

## **Utformning av Sidoområden Baserad på Livscykelkostnadsanalyser**

---

*Hawzheen Karim, Svevia AB  
Alexander Graham Sandercock, Tekniska högskolan i Jönköping*

## Förord

Föreliggande rapport presenterar resultatet av utvecklingsprojektet ”Utformning av sidoområde baserad på livscykelkostnadsanalyser”, som syftade till att komplettera en matematisk utformningsmodell som har tagits fram för analys av livscykelkostnader för vägräcken i syfte att kunna identifiera behovet för sidoräcken, utifrån bankhöjden och släntlutningen, baserat på livscykelkostnadsanalyser. Målet var att öka trafiksäkerheten på sikt, genom att öka möjligheten att jämföra olika vägutformningar för att välja den utformning som ger den optimala livscykelkostnaden. Resultatet av projektet kommer att bli en viktig pusselbit i trafikverkets LCC-satsning som syftar till implementering av livscykelkostnadsanalyser vid planerings- och projekteringskedan. Projektet finansierades av Svevia och Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF).

---

# Sammanfattning

Singelolyckor är en av de vanligaste olyckstyperna som förekommer på det svenska vägnätet. Beroende på utformningen av vägen, förekomsten av vägräcke och slänten på sidoområdet kan förloppet av en avkörningsolycka leda till svåra skador och även dödsfall. Syftet med detta projektet är att undersöka möjligheten att öka trafiksäkerheten genom att utforma det optimala sidoområdet baserat på en livscykelkostnadsanalys (LCC-analys).

De frågeställningar som har besvarats under projektets utförande är:

- 1) Beskriv de nuvarande tekniska lösningar för sidoområdets utformning och de olika typer av räcken som används i Sverige.
- 2) Komplettera en befintlig matematisk modell<sup>1</sup> som har tagits fram för beräkningar av livscykelkostnader för olika sidoområden.
- 3) Beräkna och jämför livscykelkostnader för sidoområdet med räcken och utan räcken.

Genom att utföra en dokumentanalys på de nuvarande riktlinjer och bestämmelser kunde alla nuvarande tekniska lösningar för sidoområdets utformning och olika räckestyper beskrivas. De nuvarande tekniska lösningar som finns för att utforma sidoområden är både enkla och mycket effektiva, och riktlinjerna som finns för utformning av sidoområden är också omfattande och lätta att förstå.

En matematisk modell för beräkning av livscykelkostnader av olika räckestyper hade redan tagits fram. Denna modell kompletterades för att kunna användas både på sidoområdet med och utan räcken. För att få fram de samhällsekonomiska kostnaderna var det nödvändigt att använda STRADA (Swedish Traffic Accident Data Acquisition) för att räkna ut hur ofta avkörnings- och påkörningsolyckor i räcken leder till skador och dödsfall vilket blir stora kostnader för samhället. Efter att modellen kompletterats kunde en analys utföras för att få fram livscykelkostnader för ett sidoområde med och utan räcken. Resultatet redovisades grafiskt och skärningspunkterna visade den fyllnadshöjd då det blev mer lönsamt att installera vägräcken med en brant slänt istället för att bygga en flackare slänt. Resultatet visade att det finns ett tydligt samband mellan släntens lutning, fyllnadshöjden och graden till vilken kostnaderna stiger. Denna brytpunkt är mycket beroende på en rad faktorer så som markpriset, förekomsten av berggrund i området och om friktionsmaterial behöver behandlas. En flackare slänt medför en ökning av både volymerna av material samt area mark som behöver inlösas, medans en brant slänt med räcken kan medföra högre samhällsekonomiska kostnader på grund av påkörningsolyckor med räcken samt högre drift- och underhållskostnader.

Nyckelord: Vägräcken, livscykelkostnader, sidoområdet, trafiksäkerhet, samhällsekonomiska kostnader, drift- och underhåll.

---

<sup>1</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

---

# Innehållsförteckning

<b>Förord</b> .....	<b>2</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Inledning</b> .....	<b>5</b>
1.1 PROBLEMBESKRIVNING .....	5
1.2 SYFTE, MÅL OCH FRÅGESTÄLLNINGAR .....	6
1.2.1 Syfte .....	6
1.2.2 Mål.....	6
1.2.3 Frågeställningar.....	6
1.3 METOD.....	6
1.3.1 Frågeställning 1.....	6
1.3.2 Frågeställning 2.....	7
1.3.3 Frågeställning 3.....	7
1.4 AVGRÄNSNINGAR .....	7
1.5 DISPOSITION .....	8
<b>2 Teoretisk bakgrund och förutsättningar</b> .....	<b>9</b>
<b>3 Genomförande</b> .....	<b>10</b>
3.1 LITTERATURSTUDIE.....	10
3.2 BEFINTLIGA SIDOOMRÅDESFÖRMLINGAR – EN DOKUMENTANALYS .....	11
3.2.1 Sidoområdet.....	11
3.2.2 Vägräcken.....	15
3.3 LIVSCYKELKOSTNADSANALYS.....	17
3.3.1 Investeringskostnader.....	17
3.3.2 Drift och underhållskostnader.....	21
3.3.3 Samhällsekonomiska kostnader.....	28
3.4 BEFINTLIGA MODELLEN .....	40
3.5 KOMPLETTERANDE INFORMATION I MODELLEN .....	40
3.6 ANALYSER OCH BERÄKNINGAR.....	40
<b>4 Resultat och analys</b> .....	<b>45</b>
4.1 FRÅGESTÄLLNING 1.....	45
4.2 FRÅGESTÄLLNING 2.....	45
4.3 FRÅGESTÄLLNING 3.....	46
<b>5 Diskussion</b> .....	<b>48</b>
5.1 RESULTATDISKUSSION .....	48
5.1.1 Frågeställning 1.....	48
5.1.2 Frågeställning 2.....	48
5.1.3 Frågeställning 3.....	49
5.2 METODDISKUSSION .....	49
<b>6 Slutsatser och rekommendationer</b> .....	<b>51</b>
6.1 FRÅGESTÄLLNING 1.....	51
6.2 FRÅGESTÄLLNING 2.....	51
6.3 FRÅGESTÄLLNING 3.....	51
6.4 REKOMMENDATIONER.....	52
<b>7 Referenser</b> .....	<b>53</b>
<b>8 Bilagor</b> .....	<b>55</b>

---

# I Inledning

När en väg projekteras blir det många kalkyler som utförs. Allt från den initiala investeringskostnad till kostnader för drift och underhåll för vägens tekniska livslängd beräknas.

Utöver den initiala investering som täcker kostnaden för projektering, markexploatering och byggandet av vägen samt de kostnader som drift och underhåll, vilka är mycket beroende på vägtyp och årsdygnstrafiken (ÅDT), finns det samhällsekonomiska kostnader. Dessa kostnader är förknippade med trafikförseeningar på grund av bland annat olyckor som sker på vägen och skadorna som förekommer på grund av dessa.

Detta examensarbete är mycket relevant till utbildningen då det behandlar ämnena matematik, vägbyggnadsteknik och anläggningsteknik.

## I.1 Problembeskrivning

2011 dödades 95 personer i singelolyckor i Sverige<sup>2</sup>. Dödsolyckor är svåra att förhindra vid krockar med flera fordon. Däremot kan dödligheten av singelolyckor (avkörningar etc) påverkas av slänten på sidoområdet, förekomsten av räcken samt typen av räcken<sup>3</sup>.

Genom att skapa en modell som tar hänsyn till alla kostnader; initiala investeringen, drift och underhåll under 50 år (den tekniska livslängden för en väg) samt de samhällsekonomiska kostnaderna med hänsyn till avkörningsolyckor som baseras på statistiken som redan finns; kan man ta fram en statistisk modell som visar vilken typ av sidoområde som är lämpligt både ur ett ekonomiskt perspektiv och med hänsyn till trafiksäkerheten.

Svevia, i samarbete med Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF, har valt att studera ämnet djupare. Svevia ska ta fram en matematisk modell som kan användas i framtiden i projekteringsfasen av ett vägbygge. Det har forskats mycket om just avkörningsolyckor samt krockar med vägräcken, vilket kommer att användas vid utformningen av den matematiska modellen. Dock så finns det inget som har skrivits om förhållandet mellan kostnad för samhället och trafiksäkerheten, och det är därför viktigt att detta undersöks närmare för att öka möjligheten att bygga säkrare sidoområden som leder till en lägre kostnad för samhället.

---

<sup>2</sup>Transportstyrelsen, olycksstatistik, Sverige. 2013/01/18.

<http://www.transportstyrelsen.se/sv/Press/Statistik/Vag/Olycksstatistik/Olycksstatistik-vag/Nationell-statistik1/Arvis-statistik/Historik-olyckstyp/>

<sup>3</sup> Larsson, Vadeby; *Förlåtande sidoområde – en litteraturstudie*. VTI Publications. 2006.

---

## 1.2 Syfte, mål och frågeställningar

### 1.2.1 Syfte

Syfte med detta projekt är att komplettera en matematisk utformningsmodell som har tagits fram för analys av livscykelkostnader för vägräcken i syfte att kunna identifiera behovet för sidoräcken, utifrån bankhöjden och släntlutningen, baserat på livscykelkostnadsanalyser.

### 1.2.2 Mål

Målet med detta projekt är att öka trafiksäkerheten på sikt, genom att öka möjligheten att jämföra olika vägutformningar för att välja den utformning som ger den optimala livscykelkostnaden. Resultatet av projektet kommer att bli en viktig pusselbit i trafikverkets LCC-satsning som syftar till implementering av livscykelkostnadsanalyser vid planerings- och projekteringskedan.

### 1.2.3 Frågeställningar

- 1) Beskriv de nuvarande tekniska lösningar för sidoområdets utformning och de olika typer av räcken som används i Sverige.
- 2) Komplettera en befintlig matematisk modell<sup>4</sup> som har tagits fram för beräkningar av livscykelkostnader för olika sidoområden.
- 3) Beräkna och jämför livscykelkostnader för sidoområdet med räcken och utan räcken.

## 1.3 Metod

### 1.3.1 Frågeställning 1

“Beskriv de nuvarande tekniska lösningar för sidoområdets utformning och de olika typer av räcken som används i Sverige”.

Denna fråga besvaras genom att utföra en djupare dokumentanalys av de nuvarande anvisningar som finns för utformningen av vägar. Denna metod valdes för att det finns tydliga anvisningar, regler och råd kring hur utformningen av trafiksäkra vägar och sidoområden ska ske.

---

<sup>4</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

---

### 1.3.2 Frågeställning 2

”Komplettera en befintlig matematisk modell<sup>5</sup> som har tagits fram för beräkningar av livscykelkostnader för olika sidoområden.”

Projektets främsta mål är att komplettera en matematisk utformningsmodell<sup>6</sup> som har tagits fram för identifiering av behovet för sidoräcken utifrån bankhöjden och släntlutningen, baserat på livscykelkostnadsanalyser. Frågan ska besvaras med hjälp av en litteraturstudie, en dokumentanalys för framtagning av kostnader och för beräkning av samhällsekonomiska kostnader behövs en statistiskt analys av andelen avkörnings- och påköringsolyckor i räcken som leder till svåra skador. Detta görs i STRADA (Swedish Traffic Accident Data Acquisition).

### 1.3.3 Frågeställning 3

”Beräkna och jämföra livscykelkostnader för sidoområdet med räcken och utan räcken.”

Detta besvaras genom att utföra en matematisk analys av modellen som framtas i frågeställning 2. Genom att ändra slänten och fyllnadshöjden kan man plotta alla kostnader i en graf och hitta skärningspunkten då det inte längre blir lönsamt att ha flacka slänter jämfört med att installera vägräcken.

## 1.4 Avgränsningar

För att projektet inte ska bli för omfattande begränsas vägtypen till fyrfältsvägar med en skyltat hastighet av 110Km/h, samt att det görs några antaganden vid byggandet av vägen;

- Det byggs på en platt underlag och fyllnadshöjden blir positiv.
- Vägen är rak (alltså inte höger- eller vänsterkurvor).
- Markpriset är bestämt.
- Det antas att förhållandet mellan fyll och schakt är 50:50; med andra ord inga extra kostnader för materialinköp.
- De samhällsekonomiska kostnaderna beräknas för påkörningsolyckor in i räcken, inte för avkörningsolyckor på olika slänter. Man antar att slänten på en motorväg är 6:1 för detta projekt.
- Endast vajerräcken och balkräcken beaktades, eftersom betongräcken oftast inte används på sidoområdet i Sverige.

---

<sup>5</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>6</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

---

Detta gör att modellen inte kan användas för alla typer av vägar då kostnaderna blir olika. Den ska användas som beslutsunderlag för bestämning av vilken typ av sidoområde en rak sträcka i en fyrfältsväg med en fyllnadshöjd som är konstant ska ha.

## **1.5 Disposition**

Rapporten är upplagt så att läsaren får en bakgrund till problemet i kapitel 2, efter vilket genomförandet av hur problemet skall lösas beskrivs i kapitel 3. Kapitel 4 beskriver resultaten av det som har genomförts, och i kapitel 5 har en diskussion kring dessa presenterats. Därefter har alla referenser presenterats och relevanta bilagor har bifogats.



## 2 Teoretisk bakgrund och förutsättningar

För att besvara de frågeställningar som har ställts kommer litteratur från områdena trafiksäkerhet, vägutformning och vetenskapliga metoder användas. Det finns mycket litteratur inom alla områden men mycket mindre om man vill hitta litteratur som kombinerar vägutformning med trafiksäkerhet. Dock så har statens Väg och Transportforsknings Institut (VTI) utfört flera studier i hur händelseförloppet ändras när en fordon kör av vägen om hänsyn tas till bland annat fordonets storlek och hastighet<sup>7</sup>. Det noteras ibland om vägens utformning men det är oftast fordonet som står i fokus i dessa föreskrifter<sup>8</sup>.

Genom att utföra en livscykelkostnadsanalys<sup>9</sup> på sidoområdet är det möjligt, med stadiga statistiska underlag och noggranna siffror, enligt Hawzheen Karim<sup>10</sup>, att beräkna kostnader på ett sätt så att det optimala sidoområdet kan utformas för att öka trafiksäkerheten samtidigt som kostnaderna för vägens livscykel inte ökas.

För nuvarande tekniska lösningar beträffande utformning av sidoområdet och olika räckestyperna finns det redan omfattande regler och anvisningar för utformningen av trafiksäkra sidoområden<sup>11</sup>. Genom att utföra en djupare dokumentanalys på bland annat Vägars och Gators Utformning (VGU)<sup>12</sup> och VU94<sup>13</sup>, kan projektörer få fram tydliga regler för hur sidoområdet skulle utformas på ett sätt där både kostnader behålls på rimliga nivåer samtidigt som trafiksäkerheten beaktas. Föreskrifter från American Association of State and Highway Transportation Officials<sup>14</sup> (AASHTO) ger råd och anvisningar kring när det är önskvärt att installera vägräcken. För val av metod användes föreskriften Vetenskaplig metod<sup>15</sup>.

---

<sup>7</sup> Linder/Kilian. *Modeller för simulering av avvakning mot vägens sidoområde*, 2006. VTI publikationer. Linköping.

<sup>8</sup> Larsson, Vadeby; *Förlåtande sidoområde – en litteraturstudie*. VTI Publications. 2006.

<sup>9</sup> Bo bergman/Bengt Klefsjö. *Kvalitet från behov till användning*, 5.e upplagan. 2012. Studentlitteratur, Lund. ISBN 978 91 44 07825

<sup>10</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>11</sup> Sangö, Fredrik. *Utformning av trafiksäkra sidoområden*. 2009. Force Technology Sweden. Västerås.

<sup>12</sup> Vägverket. *Väggar & gators utformning*. VV Publikation 2004:80. Vägverket, Borlänge.

<sup>13</sup> Vägverket. *Vägutformning 94*, VV Publikation 1994:049. Vägverket, Borlänge.

<sup>14</sup> AASHTO, *Roadside design guide*. American Association of State and Highway Transportation Officials. 2006. Washington DC.

<sup>15</sup> Ejvegård, Rolf. *Vetenskapligt Metod*. Student litteratur, 2003. ISBN 91-44-02763-X. Lund.

## 3 Genomförande

### 3.1 Litteraturstudie

Det är flera faktorer som bidrar till trafiksäkerheten som måste beaktas när man projekterar och bygger vägar. Det finns flera val som kan göras för att öka trafiksäkerheten på ett kostnadseffektivt sätt; flacka slänter på sidoområden, användning av räcken, val av material till räcken, fyllnadshöjden mm. Det finns studier som pekar på att räcken är ett bättre alternativt för att öka trafiksäkerheten när bankfyllnadshöjden ökar, eftersom kostnader för marken och fyllning ökar exponentiellt med flackare slänter, medan branta slänter med stora fyllnadshöjder ökar risken för allvarliga skador vid avkörning.

Enligt Karim<sup>16</sup> finns det flera faktorer som bidrar till risken för dödfall eller allvarliga skador vid avkörning från vägen. En viktig parameter är typen av vägräcken; ”flexible”, ”semi rigid” eller ”rigid”, som har stor betydelse vid påkörningar<sup>17</sup>. En studie från Statens Väg och Transport Institut (VTI) bekräftar att slänten på sidoområden har stor betydelse vid avkörning eftersom det vid slaka slänten är lätt att återta kontrollen medans vid brantare slänter brukar de flesta bilförare utföra ”panik manövrar” som kan leda till att bilen välter<sup>18</sup>. Enligt VU94<sup>19</sup> kan en slänt som är brantare än 1:3 inte utnyttjas för avkörning på grund av för stor risk för vältning, och vägräcken bör installeras. Vid högre fyllnadshöjder blir det attraktivare att installera vägräcken från ett säkerhetsperspektiv. Det finns ett klart samband mellan slänten på sidområdet och fyllnadshöjden, där en flackare slänt endast behöver en liten fyllnadshöjd för att göra det attraktivare att installera vägräcken enligt siffror från AASHTO<sup>20</sup>. Säkerheten på vägen är också beroende av bl.a. årsdyngtrafiken (ÅDT), vägtypen och den skyltade hastigheten<sup>21</sup>.

När en väg projekteras läggs mycket tid på att göra den trafiksäker men samtidigt att den har den lägsta investeringskostnad. Ingen hänsyn tas till drift och underhåll eller de samhällsekonomiska kostnader, vilka under en vägs tekniska livslängd på 50 år, eller ett vägräckes tekniska livslängd på 30 år, kan bli väldigt dyra<sup>22</sup>. Under drift- och underhålls kostnader för vägar utan sidoräcken ingår snöröjning, städning, besiktning och gräsklippning. Om en väg har ett räcke får man lägga till kostnader för räckesinspektion, underhåll av räcken och en ökad kostnad för allmän städning och gräsklippning.

---

<sup>16</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>17</sup> AASHTO, *Roadside design guide*. American Association of State and Highway Transportation Officials. 2006. Washington DC.

<sup>18</sup> Larsson, Vadeby; *Förlåtande sidoområde – en litteraturstudie*. VTI Publications. 2006.

<sup>19</sup> Vägverket. *Vägutformning 94*, VV Publikation 1994:049. Vägverket, Borlänge.

<sup>20</sup> AASHTO, *Roadside design guide*. American Association of State and Highway Transportation Officials. 2006. Washington DC.

<sup>21</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

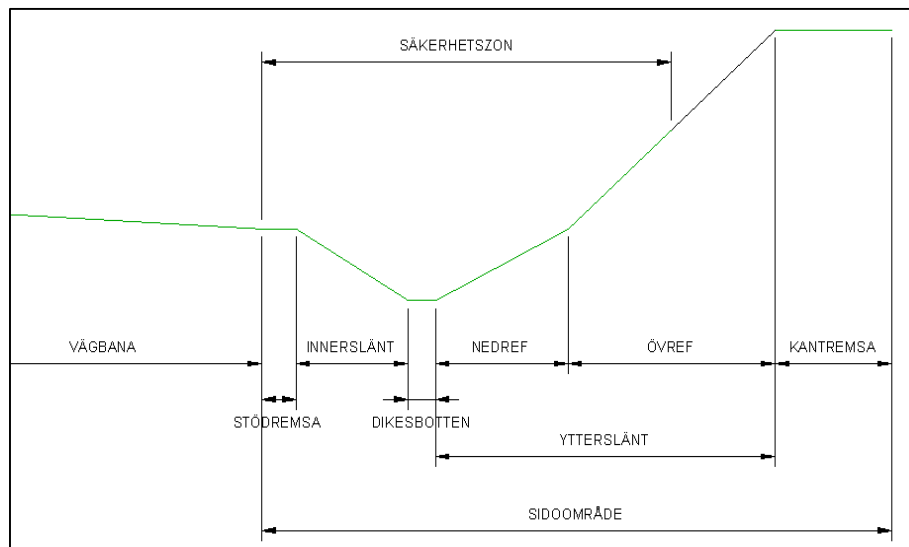
<sup>22</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

Detta kan göra att underhållskostnaden för vägar med vägräcken blir väsentligt högre i längden, samtidigt som man får tillägga den samhällsekonomiska kostnaden för vägen med eller utan räcken. Under samhällsekonomiska kostnader får man inkludera kostnader för allvarliga påkörningar av räcken eller avkörning från vägen samt för trafikförsening vid räddningsinsatser.

## 3.2 Befintliga sidoområdesutformningar – en dokumentanalys

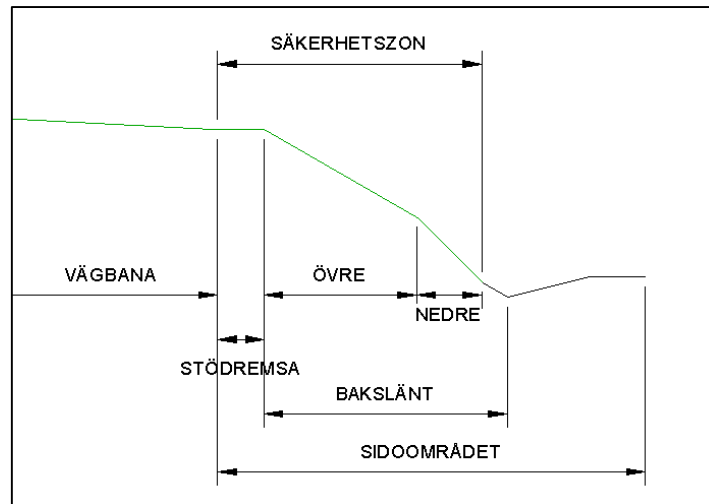
### 3.2.1 Sidoområdet

Sidoområdet innefattar den del av vägområdet som sträcker sig från stödremsan ut till kantremsan. Även innerslätten, dikesbotten samt ytterlätten/bakslätten brukar ingå i sidoområdet.



Figur 1.a: Definitionen av sidoområdet enligt VU94<sup>23</sup>.

<sup>23</sup> Vägverket. *Vägutformning 94*, VV Publikation 1994:049. Vägverket, Borlänge.



Figur 1.b: Definitionen av sidoområdet enligt VU94<sup>24</sup>.

För detta projekt har ett enkelt tvärsnitt studerats, där terrassen är platt, fyllnadshöjden är alltid positiv och endast innerslätten har beaktats.

Utformningen av sidoområdet är viktigt eftersom den skall uppfylla ett antal krav och utföra ett antal funktioner. Sidoområdets funktioner kan vara<sup>25</sup>:

- Dränering. Vatten får ej ligga kvar på väggroppen och därför är kravet en vattengång 30cm under terrassen och inte för långt ifrån vägbanan.
- Hantera ytvatten och fungera som en snö- och vattenmagasin. Detta uppnås genom att ha ett öppet dike med djup på minst 50cm och eventuella vattenskyddsåtgärder.
- Ge utrymme för bland annat bullerplank, ledningar och skyltar.
- Fungera som en viktig del i den vägtekniska konstruktionen genom att skapa bärighet och öka stabiliteten i väggroppen. Detta ger krav på materialet samt den valda slänlutningen.
- Ge möjlighet för växtlighet och skapa landskapsanpassning.
- Öka sikten.
- Fungera som en sorts viltskydd.

Sidoområdet är viktigt ur en trafiksäkerhetsaspekt för att begränsa risker och konsekvenser vid avkörningsolyckor. Sidoområdet ska bidra till att öka trafiksäkerheten på följande sätt<sup>26</sup>:

- Påverka förarnas hastighetsbeteende och avkörningsrisker.
- Påverka förloppet vid en avkörning, dvs till vilken grad är sidoområdet manövrerbart och fritt från fasta hinder.

<sup>24</sup> Vägverket. *Vägutformning 94*, VV Publikation 1994:049. Vägverket, Borlänge.

<sup>25</sup> Vägverket. *Vägutformning 94*, VV Publikation 1994:049. Vägverket, Borlänge.

<sup>26</sup> Vägverket. *Vägutformning 94*, VV Publikation 1994:049. Vägverket, Borlänge.

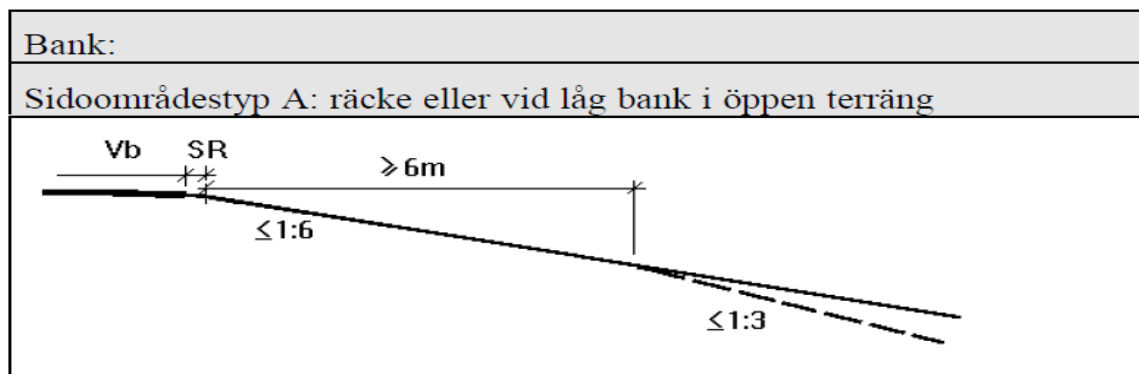
Det finns 3 sidoområdestyper enligt VU94, som klassas efter hur trafiksäkra de bedöms vara. Sidoområdestypen anger om sidoområdet är manövrerbart eller körbart vid avkörningar, vilket definieras<sup>27</sup>:

- Manövrerbart innebär att föraren, som antas vara vaken och ej i panik, kan styra och bromsa i sidoområdet.
- Körbart innebär att en personbils risk för flygning eller vältning är begränsad.
- Ej körbart innebär att risken för vältning eller flygning vid avkörning är stor.

Manövrerbarhet på sidoområdet har analyserats noggrant med simuleringar och fullskaleförsök. Resultaten av dessa försök har gett följande slutsats, vilket ger utrymme för tolkningar<sup>28</sup>:

- Mindre lutningar än 1:6 ger en ”mycket stor sannolikhet” för manövrerbarhet för personbilar. Detta uppnås i VUs sidoområdestyp A.
- Mindre lutningar än 1:4 ger ”stor sannolikhet” för manövrerbarhet för personbilar. Detta uppnås genom VUs sidoområdestyp B.
- En lutning på 1:3 eller större ger en ”stor sannolikhet” att personbilen flyger eller voltar. Detta uppnås genom VUs sidoområdestyp C.

Sidoområdet av typen A är den mest trafiksäkra. Den har en innerslänt med lutning  $\leq 1:6$  och en säkerhetszon  $\geq 6$  meter.



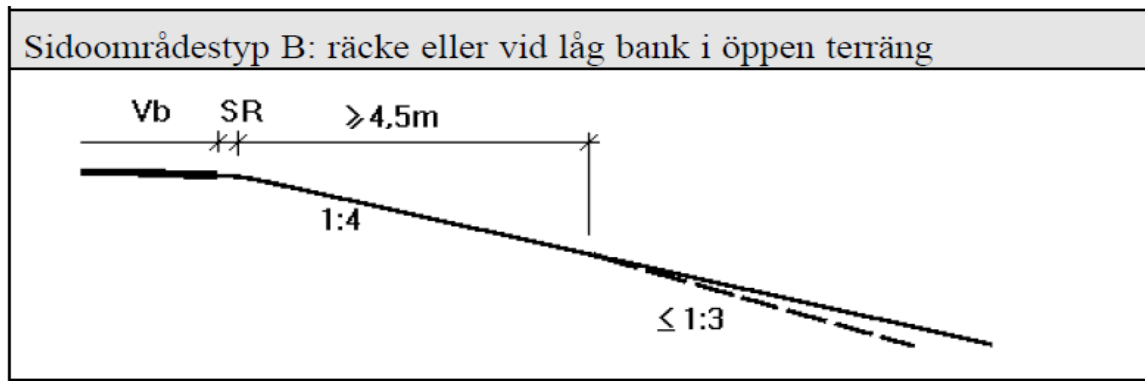
Figur 2: Sidoområdestyp A<sup>29</sup>.

Sidoområdet av typen B är av bra kvalitet och ger medelgod trafiksäkerhet. Den har en innerslänt med lutning av 1:4 och en säkerhetszon av minst 4,5 meter.

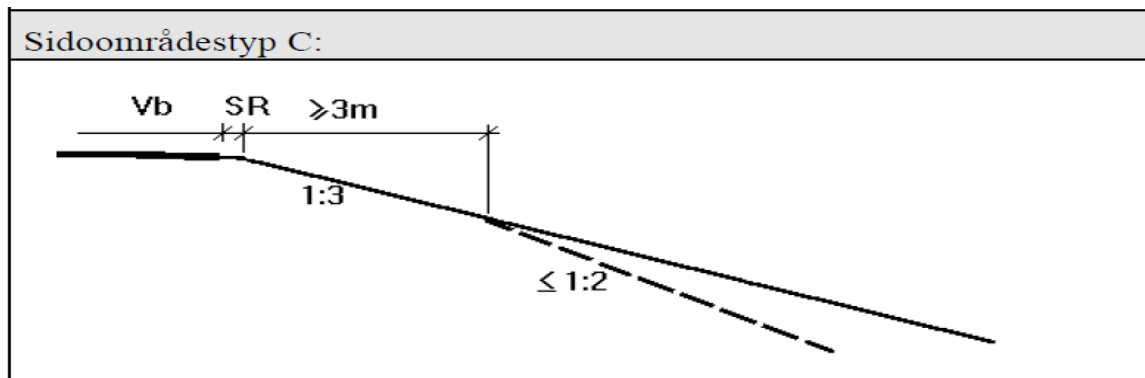
<sup>27</sup> Vägverket. *Vägutformning 94*, VV Publikation 1994:049. Vägverket, Borlänge.

<sup>28</sup> Vägverket. *Vägutformning 94*, VV Publikation 1994:049. Vägverket, Borlänge.

<sup>29</sup> Vägverket. *Vägutformning 94*, VV Publikation 1994:049. Vägverket, Borlänge.

Figur 3: Sidoområdestyp B<sup>30</sup>.

Sidoområdet av typen C har den sämsta trafiksäkerheten. Den har en släntlutning på 1:3 och en säkerhetszon på minst 3 meter.

Figur 4: Sidoområdestyp C<sup>31</sup>.

Det är mycket som måste beaktas när riskerna bedöms. En avkörningsolycka sker snabbt och allt från fordonstyp, förarreaktion, hastighet, avkörningsvinkel, väglaget och även skicket på däcken kan vara avgörande faktorer i olyckans allvarlighetsgrad. För att visa detta kan man föreställa sig att händelseförloppet av en lastbil som kör av vägen kommer att vara helt olikt en personbil som kör av vägen, även om alla andra faktorer är samma.

Tolkningar för manövrerbarhet avser avkörningar för personbilar i hastigheter kring 100 km/h och avkörningsvinklar upp till 20 grader. Föraren antas agera rationellt. Sidoområdets vägyta förutsätts ha tillräckligt bra bärighet och jämnhet för att vara

<sup>30</sup> Vägverket. *Vägutformning 94*, VV Publikation 1994:049. Vägverket, Borlänge.

<sup>31</sup> Vägverket. *Vägutformning 94*, VV Publikation 1994:049. Vägverket, Borlänge.

”körbart” för personbilar. Trots det pekar erfarenheter på att sidoområdet oftast inte är körbart och att avkörande förare brukar utföra panikmanövrar som kan leda till svårare olyckor.

VU 94 anger följande kriterier för sidoområdestyp och säkerhetszoner. För denna studie är det endast motorvägar som är av intresse, med en skyltad hastighet över 90 km/h. Därför har sidoområdet antagits att ha en god standard, dvs vara av utformningstyp A, för beräkning av de samhällsekonomiska kostnaderna<sup>32</sup>.

VR		Standard		
		God	Mindre god	Låg
50	sidoområdestyp; säkerhetszonens bredd	C; > 3 m	C; < 3 m	
70	sidoområdestyp; säkerhetszonens bredd	B; > 7 m	B; > 3 m	C; < 3 m
	MV	alltid ?		
	Bred tvåfältsväg - 13 m	A>9 000 B>5000		
	Normal tvåfältsväg	A>7 000 B>4000		
90	sidoområdestyp; säkerhetszonens bredd	A; > 9 m	B; > 4,5 m	C; < 4,5 m
	MV	alltid ?		
	Bred tvåfältsväg - 13 m	A>4 000; B>2500		
	Normal tvåfältsväg	A>3 000; B>2 000		
110	sidoområdestyp; säkerhetszonens bredd	A; > 10 m	B; > 6 m	C; < 6 m
	MV	alltid		
	Bred tvåfältsväg - 13 m	A>2 500; B>1 000		
	Normal tvåfältsväg	A>2 000; B>1 000		

Figur 5: Kriterier på sidoområdet<sup>33</sup>. VR är den skyltade hastigheten. I den högra kolumnen visas den rekommenderade standarden för den förväntade ÅDT.

### 3.2.2 Vägräcken

Vägarriärers främsta syfte är att förhindra ett fordon att antingen komma in i mötande fordons körfält eller att köra in i fasta hinder vid sidan av vägen<sup>34</sup>. Vägräcken ska då stoppa och omdirigera ett fordon som kör på dem samtidigt som de förhindrar allvarliga skador på bilföraren och övriga trafikanter. Det finns tre kategorier av vägarriärer enligt AASHTO<sup>35</sup>:

- Flexibel barriär, exempelvis vajerräcken
- Halvstel barriär, exempelvis w-profilräcken

<sup>32</sup> Vägverket. *Vägutformning 94*, VV Publikation 1994:049. Vägverket, Borlänge.

<sup>33</sup> Vägverket. *Vägutformning 94*, VV Publikation 1994:049. Vägverket, Borlänge.

<sup>34</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>35</sup> AASHTO, *Roadside design guide*. American Association of State and Highway Transportation Officials. 2006. Washington DC.

- Stel barriär, exempelvis betongbarriär.

Då det bara är sidoområdet som studeras kommer betongbarriärer inte att analyseras då de sällan används som sidoräcken, de används vanligen som mitträcke<sup>36</sup>. Enligt Svensk standard SS-EN 1317-2 (Swedish Standard Institute SIS 1996) bör man ta hänsyn till följande kriterier vid val av barriärtyp:

- Kapacitetsklass
- Skaderiskklass
- Deformation

### 3.2.2.1 Vajerräcken

Vajerräcken är en av de vanligaste räkestyper som används i Sverige<sup>37</sup> som sidoräcke på tungt trafikerade vägar och används också som mitträcke på motortrafikleder för att göra dem mötesfria. Internationellt är användningen begränsad i Europa då vissa länder som Nederländerna, Storbritannien, Österrike och Norge anser att de medför en större risk för motorcyklisterna vid påkörning. Trots detta finns det betydligt mer positiva effekter för biltrafikanter, och därför installeras de flitigt i Sverige.



Figur 6: Vajerräcken på sidoområdet.<sup>38</sup>

### 3.2.2.2 Balkräcken

Balkräcken används ofta som sidoräcken i Sverige<sup>39</sup> och det finns två vanligt förekommande typer, W-profilräcken och Kohlswaräcken. Då utformningen av dessa räcken nästan är likadana, där skillnader är dimensioner och stältjockleken, kommer endast W-profilräcken studeras i detta projekt, eftersom Kohlswaräcken oftast är smalare och används vid lågtrafikerade vägar i naturmiljöer. Eftersom utformningen är liknande blir det lättare att hålla ett lager. Stolpavståndet varierar mellan 1,33 och 4 meter, dock så är 2 meters avstånd den vanligaste.

<sup>36</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>37</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>38</sup> Bluesystems. Produkter. Sverige. 2013-05-13. <http://www.bluesystems.se/>

<sup>39</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.





Figur 7: W-profil räcken.<sup>40</sup>

### 3.3 Livscykelkostnadsanalys

Enligt Bergman och Klefsjö är en livscykelkostnadsanalys (LCC) ett resultat av en ekonomisk analys där alla kostnader och intäkter för ett system eller en produkt sammanställs över dess tekniska eller ekonomiska livslängd<sup>41</sup>. LCC kan användas för utvärdering av olika alternativ vid utveckling, offertgivning, konstruktion eller underhåll av produkten under dess livslängd. Den livscykelkostnadsanalysen 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, bidrar sidoområdet inte till tillväxten i regionen genom lägre restider eller effektivisering av vägnätet och därmed kan inga intäkter från vägen räknas som en intäkt från sidoområdet.

De kostnader som räknas för sidoområdet delas upp i 3 huvudkostnader<sup>42</sup>:

- Investeringskostnader
- Drift- och underhållskostnader
- Samhällsekonomiska kostnader

Det sidoområdet där summan av ovanstående kostnader är lägst, och har därmed den lägsta livscykelkostnad, avses som den mest optimala lösningen.

#### 3.3.1 Investeringskostnader

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

---

<sup>40</sup> Birsta. Produkter. Sverige. 2013-05-13 <http://www.birsta.eu/Produkter/Vagracken/Birsta-W2/>

<sup>41</sup> Bo bergman/Bengt Klefsjö. *Kvalitet från behov till användning*, 5.e upplagan. 2012. Studentlitteratur, Lund. ISBN 978 91 44 07825

<sup>42</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

### 3.3.1.1 Planering och projektering av sidoområdet

Planeringen av sidoområdet är en av de mindre detaljerna under projekteringsfasen av ett vägbygge<sup>43</sup>. Det finns tydliga anvisningar kring utformningen av sidoområdet beroende på vägtyp och skyltad hastighet<sup>44</sup>, 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<sup>45</sup>, då utformning av sidoområdet med nuvarande teknik sker automatiskt och vägens tvärsnitt ej behöver ritas manuellt eller för hand.

Kostnaden för projektering av sidoområdet beräknas på följande sätt:

$$\text{Projekteringskostnaden} = t_{\text{konsult}(er)} \times k_{\text{konsult}(er)} \quad 46$$

Där:

$t_{\text{konsult}(er)}$  = tid som konsult(er)tar för utformning av sidoområdet

$k_{\text{konsult}(er)}$  = kostnad per timme för konsult(er)

### 3.3.1.2 Markinlösnings

Vid beräkning av kostnaden för markinlösnings räknades endast den arean 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. Dock så har markpriset bestämts beroende på läget och typ av mark, med hjälp av Håkan Sandberg på Trafikverkets markinlösningsavdelning till följande:

	Norra Sverige	Mellan Sverige	Södra Sverige
Åkermark (Kr/m <sup>2</sup> )	7,50	15	22,50
Skogsmark (Kr/m <sup>2</sup> )	15	30	45

Tabell 1: Framtagna markpriser från Trafikverket.

För denna studie beaktas endast marken som måste inlösas för sidoområdet, övriga vägområdet beaktas inte. Kostnaden för markinlösnings beräknas på följande sätt:

<sup>43</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>44</sup> Vägverket. *Vägar & gators utformning*. VV Publikation 2004:80. Vägverket, Borlänge.

<sup>45</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>46</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

$$\text{Markinlösningskostnader} = k_{\text{mark}} \times A_{\text{sidoområdet}} \quad 47$$

Där:

$k_{\text{mark}}$  = kvadratpris för marken

$A_{\text{sidoområdet}}$  = area under sidoområdet

### 3.3.1.3 Byggnation

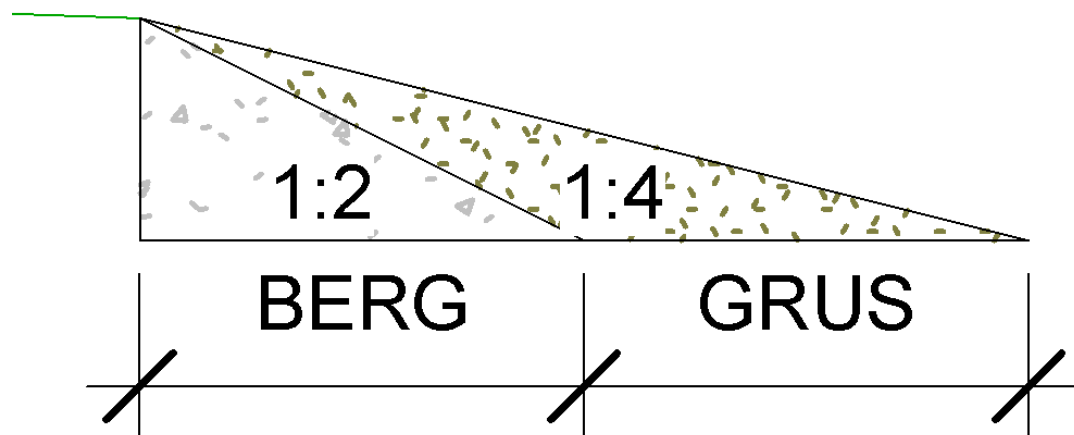
Materialet som används vid byggnation av sidoområdet är en blandning av material som har sprängts eller schaktats från marken under vägbyggnationen, och i några fall inköpt material, då det schaktade materialet anses ha för dålig bärighet för att användas till sidoområdet.

Priserna för behandling av materialet, transport och lastning samt mottagning och packning av materialet togs fram av Per Rhodin från PEAB.

	Berg i linjen	Berg från täkt	Friktionsmaterial i linjen
Krossning/siktning (Kr/kubik)	40	90	20
Transport + lastning (Kr/kubik)	40	90	40
Mottagning + packning (Kr/kubik)	40	40 (priset minskas med ca 15% vid fyllnadshöjder >4m)	40 (priset minskas med ca 15% vid fyllnadshöjder >4m)

Tabell 2: En grov uppskattning av kostnader för byggnation av sidoområdet baserat på siffror från PEAB.

Vid byggnation av sidoområdet används berg och sten för uppfyllning 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 8: Redovisning av sidoområdets uppbyggnaden.

<sup>47</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

En grov kostnadsuppskattning av priset för byggnation kan beräknas på följande sätt:

$$\text{Byggnation} = (V_{\text{berg}} \times (K_{\text{kross}} + K_{\text{trans}} + K_{\text{mott}}) + (V_{\text{grus}} \times (K_{\text{sikt}} + K_{\text{trans}} + K_{\text{mott}}))) + K_{\text{räcken}}^{48}$$

Där;

$V_{\text{berg}}$  = Volymen av bergsmaterial som behövs ( $m^3$ )

$V_{\text{grus}}$  = Volymen av friktionsmaterial som behövs ( $m^3$ )

$K_{\text{kross}}$  = Kostnad för krossning av bergsmaterial per  $m^3$

$K_{\text{sikt}}$  = Kostnad för siktning av friktionsmaterial per  $m^3$

$K_{\text{trans}}$  = Kostnad för transport av materialet per  $m^3$

$K_{\text{mott}}$  = Kostnad för mottagning och packning av materialet per  $m^3$

$K_{\text{räcken}}$  = Installationskostnaden för räcken på sträckan

Installationskostnaden ( $K_{\text{räcken}}$ ) kan beräknas på följande sätt:

$$K_{\text{räcken}} = L \times K_{\text{installation}} \times i_{\text{rabb}}^{49}$$

Där;

$L$  = Längden på sträckan

$K_{\text{installation}}$  = Installationskostnaden per meter för valda räkestyp

$i_{\text{rabb}}$  = Inflationsfaktor



Figur 9: Bergkrossmaskin och lastare.<sup>50</sup>

### 3.3.1.4 Rivning

Den tekniska livslängden för ett sidoräcke beräknas till cirka 30 år. Efter det anses drift och underhållskostnader bli för höga och det blir då lönsamt att riva de befintliga räckena och installerar nya. Rivningskostnaden kan grovt beräknas på följande sätt:

<sup>48</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>49</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>50</sup> Befab Sverige AB. Kontakt. Sverige. 2013-05-13 <http://www.befab.se/Bergochgrusskrossning.htm>.

$$Rivningskostnad = K_{rivning} \times L \times i_{rabb} + (K_{installation} \times L \times i_{rabb}) \quad 51$$

Där;

$L$  = Längden på sträckan

$K_{installation}$  = Installationskostnaden per meter för valda räckestypen

$i_{rabb}$  = Inflationsfaktor

$K_{rivning}$  = rivningskostnaden per meter för valda räckestypen

### 3.3.2 Drift och underhållskostnader

Bortsett från den initiala investeringskostnaden för installationen av sidoräcken, tillkommer kostnader för drift och underhåll av dessa<sup>52</sup>. Kostnaden varierar mycket beroende på vilken typ av räcken som har installerats. 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. Ytterligare kan man tillägga förekomsten av gräs på sidoområdet samt vilken typ av räcke till vilka variabler som påverkar hur stora kostnaderna för drift och underhåll blir.

#### 3.3.2.1 Drift och underhållskostnader för sidoområdet

Med drift- och underhållskostnader för sidoområdet avses de kostnader som tillkommer för, beroende på materialet som har använts och storleken på sidoområdet, de aktiviteter som måste utföras för att bibehålla ett sidoområdet som är av hög kvalitet för att försäkra en hög trafiksäkerhet samtidigt som det blir estetiskt tilltalande. När drift och underhåll utförs på vägarna finns det olika regler och bestämmelser för hur detta ska gå till för att öka säkerheten för underhållsarbetarna samt övriga trafikanter. Detta kan vara allt från att sätta upp skyltar till att göra en trafikordningsplan vid större drift- och underhållsarbeten där vägar måste stängas av. Vid större drift- och underhållsarbeten används ofta ett så kallat TMA-Fordon (Truck mounted attenuator) vilket placeras taktiskt så att den skyddar vägarbetarna om en olycka skulle inträffa. Ett TMA-fordon består av en lastbil med ett påkörningsskydd monterat på bakre sidan.



Figur 10: Ett TMA-Fordon.<sup>53</sup>

<sup>51</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>52</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>53</sup> ATA. ATA Hyr. Sverige. 2013-05-13. <http://www.ata.se/ata-hyr.aspx>

### 3.3.2.1.1 Dikesrensning

Dikesrensning är den process då avlagringar av smuts som förhindrar dränering av sidoområdet och därmed vägen tas bort. Det är ett mycket omfattande arbete och därför sker det endast var 10:e år. Kostnaden för dikesrensning kan beräknas på följande sätt:

$$\text{Årskostnad} = \left( (n_{tma} \times k_{tma}) + (n_{gräv} \times k_{gräv}) \right) \times (1 + k_{led}) \times t_{dikesrensning} \times L \times \frac{n_{ggr}}{\text{år}} \times i_{rabb} \quad 54$$

Där;

$n_{tma}$  = Antalet TMA – fordon som behövs

$k_{tma}$  = Kostnad för en TMA – fordon med förare

$k_{led}$  = Tilläggskostnad för arbetsledning i procent

$n_{gräv}$  = Antalet grävmaskiner

$k_{gräv}$  = Kostnad för grävmaskiner

$t_{k-skär}$  = Tidsbehov för dikesrensning per meter

$L$  = Längden av sträckan

$n_{ggr}/\text{år}$  = Antalet dikesrensningstillfällen varje år

$i_{rabb}$  = Inflationsfaktor



Figur 11: Diket behöver behålla dräneringsförmågan.<sup>55</sup>

### 3.3.2.1.2 Kantskärning

Kantskärning är den process då lagringar av smuts och damm tas bort från vägkanten. Detta sker var 10:e år och är ett mycket omfattande arbete. Kostnaden för kantskärning kan beräknas på följande sätt:

$$\text{Årskostnad} = \left( (n_{tma} \times k_{tma}) + (n_{gräv} \times k_{gräv}) \right) \times (1 + k_{led}) \times t_{k-skär} \times L \times \frac{n_{ggr}}{\text{år}} \times i_{rabb} \quad 56$$

Där;

$n_{tma}$  = Antalet TMA – fordon som behövs

<sup>54</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>55</sup> Agriplant Ltd. *Ditch maintenance*. England. 2013-05-13 [http://www.agriplantltd.com/ditch\\_maintenance.html](http://www.agriplantltd.com/ditch_maintenance.html)

<sup>56</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

$k_{tma}$  = Kostnad för en TMA – fordon med förare  
 $k_{led}$  = Tilläggskostnad för arbetsledning i procent  
 $n_{gräv}$  = Antalet grävmaskiner  
 $k_{gräv}$  = Kostnad för grävmaskiner  
 $t_{k-skär}$  = Tidsbehov för kantskärning per meter  
 $L$  = Längden av sträckan  
 $n_{ggr/år}$  = Antalet kantskärningstillfällen per år  
 $i_{rabb}$  = Inflationsfaktor

### 3.3.2.1.3 Slätter

Slätter utförs på sidoområden där det tillkommer gräs och andra småväxter. Detta görs genom att ett fordon med ett speciellt gräsklippningsaggregat kör på vägkanten med aggregatet på höger sidan. Enligt trafikverkets föreskrifter beror utförandet av slätter mycket på vägtypen. På mindre vägar är förekomsten av gräs vanlig, och motorvägar brukar inte förses med gräs eftersom det anses onödigt och för dyrt i drift. Trots detta förekommer det ibland.

Det blir en väsentlig skillnad när slätter sker då det finns vägräcken och när den saknas. Fordonets hastighet minskas med vägräcken vilket gör att takten på gräsklippning minskas och då blir driftskostnaden högre. Slätter utförs cirka två gånger varje år och kostnaden för slätter kan räknas på följande sätt:

$$\text{Årskostnad} = \left( (n_{tma} \times k_{tma}) + (n_{fordon} \times k_{slätter-aggr}) \right) \times (1 + k_{led}) \times t_{slätter} \times L \times \frac{n_{ggr}}{\text{år}} \times i_{rabb} \quad ^{57}$$

Där;

$n_{tma}$  = Antalet TMA – fordon som behövs  
 $k_{tma}$  = Kostnad för en TMA – fordon med förare  
 $k_{led}$  = Tilläggskostnad för arbetsledning i procent  
 $n_{fordon}$  = Antalet fordon med slätteraggregat  
 $k_{slätter-aggr}$  = Kostnad för fordon med slätteraggregat  
 $t_{refl}$  = Tidsbehov för slätter av 1Km väg  
 $L$  = Vägsträckans längd  
 $n_{ggr/år}$  = Antalet slättertillfällen per år  
 $i_{rabb}$  = Inflationsfaktor

<sup>57</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.





Figur 12: En bild av slätter på en motortrafikled. Här syns slätteraggregaten samt hur TMA-fordon har ställts upp för att öka säkerheten för förarna samt övriga trafikanter.<sup>58</sup>



Figur 13: En fordon med ett speciellt anpassat slätteraggregat för vågräcken.<sup>59</sup>

#### 3.3.2.1.4 Nydikning

<sup>58</sup> Trafikverket. Publikationer. Sverige. 2013-02-13.

[http://publikationswebbutik.vv.se/upload/6385/100435\\_vagunderhall\\_sa\\_bar\\_vardar\\_och\\_skoter\\_vi\\_vara\\_vagar\\_och\\_anlaggningar.pdf](http://publikationswebbutik.vv.se/upload/6385/100435_vagunderhall_sa_bar_vardar_och_skoter_vi_vara_vagar_och_anlaggningar.pdf)

<sup>59</sup> Fastline equipment. Equipment. USA. 2013-05-17. <http://www.fastline.com/v100/2007-Dondi-GRM-60-SPIDER-Guardrail-Mower-US-DITCHER-DONDI-USA,-INC-SPARTANBURG-SC-equipment-detail-bbf1c198-9e8c-405b-a355-0ee870c92427.aspx>



Nydikning är den process där sidoområdets utformning görs om. Slänten justeras och nydikning görs för att säkerställa att sidoområdet uppfyller alla krav på dränering och att förmågan att stabilisera väggkroppen behålls. Nydikning är ett omfattande arbete som sker var 30:e år, eftersom arbetet sker mycket långsamt och kan bli väldigt dyrt. Kostnaderna för nydikning beräknas på följande sätt:

$$\text{Årskostnad} = \left( (n_{tma} \times k_{tma}) + (n_{gräv} \times k_{gräv}) \right) \times (1 + k_{led}) \times t_{ny-dikning} \times L \times \frac{n_{ggr}}{\text{år}} \times i_{rabb} \quad 60$$

Där;

$n_{tma}$  = Antalet TMA – fordon som behövs

$k_{tma}$  = Kostnad för en TMA – fordon med förare

$k_{led}$  = Tilläggskostnad för arbetsledning i procent

$n_{gräv}$  = Antalet grävmaskiner

$k_{gräv}$  = Kostnad för grävmaskin

$t_{ny-dikning}$  = Tidsbehov för nydikning av 1 meter väg

$L$  = Vägsträckans längd

$n_{ggr/\text{år}}$  = Antalet nydikningstillfällen per år

$i_{rabb}$  = Inflationsfaktor

### 3.3.2.2 Drift och underhållskostnader för räcken

Installationen av vägräcken medför, utöver den initiala investeringskostnaden, kostnader för drift och underhåll. Ett vägräckes tekniska livslängd beräknas till att vara cirka 30 år.

#### 3.3.2.2.1 Reperationskostnader

Reperationskostnader är de kostnader som tillkommer för övriga reparationer av räcken. Då räcken är utformade för att fånga upp ett mindre fordon som krockar med dem uppstår det stora deformationer vid en allvarligare krock. Detta medför relativt höga reparationskostnader vid krock med flexibla och halvstela räcken som kan beräknas på följande sätt:

$$\text{Kostnad/år} = \text{ÅDT} * \left( \frac{L}{1000} \right) * \left( \frac{365}{1000000} \right) * k_{medel} * i_{rabb} \quad 61$$

Där;

$\text{ÅDT}$  = Årsdygnstrafiken

$L$  = Räckeslängden

$k_{medel}$  = Genomsnittlig kostnad för reparation av räckestypen

$i_{rabb}$  = Inflationsfaktor

---

<sup>60</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>61</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.



Figur 14: Skador på ett vajerräcke efter en mindre krock.<sup>62</sup>

### 3.3.2.2.2 Rengöring av reflektorerna

Rengöring av reflektorer är nödvändigt då reflektorerna vid sidan av vägen täcks med damm samt andra partiklar från vägen och efter en längre tid upphör ljusreflektionen. Rengöring av dessa reflektorer sker två gånger varje år för att säkerställa att reflektorerna funkar och säkerheten på vägen behålls. Detta sker både på sido- och mitträcken.



Figur 15: Reflektorer på vajerräcken.<sup>63</sup>

Kostnader för rengöring av reflektorer kan beräknas på följande sätt:

$$\text{Årskostnad} = ((n_{tma} \times k_{tma}) + (n_{fordon} \times k_{tv-aggr})) \times (1 + k_{led}) \times t_{refl} \times n_{refl} \times n_{ggr/\text{år}} \times i_{rabb} \quad 64$$

Där;

$n_{tma}$  = Antalet TMA – fordon som behövs

$k_{tma}$  = Kostnad för en TMA – fordon med förare

$k_{led}$  = Tilläggskostnad för arbetsledning i procent

$n_{fordon}$  = Antalet fordon med tvättaggregat

<sup>62</sup> Mlive. News. USA. 2013-04-08.

[http://www.mlive.com/news/kalamazoo/index.ssf/2010/01/new\\_cable\\_barriers\\_increase\\_sa.html](http://www.mlive.com/news/kalamazoo/index.ssf/2010/01/new_cable_barriers_increase_sa.html)

<sup>63</sup> Roadsbridges. Product spotlights. USA. 2013-04-08. <http://www.roadsbridges.com/safence-high-tension-cable-barrier>

<sup>64</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

$k_{tv-aggr}$  = Kostnad för fordon med tvättaggregat  
 $t_{refl}$  = Tidsbehov för rengöring av en reflektor  
 $n_{refl}$  = Antalet reflektorer på sträckan  
 $n_{ggr/år}$  = Antalet rengöringstillfällen per år  
 $i_{rabb}$  = Inflationsfaktor

### 3.3.2.2.3 Efterspänning av kablarna

Efterspänning av kablar är en process som sker var tredje år<sup>65</sup>, eftersom spänningen i kablarna minskas sakta under en längre tid och då måste spännas om. Kostnader för efterspänning av kablarna kan beräknas på följande sätt:

$$\text{Årskostnad} = (((n_{tma} \times k_{tma} + (n_{fordon} \times k_{spännF})) \times (1 + k_{led})) \times t_{spänn} \times \frac{n_{förb}}{2} \times n_{ggr/år} \times i_{rabb} \quad 66$$

Där;

$n_{tma}$  = Antalet TMA – fordon som behövs  
 $k_{tma}$  = Kostnad för en TMA – fordon med förare  
 $k_{led}$  = Tilläggskostnad för arbetsledning i procent  
 $n_{fordon}$  = Antalet service fordon för spänningsarbetet  
 $k_{spännF}$  = Kostnad för servicefordon med spänningsarbetet  
 $t_{spänn}$  = Tidsbehov för spänning av 1 förbindelse  
 $n_{förb}$  = Antalet förbindelse på sträckan  
 $n_{ggr/år}$  = Antalet efterspännings tillfällen varje år  
 $i_{rabb}$  = Inflationsfaktor

### 3.3.2.2.4 Spolning av markförankring

Spolning av markförankringar är en åtgärd för att renhålla markförankringsstöden för vajerräcken och förhindra rost-och korrosionsskador. Detta sker 1 gång varje år. Kostnader för spolning av markförankringar kan beräknas på följande sätt:

$$\text{Årskostnad} = (((n_{tma} \times k_{tma}) + (n_{fordon} \times k_{fordon})) \times (1 + k_{led})) \times t_{spolning} \times n_{mf} \times n_{ggr/år} \times i_{rabb} \quad 67$$

Där;

$n_{tma}$  = Antalet TMA – fordon som behövs  
 $k_{tma}$  = Kostnad för en TMA – fordon med förare  
 $k_{led}$  = Tilläggskostnad för arbetsledning i procent  
 $n_{fordon}$  = Antalet fordon med spolningsaggregat  
 $k_{fordon}$  = Kostnad för fordon med spolningsaggregat

<sup>65</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>66</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>67</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

$t_{spolning}$  = Tidsbehov för spolning av 1 markförankring

$n_{mf}$  = Antalet markförankringar

$n_{ggr/år}$  = Antalet spolningstillfällen varje år

$i_{rabb}$  = Inflationsfaktor



Figur 16: Markförankring av vajerräcken.<sup>68</sup>

### 3.3.3 Samhällsekonomiska kostnader

Samhällsekonomiska kostnader är de 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<sup>69</sup>:

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

Kostnader för tidsfördröjning räknas genom att göra vissa antaganden på vad det kostar för samhället att en privatbil eller lastbil står still. Kostnader för det hade redan tagits fram av Hawzheen Karim<sup>70</sup>:

<sup>68</sup> Brookskon. Project history. USA. 2013-04-03. [www.brookskon.ca](http://www.brookskon.ca)

<sup>69</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>70</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

Kostnadsdrivar e	Källa	Min	Genomsnit t	Max	Enhe t	Fördelnin g
Andel privat Bilar i trafiken	Vägverke t (2008)	0.855	0.9	0.945		Normal
Tidsvärde för privat bil	Vägverke t (2008)	72.2	76	79.8	<b>Kr/h</b>	Normal
Andel lastbilar i trafiken	Vägverke t (2008)	0.161 5	0.17	0.178 5		Normal
Tidsvärde för en lastbil	Vägverke t (2008)	283	298	313	<b>Kr/h</b>	Normal
Andel tjänstebilar i trafiken	Vägverke t (2008)	0.095	0.1	0.105		Normal
Tidsvärde för tjänstebilar	Vägverke t (2008)	261.2 5	275	288.7 5	<b>Kr/h</b>	Normal

Tabell 3: Redovisning av andelen fordonstyp och kostnader för förseningar.

Ekvationer för att räkna fram kostnader för trafikförseningar på grund av drift-och underhåll samt räddningsaktioner finns redovisade i bilaga 4.

Utöver kostnader för trafikförsening, trafikolyckor har en annan kostnadsdrivare; kostnader för personskador. Dessa kostnader hade också tagits fram av Hawzheen Karim<sup>71</sup>:

Kostnadsdrivar e	Källa	Min	Genomsnitt	Max	Enhe t	Fördelnin g
Kostnad för 1 dödsfall i trafiken	Vägverke t (2008)	21,2	22,3	23,4	<b>Mkr</b>	Normal
Kostnad för 1 svår skada i trafiken	Vägverke t (2008)	394	414	435	<b>Tkr</b>	Normal
Kostnad för 1 lindrig skada i trafiken	Vägverke t (2008)	189	199	209	<b>Tkr</b>	Normal
Kostnad för egendomsskado r på grund av en trafikolycka.	Vägverke t (2008)	13,3	14	14,7	<b>Tkr</b>	Normal

Tabell 4: En redovisning av kostnader för skador i trafiken.

<sup>71</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

Kostnader för skador blir då väldigt stora om många omkommer i trafiken, och även vid svåra skador blir kostnaderna stora till samhället. Ekvationerna för att räkna samhällsekonomiska kostnader på grund av skador i trafiken redovisas i bilaga 3.

Dessa kostnader räknas fram genom att ta koefficienter för, bland annat, hur ofta påkörningsolyckor i räckan sker samt hur ofta avkörningsolyckor sker. Allvarlighetsgraden för dessa olyckor får också analyseras och sannolikheten för varje skadegrad får räknas fram vid påkörnings- och avkörningsolyckor. Koefficienter för påkörningsolyckor i olika räckestyper har redan tagits fram av Hawzheen Karim<sup>72</sup>.

För att göra denna statistiska analys så noggrann som möjligt behövs vissa begränsande faktorer. I detta fall har endast motorvägar och motortrafikleder med en skyltad hastighet av 100 till 120Km/h analyserats.

### **3.3.3.1 Framtagning av koefficienter för samhällsekonomiska kostnader**

För att räkna kostnader för personskador vid påkörningar av räckan och avkörningsolyckor behövs andelen påkörnings- och avkörningsolyckor som leder till olika typer av skador. Detta genomfördes genom att utföra en djupare statistisk analys av STRADA.

### **3.3.3.2 STRADA**

STRADA är en förkortning av Swedish Traffic Accident Data Acquisition<sup>73</sup>, och är ett informationssystem som lagrar data om olyckor och skador inom hela vägtransportsystemet. Informationen i STRADA härstämmer från polisen och sjukvården, och är rikstäckande sedan 2003. Anledning till varför det är både polisen och sjukvården som rapporterar de skador och olyckor som har skett är för att minska mörkertalet samt förbättra kvaliteten på datan. Då polisens bedömning om skadegraden kan skilja sig från sjukvårdens, kan användaren välja vilken information som är relevant beroende på studien.

### **3.3.3.3 Användning av STRADA**

#### **3.3.3.3.1 Steg 1 – Välj delsträcka**

Första steget i framtagningen av olycksrapporter från STRADA är att välja en delsträcka. Detta görs genom att först välja län eller kommun och sedan vilken väg som behövs för studien. Det är också möjligt att välja om det är en privat, statlig

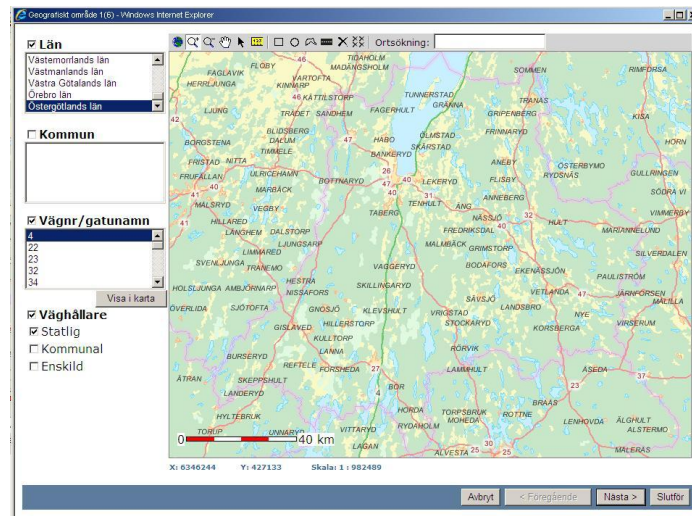
---

<sup>72</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

<sup>73</sup> Transportstyrelsen. Information om Strada. Sverige. 2013-01-25.

<http://www.transportstyrelsen.se/sv/vag/strada-informationsystem-for-olyckor-skador/>

eller enskild väghållare.



Figur 17: Första steget vid användning av STRADA.

För denna studie valdes 640Km av E4 mellan Helsingborg och Knivsta och 346Km av E6 mellan Helsingborg och den norska gränsen. De vägar valdes, enligt Hawzheen Karim<sup>74</sup>, på grund av att de är Sveriges mest trafikerade vägar.



Figur 18: Valda vägar att undersöka är markerade i röd.

### 3.3.3.3.2 Steg 2 – Välj tidsperiod och kategori

Tidsramen för denna studie valdes till 8 år, från början av 2005 till slutet av 2012. Kategorierna som undersöktes var endast olyckor. I denna studie valdes både polis

<sup>74</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.



och sjukvård.

Tidsperiod och kategori 2(6) - Windows Internet Explorer

Datum: 2005-01-01 - 2012-12-31

Tid: 00:00 - 00:00  Del av dag

Sök efter:

Olyckor  Personer

I hela databasen  Enligt underlag till officiell statistik

Visa olyckor/personer kända av:

Sjukvård  Polis

Både Sjukvård och Polis

Endast säker position

Sök med avseende på:

Ålder:

Kön:  Män  Kvinnor

Figur 19: Andra steget vid användningen av STRADA.

### 3.3.3.3.3 Steg 3 – Välj olyckstyp och fordonstyp

Eftersom det finns flera olika typer av olyckor är det nödvändigt att filtrera bort de som inte är meningsfulla till studien. Eftersom det endast är motorvägar och motortrafikleder med en hastighet över 90 km/h som studeras så valdes olyckor med cyklar, mopeder, fotgängare, spårvagnar och spårbundna fordon, traktorer, backande fordon, parkerade fordon, djur och övriga olyckor bort. Detta för att effektivisera statistikframtagning i det senare skedet.

Det kan påpekas att det var endast singelolyckor som undersöktes i denna studie, men övriga olyckstyper som sker på motorvägen behövs för att få fram ett noggrant statistiskt underlag.

Olyckstyp, trafiklement och inblandade 3(6) - Windows Internet Explorer

Olyckstyp

- S - Singel (motorfordon)
- M - Möte (motorfordon)
- O - Omkörning (motorfordon)
- U - Upphinnande (motorfordon)
- A - Avsvängande (motorfordon)
- K - Korsande (motorfordon)
- C - Cykel/Moped (motorfordon)
- F - Fotgängare (motorfordon)
- G - Fotgängare
- G - Cykel
- G - Moped
- J - Spårvagn
- J - Övriga Spårburna
- W - Älg
- W - Hjort/Rådjur
- W - Ren
- W - Vildsvin
- W - Annat Vilt
- V - Traktor
- V - Backning
- V - Parkerat fordon
- V - Djur
- V - Övrigt (Varia)

Trafikelementtyp

- Fotgängare
- Cykel
- Moped
- Motorcykel
- Personbil
- Lastbil
- Buss
- Övrigt

Trafikantroll

- Förare
- Passagerare
- Okänt

Olycksbeskrivning:

Figur 20: Tredje steget vid användningen av STRADA.

### 3.3.3.3.4 Steg 4 – Välj plats



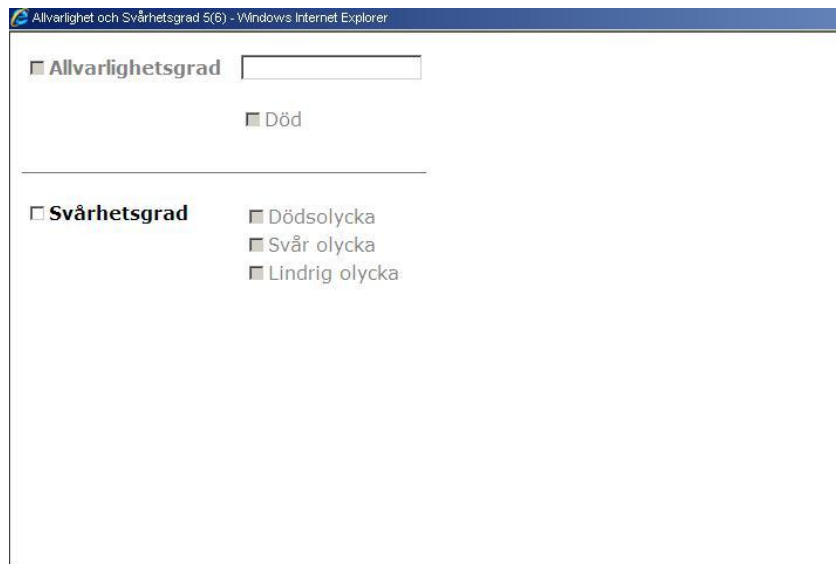
Eftersom det var motorvägar och motortrafikleder som undersöktes så valdes gång- och cykelbanor samt trottoarer bort. Övriga platstyper behölls.



Figur 21: Fjärde steget vid användningen av STRADA.

#### 3.3.3.3.5 Steg 5 – Välj allvarlighets/svårighetsgrad på olyckorna

För denna studie valdes alla svårighets- och allvarlighetsgrader. Detta för att sedan undersöka vilka olyckstyper som leder till de svåraste skadorna.

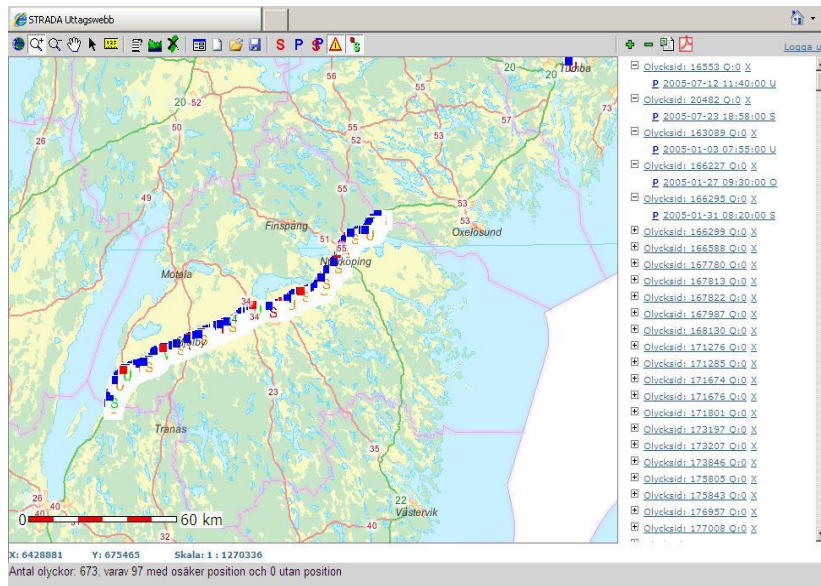


Figur 22: Femte steget vid användningen av STRADA.

#### 3.3.3.3.6 Steg 6 – Framtagning av statistik

Sista steget i framtagningen av olycksstatistik från STRADA är att få fram alla de olyckor inom de ramar som användaren har bestämt (delsträcka, platstyp,

fordonstyp, svårighetsgrad etc). Det visas tydligt på kartan var olyckorna har skett med en tillhörande olycksrapport från polisen.



Figur 23: Sista steget i framtagningen av statistik från STRADA

### 3.3.3.4 Begränsningar med STRADA

STRADA är en bra källa för framtagning av statistik för olika typer av olyckor och skador. Dock så har denna databas begränsningar kring hur tillförlitliga olycksrapporterna är, vilket baseras på att det finns skillnader mellan polisens och sjukvårdens rapportering av samma olycka. Detta kan bero på mänskliga fel i rapporteringen, eller att allvarlighetsgraden kan överskattas i vissa fall vid polisens ankomst, till att visa sig vara lindrigare senare när patienten anländer till sjukhuset. Det skiljer sig också i hur konsekventa vissa län är med rapportering av olyckor i STRADA. Detta gör felmarginalen större vid statistiskt framtagning.

För denna studie kan det också påpekas att medan viktiga detaljer såsom bland annat väglag, trafikanterna, svårighetsgrad etc rapporteras in i STRADA vid alla olyckor, saknas det information som är viktig för denna studie, nämligen, slänten på sidoområdet vid avkörningsolyckor. Eftersom datan för detta inte fanns med, blev det omöjligt att jämföra de samhällsekonomiska kostnaderna för olika slänter. Det ska då antas att slänten är 1:6 vilket är god standard enligt VU 94<sup>75</sup>. Dock så ska investering samt drift- och underhållskostnader jämföras för olika slänter.

### 3.3.3.5 Analys av statistikuttag från STRADA

Efter att ha sökt på alla olyckor på E4 mellan Helsingborg och Knivsta, samt E6 mellan Helsingborg och den norska gränsen under åren 2008 till 2012, var det totala antalet olyckor på sträckan enligt polisen 5123 st, och enligt sjukvården 5904 st. Antalet skadade på sträckan mellan 2008 och 2012 var 12228 st och 5903 st enligt polisen resp. sjukvården.

<sup>75</sup> Vägverket. *Vägförbättring 94*, VV Publikation 1994:049. Vägverket, Borlänge.

Polisen och sjukvården har olika metoder för rapportering av skadegrad och allvarlighetsgrad. Därför varierar antalet rapporterade skador mellan polisen och sjukvården. Polisen använder, vid bedömning av personskador, skadegradskategorier. Dessa skadegradskategorier är uppdelade i fyra kategorier:

- Oskadad
- Lindrigt skadad
- Svårt skadad
- Dödad

Polisen använder en liknande modell för bedömning av allvarlighetsgrad för olyckorna:

- Lindrig olycka
- Svår olycka
- Dödsolycka

Sjukvård använder sig av, vid bedömning av personskador, en bedömningsmall som delar upp skador i olika ISS intervaller (Injury Severity Score), och kan definieras som ett prognostiskt index för sannolikheten för överlevnad vid multipla skador<sup>76</sup>. Dessa är uppdelade på följande sätt:

- 0 (oskadad)
- 1 till 3 (lindriga skador)
- 4 till 8 (medelsvåra skador)
- 9 till 15 (svåra skador)
- 16 + (Dödad)

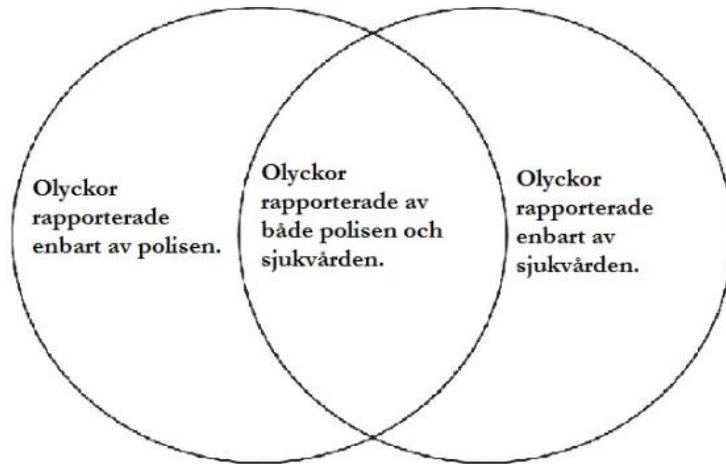
För denna studie var det då nödvändigt att konvertera alla skador rapporterade av polisen till ISS intervaller. Detta gjordes genom att konvertera på följande sätt:

Polisens skadegrad	ISS Intervall
Oskadad	0
Lindrigt skadad	1-8
Svårt skadad	9-15
Dödad	16 +

Tabell 5 – En tabell som visar konvertering av polisens skadegrad till ISS intervall.

Omräkning har skett genom att ta lindriga skador enligt polisen och gör att de tillhör ISS intervall 1-8 vilket är lindriga och medelsvåra skador. Sambandet mellan händelsförlopp som rapporterades av polisen och sjukvård kan förklaras med ett venndiagram.

<sup>76</sup> Transportstyrelsen – STRADA användarhandledning för uttagswebb version 1.3. Utdelningsår 2009.



Figur 24: Ett venndiagram som visar sambandet mellan händelseförloppen rapporterade av polisen och sjukvården.

Då både myndigheterna är inkonsekventa när det gäller rapporteringen av olyckor blir det nödvändigt att konvertera de personskador och olyckor som enbart är rapporterade av polisen till dess motsvarande ISS intervall. Detta redovisas nedan i tabellerna 6 till 16.

### 3.3.3.6 Tabeller för andelen olyckor och skador

Eftersom det fanns stora skillnader mellan antalet rapporterade skador och olyckor från polisen och sjukvården, var det nödvändigt att konvertera alla rapporterade händelser. Detta gjorde det möjligt att få fram en procentsats som visade skadegraden vid påkörnings- och avkörningsolyckor. För följande tabeller gäller:

MfKm: Miljon fordon kilometer. Detta innebär att på en viss sträcka, för varje 100 miljoner kilometer som körs på den (om det var 1km innebär det att det kräver 100 miljoner fordon att förbipassera sträckan) kommer det ske ett visst antal olyckor/skador på sträckan.

Trafikarbete: En koefficient som har tagits för den valda sträckan<sup>77</sup>. Det är antalet kilometer körda av transporter på den specifika sträckan under den valda tiden.

<sup>77</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

Olyckstyp	Trafik arbete 2008-2012 (100 MfKm)	Skade-och olycksfallsklassificering som gjorts av polisen				Skadeklassificering som gjorts av sjukvården				
		Oskadad	Lindriga skador	Svåra skador	Dödliga skador	1-3	4-8	9-15	16-	
		Antalet skador/olyckor								
Olycka	Påkörning med räcke	25071	2	142	17	3	50	4	2	1
	Avkörningsolyckor	24069	2	346	51	13	122	29	10	6
Skada	Påkörning med räcke	25071	3	201	21	21	70	8	2	1
	Avkörningsolyckor	24069	39	535	67	14	171	39	14	8
Summa	98280	46	1224	156	51	413	80	28	16	

Tabell 6: Trafikarbete och skador i samband med påkörningsolyckor i räckan och avkörningsolyckor.

ISS- Intervall	Skadegrad											
	Oskadad		Lindriga skador		Svåra skador		Dödliga skador		Data som saknas		Summa	
	Skador	%	Skador	%	Skador	%	Skador	%	Skador	%	Skador	%
0	88	33,08	754	19,87	62	10,47	0	0	15	30	919	19,35
1-3	174	65,41	2720	71,69	331	55,91	0	0	32	64	3257	68,57
4-8	4	1,50	243	6,40	81	13,68	0	0	2	4	330	6,95
9-15	0	0	60	1,58	64	10,81	1	2,08	0	0	125	2,63
16-	0	0	17	0,45	54	9,12	47	97,92	1	2	119	2,51
Summa	266	100	3794	100	592	100	48	100	50	100	4750	100

Tabell 7: Jämförelse av antalet skador i samma skadekategori respektiv ISS-intervall för olyckor rapporterade av polisen och sjukvården.

Skadegrad	Antal
Oskadad	26
Lindrig	288
Svårt	25
Död	13
Data missing	9

Tabell 8: Skador från avkörningsolyckor rapporterade enbart av polisen.

ISS intervall	Antal
0	72
1-3	243
4-8	22
9-15	8
16-	16

Tabell 9: Tabell som visar konvertering av skadegraden för avkörningsolyckor rapporterade enbart av polisen till ISS intervall.

ISS intervall	Antal
0	21
1-3	62
4-8	6
9-15	2
16-	0

Tabell 10: Skador från avkörningsolyckor rapporterade enbart av sjukvården.

ISS Intervall	Antal
0	93
1-3	305
4-8	28
9-15	10
16-	16

Tabell 11: Skador från avkörningsolyckor rapporterade av både polis och sjukvården.

Skadegrad	Antal
Oskadad	11
Lindrig	100
Svårt	9
Död	2
data missing	3

Tabell 12: Skador från påkörningsolyckor rapporterade enbart av polisen.

ISS intervall	Antal
0	25
1-3	87
4-8	7
9-15	3
16-	3

Tabell 13: Skador från påkörningsolyckor rapporterade enbart av polisen konverterat till ISS intervall.

ISS intervall	Antal
0	11
1-3	36
4-8	3
9-15	2
16-	0

Tabell 14: Skador från påkörningsolyckor rapporterade enbart av sjukvården.

ISS intervall	Antal
0	36
1-3	123
4-8	10
9-15	5
16-	3

Tabell 15: Skador från påkörningsolyckor rapporterade av både polisen och sjukvården.

Olyckstyp	Trafikarbete (100 MfKm)	Olyckstyp	Andel skador och olyckor				
			0	1-3	4-8	9-15	16-
Olyckor	250,71	Räckespåkörningar (Olyckor/100 MfKm)	0,136	0,279	0,012	0,004	0,008
		Avkörning (Olyckor/100MfKm)	0,220	0,607	0,100	0,025	0,050
Personskador	240,69	Räckespåkörningar (Skador/100 MfKm)	0,144	0,491	0,040	0,020	0,012
		Avkörning (Skador/100 MfKm)	0,386	1,267	0,116	0,042	0,066

Tabell 16: Trafikarbete och andel skador/olyckor orsakade av räckespåkörningar och avkörningar för perioden 2008-2012.

Det var siffrorna från tabell 16 som användes som underlag för framtagning av samhällsekonomiska kostnader för påkörnings- och avkörningsolyckor. Detta gjordes genom att använda ekvationerna som finns redovisade i bilagorna.

### 3.3.3.7 Begränsningar med statistiken

På grund av bristfällig data från STRADA kunde inte samhällsekonomiska kostnader för personskador orsakade av avkörningsolyckor räknas fram för alla släntlutningar. Men eftersom det endast var motorvägar och motortrafikleder med en skyltat hastighet av 100 km/h och mer, kunde antagandet om lutningen på sidoområdet göras till 1:6, vilket är en god standard<sup>i</sup> enligt VU94. Dock så kan det påpekas att störningar i trafiken på grund av unerhållsarbete på sidoområdet och avkörningsolyckor kommer att kunna räknas fram med bra noggrannhet.

### 3.3.3.8 Koefficienter och ekvationer för samhällsekonomiska kostnader

Koefficienter för de flesta samhällsekonomiska kostnader fanns redan med i den befintliga modellen. De nya koefficienter som togs fram för andelen skador och olyckor på grund av avkörnings- och påkörningsolyckor användes som underlag för beräkning av de samhällsekonomiska kostnaderna för olyckor och skador, samt trafikförseningar på grund av olyckor och räddningsarbeten. Eftersom ekvationerna var mycket omfattande presenteras de i bilaga 1.

### 3.4 Befintliga modellen

Den befintliga modellen jämförde livscykelkostnader av olika räkestyper på en sträcka<sup>78</sup>. Detta gjordes i samband med hans doktorsavhandling som skrevs 2011. I denna inventerade han alla räcken på samma sträckaa som användes som underlag i denna studie; E4 mellan Helsingborg och Uppsala och E6 mellan Helsingborg och norska gränsen. Med detta tog han fram och jämförde alla livscykelkostnader för betongräcken, vajerräcken och w-profilräcken.

### 3.5 Kompletterande information i modellen

Modellen har kompletterats genom att lägga till livscykelkostnader för sidoområdet. Den befintliga modellen kunde inte beräkna kostnaderna för sidoområdets livscykelkostnader, utan endast livscykelkostnaden för räcken. Detta har gjorts genom att lägga till alla ovanstående kostnader på ett sätt som automatiskt uppdateras när värdena infogas för slänten man vill ha samt fyllnadshöjden. Därmed infogas alla kostnader i modellen baserat på de kostnader för bland annat maskiner som finns inlagt i systemet.

### 3.6 Analyser och beräkningar

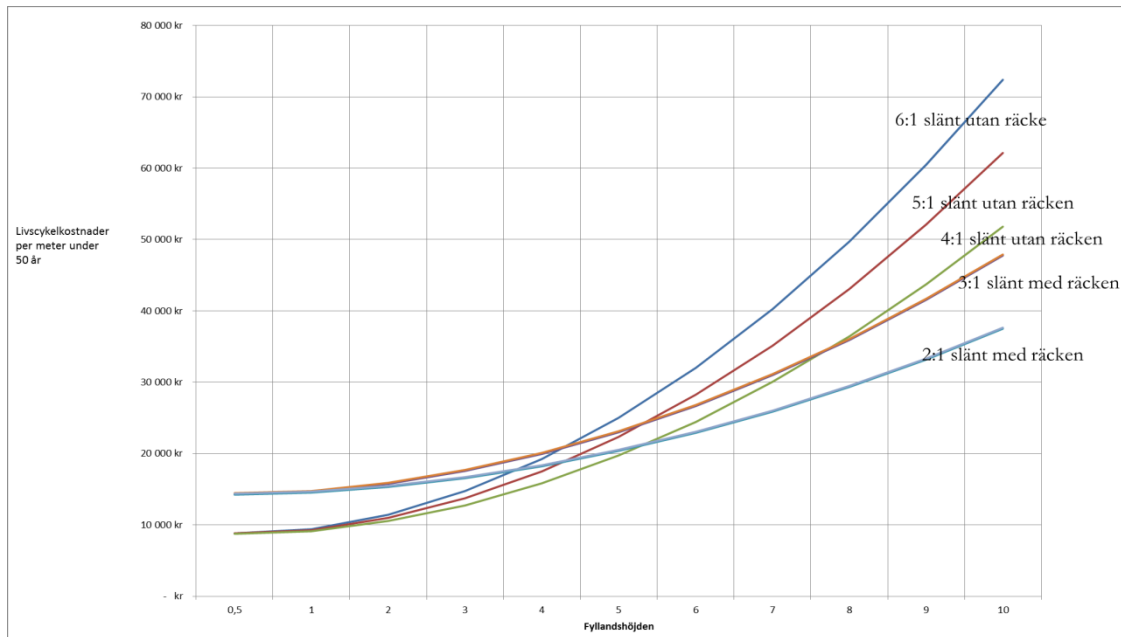
Analysen av modellen utfördes efter att alla koefficienter och kostnader framtogs och redovisades. För analysen gjordes flera antaganden. Markpriset som analyserades var den lägsta genomsnittspriset och det högsta. Det antogs också att berg och friktionsmaterial finns i produktionslinjen och materialinköp behövdes inte. Följande kostnader var alltså totala kostnader för varje meter väg under 50 år, investeringskostnader, drift- och underhållskostnader och samhällsekonomiska kostnader har alltså summerats för att få fram livscykelkostnader för olika sidoområden med och utan räcken.

Fyllnadshöjden	6:1 / Markpris 7,50kr	5:1 / Markpris 7,50kr	4:1 / Markpris 7,50kr	3:1 / Markpris 7,50kr	2:1 / Markpris 7,50kr	3:1 / Markpris 7,50 /	2:1 / Markpris 7,50kr /
	/ BERG i linjen / Fricionsmaterial behandlas / UTAN RÄCKE (Pris per meter för 50 år)	/ BERG i linjen / Frikionsmaterial behandlas / UTAN RÄCKE (Pris per meter för 50 år)	/ BERG i Linjen / Frikionsmaterial behandlas / UTAN RÄCKE / (Pris per meter för 50 år)	/ BERG i linjen / Frikionsmaterial behandlas / MED W BEAM / (Pris per meter för 50 år)	/ BERG i linjen / Frikionsmaterial behandlas / MED W BEAM / (Pris per meter för 50 år)	Berg i Linjen / Frikionsmaterial behandlas / MED VAJERRÄCKEN / (pris per meter för 50 år)	BERG i linjen / Frikionsmaterial behandlas / MED VAJERRÄCKEN / (pris per meter för 50 år)
0,5	8 848 kr	8 799,00 kr	8 760,00 kr	14 323,00 kr	14 265,00 kr	14 457,00 kr	14 400,00 kr
1	9 406 kr	9 276,00 kr	9 143,00 kr	14 655,00 kr	14 511,00 kr	14 790,00 kr	14 646,00 kr
2	11 451 kr	10 994,00 kr	10 536,00 kr	15 799,00 kr	15 311,00 kr	15 934,00 kr	15 446,00 kr
3	14 730 kr	13 741,00 kr	12 759,00 kr	17 586,00 kr	16 567,00 kr	17 721,00 kr	16 702,00 kr
4	19 245 kr	17 529 kr	15 820,00 kr	19 977,00 kr	18 248,00 kr	20 112,00 kr	18 383,00 kr
5	25 008 kr	22 367 kr	19 719,00 kr	23 009,00 kr	20 370,00 kr	23 144,00 kr	20 505,00 kr
6	32 001 kr	28 227 kr	24 455,00 kr	26 681,00 kr	22 914,00 kr	26 816,00 kr	23 049,00 kr
7	40 240 kr	35 139 kr	30 038,00 kr	30 993,00 kr	25 898,00 kr	31 128,00 kr	26 033,00 kr
8	49 725 kr	43 087 kr	36 452,00 kr	35 944,00 kr	29 322,00 kr	36 079,00 kr	29 457,00 kr
9	60 435 kr	52 079 kr	43 715,00 kr	41 536,00 kr	33 186,00 kr	41 671,00 kr	33 321,00 kr
10	72 399 kr	62 108 kr	51 817,00 kr	47 768,00 kr	37 490,00 kr	47 903,00 kr	37 625,00 kr

Tabell 17: Tabell som visar livscykelkostnader för olika slänter med och utan räcken. Tabellen visar priset per meter under 50år. Markpriset är 7,5kr per  $m^2$ .

<sup>78</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.





Figur 25: En graf som visar resultatet från Tabell 17.

Genom att hitta skärningspunkterna med en enkel matematiskt analys av funktionerna, framtofs följande resultat:

Enligt grafen har en 6:1 slänt utan räcken en lägre livscykelkostnad upp till en fyllnadshöjd av cirka 4,7 meter. Därefter blir en 2:1 slänt med räcken billigare. En 5:1 slänt utan räcken har en lägre livscykelkostnad upp till där fyllnadshöjden överstiger cirka 5,3 meter, därefter blir det billigare med en 2:1 slänt med räcken. För en 4:1 slänt är det lönsammare att installera räcken och ha en 2:1 slänt efter en fyllnadshöjd av cirka 6,3 meter.

För att beräkna graden till vilket kostnaderna ökar var det nödvändigt att ta fram funktioner för alla linjer i grafen, för att sedan ta derivatan av dessa.

$$f(x)_{6:1} = 624,09x^2 - 1121,2x + 9245,2 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (1)$$

$$f'(x)_{6:1} = 1248,18x - 1121,2 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (2)$$

$$f(x)_{5:1} = 523,19x^2 - 937,14x + 9132,8 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (3)$$

$$f'(x)_{5:1} = 1046,38x - 937,14 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (4)$$

$$f(x)_{4:1} = 422,34x^2 - 754,32x + 9026,8 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (5)$$

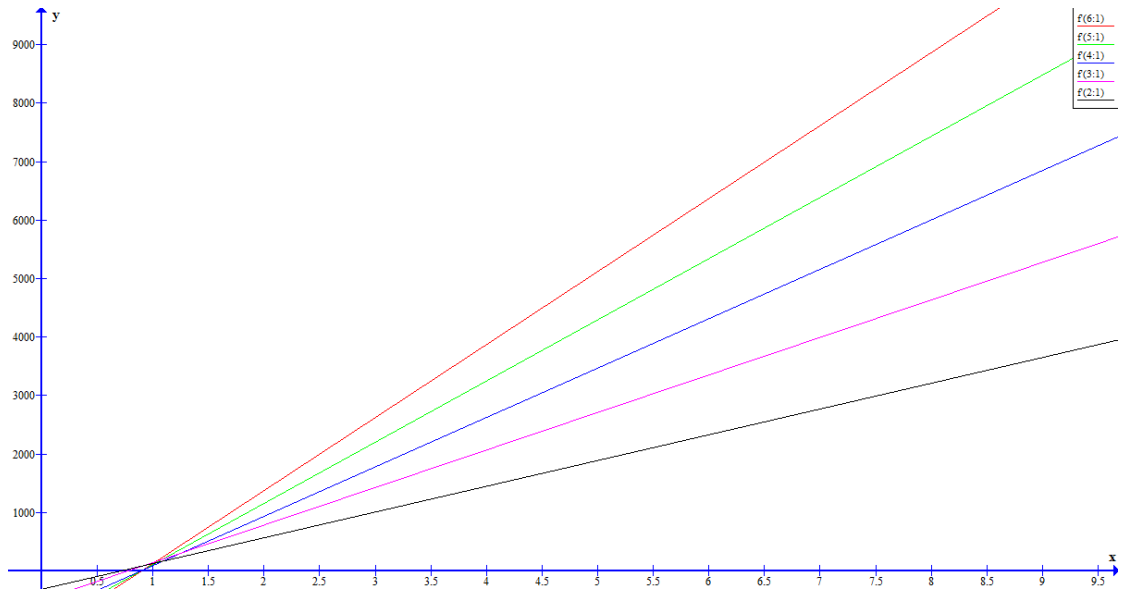
$$f'(x)_{4:1} = 844,68x - 754,32 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (6)$$

$$f(x)_{3:1} = 320,82x^2 - 498,01x + 14571 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (7)$$

$$f'(x)_{3:1} = 641,64x - 498,01 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (8)$$

$$f(x)_{2:1} = 220,19x^2 - 313,36x + 14439 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (9)$$

$$f'(x)_{2:1} = 440,38x - 313,36 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (10)$$



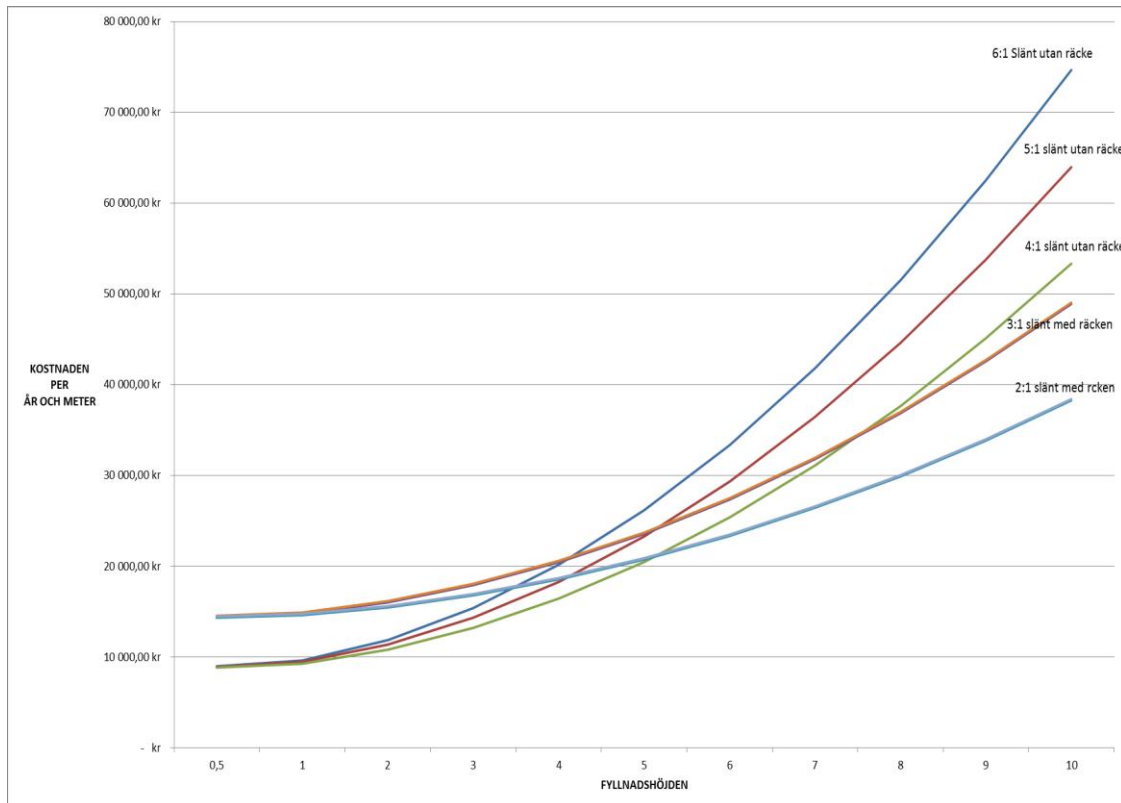
Figur 26: En graf som visar derivatan av resultaten som framtoogs i Tabell 17.

Det som visas i ovanstående figur är den takten i vilket priserna stiger för varje slänntyp med ökande fyllnadshöjder. Det som klagörs är att priset för en 6:1 slänt (den röda linjen) stiger snabbast medans en 2:1 slänt (den svarta linjen) stiger långsammast men har en högre startpunkt.

För att undersöka om markprisen påverkade resultatet analyserades modellen när markprisen bestämdes till 45kr per  $m^2$ .

	6:1 / Markpris 45kr / BERG i linjen / Friktionsmaterial behandlas / UTAN räcke (pris per meter för 50 år)	5:1 / Markpris 45kr / BERG i linjen / Friktionsmaterial behandlas / UTAN räcke (pris per meter för 50 år)	4:1 / Markpris 45kr / BERG i linjen / Friktionsmaterial behandlas / UTAN räcke (pris per meter för 50 år)	3:1 / Markpris 45kr / BERG i linjen / Friktionsmaterial behandlas / MED W- profil räcke (pris per meter för 50 år)	2:1 / Markpris 45kr / BERG i linjen / Friktionsmaterial behandlas / MED W- profil räcke (pris per meter för 50 år)	3:1 / Markpris 45kr / BERG i linjen / Friktionsmaterial behandlas / MED Vajerräcke (pris per meter för 50 år)	2:1 / Markpris 45kr / BERG i linjen / Friktionsmaterial behandlas / MED Vajerräcke (pris per meter för 50 år)
0,5	8 955,00 kr	8 893,00 kr	8 834,00 kr	14 379,00 kr	14 302,00 kr	14 514,00 kr	14 437,00 kr
1	9 629,00 kr	9 459,00 kr	9 289,00 kr	14 767,00 kr	14 586,00 kr	14 902,00 kr	14 721,00 kr
2	11 901,00 kr	11 367,00 kr	10 831,00 kr	16 024,00 kr	15 461,00 kr	16 159,00 kr	15 596,00 kr
3	15 404,00 kr	14 304,00 kr	13 205,00 kr	17 923,00 kr	16 792,00 kr	18 058,00 kr	16 927,00 kr
4	20 147,00 kr	18 281,00 kr	16 415,00 kr	20 427,00 kr	18 548,00 kr	20 562,00 kr	18 683,00 kr
5	26 130,00 kr	23 297,00 kr	20 465,00 kr	23 572,00 kr	20 745,00 kr	23 707,00 kr	20 880,00 kr
6	33 353,00 kr	29 354,00 kr	25 356,00 kr	27 356,00 kr	23 364,00 kr	27 491,00 kr	23 499,00 kr
7	41 816,00 kr	36 450,00 kr	31 086,00 kr	31 780,00 kr	26 423,00 kr	31 915,00 kr	26 558,00 kr
8	51 519,00 kr	44 587,00 kr	37 656,00 kr	36 844,00 kr	29 922,00 kr	36 979,00 kr	30 057,00 kr
9	62 462,00 kr	53 764,00 kr	45 066,00 kr	42 549,00 kr	33 861,00 kr	42 683,00 kr	33 996,00 kr
10	74 646,00 kr	63 980,00 kr	53 317,00 kr	48 893,00 kr	38 240,00 kr	49 028,00 kr	38 375,00 kr

Tabell 18: Tabell som visar livscykelkostnader för olika slänter med och utan räckan. Tabellen visar priset per meter under 50år. Markpriset är 45kr per  $m^2$ .



Figur 27: En graf som visar resultatet från Tabell 18.

Genom att hitta skärningspunkterna med en enkel matematiskt analys av funktionerna, framtofs följande resultat:

Enligt grafen har en 6:1 slänt utan räcken en lägre livscykelkostnad upp till en fyllnadshöjd av cirka 4,5 meter. Därefter blir en 2:1 slänt med räcken billigare. En 5:1 slänt utan räcken har en lägre livscykelkostnad upp till där fyllnadshöjden överstiger cirka 5,2 meter, därefter blir det billigare med en 2:1 slänt med räcken. För en 4:1 slänt är det lönsammare att installera räcken och ha en 2:1 slänt efter en fyllnadshöjd av cirka 6,2 meter.

För att beräkna graden till vilket kostnaderna ökar var det nödvändigt att ta fram derivatan av alla funktioner.

$$f(x)_{6:1} = 625,9x^2 - 922,87x + 9106 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (11)$$

$$f'(x)_{6:1} = 1251,8x - 922,87 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (12)$$

$$f(x)_{5:1} = 524,79x^2 - 773,12x + 9019,8 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (13)$$

$$f'(x)_{5:1} = 1049,58x - 773,12 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (14)$$

$$f(x)_{4:1} = 423,74x^2 - 624,02x + 8935,5 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (15)$$

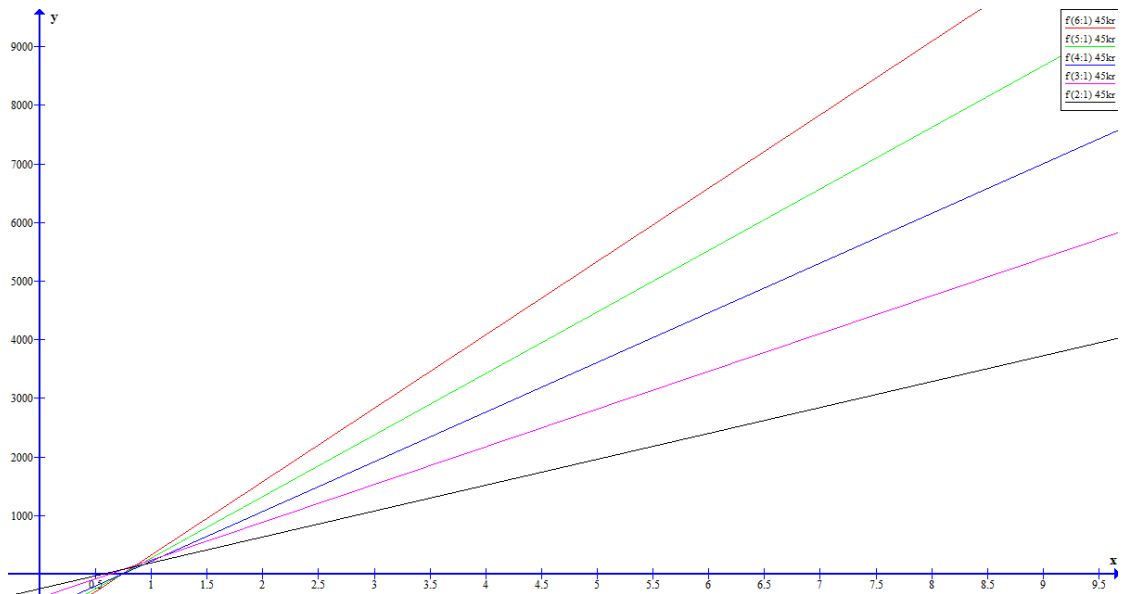
$$f'(x)_{4:1} = 847,48x - 624,02 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (16)$$

$$f(x)_{3:1} = 321,81x^2 - 399,99x + 14505 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (17)$$

$$f'(x)_{3:1} = 643,62x - 399,99 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (18)$$

$$f(x)_{2:1} = 220,84x^2 - 247,8x + 14394 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (19)$$

$$f'(x)_{2:1} = 441,68x - 247,7 \quad (0,5 \leq x \leq 10) \quad (20)$$



Figur 28: En graf som visar derivatan av tabell 18.

Det som visas i ovanstående figur är den takten i vilket priserna stiger för varje slänttyp med ökande fyllnadshöjder. Det som klargörs är att priset för en 6:1 slänt (den röda linjen) stiger snabbast medans en 2:1 slänt (den svarta linjen) stiger långsammast men har en högre startpunkt.

Det har visats att markpriset har en begränsad effekt på den totala livscykelkostnaden, och flera analyser av andra faktorer kommer att krävas för att hitta andra väsentligare faktorer som påverkar livscykelkostnaden. Dock så har fyllnadshöjden en stor betydelse för den totala livscykelkostnaden.'

## 4 Resultat och analys

### 4.1 Frågeställning 1

“Beskriv de nuvarande tekniska lösningar för sidoområdets utformning och de olika typer av räcken som används i Sverige”.

De nuvarande tekniska lösningarna för utformning av sidoområdet är både enkla och effektiva, och dokumentationen på detta är också omfattande. Sidoområdet brukar bestå av en slänt som är mellan 2:1 till 6:1, och beroende på den årsdygnstrafiken, skyltat hastighet och slänten kan en sidoräcke förekomma. Det finns tydliga regler och anvisningar för utformningen av sidoområdet. I dessa anvisningar tas det hänsyn till alla tänkbara faktorer så som vägtypen och årsdygnstrafiken. Den tydligaste avgränsningen är att en slänt som är brantare än 3:1 ska byggas med räcke. Annars brukar man kunna återta kontrollen över bilen vid en avkörning om slänten är flackare än 3:1.

De räcken som används vanligast som sidoräcken i Sverige är w-profil och vajerräcken. Betongräcken används oftast i mittområde i Sverige men kan förekomma som sidoräcke.

När en som projekterar vägar ska utforma sidoområdet är det då svårt att utforma det fel. Val av sidoräcken är däremot ett svårare val. De räckestyperna som studerades i denna studie har både styrkor och svagheter. En svaghet som de delar är påverkan på oskyddade trafikanter vid påkörningar. Alltså att motorcyklister brukar bli svårt skadade vid krock med sidoräcken. Båda sidoräckestyperna är lika i både investerings, drift- och underhållskostnader, så det blir oftast offerten från företag som avgör vilket sidoräcke som används på en sträcka.

De tekniska lösningarna för utformning av sidoområdet är alltså olika beroende på vilka krav slänten ska uppfylla angående frågor som dräneringsförmågan, stabiliteten och manövrerbarhet vid avkörning. Räcken kan installeras om det inte finns möjlighet till breda, flacka slänter.

### 4.2 Frågeställning 2

”Komplettera en befintlig matematisk modell<sup>79</sup> som har tagits fram, för beräkningar av livscykelkostnader för olika sidoområden.”

Modellen användes för att genomföra livscykelkostnadsanalyser för olika räckestyper. De räckestyperna som undersöktes var vajerräcken, w-profilräcken och betongräcken, eftersom det var mittområde som studerades, och betongräcken används ofta för att separera trafiken. I detta fall undersöktes inte betongräcken eftersom det är ovanligt att de används i Sverige på sidoområdet.

---

<sup>79</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

Det som lades till i modellen var funktionen för att jämföra livscykelkostnader för olika sidoområden, baserat på slänten samt förekomsten av räcken. Detta gjordes genom att ta fram matematiska funktioner för investeringskostnader, drift- och underhållskostnader samt samhällsekonomiska kostnader. Det var enklare att ta fram en matematisk funktion för beräkning av drift- och underhåll samt investeringskostnader än det var att ta fram samhällsekonomiska kostnader. Detta för att det finns noggranna siffror på hur mycket det kostar att bygga och underhålla vägar.

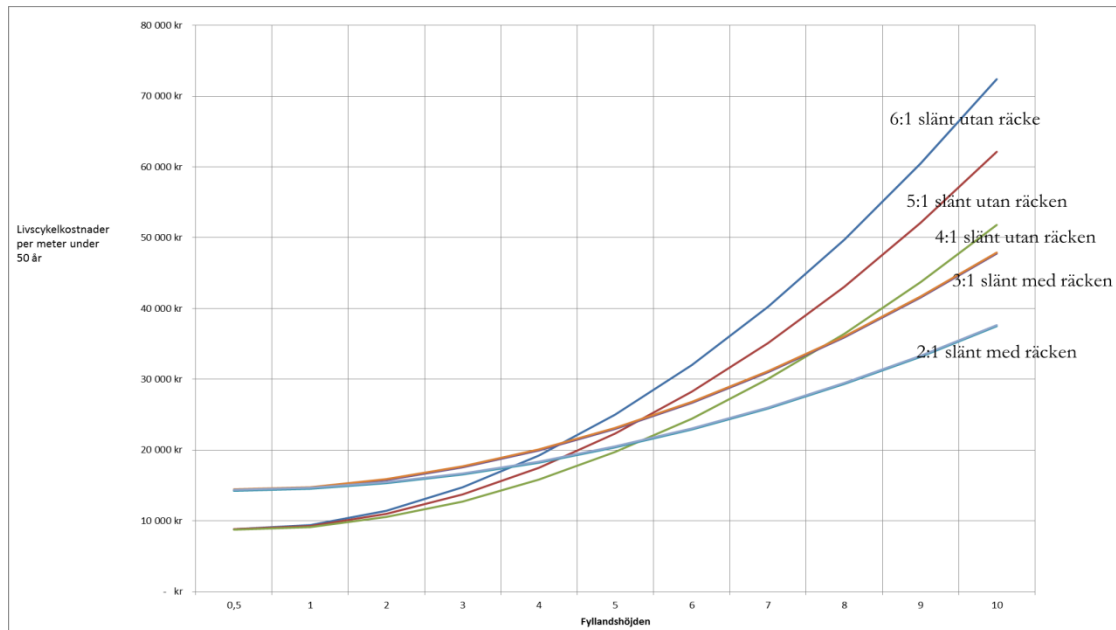
De samhällsekonomiska kostnaderna var svåra att ta fram eftersom det finns begränsat med information kring just hur mycket det kostar samhället för olika aktiviteter. Man kan också tillägga att de siffror som finns för hur mycket det kostar när olyckor sker och när trafiken står stilla är grova siffror med stor osäkerhet. Den avgränsande faktorn var att samhällsekonomiska kostnader för avkörning på olika slänter inte kunde beräknas eftersom den informationen inte fanns tillgänglig i STRADA.

### **4.3 Frågeställning 3**

”Beräkna och jämför livscykelkostnader för sidoområdet med räcken och utan räcken.”

För att beräkna livscykelkostnaderna för ett sidoområde måste allt som påverkar kostnader beaktas. För att jämföra livscykelkostnader för ett sidoområdet gjordes en djupare analys av modellen som togs fram i frågeställning 2.

Detta gjordes genom att mata in olika siffror för den valda slänten och fyllnadshöjden. Den valda slänten var mellan 6:1 till 2:1, och efter en slänt av 3:1 var modellen inställd att automatisk ta med kostnaderna för räcken, enligt anvisningar från VGU och VU94. De fyllnadshöjderna som beaktades var mellan 0,5 meter till 10 meter. Detta gjordes i kombination med en statistikprogram som tog en normalfördelning över alla koefficienter och kostnader till en spridning av  $\pm 5\%$  för att säkerställa matematisk precision i beräkningarna. Genom att mata in datan som framtoogs i en graf, framgick följande funktioner:



Figur 27: Grafen av resultaten.

För att få fram dessa siffror antogs att markpriset är 7,50kr per  $m^2$ , att berg fanns i linjen, och att friktionsmaterial skulle behandlas, vilket enligt Per Rhodin (PEAB) är det vanligaste fallet.

Enligt grafen har en 6:1 slänt utan räcken en mindre livscykelkostnad upp till en fyllnadshöjd av 4,72 meter. Därefter blir en 2:1 slänt med räcken billigare. En 5:1 slänt utan räcken har en mindre livscykelkostnad upp till där fyllnadshöjden överstiger cirka 5,3 meter, därefter blir det billigare med en 2:1 slänt med räcken. För en 4:1 slänt är det lönsammare att installera räcken och ha en 2:1 slänt efter en fyllnadshöjd av cirka 6,3 meter.

Det kan också noteras att eftersom de ingående värdena är grova blir resultatet också en grovt estimering.

En analys gjordes av andra fall, genom att exempelvis höja markpriset till 45kr per  $m^2$ , men skillnaden i resultatet blev oväsentligt. Detta visade att modellen fungerade samt att markpriset inte är en avgörande faktor utan det är fyllnadshöjden som avgör hur höga de eventuella livscykelkostnader kommer att vara.

## 5 Diskussion

### 5.1 Resultatdiskussion

Syftet med projektet var att öka trafiksäkerheten på sikt, genom att öka möjligheten att jämföra olika vägutformningar för att välja den utformning, som ger den optimala livscykelkostnaden. Målet var att komplettera en matematisk utformningsmodell som har tagits fram för identifiering av behovet för sidoräcken, utifrån bankhöjden och släntlutningen, baserat på livscykelkostnadsanalyser.

#### 5.1.1 Frågeställning 1

“Beskriv de nuvarande tekniska lösningar för sidoområdets utformning och de olika typer av räcken som används i Sverige”.

Resultatet av en djupare dokumentanalys på VGU och VU94 ger en bra förståelse av hur sidoområdet utformas utefter vissa krav på funktioner som sidoområdet ska uppfylla. Utifrån syftet var resultatet acceptabelt, eftersom detta var grundstenen i att kunna besvara frågeställningarna 2 och 3. Syftet var inte att förändra de nuvarande regler och anvisningar för utformningen av sidoområdet, eftersom de nuvarande reglerna är tillräckligt bra. Dock så var det att förbättra trafiksäkerheten på sikt, och genom att utföra en djupare dokumentanalys och därmed känna till reglerna för utformningen av sidoområdet, blev resultatet av frågeställning 2 och 3 mer precisa, eftersom utformningen av sidoområdet skedde i modellen enligt de reglerna som redan finns. Denna frågeställningen var då viktig att besvara för att uppfylla syftet och målet samt ger de grundläggande kunskaperna för att besvara frågeställning 2 och 3.

#### 5.1.2 Frågeställning 2

”Komplettera en befintlig matematisk modell<sup>80</sup> som har tagits fram för beräkningar av livscykelkostnader för olika sidoområden.”

Resultatet av detta var en färdig modell som kan beräkna livscykelkostnader för sidoområdet med alla möjliga slänter, samt med eller utan 2 olika räcken, w-profil och vajerräcken. Dock så är samhällsekonomiska kostnader för olika slänter mellan 4:1 och 6:1 identiska, eftersom informationen om antalet dödsolyckor för olika slänter inte fanns, och därmed blev koefficienter för andelen avkörningolyckor som ledde till lindriga, svåra eller dödliga skador samma för slänter mellan 4:1 och 6:1.

---

<sup>80</sup> Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.



Modellen är dock fullständig för investerings-samt drift-och underhållskostnader, och siffrorna för dessa kostnadsdrivare har tagits från tillförlitliga källor och anses därmed som noggrann. Denna frågeställning uppfyllde syftet eftersom den kommer att användas i Trafikverkets satsning på livscykelkostnadsanalyser för att förbättra standarden på vägarna samt göra den mer trafiksäkra, och därmed uppfylla nollvisionen som Trafikverket strävar efter. Den uppfyller också målet att komplettera den befintliga matematiska modellen.

### **5.1.3 Frågeställning 3**

”Beräkna och jämför livscykelkostnader för sidoområdet med räcken och utan räcken.”

Resultatet av dessa var exakt det som förväntades i början av projektet. Hela projektet gick ut på att hitta skärningspunkten, eller ”break even point” där det blev mer lönsamt efter en viss fyllnadshöjd, att installera vägräcken istället. Dock så kan det påpekas att markpriserna bara är genomsnittliga för norra, mellersta och södra Sverige, och att de kostnader gäller för åkermark och skogsmark. Detta antagandet gjordes för att projektörer och stadplanerare inte brukar bygga motorvägar i städer där markpriserna stiger exponentiellt. Resultaten skulle ändå se liknande ut oberoende av markpris (alltså samma form på grafen och liknande skärningspunkter). Det som skulle kunna påverka mycket är då brist på bergsmaterial, och behovet att köpa in det. Det skulle leda till skenande kostnader och kanske påverka slutresultat. De ingående värdena i modellen var grova och därmed blir resultatet en grov estimering av kostnaderna.

Syftet och målet uppfylldes fullständigt genom att besvara denna frågeställning.

## **5.2 Metoddiskussion**

För att genomföra detta projekt användes flera metoder såsom en litteraturstudie, en djupare dokumentanalys, muntliga källor (ej intervjuer), statistiska analyser och sedan en djupare analys av den framtagna modellen.

Problemet med dokumentanalysen är att hitta uppdaterade föreskrifter. Dock så visade det sig att ändringar i föreskrifterna genom åren var minimala, och mer ändringar gjordes med ordvalet och strukturering än med själva innehållet. En tydlig styrka med detta metodval är att, jämfört med en litteraturstudie, blir all information exakt och tillförlitlig.

Källorna för framtagning av vissa siffror för kostnadsdrivare var konsulter och ingenjörer på olika företag och myndigheter, främst Svevia, PEAB och Trafikverket. Trots deras tillförlitlighet finns det alltid en viss felmarginal med framtagning av siffror från muntliga källor, speciellt när det gäller kostnader. Först och främst kunde de kostnader som efterfrågades skilja sig mellan olika projekt, och de flesta av dessa kostnader är företagshemligheter, och därför var de siffror som framtoogs, enligt konsulterna själva, ”grova” eller ”ungefärliga” siffror. Trots det var kunskaperna från de inblandade konsulterna och ingenjörerna mycket användbara vid framtagningen av tillförlitliga resultat.

Framtagning av statistik från STRADA var en av de viktigaste delarna i framtagningen av tillförlitliga samhällsekonomiska kostnader. STRADA är en tillförlitlig källa men brister finns i uppbyggandet av databasen. Det finns flera luckor i själva databasen och det är inte alla län eller kommuner (främst de mindre) som rapporterar alla olyckor/skador i STRADA. Detta gör att det kan finnas en stor felmarginal i koefficienter som togs fram jämfört med verkligheten. Trots det är koefficienterna för andelen olyckor som leder till de olika skadetyperna exakta för de siffror som togs fram från STRADA. Det saknades också information om slänten på sidoområdet vid avkörning när det skedde en avkörningsolycka. Det skulle vara ett bra tillägg för att kunna jämföra hur farliga olika släntlutningar är vid avkörning. Ett förslag från VTI var att åka ut till flera platser där avkörningsolyckor hade lett till svåra olyckor och dödsolyckor, för att sedan mäta lutning på slänten för att kunna få fram pålitligare resultat.

Kraven på validitet och reliabilitet uppfylldes med bra marginal, eftersom det inte var mycket som kunde utföras bättre.

## 6 Slutsatser och rekommendationer

Syftet med projektet var att på sikt förbättra säkerheten på vägarna genom att forma sidoområdet på lämpligaste sätt. Målet med projektet var att komplettera en befintlig matematisk modell för att kunna jämföra sidoområden med och utan sidoräcken med olika släntlutningar. Med hjälp av en litteraturstudie, en djupare dokumentanalys, flera muntliga källor och en statistisk analys skapades ett underlag för rapporten.

### 6.1 Frågeställning 1

“Beskriv de nuvarande tekniska lösningar för sidoområdets utformning och de olika typer av räcken som används i Sverige”.

De föreskrifter som finns för att beskriva de nuvarande tekniska lösningarna för sidoområdets utformning är omfattande, men samtidigt enkla att förstå. De nuvarande föreskrifterna tar hänsyn till både kostnaderna för samhället och säkerheten för trafikanten. Det finns dock inga föreskrifter för vilken räckestyp som ska användas, utan bara när räcken skall installeras.

### 6.2 Frågeställning 2

”Komplettera en befintlig matematisk modell som har tagits fram, för beräkningar av livscykelkostnader för olika sidoområden.”

Den befintliga matematiska modellen används för att jämföra livscykelkostnader för olika räckestyper i mötesfria trafikleder. Den kompletterade modellen som har tagits fram kan nu jämföra olika sidoområden. Det som jämförs är bankslätten och fyllnadshöjden, samt förekomsten av räcken eller ej baserat på föreskrifter som analyserades i frågeställning 1.

### 6.3 Frågeställning 3

”Beräkna och jämför livscykelkostnader för sidoområdet med räcken och utan räcken.”

Efter en analys av den framtagna modellen i frågeställning 2, där olika slänter med olika fyllnadshöjder analyserades utifrån en livscykelkostnadsperspektiv, och där slänter med och utan räcken också jämfördes, kunde resultaten presenteras grafiskt och skärningspunkten där en flack slänt utan räcken har en högre livscykelkostnad än en brant slänt med räcken.

## **6.4 Rekommendationer**

Detta var det första steget i en satsning av Trafikverket för att utöka deras arbete med livscykelkostnadsanalyser. Arbete inom detta område kommer att fortsätta i framtiden tills dess att modellen har utvecklats nog så att den kan användas som beslutsunderlag för val av sidoområde vid projektering av vägar. En annan rekommendation för att underlätta arbetet inom detta område är att inkludera släntlutningen i STRADA vid avkörningsolyckor. Detta ger ett bra statistiskt underlag för att jämföra andelen skador och olyckor för olika släntlutningar. Detta är av intresse för allmänheten som vinner både på att ha säkrare vägar och en lägre livscykelkostnad för dem.

## 7 Referenser

Bo Bergman/Bengt Klefsjö. *Kvalitet från behov till användning*, 5.e upplagan. Studentlitteratur, Lund. ISBN 978 91 44 07825

Karim, Hawzheen. *Road design for future maintenance – Life cycle cost analyses for road barriers*. KTH. 2011. ISBN 1650-867X. Stockholm.

Vägverket. *Vägars gator och utformning*. VV Publikation 2004:80. Vägverket, Borlänge.

Vägverket, *Vägutformning 94*, VV Publikation 1994:049. Vägverket, Borlänge.

Ejvegård, Rolf. *Vetenskapligt Metod*. Student litteratur, 2003. ISBN 91-44-02763-X. Lund.

Larsson, Jörgen/Vadeby, Anna. *Förlåtande Sidoområden*, 2006. VTI Publikationer. Linköping.

Linder, Astrid/Kilian, Magnus. *Modeller för simulering av avakning mot vägens sidoområde*, 2006. VTI Publikationer. Linköping.

Sangö, Fredrik. *Utformning av trafiksäkra sidoområden*. 2009. Force Technology Sweden. Västerås.

ASHTO (2006) *Roadside Design Guide*. Washington DC: American Association of State and Highway Transportation Officials.

Transportstyrelsen – *STRADA användarhandledning för uttagswebb version 1.3*. Utdelningsår 2009.

Agriplant Ltd. Ditch maintenance. England. 2013-05-13  
[http://www.agriplantltd.com/ditch\\_maintenance.html](http://www.agriplantltd.com/ditch_maintenance.html)

Fastline equipment. Equipment. USA. 2013-05-17.  
<http://www.fastline.com/v100/2007-Dondi-GRM-60-SPIDER-Guardrail-Mower-US-DITCHER-DONDI-USA,-INC-SPARTANBURG-SC-equipment-detail-bbf1c198-9e8c-405b-a355-0ee870c92427.aspx>

Mlive. News. USA. 2013-04-08.  
[http://www.mlive.com/news/kalamazoo/index.ssf/2010/01/new\\_cable\\_barriers\\_increase\\_s\\_a.html](http://www.mlive.com/news/kalamazoo/index.ssf/2010/01/new_cable_barriers_increase_s_a.html)

Roadsbridges. Product spotlights. USA. 2013-04-08.  
<http://www.roadsbridges.com/safence-high-tension-cable-barrier>

Brookscon. Project history. USA. 2013-04-03. [www.brookscon.ca](http://www.brookscon.ca)

Birsta. Produktkatalogen. Sverige. 2013-04-21.

<http://www.birsta.eu/Produkter/Vagracken/Birsta-W3/>.

ATA systems. Produktkatalogen. Sverige. 2013-04-20

<http://www.ata.se/ata-hyr.aspx>

Bluesystems. Produktkatalogen. Sverige. 2013-04-22

[http://www.bluesystems.se/europe\\_index\\_sv.html](http://www.bluesystems.se/europe_index_sv.html).

Befab. Tjänster. Sverige. 2013-04-25.

<http://www.befab.se/Bergochgrusskrossning.htm>.

Transportstyrelsen. Information om Strada. Sverige. 2013-01-25.

<http://www.transportstyrelsen.se/sv/vag/strada-informationssystem-for-olyckor-skador/>

Rhodin, P (2013-04-08). Personlig kontakt. PEAB.

Sandberg, H (2013-04-11). Personlig kontakt. Trafikverket.

## **8 Bilagor**

- Bilaga 1 Ekvationer för samhällsekonomiska kostnaderna
- Bilaga 2 Kostnadsdrivare och kostnadsobjekt
- Bilaga 3 Kostnadsdrivare och kostnadsobjekt
- Bilaga 4 Kostnadsdrivare och kostnadsobjekt
- Bilaga 5 Kostnadsdrivare och kostnadsobjekt

## 8.1 Bilaga I

Cost objects	Activities	Equations	Equ. n.	Cost drivers	Descriptions
Socio-economic costs <sup>f</sup>	Socio-economic costs – cost for fatalities, injuries and property damages.	$ACFI_b = (CF \cdot Rf_b + CSI \cdot RSI_b + CMI \cdot RMI_b + CPD \cdot RPD_b) \cdot AADT \cdot (1 + TGF)^{n_{ac} - 1} \cdot BL \cdot 365 \cdot 10^{-9} \cdot DF$	18	ACFI	Cost for fatalities, injuries and property damage due to collisions with barrier type <i>b</i> during a certain year.
				CF	Cost for one fatality.
				RF	Rate of fatality measured in number of fatalities per 100 Mvkm.
				CSI	Cost for one severe injury.
				RSI	Rate of severe injuries measured in number of injuries per 100 Mvkm.
				CMI	Cost for one mild injury.
				RMI	Rate of mild injuries measured in number of injuries per 100 Mvkm.
				CPD	Cost for one property damage.
				RPD	Rate of property damages measured in number of property damages per 100 Mvkm.
				AADT	Annual average daily traffic during first year of the life-cycle.
				TGF	Annual traffic growth factor.
				$n_{ac}$	The year for which ACFI is calculated.
				$n_b$	First year of the life-cycle.
				BL	Barrier length.
				DF	Discount factor.
Socio-economic costs – cost for traffic delays <sup>g</sup>		$CTD_{a,b} = D_{ac} \cdot \frac{AAHT_{a,b}}{ND_{a,b}} \cdot (1 + TGF)^{n_{ac} - 1} \cdot BL \cdot TR_{a,b} \cdot NO_{a,b} \cdot \left[ \frac{PC \cdot RDC \cdot (POC \cdot TVO + PPC \cdot TYP)}{PPC \cdot TYP} + PL \right] \cdot TVL$	19	CTD D AAHT	Costs for traffic delays due to activity <i>ac</i> for barrier <i>b</i> during a certain year. Number of road directions in which activity <i>ac</i> is performed. Annual average hourly traffic during first year of the life-cycle.
				$n_s$	Activity time span (i.e., time during the day) <sup>1</sup> .
				ND	Number of road directions where the speed is reduced (either one or two directions)
				TGF	Annual traffic growth factor.
				$n_{ac}$	The year for which ACFI is calculated.
				$n_b$	First year of the life-cycle.
				BL	Barrier length.
				TR	Time required for performance of the activity <i>ac</i> along one kilometre of barrier.
				NO	Number of occasions per year.
				PC	Proportion of cars in traffic.
				RDC	Reservation degree of a car (i.e., average number of persons per car).
				POC	Proportion of official cars in traffic.
				TVO	Time value for a user of an official car.
				PPC	Proportion of private cars in traffic.
				TYP	Time value for a private car user.
				PL	Proportion of lorries in traffic.
				TVL	Time value for a lorry driver.
				LRS	Length of the road segment with reduced speed.
				DF	Discount factor.
				ITT	Increases in travel time for road users.
				SPS	Speed past collisions sites or past working site during performance of activity <i>ac</i> ;
				PS	Posted speed limit.
		$ITT_{ac} = \frac{L}{SPS_{ac}} - \frac{L}{PS}$	20		



## 8.2 Bilaga 2

Cost objects	Activity	Cost drivers	Data source	Values			Unit	Distribution
				Min	mean	Max		
Investment	Design	Time required for barrier design, cable barrier.	Consultants	8	700	16	hr	Uniform
		Design time cost, cable barrier.	Consultants	600	700	800	SEK/hr	Triangle
	Time required for barrier design, w-beam barrier.	Consultants	8	700	16	hr	Uniform	
	Design time cost, w-beam barrier.	Consultants	600	700	800	SEK/hr	Triangle	
	Time required for barrier design, concrete barrier.	Consultants	8	700	16	hr	Uniform	
	Design time cost, concrete barrier.	Consultants	600	700	800	SEK/hr	Triangle	
	Barrier installation	Acquisition and installation costs for one meter of cable barrier	Contractors	190	200	210	SEK	Triangle
		Acquisition and installation costs for one meter of w-beam barrier	Contractors	450	470	490	SEK	Triangle
	Reflector installation	Acquisition and installation costs for one meter of concrete barrier	Contractors	918	1020	1120	SEK	Triangle
			Contractors	190	200	210	SEK	Triangle
Distance between reflectors, cable b.		Producers	57	25	63	m	Triangle	
Acquisition cost for one reflector.		Producers	0.025	60	0.05	SEK	Uniform	
Time required for installation of one reflector, cable b.		Contractors	0.025	25	0.05	hr	Uniform	
Distance between reflectors, w-beam b.		Producers	57	60	63	m	Triangle	
Acquisition cost for one reflector, w-beam b.		Producers	0.025	50	0.05	SEK	Uniform	
Time required for installation of one reflector, w-beam b.		Contractors	0.025	50	0.05	hr	Uniform	
Distance between reflectors, concrete b.		Producers	47.5	50	52.5	m	Triangle	
Acquisition cost for one reflector, concrete b.		Producers	0.025	1	0.05	SEK	Uniform	
Time required for installation of one reflector, concrete.	Contractors	0.025	1	0.05	hr	Uniform		
Number of service vehicles required for reflector installation.	Contractors	1	1	1	unit	Uniform		
Cost for one service vehicle with driver.	Contractors	300	400	550	SEK/hr	Normal		
Earth support installation	Distance between earth supports, cable b.	Producers	1000	1000	1000	m	Triangle	
		Bids	8550	9000	9450	SEK	Triangle	
	Acquisition and installation costs for one earth support, cable b.	Project descriptions	8650	12500	9550	m	Triangle	
	Distance between barrier openings, w-beam b.	Bids	9100	9100	9550	SEK	Triangle	
Acquisition and installation costs for one barrier ends/earth support, w-beam b.	Project descriptions	12500	12500	12500	m	Triangle		
	Bids	9100	9100	9550	SEK	Triangle		
Distance between barrier openings, concrete b.	Project descriptions	178500	178500	178500	m	Triangle		
	Bids	161500	170000	178500	SEK	Triangle		
Acquisition and installation costs for one barrier end, concrete b.	Project descriptions	2164	2278	2302	SEK/m <sup>2</sup> km	Normal		
	Bids	871	917	962	SEK/m <sup>2</sup> km	Normal		
Maintenance	Barrier repair	Average repair cost, cable b.	(Karim et al 2010a)	2164	2278	2302	SEK/m <sup>2</sup> km	Normal
		Average repair cost, w-beam b.	(Karim et al 2010a)	871	917	962	SEK/m <sup>2</sup> km	Normal

8.3 Bilaga 3

Cost objects	Activity	Cost drivers	Data source	Values			Unit	Distribution	
				Min	mean	Max			
Reflector cleaning	Average repair cost, concrete b.	Reflector cleaning occasions. Number of TMA-trucks, reflector cleaning. Cost for one TMA-truck with driver. Number of service vehicles with washing aggregate. Cost for one service vehicle with washing aggregate. Time required for cleaning of reflectors, cable b. Time required for cleaning of reflectors, w-beam b. Time required for cleaning of reflectors, concrete b.	(Karim et al 2010a)	Contractors	2			SEK/M <sup>2</sup> km	
				Contractors	1			occasions/year	
				Contractors	700	850		SEK/hr	Normal
				Contractors	1			unit	
				Contractors	520	600	670	SEK/hr	Normal
				Contractors	0.017	0.025	0.033	hr	Uniform
				Contractors	0.017	0.025	0.033	hr	Uniform
				Contractors	0.017	0.025	0.033	hr	Uniform
				Contractors	0.017	0.025	0.033	hr	Uniform
				Contractors	0.017	0.025	0.033	hr	Uniform
Tension adjustment	Tension adjustment occasions, cable b. Distance between cable joints. Number of TMA-trucks, tension adjustments. Number of service vehicle, tension adjustments. Time required for tension adjustment at one joint. Cost for one TMA-truck with driver. Cost for one service vehicle with driver.	Tension adjustment occasions, cable b. Distance between cable joints. Number of TMA-trucks, tension adjustments. Number of service vehicle, tension adjustments. Time required for tension adjustment at one joint. Cost for one TMA-truck with driver. Cost for one service vehicle with driver.	(Karim et al 2010a)	Contractors	3rd year			m	
				Producers	250			unit	
				Contractors	4			unit	
				Contractors	1			unit	
				Contractors	0.42	0.5	0.58	hr	Triangle
				Contractors	550	700	850	SEK/hr	Normal
				Contractors	300	400	550	SEK/hr	Normal
				Contractors	300	400	550	SEK/hr	Normal
				Contractors	300	400	550	SEK/hr	Normal
				Contractors	300	400	550	SEK/hr	Normal
Earth supports scavenging	Scavenging occasions per year. Distance between earth supports. Number of TMA-truck, scavenging. Cost for one TMA-truck with driver. Number of service vehicles with driver and scavenging aggregate. Cost for one service vehicle for scavenging. Time required for scavenging of one earth support. Reduced speed due to scavenging.	Scavenging occasions per year. Distance between earth supports. Number of TMA-truck, scavenging. Cost for one TMA-truck with driver. Number of service vehicles with driver and scavenging aggregate. Cost for one service vehicle for scavenging. Time required for scavenging of one earth support. Reduced speed due to scavenging.	(Vagverket 2010)	Contractors	1	1000		occasions/year	
				Producers	1	1000		m	
				Contractors	2			unit	
				Contractors	700	850		SEK/hr	Normal
				Contractors	1			unit	
				Contractors	520	600	670	SEK/hr	Normal
				Contractors	0.16	50	0.33	hr	Uniform
				Contractors	0.16	50	0.33	hr	Uniform
				Contractors	0.16	50	0.33	hr	Uniform
				Contractors	0.16	50	0.33	hr	Uniform
Sweeping	Sweeping occasions per year. Number of TMA-trucks, sweeping. Cost for one TMA-truck with driver. Number of sweeping vehicles. Cost for one sweeping vehicle with driver. Time required for sweeping along one km barrier.	Sweeping occasions per year. Number of TMA-trucks, sweeping. Cost for one TMA-truck with driver. Number of sweeping vehicles. Cost for one sweeping vehicle with driver. Time required for sweeping along one km barrier.	(Vagverket 2008)	Contractors	1			occasions/year	
				Contractors	1			unit	
				Contractors	700	850		SEK/hr	Normal
				Contractors	1			unit	
				Contractors	520	600	670	SEK/hr	Normal
				Contractors	0.25	0.33	0.41	hr	Triangle
				Contractors	0.25	0.33	0.41	hr	Triangle
				Contractors	0.25	0.33	0.41	hr	Triangle
				Contractors	0.25	0.33	0.41	hr	Triangle
				Contractors	0.25	0.33	0.41	hr	Triangle
Socio-economic	Costs due to injuries and fatalities	Cost for one fatality. Cost for one severe injury. Cost for one mild injury. Cost for one property damage. Rate of fatal injuries concrete b. Rate of severe injuries, concrete b.	(Vagverket 2008)	Contractors	21204950	22321000	23437060	SEK	Normal
				Contractors	393965	4147000	43545	SEK	Normal
				Contractors	189050	199000	208950	SEK	Normal
				Contractors	13300	14000	14700	SEK	Normal
				Contractors	0.0095	0.0100	0.0105	inj/100 M <sup>2</sup> km	Normal
				Contractors	0.0485	0.0510	0.0536	inj/100 M <sup>2</sup> km	Normal
				Contractors	0.0485	0.0510	0.0536	inj/100 M <sup>2</sup> km	Normal
				Contractors	0.0485	0.0510	0.0536	inj/100 M <sup>2</sup> km	Normal
				Contractors	0.0485	0.0510	0.0536	inj/100 M <sup>2</sup> km	Normal
				Contractors	0.0485	0.0510	0.0536	inj/100 M <sup>2</sup> km	Normal

## 8.4 Bilaga 4

Cost objects	Activity	Cost drivers	Data source	Values			Unit	Distribution
				Min	mean	Max		
Costs for traffic delay due to maintenance activities and repairs		Rate of mild injuries, concrete b.	(Karim et al 2010b)	1.8563	1.9540	2.0517	inj/100 Mvkm	Normal
		Rate of property damage, concrete b.	(Karim et al 2010b)	0.4171	0.4390	0.4610	dam/100 Mvkm	Normal
		Rate of fatal injuries, cable b.	(Karim et al 2010b)	0.0523	0.0550	0.0578	inj/100 Mvkm	Normal
		Rate of severe injuries, cable b.	(Karim et al 2010b)	0.0808	0.0850	0.0893	inj/100 Mvkm	Normal
		Rate of mild injuries, cable b.	(Karim et al 2010b)	2.5897	2.7260	2.8623	inj/100 Mvkm	Normal
		Rate of property damage, cable b.	(Karim et al 2010b)	1.1999	1.2630	1.3262	dam/100 Mvkm	Normal
		Rate of fatal injuries, w-profile b.	(Karim et al 2010b)	0.0513	0.0540	0.0567	inj/100 Mvkm	Normal
		Rate of severe injuries, w-profile b.	(Karim et al 2010b)	0.0466	0.0490	0.0515	inj/100 Mvkm	Normal
		Rate of mild injuries, w-profile b.	(Karim et al 2010b)	1.6530	1.7400	1.8270	inj/100 Mvkm	Normal
		Rate of property damage, w-profile b.	(Karim et al 2010b)	0.5140	0.5410	0.5681	dam/100 Mvkm	Normal
		Rate of collisions with fatal injuries, concrete b.	(Karim et al 2010b)	0.0228	0.0240	0.0252	col/100 Mvkm	Normal
		Rate of collisions with severe injuries, concrete b.	(Karim et al 2010b)	0.0456	0.0480	0.0504	col/100 Mvkm	Normal
		Rate of collisions with mild injuries, concrete b.	(Karim et al 2010b)	1.4393	1.5150	1.5908	col/100 Mvkm	Normal
		Rate of collisions with property damage, concrete b.	(Karim et al 2010b)	0.1824	0.1920	0.2016	col/100 Mvkm	Normal
		Rate of collisions with fatal injuries, cable b.	(Karim et al 2010b)	0.0418	0.0440	0.0462	col/100 Mvkm	Normal
		Rate of collisions with severe injuries, cable b.	(Karim et al 2010b)	0.0618	0.0650	0.0683	col/100 Mvkm	Normal
		Rate of collisions with mild injuries, cable b.	(Karim et al 2010b)	1.9513	2.0540	2.1567	col/100 Mvkm	Normal
		Rate of collisions with property damage, cable b.	(Karim et al 2010b)	0.5204	0.6530	0.6857	col/100 Mvkm	Normal
		Rate of collisions with fatal injuries, w-beam	(Karim et al 2010b)	0.0447	0.0470	0.0494	col/100 Mvkm	Normal
		Rate of collisions with severe injuries, w-beam b.	(Karim et al 2010b)	0.0409	0.0430	0.0452	col/100 Mvkm	Normal
Rate of collisions with mild injuries, w-beam b.	(Karim et al 2010b)	1.2388	1.3040	1.3692	col/100 Mvkm	Normal		
Rate of collisions with property damage, w-beam b.	(Karim et al 2010b)	0.2508	0.2640	0.2772	col/100 Mvkm	Normal		
Reservation degree of a car.	(Vägverket 2008)	1.6245	1.71	1.7955	pers/vehicle	Normal		
Proportion of official cars in traffic.	(Vägverket 2008)	0.095	0.1	0.105		Normal		
Time value for a private car user.	(Vägverket 2008)	261	275	289	SEK/hr	Normal		
Proportion of private cars in traffic.	(Vägverket 2008)	0.855	0.9	0.945		Normal		
Time value for a lorry driver.	(Vägverket 2008)	283	298	313	SEK/hr	Normal		
Length of road segment with reduced speed during rescuing and towing activities.	Contractors	300	1150	2000	m	Uniform		
Repair rate, cable b.	(Karim et al 2010a)	0.19	0.2	0.21	Rep/Mvkm	Normal		
Repair rate, w-beam b.	(Karim et al 2010a)	0.076	0.08	0.084	Rep/Mvkm	Normal		
Repair rate, concrete b.	(Karim et al 2010a)	0	0		Rep/Mvkm	Normal		
Time required for one barrier repair, cable b.	(Karim et al 2010a)	0.5	3	8	hr	Normal		
Time required for one barrier repair, w-beam b.	(Karim et al 2010a)	0.5	3.5	8	hr	Normal		
Speed past barrier repair sites, along 200 m of the traffic management.	(Vägverket 2010)	90	90	95	km/hr	Triangle		
Speed past barrier repair sites, along 100 m of the traffic management.	(Vägverket 2010)	70	70	74	km/hr	Triangle		
Speed past barrier repair sites, along 150 m of the traffic management.	(Vägverket 2010)	47	50	53	km/hr	Triangle		



## 8.5 Bilaga 5

Cost objects	Activity	Cost drivers	Data source	Values			Unit	Distribution
				Min	mean	Max		
		Speed past working sites, sweeping activities.	(Vägverket 2010)	66	70	74	km/hr	Triangle
		Speed past working sites, tension adjustment activities.	(Vägverket 2010)	47	50	53	km/hr	Triangle
		Speed past working sites, scavenging activities.	(Vägverket 2010)	47	50	53	km/hr	Triangle
		Speed past working sites, reflector cleaning activities.	(Vägverket 2010)	66	70	74	km/hr	Triangle
		Speed past barrier collision sites involving fatal injuries.	Contractors		1		km/hr	
		Speed past barrier collision sites involving severe injuries.	Contractors		1		km/hr	
		Speed past barrier collision sites involving mild injuries.	Contractors	1		50	km/hr	Uniform
		Speed past barrier collision sites involving property damages.	Contractors	1		50	km/hr	Uniform
		Number of directions with reduced speed, scavenging.	(Vägverket 2010)		2		direction	
		Number of directions with reduced speed, tension adj.	(Vägverket 2010)		2		direction	
		Number of directions with reduced speed, sweeping.	(Vägverket 2010)		1		direction	
		Number of directions with reduced speed, barrier repair.	(Vägverket 2010)		2		direction	
		Number of directions with reduced speed, reflector cleaning.	(Vägverket 2010)		1		direction	
		Number of directions for performance of scavenging.	(Vägverket 2010)		1		direction	
		Number of directions for performance of tension adj.	(Vägverket 2010)		1		direction	
		Number of directions for performance of sweeping.	(Vägverket 2010)		2		direction	
		Number of directions for performance of barrier repair.	(Vägverket 2010)		1		direction	
		Number of directions for performance of reflector cleaning.	(Vägverket 2010)		2		direction	
		Average annual hourly traffic between 9:00 - 15:00 during first year of the barrier service life.	Project descriptions		806		vehicle	
		Average annual hourly traffic between 06:00 - 18:00 during first year of the barrier service life.	Project descriptions		930		vehicle	
		Length of the road segment with reduced speed, barrier repairs.	(Vägverket 2010)		450		m	
		Length of the road segment with reduced speed, rescuing and towing.	(Vägverket 2010)		400		m	
		Length of the road segment with reduced speed, reflector cleaning.	(Vägverket 2010)		200		m	
		Length of the road segment with reduced speed, sweeping.	(Vägverket 2010)		200		m	
		Length of the road segment with reduced speed, tension adjustment.	(Vägverket 2010)		450		m	
		Length of the road segment with reduced speed, scavenging.	(Vägverket 2010)		450		m	
General data								
		Interest rate.	(Vägverket 2008)		4%			
		Annual traffic growth factor.	Project descriptions		2%			
		Barrier length.	Project descriptions		100000		m	
		AA DT during first year of the barrier service life.	Project descriptions	13950	15000	16050	vehicle	Normal
		Posted speed limit.	Project description		100		km/hr	

Note: Mvkm is the abbreviation of million vehicle kilometre

