Idéutvecklingen kring fordon med i kurvor lutningsbara vagnskorgar

Av Julius Lindblom

Redan år 1934 började mitt intresse för fordonsutveckling. Vid en tävling för motorcyklar med sidovagn väcktes en idé. De åkande förflyttade sin tyngd i förhållande mot ekipaget vid kurvtagning för att motverka risken för stjälpning. Vid SJ var man just då ifärd med att ersätta två-axliga lokaltrafikvagnar med Jacobsboggier, vilket betyder två vagnkorgsändar vilande på gemensam boggi.

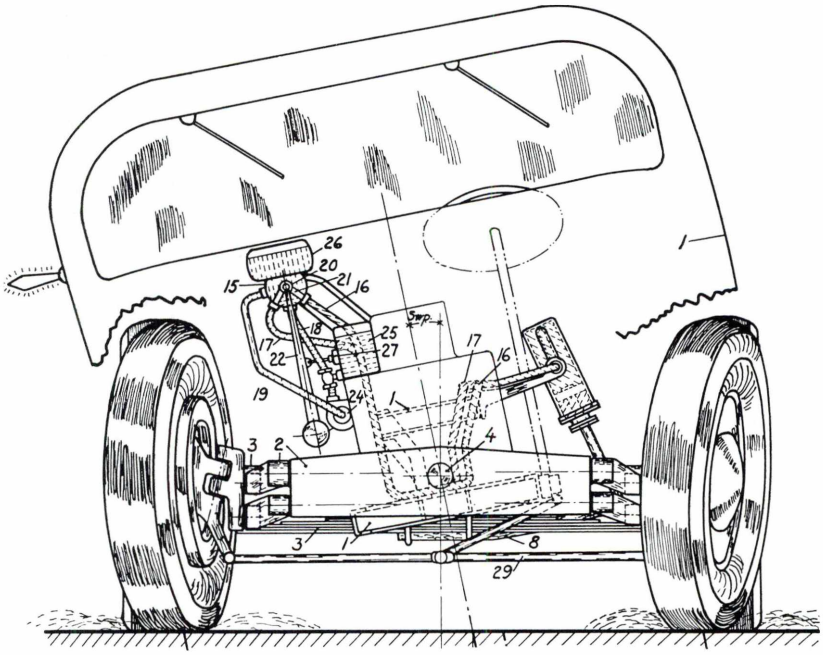
En tanke var, skulle högre hastighet på tågen kunna uppnås utan stjälpningsrisk i kurvor om boggierna snedbelastades efter samma princip som nämnda motorcykel? Min första patentansökan gällande denna idé inlämnades och hade benämningen "Anordning för erhållande av automatisk snedbelastning vid med boggier försedda järnvägståg". Vid föredragning hos SJ granskades mitt förslag och bedömdes så, att anordningen visserligen minskade stjälpningsrisken, men nu ökade i stället klättringsrisken för ytterhjulen i kurvor genom avlastningen. Man tyckte att jag skulle fortsätta att tänka: SJ hade behov av sådant folk.

Ett samarbete etablerades med ingenjör H Rost, som sysslade med försäljning av uppfinningar. Mina uppgifter i detta samarbete var att vidareutveckla uppfinningen och lämna över material i form av text och ritningar.

Nästa steg i utvecklingen innebar, att de små hjul som överfört vagnsbelastningarna vid ytterändarna på boggierna nu i stället utan vagnsbelastning fick rulla på kupade rullbanor och därmed ge vagnskorgarna en extra lutning i kurvor. Detta med syfte att ge passagerarna en bekvämare åkkomfort. Men vad händer om tåget måste stanna i en kurva med denna extra kvarstående lutning?

Automatisering är målet

Det måste vara obehagligt att råka ut för en sådan situation för passagerarna. Hela lutningsanordningen måste naturligtvis automatiseras. Det som krävs för automatisering av anordningen är



1. I princip sändes denna lösningsidé på korglutning i kurvor till företag världen över år 1938.

impulsgivande don som avkänner rådande naturkrafter och därefter styr verkställande don för vagnkorgslutningen.

Nu trycktes informationsmaterial för att sändas till eventuella köpare av idén med korglutning, ett A3 ark som innehöll beskrivning på engelska och bilder i princip samma som framgår av figur 1. Som synes är det en dämpad pendel som styr de hydrauliska karosseriinställningsdonen. Detta blad sändes år 1938 till fordonstillverkare, bland andra även Volvo och järnvägsförvaltningar världen över. Intresse fanns och artiga erkännande svar kom men tiden var inte den rätta. Ett frö var emellertid sått och grodde med stor sannolikhet senare hos fler av de tillskrivna förvaltningarna som framgår enligt senare i texten.
Kriget kom emellan, men utvecklingsarbetet fortsatte oförtrutet. Nya tag togs för att intressera fordonstillverkare.

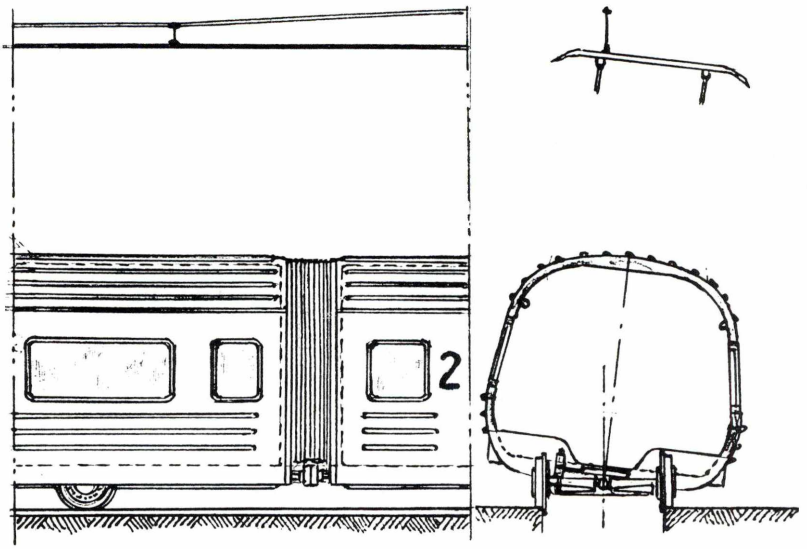
ASEA överhopade

År 1945 tillskrevs ASEA med bifogade ritningsförslag på lutningsanordning för fordon. Svaret blev att man för tillfället var så överhopade av leveranser att man ej kunde bidraga med vidareutveckling. Samarbetet med Rost upphörde då någon försäljning av uppfinningen ej omgående syntes föreligga.

Besök hos SJ Vid presentation av senaste konstruktionsförslag hos SJ år 1952 blev svaret att man ej fick mer betalt om man körde tågen fortare. Bara några år senare hade tongångarna hos SJ ändrats så att kanske idén var bra för persontåg, då doseringen i kurvor ej kunde höjas ytterligare med hänsyn till de långsammare godstågen. Om doseringen höjdes så skulle innerrälsen i kurvor bli nedtryckt av de långsammare tågen. Men då SJ ej var någon tillverkare av fordon så hänvisade man till industrin.

ASJ Vid Svenska Järnvägsverkstäderna ASJ i Linköping hade man år 1953 tagit fram ett mindre tågsätt påminnande om det Spanska Talgotåget. Talgotågen har korta vagnar med en enkelaxel i bakänden medan framänden hänger som en trailer på framförvarande vagn. Ytterhjulen skär ej med flänsen i kurvor utan går med viss positiv vinkel från rälsen. Vid ett tillfälle lär man experimentellt tagit bort hjulflänsarna och tåget klarade kurvor utan urspårning.

ASJ kallade sitt tåg för KLL (Korta-låga-lätta). Vagnarna hade en enkelaxel i varje ände och koppel som vid hopkoppling gjorde att vagnsändarna kom att vila på en gemensam boggi med kopplet som sammanhållande ram i sagda boggi. Flera kontakter togs med ASJ och förslagsritningar lämnades på lutningsdon vid kurvgång för vagnskorgarna. All kontakt med detta företag avslutades med att man ej önskade inblandning i deras verksamhet. En förslagsprincip visar figur 2. Hade man börjat upptäcka fördelarna med vagnkorgslutning i kurvor? För att utprova första förslagen på impulsdon fäste jag ett sådant provisoriskt i en personbil och



2. Förslag till lutningsanordning på ASJ:s KLL-tåg.

kopplades till grön lampa till höger och röd dito åt vänster. Vid högerkurva lyste alltså röd lampa och anordningen funktionerade för impulsgivning.

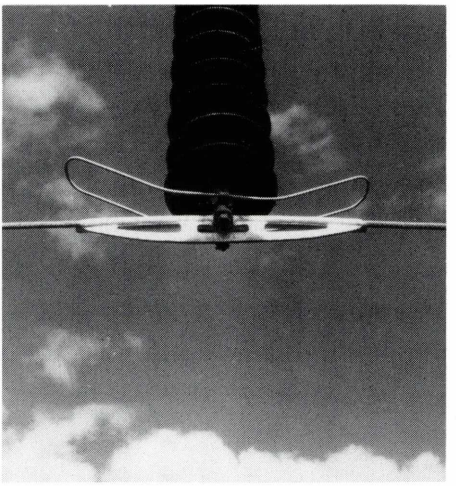
Nu byggs hårdvara

Samma år 1953 hade jag byggt färdigt en bil med VW-motor och kaross av trä med aluminiumklädsel och lutningsdon för karossen inbyggda. Detta var världens första fordon enligt figur 3 med i kurvor lutningsbar kaross och hade syftet att praktiskt utprova lutnings- och impulsdon. En sak framkom snart och blev kompletterad. Det dämpade pendeldonet var för trögt, Lutningsinställningen kom något försenad. Ett annat don som tidigt indikerade kurva infördes. Donet styrdes i detta fall vid rattvridningen. Om det gäller järnvägsfordon skulle detta don sitta längst fram i tågsättet och i båda fallen hade donet uppgiften att vid kurva påskynda pendeldonet att ge snabbare impulser till de för lutningen av vagnskorgarna verkställande donen.

Hur kunde jag klara ett sådant fordonsbygge? Vid verksamhet med anknytning till kraftledningar, konstruerade jag en linhållare för uppbäring av kraftlinorna. Denna linhållare som framgår av figur 4 hade egenskaper av mjuk anliggning mot buren lina genom sin stora rundning. Vibrationer som lätt uppstår för frihängande

3. Världlens första fordon med i kurvor lutningsbar kaross. 1953.





4. Linhållare för kraftledningslinor.

linor kan med tiden leda till utmattning med fler och fler trådbrott. Genom den stora rundningen vandrar nodpunkterna vid vibrationer för linanliggning så, att linhållaren själv dämpar uppkomna svängningar. Denna linhållare betalade mina vidare experiment.

År 1956 provade SNCF i Frankrike en vagn med vagnskorgen pendelupphängd på hög fästpunkt. En till synes enklare metod för korglutning i kurvor. Den krävde emellertid mängder av dämpningsdon för att ej komma i egensvängning. Dessutom gick vagnen snedlutad även på raksträcka om passagerarfördelningen blev för ensidig.

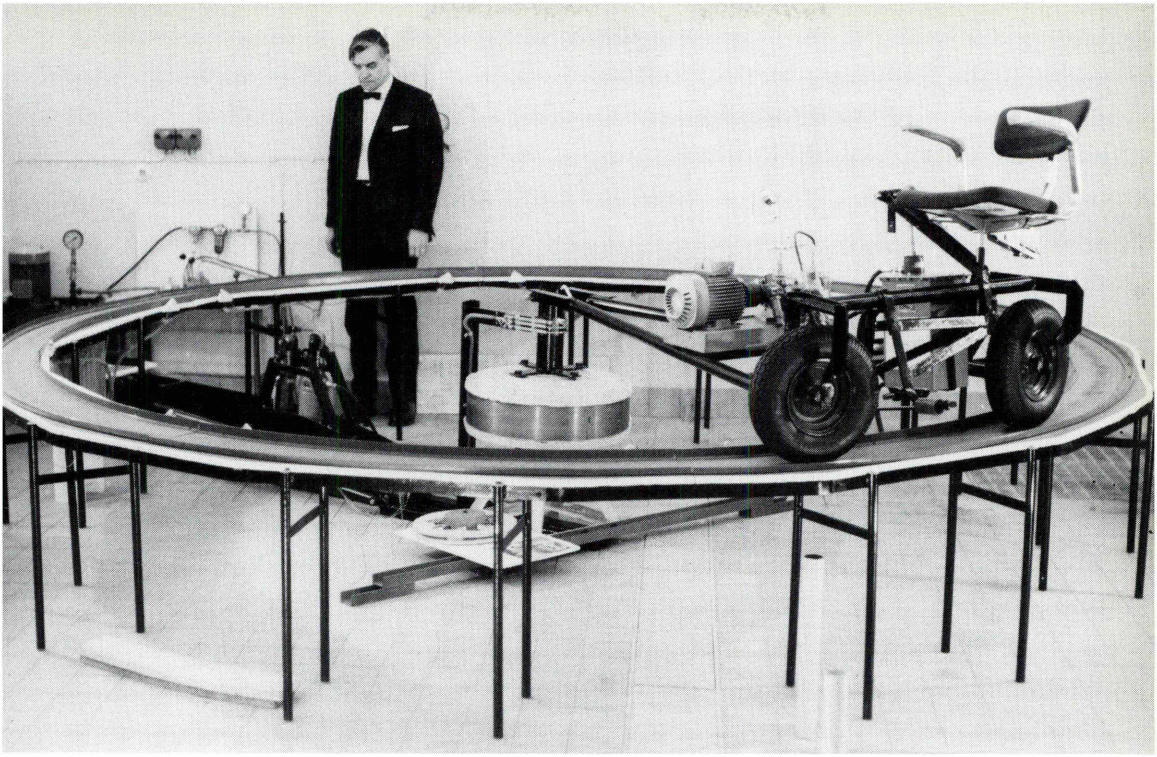
Första resan med ett lutande fordon

År 1957 hade jag byggt om en VW-buss till att karossen styrdes av inbyggda lutningsdon. Med den bussen företogs en rundresa till olika företag i Tyskland. Förutom bil- och bussföretag besöktes Alweg i Köln. Det tåg som Wennergren låtit bygga hade gummihjul som omslöt en betongbana. I kurvor lutade betongbalken till ungefär 45°. Man var helt medveten att om dessa tåg kom till användning så skulle min uppfinning vara till nytta för att räta upp vagnskorgarna horisontellt i förhållande till hjuldonen om ett sådant tåg måste stanna i kurva.

År 1960 börjar CN i Canada köra ett tåg benämnt Turbotrain. Detta tåg hade turbodrift och sina vagnskorgar upphängda på hög fästpunkt som pendlar.

En provbana för skolbruk

År 1967 byggde jag en provbana för reglertekniska studier av lutningsdon vid Wasa tekniska Gymnasium i Stockholm. En hydraulmotor drev runt en vagn enligt figur 5, där stolen var lutningsobjektet. Med ett hydrauliskt lyftdon kunde passagerare lyftas upp



5. Förf vid rundbana med vagn där stolen är lutningsobjektet.

till stolen. En professor i fluidteknologi vid KTH sade vid besök att han ej tidigare sett en anläggning som så tydligt visade vad som skulle visas.

SJ och ASEA

År 1969 utger SJ en bok "Höga hastigheter i SJ persontrafik tekniska förutsättningar". Författarna till denna bok kom från företag som jag tidigare kontaktat, ASJ, SJ med flera. Kort efter provades tågsättet X1 3015 som blivit iordningställt av ASEA med kurvlutningsdon.

År 1970 har RENFE i Spanien börjat köra Talgotåg med vagnskorgar vilande på luftgummibälgar placerade i taknivå. En ventil finns anordnad i tvärgående luftledning mellan bälgarna. Normalt är denna ventil stängd men öppnas vid in- och utgång i kurva så att lutning kan verkställas respektive avslutas.

Styrd vagnkorgslutning

År 1973 hade JNR i Japan på sina smalspåriga banor och SBB i Schweiz tågsätt där vagnskorgarna i kurvor styrdes hydrauliskt till lutning på tvärställda kupade rullbanor.

År 1973 tecknade jag kontrakt med ASEA på basis av svenska patentet 332 439. En lång serie kontakter inleddes med översändande av konstruktionsförslag på lutningsanordningarna.

År 1975 hade jag ytterligare en bil klar med inbyggda karosse-

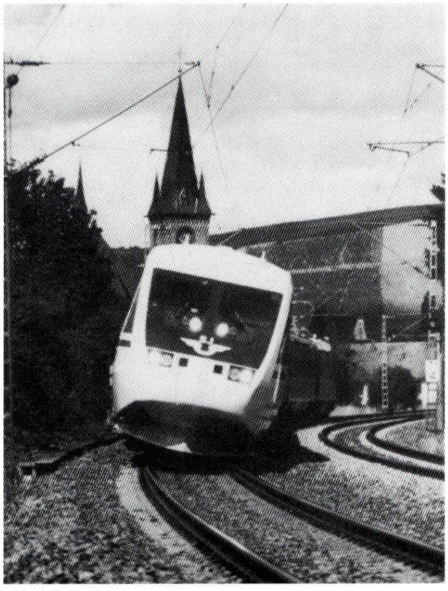
rilutningsdon, nämligen en gas-vätskefjädrad Citroën. Här fanns hydrauldonen ända ut till hjulen. Alla experimentbilarna finns dokumenterade på både film och video. Samma år börjar ett mångårigt prov bedrivet av SJ och ASEA med ett ombyggt tågsätt nu benämnt X15-3. Detta tågsätt hade börjat år 1948 som s k snabbtåg mellan Stockholm och Göteborg och efter avställning fick det nya uppgifter att utprova korglutningssystem.

År 1979 gjordes en rundresa i USA med syfte att se om något gjorts samt att väcka intresse för lutningsdon. Såväl förvaltningar t ex Amtrak som den gemensamma provanläggningen för järnvägarna i USA, den i Coloradoöknen nära staden Poeblo, besöktes. Här fanns anlagda spår både med utmärkt och extremt dåligt spårläge. I en inomhusanläggning kunde fordon ställas upp på rullar som fick motsvara skenorna. Fordonen stod stilla men kunde likväl köras med varierande hastighet och till och med simuleras att gå i kurva.

År 1985 höll BR i England som bäst på att prova sitt APT (Advanced Passenger Train). Flera anordningar som ej hade något direkt att göra med lutningsdonen gav så stora besvär att hela projektet lades ned. Vagnskorgarna hängde i pendeldon anbringade vid boggiram. Samma typ av korgupphängning användes vid FS i Italien i deras Fiatbyggda tåg med benämningen "Pendolino".

Kontraktet med ASEA förfaller

Den 16 juni 1986 utgår giltigheten för sista svenska patentet 332 439 angående vagnkorgslutning och därmed förfaller även mitt kontrakt med ASEA. Samma år i augusti beställer SJ X2000-tågen efter ca fem års offertförhandlingar. Figur 6 visar X2000 i



6. Snabbtåget X2000 på provtur i Tyskland.

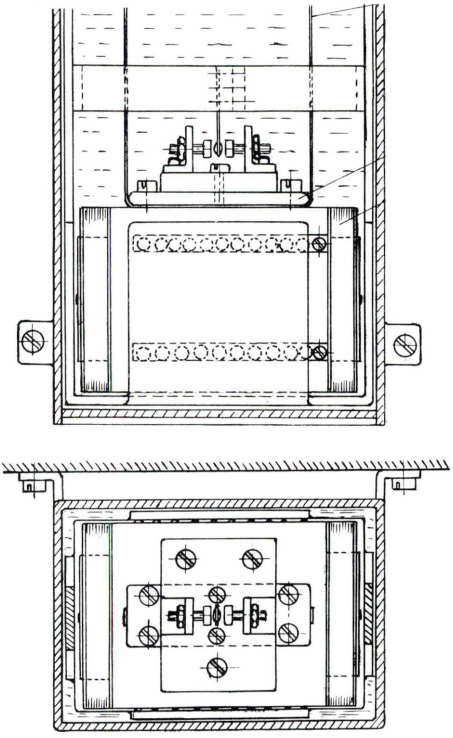
full aktion, här under demonstrationskörningar i Tyskland. Dessa tågsätt har en uppgift att fylla både i Sverige och utomlands på befintliga banor med kurvradier på 600 till 2 000 m.

Volvo kommer igen

Som kuriosa kan nämnas att Volvo som tillskrevs år 1938 angående korglutning i kurvor och då svarade att uppfinningen var tekniskt riktig men att man ej för tillfället kunde bidraga med vidareutveckling. Nu återkommer tillfället år 1986 (nästan 50 år senare) med att Volvo provkör en bil med kurvlutningsdon för karossen. Även Mercedes som tidigare besökts har vid ett tillfälle visat ett fordon som kunde luta karossen åt rätt håll i kurva.

Impulsdonens utformning

Figur 7 visar ett impulsdon där en vikt är innesluten i en låda samt är hängande i stålband. Lådan är fylld av en vätska med lämplig viskocitet för att dämpa pendeln mot olämpliga rörelser. Vid pendelrörelse ger ett kontaktdon utgående signaler till för korglutningen verkställande don. Pendeldonet får genom vätskan en viss tröghet som gör att systemet kan komma i försenad verkställighet. Detta löses med ett impulsdon som påverkas att ge utgående signaler vid snabba rattrörelser vid vägfordon eller sitter donet längst fram då det gäller tågsätt och påverkas att ge signal redan vid



7. Impulsdon.

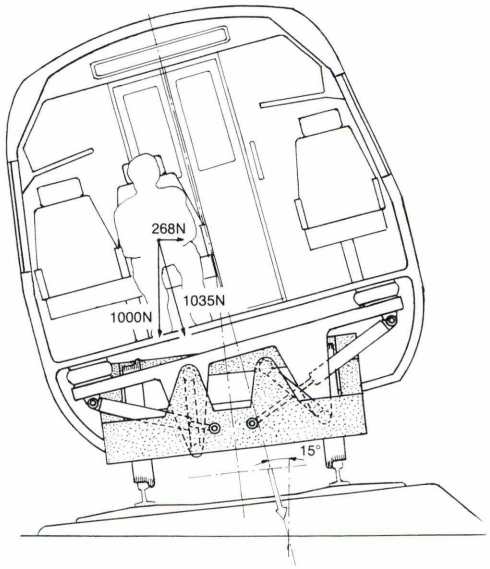
ingången i övergångskurvan (radien från att vara oändlig blir nu mindre och mindre samtidigt som bandoseringen kontinuerligt ökar fram till kurvans huvudsakligen konstanta kurvradie) före den verkliga kurvan med fast radie. Först nämnda impulsdon tvingas t ex magnetiskt till snabbare impulsgivning av senast nämnda impulsdon. Med sådana samverkande impulsdon kommer lutningsanordningen att verka vid varje hastighet och varje kurvradie. Det betyder att om fordon stannar i doserad kurva så horisontalställas vagnskorgarna. X2000 har också impulsdon längst fram och don i vagnskorgarna men har för tillfället missat sistnämnda fördel. Vid tågsätt får en dator taga hand om signaler från främst placerade impulsdon och sedan på lämpligt sätt vidaresända signalerna till följande vagnar. Vid långt tågsätt kan först vagn börja luta åt annat håll än det håll sista vagnen är på väg att luta. Andra typer av impulsdon kan vara gyro som reagerar för vinkelavvikelser eller en massa infäst mellan piezoelektriska kristaller som ändrar motstånd vid ändrad tryckbelastning.

Snabba tåg utan kurvlutningsdon

I Japan, Frankrike och Tyskland har nya banor byggts med kurvradier från 4 000 till 7 000 m. Dessa banor är mycket välbyggda men också mycket kostsamma. I Frankrike heter tågen TGV och i Tyskland IC. Lutningsanordningarna skulle ändå kunna vara till gagn för dessa tåg om de tvingas stanna i doserad kurva. Doseringen kan nämligen närma sig så mycket som ca 6°. Tågen skall då även kunna köras med förhöjd hastighet på det äldre bannätet.

I den tidigare nämnda SJ-boken siktade man på högsta tåghastighet 220 km/h och en korglutning på ca 8°, tillsammans med bandoseringen ca 15°. Det praktiska resultatet blev 200 km/h och korglutning 6,5°. Boggierna är av s k mjuk typ (stora gummielement vid lagerboxarna) tillsammans med hjulens koniska rullytor åstadkommer detta förhoppningsvis radiel axelinställning i kurvor. Något slitna hjul och andra omständigheter gör oftast den önskvärda axelinställningen tvivelaktig. Däremot kränger de mjuka boggierna så att lutningsinställningen i stället för 8° blir 6,5°. Det kan vara intressant att stanna till ett tag med teorin om järnvägshjul med konisk rullyta. Med en nominell diamter på 900 mm och 1 mm i diameterskillnad mellan inner- och ytterhjul blir den teoretiska kurvradien 1 350 m och med 3 mm diameterskillnad motsvarande 450 m. Med detta undvikes axeltorsion i kurvor. Med något slitna hjul och den mängd olika kurvradier som förekommer är helt naturligt idealet sällsynt. Lösningen är enkelaxelsystem med separata friroterande hjul med cylindrisk rullyta samt ett styrbart fjädersystem t ex av gas-vätsketyp.

Hur påverkas passagerare av de krafter som uppstår vid åkning i fordon genom kurvor? Figur 8 visar teoretiska läget vid kurvra-



8. Hur naturkrafterna påverkar passagerare... (se texten).

die 2 000 m och hastigheten 260 km/h. Om fordonet skulle framföras utan vare sig bandosering eller korglutning skulle passageraren utsättas för en sidokraft av nästan 27 % av sin tyngd. Vid visat fall ger samverkan tyngd- och sidokraft en icke märkbar ökning av trycket mot golv och stol med endast 3,5 %.

Vilka fordon kan lämpligen utrustas med korglutningsanordningar? Om man inte kan bygga nya banor med stora kurvradier till stora kostnader är järnvägsfordon lämpliga objekt. Då det gäller vägfordon är ambulanser och lastfordon för transport av levande djur bra exempel. Möjligen kan vissa bussar också utrustas men då det gäller personbilar skulle förarna lätt kunna vilseledas. En bil som går i kurva klarar minsta radie som friktion mellan gummihjul och vägbana tillåter och den banan bör helst ligga inom vägbanan.

För järnvägsfordon visar figur 8 att resulterande kraft ligger betryggande innanför ytterrälsen. Ytterhjulen får också högre belastning så att klättringsrisken för hjulflänsarna minimeras. Det hindrar inte till en strävan att hjulen helst bör vara radiellt inställda, alltså helt befriade från flänsskärning.

De många utvecklingsstegen som nämnts döljer många motgångar och stora besvär för att uppnå riktiga resultat. Ursprungligen experimenterades med mekaniska lutningssystem tills slutligen hydrauliska system valdes. För dessa system fordras stor renlighet men det hindrar inte att olämpliga fragment då och då smög sig in i systemet och ställde till förtret. En regel gäller att får man

ett hydraulsystem att fungera kan man glömma detsamma utom att oljan med lämpliga intervaller måste bytas. Första förslagen på impulsdon kontrollerades som tidigare nämnts med lampor. Även i fortsättningen använde jag lampor för att få koll på att styrsignalerna var verksamma. Även rörsystemen färgkonditionerades för att bli rätt kopplade. Före den åtgärden kunde lätt förväxlingar ske. Till och med för de stora byggarna kunde sådana förväxlingar inträffa. Det är naturligtvis lätt att skifta till rätta lägen men har testkörning börjat är det mycket obehagligt om det lutar åt fel håll.

The development of tilting cars for use on curved railway lines

Summary The article describes the development of tilting cars on curves. In principle the setup was established in 1938 to give Carriagebodies the right position at every speed and every curve radius. The first experimental car was built in 1953 and was followed by a VW-bus. This bus was shown to people in German factories. The last experimental car was a rebuilt Citroèncar made in 1975. An information pamphlet was sent out all over the world to industries and railway workshops in 1938. After World War 2, France, Canada and Spain built trains with car bodies hinging from a high position over the rail as pendulums. Later Japan and Switzerland developed hydraulically steered car bodies on rollers arranged to give tilting. Finally England developed its APT-train. This project is rejected. The Swedish X2000-train also employs car bodies with a tilting mechanism and is now in use. Other countries are interested in this project. My contract with ASEA was valid up to june 1986. In the same year, in august, the Swedish National Railways (SJ), ordered the trains.