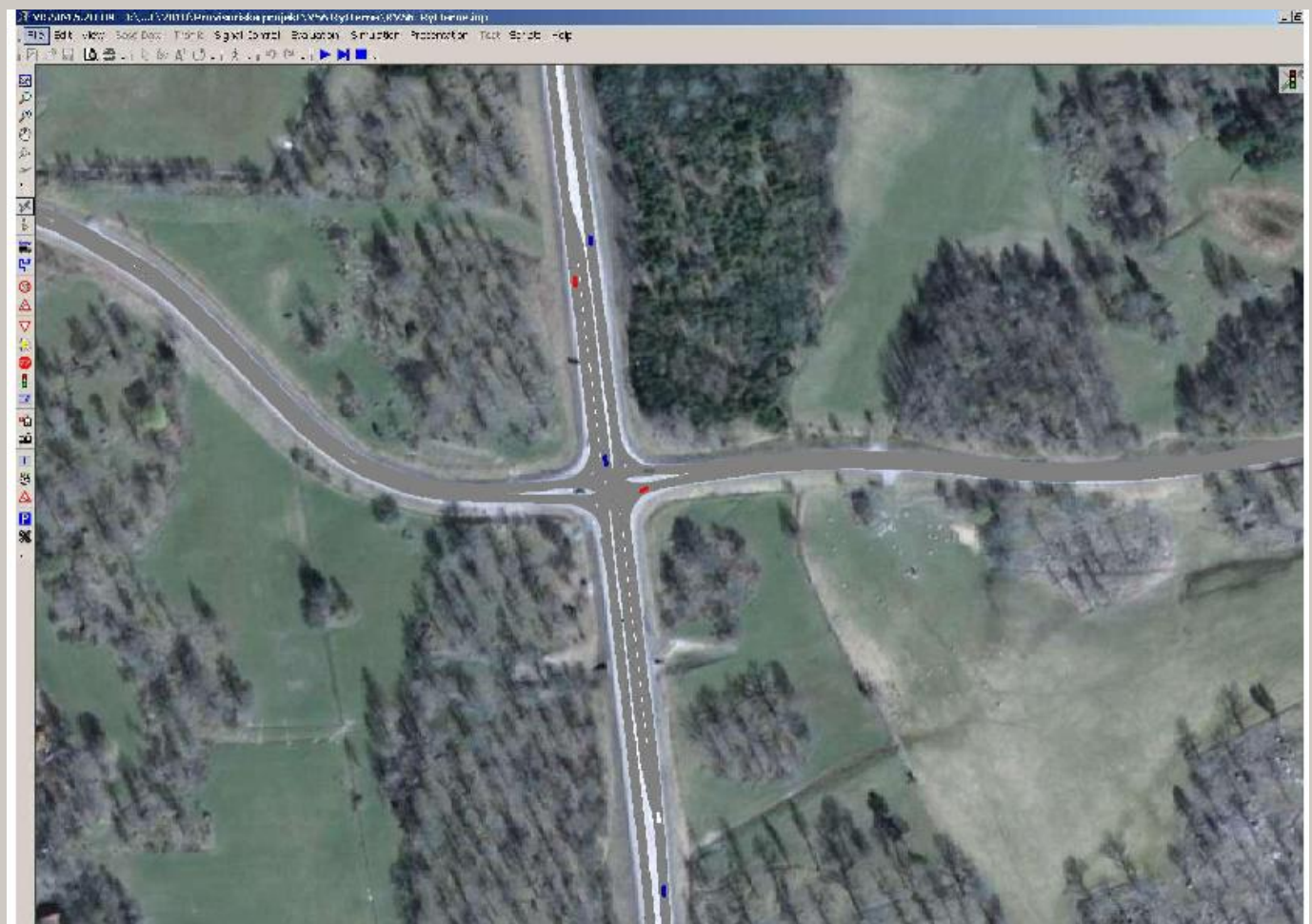


RAPPORT

Simulering av variabel hastighet i korsning



Dokumenttitel: Simulering av variabel hastighet i korsning

Skapat av: Johnny Alf

Dokumentdatum: 2011-03-08

Dokumenttyp: Rapport

DokumentID:

Ärendenummer: [Ärendenummer]

Projektnummer: [Projektnummer]

Version: 0.5

Publiceringsdatum: 2011-03-29

Publikationsnummer: 2011:063

ISBN: 978-91-7467-128-5

Utgivare: Trafikverket

Kontaktperson: Johnny Alf

Uppdragsansvarig: Johnny Alf

Tryck: Trafikverket

Distributör: Trafikverket, 781 89 Borlänge, telefon: 0771-921 921

Förord

Trafikverket gav Ramböll Sverige AB i uppdrag att genomföra en simuleringsstudie av variabel hastighet i korsning för att undersöka mera om vilka effekter åtgärden ger. Uppdragsledare hos Trafikverket var Johnny Alf vid ITS-sektionen och uppdragsledare hos Ramböll Sverige AB var Svante Berg. Johan Wahlstedt och Anders Sjöholm vid Ramböll Sverige AB har genomfört körningarna av simuleringen.

Innehåll

Sammanfattning	1
Bakgrund.....	2
Scenarier	2
Simulering.....	2
Modell	2
Indata	3
Utdata.....	4
Analys.....	5
Hastigheter.....	5
Lystider.....	6
Restider	12
Fördröjning	14
Bilaga 1 Hastighetsfördelning VISSIM	16
Bilaga 2 VAP-logik	18

Sammanfattning

Variabel hastighet (VH) uppnås genom omställbara vägmärken (VMS) med hastighetsbudskap C31 Hastighetsbegränsning. För att studera effekter av VH i korsning har en simulering med programvaran VISSIM genomförts. VH har jämförts med fast hastighetsgräns 60, 80 och 100 km/h på primärvägen. Hastigheten för VH är antingen 100 (VMS är passiv) eller vid risk för konflikt 60 km/h (VMS är aktiv). Risk för konflikt uppstår i detta fall när fordon på sekundärväg ska svänga ut på eller korsa primärvägen samt vänstersväng från primärvägen.

VH har jämfört med fast hastighetsgräns fördelen att man endast sänker hastighet när det "behövs". Fördelen med detta är att man kan upprätthålla en balans mellan hög framkomlighet samt säkerhet jämfört med fast budskap.

Simuleringen och analysen av VH jämfört med fast hastighetsbudskap kan generellt sammanfattats:

VH 60-100 jämfört med fast/påverkan	60	80	100
Trafiksäkerhet Primär	-	+	++
Sekundär	-	+	++
Hastighet Primär	++	0	-
Sekundär	0	0	0
Restider Primär	++	0	-
Sekundär	0	+	+
Fördröjning Primär	+	-	-
Sekundär	+	+	+

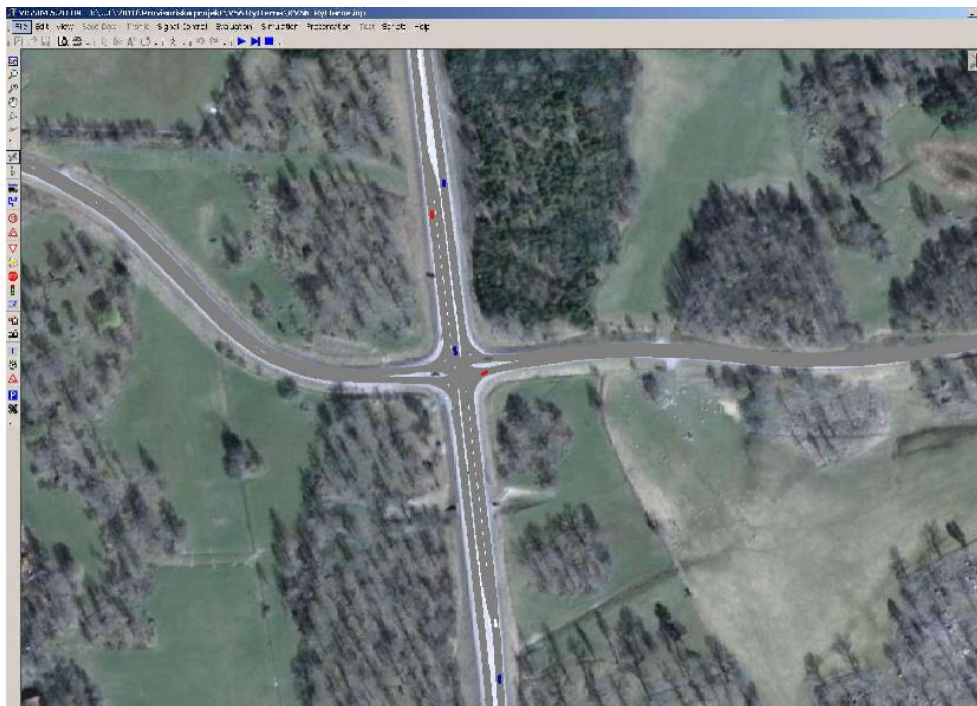
Tabell 1. Jämförelse mellan VH 60-100 och 60, 80 och 100 km/h fast. "0" = mindre skillnad, "-" = sämre, "--" = mycket sämre, "+" = bättre, "++" = mycket bättre.

VH har en större dynamik än fast budskap, d.v.s. effekterna är starkt flödesberoende. Skillnaden mellan VH och fast budskap är generellt större vid lägre flöden, speciellt med låga flöden på sekundärvägen. Vid höga flöden liknar VH mer fast budskap med det lägre hastighetsbudskapet (i detta fall 60 km/h).

VH lämpar sig väl för fyrvägs korsningar med ca 4 000 till 10 000 f/d på primärvägen samt 1 000 till 2 000 f/d på sekundärvägen (för trevägs korsningar kan trafikflödena troligen vara högre, men ej simulerat här). Vid lägre och högre flöden ger VH mindre skillnad på framförallt hastigheten jämfört med fast budskap. VH kan ge lägre fördröjningar på sekundärväg vid höga flöden. VH har även effekter p.g.a. variationer i flödet över dygnet, dessa har ej beräknats i denna rapport.

Bakgrund

För att få en bättre förståelse för hur VH påverkar trafiken har en korsning med VH simulerats med olika förutsättningar. Korsningen baserar sig på en riktig 4-vägs korsning men med andra hastigheter samt flöden.



Figur 1. VISSIM-modell med foto från aktuell korsning i Rytterne.

Scenarier

För att kunna jämföra VH med andra aktuella hastighetsbudskap har simuleringen gjorts med olika scenarier. I scenarierna har man ändrat olika förutsättningar. De viktiga förutsättningarna som varierats beskrivs nedan samt i detalj i kap 3.2 Indata.

Fast hastighetsbudskap genom korsningen har varierats med fast 60, 80 samt 100 km/h. Hastigheten för VH varierar med 100 km/h vid "släckt" VMS samt 60 km/h vid "tänd" VMS. Flödena har varierats för att se hur VH jämfört med fasta hastigheter påverkar trafiken vid olika flöden. Fördelningen av olika trafikantgrupper har varit konstant mellan de olika scenarierna.

Simulering

Simuleringen av VH i korsningen är gjord med mikrosimuleringsmodellen VISSIM. Modellen baseras på en VH korsning i Rytterne. Viktiga in och utdata för simuleringen redovisas nedan.

Modell

Mikrosimuleringsmodellen VISSIM har använts för simulering av VH. VMS styrs med en VisVAP-programmering som tar in besked från detektorer i VISSIM. VisVAP är ett grafiskt programmeringsverktyg för logiska funktioner och trafiksignalstyrning i

VISSIM. VAP-logiken styr om VMS skall vara tänd eller släckt, d.v.s. vilket hastighetsbudskap som visas, beroende på om detektorerna är belagda eller ej. Den fungerar i princip som en styrapparat för en trafiksignal. För schema över VAP-logiken se bil 2.

För analysen är det viktigt att förstå förutsättningar och begränsningar i denna typ av modellverktyg. De viktigaste förutsättningarna är:

Hastighetsvalet i modellen baserar sig på att "trafikanten" försöker uppnå en s.k. "desired speed", som representerar önskad hastighet beroende på skyltad hastighet. Fördelning visas i bilaga 1.

Fördelning av hastighet för fordonsgrupper samt inom en fordonsgrupp ges i bilaga 1.

En begränsning i modellen är att accepterad tidslucka är konstant oavsett hastighetsbudskap och trafikflöde.

Indata

För simuleringen har följande indata använts:

Flöden

Flöde Primär	Flöde Sekundär
4000	1000
6000	2000
8000	3000
10000	
12000	
14000	

Tabell 2. Trafikflödesindata i form av årsdygnstrafik (Ådt)

För att räkna ut timflödet har 7,5 % av Ådt använts. VGU anger ca 9 % för 200:e timmen samt 6 % för 4380h. 7,5 % anses som en bra kompromiss för att spegla VH och dess funktion.

Fördelning av olika fordonsklasser har i princip varit 85 % Pb och 15 % Lb.

Hastigheter

4 olika hastigheter genom korsningen har använts 60, 80, 100 km/h samt VH som har 100 km/h vid "släckt" och 60 km/h vid "tänd".

Den "normala" hastighetsfördelningen för fordonsklasser i VISSIM har använts, se bil 1.

Utdata

Varje scenario har simulerats 20 gånger för att få mindre variation i utdata. Det innebär att utdata är från $18 (6 \cdot 3 \text{ flöden}) \cdot 4 (\text{hastigheter}) \cdot 20 (\text{simuleringar}) = 1\,440$ simuleringar.

Utdata från modellen har sammanställts och analyserats i Qlikview. Utdata som analyserats är:

- Travel time (restid)
- Delay (fördröjning)
- Link speed (hastighet)
- Signal Time (lystid för VMS)

Analys

Hastigheter

VH har som grundläggande ide' att sänka hastigheten för fordon på primärvägen när det "behövs". Detta ger ökad trafiksäkerhet samt ökad framkomlighet jämfört med permanent sänkning. Hastighet "mäts" i detta fall i korsningens mitt. Medelhastighet för de olika scenarierna uppdelat på fordonskategorier ger:

VMS	Alla	Alla (Stdev)	Pb	Pb (Stdev)	Lb	Lb (Stdev)
VH	65.7	5.5	65.9	5.8	66.0	6.7
60	60.4	1.5	60.5	1.5	60.2	5.3
80	78.6	3.4	78.9	3.4	78.0	9.2
100	90.7	6.3	92.1	7.0	81.1	5.0

Tabell 3. Medelhastighet (km/h) i korsningens mitt samt standardavvikelse (Stdev) för alla, personbil (Pb) och lastbil (Lb).

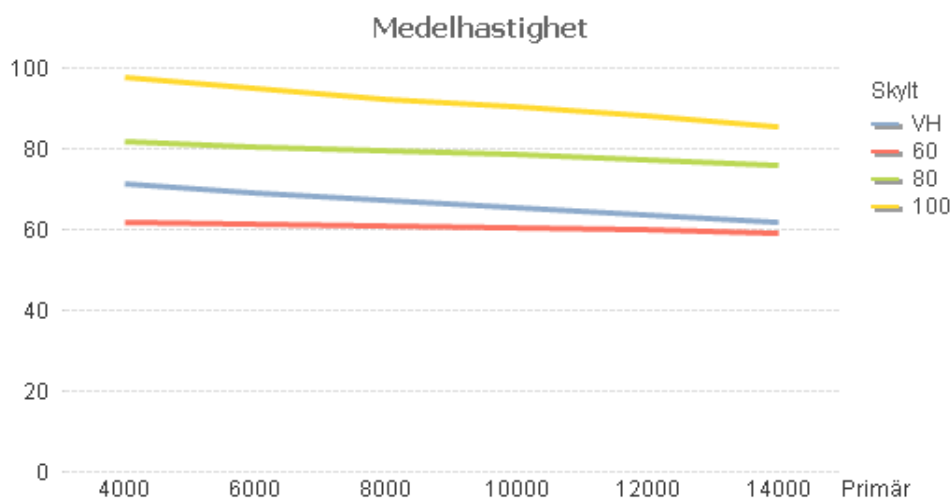
VH ger jämfört med 100 och 80 lägre medelhastighet. Jämfört med 60 ger VH högre medelhastighet. Medelhastigheten är en viktig parameter för att utvärdera trafiksäkerhetseffekten mellan de olika hastigheterna. Om fast hastighetgräns 100 km/h används som referens fås följande trafiksäkerhetseffekter med potensmodellen:

VMS	(Km/h)	Diff	DSS
VH	65.7	25.0	62%
60	60.4	30.3	71%
80	78.6	12.1	35%
100	90.7	Referens	Referens

Tabell 4. Reduktion av döda och svårt skadade DSS (%) jämfört med 100 km/h. Potensmodell med \wedge^3 .

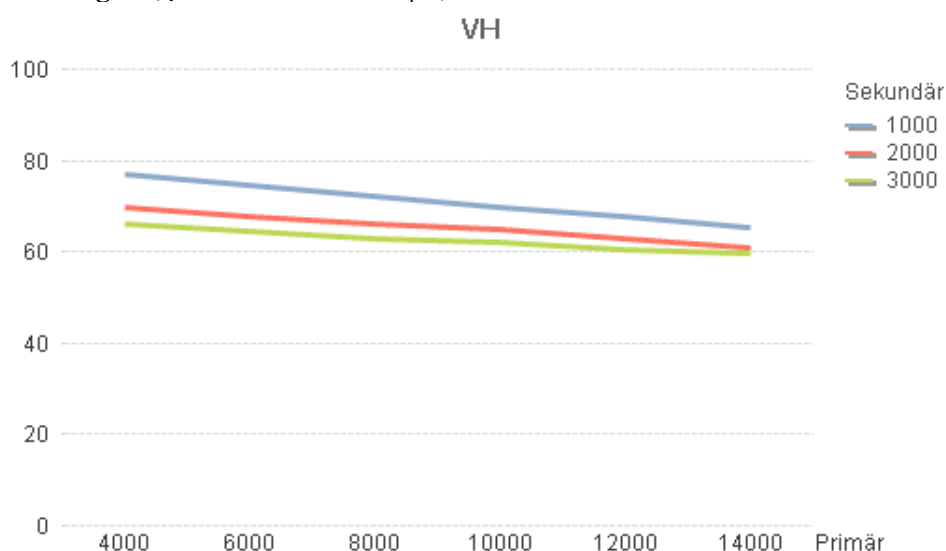
VH har med denna sänkning av medelhastigheten en reduktion av DSS med drygt 60% jämfört med fast 100. Sänkning till fast 60 har ytterligare reduktion ner till ca 70%. Jämfört med 100 och 80 har VH en signifikant högre trafiksäkerhetspotential om denna medelhastig uppnås i verkligheten.

För de olika flödesklasserna på primärvägen uppvisar VH jämförbara medelhastigheter med 60 i de högre flödesklasserna (Ådt över 10 000).



Figur 2. Medelhastighet (km/h) per skyltad hastighet.

VH har en spridning i medelhastighet p.g.a. sekundärflödet som inte finns med fast skylt (100, 80 eller 60). Skillnaden är relativt stor, cirka 10 km/h i de lägre flödena på primärvägen (4 000 samt 6 000 f/d).



Figur 3. Medelhastighet (km/h) för VH per flödesklass primärvägen samt sekundärvägen.

Sammanfattning

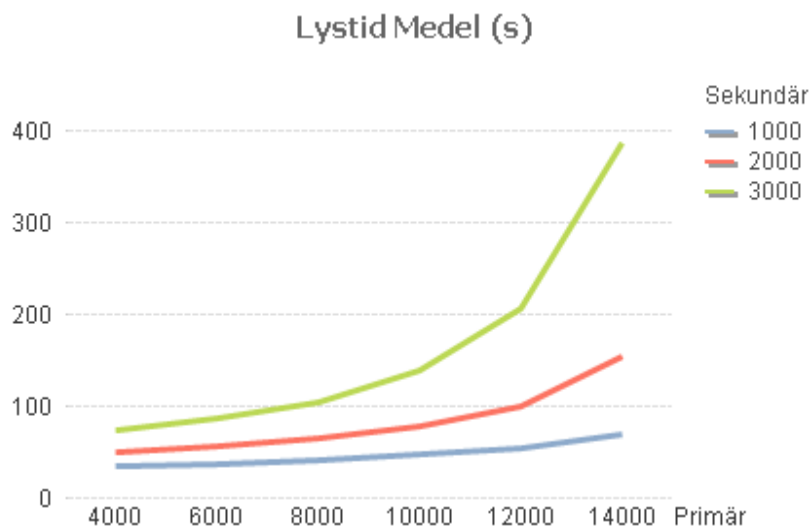
Hastigheten är den viktigaste parametern för att uppskatta trafiksäkerhet med VH. Jämfört med fast 80 och 100 km/h har VH en betydande effekt på trafiksäkerhet. VH har med sin variabla hastighet relativt störst ”effekt” vid låga flöden på framförallt sekundärvägen. Vid låga flöden har VH liknande medelhastighet som en 70- till 80-korsning medan den vid höga flöden beter sig mer som än 60 korsning.

Lystider

VH-systemet aktiverar (tänder) relevant hastighetsbudskap vid behov. I detta fall är hastighetsbudskapet 60 km/h som aktiveras av fordon på sekundärvägen eller vänstersväng på primärvägen, detta definieras som Lystid. Generellt ökar alltså lystiden med ökat flöde i detekterat körfält.

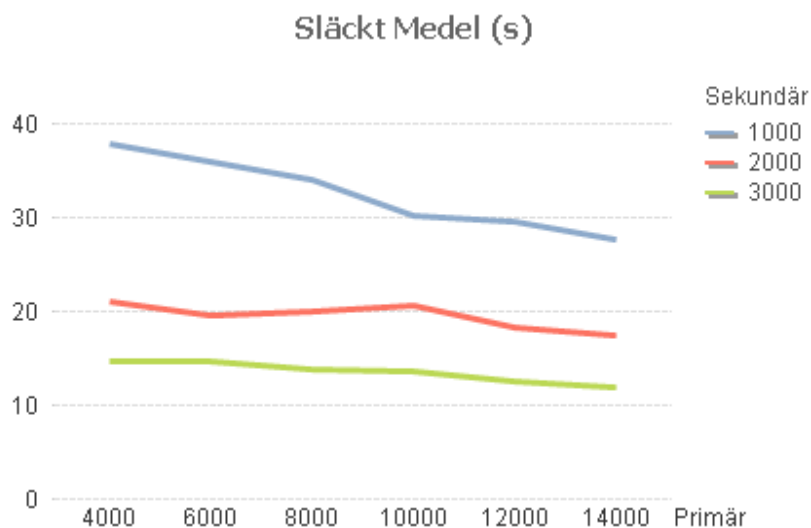
Lystid kan variera mellan VMS-grupper p.g.a. olika svängandelar. Skillnaden i Lystid mellan VMS-grupperna är i detta fall marginell. Nedan beskrivs lystiden för hela korsningen, d.v.s. båda VMS-grupperna (medelvärde).

Lystiden ökar kraftigt med ökat flöde på sekundärvägen.



Figur 4. Lystid i sekunder (s) för VMS (hastighetsgräns 60 km/h) i medel beroende på flödet längs primärvägen samt sekundärvägen (Ådt).

Den tid när VMS är släckta varierar inte lika mycket p.g.a. av flödet, mest variation ges för sekundärflöde på 1000 f/d. För sekundärflöden på 3000 f/d är tiden när VMS nästan konstant.



Figur 5. Släckt tid (i sekunder) i medel för VMS (hastighetsgräns 100 km/h) beroende på flöde på primär- samt sekundärväg (Ådt).

Det är framförallt flödet på sekundärvägen som bestämmer Lystid. Det sker en markant förändring av lystiden vid ca 10 000 f/d på primärvägen samt 3 000 på sekundärvägen. Vid högre flöden på primärvägen (14 000) är lystiden i medel över 6 minuter.

Primär	Sekundär	Skylt	Medel (s)	Andel (%)
4000	1000	60	35	48%
		100	38	52%
	2000	60	51	71%
		100	21	29%
	3000	60	73	83%
		100	15	17%
6000	1000	60	37	51%
		100	36	49%
	2000	60	55	74%
		100	20	26%
	3000	60	87	86%
		100	15	14%
8000	1000	60	42	55%
		100	34	45%
	2000	60	66	77%
		100	20	23%
	3000	60	104	87%
		100	14	12%
10000	1000	60	47	61%
		100	30	39%
	2000	60	78	79%
		100	21	21%
	3000	60	139	93%
		100	14	9%
12000	1000	60	55	65%
		100	30	35%
	2000	60	101	86%
		100	18	15%
	3000	60	207	95%
		100	13	6%
14000	1000	60	69	72%
		100	28	29%
	2000	60	155	93%
		100	17	10%
	3000	60	388	93%
		100	12	3%

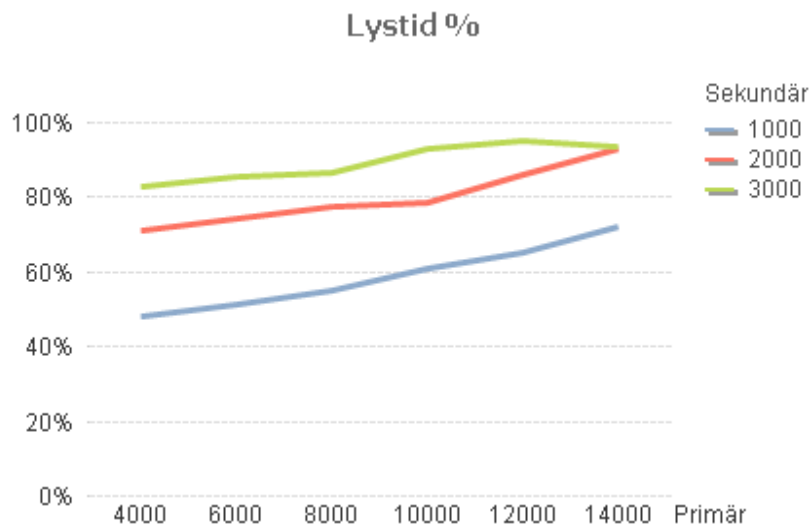
Tabell 3. Lystid (hastighetgräns 60 km/h) respektive släckt tid (hastighetgräns 100 km/h) för VMS. Att summan av lystid respektive släckt tid i vissa fall inte blir 100 % beror på avrundningsfel.

Lystid kan man även beräkna för timflöden. Med omräkningsfaktorn 7,5 % av Ådt fås följande tabell:

Primär Timflöde	Sekundär Timflöde	Medel (s)	Std (s)	Andel (%)
300	75	35	18,3	48%
	150	51	33,3	71%
	225	73	56,7	83%
450	75	37	20,5	51%
	150	55	38,3	74%
	225	87	70,2	86%
600	75	42	27,1	55%
	150	66	56,4	77%
	225	104	89,2	87%
750	75	47	34,8	61%
	150	78	70,3	79%
	225	139	134,5	93%
900	75	55	50,1	65%
	150	101	102,4	86%
	225	207	237,2	95%
1050	75	69	73,7	72%
	150	155	201,4	93%
	225	388	499,2	93%

Tabell 4. Lystid (VH=60) uppdelat på timflöde.

Lystid avgörs i första hand av sekundärvägtrafiken. Redan vid flöden från 4 000 på primärvägen och 3 000 på sekundärvägen är Lystid mer än 80 %.



Figur 6. Lystid (60) som andel (%).

Lystid avgörs i första hand av sekundärvägtrafiken. Redan vid flöden från 4 000 på primärvägen och 3 000 på sekundärvägen är Lystid mer än 80%.

Det är viktigt att ha i åtanke att timflödet i denna simulering är 7,5 % av Ådt. Det representerar en generell maxtimme men den 200:e timmen ligger vid ca 10 % av Ådt. Se även tabell 5.

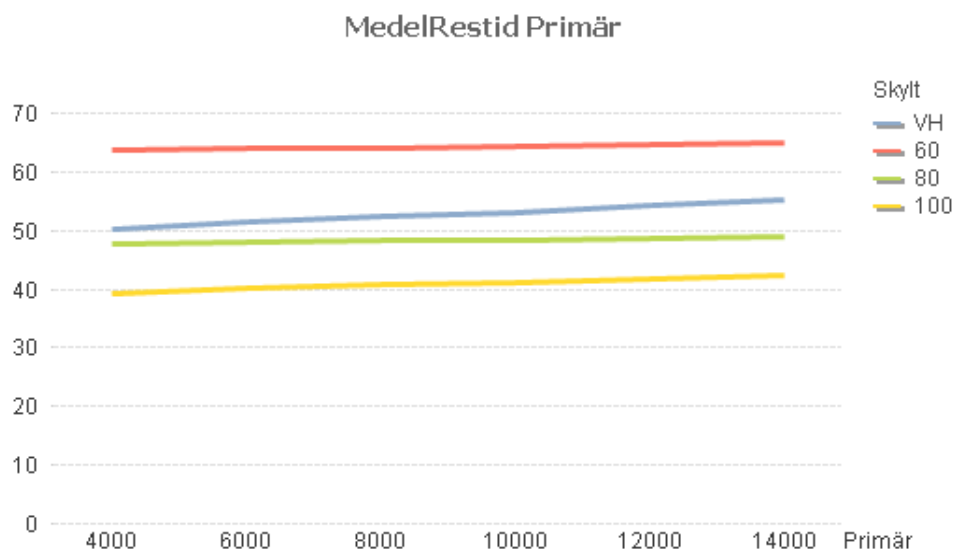
Sammanfattning

VH har med sin dynamiska förmåga en stor variation i hur mycket tid som de två olika hastighetsbudskapen visas. Att denna variation är stor ses i standardavvikelsen för Lystid ($VH = 60$) som är högre än medelvärdena för de högre flödena. Vid höga flöden på framförallt sekundärväg är lystiden mycket hög. Man kan säga att med sekundärflöden över 3 000 samt primärflöden över 10 000 så beter sig VH i stort sett som en korsning med fast hastighetgräns. Med tanke på den stora variationen av flödet under dygnet ses den stora potentialen i VH. VH har effekt även i korsningar med höga flöden som framförallt nattetid har många timmar med betydligt lägre flöden.

Restider

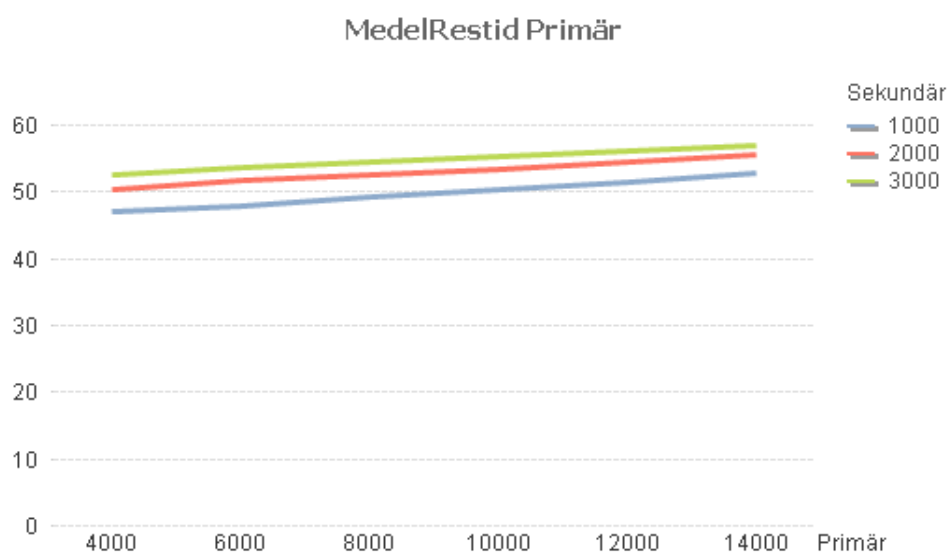
VH påverkar restiden genom korsning främst för primärtrafiken. Restiden i korsningen är här definierad från mätsnitt i modellen som generellt ligger ca 250 m från korsningens mitt, det ger sträckor på totalt ca 500 m.

Medelrestid för primärvägen visar inga större variationer för fast hastighetgräns beroende på flöden på primärvägen. VH har en variation och liknar vid låga flöden fast 80 km/ medan vid höga flöden blir medelrestiden mellan 60 och 80 km/h.



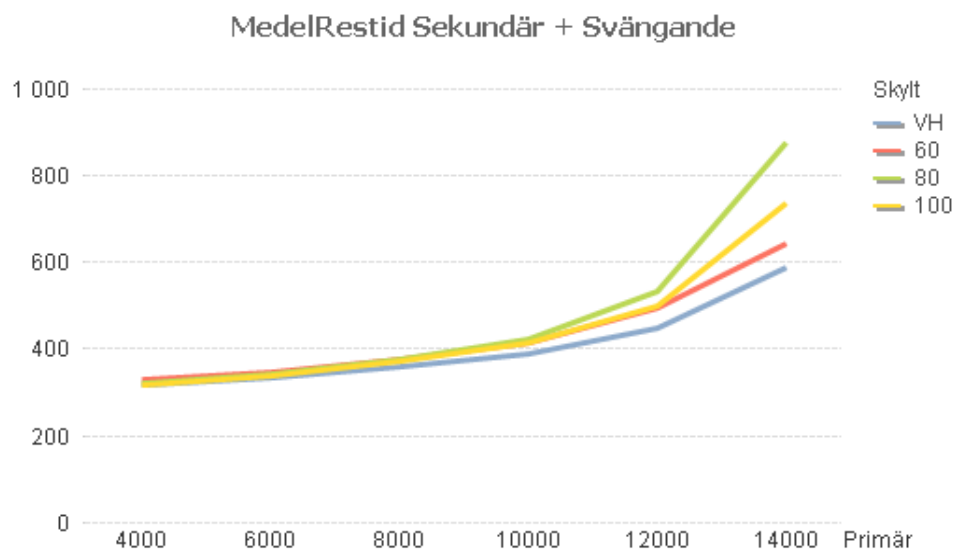
Figur 7. Medelrestid för primärväg rakt igenom korsning i sekunder (s) per riktning och VMS. Sammanslaget norr- och söderifrån.

Medelrestid med VH visar ingen större skillnad mellan flöden 2 000 samt 3 000 på sekundärväg utan först med 1 000 ses större skillnad.



Figur 8. Medelrestid för VH på primärvägen rakt igenom korsning i sekunder (s) per sekundärflöde. Sammanslaget norr- och söderifrån.

För medelrestid på sekundärvägen samt svängande vänster från primärvägen, ses ingen större skillnad förrän flöden över 10 000 f/d på primärvägen. För flöden över 10 000 f/d ger VH en markant mindre restid jämfört med 80 och 100 km/h.



Figur 9. Medelrestid för VH sekundärvägen samt svängande vänster primärvägen i sekunder (s) per VMS och riktning.

En viktig skillnad mellan modell och verklig korsning är att i modellen "vet" fordonet om hastighet på primärvägen (60 eller 100 vid VH). Detta är förmodligen inte fallet i en verklig korsning. Detta ger förmodligen något lägre restid för VH med modellen jämfört med verklig korsning.

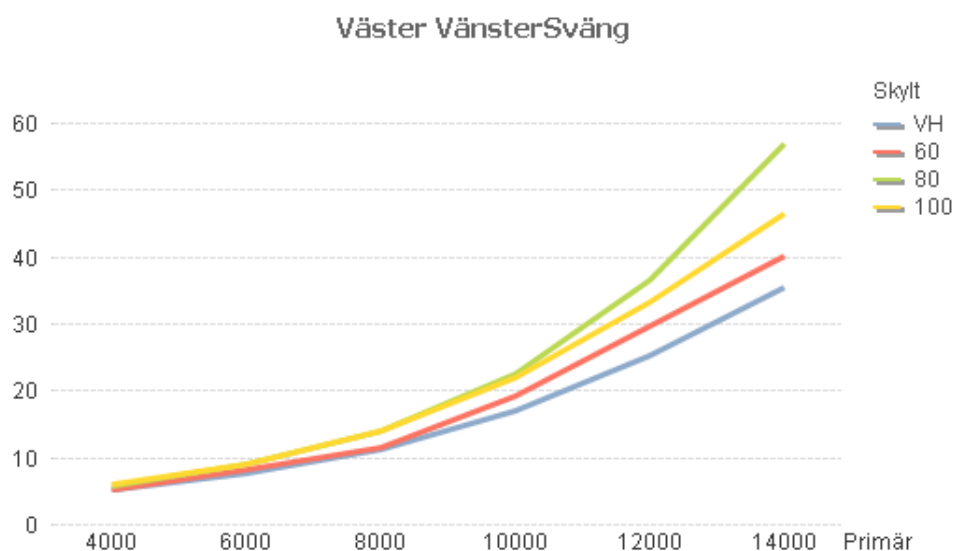
Sammanfattning

Medelrestid för VH har en variation jämfört med fast budskap och liknar vid låga flöden fast 80 km/h medan vid höga flöden är medelrestiden mellan den för 60 och 80 km/h. Vid höga flöden på primärvägen ger VH lägre restid jämfört med fast hastighetsgräns.

Fördröjning

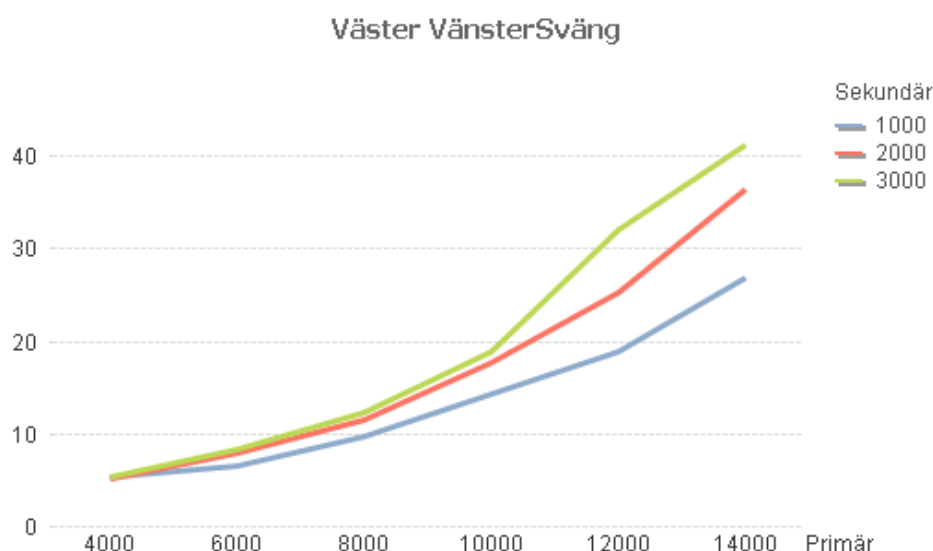
Fördröjning är här definierat som en fördröjning jämfört med skyltad hastighet (ideal restid utan fördröjning av andra fordon). Då VH har två olika hastigheter och därmed två olika hastighetsval är en jämförelse inte helt konsekvent då fordon kan ha två olika fördröjningar uträknat på två olika hastigheter (60 och 100).

Medelfördröjning är lika för de olika hastigheterna för låga flöden på primärväg. Vid högre flöden har VH lägre medelfördröjning jämfört med andra hastigheter.



Figur 10. Medelfördröjning för vänstersväng från väster (sekundärväg) i sekunder per VMS.

VH ger alltså generellt lägre fördröjning på sekundärvägen jämfört med 60, 80 och 100. Fördröjning på sekundärväg uppdelat på flöden för VH visar på små skillnader för låga flöden.



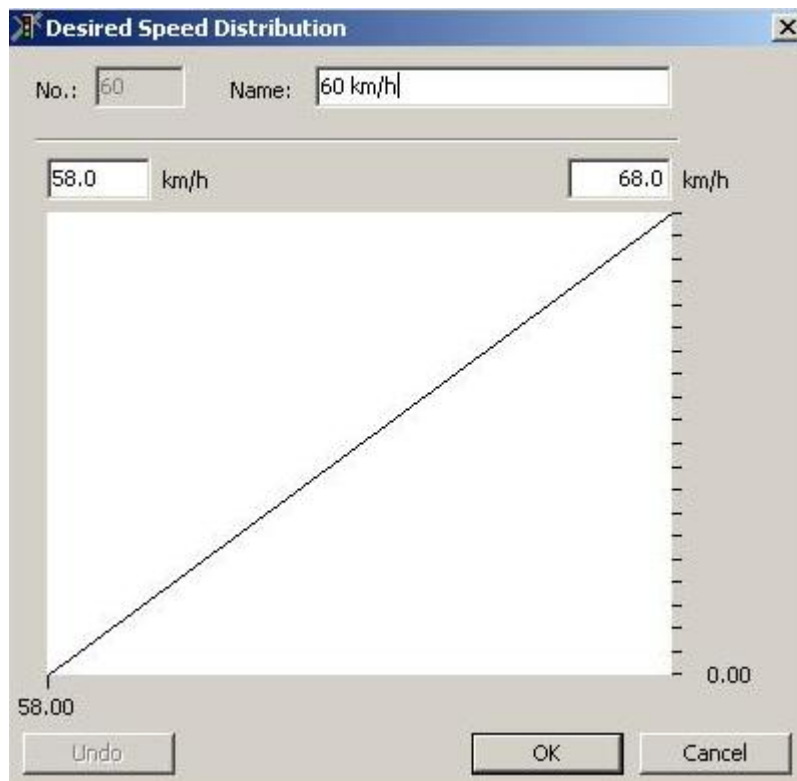
Figur 11

Figur 12. Medelfördröjning för vänstersväng från väster (sekundärväg) i sekunder för VH per Sekundär flöde.

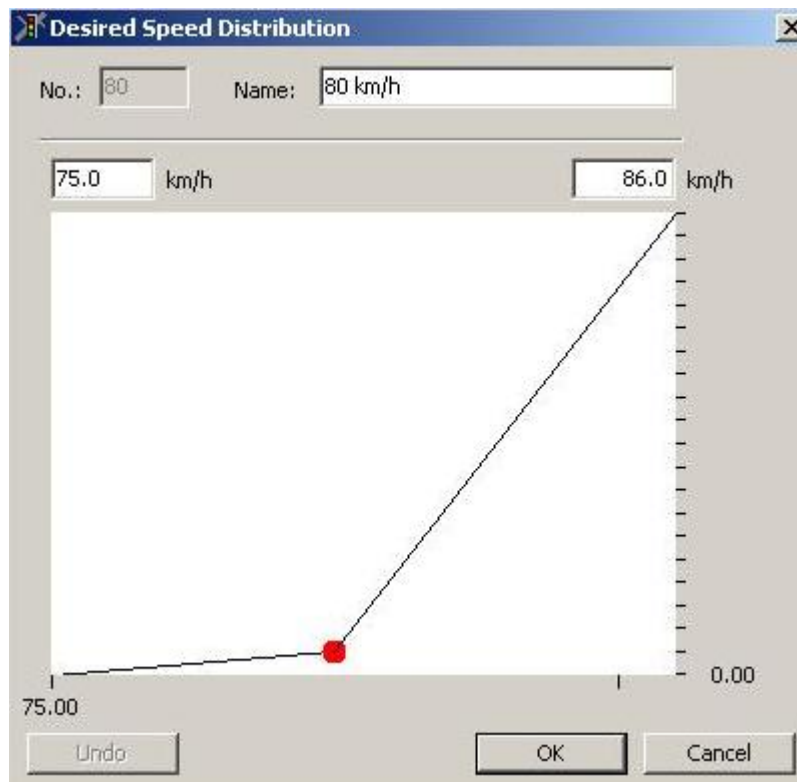
Sammanfattning

VH ger ngt mindre fördröjning på sekundärväg jämfört med fast budskap. Effekten av VH ökar med flödet på primärvägen . Generellt ses ingen större skillnad för flöden under 8 000.

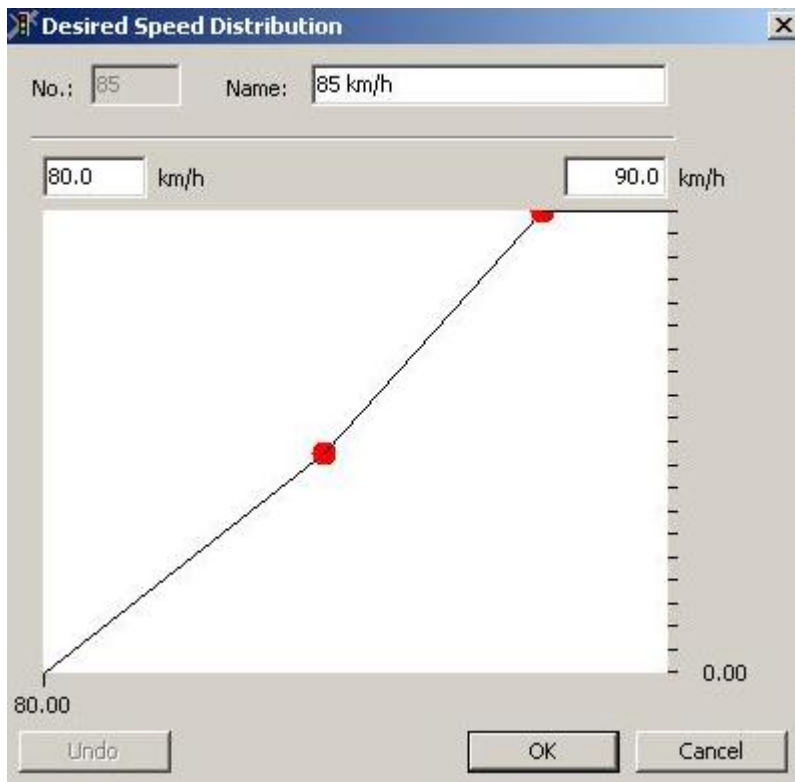
Bilaga 1 Hastighetsfördelning VISSIM



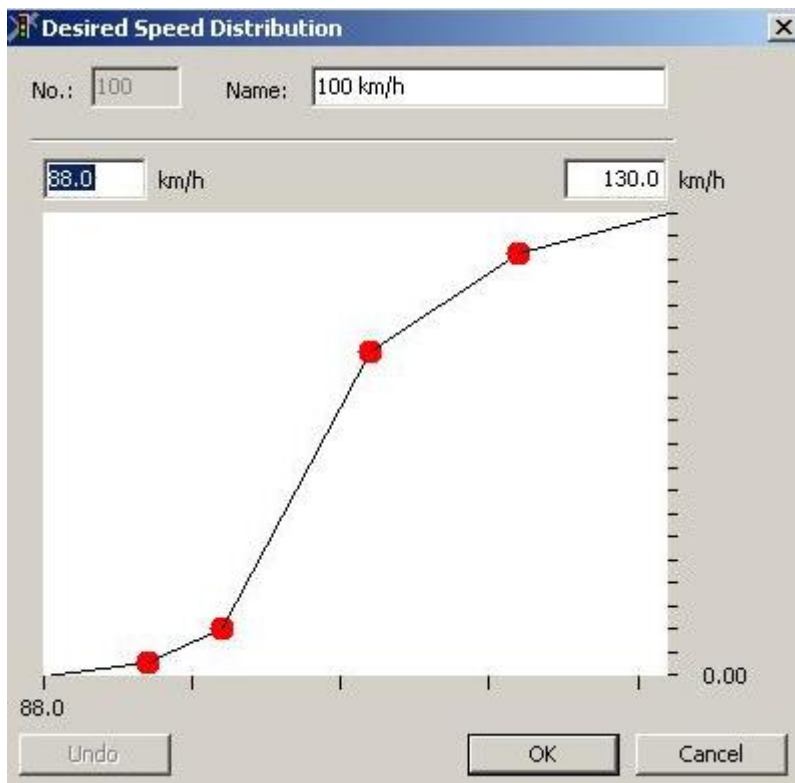
Fördelning vid hastighetsgräns 60 km/h



Fördelning för tung trafik vid hastighetsgräns 80 km/h.

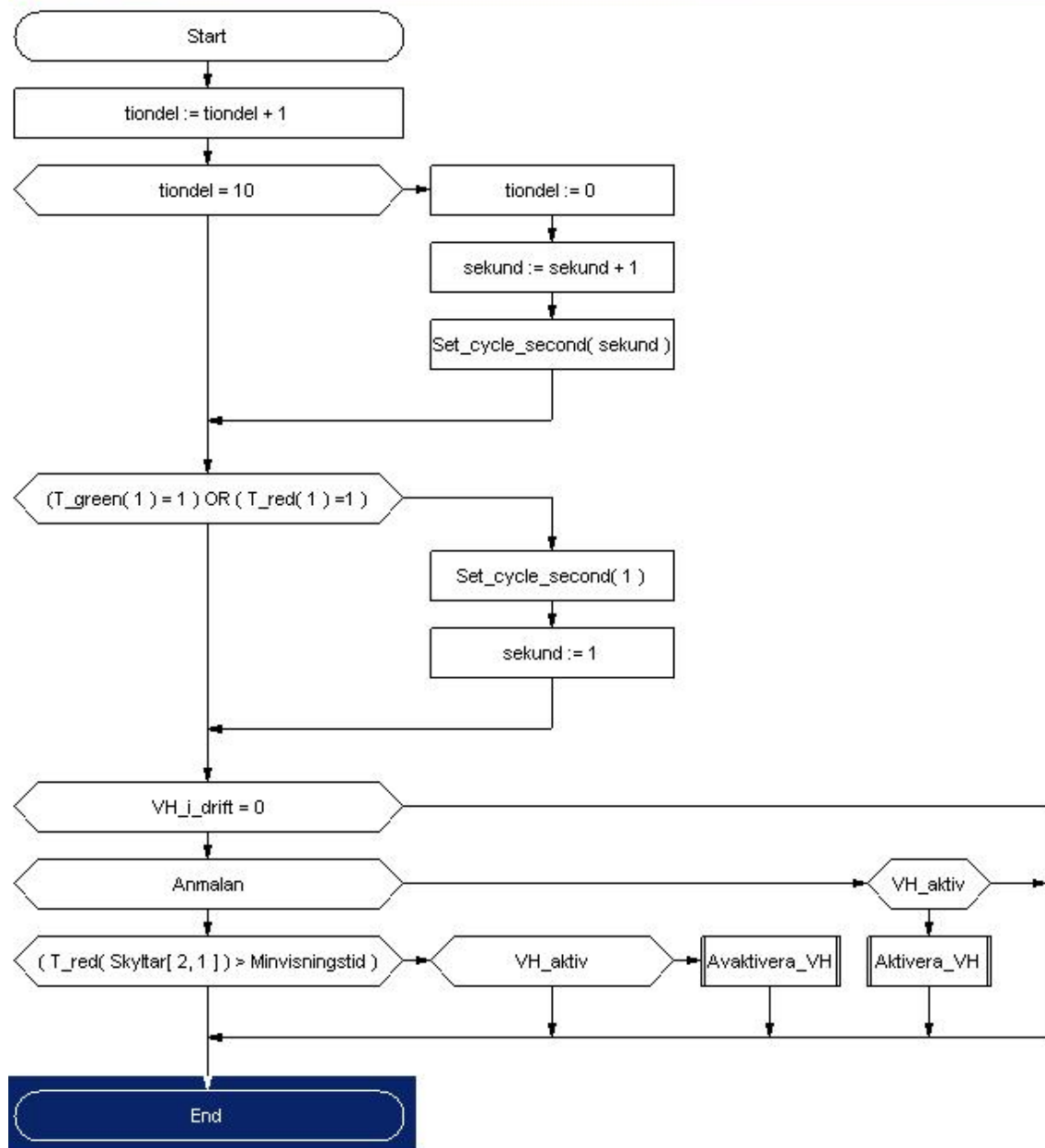


Fördelning för personbilar och lätta lastbilar vid hastighetsgräns 80 km/h.

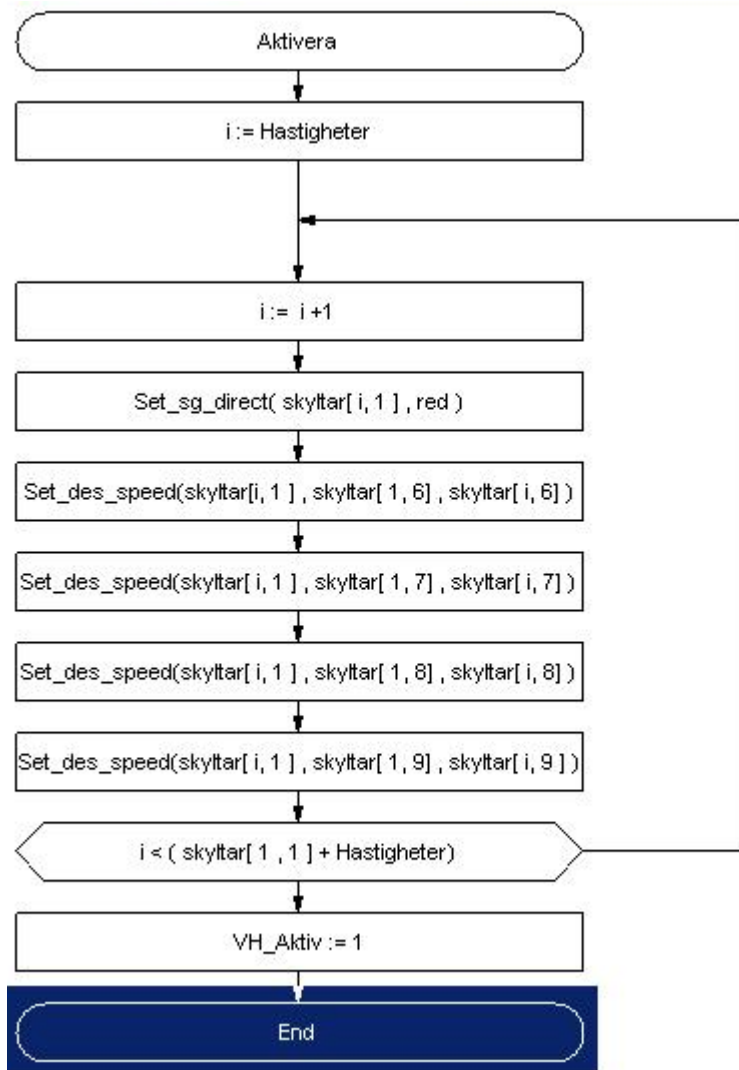


Fördelning för all trafik vid hastighetsgräns 100 km/h.

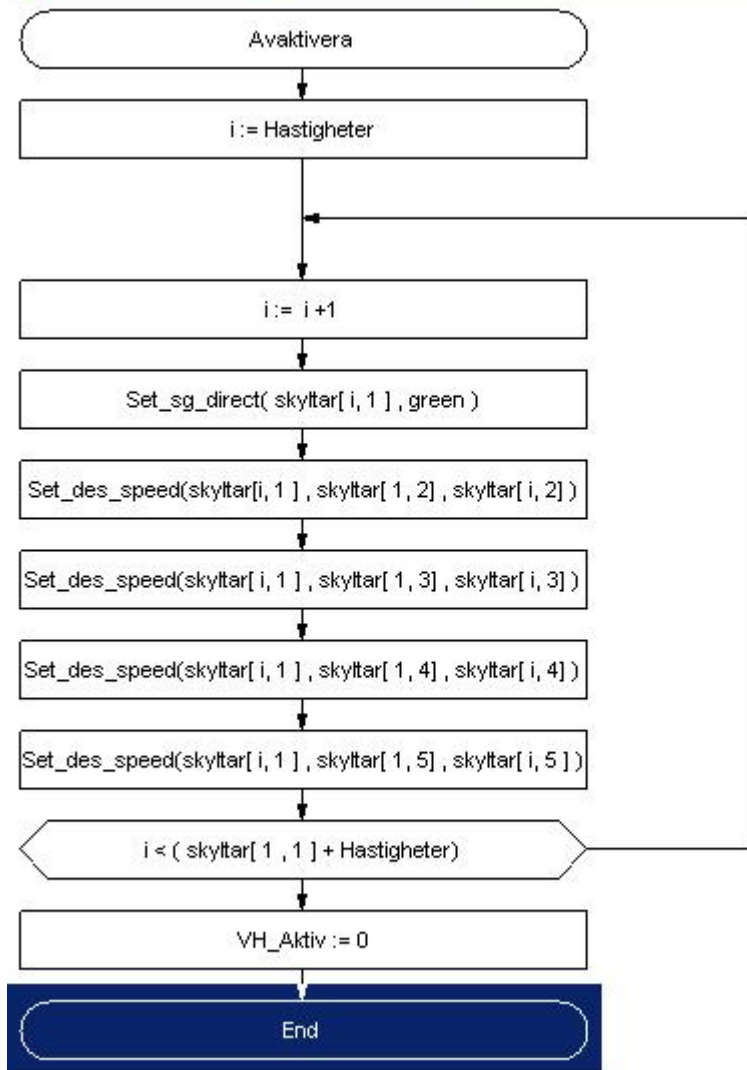
Bilaga 2 VAP-logik



VAP- logik för att styra detektorer och skicka signal till VMS.



VAP- logik för att tända VMS.



VAP- logik för att släcka VMS.



TRAFIKVERKET

Trafikverket, 781 89 Borlänge. Besöksadress: Röda vägen 1.
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 0243- 750 90

www.trafikverket.se