

Säkrare sidoområde från ett MC perspektiv

Slutrapport till Länsförsäkringar

Robert Thomson, VTI

Maria Nordqvist, SMC

Hawzheen Karim, Trafikverket

Haval Latif, KTH

Andreas Bäckström, Svevia

Mars 2015

Sammanfattning

Säkerheten för motorcyklister är en utmaning då de färdas i samma hastighet som personbilar och lastbilar, men saknar deras skyddande system. Eftersom vägmiljön utformats utifrån dem som färdas i personbil har den inbyggda faror för dem som färdas på motorcykel. Ett klassiskt exempel på detta är att räcken ofta är placerade väldigt nära vägens körbanor, både i vägens mitt och sidor. Singelolyckor är vanligast bland MC-olyckor med dödlig utgång och räcken är det vanligaste krockvåldet i singelolyckor på MC med dödlig utgång. Därför behöver vägens utformning, inklusive installation av räcken och deras design, tas i beaktande för att öka MC-säkerheten.

För att förstå de säkerhetsfrågorna och de krav som behöver ställas för att förbättra vägmiljön för motorcyklister har tre forskningsverksamheter genomförts i detta projekt: översyn av nationella olycksdata, ett test av MC-förare och olika motorcyklars svaregenskaper i kontrollerade tester samt vidareutveckling av en Life Cycle Cost (LCC) modell där motorcykelfaktorer inkluderades.

En genomgång av olyckor visade att den största risken för att en motorcykel kraschar är på det mindre vägnätet. Olycksfrekvensen kan vara upp till 100 gånger högre på populära motorcykelvägar jämfört med motorvägar. Statistiken visade också att kurvor, speciellt ytterkurvor, är platser med högst olycksrisk. Många olyckor orsakas av hög hastighet men smala sidoområden, närheten till vägräcket, vägbanans friktion, till exempel grus, var också bidragande faktorer till olyckor. I många fall kunde inte motorcyklisterna genomföra en undanmanöver för att undvika räcket.

Tillgänglig referensinformation för vägutformning innehåller acceleration och bromsprestanda för bilar, bussar och lastbilar, men ingen information för motorcyklister utöver generella dimensioner. Utan denna information är det inte möjligt att identifiera krav för vägar och vägens sidoområde utifrån ett motorcykelperspektiv. Baserat på olycksdata, har ett antal experiment genomförts för att identifiera egenskaperna hos motorcyklar och deras förare. Detta gav viktig information om det område med beläggning som krävs för att genomföra en undanmanöver på ett säkert sätt.

Ett första steg för att hämta in uppgifter om motorcyklar gjordes genom ett test i två hastigheter, 60 och 80 km/timme för att visa hur stort område som krävs bredvid vägen. Testförarna behövde minst 1,5-2,5 sekunder för att reagera, motstyra och återhämta sig från en undanmanöver. Tidsåtgången var längre i kurvor och krävde betydande sidoacceleration för att säkerställa fordonets stabilitet. Referensaccelerationer för personbilar i mindre kurvor är 0,2 g, medan motorcyklister kräver minst 0,4-0,5 g om stabiliteten skall kunna säkerställas. Sidoförskjutningen av motorcyklar var 0,6-1 m under undanmanövrarna och indikerar att det är liten chans att undvika ett räckt placerad 0,5 m från körbanan vid vägens kant eller mitt, om en motorcyklist måste undvika ett hinder i körfältet. Vingelutrymme, recovery zone, bör beakta reaktions- och åtgärdstiden för motorcyklister. Även om detta projekt endast fokuserat på sidoområdet på vägens högra sida gäller resultatet även uformning av området i mitten av motorvägar och 2+1-vägar.

LCC-modellen uppgraderades med MC-trafik och olycksrisk för motorcyklar. Även när modellen var klar saknades tillräckligt med trafikdata för motorcyklar för att göra riskbedömningar och olyckskostnader. Ett testfall av en kurva på det mindre vägnätet visade att kostnaden var lägre än kostnaden för en lindrigt skadad i trafikolycka.

Slutsatser

När det gäller design och utformning av vägar och vägmiljö är motorcyklister en eftersatt grupp.

Utelämnandet av uppgifter om MC-prestanda kan vara en bidragande faktor. Nu finns dock data och verktyg som kan användas för att arbeta strategiskt med MC-säkerhet i vägutformning.

Executive Summary

The safety of motorcyclists is a challenge for all stakeholders as they travel at the same speed as passenger cars and trucks but do not have the same protective structures and systems. This exposes the motorcyclists to hazards in the road network that may have been designed with a focus on the inherent safety of a vehicle occupant. A classic example of this is the roadside barrier often positioned close to the travel lanes on a road. Single vehicle crashes are the most common type of hazardous events for a motorcyclist and the roadside design, including positioning of a barrier is one area to be reconsidered.

To understand the safety issues and design strategies for improving roadside design for motorcyclists, three research activities were undertaken: review of national and detailed accident data, investigation of motorcycle driver and vehicle response characteristics in controlled tests, and further development of Life Cycle Cost (LCC) models to include motorcycle factors.

A review of accident analysis demonstrated that the highest risk for motorcycle crashes is on the smaller road network and popular motorcycling routes can have up to 100 times higher accident rates than motorways. The data also indicated that curves, particularly outer curves, are the areas of highest crash risk. Many accidents are caused by high speed but narrow roadside areas, proximity of structures like barriers, and road surface degradation (like gravel) are contributing factors. In many cases motorcyclists were unable or did not attempt any avoidance manoeuvre.

The reference information for road design contains acceleration and braking performance for cars, buses, and trucks but no information for motorcyclists are given other than general dimensions. Without this information, it is not possible to identify performance requirements for roads and roadsides from a motorcycle perspective. Based on the accident data, a set of experiments were conducted to identify the performance characteristics of motorcycles and their riders. This information provided important insight into the amount of manoeuvring area that should be allocated by the road and the surface properties needed.

For test speeds between 60 and 80 km/h, drivers required at least 1.5-2.5 seconds to react, counter steer, and recover from an avoidance manoeuvre. Times were longer in curves and required significant lateral acceleration to ensure vehicle stability. While reference accelerations for passenger cars in smaller curves are 0,2g, motorcyclists will require at least 0.4-0.5 g if stability is to be ensured. Lateral displacements of the motorcycles were 0.6-1 m during the avoidance manoeuvres and indicate that there is little chance to avoid a barrier positioned 0.5 m from the lane edge if a motorcyclist must avoid something blocking the lane. Information from the volunteer testing suggests that roadside recovery areas should be at least 1m wide paved surface to provide safe manoeuvring for motorcyclists to comparable to cars and trucks.

A LCC model was developed in the project building on SVEVIAs expertise in the area. The model was developed but is currently limited by a lack of traffic data for motorcycles so that risk estimates and accident costs can be calculated. Using the high risk areas identified earlier, an example construction cost to upgrade a 200m radius curve on a 70 km/h roadway was investigated. Assuming that a guardrail positioned 0.5 m from the lane edge was removed, different recovery areas widths for the outer curve were calculated. The construction costs were lower than the cost of one minor injury accident for the curve. This assumption assumes that no more severe crash will occur, for any road user, in the same curve.

In depth study of the crash behaviour of motorcycles in the roadside area was not in the scope of the project. Although barriers are the closest objects that should be considered for repositioning or removal, the shape of the embankment and ditches should also be reviewed to ensure that other roadside design strategies are not too discriminatory for motorcyclists.

The project has identified some priorities for improving roadside safety for motorcyclists. First priorities should be made on outer curves on minor roads where the accident rate is highest. Recovery areas can be upgraded in small locations with minor investment costs. There is a need to include motorcycle performance data in road design reference manuals as their special requirements cannot be ignored. The tools to evaluate design alternatives are now available at SVEVIA but much more input data is required before they can become applied.

Innehållsförteckning

1	INTRODUKTION	1
1.1	Mål	2
1.2	Omfattning	3
1.3	Rapportens upplägg	3
1.4	Bakgrund	4
1.5	Sidoområdets utformning	5
2	OLYCKSDATA FÖR MC	8
2.1	Översyn av datakällor	8
2.1.1	STRADA	8
2.1.2	Trafikverkets djupstudier	8
2.1.3	MAIDS	8
2.1.4	Trafikdata	9
2.2	Olyckssituation	9
2.3	Sammanfattning	13
3	PROVNING AV MC MANÖVRERING	15
3.1	Provets upplägg: Plats, maskin, och utrustning	15
3.2	Procedur	17
3.3	Resultat	17
4	LIVSCYKELKOSTNADSANALYS FÖR SIDOOMRÅDET	23
4.1	Investeringskostnader	23
4.2	Drift- och underhållskostnader	24
4.3	Samhällsekonomiska kostnader	24
4.4	Indata till modellen	25
5	DISKUSSION	28
6	SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER	30
6.1	Rekommendationer	30

7 REFERENSER	31
BILAGA A: SKADERAPPORTERING SYSTEM	A-1
BILAGA B: OLYCKS- OCH TRAFIKDATA FRÅN STRADA	B-1
BILAGA C: EXEMPEL BILD FRÅN LCC VERKTIG	C-1

Nomenklatur

LCC	Livscykelkostnad (Total kostnaden för ett visst objekt som uppkommer under hela dess livslängd)
Sidoområdet	Området av vägbanan som sträcker sig från körbanans ytterkant så långt ut som väghållaren har förfoganderätt
STRADA	En olycksdatabas (Swedish Traffic Accident Data Acquisition)
NVDB	En vägdatabas som står för (National vägdatabas)
PMS	En vägdatabas som står för (Pavement management system)
SMC	Sveriges MotorCyklister.
Trafikarbete	ÅDT x Veglängd x 365
ÅDT	Årsmedeldygnstrafik.
Olyckskvot	Antal trafikolyckor delade med trafikarbete.
Skada kvot	Antal person skador delade med trafikarbete.
ISS	Svårighetsgrad av personskador som tar hänsyn till skador i 3 olika kroppsdel och står för Injury Severity Score. Högsta värdet är 75 och innebär livsfarliga skador.
Mfkm	Miljon fordon kilometer.

1 INTRODUKTION

Antalet motorcyklister i svenska vägnätet har fördubblats under de senaste tio åren enligt en rapport som publicerats av Trafikverket i samarbete med Sveriges MotorCyklister(SMC) [1]. Även om det finns över 300 000 motorcyklister på svenska vägar [1], har fokus på motorcyklar och motorcyklisternas säkerhet varit obefintlig vid utformning av vägmiljön. Utformningen av infrastruktur och genomförande av åtgärder har huvudsakligen baserats utifrån krav för dem som färdas i personbil, med efterföljande analys för tunga fordon. Det speglar en utformning som bygger på den största delen av fordonsparken (personbilar) och den fordonstyp som ger den största fysiska belastningen på infrastrukturen (tung fordon). Detta snäva fokus återfinns i grundläggande dimensioneringskrav för Sverige [2]. Vägnätet måste ta hänsyn till acceleration, svängförmåga, vikt och andra parametrar för de fordon som körs på vägarna. Alla krav för broms- och svängningsacceleration (och därmed friktion) är baserade på tre referensfordon: Personbilar, lastbilar med släp, och bussar [2].

Det har varit väldigt lite fokus på frågor som rör säkerhet för dem som färdas på motorcykel och hur denna fordonstyp och MC-trafikanterna påverkas av placeringen och typen av vägutrustning. De flesta riktlinjer för vägutformning använder information som är baserad på AASHTO Roadside Design Guide [3] med anpassning till lokala krav. Uppgifterna i dessa dokument är baserade på uppgifter om bilpassagerare eftersom de flesta uppgifter har samlats in för bilolyckor. MAIDS-projektet är ett europeiskt projekt med detaljerade fallstudier av ca 900 MC-olyckor [4] där forskningen kan tillämpas till anpassning eller justering av vägens sidoområden utifrån motorcyklisternas behov.

När en säkerhetszon inte är tillräckligt stor för att skydda trafikanterna från ett farligt föremål eller område, installeras ett räcke med syfte att ge en kontrollerad kollision istället för en förväntat farligare kollision med ett föremål i sidoområdet. Storleken på säkerhetszonen är viktig för översyn av föremål och frågan om utformningen av ett sidoområde har identifierats av RISER-projektet (2003-2006) [5]. En särskild punkt som gäller sidoområdet är ytan som är tillgänglig för att återta kontrollen över fordonet eller för akuta undanmanövrar, den s.k. "Recovery Area". Information från franska partners i RISER-projektet visade att olycksfrekvensen var lägre när vägens vägren (mellan vägmarkeringar och slänter i sidoområden) var bredare och försedda med en lämplig ytbehandling. RISER samlade forskningsresultat som visar att det kan vara nyttigt med en Recovery Area som är mellan 1.5 till 2 m bred, speciellt i kurvor.

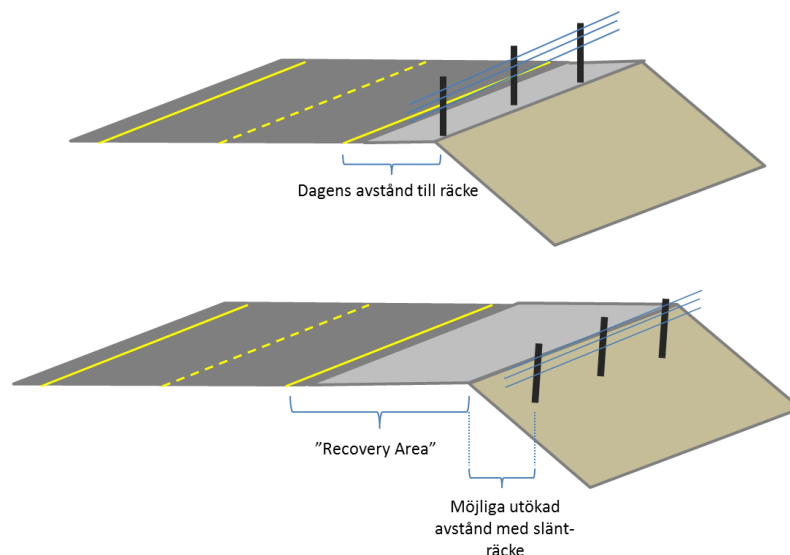
Jan Wenälls rapport 2011 [6] syftade till att undersöka räcken som medför mindre skaderisk för motorcyklister. Utöver kommentaren att räcket ska vara slätt så motorcyklisterna inte fastnar i räcket eller träffar vassa kanter på räcket vid en kollision, rekommenderas att avståndet till räcket ska utökas. "Recovery Area" i RISER [5] kallas för "vingelutrymme" i rapporten [6].

Senare forskning rörande olyckor i sidoområdet och räckespåkörningar har fokuserat på att fastställa statistiska modeller av olycksfrekvens, baserat på sidoområdets egenskaper, särskilt då det gäller placeringen av vägräcket. Alla dessa studier indikerar att olycksfrekvensen har ett samband med förekomsten av föremål i vägens sidoområde, i synnerhet vägräcken liksom deras placering i förhållande till körfälten. Studier som Mak och Sicking [7] och Miao [8] visar att frekvensen av påkörningar i sidoområdet minskar med avståndet från väggkanten. Tyvärr har de och liknande studier fokuserat på personbilar. Ytterst få analyser handlar om motorcyklister. En intressant studie av Daniello et. al. [9] visar att motorcyklar har högre risk

för olyckor med skador än personbilar i USA när alla olyckstyper är inräknade. Studien dock erbjuder inga råd om placering av räcke eller sidoområde utformning för motorcyklar.

Figur 1 (överdelen) visar hur dagens vägräcke placeras på de flesta svenska vägar och hur lite utrymme finns för fordon mellan kantlinjen och räcket. Underdelen av Figur 1 visar hur en utökad och plan vägkant med ett slänträcke skapar mer utrymme för fordon att göra undanmanövrar och mindre möjlighet att komma i oönskad kontakt med räcket.

Sverige har varit pådrivande i genomförande av säkerhetsstrategier för dem som färdas i personbilar. En fråga som är relevant för motorcyklisternas säkerhet är införandet av slänträcke eller förlåtande sidoområden istället för sidoräcken samt mitträcken som inte bara skyddar mot kollisioner utan också innebär minimal skaderisk. Sverige är det enda landet i västvärlden som tillåter att räcken placeras på lutning i sidled med 1:3. De amerikanska riktlinjerna begränsar räcken placering till slänter med en lutning om 1:6. Ett ökat avstånd mellan räcke och väg kan minska både frekvensen av räckespåkörningar samt minska underhållskostnader när det gäller snöplogning, slätter med mera. Placeringen av slänträcken kan också leda till andra positiva effekter som att utöka möjligheterna att stanna vid nödstopp på vägrenen, att minska risken för påkörning i samband med friktionsförlust samt för omdirigering av trafik.



Figur 1: Olika utformningar på sidoområdet med sidoräcke

En av de fem prioriterade åtgärder i "Ökad Säkerhet på motorcykel och moped, version 2.0" [10] är säkrare vägar och gator för motorcyklisterna. Eftersom räcken är det vanligaste krockvåldet i singelolyckor med dödlig utgång finns ett stort behov av att hitta alternativa lösningar till räcken och räcken placering då det gäller vägutformning.

1.1 Mål

Projektet syftar till att undersöka om det finns behov för utrymme mellan körfält och vägräcke och identifiera möjligheter för att förbättra skyddet för motorcyklisterna och andra oskyddade trafikanter.

Transportstyrelsen, Trafikverket, Rikspolisstyrelsen, SMC med flera samarbetar utifrån en långsiktig strategi på olika nivåer och planer för att halvera antalet MC-dödsolyckor under 10 års period (2010-2020) [11]. Enligt Trafikverket har följande insatsområden prioriterats:

1. Hastighetsgränsen
Att andelen trafikanter som håller hastighetsgränsen ska öka. Hastigheten har stor inverkan för att en olycka inträffar samt för allvarligheten hos olyckan. 30 % av MC-dödsolyckor som inträffade mellan åren (2009-2011) körde inom hastighetsgränserna enligt Trafikverkets analys [12]. Vid en MC olycka är konsekvenserna större än en personbilsolycka och skadorna allvarliga även om alla kör på samma hastighet.
2. ABS-bromsar
Andelen motorcyklar som har ABS bromsar ska ökas. ABS-bromsar i motorcyklar har stor betydelse vid olyckor, och minskar risken att omkomma eller skadas svårt med upp till 50 %.
3. Ökande uppmärksamhet och synlighet
Motorcyklar har en liten frontyta vilket gör att synligheten blir betydligt mindre i förhållande till andra fordon och motorcykelns hastighet kan missbedömas av andra trafikanter. Varannan motorcyklist dödas i en kollision med ett annat fordon.
4. Säkrare vägar och gator för motorcyklister
Utformningen av vägar har huvudsakligen baserats utifrån personbilens krav, med väldigt lite fokus på frågor som rör motorcyklisternas säkerhet. Placering och typen av vägräcken samt utformningen av återhämtningszonen för vägar är viktiga frågor för motorcyklister.
5. Motorcyklisternas beteende:
Att minska extrema beteenden hos motorcyklisterna när de kör på vägarna.

Denna rapport har fokuserat på punkt 4, men singelolyckor har en stark koppling till alla de andra punkter när det gäller körstil till exempel hastighetsanpassning, hantering av broms i nödsituation, etc.

De specifika målen med projektet är att:

- a. Kartlägga typen av påkörda hinder vid MC-olyckor.
- b. Identifiera MC-olycksförlopp från detaljerade databaser.
- c. Kartlägga MC-manövreringsdynamik och därmed potentiella krav till en Recovery zone, vingelutrymme.
- d. Skapa en livscykelkostnadsmodell till sidoområdet med hänsyn till MC.

Det övergripande målet med projektet är att modellen ska bidra till att öka motorcyklisternas säkerhet i det svenska vägnätet.

1.2 Omfattning

Projektet undersöker det dynamiska förloppet fram till en krock med ett vägräcke. Simulering eller analys av skademekanismer eller skyddande åtgärder relaterade till motorcyklistens kontakt med vägutrustning eller andra föremål ingår inte i arbetet. Data är begränsade till existerande olycks- och trafikdata, insamling av ny data ingår inte i uppdraget.

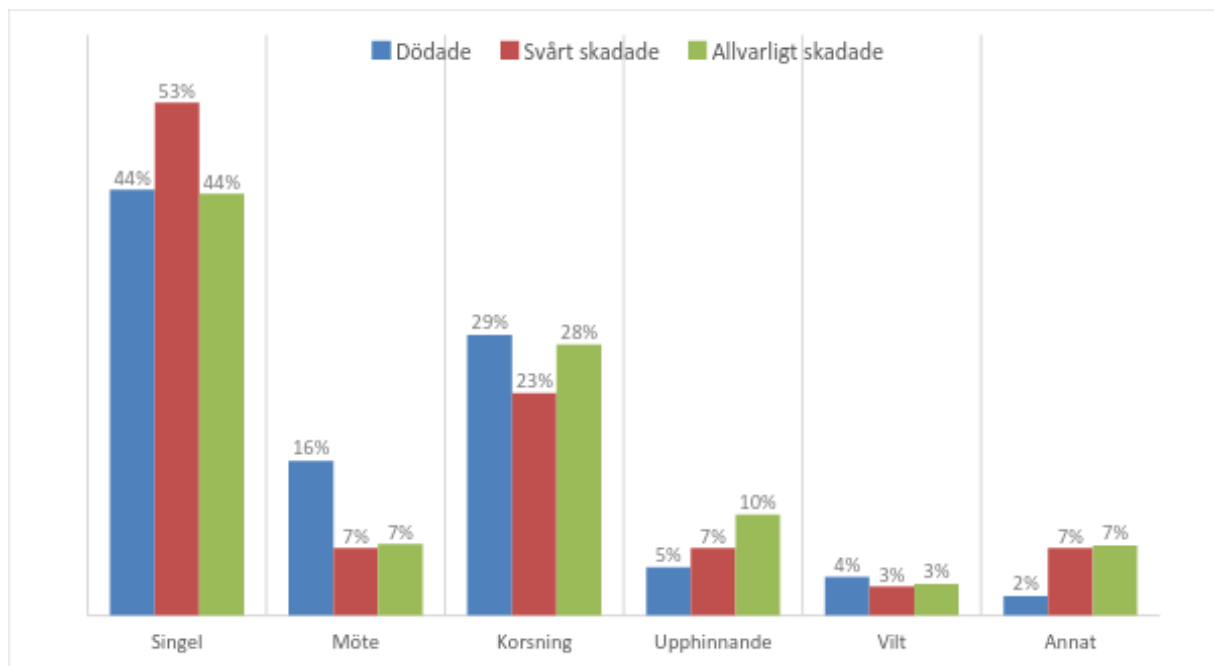
1.3 Rapportens upplägg

Efter en sammanfattning av kunskapsläget är rapporten huvudsakligen uppdelad i tre avsnitt:

- 1) Olycksdata berörande krockförlopp och skadeutfall.
- 2) MC-dynamik vid undanmanövrering.
- 3) Livscykelkostnadsmodell; underlag och struktur.

1.4 Bakgrund

Motorcyklar har två hjul och därmed två små beröringspunkter mot vägytan. Små förändringar av vägytan kan därför leda till att motorcykeln går omkull. Det är inte lika lätt för andra trafikanter att upptäcka motorcykeln som andra fordon i god tid. Singelolyckor är olyckstypen där flest motorcyklister omkommer på det svenska vägnätet och motsvarar 44 % alla dödade motorcyklister.



Figur 2: Skadade på motorcykel per olyckstyp [12]

Det finns en begränsad mängd studier av MC-säkerhet i singelolyckor. De flesta studier som kan hittas i litteraturen är primärt fokuserade på antalet olyckor, skador, och påkörda föremål. Som ett exempel identifierade Daniello [9] olycksvägar i delstaten New Jersey med syftet att rangordna vägar efter säkerhetsrisk till MC. Alla olyckstyper var inräknade och en separat analys för MC singelolyckor fanns inte med i rapporten. I flera projekt har det undersökts hur skador uppstår i singelolyckor beroende på vilket föremål som träffades eller avkörningstyp ([13], [14], [15]). I flera studier har MCs dynamik diskuterats som körande eller glidande på vägen. Tyvärr finns ingen analys av avståndet mellan räcket och vägkanten eller liknande i litteraturen. Wenäll [6] identifierade att möjligheten att manövrera en motorcykel i återhämtningszonen före räcken kan minska antalet olyckor eller konsekvenserna, men ingen kvantitativ beskrivning ges.

Av de fyra mål som nämndes innan, kan man hitta information om påkörda föremål (punkt 1). Däremot finns lite data eller uppgifter om punkt 2 (olycksförlopp) eller manövrering (punkt 3) i annan form än Trafikverkets djupstudier av dödsolyckor. Detta måste undersökas närmare i denna studie.

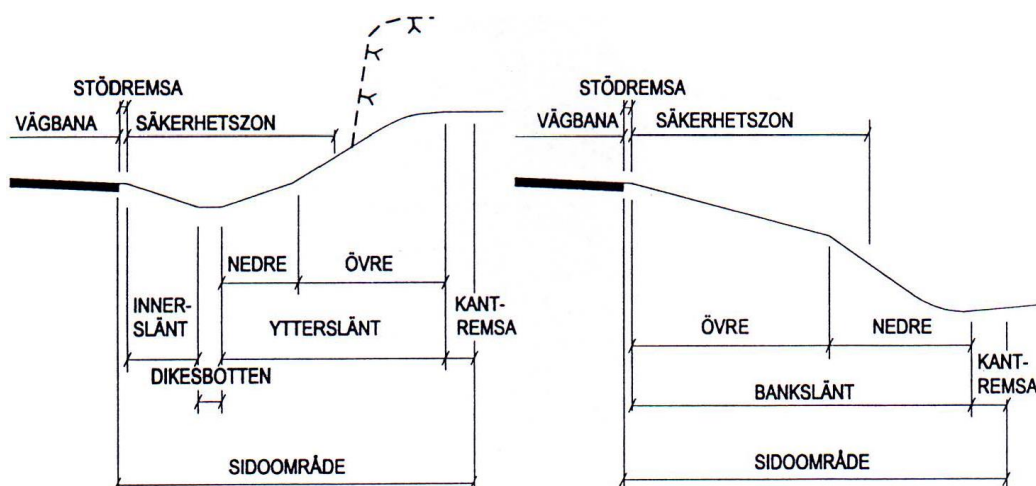
Livscykelkostnadsmodellen är ett pågående forskningsprojekt som studerar effektiv vägkonstruktion och underhåll. Det finns flera modeller eller rapporter om LCC som RSAP

Roadside Analysis Program [7] från USA eller den som tagits fram av Karim [16]. Dessa modeller kräver olycksdata gällande trafikarbete, fordonstyp, skaderisk och så vidare. På grund av bristen på MC-data, har ingen av modellerna tagit hänsyn till motorcyklar, vare sig rörande kostnader eller åtgärder. Befintliga modeller behöver dock ingen större omformulering, utan bara en tilläggs kalkyl för skaderisk och kostnader associerade med motorcyklar som en del i trafikarbetet. Vidare utveckling av Karims modell [16] är målet av punkt 4.

1.5 Sidoområdets utformning

En kort överblick av svenska sidoområdes konstruktioner och riktlinjer presenteras här för en komplett förståelse av termer och faktorer som påverkar MC säkerhet när det gäller singelolyckor.

Hinder och andra föremål kring vägens sidor kan skapa stora faror för trafikanter. Sidoområdet har stor betydelse för att minska farorna och är en del av vägbanan som sträcker sig från körbanans ytterkant längst ut till kantremsan. Normalt ingår kantremsa, ytterslännt, dikesbotten, inner-slännt och stödremsa i sidoområdet, se Figur 3.



Figur 3: Definition av sidoområdet [17]

Säkerhetszonens utformning har stor betydelse för avkörande fordons chanser att återhämta sig eller inte krocka med fasta föremål. Enligt Trafikverkets utformningsregler ska oeftergivliga föremål inte förekomma i säkerhetszoner om inte ett räcke eller ett föremål mot påkörning [17] finns. Oeftergivliga föremål definieras som:

1. Stolpar som inte är eftergivna enligt väg och utrustningens standard.
2. Träd med en diameter som är större än 100 mm och ca 1,2 m ovanför mark.
3. Betong fundament- eller jordfast sten högre än 0,1 m.
4. El- och telestolpar.
5. Bropelare.
6. Bergskärning med skrovlig yta.

Enligt Trafikverkets detaljutformning kan trafiksäkerhetsstandard i sidoområdet med hänsyn till typen av sidoområdet och säkerhetszoners bredd beaktas utifrån Tabell 1. Tabellen gäller i

skärning som är 1m och mindre. I skärning djupare än 1m blir säkerhetszonen beroende av sidoområdestyp.

Tabell 1 Sidoområdets och säkerhetszoners trafiksäkerhetsstandard [17].

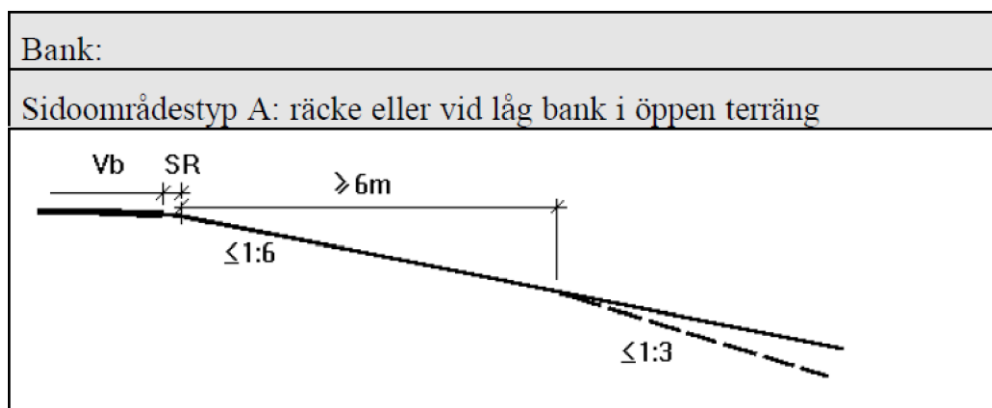
VR (skyltade hastigheten)		God	Mindre god	Låg
50	Sidoområdestyp Säkerhetszonens bredd	$C > 3 \text{ m}$	$C < 3 \text{ m}$	
70	Sidoområdestyp Säkerhetszonens bredd	$B > 7 \text{ m}$	$B > 3 \text{ m}$	$C < 3 \text{ m}$
90	Sidoområdestyp Säkerhetszonens bredd	$A > 9 \text{ m}$	$B > 4,5 \text{ m}$	$C < 4,5 \text{ m}$
110	Sidoområdestyp Säkerhetszonens bredd	$A > 10 \text{ m}$	$B > 6 \text{ m}$	$C < 6 \text{ m}$

Sidoområdet kan påverka trafikanternas säkerhet på olika sätt. Det kan t.ex. påverka förarens beteende och hastighetshandlingen. Vid utformning för underhåll av sidoområden ställs ett flertal krav på bl.a. släntlutning, vattenavrinning och dränering, nivå under terrassen och anpassningen för snömagasiner.

Utformning av sidoområdet drivs av det geografiska läget och tillgång till mark. Lutningen och bredden av innerslätten påverkar investeringskostnaden av sidoområdet. Det bör nämnas här eftersom det kommer påverka LCC analysen i Kapitel 4. Sidoområdets släntlutning kan delas i tre typer enligt Trafikverkets detaljutformning [17]:

Sidoområdestyp A:

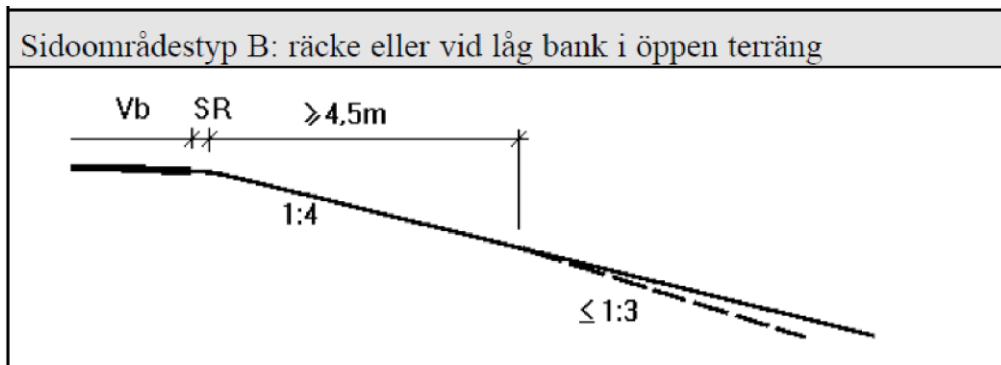
Lutningar på 1:6 eller mindre ger mycket stor sannolikhet att föraren av personbil kan styra och bromsa utan att välta i sidoområdet. Den är bäst ur en trafiksäkerhetssynpunkt med en säkerhetszon som är 6m eller större.



Figur 4: Sidoområdestyp A

Sidoområdestyp B:

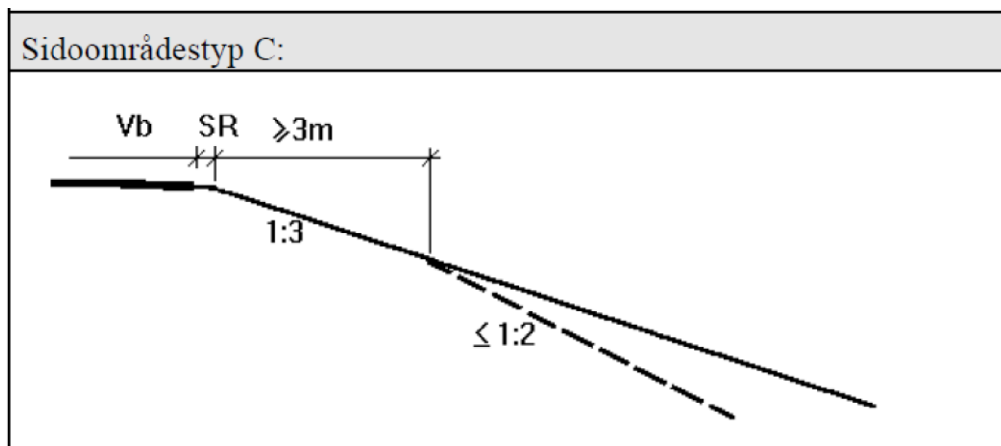
Lutningar på 1:4 eller mindre ger stor sannolikhet att föraren av personbil kan styra och bromsa utan att välta i sidoområdet. Denna typ är medelgod när det gäller trafiksäkerhet och säkerhetszonens bredd är minst 4,5 m.



Figur 5: Sidoområdestyp B

Sidoområdestyp C:

Lutningar på 1:3 eller större ger stor risk för vältning och sidoområdet kan inte utnyttjas vid avkörning. Trafiksäkerheten är sämst av alla tre typer för dem som färdas i personbil och säkerhetszonens bredd är minst 3m.



Figur 6: Sidoområdestyp C

De ovanstående sidoområdestypernas funktioner, konstruktion, och specifikationer är anpassade till personbilens dynamik och passagerarens säkerhet.

Utformning av sidoområdet från körbanan och utåt är beroende av marktillgång vilket avgör släntens lutning och bredden på vägrenen. Dessa områden baseras på dem som färdas i en personbil och betyder inte att det är säkert för dem som reser med motorcykel. Utformning av slänten påverkar skaderisken och är en viktig faktor för MC- trafikens säkerhet.

2 OLYCKSDATA FÖR MC

2.1 Översyn av datakällor

Studien har utformats utifrån befintliga datakällor med data till MC trafikanter, var de kör, hur och var de krockar, och utfallet från olyckan. De två tillgängliga datakällor som beskriver olyckorna är STRADA [18] och MAIDS [4]. Var MC kör, d.v.s. på vilken väg och vägtyp, kan inhämtas delvis från STRADA. Även om olycksplatsen har registrerats, beskriver det inte MC-trafiken, då får man istället använda Trafikverkets trafikdata [19]. En kort beskrivning av dessa källor beskrivs nedan.

Urvalskriterier för data var framförallt singelolyckor för tyngre MC som är typgodkända som fordonsklass L3 i Europa. Det innebär motorcyklar med motorvolym > 125 cc och därmed exkluderas moped. Även tre- och fyrhjulingar är exkluderade från analysen. Sverige har ett klimat som hindrar MC-användning året runt för de flesta. Sveriges MC-trafikanter kör främst motorcykel på fritiden vilket syns i ett glest trafikflöde. Trafikverket har påbörjat flödesmätningar begränsade till de största vägar och vägarna med mest MC-olyckor för att skapa ett statistiskt underlag för analys.

2.1.1 STRADA

STRADA är en förkortning av Swedish Traffic Accident Data Acquisition [18] vilket är ett nationellt informationssystem för data om skador och olyckor inom hela svenska vägtransportssystemet.

Olycksdata från STRADA mellan åren (01.01.2006- 2013.21.31) har analyserats för att ta fram antalet olyckor samt antalet skador. Både sjukvård och polis registrerar rapporter om olyckor i STRADA. De har olika metoder för rapporteringen och klassificeringen av skadorna skiljer sig åt mellan dem. Polisen bedömer olyckans svårighetsgrad och hur svårt skadad en person är. Sjukvården diagnostiserar allvarlighetsgraden. Därför är antal skador rapporterade av polisen och sjukvården inte desamma. Sjukvårdens diagnostisering för allvarlighetsgraden av personskadorna är mer trovärdig än polisens skadebedömning. För denna studie konverteras alla skador som rapporterades av polisen till sjukvårdens ISS värde (se Bilaga A). Polisens rapport analyserades för att ta fram händelseförloppet, om olyckan inträffade i en raksträcka eller i en kurva samt typ av kurva (höger eller vänster). MC-olyckor och skador på E4 mellan Helsingborg och Knivsta samt E6 mellan Helsingborg och den norska gränsen studerades. Vägar som är populära för motorcyklister har också studerats. Länsvägarna 267 och 1002 i Stockholms län blev aktuella för projektet då de har störst MC-flöde och flest MC-olyckor.

2.1.2 Trafikverkets djupstudier

Alla dödsolyckor i Sverige undersöktes av utredare från Trafikverket för att förstå alla detaljer om olyckan [20]. Utredare besöker olycksplatsen och följer upp detaljer om fordon och inblandade personer i syfte att höja kunskapsnivån om varför olyckor sker. Djupstudiematerialet används i denna rapport för att ta reda på vilket föremål som MC-föraren krockade med.

2.1.3 MAIDS

The Motorcycle Accidents In Depth Study – MAIDS - var ett EU projekt som samlade in data om cirka 1000 MC-olyckor under 1999-2000 [4]. Varje fall undersöktes noggrant med bilder, platsbesök och intervjuer. En särskild egenskap i databasen är att den innehåller variabler som beskriver olycksförloppet i större detalj än i STRADA. Datan är lagrad i Bryssel och gjordes tillgänglig genom en överenskommelse med ACEM.

2.1.4 Trafikdata

För att ta fram trafikarbetet för varje vägsträcka behövs både ÅDT (årsdygnsmedelrapport) och sträckans geometriska utformning. ÅDT hämtas från Trafikverkets trafikinformation [19]. Längden och geometriska utformningen av varje sträcka hämtas från NVDB. Trafikarbetet beräknas med följande formel:

$$TA = \text{ÅDT} \times L_{(\text{sträcka})} \times 365 \quad (\text{formel 1})$$

2.2 Olycksituation

Enligt Forsman & Vadeby [21], har 10571 MC förare och passagerare skadats under april-september för åren 2003-2012. När det gäller alla MC olyckor har 45 % av alla MC förare skadats i singelolyckor. De flesta (88%) skadas på vanlig landsväg [21]. Informationen kommer från STRADA innehåller begränsade detaljer men indikerar att singelolyckor är signifikanta och dödsfall sker oftare på landsväg.

Trafikverkets djupstudier erbjuder mer information om olyckor som ledde till dödsfall. Med en detaljerad platsundersökning kommer en bättre beskrivning av hur trafikanten omkom. För MC dödsfall hittar man de siffror i Tabell 2 som visar vilken objekt orsakar de dödliga skador på de olika vägtyper. Motorväg och de största vägarna i Sverige med "E" numrering drabbas mest av räckespåkörning med dödlig utgång bland motorcyklister. Dessa vägar har ofta både mitt- och sidoräcken. Vanlig landsväg, som är vägtypen med flest dödsolyckor på MC, har fler dödsfall kopplade till övriga hinder som träd, mark och dike. Information i Tabell 2 visar hur vägsidoområdet blir det kritiska elementet på olika vägar i Sverige när det gäller MC olyckor och dödsfall.

Tabell 2: Fördelning av islagslags objekt i dödsfall på motorcykel 2009-2012

Vägtyp	Betong	Dike	Mark	Rondel	Räcke	Sten	Träd / Stolpe	Beläggning	Slänte	Summa
E-vägar	1		1	1	8					11
Landsväg		5	4		3	2	6	2		22
Riksväg			2		1				1	4
Summa	1	5	7	1	12	2	6	2	1	37

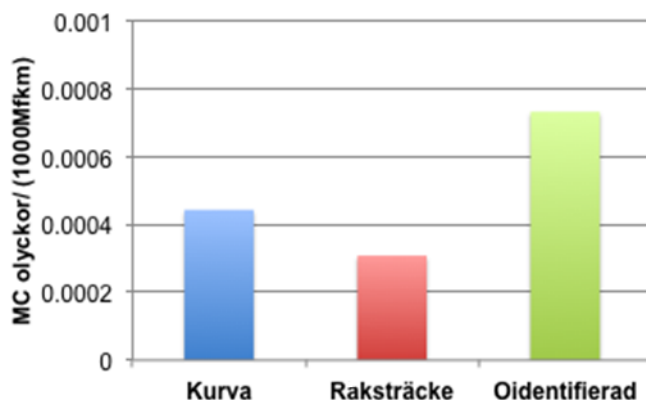
Ett problem för säkerhetsåtgärder längs vägen är hur man bestämmer de platser som har den högsta olycksrisken. Uppgifter som kan illustrera var och hur man krockar behöver ytterligare detaljer. Två metoder tillämpades i projektet. Det första var en manuell undersökning av polisrapporter i STRADA. Detta utfördes för att kunna ta del av polisens anteckningar som beskriver hur och var olyckan har hänt på vägen. Den andra metoden var en granskning av detaljerad data från MAIDS databasen som innehåller rekonstruktioner och mer specifik beskrivning av förloppet innan själva olyckan.

STRADA sökning av MC olyckor på de fyra valda vägsträckor (E4, E6, 267, 1002) har beskrivits av Latif [22] och vissa resultat beskrivs nedan och i Bilaga B. Den viktiga information är på vilken sida av vägen olyckan skedde och vilket vägelement (kurva kontra raksträcka) som var inblandad.

Olycksdata och trafikarbete samlades i [22] och en olyckskvot har tagits fram genom att summera alla olyckor under den utvalda tidsintervall och dividera det med det totala trafikarbetet under samma tidsintervall.

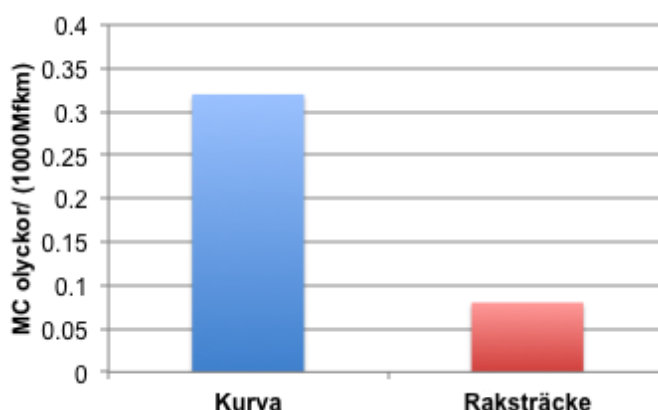
$$\text{Olyckskvot} = (\text{Antal olyckor}) / (\text{TA}) \quad (\text{formel 2})$$

På motorväg var antalet olyckor som inträffade i kurvsträckor 69 och i raksträckor 48 medan 114 olyckor kunde inte identifieras på grund av informationsbrist om händelseförloppet. Figur 7 visar olyckskvot för både kurvor och raksträckor samt oidentifierade sträckor under perioden 2006-2013.



Figur 7 Olyckskvot för kurvor, raksträckor och oidentifierade sträckor på E4 & E6 under perioden (2006-2013).

Olyckskvot på LV 257 & 1002 visas i Figur 8. Den som skiljer de 2 figurerna är storlek på olycksrisk. Det är över 100 gånger mer sannolikt att en singelolycka inträffar på en landsväg populär för motorcyklister än på en motorväg. Det måste noteras att de två utvalda landsvägarna präglas av extremt mycket MC-trafik och även betydligt högre hastigheter är tillåtet.



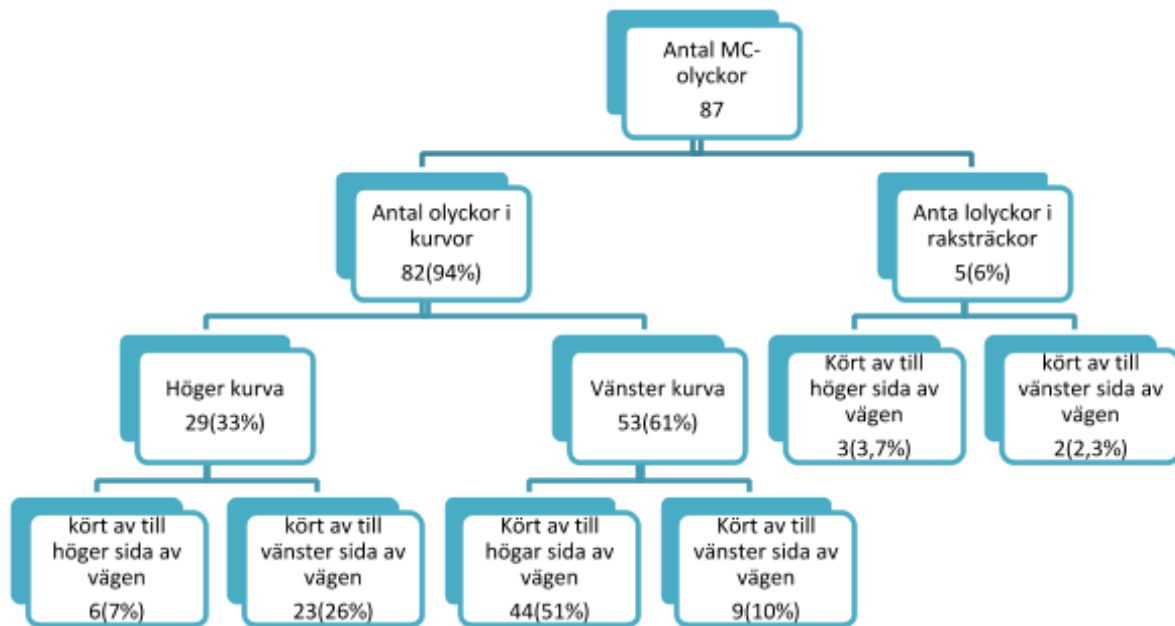
Figur 1: Olika utformningar på sidoområdet med sidoräcke Olyckskvot för kurvor, raksträckor på LV 257 & 1002 under perioden (2006-2013).

Båda vägtyper visar att risken för att olyckor inträffar är högre i kurvor än på raksträckor. Det är svårare att veta om detsamma gäller för motorvägar eftersom information om olyckans plats på motorvägar är bristfällig. Det är uppenbart att mindre vägar har fler olyckor i kurvor.

Resultatet visar ett tydligt samband mellan olyckorna och kurvsträckor på både vägarna 257 och 1002. Av de inträffade olyckorna har 82 olyckor inträffat i kurvor medan 5 olyckor har inträffat på raksträckor. Motorcyklisterna har av någon anledning tappat kontrollen och kört av vägen i kurvorna. Enligt polisrapporterna har olyckorna troligen inträffat på grund av att föraren haft för hög hastighet i kurvorna.

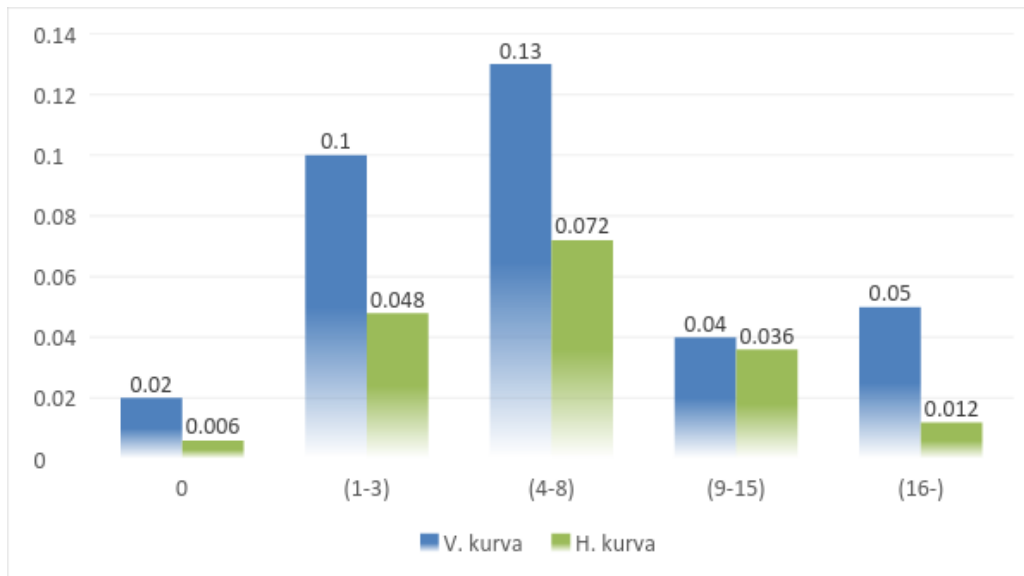
Figur 10 visar att i 62 % av olyckorna som har inträffat på de studerade sträckorna har motorcykeln kört av på högersidan av vägen och i 38 % av olyckorna, motorcykeln kört av till vänster sida av vägen.

En djupare analys av olyckor visar att de flesta olyckorna som inträffats i kurvor har inträffats i vänstra kurvorna (Figur 8). Oftast vid en olycka i en vänster kurva, har motorcykeln kört av på höger sida av vägen medan i de flesta olyckorna som inträffats i högerkurvor, har motorcykeln kört av till vänster sida av vägen.



Figur 8 Fördelning av avkörnings riktning [Fel! Bokmärket är inte definierat.]

All data indikerar att det finns ett starkt samband mellan skadegraden och om sträckan är rak eller kurvig. Alla dödsolyckor inträffade i kurvor [22]. Allvarlighetsgraden av skadorna ökar också i kurvsträckor och vänsterkurvor har högst skadekvot (Figur 10). De flesta personsador som inträffades i raksträckorna var lindriga skador.



Figur 9: Fördelning av skadekvot efter typ av kurvor under perioden (2006 – 2013).

Studien visar att olycksrisken är dubbel så hög i vänsterkurvor än i högerkurvor. Detta kan troligen bero på att vid en olycka i vänsterkurva har motorcykeln kört av till höger sida av körbanan och vidare av vägen medan vid en olycka i högerkurva har motorcykeln kört av till andra sidan körbanan och haft större möjlighet att återhämta sig innan den åker av vägen om de inte möter ett annat fordon på andra sidan körbanan.

Den sista analysen kopplade till hur och var singelolyckor på motorcykel inträffar kommer från MAIDS-databasen [4]. Data kommer från Italien, Tyskland, Nederländerna och Frankrike. Precis som i Sverige var singelolyckor vanligare i kurvor, framförallt vänsterkurvor (Tabell 3). Tyvärr fanns inte så många olyckor av intresse tillgängligt i databasen.

Tabell 3: Vägkurvatur och avkörningsriktning

		Total
A.3.1.18-Environ. Factors/ Roadway Alignment/ MC/ Horizontal	straight	5
	curve right	11
	curve left	17
	corner right	1
Total		34

En viktig egenskap i MAIDS-databasen är "pre-crash" analysen. Tabell 4 och 5 beskriver vad MC-föraren gjorde precis innan olyckan inträffade. Det visade sig att de flesta singelolyckor på MC sker i samband med kurvtagning i konstant hastighet. Tabell 4 och Tabell 5 visar att majoriteten (21/34) av dessa olyckor skedde vid kurvtagning utan varken acceleration eller inbromsning. Precis innan olyckan inträffade försökte mindre än hälften bromsa och ungefär en fjärdedel försökte svänga enligt Tabell 5. Resultaten stämmer överens med svensk data. Som ett tillägg kunde man läsa i MAIDS korta analys av olyckorna att nästan alla singelolyckor i kurvor skedde när förare kör snabbare än den skyltade hastigheten.

Tabell 4: Körmanöver precis innan olyckan

		A.4.2.1-MC dynamics/ Pre-Crash Motion, Just Prior To Precipitating Event/ Description									Total
		moving in a straight line, constant speed	moving in a straight line, throttle off	moving in a straight line, accelerating	turning right, constant speed	turning right, accelerating	changing lanes to right	passing manoeuvre, passing on left	negotiating a bend, constant speed	negotiating a bend, accelerating	
A.3.1.18-Environ. Factors/ Roadway Alignment/ MC/ Horizontal	straight	1	1	1	0	0	1	1	0	0	5
	curve right	1	0	0	1	0	0	0	8	1	11
	curve left	2	0	0	0	0	0	2	13	0	17
	corner right	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Total		4	1	1	1	1	1	3	21	1	34

Tabell 5: Undanmanöver / försök till att undvika krock

Pre-Crash Actions	Avoidance Maneuver							Total
	None	Braking	Swerve	Accelerating	Counter-steering	Cornering	Other	
moving in a straight line, constant speed	2	3	0	0	0	0	1	6
passing manoeuvre, passing on left	0	2	1	0	0	0	0	3
negotiating a bend, constant speed	3	9	0	2	1	8	1	24
negotiating a bend, throttle off	0	1	0	0	0	0	0	1
negotiating a bend, accelerating	0	1	0	0	0	0	0	1
Total	5	16	1	2	1	8	2	35

2.3 Sammanfattning

Insamlad information från olika källor tyder på att den vanligaste avkörningsolyckan för motorcyklar är i en vänster kurva på en mindre vägtyp. På motorvägar var det också mest sannolikt att köra av vägen i en kurva när olycksplatsen är känd.

Ofta är hastigheten av MC en bidragande faktor till olyckan, men det är inte oväsentligt att tänka på hur vägen har utformats. Figur 11 visar en olycksplats på en landsväg i det svenska vägnätet. Det som är talande är de smala stödremorna och branta slänter på båda vägsidorna. Själva stödremsan består av grus och erbjuder inget utrymme för undanmanöver av motorcykeln.



Figur 1: Olika utformningar på sidoområdet med sidoräcke Olycksplats till en MC dödfall

Olycksanalysen understryker behovet att förstå hur motorcykeln lämnar vägen och hur snabbt en MC kan manövrera samt hur mycket utrymme som behövs i en undanmanöver.

Analys av MC-olyckor är ett svårt område på grund av ett begränsat olycksmaterial på ett stort vägnätverk. Olyckor sker på alla typer av vägar. Det kan därför vara viktigt att jobba med en prioritering baserad på trafikarbetet på vägarna. Därför har olyckskvot introducerats i detta kapitel.

3 PROVNING AV MC MANÖVRERING

Tidigare analys av olyckor och granskning av riktlinjer för utformning av vägmiljön visar att det saknas kunskap om och förståelse för hur en motorcykel manövreras. Det fanns inga referenser till dessa data så ett experiment med frivilliga förare planerades och utfördes under projektet. Syftet med provningen var att identifiera hur snabbt en MC förflyttas i sidled samt reaktionstiden hos föraren. Eftersom kurvor är en kritisk olycksplats var det relevant att inkludera kurvor i experimentets upplägg. Med kännedom av den högre risken vid vänsterkurvor utfördes alla provningar i högerkurvor för att maximera utrymmet för förare om de kände sig osäkra eller förlorade kontrollen.

3.1 Provets upplägg: Plats, maskin, och utrustning

Provning utfördes på Linköpings motorstadion i september 2013. Figur 19 visar banan och den röda linjen visar körsträckan för MC. Det var en stängd bana för andra förare. Provning skedde under en solig dag med god sikt och en temperatur på ca 25 grader.



Figur 10 Översikt på provbana

Provning utfördes med fyra olika MC. Meningen var att prova ett brett sortiment för att spegla de olika MC-modeller som finns på landsvägarna. De fyra maskinerna syns i Figur 11. Modellerna var Hyosung Comet 650, BMW African Twin, BMW K1300S och Honda Fury 1300. Det var 5 olika förare och varje förare fick köra varje maskin.

MC var utrustade med fordonsdynamik; mätsystem, belysningsystem, och video kamera. Figur 12 visar var på maskinen de olika utrustningarna monterades. En lampa var placerad på styret och kunde fjärraktiveras. Videokameran monterades på styret. En Racelogic VBox 100 var placerad i tankväskan för att underlätta monteringen på varje fordon. Denna utrustning samlar GPS och accelerometer system och kan kombinera data och plotta färdens samt dynamiken.



Figur 11. Provfordon i experimentet



Figur 12: Provutrustning - Mätssystem och montering på MC

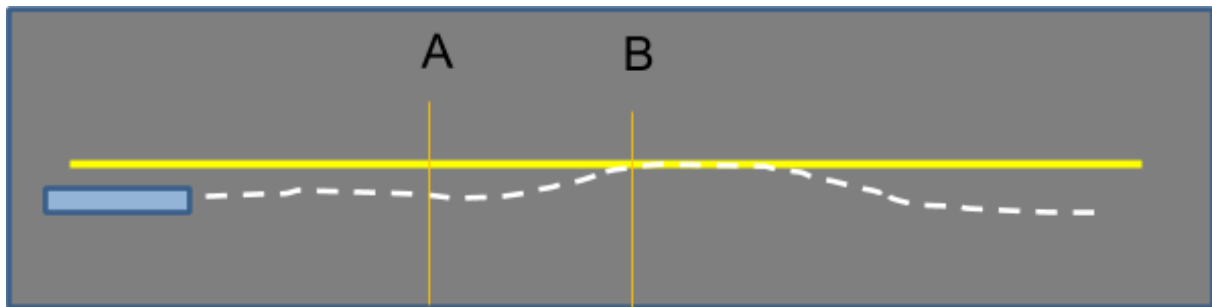
De fem förarna bestod av fyra män och en kvinna. De fyra männen var erfarna och den kvinnliga föraren hade A-körkort sedan 1 år tillbaka.

3.2 Procedur

Varje förare fick köra varje MC runt banan (medsols i Figur 10) på 2 olika hastigheter (60 och 80 km/h). Föraren körde i mitten av banan tills lampan på styret tändes då föraren skulle försöka styra motorcykeln 1 m i sidled och tillbaka. I Figur 13 finns en framställning av provet där MC kör från vänster i bilden. Vid punkt A tänds lampan och föraren ska försöka flytta till vänster av färdriktning. Under undanmanövern ska man hamna längst ut från ursprungliga spåret vid punkt B och då börjar man komma tillbaka till första spåret. I kurvorna fick förarna instruktioner att hålla sig nära kurvan och minska kurvradien. Detta var främst på grund av säkerhetsskäl men även för att simulera en räddningsmöjlighet för förare som körde för fort i en kurva.

Kryssarna i Figur 10 visar varje ljus aktiverings punkt på banan. Målsättning var att varje volontär skulle få utföra en sådan manöver i en rak sträcka och i en kurva minst en gång varje varv runt banan. Figur 10 visar resultatet från en körning av en förare på en MC som körde 4 varv.

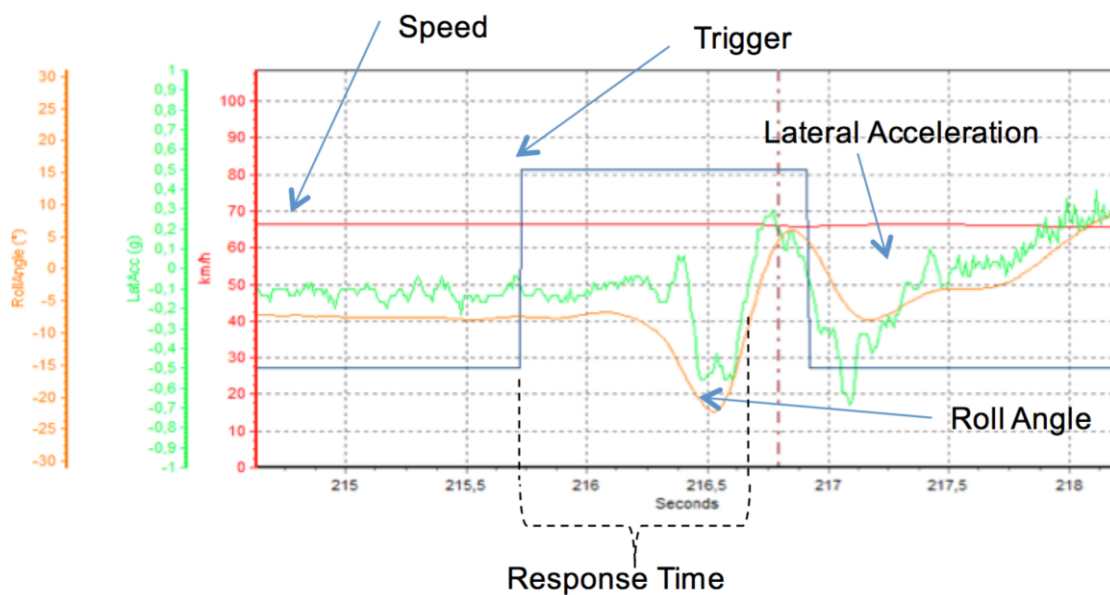
Lampan kopplades till mätsystemet så tidpunkten för ljuset redovisades i data.



Figur 13: Undanmanövers förlopp

3.3 Resultat

Data från en undanmanöver har presenterats i Figur 14. Två element var intressant från provförsöket. En var reaktionstiden och den andra var dynamiken som mättes under resans gång.



Figur 14: Mätdata från en undanmanöver

Den gröna linjen i Figur 14 visar sidoaccelerationen under undanmanövern. Det är en viktig parameter eftersom den inte kan överstiga friktionen mellan däck och mark och kan användas som ett krav för återhämtning avseende zonens beläggning. I absoluta tal var högsta sidoacceleration under testen 0.6-0.8 g och motsvarar en friktionskoefficient av samma storlek. Som referens har asfalt en friktionskoefficient mellan 0.7 och 0.9 när den är torrt.

Den blå fyrkantiga kurva "Trigger" visar när lampan tändes och kan användas som referens när man ska ta fram reaktionstiden. Figur 14 visar de två punkter som används för definition av maximal respons tid. Det är den tiden som är markerad i Figur 14 och är tidpunkt B i Figur 13 som representera den största sidoförflyttning och när MC går från att vara i lutning till att vara lodrätt eller i samma vinkel som i tidpunkt A i Figur 13.

En sammanställning av alla reaktionstider och accelerationer från provning presenteras i Tabell 6. Tabellen är ett underlag som möjliggör en analys av maximal responstider och accelerationer för varje förare och maskin. Sidoförskjutningen har beräknats från mätdata och är sidoförflyttning från ursprungliga spåret. Detta mått (sidoförskjutning) är ett viktigt mått för definitionen av bredden på det optimala sidoområdet.

Tabell 6: Resonstid och acceleration data från alla förare

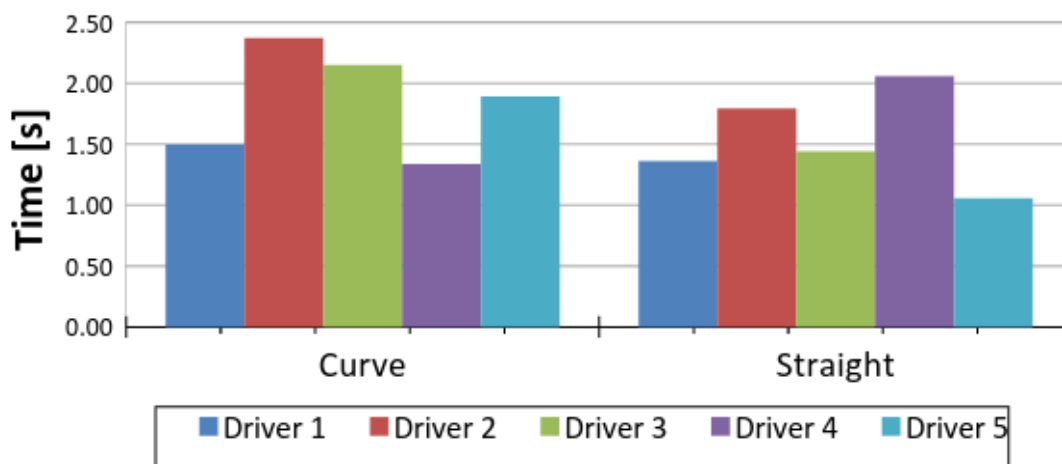
	Curve						Straight					
	Time		Acceleration		Lateral displacement		Time		Acceleration		Lateral displacement	
	Average	STDDEV	Average	STDDEV	Average	STDDEV	Average	STDDEV	Average	STDDEV	Average	STDDEV
Driver 1	1.338	0.380	-0.446	0.214	0.536	0.637	2.059	0.338	0.142	0.310	1.065	0.829
Driver 2	2.658	0.555	0.104	0.046	1.127	0.789	2.088	0.555	-0.025	0.288	1.032	0.315
Driver 3	1.895	0.209	-0.333	0.271	0.396	0.256	1.058	0.175	-0.105	0.376	0.551	0.347
Driver 4	1.904	1.194	-0.595	0.106	0.543	0.342	1.228	0.296	-0.042	0.105	0.246	0.093
Driver 5	1.463	0.295	-0.372	0.232	0.443	0.421	1.604	0.970	0.060	0.262	0.439	0.185
Average	1.851	0.527	-0.328	0.174	0.609	0.489	1.607	0.467	0.006	0.268	0.667	0.354
Driver 1	2.004	0.462	0.017	0.150	0.732	0.488	1.386	0.260	-0.139	0.387	0.473	0.263
Driver 2	1.837	0.991	-0.043	0.289	1.026	1.055	1.800	0.455	0.054	0.387	0.677	0.488
Driver 3	1.516	0.218	-0.391	0.186	0.546	0.415	1.342	0.504	-0.124	0.172	0.807	0.519
Driver 4	1.724	0.938	-0.245	0.234	0.292	0.183	1.843	1.085	-0.235	0.224	0.558	0.642
Driver 5	1.601	0.691	-0.302	0.208	0.501	0.290	1.405	0.427	-0.336	0.249	0.382	0.435
Average	1.737	0.660	-0.193	0.214	0.619	0.486	1.555	0.546	-0.156	0.284	0.580	0.469
Driver 1	1.642	0.349	-0.238	0.250	0.860	0.627	1.533	0.459	-0.175	0.181	1.766	1.376
Driver 2	2.628	0.698	0.058	0.086	0.843	0.962	2.108	0.918	0.035	0.174	0.908	0.629
Driver 3	1.599	0.401	-0.464	0.171	0.867	1.055	1.075	0.100	0.149	0.410	0.717	0.794
Driver 4	2.531	0.829	-0.149	0.228	0.790	0.685	1.190	0.229	-0.155	0.284	0.936	0.834
Driver 5	1.242	0.319	-0.373	0.078	0.879	1.175	1.264	0.357	-0.129	0.278	0.482	0.606
Average	1.928	0.519	-0.233	0.163	0.848	0.901	1.434	0.413	-0.055	0.265	0.962	0.848
Driver 1	2.512	0.571	-0.020	0.028	0.410	0.143	1.187	0.009	-0.414	0.028	0.392	0.468
Driver 2	N/A	N/A	-0.096	0.443	N/A	N/A	1.188	0.199	-0.096	0.443	0.360	0.230
Driver 3	3.214	0.917	-0.283	0.505	0.937	0.639	1.767	0.991	-0.046	0.370	1.014	0.791
Driver 4	2.449	0.906	-0.434	0.430	0.486	0.355	1.498	0.502	0.108	0.079	1.064	0.905
Driver 5	1.685	0.702	-0.384	0.062	0.286	0.251	1.182	0.173	0.039	0.129	0.256	0.257
Average	2.465	0.774	-0.243	0.293	0.530	0.347	1.365	0.375	-0.082	0.210	0.617	0.530
Total Average	1.995	0.620	-0.249	0.211	0.651	0.556	1.490	0.450	-0.072	0.257	0.706	0.550

Datan i 19Tabell 6 har presenterats i flera delanalyser i följande tabeller och figurer. Första resultat är spridningen av förarresponsen. Accelerationen och responstiden för varje förare har sammanställts i Tabell 7. Varje förare fick köra alla 4 maskiner och alla dessa data är samlade i Tabell 7. Både medelvärdet och standardavvikelse presenteras.

Figur 15: Genomsnittlig responstid för alla förare. Figur 15 visar hur den genomsnittliga responstiden varierade för de 5 förare i både raksträckor och kurvor. Det finns ingen tydlig skillnad men responstiderna var lite längre i kurvor. Det är förväntat eftersom MC förare måste kämpa emot en befintlig sidledsacceleration. I de flesta fall var responstiden snabbare på en raksträcka förutom förare 4.

Tabell 7: Tid och acceleration grupperade av förare

	Curve				Straight			
	Time		Acceleration		Time		Acceleration	
	Average	STDDEV	Average	STDDEV	Average	STDDEV	Average	STDDEV
Driver 1	1.50	0.50	0.36	0.14	1.36	0.48	0.09	0.23
Driver 2	2.37	0.75	0.01	0.22	1.80	0.53	0.01	0.32
Driver 3	2.15	0.97	0.36	0.25	1.44	0.53	0.08	0.17
Driver 4	1.87	0.44	0.17	0.16	1.54	0.27	0.15	0.23
Driver 5	2.06	0.44	0.37	0.28	1.31	0.44	0.03	0.33



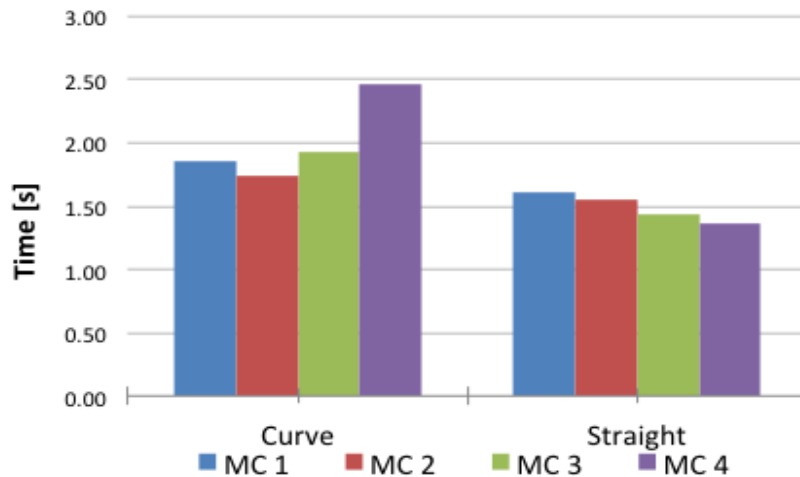
Figur 15: Genomsnittlig responstid för alla förare

Resultat i Tabell 8 är en sammanställning av alla förare på varje MC typ. Det representerar flera motorcyklister som kör samma MC-modell på samma väg. Som i Tabell 7 har alla maximal responstid och maximal sidledsacceleration redovisats som ett medelvärde och en standardavvikelse på rak- och kurvsträckor.

Tabell 8: Tid och acceleration grupperade av MC

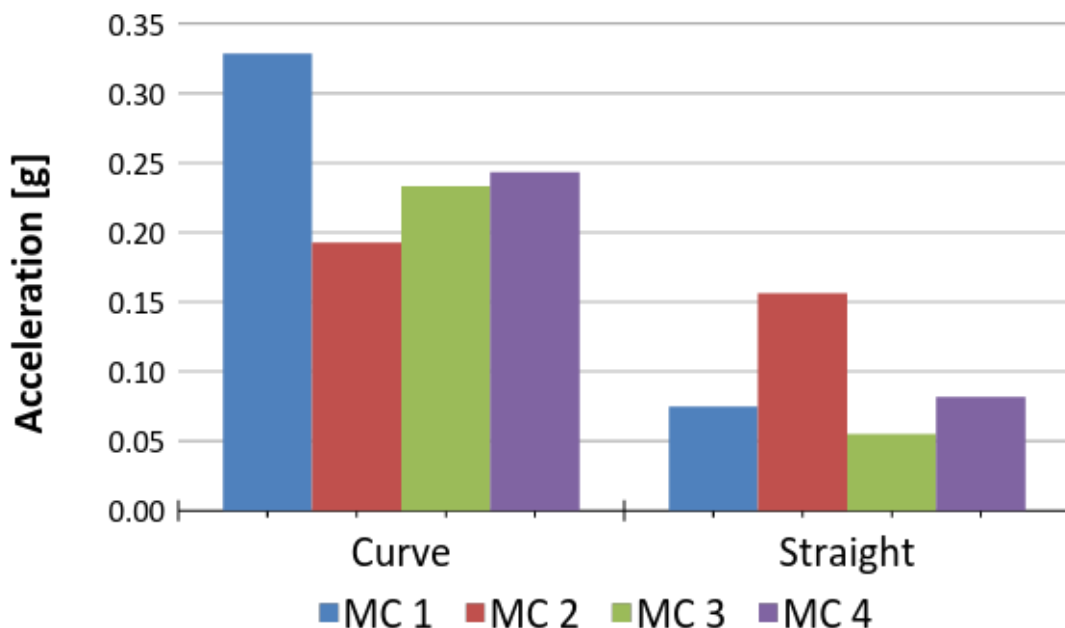
	Curve				Straight			
	Time		Acceleration		Time		Acceleration	
	Average	STDDEV	Average	STDDEV	Average	STDDEV	Average	STDDEV
MC 1	1.85	0.53	0.33	0.17	1.61	0.47	0.07	0.27
MC 2	1.74	0.66	0.19	0.21	1.56	0.55	0.16	0.28
MC 3	1.93	0.52	0.23	0.16	1.43	0.41	0.06	0.27
MC 4	2.46	0.77	0.24	0.29	1.36	0.37	0.08	0.21

Resultatet för responstiden ges i Figur 16 och accelerationsinformation har presenterats i Figur 17. Figur 16 visar att varje MC-modell var snabbare att nå maximal sidoförskjutning på raksträckor. I kurvor var genomsnittstiden cirka två sekunder för förare att ändra och sedan rätta till en kursändring medan det var tidsåtgången var cirka 1.5 sekunder på raksträckor.



Figur 16: Reaktionstid för varje MC

Accelerationen har redovisats i Figur 17 och visar tydligt hur sidledsaccelerationens krav är lägre i raksträcka. Det måste noteras att sidledsaccelerationen i Tabell 8 och Figur 17 är sidledsaccelerationens ökning utöver sidledsacceleration innan undanmanöver började. Detta betyder att den ursprungliga sidledsacceleration som finns i kurvorna var borttagen och Tabell 8 är den extra sidledsacceleration som krävs för att åstadkomma en mindre kurvradie med MC.



Figur 17: Max acceleration vid undanmanöver

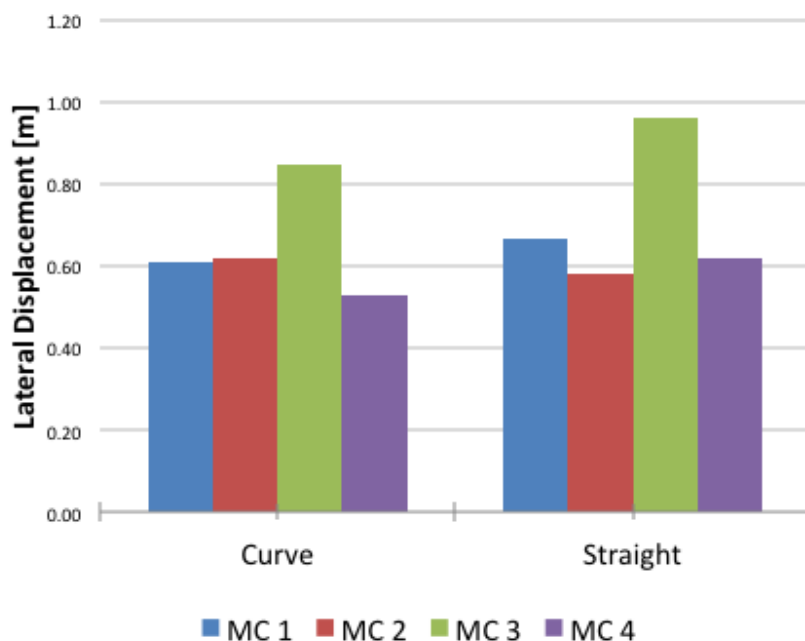
Resultatet i Figur 17 visar resultat för alla MC typer. Man kan konstatera att MC 1 som är lättast tillåter snabbare responstid genom att ge möjligheten att avvika snabbare i kurvor genom en högre sidledsacceleration. MC 2, som var tyngst, hade lägst acceleration i kurvorna och krävde mest sidledsacceleration i raka sträckor. I Tabell 6: **Responstid och acceleration data från**

alla förare Tabell 6 finns fall då sidledsaccelerationen är vid 0.5-0.6 i enstaka fall. Det är viktigt att påpeka att acceleration i Tabell 6 är den acceleration till följd av undanmanöver.

Sidoförskjutningen har redovisats i Tabell 9 och Figur 18. Varje förare fick instruktioner att försöka ändra riktning med cirka 1 m i sidled och det var ingen som kom upp till den nivån. MC 3, Afrika Twin, hade största sidoförskjutning på både rak- och kurvsträckor. Den begränsade omfattningen av experimentet gör det omöjligt att dra några slutsatser om hur mycket en MC förare kan flytta sig i sidled, men man kan notera att under 1.5-2 sekunder kan man flytta 0.5-1.0 m i sidled på en asfalterad körbana. Under denna körning kommer sidofriktionen inte att överstiga friktionskapaciteten och då är utrymmet en begränsade faktor.

Tabell 9: Sidoförflyttning grupperade av MC

	Curve		Straight	
	Average	STDDEV	Average	STDDEV
MC 1	0.61	0.61	0.67	0.35
MC 2	0.62	0.49	0.58	0.47
MC 3	0.85	0.90	0.96	0.85
MC 4	0.53	0.35	0.62	0.53



Figur 18: Sidoförflyttning under undanmanöver

Resultatet av provserien visar att förarna kan hantera samtliga motorcyklar snabbare på raka vägsträckor. En samling av olika MC-modeller och förare indikerade att 0.3-0.4 g ökning i sidledsacceleration kan ske i sådana nödsituationer med toppvärdena vid 0.6 g. Detta innebär att beläggningen på en återhämtningszon måste ha friktionskoefficient av samma storlek för att erbjuda möjligheten att utföra en säker manövrering av MC. Sådan friktion kan bara erbjudas av en asfalterad beläggning eftersom grusvägar uppnår en max friktion vid 0.5.

4 LIVSCYKELKOSTNADSANALYS FÖR SIDOOMRÅDET

En livscykelkostnadsanalys (LCC) är ett resultat av en ekonomisk analys där alla kostnader och intäkter för ett system eller en produkt sammanställs över dess tekniska eller ekonomiska livslängd. LCC kan användas för utvärdering av olika alternativ vid utveckling, offertgivning, konstruktion eller underhåll av produkten under dess livslängd. Den livscykelkostnadsanalys som utfördes i det här fallet har endast tagit hänsyn till kostnader. Eftersom det bara är sidoområdet som ska utvärderas finns det ingen intäkt som kan räknas, eftersom, till skillnad från en väg, sidoområdet inte bidrar till tillväxten i regionen genom lägre restider eller effektivisering av vägnätet och därmed kan inga intäkter från vägen räknas som en intäkt från sidoområdet. Kostnaden för en vägbyggnad är en funktion av design, utformningskvalitet och underhållningsstrategier. Livscykelkostnaden för sidoområdet kan delas upp i flera olika kostnader som består av: investering, drift och underhåll samt samhällsekonomiska kostnader i form av trafikanter kostnader, olyckskostnader och miljökostnader.

4.1 Investeringskostnader

I investeringskostnader ingår kostnader för allting i planerings- och byggnationsfasen. De kostnader som då ingår är planering, projektering, markinlösning samt byggnation och eventuell rivning.

Planeringen av sidoområdet är en av de mindre detaljerna under projekteringsfasen av ett vägbygge. Det finns tydliga anvisningar kring hur sidoområdet ska utformas beroende på vägtyp och den skyltade hastighet, samt en rad andra faktorer. Projektering av vägar har också blivit mycket snabbare tack vare den snabba utvecklingen av de datorprogram som finns. Därför har projekteringstiden för sidoområdet antagits till cirka 8 timmar, då utformning av sidoområdet med nuvarande teknik sker automatiskt och vägens tvärsnitt inte behöver ritas manuellt eller för hand. Vid beräkning av kostnaden för markinlösning räknades endast den area som sidoområdet täcker, alltså har ingen hänsyn tagits till vägbyggen. Markpriserna i denna studie har bestämts till fasta priser, men i verkligheten varierar markpriserna kraftigt beroende på läget, markägaren och typ av mark. Detta gör att felmarginalen i investeringskostnaden blir större.

Materialet som används vid byggnation av sidoområdet är en blandning av material som har sprängts eller schaktats från marken under vägbyggnationen, och i några fall inköpt material, då det schaktade materialet anses ha för dålig bärighet för att användas till sidoområdet. Vid byggnation av sidoområdet används berg och sten för fyllning upp till en slänt av 1:2 för att öka bärigheten av vägen och för släntstabilitet. För att minska kostnaderna används grus för den kvarvarande volymen av sidoområdet.



Figur 22: Redovisning av sidoområdets uppbyggnad.

4.2 Drift- och underhållskostnader

Drift- och underhållskostnader omfattar alla kostnader som tillkommer under sidoområdets livslängd för att bibehålla sidoområdets höga kvalitet och trafiksäkerhet. Kostnaden varierar mycket beroende på vilken typ av räcken som har installerats eller om alternativa sidoområdesåtgärder genomförts. Under drift- och underhållskostnader tar man hänsyn till alla kostnader som tillkommer under sidoområdets tekniska livslängd. Detta varierar mycket beroende på utformning av sidoområdet samt tillkomsten av sidoräcken och även vilken typ av räcke som har installerats. Ytterligare variabler som påverkar hur stora kostnaderna för drift och underhåll blir är förekomsten av gräs på sidoområdet samt räkestyp. Drift och underhållskostnader för sidoområdet inkluderar kostnader för dikesrensning, röjning, ny dikning, slätter och kostnader för räckesunderhåll.

4.3 Samhällsekonomiska kostnader

Samhällsekonomiska kostnader är kostnader utöver den initiala investeringen samt drift och underhåll. I detta fall, då det endast är sidoområdet som kalkyleras, blir det endast en kostnad. Om hela vägen skulle räknas skulle intäkter från bland annat ökad framkomlighet och sparad tid på delsträckan kunna räknas med. Så är dock inte fallet, och de samhällsekonomiska kostnaderna blir i detta fall:

- Tidsfördröjningskostnader på grund av trafikstörningar orsakat av underhållsarbete.
- Tidsfördröjningskostnader på grund av trafikstörningar orsakat av påkörningsolyckor i räcken samt avkörningsolyckor.
- Kostnaden för personskador orsakat av påkörningsolyckor i räcken på delsträckan eller avkörningsolyckor på delsträckan.

Kostnader för tidsfördröjning räknas genom att göra vissa antaganden på vad det kostar för samhället att en privatbil, tjänstebil eller lastbil står still. Kostnader för det hade redan tagits fram av Karim[18].

Miljökostnader är också en samhällsekonomisk kostnad för utsläpp av miljöskadliga ämnen som dock är svår att beräkna.

Beräkningen av kostnader för olyckor och personskador i singelolyckor på motorcykel borde tas fram för att göra en LCC- analys för MC. Detta kan beräknas fram genom att utföra en djupare statistisk analys ifrån STRADA, där uppskattning av alla person- och egendomsskador ingår. Detta är en omfattande analys som ligger utanför ramen för detta projekt. Schablonkostnader i Tabell 10 visar en schablon kostnader för olika skador i trafiken.

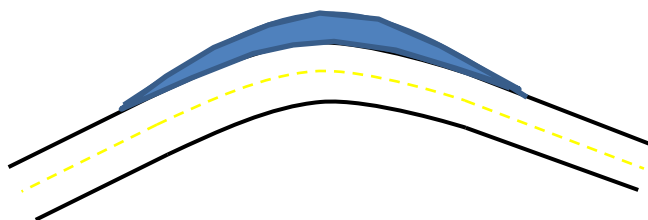
Tabell 10: Kostnader för olika skador i trafiken.

Skador	Källa	Kostnad
Kostnader för ett dödsfall	Trafikverket (2014)	23,74 MKR
Kostnader för en svår skada	Trafikverket (2014)	4414 TKR
Kostnader för en lindrig skada	Trafikverket (2014)	217 TKR
Egendomsskada kostnad	Trafikverket (2014)	15 TKR

4.4 Indata till modellen

För att göra LCC kalkyl och jämföra olyckor och konstruktionslösningar behövs olika data. Modellen som har utvecklats i detta projekt baseras på Karims modell [Fel! Bokmärket är inte definierat.] med uppgifter om vägtyp, typ av sidoområde samt fordonstyp. Karim tog endast hänsyn till personbilar på motorvägar. Förutom geometriska data om sidoområdet och vägegenskaper, behöver man också känna till trafikarbete, olycksrisk och samhällets kostnader ovan.

I projektet fanns lite uppgifter om trafikarbetet för motorcyklar vilket begränsade användningen av modellen. Utan pålitliga trafikdata kan prognoser om antal olyckor på en sträcka vara fel. Ett annat problem i tillämpningen av LCC-analysen var att identifiera effektiviteten av en åtgärd, det vill säga minskning eller ökning av antal olyckor och skador efter en förändring i vägmiljön. En enklare jämförelse av sidoområdets utformning har utförts och presenteras i nedan. Figur 23 visar hur en utökning av sidoområdet skulle kunna se ut enligt beräknings exempel.



Figur 19: Utökad ytan i kurvan

Volymen hos väg segment V , som har radien 200m för 45° kan uttryckas som följande:

$$V = h \frac{\pi r^2}{8}$$

Skillnaden i volym om man utökar radien hos vägen kan uttryckas som

$$\Delta V = V_1 - V_0$$

$$\begin{aligned}
&= h \frac{\pi r_1^2}{8} - h \frac{\pi r_0^2}{8} \\
&= h \frac{\pi}{8} (r_1^2 - r_0^2)
\end{aligned}$$

Höjden är $h = 1$ m, och befintliga radien är $r_0 = 200$ m.

$$\text{Med } r_1 = 200.5 \text{ m: } \Delta V = \frac{\pi}{8} (200.75^2 - 200^2) \approx 118.0 \text{ m}^3$$

$$\text{Med } r_1 = 201 \text{ m: } \Delta V = \frac{\pi}{8} (201^2 - 200^2) \approx 157.5 \text{ m}^3$$

$$\text{Med } r_1 = 202 \text{ m: } \Delta V = \frac{\pi}{8} (202^2 - 200^2) \approx 315.8 \text{ m}^3$$

$$\text{Med } r_1 = 203 \text{ m: } \Delta V = \frac{\pi}{8} (203^2 - 200^2) \approx 474.8 \text{ m}^3$$

Arean hos vingelutrymmet A , som har radien 200 m för 45° kan uttryckas som följande:

$$A = \frac{\pi r^2}{8}$$

Skillnaden i ytan om man utökar radien hos vägen kan uttryckas som

$$\begin{aligned}
\Delta A &= A_1 - A_0 \\
&= \frac{\pi r_1^2}{8} - \frac{\pi r_0^2}{8} \\
&= \frac{\pi}{8} (r_1^2 - r_0^2)
\end{aligned}$$

Den befintliga radien är $r_0 = 200$ m.

$$\text{Med } r_1 = 200.5 \text{ m: } \Delta A = \frac{\pi}{8} (200.75^2 - 200^2) \approx 118.0 \text{ m}^2$$

$$\text{Med } r_1 = 201 \text{ m: } \Delta A = \frac{\pi}{8} (201^2 - 200^2) \approx 157.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Med } r_1 = 202 \text{ m: } \Delta A = \frac{\pi}{8} (202^2 - 200^2) \approx 315.8 \text{ m}^2$$

$$\text{Med } r_1 = 203 \text{ m: } \Delta A = \frac{\pi}{8} (203^2 - 200^2) \approx 474.8 \text{ m}^2$$

Vägen är uppbyggd av flera lager men för att förenkla kostnadsberäkningarna antar man att bärlagret utgör hela volymen, övre ytan består av asfalt och basytan är mark som får köpas till ett bestämt kvadratmeterpris. Vissa antaganden har gjorts för konstruktionskostnader, bland annat att berg finns tillgängligt i linjen, vilket innebär att man behöver inte köpa ballastmaterial, utan bara krossar, siktat, transporterat, mottat samt packat materialet så att den bildar en stabil väggkropp.

Kostnaden per m^2 asfalt = 250kr

Kostnaden per m^2 mark (referens är Dalsland) = 30kr

Kostnaden per m³ bärlager = 120kr

Investeringskostnad för olika vingelutrymme:

0,5 m: $(118.0 * 250) + (118.0 * 30) + (118.0 * 120) = 47218$ kr

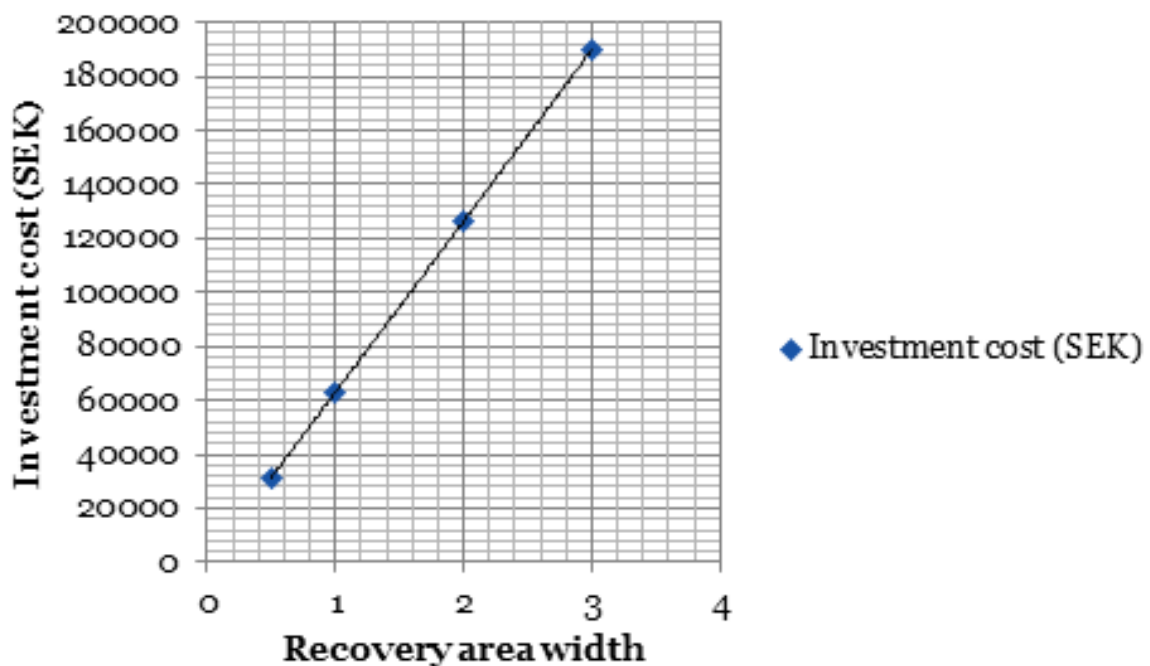
1 m: $(157.5 * 250) + (157.5 * 30) + (157.5 * 120) = 63000$ kr

2 m: $(315.8 * 250) + (315.8 * 30) + (315.8 * 120) = 126320$ kr

3 m: $(474.8 * 250) + (474.8 * 30) + (474.8 * 120) = 189920$ kr

Bilaga C innehåller bilder från verktyget och indikera hur analysen går till.

Dessa kostnader visas i Figur 24. Detta kan jämföras med skadekostnader i Tabell 10. Kostnaden för en mindre utökning av vägen genom att skapa en Recovery Area (vingelutrymme) till 2 m i en situation som beskrivs ovan är mindre än kostnaden för en olycka med lindriga skador. LCC bygger på en förväntade olycksfrekvens och det är inte sannolikt att en olycka händer i varje kurva, men informationen indikerar att det inte är ekonomiskt orimligt att satsa på nya riktlinjer för vägutformning.



Figur 24: Investeringskostnad för sidoområde utifrån storlek

Med detta nya verktyg kan kostnader för alternativa åtgärder i vägmiljön tas i beaktande. Det saknas uppgifter om trafikflödet för motorcyklister och fördelar för MC-trafiken genom olika åtgärder (släntens lutning, dikesbredd med mera). Med detta verktyg och de inledande resultaten kan man avgöra om oskyddade trafikanter är orimligt åsidosatta på de olika delar av vägen (kurvor, korsningar, raksträckor).

5 DISKUSSION

Projektet hade flera mål och studiens syfte var att öka kunskaper om och förståelse av vägsidoområdet och hur det detta påverkar MC-säkerhet. De mål som tidigare identifierats är:

- a. Kartlägga typen av påkörda hinder vid MC-olyckor.
- b. Identifiera MC-olycksförlopp från detaljerade databaser.
- c. Kartlägga MC manövreringsdynamik och därmed potentiella krav till Recovery zone (vingelutrymme).
- d. Skapa en livscykelkostnadsmodell till sidoområdet som tar hänsyn till MC.

Mål a) och b) uppfylldes av analys av svenska och internationella databaser. Det var uppenbart att vägräcke är ett vanligt föremål som är inblandade i MC skador men även andra hinder, både naturliga och artificiella, bidrar till ökad skaderisk. Från flera databaser var det uppenbart att de flesta singelolyckor sker i kurvor och ytterkurvor hade högst risk för olyckor och skador. Analysen av specifika vägsträckor resultera i en tydlig "typ" olycka i Sverige som är en olycka i en vänster kurva på en mindre landsväg. På motorvägar var sambandet mellan olyckor och kurvor inte lika tydligt som landsvägar men kan ändå skönjas. Att det finns få olyckor i höger (innerkurvor) kan vara relaterade till den stora ytan, ett helt körfält, som man kan köra över i en högerkurva innan man når sidoområdet. Resultatet pekar på att ett bredare körfält eller en återhämtningszon bredvid körbanan skulle kunna öka säkerheten. De platser där det finns störst behov av en återhämtningszon är i ytterkurvor. En följd av detta är att mitträcken i innerkurvor också kan betyda ökad risk för olyckor om det inte finns ett tillräckligt stort område för återhämtning.

Olycksförloppet var ofta kopplat till en för hög ingångshastighet i kurvan. Olycksrapporterna beskriver vad som skedde precis innan olyckan som körning in i kurvan i en konstant, men hög, hastighet. När förarna insåg att en olycka skulle inträffa var det ovanligt att de hann bromsa eller styra MC borta från vägkanten. Den vanligaste åtgärden för att undvika olyckan var att man bromsade.

Olyckshistorik och förlopp beskriver att olycksrisken är, i extremt fall, hundra gånger högre på det mindre vägnätet för motorcyklister än på motorvägar (se Figur 7 och Figur 1: Olika utformningar på sidoområdet med sidoräcke). Den stora skillnaden kan delvis förklaras av den större stödremsa som finns vid motorvägar (typ 2 m) kontra en obefintlig belagd stödremsa på en väg med 70 km/h (sju meter bred) som är de populäraste bland MC-ägare. Ett större sidoområde utan hinder, som vägräcken, skulle minska både olycks- och skadekvoten på dessa vägar. På motorvägar med en högre standard finns bredare asfalterade sidremsor och det kan delvis förklara den lägre olycksrisken på motorvägar än mindre vägar. Bättre underlag behövs för att klargöra varför motorcyklister dör på motorvägar som har större avstånd mellan körbanor och de närmaste hindren, som till exempel vägräcke.

En bidragande faktor till singelolyckor med motorcykel på vägnätet är det faktum att MC-dynamik saknas i Trafikverkets lista över referensfordon [2]. Utan hänsyn till motorcyklars körförmåga i både längs- och sidled kan det bli svårt att dimensionera vägrummet för alla trafikanter. När en bil kommer ut på kanten på en mindre väg kan två av fyra hjul behålla kontakt med en asfalterad vägbana medan de som kör ett tvåhjuligt fordon är ute på en slänt eller på en stödremsa av grus med ett eller två hjul. Ännu sämre blir det när ett hinder som ett vägräcke är i närheten av vägkanten.

Projektet använde frivilliga MC-förare för att ta fram ett underlag för MC dynamik som kan, i första hand, användas i Trafikverkets grundvärden för referensfordon [2]. Resultatet blev också en källa för möjlig dimensioneringsgrund för utformning av sidoområden.

Provningen som utfördes i projektet var artificiell eftersom det fanns inga riktig fara och förarna inte kunde tvingas fram till "panik" nivå. Samtidigt kan man konstatera att de korta manövrar som genomfördes ger en storleksordning på tänkbara storlekar av sidoområden som kan användas av motorcyklar i nödsituationer och som placerar farliga föremål längre bort från trafiken. En manövreringsremsa på 0.6 till 1 meter kan användas av alla förare under förutsättning att ytan har tillräckligt bra friktion. Provningen indikerar att åtminstone 0.4-0.5 g måste finnas på väggkanten vilket betyder att asfaltering är nödvändig. En asfalterad stödremsa reducerar också grus som dras ut i körbanan och försämrar väghållningen för motorcyklister. Det var också en faktor i flera olyckor [22].

Under projektets gång har en befintlig LCC modell [16] modifierats så att även MC olyckor på mindre vägar analyserats. Det var inte möjligt under projektets gång att utföra en full LCC analys på grund av brist på pålitlig olycks- och trafikdata för MC. Däremot kan en ombyggnads-kostnad jämföras med en befintlig vägsträcka.

6 SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER

Resultatet tyder på att vägens geometriska parametrar har hög inverkan på olyckskvoten. De flesta olyckorna inträffade i kurvor och risken att det inträffar en olycka i en kurva är fyra gånger högre jämfört med att olyckan inträffar på en raksträcka. Kurvans radie och motorcykelns hastighet spelade också stor roll för olyckan. Grus som fanns på körbanan och sidoområdet var andra orsaker till att ett antal olyckor inträffade enligt polisens beskrivning av olycksförloppet från STRADA.

När det gäller sidoområdets bredd visade resultaten att olycksrisken minskar med ett bredare sidoområde. Olyckskvoten för vänsterkurvor var mycket högre än för högerkurvor. I de olyckorna som inträffade i höger kurvor hade motorcykeln oftast kört av till andra sidan av körbanan och hade möjligheten att återhämta sig om de inte träffade mötande fordon, medan i motorcyklisten kört av på höger sida av vägen i vänsterkurvor och hade därför inte samma möjlighet till återhämtning. Det tyder på att en bredare återhämtningszon minskar olycksrisken.

Baserad på resultatet av denna studie, kan följande slutsatser dras:

- Studien bekräftar att motorcyklister har mycket hög personskaderisk i förhållandet till bilister vid en trafikolycka.
- Risken för MC-olyckor är större på det mindre vägnätet än på motorvägar.
- Studien bekräftar att det finns ett samband mellan vägens geometri och olycks- samt skaderisken.
- Risken för MC-olyckor och personskador är större i vägkurvor än på raksträckor.
- Risken för MC-olyckor och personskador är större i vänsterkurvor än i högerkurvor.
- Bredare sidoområden och kurvor försedda med en återhämtningszon bör prioriteras för att minska risken för personskador i MC-olyckor.

6.1 Rekommendationer

Baserat på resultatet från denna studie kan följande rekommenderas:

- Vid utformning av vägar bör större hänsyn tas till motorcyklisternas trafiksäkerhet då motorcyklister har mycket högre personskaderisk i förhållande till bilister vid en trafikolycka.
- Ökad trafiksäkerhet för motorcyklister kräver att Trafikverket prioriterar det mindre vägnätet eller vägsträckor med högre olyckskvot.
- För att öka trafiksäkerheten för motorcyklister, bör större fokus ligga på kurvor. Ytterkurvor bör byggas ut med återhämtningszon som ger motorcyklister möjlighet att återhämta sig vid avkörningar. Innerkurvor kan ha motsvarande problem om ett mitträcke ligger för nära (under 1 meter) från körfältet.
- Trafikverket bör mäta trafikflödet för motorcyklister för att öka kunskapen om MC-olyckor och relaterade skador som ett underlag för arbetet för ökat trafiksäkerhet för motorcyklister.

7 REFERENSER

- [1] Trafikverket & Sveriges MotorCyclister, Säkrare vägar och gator för motorcyklister, . [Online]. Available: <http://online4.ineko.se/trafikverket/Product/Detail/43185>.
- [2] Trafikverket, "Vägars och gators utformning. Begrepp och grundvärden, Publikationsnummer 2012:199," Trafikverket, 2012.
- [3] Association of American State Highway and Transportation, "Roadside Design Guide," AASHTO, 2009.
- [4] European Association of Motorcycle Manufacturers, "MAID In-depth investigations of accidents involving powered two wheelers, Final Report," 2009. [Online]. Available: <http://www.maids-study.eu>.
- [5] "RISER – Roadside Infrastructure for Safer European Roads," European Commission – 5th Framework "GROWTH" , 2005. [Online]. Available: http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?id=38219.
- [6] J. Wenäll, "Motorcyklister som kolliderar med vägräcken – studie av ett antal typolyckor, VTI Notat 20," VTI, Linköping, www.vti.se, 2011.
- [7] K. Mak och D. Sicking, "Roadside Safety Analysis Program – Engineers Manual, NCHRP Report 492," Transportation Research Board, 2001.
- [8] S. Miaou, "Estimating Roadside Encroachment Rates with Combined Strengths of Accident and Encroachment-Based Approaches, Publication No. FHWA-RD-01-124," Federal Highways Administration, 2001.
- [9] A. Daniello, K. Swanseen, Y. Mehta och H. C. Gabler, "Rating Roads for Motorcyclist Safety: Development of a Motorcycle Road Assessment Program," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2193, pp. 67-74, 2010.
- [10] Trafikverket, "Ökad säkerhet på motorcykel och moped: Gemensam strategi version 2.0 för åren 2012-2020, Dokument 2012:166," Trafikverket dokument , 2012.
- [11] Trafikverket, "Översyn av etappmål och indikatorer för säkerhet på väg mellan år 2010–2020," Trafikverket, 2012.
- [12] Trafikverket, "Olycksutveckling och djupstudier av dodsolyckor på motorcykel och moped," 2012. [Online]. Available: http://www.trafikverket.se/PageFiles/28163/olycksutveckling_och_djupstudier_av_dodsolyckor_pa_motorcykel_och_moped_underlag_2_0.pdf.
- [13] A. Daniello, A. and Cristino och H. Gabler, "Relationship Between Rider Trajectory and Injury Outcome in Motorcycle-Barrier Crashes," *Transportation Research Record*, vol. 2388, p. 47–53, 2014.

- [14] M. Rizzi, J. Strandroth, S. Sternlund, C. Tingvall och B. Fildes, "Motorcycle Crashes into Road Barriers: the Role of Stability and Different Types of Road Barriers on Injury Outcome," i *Proceedings of the IRCOBI Conference on the Biomechanics of Injury*, 2012.
- [15] R. Grzebieta, M. Bambach och A. McIntosh, "Motorcyclist Impacts into Roadside Barriers Is the European Crash Test Standard Comprehensive Enough?," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2377, p. 84–91, 2013.
- [16] H. Karim, "Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers., PhD Thesis," KTH, Stockholm, 2011.
- [17] Vägverket, "Vägutformning 94, VV Publikation 1994:049," Vägverket, 1994.
- [18] Transportstyrelsen, "Information om STRADA," [Online]. Available: <http://www.transportstyrelsen.se/sv/vag/strada-informationssystem-for-olyckor-skador>.
- [19] Trafikverket, "Trafikverkets trafikinformation 2013," [Online]. Available: <http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>.
- [20] Trafikverket, "Djupstudier av vägtrafikolyckor," [Online]. Available: <http://www.Trafikverket.se/Privat/Trafiksakerhet/Vart-trafiksakerhetsarbete/Sa-utrederi-olyckor/Djupstudier-av-vagtrafikolyckor/>.
- [21] Å. Forsman och A. Vadeby, "Skadade motorcyklister. En analys av var i vägnätet som motorcyklister skadas och skadornas svårhetsgrad, VTI Rapport 817," VTI, 2014.
- [22] H. Latif, "Analys av personsador och påverkande faktorer i samband med MC olyckor, Bygghvetenskap, Examensrapport Samhällsbyggnad," Kungliga Tekniska Högskolan, 2015.

BILAGA A: SKADERAPPORTERING SYSTEM

Både sjukvården och polisen registrerar sina rapporter om olyckor i STRADA. De har olika metoder för rapporteringen, och klassificeringen av skadorna är olika. Polisen bedömer hur olyckans svårighetsgrad och hur svårt skadad en person är. Sjukvården diagnostiserar allvarlighetsgraden. Därför är antalet rapporterade skador mellan polisen och sjukvården inte detsamma.

Polisen använder sig av följande skadegradskategorier vid bedömning av allvarlighetsgraden för olyckorna:

1. Lindrig olycka
2. Svår olycka
3. Döds olycka

Vid bedömning av allvarlighetsgraden för person skador, har dessa skadegradskategorier använts av polisen:

4. Oskadad
5. Lindrigt skadad
6. Svårt skadad
7. Dödad

Sjukvården använder sig av olika ISS (Injury Severity Score) värden vid bedömning av allvarlighetsgraden för olyckor och personer. Dessa är uppdelade i fem kategorier:

8. 0 (diagnostiserar som oskadad)
9. 1-3 (diagnostiserar som lindrigt skadad)
10. 4-8 (diagnostiserar som medelsvårt skadad)
11. 9-15 (diagnostiserad som allvarligt skadad)
12. 16- (diagnostiserad som mycket allvarligt skadad (dödad))

Sjukvårdens diagnostisering för allvarlighetsgraden av personskadorna är mer trovärdig än polisens skadebedömning. För denna studie konverteras alla skador som rapporterade av polisen till sjukvårdens ISS värde. Följande sätt används för konverteringen:

Tabell A.1: Översättningen av polisens skadegrad till sjukvårdens ISS-värde.

Skade grad (polisen)	ISS- värde (sjukvården)
Oskadad	0
Lindrigt skadad	1-8
Svårt skadad	9-15
Dödad	16-

BILAGA B: OLYCKS- OCH TRAFIKDATA FRÅN STRADA

Motorvägarna E4 och E6

Sträckorna bestod av för 640 km av E4 mellan Helsingborg och Knivsta och 346 km av E6 mellan Vellinge och norska gränsen.

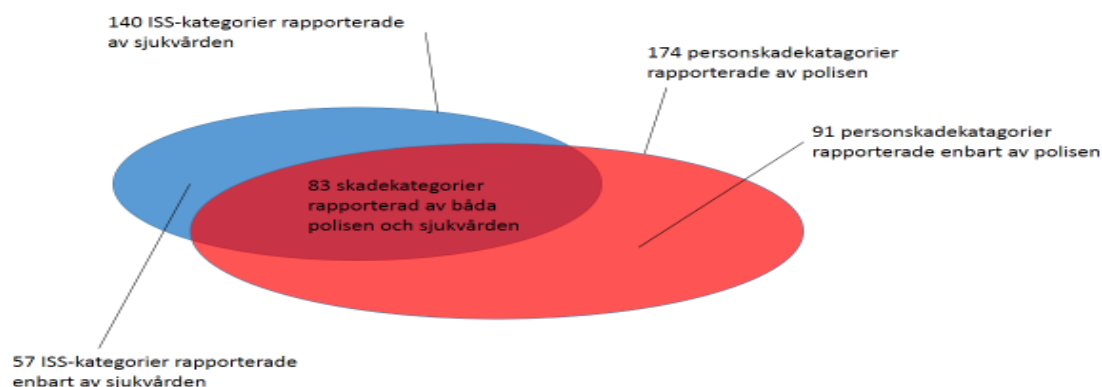
4.2.1.1 Antalet MC - olyckor som inträffade på dessa utvalda sträckor under åren 2006 till 2013 är 202 olyckor enligt statistiska utdrag från STRADA. Antalet skadade på samma sträcka är 140 enligt sjukvården och 174 skador enligt polisen.

Tabell B.1: Person skador som är rapporterade av polisen längs E4 och E6

Skada grad	Antal
Oskadad	13
Lindrigt skadad	124
Svårt skadad	31
Dödad	6
Total	174

Tabell B.2: Polisens rapporterade person skador som är också rapporterade av sjukvården längs med E4 och E6.

Skada grad	Antal
Oskadad	2
Lindrigt skadad	59
Svårt skadad	20
Dödad	2
Total	83



Figur B.1: MC-olyckor och personskador för studerade sträckorna på E4 och E6 under perioden 2006 – 2013.

Trafikarbetet

Det exakta dygnsflödet för Motorcyklar har inte tagits fram i det svenska vägnätet, därför har dygnsflödet för fordon används för att ta fram den årliga trafik arbetet.

Det sammanlagda trafikarbetet på både motorvägarna är 18 151,93 (1000Mfkm) för år 2006 som har tagit fram i ett tidigare arbete [16] och varje år ökar med 2 procent som visar i tabellen nedan:

Tabell B.3: Trafikarbetet för både E4 och E6 under tiden (2006-2013).

År	Trafikarbete(1000Mfkm)
2006	18 151,93
2007	18 514,97
2008	18 885,27
2009	19 262,98
2010	19 648,24
2011	20 041,20
2012	20 442,02
2013	20 850,86

Slingerbulten (väg 257) och Bogsundsvägen (väg1002)

Motorcyklisterna vill inte köra rakt fram utan söker kurviga landsvägar. Slingerbulten och Bogsundsvägen har blivit kända som motorcyklisternas "drömvägar" i Stockholms län. Vägarnas slingriga, kurviga och påtagliga höjdskillnader gör att vägarna blivit populära för MC-förare. Hastigheten varierar för både sträckorna, men ligger i huvudsaken på 70km/tim. För denna studie valdes 16,3 km av Slingerbulten mellan Rosenhill och Tungelsta samt 8,9 km av Bogsundsvägen i Vaxholm. Det stora Mc-flödet och stort antal olyckor var anledningen till att vägarna valdes för denna studie.

Det totala antalet olyckor som inträffade på dessa utvalda sträckor under perioden 2006 till 2013 är 87 olyckor enligt statistiska utdrag från STRADA. Antalet skadade på samma sträcka är 55 enligt sjukvården och 78 enligt polisen. MC singel olyckor och personskador på väg 257 och väg 1002 delas i följande tabeller:

Tabell B.4 Person skador rapporterade av polisen

Skada grad	Antal
Oskadad	2
Lindrigt skadad	46
Svårt skadad	27
Dödad	3
Summa	78

Tabell B.5: Personskador som är rapporterade av polisen längs 257 och 1002

ISS	Antal
0	2
1-3	18
4-8	21
9-15	8
16	6
Summa	55

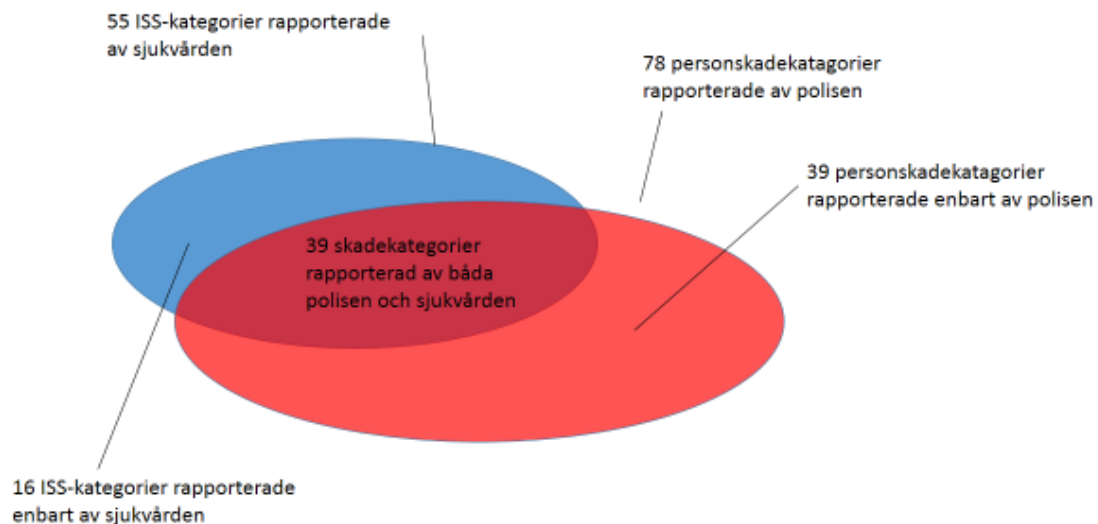
Det finns 39 person skador som är rapporterade av både polisens och sjukvården. Sjukvårdens diagnostisering för allvarlighetsgraden är den mest trovärdiga av det anledning att polisen är inte kvalificerad att bedöma allvarlighetsgraden av en personskada. Polisens bedömning baseras ibland på en tredje parts.

Tabell B.6: Personskador⁶ som enbart är rapporterade av polisen

Skadegrad	Antal
Oskadad	2
Lindrigt skadad	26
Svårt skadad	8
Dödad	3
Summa	39

Tabell B.7: Personskador som enbart är rapporterade av sjukvården

ISS	Antal
0	0
1-3	7
4-8	5
9-15	1
16-	3
Summa	16



Figur B.2: MC-olyckor och personskador för studerade sträckorna väg 257 och väg 1002 under perioden 2006 – 2013.

Konvertering

Antalet personskador som inträffade på sträckorna väg 257 och väg 1002 är 94. Av dessa har 87 skador inträffats i kurvor och 7 skador inträffade i raksträckor.

Tabell B.8 Personskador på både sträckorna väg 257 och väg 1002.

ISS	Kurva	Raksträcka	Summa
0	5	0	5
1-3	25	4	29
4-8	34	2	36
9-15	13	1	14
16-	10	0	10
Total	87	7	94

Efter att ha sökt alla olyckor på både sträckorna väg 257 och väg 1002 var det totala antalet olyckor 87st enligt statistiska utdrag från STRADA. Den totala antalet skador var 94 st. Antalet olyckor har minskat under 2011, 2012 och 2013 enligt STRADA. Antalet dödade och svårt skadad har också minskat även om antalet motorcyklister har ökat under samma tid.

Trafikarbete

För att ta fram trafikarbetet för varje sträcka på Väg (257,1002), behövs ÅDT (årsdygnsmedelrapport) och sträckans geometriska utformning. ÅDT hämtas från Trafikverket trafikinformation[**Fel! Bokmärket är inte definierat.**]. Längden och geometriska utformning av varje sträcka hämtas från Google mapp. Trafikarbetet presenteras på både sträckorna i miljon-fordons kilometer.

ÅDT för både vägarna hämtades från Trafikverkets trafikinformation för år 2013. Geometriska utformning av varje sträcka på vägen identifieras med hjälp av NVDB. Trafikarbetet för kurviga sträckor och raksträckor har beräknats.

Tabell B.9: Trafikarbetet för både väg 1002 och 257 under tiden (2006-2013)

Länsväg	L _{kurva} x TA (Mfkm)	L _{raksträcka} x TA (Mfkm)	Summa (Mfkm)
257	134,1105	52,9621	187,0726
1002	30,2928	6,1205	36,4133
Summa	164,4033	59,0826	223,4859

BILAGA C: EXEMPEL BILD FRÅN LCC VERKTIG

Följande bilder togs från modellen under analysen till kapitel 4.

Project name:			
General data			
Väginformation	Vägartyp	Motorväg (M) eller Landsväg (L)	L
	Interest rate	Interest rate	4%
	Average annual daily traffic	AADT	10000
	Traffic increasing factor	Traffic increasing factor	2%
	Design speed	Posted speed limit	70
	Road length	Road length (Km)	0.2
	Slope of roadside	i:N	2
	Fill height (m)		1
	Length of base of roadside		2
	Square root of base and height of roadside		5
	Length of Slope of roadside	L	2,236067977
	Presence of side barrier		0
	Length of recovery area		0.5
Investment cost data			
Design	Design hours, cable barrier	Design hours	8
	Design hour cost, cable barrier	Design hour cost	700,00 kr
	Design hours, W-beam barriers	Design hours	8
	Design hour cost, w-beam barrier	Design hour cost	700,00 kr
	Design hours, Concrete barrier type	Design hours	8
	Design hour cost, concrete barrier	Design hour cost	700,00 kr
Acquisition and Installation of bar	Barrier length	Barrier length (m)	200
	Acquisition cost incl. installation, cable barrier	Barrier acquisition and installation c	200,00 kr
	Acquisition cost incl. installation, w-beam barrier	Barrier acquisition and installation c	470,00 kr
	Acquisition cost incl. installation, concrete barrier	Barrier acquisition and installation c	1019,33 kr
Acquisition and installation of refl.	Distance between "AL-ST" reflectors for cable barriers	Distance between reflectors	25
	Number of "AL-ST" reflectors for Cable barriers	Number of reflectors	8
	Unit cost for "AL-ST" reflectors	Unit cost for reflectors	60,00 kr
	Time required for installation of one reflector "AL-ST"	Installation time for a reflector	0,0375
	Distance between "FS-BA" reflectors for w-beam barriers	Distance between reflectors	25
	Number of "FS-AB" reflectors for W-beam barriers	Number of reflectors	8
	Unit cost for "FS-AB" reflectors	Unit cost for reflectors	60,00 kr
	Time required for installation of a "FS-AB" reflector	Installation time for a reflector	0,0375

Figur C1 – Väg och sidoområdet grund data

