



Utformning av slänter och räcken med hänsyn till bussars säkerhet

Titel: Utformning av slänter och räcken med hänsyn till bussars säkerhet

Utgivningsdatum: 2007-01-26

Utgivare: Ssau

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Bakgrund & Syfte	2
2	Händelseförlopp för olyckan på E18	3
3	Tidigare och nu gällande utformningsråd	7
3.1	Släntutformning	7
3.2	Räckesutformning	7
3.3	Dimensioneringsförutsättningar	9
4	Bestämmelser om hållfasthet i busskaross	9
4.1	Vägverkets föreskrifter	9
4.2	Registreringsbesiktning	9
4.3	EG-direktiv om fordon	10
4.4	Tekniska krav på bussar	10
4.5	Tekniska krav på stabilitet hos bussar	11
4.6	Tekniska krav på hållfasthet i karosseristommen på bussar	11
4.7	Olycksbussen	13
5	Olyckor med tunga fordon	14
5.1	Olycksgenomgång	14
5.2	Avkörningsvinkel	15
6	Simuleringar och visualisering av avkörning	16
7	Förslag till ändrade utformningsråd	24
	Allmänt	24
	VGU del Sektion landsbygd vägrum	25
	Förslag till ändring i VGU:8.3 Val av sidoområdestyp	25
	Förslag VGU Brutna slänter	25
	Förslag VGU 8.5.1 bankdike	26
	Del VGU Väg- och gatutrustning	26
	Förslag VGU 2.2.6. Risk- och skyddsobjekt och 2.3.1 Trafiksäkerhet	26
8	Rekommendation och Diskussion	28
	Rekommendationer om fortsatt arbete	28
9	Sammanfattning	30

1 BAKGRUND & SYFTE

Den tragiska bussolyckan på E18 2006-01-27 har väckt stor uppmärksamhet. GD har beslutat att en genomgång och eventuell förändring av Vägverkets utformningsråd för sidoområden ska göras.

Olycksplatsen med en bruten bankslänt var konstruerad medan utformningsråden VU94 gällde. Efter detta har avsnittet om sidoområden delvis ändrats. Frågor har väckts hur utformningen påverkar en avkörande buss och om ett räcke hade kunnat förhindra olyckan. Preliminära analyser indikerade att ett normalt räcke sannolikt inte hade hindrat bussen från avkörning.

Den ansvariga väghållaren, Vägverket Region Mälardalen, önskade en närmare teknisk analys och visualisering av det sannolika olycksförloppet. Utredningen har haft syftet att öka kunskapen om bussavkörningar i olika miljöer och möjligheterna att minska riskerna och konsekvenserna.

Projektet är ett internt utvecklingsprojekt som syftar till att ge förslag till förbättringar av vägutformningsråden Vägar och Gators Utformning VGU. Parallellt med denna utredning pågår även Statens haverikommissionens analyser.

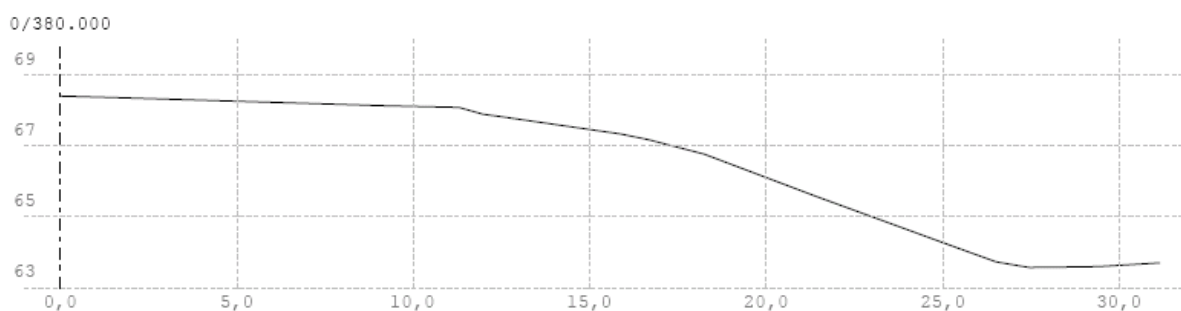
Projektet skall:

- Beskriva VGU:s rekommendationer och motiv för vald utformning av sidoområde vid brutna bankslänter och även generellt vid bankslänter. Beskriva konsekvenser av eventuella förändringar av de olika utformningarna med avseende på buss- och lastbilsolyckor och rekommendera eventuella åtgärder i VGU. Hänsyn ska tas till räckesregler.
- Analys och inventering av tidigare svåra buss- och lastbilsolyckor i sidoområden samt vid räcken.
- Ge en beskrivning av krav på dagens busskonstruktioner.
- Ge ett tekniskt underlag i form av en visualisering hur E18-olyckan sannolikt gick till.

2 HÄNDESEFÖRLOPP FÖR OLYCKAN PÅ E18

Bussen med förare och 50 passagerare har startat från Mariestad för att färdas i östlig riktning mot Stockholm på E18/E20. Ungefär klockan 11:40 befinner sig bussen cirka 1,5 km innan Högsjöns rastplats mellan Örebro och Arboga.

Väglaget på sträckan är fuktigt men ingen halka förekommer på vägbanan. Temperaturen ligger strax under 0° C. På vägrenen ligger ett cirka 1 cm tjockt snötäcke. Snövallen är cirka 30 cm hög och bakom den är snön cirka 20 cm tjock. I den brantare delen av slänten är snötäcket något tunnare på grund av snösmältning. I slänten förekommer även ett bitvis tunnare lager is under snön från tidigare avsmältning. Marken är inte tjälad. På platsen lutar vägen svagt uppåt och har ett tvärfall på 2,5 %. Bankhöjden är cirka 4,5 meter med innerslänt i lutning 1:6 med bredd 6 meter, följt av lutning 1:3. I slutet på slänten finns ett viltstängsel. Marken utanför slänten är plan.



Figur 2.1: Tvärsnitt vid olycksplatsen: 0,0 m= inre asfaltkant, 11m= yttre asfaltkant, 17m= övergång mellan lutning 1:6 och 1:3

Bussen framförs enligt färdskrivaren i cirka 105 km/h med påslagen farthållare. Enligt haverikommissionens utredning har den verkliga hastigheten varit 107 km/h på grund av något större hjul. Strax innan olycksplatsen förlorar föraren förmågan att kontrollera bussen, troligen på grund av sjukdom, vilket gör att han inte är medveten om det fortsatta olycksförloppet.

Bussen börjar röra sig i sidled, först åt vänster helt eller delvis in i det vänstra körfältet, för att sedan gå åt höger. Spåren efter bussen på vägrenen tyder på en avkörningsvinkel på cirka 8 grader. Avkörningsvinkeln bygger på inmätta spår i slänten och helikopterfoto, se Figur 2.2.

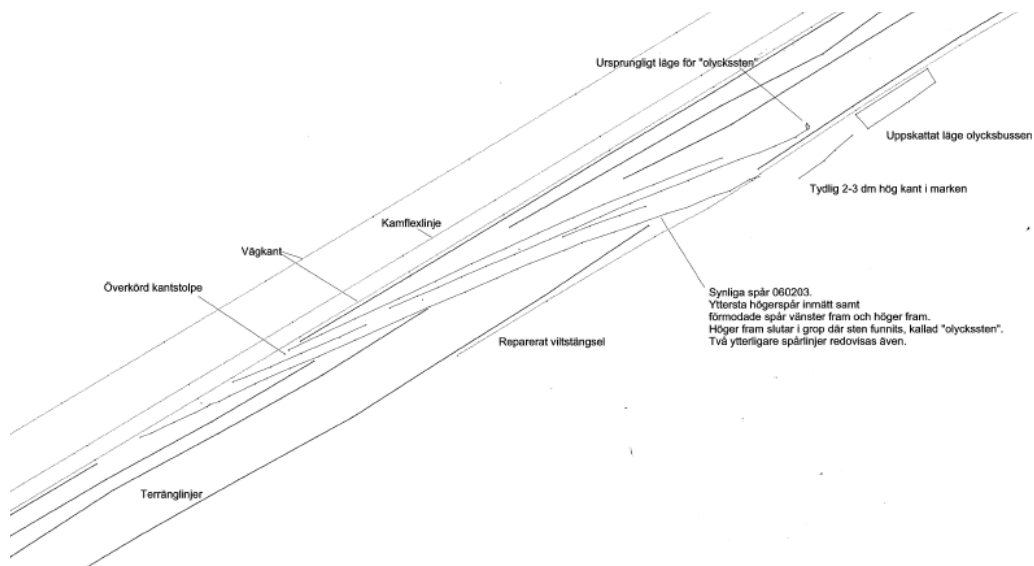


Figur 2.2: Helikopterfoto över olycksplatsen

Den lättare framdelen kan ha fått framhjulen att tillfälligt minska fäste samtidigt som den tyngre bakdelen skjuter på både med sin tyngd och av att farthållaren fortfarande är på och drivhjulen fortfarande har fäste. När bussen sedan fortsätter ut i den flacka slänten (1:6) så börjar boggin på grund av sin konstruktion att styra emot vilket resulterar i att bussen inte går rakt fram utan girar något åt vänster. Förändringen är dock inte så stor utan bussen fortsätter ut åt höger från vägen och mot den brantare slänten (1:3). Samtliga hjul har fortfarande markkontakt.

När lutningen ökar åker fordonets bakre del längre ner i slänten än fronten, troligtvis på grund av sin tyngd och förlorat markgrepp. Rörelseenergin gör att bussen fortsätter i ungefär samma riktning som tidigare. Fortfarande behåller alla hjul markkontakt även om vänster framhjul förlorar mer och mer markgrepp.

Då marken planar ut får troligtvis bussens bakdel ökat grepp i sidled vilket resulterar i en motkraft till rörelseenergin. Detta resulterar i att bussen börjar luta över ännu mer åt höger. Att döma av spåren i snön så har vänstersidans hjul lättat från marken ungefär vid den tidpunkt då höger bakhjul når bankfot. Bussen har inte välts.



Figur 2.3: Ritning på uppmätta spår

Vänster framhjul förlorar markkontakt. Strax efter börjar även höger framhjul förlora markkontakt. Höger framhjul, har sedan träffat en större sten. Kraften har varit så stor att stenen, nergrävd till 2/3-delar, slagits upp från sitt läge och rullat efter bussen ner mot viltstängslet. Kraften har dock inte varit så stor att framvagnen skadats. Efter kontakten med stenen har kraften, som skulle resultera i att bussen lagt sig på sidan, ökat så pass att bussen nästan omgående slagit runt och lagt sig på taket istället. Skrapmärken och intryckningar på bussens sida är mycket begränsade vilket tyder på att den knappast legat på sida och glidigt, se Figur 2.4.



Figur 2.4: Bilden visar att det finns få skrapmärken på bussens sida

Spår i snön tyder på att bussen inte glidit mer än cirka en busslängd på taket. Främre delen av taket har tryckts in bakåt och resten av taket har kollapsat. En trädstubbe med rötter har ryckts upp och kilats fast mellan taket och främre högra takstolpen. Om trädstubben har haft någon inverkan på omfattningen av takets kollaps har inte fastställts.



Figur 2.5: Bild på bussen framifrån



Figur 2.6: Bild på bussen snett bakifrån

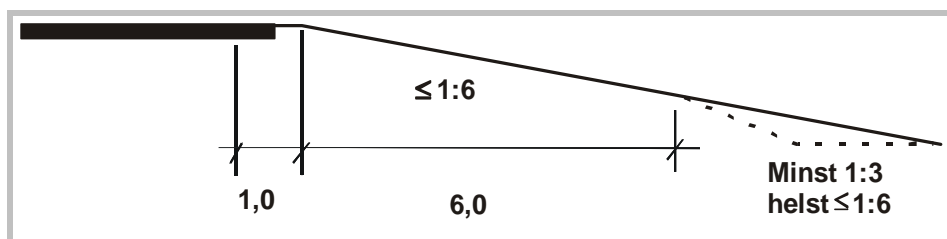
Taket har fått en förskjutning bakåt och åt vänster. Taket är något mer intryckt baktill. Eftersom golvet är något högre baktill i bussen så har utrymmet mellan tak och stolar blivit mindre än längre fram.

Enligt uppgift har farthållaren kopplats ur först när någon slagit av tändningen. Detta tyder på att drivningen på bakhjulen har verkat med full kraft genom hela olycksförloppet.

3 TIDIGARE OCH NU GÄLLANDE UTFORMNINGSRÅD

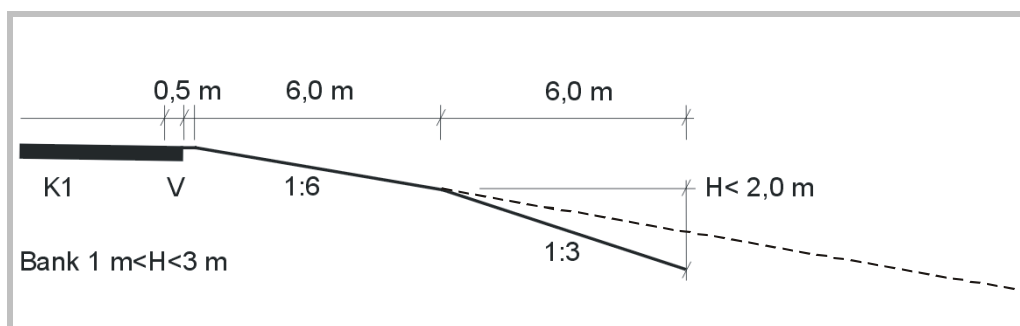
3.1 Släntutformning

Inledningsvis ska poängteras att utformningen av den aktuella vägen gjordes med bakgrund av de regler som fanns i dåtidens gällande dokument, VU94. Utformningen såg ut enligt figur 3.1. Kommenteras kan att det poängterades att man helst skulle använda sig av 1:6.



Figur 3.1: Exempel på släntutformningar typ A på bank i VU94-S1

Utformningen ändrades i nuvarande gällande dokument VGU (utgiven 2004), där en maximal bankhöjd anges som kriterium då räcke ska användas, se figur 3.2. Maximal bankhöjd i VGU är 3 m. Slänten kan också ha genomgående lutning 1:6, streckad linje. Detta medför att ett betydligt större vägområde krävs.



Figur 3.2: Exempel på släntutformningar typ A på bank i VGU

3.2 Räckesutformning

Ur VGU Del Väg- och gatuutrustning moment 2.2.2.

En väg skall förses med räcke då bankslänten lutar 1:4 eller brantare och bankhöjden överstiger angivna värden i tabell 4.1 nedan.

Tabell 4.1: Största bankhöjd utan räcke vid bank med släntlutning 1:4 eller brantare

Bankslänt S=1:4			
ÅDT-0	VR _{≤70}	VR ₉₀	VR ₁₁₀
0-1000	15 m	8 m	5 m
1000-3000	13 m	7 m	4 m
3000-5000	11 m	6 m	3 m
≥ 5000	10 m	6 m	3 m

Ur Bro 2004 Del 7 Detaljer avsnitt 74.121

Vägbroar ska förses med broräcke enligt 74.61 i de kanter som är parallella med körbanan.

Ur VGU Del Väg- och gatuutrustning moment 2.3.1.

Utgångsvärden för val av kapacitetsklass för vägräcken framgår av tabell 4.2 nedan, högre kapacitetsklass bör övervägas där risken förknippad med att fordon kör igenom/välter över räcket bedöms vara oacceptabel, exempelvis omedelbar utslagning av ett samhälles enda vattentäkt, tungt fordon på järnväg för snabbtåg eller buss utför stup, i djupt vatten, mot brostöd etc.

Tabell 4.2: Utgångsvärden för val av kapacitetsklass enligt SS-EN 1317-2

Räckesfunktion	Trafikmiljö		
	VR ≤ 70	VR ≥ 90	MV, MML, MLV VR ≥ 90
Vägräcke (sidoräcke)	N1	N2	N2 ¹⁾
Vägräcke (mitträcke)	N1	N2	N2 ¹⁾
Broräcke	H2 ³⁾	H2 ³⁾	H2 ³⁾
Räcke vid skydds- o. riskobjekt	H2 ^{2,4)}	H2 ⁴⁾	H2 ⁴⁾

1) vid höga flöden eller stora lastbilsandelar kan högre kapacitetsklass övervägas

2) vid vägbredd < 8 m kan kapacitetsklass H1 övervägas

3) för korta broar med relativt låg fallhöjd kan, under vissa förhållanden, räcket på anslutande väg användas istället för särskilt broräcke, se "Bro 2004" 74.125. Vid VR ≤ 50 kan broräcken med lägre kapacitetsklass tillåtas under vissa förhållanden, se "Bro 2004" avsnitt 74.121.

4) en ökning av kapacitetsklassen bör övervägas i kurvor med liten radie etc. där höga påkörningsvinklar kan förväntas, nedanför branta backar och på vägtyper där höga hastigheter hos dimensionerande tunga fordon kan förväntas. Medianvärden för tunga fordonshastighet på olika vägtyper kan erhållas från trafikmätningar.

Ur Bro 2004 Del 7 Detaljer avsnitt 74.61

Broräcken ska uppfylla kraven för lägst kapacitetsklass H2 och lägst skaderiskklass B enligt SS-EN 1317-1 och 1317-2.

Ur VVFS 2003:140 Vägverkets föreskrifter om tekniska egenskapskrav vid byggande på vägar och gator (vägregler) avsnitt 6.4.2.4.

Skyddsanordningar skall kunna fånga upp dimensionerande fordon respektive ha tillräcklig förmåga att förhindra att oskyddade trafikanter faller nerför stup.

Skyddsanordningar avsedda att fånga upp fordon skall vara utformade så att personskador vid en påkörning begränsas.

Råd: Dimensionerande fordon för vägräcken är normalt personbilar och dimensionerande fordon för broräcken är normalt bussar.

Ur VGU Del Väg- och gatuutrustning moment 2.6.1.

Ett räcke skall placeras så att ett avkörande fordon med stor sannolikhet fångas av räcket och inte träffar det föremål eller motsvarande fara som räcket har till uppgift att skydda fordonen från. Räckets längd anpassas tillsammans med valda inledningar och avslutningar så att tillräcklig skyddande funktion uppnås.

Huvudalternativet bör vara att skära av möjliga avkörningsvinklar så att "fönstret stängs".

Längd för broräcken är inte generellt beskrivet, enda ledtråden fås ur standardritning 583:2S-bx där det står att broräcket kan utsträckas n st fack utanför kantbalken,

denna ritning är dock under revidering, i den nya versionen utsträcks broräcket (full höjd på navföljare) till ca ½ fack utanför ände på kantbalk.

3.3 Dimensioneringsförutsättningar

För dimensionering av väg- och broräcken finns för närvarande ingen dimensionerande påkörning angiven, jfr dock råd i VVFS 2003:140 ovan. Dock har Vägverket indirekt valt dimensioneringsförutsättningar genom att tala om vilka kapacitetsklasser de ska uppfylla. Detta innebär att broräcken normalt ska kunna hålla tillbaka buss och vägräcken personbil.

För sidoområden har avkörning med personbil varit dimensionerande. I sidoområdestyp A (släntlutning 1:6) och B (1:4) ska fordonet löpa liten risk att välta och i främst i sidoområdestyp A även ska kunna manövreras. Fri höjd ska dock vid dessa sidoområdestyper dimensioneras för hög buss så att fri höjd finns till brytpunkt mellan nedre och övre ytterslänt respektive övre och nedre bankslänt om inte sidoräcke finns. Detta är motiverat av att hög buss inte ska slå i exempelvis sneda brostöd. I motsats till vad som gäller för normerade räcketprov har vare sig avkörningsvinkel och hastighet eller fordon definierats för avkörning i sidoområden.

4 BESTÄMMELSER OM HÅLLFASTHET I BUSSKAROSS

4.1 Vägverkets föreskrifter

Svenska bestämmelser om bussar finns i Vägverkets föreskrifter (VVFS 2003:22) om bilar och släpvagnar som dras av bilar. Föreskrifterna är utgivna med stöd av Fordonsförordningen (2002:925). Föreskrifterna innehåller detaljerade tekniska bestämmelser om fordons beskaffenhet och utrustning. Föreskrifterna gäller för fordon som registreras en och en, det vill säga bussar, lastbilar, och personbilar som tillverkas i små serier eller ombyggda och modifierade bilar. Kontroll av att fordonen uppfyller kraven i föreskrifterna utförs av Bilprovningen vid registreringsbesiktning.

Vägverkets föreskrifter om bilar och släpvagnar som dras av bilar innehåller tekniska krav på motorer, hjulsystem, styrning, bromssystem, karosserier, tippstabilitet, belysningsanordningar, ljudsignalordning, kollisionsegenskaper, utrymme för förare och passagerare, sätesfastsättning, bilbälten, sikt och sikthjälpmedel, manöverorgan viker och dimensioner, särskilda krav på bussar mm.

Föreskrifterna innehåller bestämmelser för alla årsmodeller av bilar. Bilar ska under hela sin livslängd uppfylla de krav som gällde då bilen togs i bruk första gången. De tekniska kraven i föreskrifterna baseras i stor utsträckning på EG-direktiv. För bilar som tagits i bruk första januari 2005 eller senare baseras de tekniska kraven på EG-direktiv. Rent nationella krav finns endast inom sådana områden som inte omfattas av EG-direktiv, exempelvis vid specialfordon av olika slag. Sådana nationella krav kan baseras på ISO- eller CEN-standarder.

4.2 Registreringsbesiktning

Registreringsbesiktning utförs av Bilprovningen inför registrering och första ibruktagande av ett fordon eller då ett fordon som är i bruk har byggts om.

Registreringsbesiktningen omfattar identifiering av fordonet, fastställande av de

uppgifter om fordonet som ska föras in i vägtrafikregister samt kontroll att fordonet uppfyller föreskrivna krav i fråga om beskaffenhet och utrustning. Vid registreringsbesiktningen ska fordonet godkännas om det uppfyller föreskrivna krav i fråga om beskaffenhet och utrustning. Kraven för beskaffenhet och utrustning finns i Vägverkets föreskrifter, fordonsförordningen och andra författningar samt föreskrifter från andra myndigheter.

Den som inställer ett fordon till registreringsbesiktning ska lämna de uppgifter som behövs för besiktningen. På begäran ska han eller hon styrka uppgifterna. En av de uppgifter som ska lämnas är dokumentation som styrker att fordonet uppfyller föreskrivna krav i fråga om beskaffenhet och utrustning.

4.3 EG-direktiv om fordon

EG-direktiv om fordon omfattar administrativa rutiner och tekniska krav för typgodkännande av komponent, system, separat teknisk enhet eller helt fordon. EG-direktiven ska införas i medlemsländernas nationella lagstiftning. Rutiner för typgodkännande finns i Rådets direktiv av den 6 februari 1970 om tillnärmning av medlemsstaternas lagstiftning om typgodkännande av motorfordon och släpvagnar till dessa fordon, direktiv 70/156/EEG. Direktivet är ett ramdirektiv som definierar typgodkännande, typgodkännandemyndigheter och tekniska tjänster som utför provningar i samband med typgodkännanden.

Tekniska krav för typgodkännande av komponent, system, separat teknisk enhet anges i särdirektiv till direktiv 70/156/EEG. För närvarande finns särdirektiv för drygt 50 egenskapsområden för fordon.

Personbilar som tillverkas i större serier ska vara typgodkända enligt EG direktivet 70/156/EEG. Bilarna ska då vara typgodkända i enlighet med samtliga särdirektiv till direktiv 70/156/EEG, så kallat helfordonsgodkännande. Helfordonsgodkända bilar registreras med stöd av intyg om överensstämmelse, så kallat CoC (Certificate of Conformance). Vid registrering av helfordonsgodkända bilar kontrolleras dokumenten men någon särskild kontroll av tekniska krav görs inte. För närvarande pågår ändringsarbete rörande direktiv 70/156/EEG i syfte att möjliggöra helfordonsgodkännande av bussar och lastbilar.

4.4 Tekniska krav på bussar

Tekniska krav på bussar finns i Vägverkets föreskrifter, VVFS 2003:22.

Grundläggande krav på motorer, styrning, bromssystem, etc. finns under respektive avsnitt i föreskrifterna. Särskilda krav på bussars kaross och inredning finns samlade under ett avsnitt. Sedan den trettonde februari 2004 bestäms kraven på bussars kaross och inredning av det så kallade bussdirektivet; Europaparlamentets och Rådets direktiv 2001/85/EG av den 20 november 2001 om särskilda bestämmelser för fordon som används för personbefordran med mer än åtta säten utöver förarsätet och om ändring av direktiv 70/156/EEG och 97/27/EG.

För kaross och inredning i bussar som tagits i bruk före den trettonde februari 2004 gäller svenska nationella krav. Kraven omfattar in- och utgångar, längdgenomgång, sittplatser, utrymme vid sittplatser, utrymme vid ståplatser samt nödutgångar. Det finns inga krav på hållfasthet i karosseristommen.

För kaross och inredning i bussar som tagits i bruk den trettonde februari 2004 eller senare gäller bussdirektivet 2001/85/EG. Kraven omfattar passagerarutrymme, brandskydd, på- och avstigningsdörrar, nödutgångar, mittgång och invändiga trappor, passagerarsäten och utrymme för sittplatspassagerare, kommunikation med föraren, ledstänger och handtag, inre säkerhetsdetaljer, krav på tillgänglighet för funktionshindrade, stabilitet och karosseristommens hållfasthet. Med bussdirektivet ställs högre säkerhetskrav än tidigare vad gäller klämskydd i dörrar, nödutrymning, brandskydd, stabilitet och hållfasthet i karosseristommen.

4.5 Tekniska krav på stabilitet hos bussar

Kraven på stabilitet säger att en buss ska vara så stabil att den inte välter när den yta på vilken bussen står turvis lutar åt vardera hållet till en vinkel på 28 grader från horisontalplanet. Ett prov ska utföras för att verifiera kraven på stabilitet. Vid provet ska bussen vara lastad med vikter som motsvarar förare, passagerare och bagage. Alternativt kan en beräkningsmetod användas för att visa att fordonet inte välter under de angivna förhållandena. Beräkningsmetoden skall beakta följande parametrar; massor och dimensioner, tyngdpunktens höjd, fjäderstyvhet, däckstyvhet i vertikal- och horisontalled, egenskaper avseende regleringen av lufttrycket i luftfjädrarna, momentcentrumets läge samt karossens vridhållfasthet.

4.6 Tekniska krav på hållfasthet i karosseristommen på bussar

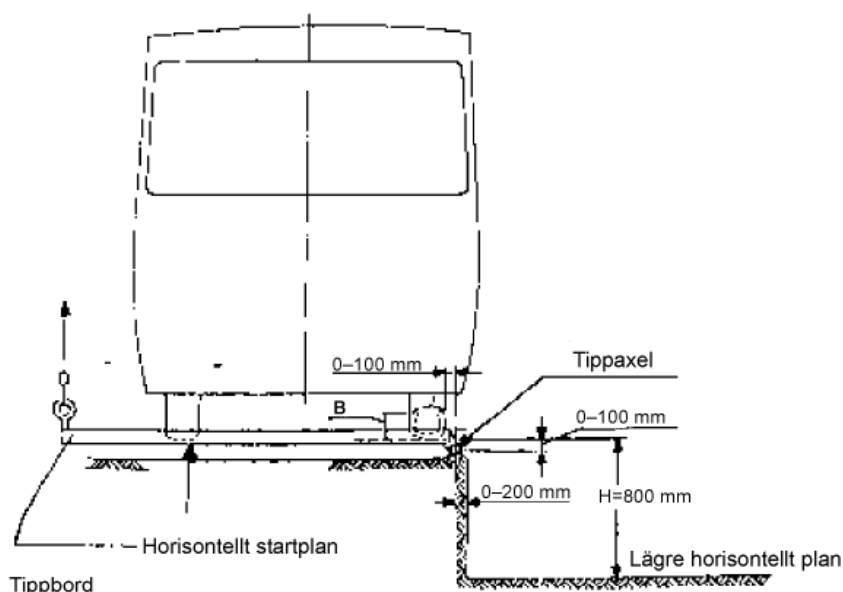
Karosseristommen på bussar av klass II och III ska vara tillräckligt hållfast för att säkerställa ett visst minsta överlevnadsutrymme om bussen skulle slå runt. Bussar av klass II och III är inrättade för befordran av fler än 22 passagerare där klass II innebär bussar som huvudsakligen tillverkats för befordran av sittplatspassagerare men har ett begränsat antal ståplatser medan klass III innebär bussar som uteslutande tillverkats för befordran av sittplatspassagerare.

Överlevnadsutrymmets storlek definieras med en i direktivet angiven mätmetod. Bussens karosseristomme ska vara tillräckligt hållfast för att säkerställa att ingen deformerad del av karossen kan tränga in i överlevnadsutrymmet och att ingen del av överlevnadsutrymmet kan befinna sig utanför den deformerade karosseristommen.

Kraven gäller för karossen inbegripet samtliga delar av stommen, balkar och paneler och alla styva utskjutande delar, t.ex. bagagehyllor och ventilationsanläggningar.

Varje busstyp ska provas enligt en av följande metoder för att verifiera att kraven är uppfyllda; överrullningsprov av hela fordonet, överrullningsprov av en eller flera karosserisektioner, slagprov av en eller flera karosserisektioner eller prov av karosseristommens hållfasthet genom beräkning. Det finns också möjlighet att prova enligt en alternativ metod som är godkänd av den behöriga myndigheten.

Överrullningsprovet genomförs så att bussen placeras på en plattform från vilken den kan vältras över på ena sidan. Höjdskillnaden mellan det horisontella planet och det horisontella lägre planet på vilket islagning ska ske ska vara minst 800 mm, se figur nedan.



Figur 4.1: Skiss av överrullningsprov för bussar

Vid överrullningsprov av hela fordonet behöver fordonet inte vara i fullständigt leveransklart skick, men det ska vara representativt för produktionsfordon vad gäller tjänstevikt, tyngdpunkt och viktfördelning enligt tillverkarens specifikationer. Alla dörrar och öppningsbara fönster skall vara stängda. Fönster samt väggar och skärmar med glasrutor får vara glasade om sökanden så önskar. Om glaset är borttaget skall motsvarande vikt placeras på lämplig plats i fordonet. Däcken skall vara fyllda till det tryck som föreskrivs av fordonstillverkaren. Fjädringssystem, nivåsystem och stötdämpare ska fungera normalt.

Vid överrullningsprov av en karosseriektion ska sektionens geometri, vridningsaxeln och tyngdpunktens läge i tvär- och längsgående riktning skall vara representativt för hela fordonet. Karosseriektionens massa, uttryckt i procent av fordonets olastade tjänstevikt, skall anges av tillverkaren. Andelen av den totala energin som skall absorberas av karosseriektionen vid provet får inte vara mindre än sektionens andel av den totala tjänstevikten. Samma provförfarande används som för ett helt fordon, bortsett från att en karosseriektion används i stället.

Vid slagprov av en eller flera karosseriektioner ska först den totala energin beräknas som en buss i ett överrullningsprov skulle uppta. Den korrekta andelen av denna energi ska gälla för karosseriektionen vid slagprovet. Slagets riktning vid tidpunkten för islagningen ska bilda en vinkel av 25 grader mot karosseriektionens centrala längsgående vertikala plan. Vid provet ska karosseriektionerna omfatta sektioner av den normala stommen monterade mellan spanten, i golvet, underramar, sidor och tak. Sektioner med delar som t.ex. bagagehyllor och ventilationsledningar ska, om sådana finns, också inkluderas. Pendeln skall släppas från en sådan höjd att den slår i karosseriektionen med en hastighet av mellan 3 och 8 m/s.

Vid prov av karosseristommens hållfasthet genom beräkning ska en beräkningsmetod användas som godkänts av den tekniska tjänst som ansvarar för provningen. Om stommen sannolikt kommer att deformeras utöver de använda materialens elasticitetsgräns skall beräkningarna simulera stommens uppförande vid stora plastiska deformationer. Beräkningar kan inte påbörjas förrän stommen har analyserats och en matematisk modell har tagits fram. Denna kommer att ange de separata delar som skall beaktas samt identifiera de punkter där deformationer kan utvecklas. Måtten på delarna och egenskaperna hos det material som används måste anges. Deformationspunkterna skall provas fysiskt för att plastiskt fastställa egenskaperna hos kraften (rotationsmoment) och deformationen eftersom detta utgör grundläggande data för beräkningarna. Förhållandet mellan töjningshastighet och den dynamiska elasticitetsgränsen måste bestämmas. Om beräkningsmetoden inte anger när en betydande bristning uppträder är det nödvändigt att fastställa detta genom experiment, separata analyser eller lämplig dynamisk fördelning.

Om karosseristommen har blivit godkänd i enlighet med ECE-reglemente nr 66 som antagits av Förenta Nationernas Ekonomiska Kommission för Europa, anses det att den överensstämmer med kraven i bussdirektivet. ECE-reglemente nr 66 antogs tidigare än bussdirektivet. Kraven i reglementet på hållfasthet i karosseristommen infördes i bussdirektivet då direktivet utarbetades.

Arbete har påbörjats för att se över kraven på hållfasthet i bussars karosseristomme enligt ECE-reglemente nr 66. Avsikten är att föreslå förändringar för att ta hänsyn till den ökade vikt och större energimängder som orsakas av passagerare som använder bilbälten. Avsikten är också att föreslå förändringar baserade på fakta från olycksundersökningar från bussolyckor där bussen vält eller rullat runt. Data från undersökningen av bussolyckan utanför Arboga kommer att presenteras för den arbetsgrupp som arbetar med reglemente 66.

4.7 Olycksbussen

Den buss som var inblandad i olyckan utanför Arboga var typgodkänd enligt ECE-reglemente nr 66. Det innebär att bussen uppfyllde de krav på hållfasthet i karosseristommen som ställs på nya bussar enligt bussdirektivet 2001/85/EG.

5 OLYCKOR MED TUNGA FORDON

5.1 Olycksgenomgång

Olycksdata för buss har tagits fram för åren 1994-01-01 till och med 2006-10-31. Uttag har gjorts i två omgångar, åren 1994-2002 med VITS samt 2003-2006 med STRADA. De två olika uttagen skiljer sig något åt på grund av verktygens olika uttagsmöjligheter.

Totalt har det för åren 1994-2002 inträffat 357 bussolyckor. Av de 357 olyckorna har 16 skett mot räcke, allvarlighetsgraden av dessa räckesolyckor uppgår till två olyckor med svår personskada.

Av dessa 357 olyckor har det inträffat 4 singelbussolyckor med dödlig utgång och 38 olyckor med svår skada. Antalet döda uppgår till 7 personer och antalet svårt skadade till 203 personer, inklusive svårt skadade från dödsolyckor. I denna grupp är det på grund av uttagsmöjligheterna ej möjligt att se vilka som härrör från eventuella fall i buss eller vid avstigning/påstigning.

Mellan åren 2003-01 och 2006-10 har det inträffat 7 singelbussolyckor med dödlig utgång. I tre av fallen härrör olyckan till fall inuti bussen i anslutning till inbromsning, vid svängningsrörelse eller vid avstigning/påstigning. Under perioden har det också inträffat 35 olyckor med svår personskada. Av dessa är 16 av typen fall inuti bussen.

Antal döda uppgår till 16 personer i de fyra olyckorna som avser singelolycka och avåkning. Antal svårt skadade uppgår till 39 personer. Av de fyra olyckorna ingår den utredda olyckan med 9 döda samt 24 svårt skadade.

I olyckor med svårt skadade uppgår antalet svårt skadade till 41 personer i de kvarvarande 19 olyckorna. Räknas de svårt skadade i dödsolyckorna in blir det totala antalet 80 personer.

Summerat för perioden 1994-01 till 2006-10 uppgår antalet dödsolyckor till 8, med totalt 23 döda och 244 svårt skadade. Om förhållandet mellan antalet svårt skadade i avåkning och fall inuti buss är lika för perioderna 2002-2006 samt 1994-2002 skulle totala antalet dödade vid en korrigering bli 22 personer och svårt skadade 247 personer.

Tabell 5.1: Sammanställning av olycksdata för perioden 1994 till 2006-10

Period	Antal olyckor döda	Antal olyckor SS	Antal döda	Döda korr	Antal SS	SS korr.
1994-2002	4	38	7	6	203	167
2003-2006	4	19	16	16	80	80
1994-2006	8	57	23	22	283	247

Avslutningsvis kan sägas att en olycka som den på E18 är mycket ovanligt, 2-3 under de senaste 13 åren.

5.2 Avkörningsvinkel

I rapporten ” Analys av singelolyckor med dödlig utgång på det statliga vägnätet: exklusive motorvägar 1997-2000” [Vägverket. Publikation 2002:109] redovisas i bakgrundsmaterialet uppgifter om lateral förskjutning, hur långt ut i ”terrängen” som fordonet hamnade samt hur långt det har färdats i längsled.

Med dessa data går det att räkna ut avkörningsvinkeln för de studerade fallen med tunga fordon. Antalet fall är mycket begränsat, sju stycken. Av dessa sju går det att beräkna avkörningsvinkeln i sex fall. Medelavkörningsvinkeln blir 7,2 grader med en standardavvikelse på 3,2 grader. I detta värde är en avkörning borttagen på grund av den enormt stora avkörningsvinkeln, 40,9 grader. Denna olycka skedde i en skarp vänsterkurva i en T-korsning.

Teoretiskt kan man räkna fram nödvändig kapacitetsklass på räcken med bakgrund av hastighet, vägbredd, minimiradie, sidoacceleration, avkörningsvinklar och därmed den kinetiska energi med vilken man träffar räckets.

Med bakgrund av ovanstående blir avkörningsvinkeln vid fordonsmassan 20 ton, vägbredd >9 m och 90 km/h ca 8,2 grader och den kinetiska energin som ska tas upp är då 127,1 kJ. Detta kräver räckesklass H2. Det kan tilläggas att gränsen mellan H1 och H2 ligger på 126,6 kJ. Den buss som används vid räckesprov för kapacitetsklass H2 enligt SS-EN 1317-3 är något bristfälligt beskriven, exempelvis är inte fordonets tyngdpunktshöjd beskriven utan endast lastens (1,4 m), normalt används stadsbussar vilka förmodligen inte är representativa för bussar på landsbygd.

6 SIMULERINGAR OCH VISUALISERING AV AVKÖRNING

För att få en uppfattning om hur landsvägsbussar beter sig vid avkörning i normala sidoområden har ett antal simuleringar genomförts.

Den bussmodell som använts är tänkt att vara representativ för en landsvägsbuss, den väger 20 ton inklusive last, den har måtten 13,0 x 2,55 x 3,75 m, tyngdpunktens höjd har satts till 1,35 m, för att förenkla datorsimuleringarna har en modell av en tvåaxlig buss använts. Bussmodellens deformationsegenskaper har validerats mot fullskaleprovningen av Vägverkets standard broräcke.

Fem stycken simuleringar, tre avseende avkörning i bankslänt utan räcke och två påkörningar av räcken samt en visualisering har genomförts. Option finns att komplettera med ytterligare simuleringar. För detaljerade uppgifter om simuleringarna hänvisas till separat rapport. Visualiseringen avses att publiceras på Infarten. Den för detta projekt framtagna bussmodellen kommer att bli allmänt tillgänglig.

Simulering 1

Avkörning med buss i sidoområde med lutning 1:6 ut till ca 6 m från körbanekant, därutån lutning 1:3, total bankhöjd 4,5 m. Vid släntfot finns ett 0,5 djupt bankdike med ytterslänt 1:2, därutån för plan mark.

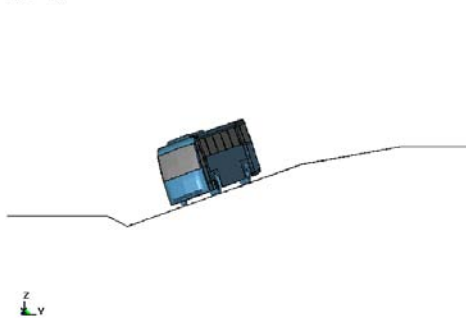
Markytan har antagits vara ofrusen och gräsbevuxen med normal bärighet.

Bussens hastighet har satts till 90 km/h och avkörningsvinkeln till 10 grader

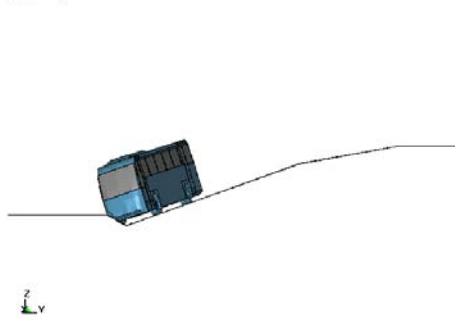
Denna sidoområdesutformning valdes för att den väl överensstämmer med förhållandena på olycksplatsen.

Bussen följer slänten utan tendens att välta, slår hårt i bankdikets ytterslänt och hoppar upp i luften på ett okontrollerat sätt, i simuleringen landar bussen upprätt på marken men osäkerheten är stor beträffande vad som händer under och efter luftfärden. Om simuleringen körts med låg friktion mellan däck och mark hade bussens bakände glidit ner något mer mot slutet.

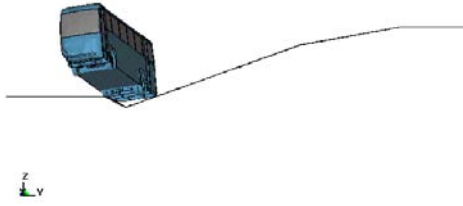
Bus - 90 km/h - 10 deg - 20 ton
Time = 25



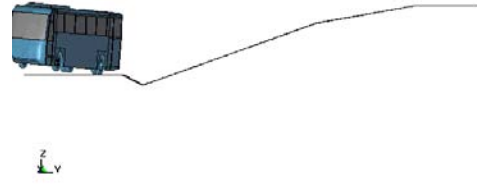
Bus - 90 km/h - 10 deg - 20 ton
Time = 3



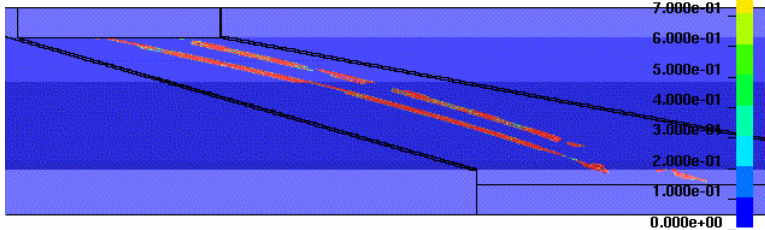
Bus - 90 km/h - 10 deg - 20 ton
Time = 3.4



Bus - 90 km/h - 10 deg - 20 ton
Time = 4.0371



Bus - 90 km/h - 10 deg - 20 ton
Time = 4.0371
Contours of Resultant Displacement
min=0, at node# 1104647
max=101.421, at node# 1143920



Simulering 2

Avkörning med buss i sidoområde med lutning 1:3, bankhöjd 4 m. Vid släntfot finns ett 0,5 djupt bankdike med ytterslänt 1:2, därutanför plan mark.

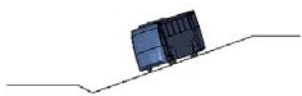
Markytan har antagits vara ofrusen och gräsbevuxen med normal bärighet.

Bussens hastighet har satts till 90 km/h och avkörningsvinkeln till 10 grader

Denna sidoområdesutformning valdes för att undersöka hur en avkörning i vanlig brant (1:3) bankslänt avlöper vid bankhöjder som är vanliga och där sidoräcke saknas.

Bussen har dålig markkontakt omedelbart efter det att den gått över släntrönet, därefter följer den slänten utan tendens att välta, slår hårt i bankdikets ytterslänt och hoppar upp i luften på ett okontrollerat sätt, i simuleringen landar bussen upprätt på marken men osäkerheten är stor beträffande vad som händer under och efter luftfärden. Om simuleringen körts med låg friktion mellan däck och mark hade bussens bakände glidit ner mer mot slutet.

Bus - 90 km/h - 10 deg -20 ton
Time = 1.7



Bus - 90 km/h - 10 deg -20 ton
Time = 2.8



Bus - 90 km/h - 10 deg -20 ton
Time = 2.4

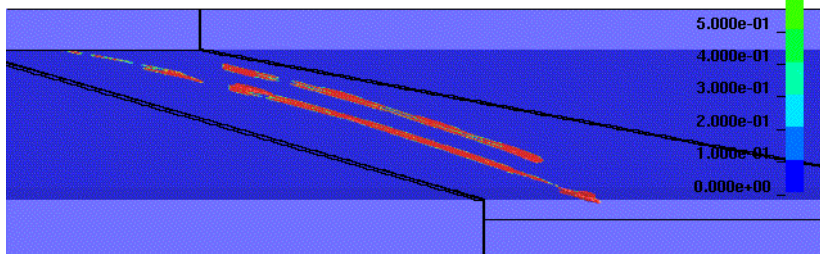
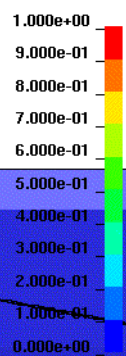


Bus - 90 km/h - 10 deg -20 ton
Time = 3.1



Bus - 90 km/h - 10 deg -20 ton
Time = 3.1
Contours of Resultant Displacement
min=0, at node# 1104647
max=100.886, at node# 1137117

Fringe Levels



Simulering 3

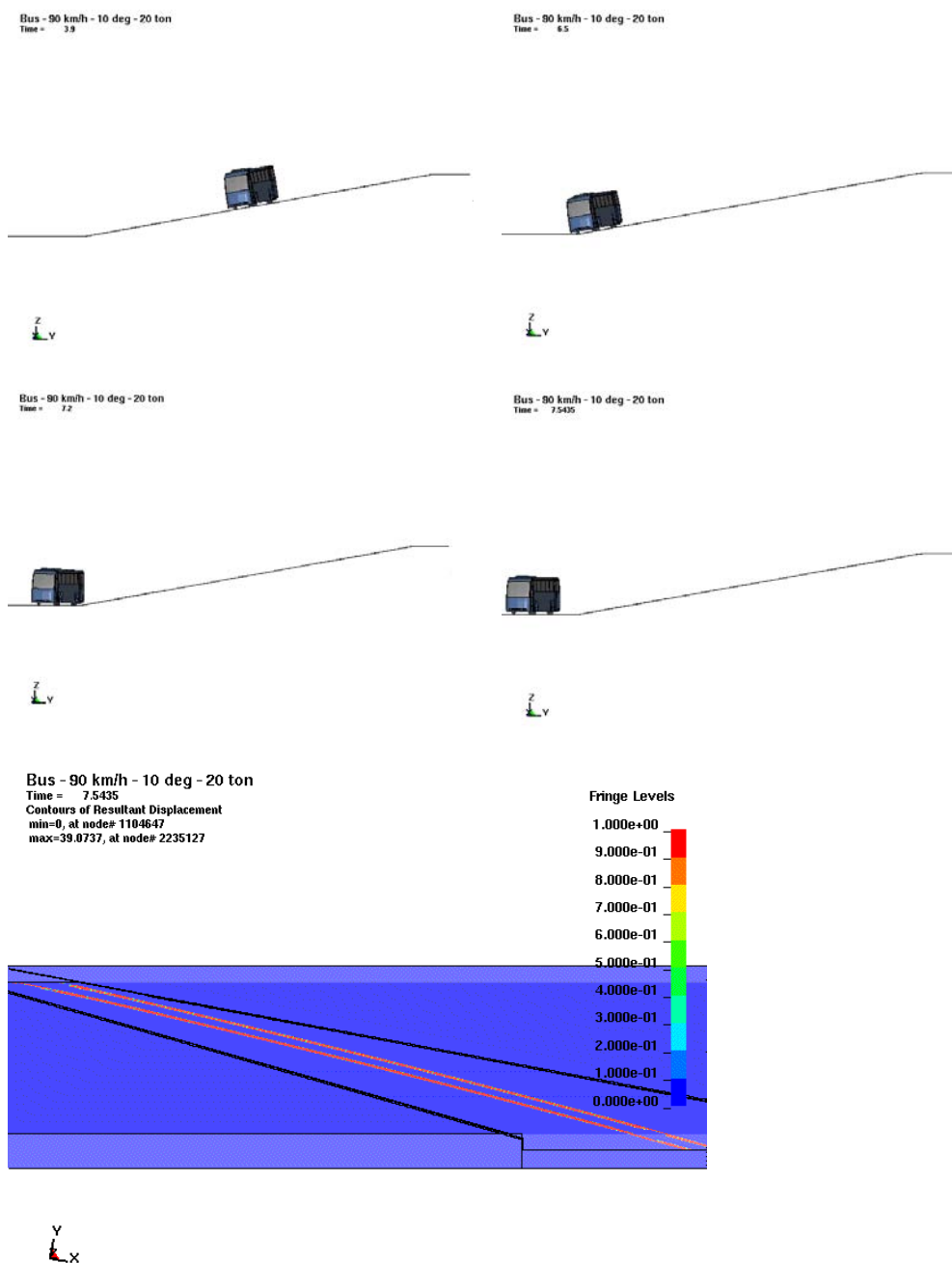
Avkörning med buss i sidoområde med lutning 1:6, bankhöjd 6 m utan bankdike, därutanför plan mark.

Markytan har antagits vara ofrusen och gräsbevuxen med normal bärlighet.

Bussens hastighet har satts till 90 km/h och avkörningsvinkeln till 10 grader

Denna sidoområdesutformning valdes för att den motsvarar den rekommenderade utformningen i VU 94/VGU utan brytpunkt på bankslätten.

Bussen följer släntytan bra med kontinuerlig markkontakt och kör ut på utanförliggande mark utan hopp. Om marken utanför släntfot varit avsevärt mjukare kanske stabiliteten blivit sämre.



Simulering 4

Avkörning med buss mot N2-räcke av typ VV75 utförd som EU2 placerat vid vägbankkant. Detta räcke är något styvare än den variant av balkräcke som skulle valts idag (EU4) men motsvarar rekommenderat räcke på bank enligt BYA 84.

Utanför räcket förutsattes 0,3 m bred stödremsa av grus i samma höjd som vägbanan och med samma lutning. Materialet antogs vara ofruset och normalt packat.

Utanför stödremsan förutsattes slänt med lutning 1:2, total bankhöjd 4,5 m.

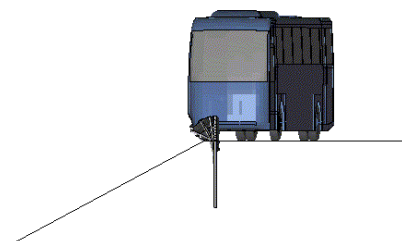
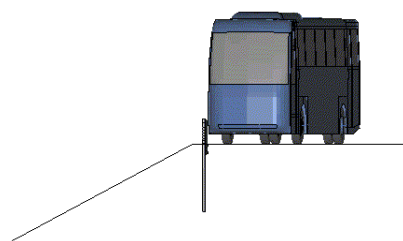
Bussens hastighet har satts till 90 km/h och avkörningsvinkeln till 10 grader.

Denna utformning valdes för att undersöka vad som hänt om man istället för flack slänt valt att montera ett normalt personbilsräcke framför en brantare slänt.

Bussen trycker ner och kör över räcket och välter förmodligen därefter i slänten.

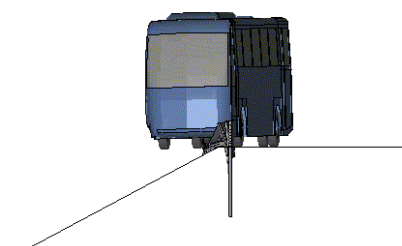
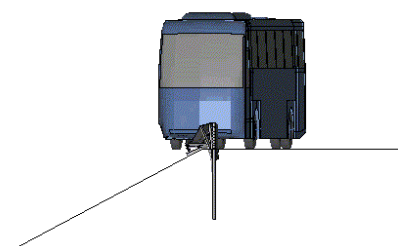
Bus - 20 ton - 90 km/h - 10 deg - EU2
Time = 0

Bus - 20 ton - 90 km/h - 10 deg - EU2
Time = 0.25



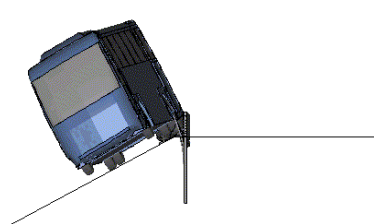
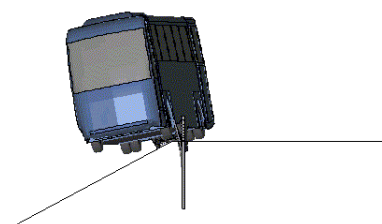
Bus - 20 ton - 90 km/h - 10 deg - EU2
Time = 0.49999

Bus - 20 ton - 90 km/h - 10 deg - EU2
Time = 0.74999



Bus - 20 ton - 90 km/h - 10 deg - EU2
Time = 0.99999

Bus - 20 ton - 90 km/h - 10 deg - EU2
Time = 1.25



Simulering 5

Avkörning med buss mot H2-räcke motsvarande VV standard broräcke grundlagt i mark placerat i vägbanekant.

Utanför räcket förutsattes 0,5 m bred stödremsa av grus i samma höjd som vägbanan och med samma lutning. Materialet antogs vara ofruset och normalt packat.

Utanför stödremsan förutsattes slänt med lutning 1:2, total bankhöjd 4,5 m.

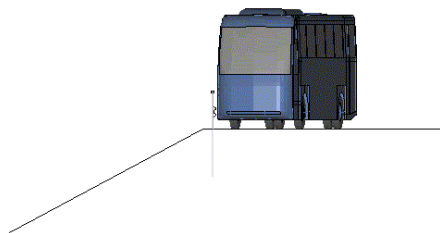
Bussens hastighet har satts till 90 km/h och avkörningsvinkeln till 10 grader

Denna utformning valdes för att undersöka vad som hänt om man istället för flack slänt valt att montera ett normalt broräcke framför en brantare slänt.

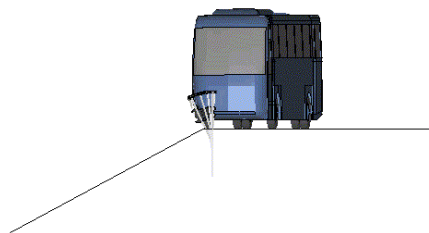
Motsvarande simulering med hastighet och avkörningsvinkel enligt olyckan vid Arboga avses utföras senare.

Bussen fångas av räcket på ett kontrollerat sätt.

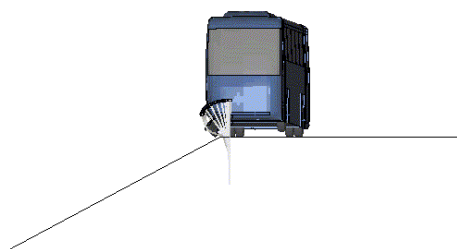
Bus - 20 ton - 90 km/h - 10 deg - H2 VRS
Time = 0



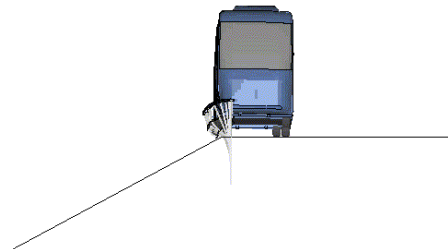
Bus - 20 ton - 90 km/h - 10 deg - H2 VRS
Time = 0.25



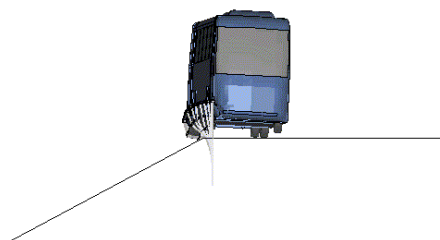
Bus - 20 ton - 90 km/h - 10 deg - H2 VRS
Time = 0.49999



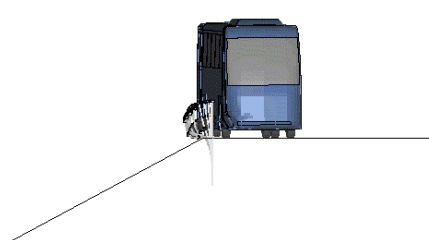
Bus - 20 ton - 90 km/h - 10 deg - H2 VRS
Time = 0.74999



Bus - 20 ton - 90 km/h - 10 deg - H2 VRS
Time = 0.99999



Bus - 20 ton - 90 km/h - 10 deg - H2 VRS
Time = 1.25



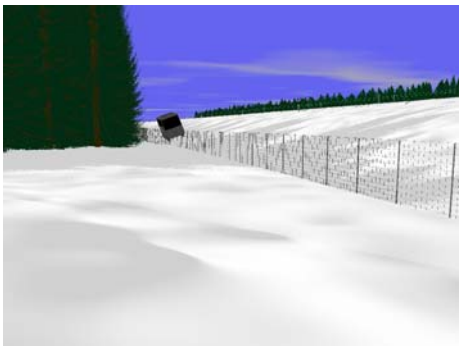
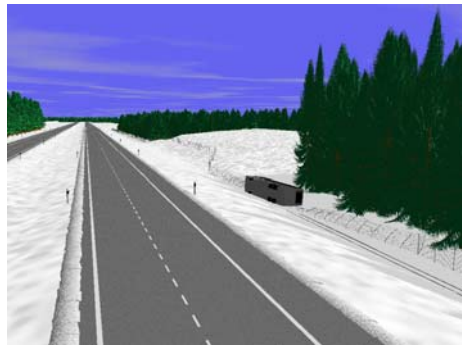
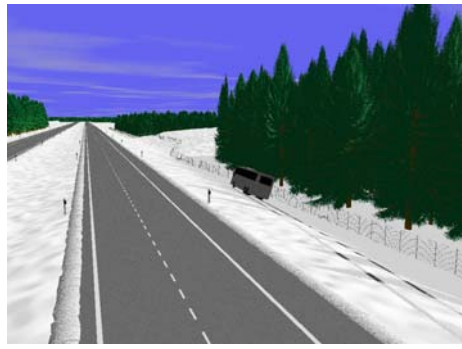
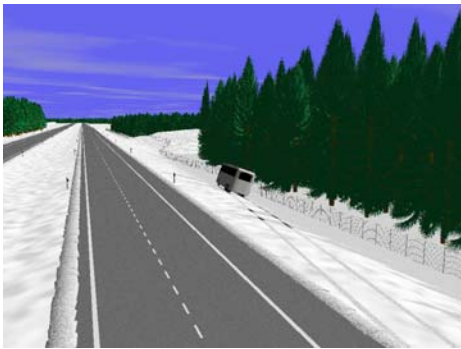
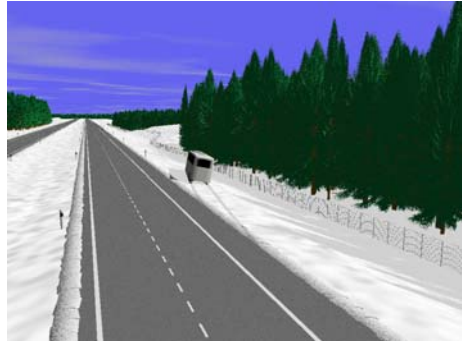
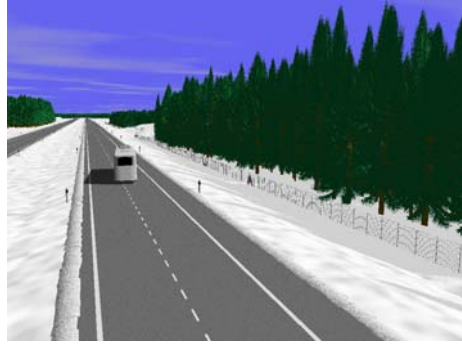
Visualisering

Den framtagna visualiseringen visar antaget olycksförlopp utgående från känd kunskap i form av väg, terräng och fordon.

Före avkörning antas bussen till $\frac{3}{4}$ av fordonsbredden ha varit inne på körfält K2.

Avkörningsvinkeln vid passage av vägbankant har satts till 9,5 grader.

Vid bussens körning i slänten har för de första hundra meterna antagits en jämn hastighetsminskning motsvarande 1 m/s^2 , därefter jämn hastighet tills bussen ligger på sida och därefter hastighetsminskning till noll.





7 FÖRSLAG TILL ÄNDRADE UTFORMNINGSRÅD

Allmänt

Den avkörande bussen bedöms ha haft hastigheten 107 km/tim vid avkörningen. Det innebär att energimängden var drygt 40 % mer än vad den skulle ha varit om bussen hållit hastighetsbegränsningen för bussar 90 km/tim. Det har inte varit möjligt för utredningen att beräkna konsekvenserna om hastighetsbegränsningen hade hållits men rimligtvis hade konsekvenserna inte blivit lika allvarliga. Olika mätningar har visat att bussar ofta överskrider hastighetsbegränsningen och därför bör arbetet med att få förståelse och respekt för hastighetsbegränsningarna fortsätta att drivas med stor kraft.

I det aktuella fallet har motorvägen förlagts parallellt med järnvägen för att minska markintrången. Eftersom järnvägen kräver högre linjeföringsstandard än motorvägen har den senare fått en onödigt hög linjeföringsstandard vilket kan leda till för höga hastigheter och monoton körning. Motorvägen har haft en högre frekvens av dödsolyckor än andra moderna motorvägar.

En fråga i utredningen har varit om de nuvarande råden om kapacitetsklass N2 för vanliga sidoräcken är tillräcklig. Denna kapacitetsklass definieras i den europeiska standardnormen EN 1317-2 och innebär att räcken krocktestas för en lätt 900 kg tung personbil och en tung sådan på 1500 kg. Testen utförs i 110 km/tim och en anslagsvinkel mot räckets på 20 grader. Räckets ska hindra fordonet att gå igen detta och uppbromsningen ska ske på ett kontrollerat sätt. En teoretisk beräkning visar att ett sådant räcke bör stå emot en buss i 90 km/tim med vinkeln 5 – 6 grader. Några säkra uppgifter om påkörningar i sådana vinklar och lägre finns inte men utredningens bedömning är att flertalet påkörande tunga fordon har sådana snäva påkörningsvinklar och att räckets normalt hindrar fordonet från avkörning.

För att hindra en avkörning med de förutsättningar som gällde vid olyckan krävs ett väsentligt kraftigare räcke med kapacitetsklass H2 enligt normen EN 1317-2. Denna standardklass innebär att en buss på 13 ton med hastigheten 70 km/tim och anslagsvinkeln 20 grader ska hindras att köra genom räckets. Dessa räcken är 4 – 5 ggr dyrare än vanliga N2-räcken.

Singelolyckor är den vanligaste olyckstypen på landsbygden (ca 160 dödade/år 2001 – 2005) och anordnande av sidoräcken är normalt den mest kostnadseffektiva åtgärden för att förhindra dessa allvarliga olyckor. Därför förväntas befintliga vägar med farliga sidoområden att i stor utsträckning förses med sidoräcken i framtiden och därmed väsentligt minska antalet allvarliga singelolyckor. Om man skulle välja H2-räcken generellt skulle detta bl. a. innebära att man av ekonomiska skäl bara skulle kunna sätta räcken på en 1/5 så lång sträcka. Eftersom huvuddelen av räckespåkörningarna görs av lätta fordon och tunga fordon i snäv vinkel (där räcken med kapacitetsklass N2 är tillräckliga) bedöms trafiksäkerhetseffekten bli större om man sätter N2-räcken på en väsentligt större väglängd. Även estetiska skäl och H2-räckets styvhet mot lätta fordon talar för att H2-räckets bara bör användas på särskilt utsatta platser. Utredningen bedömer att den aktuella olyckan är ovanlig p.g.a. den höga hastigheten, den relativt tvära anslagsvinkeln och att karossens tak i bakdelen av bussen trycktes in.

De analyser och simuleringar som utförts leder till följande förslag till förändringar av råden i Vägar och Gators Utformning VGU.

VGU del Sektion landsbygd vägrum

8.3 kompletteras med att B är normallösning i valet mellan A och B.

Förslag till ändring i VGU:8.3 Val av sidoområdestyp

Sidoområdestyp bör väljas med hänsyn till referenshastighet VR och årsdygnstrafiken öppningsåret ÅDT-0 enligt Tabell 8.4.

Tabell 8.3: Val av sidoområdestyp

ÅDT-0	VR70	VR90	VR110
<2000	C	C	B,C
2000 - 4000	C	B,C	B
4000 - 8000	B,C	B	A*, B
>8000	B	A*, B	A*, B

**) Normalt väljs vid dessa flöden och VR sidoområdestyp B. Sidoområdestyp A kan användas vid låga bankar av främst estetiska skäl.*

Motiv

I VGU har för högtrafikerade vägar med höga referenshastigheter rekommenderats sidoområdestyp A eller B d.v.s. med släntlutning 1:6 resp. 1:4. Sidoområdestyp A är normalt dyrare att anlägga. Nyttan med denna typ jämfört med sidoområdestyp B har tidigare ansetts vara att ett avkörande fordon lätt kan manövreras tillbaka till körbanan. Olycksuppföljningar under den senaste 10-årsperioden visar dock att avkörande fordon i många fall får kast och okontrollerat kommer tillbaka till vägbanan i tvär vinkel. Nyttan av den flacka slänten bedöms normalt inte stå i proportion till den kostnadsökning och det ökade markintrång som uppstår. Simuleringarna med avkörande buss visar inte att avkörning på slänt med lutning 1:4 skulle få väsentligt allvarigare konsekvenser än i släntlutning 1:6. Därför föreslås en ändring i utformningsråden att sidoområdestyp B bör vara normallösningen på högtrafikerade vägar men att den flacka slänten 1:6 kan användas på låga bankar av främst estetiska skäl.

Förslag VGU Brutna slänter

Råden om brutna slänter som redovisas bland annat i figurerna 8.4, 8.6, 8.14 arbetas bort med tillhörande text. Som en konsekvens av detta stryks avsnitten om fri höjd vid brutna slänter i såväl Sektion Landsbygd – vägrum avsnitt 2.1 och Sektion tätort – gaturum 2.1

Motiv

Ändringen är en konsekvens av föreslagen ändring ovan.

Förslag VGU 8.5.1 bankdike

Bankdike föranleder lätt en vältning av fordon med tillhörande skaderisker. Bankdike skall därför undvikas i vägens säkerhetszon. Är detta icke möjligt skall detta utföras stenfyllt, se "ATB VÄG".

Motiv

Såväl de nu genomförda simuleringarna av bussavkörningar som tidigare utförda med personbil visar att bankdiken lätt föranleder en vältning av fordon med tillhörande skaderisker som hårda islag, okontrollerade fordonsrörelser och risk för kraftig rotation (vältning). Bankdiket tycks utgöra ett större problem än själva släntlutningen vid rimliga bankhöjder. Den i gällande versionen av VGU "kanregeln" föreslås därför ändras till en "skallregel" att bankdiken undviks inom säkerhetszonen d.v.s. den zon där flertalet fordon förväntas stanna inom vid en avkörning.

Del VGU Väg- och gatuutrustning

Förslag VGU 2.2.6. Risk- och skyddsobjekt och 2.3.1 Trafiksäkerhet

Avsnitten föreslås omarbetas i grunden med ett mer systematiskt risktänkande som grund. Med utgångspunkt från konsekvensen och sannolikheten för en viss typ av olycka bör kapacitetsklass kunna väljas i VGU. Det har inte varit möjligt inom denna utrednings ram att utarbeta sådant råd, men vi föreslår att arbetet med framtagande av sådana startas.

Förslag VGU 2.6 Räckeslängd

2.6.4 Utsträckning av räcke med högre kapacitetsklass

På avsnitt med $VR \geq 90$ där högre kapacitetsklass har valts, exempelvis vid broar, ska räcke med den högre kapacitetsklassen utsträckas så långt framför risk- eller skyddsobjektet att ett avkörande tungt fordon normalt hindras av räcket att nå objektet. Normalt utsträcks på raksträcka räcket med högre kapacitetsklass med 60 m före hindret vid den egna körbanan och 30 m på den motsatta körbanan. Justeringar av längderna kan behöva göras i ytter- respektive innerkurva för att stänga det "tunga fönstret".

Motiv

Nuvarande vägregler är otydliga när räcken av högre kapacitetsklass ska väljas. Ett fall som är tydligt är vid broar som normalt utförs med räcken kapacitetsklass H2 d. v.s. dimensionerat i princip för buss. En genomkörning av ett normalt N2-räcke strax före exempelvis en bro innebär att en buss med stor sannolikhet kan nå risk- eller skyddsföremålet exempelvis en järnväg eller ett vattendrag. För att säkerhetssystemet ska fungera behöver räcket med högre kapacitetsklass förlängas så långt att ett avkörande fordon inte når hindret. Teoretiskt kan en mycket lång förlängning av räcket behövas, men som utgångspunkt föreslår utredningen att man utgår från en hinderutbredning 10 m från väggkant d.v.s. ungefär säkerhetszonens bredd och en avkörningsvinkel på 10 grader det vill säga Mindre god standard för $VR=90$ km/tim (max tillåten hastighet för buss) enligt VGU 2.6.3. Detta medför på raksträcka en förlängning på ca 60 m mot körriktningen och 30 m om en körbana i motsatt riktning

finns emellan den egna körbanan och motstående räcke. På en tvåfältsväg med dubbelriktad trafik innebär det således 60 m förlängning på högra sidan och 30 m på den vänstra. Merkostnaden för detta vid en normal bro uppgår till drygt 200 000 SEK.

8 REKOMMENDATION OCH DISKUSSION

Flera områden har ingått som underlag för analysen och varje del ska ses som ett stöd för den sammanvägda slutsatsen. Delarna som har analyserats är släntutformningen utifrån bussens fordonsdynamik (simuleringar av avåkning i slänt), energibetraktelser i förhållande till hållfasthet av räcken samt olycksanalys vad gäller avkörningsvinklar, hastighet och orsak till olyckor med tunga fordon (bussar).

För att analysera släntutformningens påverkan på bussen i olyckan har ett antal simuleringar utförts. Mer om simuleringarna finns i kapitel 6. Underlaget som har blivit resultatet är inte tillräckligt för att till 100 % fastslå en slutgiltig kostnadseffektiv utformning. Vissa förslag till förändringar av utformningsråden kan dock läggas med utförda analyser som grund. Fler och mer detaljerade simuleringar av avkörningar i olika släntutformningar bör göras. Då fås ett mer vetenskapligt underlag för vidare analyser. Här är det viktigt att även använda sig av tunga fordon för att se hur de beter sig vid en avkörning. Simuleringar är ett förhållandevis billigt och bra komplement till fullskaletester.

Rekommendationer om fortsatt arbete.

Utformningen av nya vägar skall ske från ett krockvårdsperspektiv men också med hänsyn till kostnadseffektivitet. Detta betyder att vägarna inte kan bli 100 % säkra, varför det krävs att riskanalyser utförs. Riskanalyser bygger på bedömning av dels sannolikheten att en viss olycka inträffar och dels på konsekvensen av denna. På nya vägar som byggs idag kan allvarliga olyckor med tunga fordon inträffa på grund av att det dimensionerande fordonet är personbil.

För att eliminera de värsta scenarierna med tunga fordon involverade bör riskanalyser utföras som även tar hänsyn till tredje man, t.ex. tågresenärer. För att hjälpa utredare och vägprojektörer att identifiera platser/situationer så bör en riskanalysmatris utvecklas.

VGU del ”Grundvärden” bör kompletteras med definition av risk- och skyddsobjekt där risk för tredje man föreligger. Exempelvis kan användning av tre riskklasser utformas, högst där förlust av många människoliv kan antas (tungt fordon på järnväg/motorväg, buss i djupt vatten, skada på objekt med giftig eller explosiv gas), och lägre vid enbart ekonomisk skada (vattentäkt). Riskklasserna bör tas fram med hjälp av en riskanalys.

Bakgrundsmaterial för en riskmodell finns bland annat i Schweiz som har anvisningar för väg intill höghastighetsjärnväg. I Storbritannien har UK Department of transportation utvecklat en riskanalys för vägbro/järnväg, “Managing the accidental obstruction of the railway by road vehicles”, och motsvarande för vägbro över väg, “Managing the incursion of road vehicles from trunk road overbridges onto lower roads”. Ytterligare input vid utvecklingen av en riskmodell är haverirapporter.

VGU del ”Dimensioneringsgrunder” bör kompletteras med dimensionerande avkörning, inklusive tunga fordon. Dimensionerande avkörning innehåller definitioner av fordon, hastighet och avkörningsvinkel. Förslag till definitioner gällande tunga fordon är:

- fordonstyngd på 80% av maxvikt

- max tillåten hastighet ansätts för buss till 90 km/h vid VR 90 eller högre, därunder skyltad hastighet. För lastbil med släp föreslås 80 km/h
- Lämplig dimensionerande avkörningsvinkel för olika fordonsslag bör undersökas vidare
- Dimensionerande avkörning bör kopplas ihop med dimensionerande påkörningskraft, finns idag för bropelare. Borde även finnas för stödmur och liknande som används för att hålla tillbaka tunga fordon

Råden för vägräcken som vid en bro sammankopplas med ett broräcke bör förbättras i VGU. Broräcken har idag en kapacitetsklass som normalt klarar av en buss men broräcket placeras oftast endast direkt på bron och kopplas sedan omedelbart ihop med ett vägräcke med lägre kapacitetsklass. Detta gör att ett tungt fordon som träffar vägräcket med lägre kapacitetsklass strax före bron kan åka igenom räcket och därmed hamna i det område ex.vis järnväg, vattendrag som broräcket är tänkt att skydda för. . Därför bör vägräcket närmast bron ha samma kapacitetsklass som broräcket så att det ”tunga fönstret” stängs innan det kopplas ihop med ordinarie vägräcke.

9 SAMMANFATTNING

Den 27 januari 2006 inträffade en tragisk bussolycka på E18/E20 utanför Arboga. En långfärdsbuss med 50 passagerare kör av vägen, ner i slänten, slår runt och lägger sig till slut på taket. Som följd omkommer 9 personer. Olyckan var unik med mycket allvarliga konsekvenser och uppmärksammades mycket i media. Ett arbete har utförts för att se över hur vägens utformning, då främst sidoområdet, påverkade utgången av olyckan och om förändringar i utformningsråden Vägar och Gators Utformning VGU behövs. Frågan om ett sidoräcke kunde ha förhindrat olyckan har också aktualiserats.

Bussen bedöms att ha kört av vägen i en hastighet på 107 km/tim och med en avkörningsvinkel på ca 8 grader. Bussens energiinnehåll var drygt 40 % högre än vad den skulle haft om hastighetsgränsen för bussar 90 km/tim hade hållits. Bankhöjden på olycksplatsen var cirka 4,5 meter med en bruten innerslänt, först 6 meter i flack lutning 1:6 följt av lutning 1:3. Utformningen var utförd enligt de då gällande utformningsråden VU94. Utformningen av sådana slänter ändrades år 2004 i nuvarande gällande utformningsråd VGU genom att en maximal bankhöjd för brutna slänter utan räcke sattes till 3 m. Hade vägen byggts idag skulle således vägen försetts med räcke men samtidigt hade sannolikt en brantare släntlutning valts.

För bussar som tagits i bruk från februari 2004 gäller det s.k. bussdirektivet 2001/85/EG med vissa säkerhetskrav på bl.a. stabilitet och hållfasthet i karosseristommen. Den aktuella bussen uppfyllde dessa krav.

För att få en uppfattning av hur en buss uppför sig vid avkörning har ett antal datorsimuleringar gjorts. Avkörningar i slänter av olika typ simulerades med och utan räcken med olika kapacitet. Det visades att ett vanligt sidoräcke (kapacitetsklass N2) inte hade hindrat olycksbussen från att köra av vägbanan. Broräcken dimensioneras för att normalt hindra bussar att köra igenom räcket (kapacitetsklass H2). Utförda simuleringar tyder på att ett sådant räcke skulle hindrat olycksbussen att köra av vägen.

En analys av bussolyckor under åren 1994 – 2006 (tom oktober) har gjorts. Totalt har 23 personer dödats i buss under denna period i 8 olyckor. Det innebär att knappt två personer per år har omkommit i bussolyckor. Som jämförelse kan nämnas att 2005 var antal omkomna i singelolyckor totalt 176. Olyckor av den typ som inträffade vid Arboga är mycket ovanliga.

Förslag till förändringar i utformningsråden Vägar och Gators Utformning

1. Utredningen föreslår att kravet på sidoräcken ska som hittills uppfylla kapacitetsklass N2 d.v.s. personbil.

2. Sidoområdestyp B (släntlutning 1:4) bör vara normallösningen på högtrafikerade vägar men att sidoområdestyp A (med flack slänt 1:6) kan användas på låga bankar av främst estetiska skäl.

3. Råden om brutna slänter (från 1:6 och 1:4 till 1:3) som finns i VGU tas bort.
4. I VGU införs ett råd om att bankdiken inom säkerhetszonen ska undvikas. Är detta inte möjligt bör det utföras stenfyllt.
5. På avsnitt med referenshastighet ≥ 90 km/tim där högre kapacitetsklass än N2 valts på räcken ex.vis på broar föreslås att räcke med den högre kapacitetsklassen skall utsträckas så långt framför risk- eller skyddsobjektet att ett avkörande tungt fordon hindras av räcket att nå objektet. Normalt utsträcks räcket med högre kapacitetsklass med 60 m före hindret vid den egna körbanan och 30 m på den motsatta körbanan.
6. Avsnitten i VGU Del Väg- och gatuutrustning 2.2.6. Risk- och skyddsobjekt och 2.3.1 Trafiksäkerhet föreslås omarbetas i grunden med ett mer systematiskt risktänkande som grund.

Vägverket

781 87 Borlänge

www.vv.se vagverket@vv.se

Telefon: 0771-119 119 Texttelefon: 0243-750 90 Fax: 0243-758 25.



Vägverket