ och totala längd. I extremfallet är körning i en viss kurva omöjlig på grund av att utrymmet är för litet. Oftare inträffar dock att det är möjligt att framföra fordonskombinationen men då endast genom att mera utrymme upptas än vad den egna körfilen medger. Detta kan medföra avsevärda riskmoment vid tät trafik. Ifrågavarande utrymmesproblem har varit föremål för utredning vid statens väginstitut. I appendix till denna bilaga redovisas de vanligaste typerna av tunga fordonskombinationer. Med ledning av funnet utrymmesbehov i ett antal elementära typer av kurvor anges

¹ Av avdelningsdirektören B. Kolsrud samt förste forskningsingenjörerna O. Nordström och A. Nilsson, statens väginstitut.

riktvärden på hur stora totallängder för fordonkombinationer som kan tillåtas med hänsyn till våra vägars och gators utformning. Resultatet visar, att den största möjliga totallängden varierar betydligt för olika typer av fordonskombinationer. Som ett typiskt exempel kan nämnas att i ett 90°-vägskäl, utformat enligt VoV:s normer, kan följande längder tillåtas under förutsättning att körhastigheten är låg och tillgängligt utrymme utnyttjas optimalt.

Lastbil	10,5 m
Lastbil med en släpvagn....	18,5 m
Lastbil med två släpvagnar..	25,0 m
Dragbil med påhängsvagn....	14,5 m

2.2 Allmän kördynamik

Vid ökning av fordonslängden kommer förhållandet mellan styrkrafternas moment och fordonets masströghetsmoment att ändras. Styrkrafternas moment är proportionella mot längden. Massströghetsmomentet är proportionellt mot längden i kvadrat. Detta innebär, att långa fordon har sämre förmåga att göra snabba riktningssändringar än korta fordon. Detta gäller vid såväl medveten styrmanöver som under inflytande av yttre störningskrafter. Den försämrade förmågan till snabb girmanöver kan få betydelse vid mycket långa fordon. Vid långa fordonskombinationer, bestående av flera korta fordon, blir förmågan till snabb girmanöver ej försämrad på samma sätt som för ett långt singelfordon. Däremot kan kopplade svängningar mellan de ingående fordonen inträffa. Dessa svängningar kan vara dämpade eller odämpade. Vid stora amplituder hos dessa finns risk för att andra trafikant kan bli trängda.

3. Trafikförhållanden

3.1 Omkörningsproblem

Vid omkörningar är riskerna beroende av såväl det omkörda fordonets längd

som dess hastighet. Omkörningsproblemet har studerats i bilaga C. De praktiska försök som utförts vid nämnda studier visar, att såväl en ökning av längden hos en fordonskombination som en höjning av kombinationens hastighet medför en ökning av *andelen* riskfyllda omkörningar. Det *totala antalet* riskfyllda omkörningar minskar dock vid en höjning av hastigheten. Enligt undersökningarna synes någon »kritisk» längd inte finnas inom det undersökta intervallet 18—27 m.

3.2 Antal fordon i trafiken

Vid restriktiva längdbestämmelser måste antalet lastbilar i trafiken öka jämfört med om bestämmelserna vore mindre restriktiva eller saknades. Detta beror på att det totala transportbehovet i detta fall är en oberoende storhet. Verkningarna av en dylik ökning av antalet fordon skall nedan belysas med statistiska trafiksäkerhetsdata.

3.3 Inverkan på trafikolyckornas totala skadeverkningar

I motsats till vad man i allmänhet föreställer sig förekommer betydelsefulla

Tabell I.1. Olyckor och direkta olyckskostnader

Fordonslag	Landsbygd		Tätorter	
	A	B	A	B
Personbilar...	191	61	672	118
Lastbilar.....	98	30	473	35
Lastbilar med släpfordon..	73	40	468	83

A = Antal olycksinblandade fordon per 10 milj. fordonsmiles

B = Direkta olyckskostnader i tusental dollar per 10 milj. fordonsmiles.

Källa: C. M. Billingsley & D. P. Jorgenson, Direct Costs and Frequencies of 1958 Illinois Motor-Vehicle Accidents, Highway Research Record No. 12, Washington, D.C. 1963

faktorer som ur trafiksäkerhetssynpunkt talar för stora fordonslängder vid godstransporter. Avvägningen mellan trafiksäkerhetsargument för och emot långa fordon leder därför i princip i en given väg- och trafikmiljö till en optimal längd.

Vid bestämning av lämpliga längdbestämmelser måste avvägningen med hänsyn till trafiksäkerheten bero på alla faktorerers samlade inverkan på trafikolyckornas skadeverkningsgrad. I tabell I.1 citeras siffror ur en amerikansk undersökning som ger en viss vägledning angående denna samlade verkan.

3.3.1 Olycksfrekvens

Tabell I.1 visar, att olycksfrekvensen är ungefär lika för lastbilar med släpfordon (långa fordon) som för lastbilar utan släpfordon. Någon kritisk inverkan av längden kan alltså inte utläsas, vilket dock kan bero på att undersökningen inte direkt inriktats på belysning av längdfaktorer.

Restriktiva längdbestämmelser med ett ökat antal lastbilar i trafiken till följd torde med oförändrad olycksfrekvens (olyckor per fordonskilometer) medföra en ökning i trafikolyckornas absoluta antal. Ur denna synpunkt får

därför längden inte begränsas alltför mycket.

3.3.2 Olyckornas svårighetsgrad

Tabell I.1 visar att olyckskostnaderna är större för lastbilar med släpfordon än för lastbilar utan släpfordon. Detta kan bero på att eventuella skador på fordonet och dess last i genomsnitt blir större ju större fordonet är. De ökade skadorna på lasten torde grunda sig dels på en större lastmängd per fordon och dels på lastens och trafikens karaktär. Det är således tänkbart att lasten som transporteras på långa fordon (t. ex. långtradare) är värdefullare per vikt-enhet än lasten på singellastbilar. Vidare är det troligt att lastbilar med släpfordon i större utsträckning än lastbilar utan släpfordon går fullastade på grund av att den trafiken oftast är av linjetyp. Olyckskostnaden per tonkilometer transporterad last (eller annat lämpligt mått på transportarbetet) behöver därför inte vara större för fordonskombinationerna än för singellastbilarna. Med beaktande av anförda synpunkter finns enligt tabell I.1 inga starka skäl som talar mot de långa fordonen som grupp betraktad i fråga om olyckskostnad.

APPENDIX

Största möjliga totallängd för tunga fordonkombinationer med hänsyn till utrymmesbehov vid körning i kurvor¹

1. Inledning

Avsikten med denna utredning är att undersöka hur fordonskombinationers totala längd inverkar på utrymmesbehovet i horisontalkurvor. Såväl ett singelfordon som en fordonskombination kräver nämligen mera utrymme vid körning i sådan kurva än vid körning rakt fram. För särskilt långa fordon eller fordonskombinationer är utrymmesbehovet sådant att en viss manöver ej kan utföras på disponibelt utrymme. Generellt sett är fordons utrymmesbehov vid svängar av mycket komplex natur. Därför begränsas på detta stadium studiet till enkla elementarfall: 90°-kurva samt körning runt en cirkulationsplats (ron-dell).

Följande utredning behandlar fordon som kör med så låg hastighet att avdriften hos hjulen till följd av dynamiska krafter kan försummas.

En allsidig behandling av långa fordonskombinationers utrymmesbehov borde, då de dynamiska krafterna har stor betydelse, även innefatta kurvtagning med hög hastighet samt svängningsfenomen under körning rakt fram.

2. Val av arbetsmetoder

För att bedöma hur stort utrymme en fordonskombination kräver i en horisontalkurva krävs kännedom om spåren efter hjul och överhäng. Då en fordonskombination övergår från att färdas i rät linje till att gå i kurva, sker

först ett övergångsförlopp varefter spåren efter hjul och överhäng vid fort-farighetstillstånd kommer att utgöras av cirkelbågar. Under övergångsförloppet kommer spåren att ha variabel krökning.

Vid fortfarighetstillstånd erhålles spåren genom enkla geometriska betraktelser. Att med analytiska metoder beskriva övergångsförloppet medför vissa svårigheter. Modellförsök är en metod som i detta fall enklare och snabbare leder till målet.

Vid körning runt en cirkulations-plats kan fortfarighetstillstånd i varje fall tillnärmelsevis så småningom anses inträda, varför den analytiska metoden här är användbar.

Eftersom fortfarighetstillstånd ej hin-ner inträda vid körning med en lång fordonskombination i en tvär 90°-kurva, väljes här metoden med modellför-sök.

Endast fordon med bredden 2,5 m och främre överhäng 1,3 m studeras.

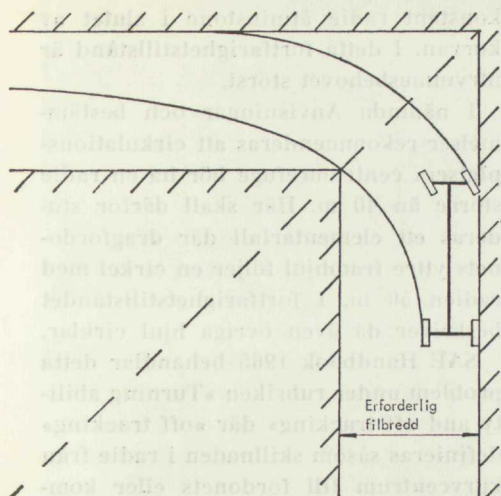
3. Körning i 90°-kurva

3.1 Definition av två enkla kurvor

För att fordonskombinationer av olika längd och typ skall kunna jämföras vid kurvkörning definieras två elementära kurvor samt sättet för fordonskombina-tionernas framförande i dessa.

Kurvornas ytterkontur består av två

¹ Av förste forskningsingenjören A. Nilsson, statens väginstitut.



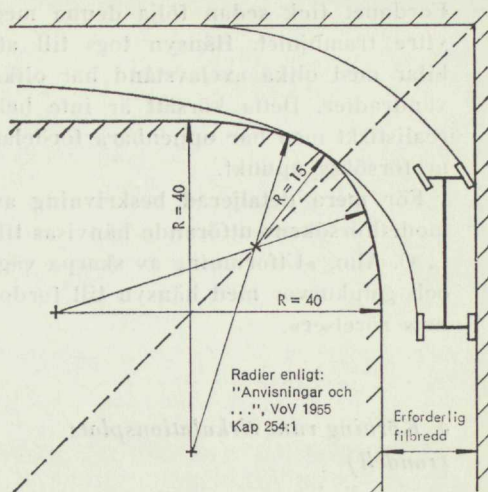
Figur 1. Principskiss visande erforderlig filbredd i 90°-kurva av typ gathörn

räta linjer i 90° vinkel. Fordonskombinationen framföres så, att denna ytterkontur utnyttjas så väl som möjligt. För att underlätta genomförandet av modellförsöken tillåtes eventuella överhäng, men ej hjulen, att överskrida densamma. Sedan fordonets spår genom modellförsök uppritats, inpassas kurvans innerkontur symmetriskt så att den tangeras av det innersta spåret.

Den första kurvan är av typ gathörn och dess innerkontur består av två räta linjer i 90° vinkel (figur 1).

Den andra kurvan är av typ vägskäl med innerkontur enligt Anvisningar och bestämmelser för vägars planläggning, utformning och utförande, VoV 1955. Rekommenderade minimimått för radier enligt figurblad 254:1 har använts (figur 2).

Den enligt figurerna 1 och 2 erhållna erforderliga filbredden är den som krävs för att fordonets hjul ej skall lämna vägbanan. Uppställes villkoret att fordonets överhäng skall rymmas inom vägkonturen, ökar den erforderliga filbredden. De i tabell 1 angivna värdena på erforderlig filbredd uppfyller detta



Figur 2. Principskiss visande erforderlig filbredd i 90°-kurva av typ vägskäl

villkor och har erhållits genom att till den för hjulen erforderliga filbredden adderats det största av de för främre respektive bakre överhäng erforderliga utrymmena.

3.2 Beskrivning av modellförsök

Modellförsöken utfördes i skala 1:50. Därvid användes en fordonsmodell hos vilken i detta sammanhang intressanta dimensioner kunde varieras. Det totala utrymmesbehovet för en fordonskombination framkonstruerades stegvis därigenom att modellen först agerade dragfordon och sedan släpfordon. Modellen framfördes på nedan angivet sätt genom de ovan beskrivna kurvorna som uppritats på ett papper. Med pennor uppritades på papperet spåren efter sådana punkter på fordonet som bedömdes intressanta för konstruktionen.

Kurvkörningen utfördes på följande sätt. Dragfordonet framfördes med styrhjulen rakt fram utefter den ena yttre räta begränsningslinjen så långt att det sedan efter momentan omställning till fullt styrutslag vid fortsatt färd tangerade den andra räta begränsningslinjen.

Fordonet fick sedan följa denna med yttre framhjulet. Hänsyn togs till att bilar med olika axelavstånd har olika vändradier. Detta körsätt är inte helt realistiskt men har uppenbara fördelar ur försökssynpunkt.

För mera detaljerad beskrivning av modellförsökens utförande hänvisas till L. O. Alm, »Utformning av skarpa väg- och gatukurvor med hänsyn till fordons rörelser».

4 Körning runt cirkulationsplats (rondell)

Vid körning runt cirkulationsplatser och trafikplatser kan fordonskombinationer beskriva horisontalkurvor med en vinkel av 270° eller mera. Om kurvradien är någorlunda stor i förhållande till kombinationens längd, kan man anta att samtliga hjul beskriver spår med

Oledat fordon

$$OT = \sqrt{A^2 + (\sqrt{R^2 - A^2} - S)^2} - \sqrt{R^2 - A^2} + S$$

Dragbil med påhängsvagn

$$OT = \sqrt{A^2 + (\sqrt{R^2 - A^2} - S)^2} - \sqrt{B^2 + (\sqrt{R^2 - A^2} - S)^2} - D^2$$

Dragbil med tvåaxlig släpvagn

$$OT = \sqrt{A^2 + (\sqrt{R^2 - A^2} - S)^2} - \sqrt{C^2 + (\sqrt{R^2 - A^2} - S)^2} - F^2 - G^2$$

Dragbil med påhängsvagn och tvåaxlig släpvagn

$$OT = \sqrt{A^2 + (\sqrt{R^2 - A^2} - S)^2} - \sqrt{B^2 + (\sqrt{R^2 - A^2} - S)^2} - D^2 + E^2 - F^2 - G^2$$

Dragbil med två tvåaxliga släpvagnar

$$OT = \sqrt{A^2 + (\sqrt{R^2 - A^2} - S)^2} - \sqrt{C^2 + (\sqrt{R^2 - A^2} - S)^2} - F_1^2 - G_1^2 + H_1^2 - F_2^2 - G_2^2$$

Formlerna bygger på enkla geometriska samband. Motsvarande uttryck kan lätt härledas även för andra tänkbara kombinationer.

Uppställes även här det villkoret, att fordonets överhäng skall rymmas inom vägkonturen, ökar den erforderliga filbredden. De i tabell 1 under rubriken Skenbar breddökning (m) i cirkula-

konstant radie åtminstone i slutet av kurvan. I detta fortfarighetstillstånd är utrymmesbehovet störst.

I nämnda Anvisningar och bestämmelser rekommenderas att cirkulationsplatsers centrumrefuge bör ha en radie större än 40 m. Här skall därför studeras ett elementarfall där dragfordonets yttre framhjul följer en cirkel med radien 50 m. I fortfarighetstillståndet beskriver då även övriga hjul cirklar.

SAE Handbook 1965 behandlar detta problem under rubriken »Turning ability and off tracking» där »off tracking» definieras såsom skillnaden i radie från kurvcentrum till fordonets eller kombinationens centrumlinje vid den främsta och den bakersta axeln.

Följande formler anges för beräkning av OT = Off tracking

(För förklaring av beteckningar, se figur 3) Spårvidd = 2 S, kurvradie = R

tionsplats angivna värdena har erhållits genom att till det beräknade värdet på off tracking adderats det för dragfordonets främre överhäng erforderliga utrymmet.

5. Inventering av tunga fordons längder

Uppgifter om axelavstånd och total-längder för de olika fordon som ingår i tunga fordonskombinationer har inhämtats hos resp. fordons representant och ur publikationen »Lastfordon 1964, Vägnytt». I de fall uppgifter ej stått att få har rimliga uppskattade värden använts.

Påhängsvagnar

Totallängd	6,0—12,7 m
(specialutförande	18,0 m)
Avstånd från tapp till axelcentrum	4,0—10,0 m
(specialutförande	13,0 m)

Släpvagnar

Totallängd	6,0—11,0 m
Axelavstånd	4,0— 9,0 m
Dragstång, i allmänhet	2,0 m

Släpkärror

Avstånd från dragögla till axelcentrum	3,5—5,0 m
---	-----------

Lastbilar

Främre överhäng	1,3 m
Bakre överhäng	1,0—1,8 m
Axelavstånd	3,2—5,6 m
Axelavstånd med boggi . . .	3,6 + 1,3 — 5,2 + 1,2 m

6. Variation av parametrar

Följande fordon har undersökts.

Lastbil

Lastbil med släpvagn

Lastbil med två släpvagnar

Dragbil med påhängsvagn

Dragbil med påhängsvagn och släpkärra

Dragbil med påhängsvagn och släpvagn

Vid genomräkning av de olika fallen

har i allmänhet det fordon som är sist i kombinationen varierats, medan övriga delar givits representativa medelvärdesdata. Dessutom har ett antal fall genomräknats där samtliga kombinationsenheter har stora värden på axelavstånd och totallängd.

I tabell 1 redovisas de betraktade fordonskombinationernas utrymmesbehov som funktion av längden.

7. Största möjliga totallängd

Med ledning av tabell 1, som anger fordonskombinationers utrymmesbehov som funktion av längden, är det möjligt att för varje fordonskombination fastställa den maximala längd som tillåter passage genom en viss kurva. Denna längd bestäms genom att den total-längd uppsökes i tabellen som medför att fordonskombinationens utrymmesbehov sammanfaller med tillgängligt utrymme.

I det följande anges riktvärden för hur långa fordonskombinationer som kan tillåtas i de betraktade elementarfallen. Som jämförelse anges även motsvarande värden för lastbil utan släpvagn.

7.1 90°-kurva av typ gathörn

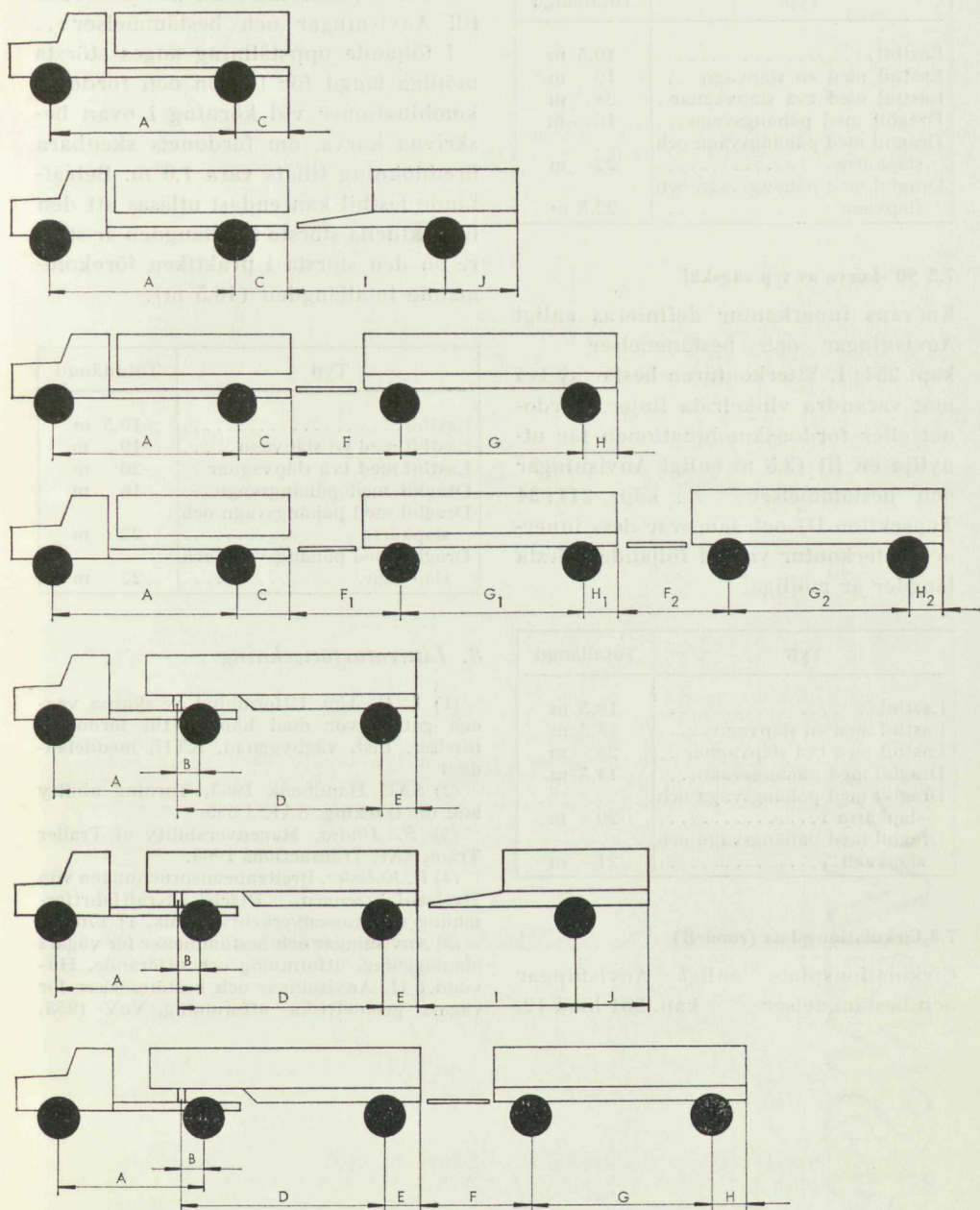
Undersökningen visar, att i 90°-kurvan av typ gathörn samtliga kombinationer, även ensamma lastbilar av den kortaste typen, kräver betydligt större utrymme än vad en fil av normal bredd (3,75 m enligt Anvisningar och bestämmelser . . . kap. 211:34 Typsektion F) medger. Det är alltså nödvändigt att inkräkta på intilliggande utrymmen. Av intresse är då vilka största längder hos fordon och fordonskombinationer som tillåter sväng vid gathörn, om två filer (total bredd 7,5 m) tas i anspråk.

Följande uppställning anger största möjliga längder för fordon och fordonskombinationer vid 90°-sväng i gathörn,

Tabell 1. Fordonskombinationers utrymmesbehov som funktion av totallängden

Fordonsdimensioner (m) ¹						Total längd (m)	Erforderlig filbredd (m) i 90°-kurva (inkl. överhäng)		Skenbar breddök- ning (m) i cirkula- tionsplats
Lastbil							Gathörn ²	Vägskal ³	
A	C								
3,0	1,5					5,8	4,4	< 3,0	0,2
4,5						7,3	5,2	< 3,0	0,3
6,0						8,8	6,2	< 3,0	0,6
7,5						10,3	7,3	3,4	0,8
Lastbil med släpvagn									
A	C	F	G	H					
4,5	1,5	2,5	4,0	1,5		15,3	6,2	3,1	0,5
			5,5		16,8	6,6	3,2	0,7	
			7,0		18,3	7,2	3,5	0,9	
6,0			8,5			19,8	7,7	3,8	1,1
			10,0		21,3	8,3	4,3	1,4	
			5,5		18,3	7,4	3,5	0,9	
			7,0		19,8	7,8	3,8	1,1	
			8,5		21,3	8,4	4,3	1,4	
7,5			10,0			22,8	8,9	4,7	1,6
			5,5		19,8	8,2	4,0	1,2	
			7,0		21,3	8,6	4,4	1,4	
			8,5		22,8	9,1	4,7	1,6	
			10,0		24,3	9,6	5,3	1,9	
Lastbil med två släpvagnar									
A	C	F ₁ = = F ₂	G ₁	G ₂	H ₁ = = H ₂				
4,5	1,5	2,5	7,0	4,0	1,5	26,3	7,7	3,7	1,0
			5,5	5,5		26,3	7,7	3,6	1,0
			4,0	7,0		26,3	7,7	3,7	1,0
6,0			5,5	5,5		27,8	8,3	4,0	1,3
			4,0	4,0		26,3	8,3	3,9	1,2
Dragbil med påhängsvagn									
A	B	D	E						
4,5	1,0	5,0	1,0			10,8	6,2	3,1	0,6
		7,0	2,0			14,3	7,0	3,4	0,8
		9,0	2,5			16,3	7,8	4,0	1,1
		11,0	3,0			19,3	8,7	4,6	1,6
		13,0	3,5			21,3	9,5	5,4	2,6
Dragbil med påhängsvagn och släpkärra									
A	B	D	E	I	J				
4,5	1,0	7,0	2,5	5,0	2,5	21,8	7,5	3,6	1,0
Dragbil med påhängsvagn och släpvagn									
A	B	D	E	F	G				
4,5	1,0	7,0	2,5	2,5	4,0	22,3	7,5	3,7	1,0
					5,5	23,8	7,9	3,9	1,1
					7,0	25,3	8,4	4,2	1,4
					8,5	26,8	8,9	4,7	1,6
					10,0	28,3	9,4	5,1	1,9

¹ se figur 3. — ² se figur 1. — ³ se figur 2.



Figur 3. Dimensionsbeteckningar för långa fordonskombinationer

Figuren visar fordon med enkla axlar. En enkel axel kan anses likvärdig med en boggi vars axlar är belägna symmetriskt i förhållande till den enkla axeln

om två filer tas i anspråk och både kurvans inner- och ytterkontur tangeras.

Typ	Totallängd
Lastbil	10,5 m
Lastbil med en släpvagn	19 m
Lastbil med två släpvagnar	24 m
Dragbil med påhängsvagn	16 m
Dragbil med påhängsvagn och släpkärra	22 m
Dragbil med påhängsvagn och släpvagn	22,5 m

7.2 90°-kurva av typ vägskäl

Kurvans innerkontur definieras enligt Anvisningar och bestämmelser kap. 254:1. Ytterkonturen består av två mot varandra vinkelräta linjer. Fordonet eller fordonskombinationen får utnyttja en fil (3,5 m enligt Anvisningar och bestämmelser kap. 211:34 Typsektion D) och tangerar dess inner- och ytterkontur varvid följande största längder är möjliga.

Typ	Totallängd
Lastbil	10,5 m
Lastbil med en släpvagn	18,5 m
Lastbil med två släpvagnar	25 m
Dragbil med påhängsvagn	14,5 m
Dragbil med påhängsvagn och släpkärra	20 m
Dragbil med påhängsvagn och släpvagn	21 m

7.3 Cirkulationsplats (rondell)

Cirkulationsplats enligt Anvisningar och bestämmelser kap. 281 blad 12.

Yttre radie $R_y = 50$ m. I kurvor ökas filbredden. Vid radier < 50 m är breddökningen 1,0 m per fil vid tvåfilig väg enligt kompletteringsblad den 16.8.1965 till Anvisningar och bestämmelser . . .

I följande uppställning anges största möjliga längd för fordon och fordonskombinationer vid körning i ovan beskrivna kurva, om fordonets skenbara breddökning tillåts vara 1,0 m. Beträffande lastbil kan endast utläsas att den här aktuella största totallängden är större än den största i praktiken förekommande totallängden (10,5 m).

Typ	Totallängd
Lastbil	$> 10,5$ m
Lastbil med en släpvagn	19 m
Lastbil med två släpvagnar	26 m
Dragbil med påhängsvagn	16 m
Dragbil med påhängsvagn och släpkärra	22 m
Dragbil med påhängsvagn och släpvagn	22 m

8. Litteraturförteckning

- (1) *L. O. Alm*, Utformning av skarpa väg- och gatukurvor med hänsyn till fordonets rörelser. Inst. vägbyggnad, KTH, meddelande 1.
- (2) SAE Handbook 1965, Turning ability and off tracking. SAE J 695.
- (3) *F. Jindra*, Maneuverability of Trailer Train, SAE Transactions 1963.
- (4) *P. Koessler*, Breitenbeanspruchungen von Strassenfahrzeugen, Dtsch. Kraftfahrtforschung u. Strassenverkehrstechnik, H 176.
- (5) Anvisningar och bestämmelser för vägars planläggning, utformning och utförande. Huvuddel II, Anvisningar och bestämmelser för vägars geometriska utformning, VoV 1955.

BILAGA J

Längdbestämmelser i USA¹

1. Inledning

I samtliga delstater i USA utom i Nevada finns föreskrifter om längdbegränsningar på fordon och fordonskombinationer. Längdbestämmelser motiveras dels ur säkerhets- och bekvämlighetssynpunkt för att man skall kunna utnyttja ett vägnäts hela kapacitet och dels som kriterium för väggeometriska byggnadsnormer och axeltrycksbestämmelser. Höjningar av fordons bruttovikt kan genomföras utan ökning av det enskilda axeltrycket genom ökning av antalet axlar och bruttolängden. Sålunda har ökningen av största tillåten längd medfört att frekvensen av höga bruttovikter stigit, medan frekvensen av höga axeltryck legat på ungefär samma nivå under 10-årsperioden 1952—62.

Ökningen av längden anses vara en viktig faktor vid varje övervägande av normer för fordonslängder. Medan sambandet mellan fordonets axeltryck och beläggningens tjocklek är ganska konstant över ett stort område, finns däremot en gräns, över vilken ökningar i fordonslängden orsakar svåra säkerhetsproblem vid omkörningar — särskilt på 2-filiga vägar — beträffande erforderlig tid för att passera korsningar i plan samt i samband med utförande av svängar, särskilt i städer.

Med rådande vägnormer ligger den kritiska längden för 3- och 5-axliga semitrailers (med 40 fot släp) mellan 55 och 60 fot (16,8—19,8 m), beroende

i första hand på möjligheterna till avsväng. På andra huvudvägar än de mellanstatliga eller på andra flerfiliga vägar med särskilda längd- och viktbestämmelser är med hänsyn till sikten den kritiska längden för andra kombinationer, semitrailer med extra släpvagn och lastbil med vanlig släpvagn omkring 70 fot (21,3 m). Likaså kan större längder medföra behov av breddning i korsningar, vilket föranleder kostnadsökningar.

2. Längdbestämmelser för olika slag av fordon

2.1 Begränsningar av största tillåten fordonslängd

Begränsning av fordonslängden, avseende antingen singelfordon eller kombinationer, är av betydelse dels för bibehållandet av ett vägnäts kapacitet, dels för trafiksäkerheten och bekvämligheten i blandad trafik. De kanske viktigaste faktorerna att ta hänsyn till vid upprättande av normer för högsta tillåtna fordonslängder sammanhänger med den ökade vägbredd, som erfordras vid svängningsmanövrar och fördelningen av trycket på vägbana och brokonstruktioner från fordon av varierande dimensioner.

¹ Bilagan utgör huvudsakligen utdrag ur »Letter from Secretary of Commerce, House Document no 354, Washington 1964», se även Litteraturlösteckning, s. 246.

Tabell J.1. Största tillåtna längder för singelfordon (medelvärden)¹

Fordonstyp och år	Genomsnittligt tillåten längd för singelfordon				
	AASHO region				USA
	I (Nordost)	II (Sydost)	III (Mellan- västern)	IV (Väst)	
Lastbil: ²	fot	fot	fot	fot	fot
1946.....	38,7	34,8	36,8	36,4	36,6
1951.....	40,0	35,4	36,0	37,3	37,1
1956.....	40,0	35,8	36,4	37,3	37,5
1962.....	42,1	36,2	36,8	37,3	38,1
1963.....	42,1	37,0	36,8	37,3	38,3
Buss: ²					
1946.....	38,7	34,8	36,2	36,4	36,5
1951.....	41,3	39,2	40,1	38,6	39,8
1956.....	42,3	40,0	40,5	40,0	40,7
1962.....	43,5	40,0	40,5	40,0	41,0
1963.....	43,5	40,0	40,5	40,0	41,0

¹ AASHO rekommenderade år 1946 35 fot för singelbilar och samma längd för 2-axliga bussar med en ytterligare gräns på 40 fot för 3-axliga bussar

² Inga längdrestriktioner i Nevada

Vid utformning av normer för största tillåten längd har hänsyn även tagits till problemen i samband med omkörningar, men det visade sig att de erforderliga fria siktsträckorna var mindre än vad som föreskrivits i de moderna vägnormerna. En längd av upp till 75 fot (22,3 m) skulle inte ha någon signifikant effekt på omkörningarnas säkerhetsgrad på tvåfilig väg. Studium av 100 fot (ca 31 m) långa fordonskombinationer på tullvägar (med samma standard som de mellanstatliga vägarna) visade att övriga trafikanters beteende inte nämnvärt påverkades.

Vid bestämmande av tillåtna fordonslängder indelas fordonen i fyra huvudgrupper: lastfordon utan släp, bussar, släp avsedda att ingå i fordonskombinationer samt fordonskombinationer.

2.2 Lastbilar

Tabell J.1 visar trenden för lastbilars största tillåtna längd i ungefärliga 5-årsintervall från åren 1946 till 1962 och 1963. Gränserna har varit tämligen stabila, men regionala skillnader finns

med de högsta gränserna i de norra öststaterna (region I). Skälet till att singelfordons längdbestämmelser legat på ungefär samma nivå är utan tvekan den minskade frekvensen av dessa fordon.

Tabell J.2 återger fördelningen av antalet stater som tillåter användningen av olika fordonstyper med varierande längder, gällande för slutet av år 1963. 16 stater tillåter en längd av 40 fot eller mera för lastfordon utan släp, medan 30 stater begränsar längden av dessa fordon till 35 fot. Två stater tillåter längder mellan 35 och 40 fot, och en stat har inga längdbegränsningar.

2.3 Bussar

Trenden för tillåtna busslängder åren 1946—1963 visas i tabell J.1. Den ganska betydande uppmjukningen av längdbegränsningsbestämmelserna, vilken inleddes år 1946, är tydlig i de fyra AASHO-områdena, vilka i medeltal ökade de största tillåtna längderna med 3,6 till 5,2 fot under den aktuella 17-årsperioden.

Den ringa frekvensen av bussar med större längd än 35 fot vid den tid, då AASHO-bestämmelserna antogs, visas nedan.

Busslängder i fot (år 1946)	Procent
Under 20 (6,1 m).....	4
20—25,9 (7,9 m).....	23
26—29,9 (9,1 m).....	17
30—34,9 (10,6 m).....	56
35 och längre.....	1
Totalt	100

Ovanstående fördelning baseras på data, erhållna vid vägstationer för materialtransporter i 37 stater.

Största tillåten längd för bussar vid slutet av år 1963 ges i tabell J.2. 1946 års AASHO-rekommendation om 35 fot gäller nu i bara fyra stater, och tre av dessa tillåter undantag upp till 40 fot. Längder större än 40 fot har blivit tillåtna i nio stater. I fyra av de senare staterna är detta resultat av att bussar inbegrips i gruppen »annan kombination». Något ökad frekvens av bussar med längd över 40 fot har dock ej märkts.

2.4 Semitrailer

Bara fjorton stater har klara längdbestämmelser för semitrailer. I alla övriga stater bestämmer den tillåtna längden för kombinationen dragbil + semitrailer längden på dessa släpvagnar. Med undantag för de fjorton stater, som har specificerade längdbestämmelser för enbart semitrailer, baserar sig värdena i tabell J.2 på tillåtna längder för hela semitrailerkombinationen minskat med 7 fot. Det senare måttet förutsätter en längd av 4 fot från främre kofångaren till baksidan av förarhytten och 3 fot från bakre delen av förarhytten till släpets främre kant, vilken längd är möjlig med dragbil, där förarhytten är placerad ovanpå motorn. På basis av de beräknade värdena tillåter tre stater användning av 58 fots semitrailer och 36 stater längder större än 40 fot.

Data, som baserar sig på uppgifter från stationer för axeltryckskontroll år 1959, visar trenden mot semitrailer längre än 35 fot. Staterna grupperades enligt de år 1959 föreskrivna längdbe-

Tabell J.2. Maximalt tillåtna längder för fordon och fordonskombinationer år 1963

Längder i		Antal stater i USA med längdbestämmelser för				
fot	m	Singelbil	Singelbuss	Semitrailer enbart	Lastbil, traktor, semitrailer	Annan kombination
35	10,7....	30	4	2	—	—
36	11,0....	1	—	—	—	—
39	11,9....	1	—	—	—	—
40	12,2....	10	35	10	—	—
42	12,8....	1	2	1	—	—
43	13,1....	—	—	13	—	—
45	13,7....	1	3	1	—	—
48	14,6....	—	—	12	—	—
50	15,2....	2	2	—	18	16
53	16,2....	—	—	6	—	—
55	16,8....	2	2	—	18	11
58	17,7....	—	—	3	—	—
60	18,3....	—	—	—	9	11
65	19,8....	—	—	—	3	7
Ingen restriktion...		1	1	1	1	1
Ej tillåtet.....		—	—	—	—	3
Summa stater		49	49	49	49	49

stämmelserna. Sex stater hade vid denna tidpunkt längdgränser under 40 fot, men dessa har senare ökat till 40 fot eller mera. En betydande del av lastade semitrailer befanns överskrida de två måtten 35 och 40 fot, vilket utan tvekan berodde på utskjutande last. Alla stater tillåter utskjutande last till en viss del, men speciellt tillstånd krävs för detta.

Mer än 25 % av de semitrailer, som år 1959 trafikerade vägarna i 35 stater, och mera än 50 % i 11 stater, var längre än 35 fot. Likaså hade mer än 25 % av semitrailer i tre stater och mera än 50 % i en stat längder större än 40 fot.

Längdbegränsningar för vanliga släpvagnar behandlas vanligen på samma sätt som när det gäller semitrailer. Fem stater, vilka inte har någon största tillåten längd för semitrailer, längdbegränsar vanliga släpvagnar till anting-

en 35 eller 40 fot. Tre stater tillåter en längd av 40 fot för semitrailer men begränsar längden på vanliga släpvagnar till 35 fot. Tre stater förbjuder användning av vanliga släpvagnar.

2.5 Dragbil med semitrailer

Tabell J.3 visar medelökningen fram till år 1963 av största tillåten total längd för semitrailer i de fyra AASHO-områdena under en 17-årsperiod efter det att den av AASHO utfärdade rekommendationen om 50 fot antagits. Vid slutet av år 1963 överskred medeltalet av samtliga staters längdbestämmelser för semitrailerkombinationer den av AASHO rekommenderade total längden med 4,7 fot med de större längderna i stor utsträckning koncentrerade till de mellanvästra och västra staterna (regionerna III och IV).

De i slutet av år 1963 gällande längdbestämmelserna för semitrailer visas

Tabell J.3. Största tillåtna längder för fordonskombinationer (medelvärden)¹

Fordonstyp och år	Genomsnittligt största tillåten längd för fordonskombinationer				
	AASHO region				USA
	I (Nordost)	II (Sydost)	III (Mellan- västern)	IV (Väst)	
Dragbil med semitrailer: ²	fot	fot	fot	fot	fot
1946.....	47,1	44,3	44,8	55,9	47,8
1951.....	48,3	46,9	47,3	58,6	50,1
1956.....	48,3	48,3	49,2	59,2	51,2
1962.....	51,2	51,7	53,1	60,0	53,9
1963.....	51,7	52,9	54,6	60,0	54,7
Andra fordonskombi- nationer: ³					
1946.....	49,5	46,2	46,3	58,6	50,2
1951.....	50,5	49,3	48,8	60,0	52,2
1956.....	50,5	49,1	50,4	60,8	53,0
1962.....	52,0	52,3	54,2	62,3	55,2
1963.....	52,5	53,2	55,8	62,3	56,0

¹ AASHO rekommenderade år 1946 50 fot för dragbil med semitrailer och 60 fot för andra kombinationer

² Inga längdrestriktioner i Nevada

³ Alabama, Connecticut och Massachusetts tillåter inte vissa typer av fordonskombinationer

2	= 2-axlig singelbil
3	= 3-axlig singelbil
2—S1	= 2-axlig dragbil med 1-axlig semitrailer
2—S2	= 2-axlig dragbil med 2-axlig semitrailer
3—S2	= 3-axlig dragbil med 2-axlig semitrailer
2—2	= 2-axlig dragbil med 2-axlig släpvagn
2—3	= 2-axlig dragbil med 3-axlig släpvagn
3—2	= 3-axlig dragbil med 2-axlig släpvagn
3—3	= 3-axlig dragbil med 3-axlig släpvagn
2—S1—2	= 2-axlig dragbil med 1-axlig semitrailer och 2-axlig släpvagn
2—S2—2	= 2-axlig dragbil med 2-axlig semitrailer och 2-axlig släpvagn
2—S2—3	= 2-axlig dragbil med 2-axlig semitrailer och 3-axlig släpvagn
3—S1—2	= 3-axlig dragbil med 1-axlig semitrailer och 2-axlig släpvagn
3—S2—4	= 3-axlig dragbil med 2-axlig semitrailer och 4-axlig släpvagn

i tabell J.2. 18 stater tillät totallängder av 50 fot, 18 stater 55 fot, 9 stater 60 fot, 3 stater 65 fot och en stat hade ingen längdbegränsning.

För att underlätta hänvisningar har man gett varje fordonstyp en kod. Varje siffra representerar antalet axlar hos ett fordon eller en enhet i en fordonskombination. Symboler bestående av två eller tre delar åtskilda av streck indikerar en fordonskombination. Den första siffran i en kod representerar dragfordonet. Ett »S» i andra delen av en fordonskod anger semitrailer. Kod som ej innehåller ett »S» i varken andra eller tredje delen symboliserar kombination med vanlig släpvagn.

Vid tiden för antagandet av 1946 års AASHO-rekommendation fanns endast 13 stater som tillät totallängder över 45 fot för dragbil med semitrailer. Vid denna tidpunkt var den treaxliga typen (2—S1) den i särklass mest frekventa, men på senare år har den fyra-axliga kombinationen (2—S2) blivit den dominerande fordonstypen. En betydande ökning av antalet femaxliga kombinationer (3—S2) kan nu också förväntas. Höjningar av tillåten bruttovikt kan förväntas medföra ökad användning av femaxliga kombinationer, antingen av typen 3—S2 eller 2—S1—2. Övergången från 3- till 4- eller 5-axliga

kombinationer har möjliggjorts genom fortlöpande ökning av tillåten längd och bruttovikt.

Fördelningen av totallängder för lastade semitrailerkombinationer, som under år 1959 vägdes vid stationer i 40 stater, visas nedan.

Längd, fot	Procent
Under 30,0.....	0,6
30,0—39,9.....	7,1
40,0—49,9.....	76,9
50,0—59,9.....	15,0
60,0 och däröver.....	0,4
	<u>100,0</u>

Som framgår av ovanstående hade drygt 15 % av kombinationerna lika med eller överstigande 1946 års AASHO-rekommendation om 50 fot.

2.6 Övriga kombinationer

Det finns huvudsakligen två typer av fordonskombinationer utöver dragbil med semitrailer. Den ena av dessa kombinationer består av två enheter, den andra av tre, nämligen lastbil + vanlig släpvagn resp. dragbil + semitrailer + vanlig släpvagn. I det senare fallet är de båda släpvagnarna ofta identiska, eftersom semitrailern kan förvandlas till vanlig släpvagn genom att ett extra hjulpar fästs under semitrailerns främre del.

Nio stater tillåter större längder för

kombinationer med två lastutrymmen än för semitrailerkombinationer, sju stater medger en ökning med 5 fot och två stater medger en ökning med 10 fot. Som tidigare nämnts är vanliga släpvagnskombinationer förbjudna i tre stater.

Med ett undantag användes kombinationer med två släpvagnar endast i stater som tillåter en totallängd av 60 eller 65 fot. Denna typ av kombination är vanlig i Michigan trots längdbegränsning till 55 fot. Viktbestämmelserna i Michigan är av den storleksordningen att de gynnar användning av maximalt antal axlar, vilket utnyttjas genom kombinationer med två släpvagnar.

I de västra staterna tillåts båda typerna av kombinationer med två släp, förutsatt att deras totallängd ej överskrider 60 eller 65 fot.

Vid kombinationen dragbil + semitrailer + vanlig släpvagn med totallängden 65 fot är varje släpvagn ungefär 27 fot lång, och dragfordonet har förarhytten placerad ovanpå motorn. För användning av konventionellt dragfordon skulle en tillåten totallängd av 70 fot krävas. Hos en kombination bestående av lastbil och vanlig släpvagn, för vilken gäller samma totallängdsbestämmelser, är vanligen bilens lastutrymme och släpvagnen vardera ca 27 fot långa. Det finns många längdvariationer hos de enskilda enheterna i en kombination, men utvecklingen pekar mot enhetliga längder för lastutrymmena.

Användning av kombinationer bestående av dragbil + semitrailer + vanlig släpvagn tillåts på åtskilliga tullvägar. Dessa kombinationer, som vanligen består av två 40 fots släpvagnar samt en dragbil, har en totallängd mellan 97 och 105 fot (29,6—32 m). Båda släpvagnarna har vanligen samma längd och axelarrangemang, varvid den andra

släpvagnen oftast utgörs av en semitrailer med ett extra hjulpar fäst under släpvagnens främre del. Kombinationer som används på dessa tullvägar varierar från typen 2—S1—2 för lättare frakter till 3—S2—4 för tyngre transporter.

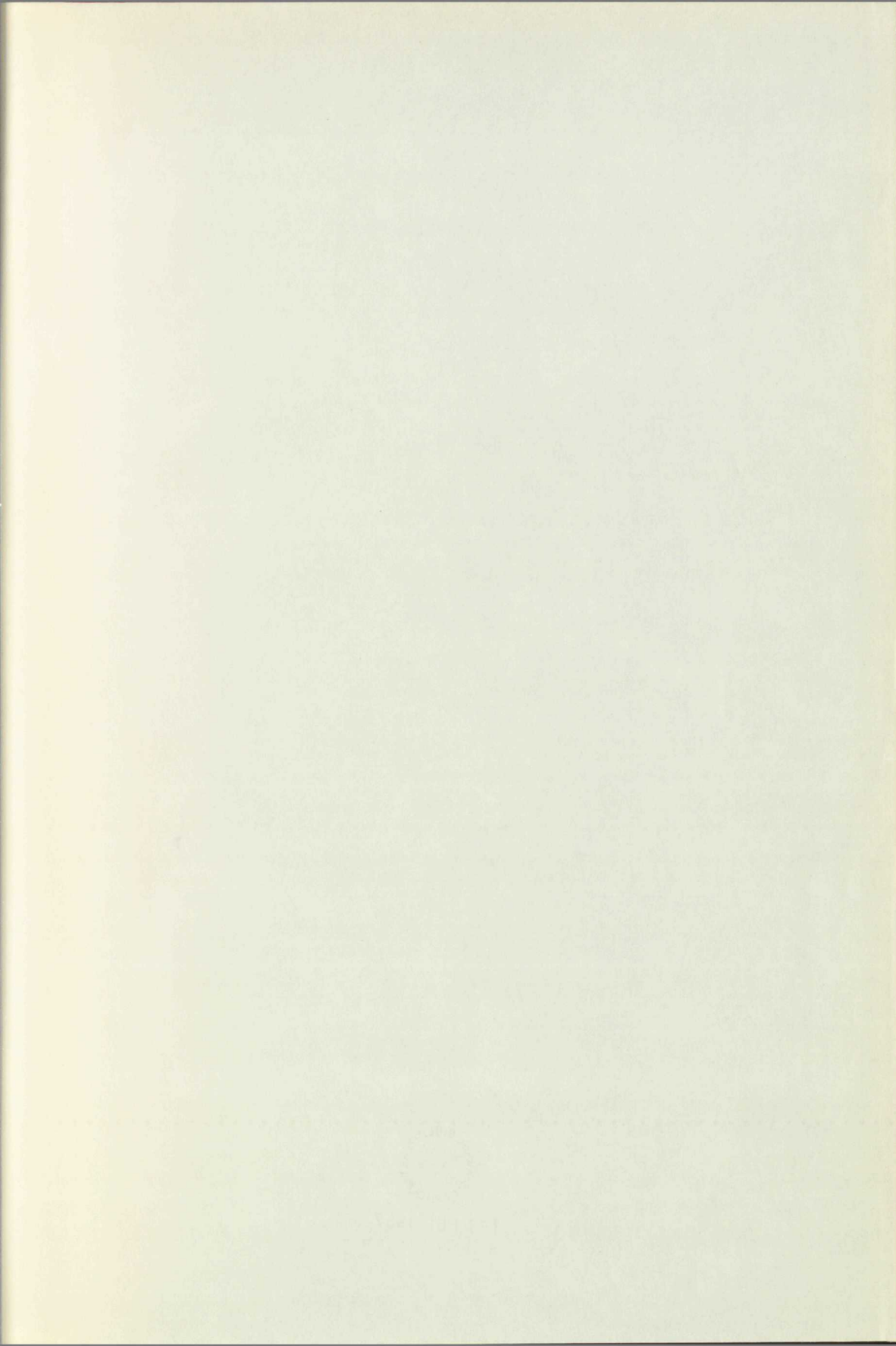
De långa kombinationer med två släpvagnar, som används på tullvägar, är utrustade med tunga dragbilar med tillräcklig motorstyrka för att upprätthålla fart och baktagningsförmåga, väl i klass med kombinationer som används i de västra staterna, trots att bruttovikten är mycket större. Sådana kombinationer utvecklades för att användas i fjärrtransporttrafik på fasta rutten längs tullvägarna. De enskilda släpvagnarna framförs var för sig med mindre dragbilar längs vägar på ömse sidor av ändstationerna för den fasta rutten.

Tillväxten i medellängd för gruppen »andra fordonskombinationer» under de 17 påföljande åren efter antagandet av AASHO-rekommendationen år 1946 visas i tabell J.3. För U.S.A. som helhet gäller att ökningen i den genomsnittligt tillåtna längden var 5,8 fot med de längsta kombinationerna tillåtna i de västra staterna.

Användningen av kombinationer med två lastutrymmen och ett större antal axlar har resulterat i en bättre fördelning av bruttovikterna trots en ökning av mer än 5,5 ton i förekommande maximala fordonsbruttovikter sedan år 1946. Användningen av ett utökat axelantal har haft den effekten att det genomsnittliga axeltrycket reducerats med så mycket som 1 ton.

Litteraturförteckning

»Maximum Desirable Dimensions and Weights of Vehicles Operated on the Federal-Aid Systems», p. 35, 93 Letter from Secretary of Commerce, House Document no. 354, Washington 1964.





19 FEB 1967

NORDISK UDREDNINGSSERIE (NU) 1966

1. La Cooperation internordique.

STATENS

OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1966

Systematisk förteckning

(Siffrorna inom klammer beteckna utredningarnas nummer i den kronologiska förteckningen)

Justitiedepartementet

Lagberedningen. 1. Utsökningsrätt IV. [7] 2. Utsökningsrätt V. [38]
Hyreslagstiftningssakkunniga. 1. Ny Hyreslagstiftning. [14] 2. Undersökning angående hyressplittningen. [15]
Arbetspromemorier i författningsfrågan. [17]
Decentralisering av naturalisationsärenden m. m. [20]
1963 års markvärdekommitté. 1. Markfrågan I. [23] 2. Markfrågan II. Bilagor. [24]
Atomansvarighet III. [29]
Vägfraktavtalet I. [36]

Utrikesdepartementet

Internationellt fredsforskningsinstitut i Sverige. [5]

Försvarsdepartementet

Tygförvaltningens centrala organisation. [11]
Strategi i väst och öst. [18]
Skeppsholmens framtida användning. [27]
Militärsjukvården. [35]

Socialdepartementet

Förenklad statsbidragsgivning till hälso- och sjukvården. [6]
Omsorger om psykiskt utvecklingshämjade. [9]
Läkemedelsförmånen. [28]
Kommunerna och ungdomen. [32]
De statliga undervisningssjukhusens organisation. [37]

Kommunikationsdepartementet

Friluftslivet i Sverige. Del III. Anläggningar för det rörliga friluftslivet m. m. [33]
Luftfartsverkets ekonomi och organisation. [34]
Fordonskombinationer. [41]

Finansdepartementet

1965 års långtidsutredning 1. Svensk ekonomi 1966—1970. [1] 2. Export och import 1966—1970. Bilaga I [2] 3. Tillgången på arbetskraft 1960—1980. Bilaga 2. [8] 4. Handels arbetskrafts- och investeringsbehov fram till 1970. Bilaga 3. [10] 5. Utvecklingstendenser inom undervisning, hälso- och sjukvård samt socialvård 1966—1970. Bilaga 6. [18]
Ny myntserie. [4]
Ny folkbokföringsförordning m. m. [16]
Statliga betänkanden 1961—1965. [19]
Oljebranschen. [21]

Ecklesiastikdepartementet

Yrkesutbildningen. [3]
Arbetspsykologisk verksamhet. [40]

Jordbruksdepartementet

Renbetesmarkerna. [12]
Bostadsärenden m. m. [26]
1960 års jordbruksutredning. 1. Den framtida jordbrukspolitiken. A. [30] 2. Den framtida jordbrukspolitiken. B. [31]

Handelsdepartementet

Ellagstiftningsutredningen. 1. Lagstiftning mot radio störningar. [22] 2. Lagstiftning om elektriska anläggningar. [39]
Sällskapsresor. [25]



10 FEB 1967