

Effektsamband för transportsystemet

Fyrstegsprincipen

Steg 3 och 4

Version 2022-04-01

Bygg om eller bygg nytt

Kapitel 5 Transportkvalitet



Översiktlig beskrivning av förändringar och uppdateringar i kapitel 5, Bygg om eller bygg nytt.

Version 2014-04-01:

Avsnitt 5.8.13 Hänvisning till schablonmetod för lönsamhetsberäkning borttaget, ej aktuell Lönsamhetsberäkning sker i EVA.

Övrigt: Redaktionella justeringar

Version 2016-04-01:

Avsnitt 5.8.18: effekter av incident- och restidsinformation.

Version 2018-04-01:

Nytt avsnitt 5.9.21: Tågförseningar.

Version 2022-04-01

Uppdaterade skrivningar och redaktionella justeringar

Dokumenttitel: Bygg om eller bygg nytt - Kapitel 5 Transportkvalitet

Dokumentdatum: 2018-04-01

Dokumenttyp: Rapport

Version: 2018-04-01

Publiceringsdatum: 2018-04-03

Utgivare: Trafikverket

Distributör: Trafikverket, Röda vägen 1, 781 89 Borlänge, telefon: 0771-921 921

5.	Transportkvalitet.....	1
5.1	Inledning.....	1
5.2	Framkomlighet – bärighet och IRI.....	2
5.2.1	Inledning.....	2
5.2.2	Bärighet.....	2
5.2.3	Vägojämnheter och olika IRI-värden	3
5.3	Vibrationer och komfort	4
5.3.1	Inledning.....	4
5.3.2	Generellt om trafikantupplevelsen och dess betydelse för transportkvaliteten	4
5.3.3	Vibrationer	6
5.3.4	Buller i fordonet.....	8
5.4	Tillförlitlighet – restidsosäkerhet och förseningar	8
5.4.1	Inledning.....	8
5.4.2	Beskrivning av effekter	8
5.5	Flexibilitet – utbud och sårbarhet	11
5.6	Tillgång till information.....	11
5.6.1	Inledning.....	11
5.6.2	Beskrivning av effekter	12
5.7	Trygghet	12
5.8	Förbättringsåtgärder.....	13
5.8.1	Inledning.....	13
5.8.2	Breddning av väg	13
5.8.3	Linjeföring/sikt.....	13
5.8.4	Stigningsfält och omkörningsfält.....	13
5.8.5	Minskning av enskilda utfarter på sträcka	14
5.8.6	Mittseparering	14
5.8.7	Vägens närmiljö	14
5.8.8	Sidoanläggningar	14
5.8.9	Hastighetsdämpning.....	14
5.8.10	ATK (automatisk trafiksäkerhetskontroll)	15
5.8.11	Beläggningsåtgärder	15
5.8.12	Fysiska åtgärder i korsning.....	15
5.8.13	Bärighetshöjande åtgärder	15
5.8.14	Åtgärder för att minska barriärer	19
5.8.15	Trafikregleringsåtgärder för biltrafik	19

5.8.16	Visuell och audiell ledning.....	19
5.8.17	Viltåtgärder.....	19
5.8.18	ITS-åtgärder.....	20
5.8.19	Kollektivtrafikåtgärder	21
5.8.20	Miljöåtgärder	21
5.9	Järnväg.....	21
5.9.1	Tågförseningar	21

5. Transportkvalitet

5.1 Inledning

Transportkvalitet är inte längre ett transportpolitiskt delmål i den bemärkelsen men däremot ingår kvalitet i funktionsmålet:

Transportsystemets utformning, funktion och användning ska medverka till att ge alla en grundläggande tillgänglighet med god kvalitet och användbarhet samt bidra till utvecklingskraft i hela landet. Transportsystemet ska vara jämställt, dvs. likvärdigt svara mot kvinnors respektive mäns transportbehov¹.

För att uppfylla funktionsmålet för tillgänglighet gäller följande preciseringar:

- Medborgarnas resor förbättras genom ökad tillförlitlighet, trygghet och bekvämlighet.
- Kvaliteten för näringslivets transporter förbättras och stärker den internationella konkurrenskraften.
- Tillgängligheten förbättras inom och mellan regioner samt mellan Sverige och andra länder.
- Arbetsformerna, genomförandet och resultaten av transportpolitiken medverkar till ett jämställt samhälle.
- Transportsystemet utformas så att det är användbart för personer med funktionsnedsättning.
- Barns möjligheter att själva på ett säkert sätt använda transportsystemet och vistas i trafikmiljöer ökar.
- Förutsättningarna för att välja kollektivtrafik, gång och cykel förbättras.

De två första punkterna ovan, ökad tillförlitlighet, trygghet och bekvämlighet samt kvaliteten för näringslivets transporter är kopplade till transportkvalitet. Transportkvalitet innehåller således flera dimensioner. Dels ska man som nyttjare av vägtransportsystemet kunna lita på att man tar sig fram till sitt resmål, på förutsägbar tid och följande en förutsägbar resväg, dels ska transporten/resan ske på ett komfortabelt och tryggt sätt. Kostnaden för en försämrad transportkvalitet kan ses i ökad (eller osäker) restid/transporttid, ökade reskostnader/transportkostnader (exempelvis ökad bränsleförbrukning och ökat däck- och fordons slitage) och i hur faktorer som flexibilitet och bekvämlighet värderas.

¹ Prop. 2008/09:93

5.2 Framkomlighet – bärighet och IRI

5.2.1 Inledning

Tunga transporter drabbas speciellt av bristande framkomlighet på delar av det allmänna vägnätet. Detta på två sätt:

- dels för att väg, bro eller vägnät har permanent dålig bärighet och inte upplåts till den i Sverige högsta bärighetsklassen, bärighetsklass 1 (BK1)
- dels för att tillfällig nedsättning av bärighetsklass beslutats i samband med tjällossning i syfte att minimera samhällets kostnader för väghållning och för att säkra vägkapitalet

Dålig bärighet leder också till accelererande vägojämnheter i form av höga IRI-värden.² Högre IRI-värden ger effekter i form av ökade restider och transportkostnader, ökade vibrationer och minskad komfort. Dålig bärighet leder ibland även till stora spårdjup med medföljande problem som drabbar såväl personbilar som tung trafik.

5.2.2 Bärighet

Det statliga vägnätet har en tregradig klassning av bärigheten där BK1 är den högsta bärigheten och BK3 är den lägsta. Tillåtna viktbestämmelser för de olika bärighetsklasserna redovisas i tabellen nedan.

	BK1	BK2	BK3
Axeltryck	10-11,5 ton	10 ton	8 ton
Boggietryck	16-20 ton	16 ton	12 ton
Bruttovikt	60 ton	51,4 ton	37 ton*

Tabell 5.2.2-a Viktbestämmelser för olika bärighetsklasser.

*Är axelavståndet 22 meter eller större läggs det för varje extra 0,2 meter till 0,25 ton till tillåten bruttovikt.

5.2.2.1 Inverkan av tjäle – trafikarbetsfördelning

Icke-byggd väg ger också ökade trafikantkostnader relaterade till tillfälligt nedsatt bärighet till följd av tjäle. Trafikkostnadsökningarna antas bero på effekter av ökat IRI-värden under belägningscykeln skapat i anslutning till tjälperioden beräknade med följande förutsättningar:

- åtgärdsintervallet är 20 år oberoende av trafik
- trafikutvecklingen är 1 % per år
- tjällossningen beräknas pågå under 12 veckor och då antas genomsnittligt ÅDT-flöde
- IRI-nivån under 12 veckors tjäle antas var 75 % högre än årsmedelvärdet för icke byggd och 25 % högre för byggd.
- 60 års kalkyltid.

² IRI eller International Roughness Index är det sammanfattande mått på vägbaneojämnheter som Trafikverket använder.

- IRI-utveckling under de 20 åren antas vara linjär från år 0 till år 20 och bero på konstruktionstyp och ÅDT-0, dvs. öppningsårstrafiken enligt:

ÅDT-0	Byggd		Icke-byggd	
	IRI-år 0	IRI-år 20	IRI-år 0	IRI-år 20
>4000	1	2	1,5	3,5
1000-4000	1,5	3	2	4,5
<1000	2	4	2	6,5

Tabell 5.2.2-b Antagen IRI-utveckling från år 0 till 10 i vägkonstruktionstyp.

Det kan verka märkligt att IRI-värdena försämras mer vid lägre flöden men detta hänger samman med att lägre flöde är sammankopplat med vägar med sämre standard.

Sammantaget ger ovanstående förutsättningar följande trafikarbetsfördelningar för olika IRI-nivåer under åtgärdsintervallet:

ÅDT	>4000		1000-4000		<1000	
	Icke byggd	Byggd	Icke byggd	Byggd	Icke byggd	Byggd
<3	0,896	1,000	0,885	0,952	0,837	0,907
3-4	0,034	0,000	0,011	0,048	0,011	0,046
4-5	0,035	0,000	0,034	0,000	0,011	0,048
5-6	0,036	0,000	0,023	0,000	0,011	0,000
6-7	0,000	0,000	0,024	0,000	0,023	0,000
7-8	0,000	0,000	0,024	0,000	0,059	0,000
8-9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000
>9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036	0,000

Tabell 5.2.2-c Trafikarbetsfördelningar för olika IRI-nivåer

Alla effekter för IRI<3 approximeras med IRI=1,5.

5.2.3 Vägojämnheter och olika IRI-värden

Dålig bärighet leder också till accelererande vägojämnheter i form av höga IRI-värden och ibland också stora spår djup, något som skapar problem för såväl personbilar som tung trafik. Problem förekommer främst inom dessa områden:

- Störande inverkan på vägfordonets styrnings- och bromsningsegenskaper, samt fladdrande strålkastarsken.
- Exponering av betydande helkroppsvibrationer kan skapa obehag och stress, trötthet och andra former av nedsatt prestationsförmåga samt hälsopåverkan. Åksjuka orsakas av lågfrekventa rörelser p.g.a. dålig linjeföring, medan skakningar från vägytans megatextur, gupp och andra ojämnheter ger dålig vibrationskomfort.
- Godsskador och åtföljande ökat emballagebehov, samt därmed förknippat ökat transportbehov.
- Ökat fordonsslitage och fordonsskador. För tung trafik är orsaken ofta rollrörelser, orsakade av oönskade variationer hos vägbanans tvärfall. Stora vägojämnheter medför att främst tung trafik får ett ryckigt körförlopp, vilket ökar slitaget på däck och

bromsdelar genom att förarna tvingas bromsa för att undvika skador och obehagsupplevelser. Även elsystem, styrleder, styrväxel, samt delar i exempelvis hjulupp-hängning och drivlina kan påverkas.

- Störande inverkan på vibrationskänslig utrustning, så som blodtrycksmätare och respiratorer i ambulansbilar.

Högre IRI-värden ger således effekter i form av ökade restider och transportkostnader men också i form av ökade vibrationer och minskad komfort.

EVA:s normalvärdesmodeller avser "normala" vägytetillstånd med $IRI=2$ och $TDI^3=0,5$ samt torr väg. Hur förändrade IRI-värden påverkar restider och transportkostnader kan räknas fram med effektsamband angivna i kapitlet om tillgänglighet. Där återfinns samband mellan IRI å ena sidan och restid, kostnaden för bränsle, däckskostnader, kostnad för reparationer respektive kostnad för fordonsslitage å den andra. IRI bedöms inte påverka kapital- och avskrivning i Trafikverkets fordonkostnadsmodell. Trafikantens obehag av vibrationer och minskad komfort hanteras i nästa avsnitt, Vibrationer och komfort.

5.3 Vibrationer och komfort

5.3.1 Inledning

När det gäller komfort så täcker detta begrepp, förutom reskvalitet med hänsyn till trafikantupplevelse och reskvalitet med hänsyn till vägytans jämnhet, dvs. resans "skakighet", och bullerstörning inne i fordonen, även in värdet av att inte behöva störas av andra trafikanter i sin körning vad gäller hastighetsval och körspår. Det senare uppstår vid exempelvis trängsel och långa köer. Även oskyddade trafikanter påverkas av vägytans jämnhet. Dåligt underhållna cykelvägar gör att både skaderisken och den upplevda vistelsen i transportsystemet påverkas negativt.

Trafikantupplevelsen och den hälsopåverkan som trafikanten upplever till följd av "skakigheten" och det obehag som buller i fordonet medför beskrivs också nedan. I dagsläget saknas värden för dessa effekter. Det komfortvärde som Trafikverket använder i dag i sin fordonkostnadsmodell är ett diskomfortvärde som avser värdet av att slippa köra på grusväg. Se aktuell värdering i bilagan till "Beräkningsmetodik och gemensamma förutsättningar i transportsektorns samhällsekonomiska analyser".

De störningar som andra trafikanter står för, och som påverkar ens egna möjligheter att köra på det sätt och i den hastighet man planerat, kan hanteras genom att applicera en kostnad i förhållande till restiden i de fall det är aktuellt. Trafiken bedöms vara störd vid en belastningsgrad högre än ca 0,6 och kraftigt störd vid belastningsgrader över 0,8. Trafikverket använder för närvarande en värdering av restiden vid hög belastning, d.v.s. förseningstid (belastningsgrad högre än 0,8 enligt Trafikverkets tillämpning) på $1,5 \cdot$ normalvärdet.⁴

5.3.2 Generellt om trafikantupplevelsen och dess betydelse för transportkvaliteten

Trafikantupplevelsen kan sägas innehålla två dimensioner. Den ena behandlar trafikantens upplevelse av det som händer på vägen och i det närmaste vägrummet. Denna dimension kallas resekomfort.⁵ Den andra behandlar trafikanternas upplevelse av vägens omgivning. Denna dimension kallas reseupplevelse. Resekomforten och reseupplevelsen är en del i trafikantens/kundens upplevda transportkvalitet.

³ TDI (eller sandpatch) är ett mått på vägens textur

⁴ Källa: ASEK

⁵ Trafikantupplevelse på väg SLU, publ Stad och land 1995, red Eivor Bucht

Resekomforten är starkt förknippad till vägens utformning. Linjeföring, terrängmodellering, släntutformning, planteringar, räckan, rastplatser osv är avgörande för resekomfortens kvalitet. Resekomforten kännetecknas av framkomlighet, tillgänglighet, trygghet/säkerhet, samt tillgång på service.

Reseupplevelsen beskriver hur trafikanten upplever resan och det omgivande natur- och kulturlandskapet. Det omgivande landskapet och hur man lyckats iscensätta det för trafikanten är avgörande för reseupplevelsens kvalitet. Reseupplevelsen kännetecknas av förståelse/identitet, orienterbarhet samt variation/rytm.

Alla åtgärdsinsatser längs en vägsträcka måste ses i ett större sammanhang. Trafikantens upplevelser i ett visst ögonblick är också en i raden av fler upplevelser längs en vägsträcka⁶. I landsbygdsmiljö är skalan, samspelet mellan vägen och omkringliggande landskap det som starkast upplevs av trafikanterna.

Även vägytan och dess tillstånd inverkar på den av trafikanterna upplevda komforten. Vägytans tillstånd beskrivs med längsgående ojämnheter (IRI) samt med de vibrationer som påverkar föraren. I en studie som genomfördes fick ett antal förare bedöma den upplevda komforten på vägen. Bedömningen gjordes enligt Tabell 5.3.2-a Bedömning av komfort

vid färd i personbil som kör med en hastighet av 70 km/h. Relationen mellan bedömningarna och IRI beskrivs i följande ekvation:

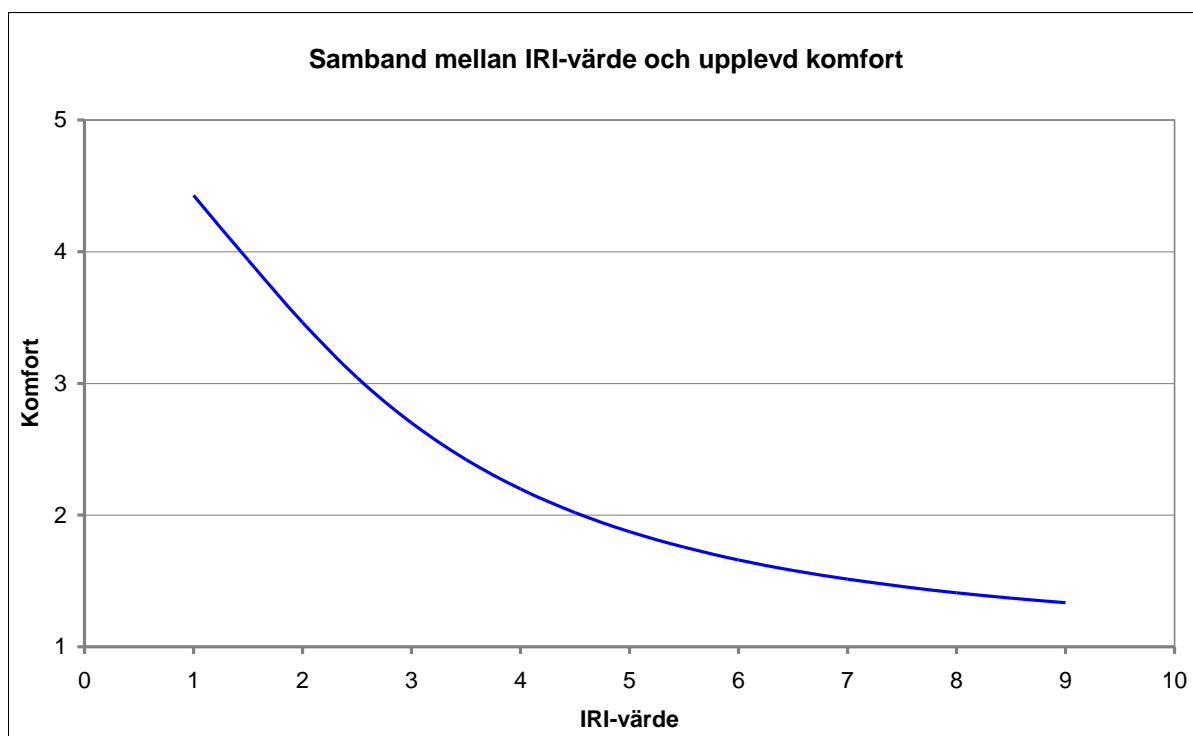
$$B = \frac{5 * e^{1.789+a} + IRI^{1.9033}}{e^{1.789+a} + IRI^{1.9033}}$$

Koefficienten a används för att beräkna olika percentilvärden. Om a sätts till 0 ger ekvationen snittbedömningen. Komfortupplevelsen påverkas dock inte enbart av nivån på medelvärdet för en längre sträcka utan av extremvärden. Ett kortare mycket ojämnt avsnitt på en längre sträcka sänker bedömningen för hela sträckan. Därför är det lämpligare att betrakta medelvärde + 2*standardavvikelsen. Det bör poängteras att då man utför åtgärder görs motsvarande bedömning. De sämsta partierna på en sträcka styr åtgärderna på hela sträckan.

Bedömning	Beskrivning
1	Mycket dåligt
2	Ganska dåligt
3	Varken bra eller dåligt
4	Ganska bra
5	Mycket bra

Tabell 5.3.2-a Bedömning av komfort

⁶ Visuella effekter VV publ 1995:40 rev 2005-07-08



Figur 5-1. Samband mellan IRI-värde och upplevd åkkomfort. Komforten har bedömts enligt Tabell 5.3.2-a Bedömning av komfort.⁷

5.3.3 Vibrationer

Här beskrivs effekter på trafikanterna av uppkomna vibrationer under färd. Problem med vibrationer för omgivningen, dvs. effekter på byggnader och personer som vistas längst med vägen m.m., beskrivs i Kapitel 7, Miljö. Där finns även för information om sätt att minska vibrationsproblemen.

Exponering av betydande helkroppsvibrationer medför främst obehag/stress (exempelvis orsakas åksjuka av lågfrekventa vibrationer), trötthet och andra former av nedsatt prestationsförmåga samt hälsopåverkan.

Yrkesmässig exponering för helkroppsvibration respektive handarmvibration regleras genom AFS 2005:15 Vibrationer. Dessa regler berör såväl vägarbetare som yrkesförare. Föreskriften innehåller Gränsvärde och Insatsvärde, kopplade till medexponering över 8 timmars arbetsdag. Insatsvärdet kan överskridas vid körning på dåligt underhållna och ojämna vägar, samt vid anläggningskörning. Detta medför en rad krav, bl.a. måste organisatoriska och/eller tekniska åtgärder vidtas för att minimera förarens vibrationsexponering. Ett specialfall är linjebustrafik på gator med fartdämpande vägbulor. Om gatorna mellan fartguppen är i bra skick, kan exponeringen ligga under Insatsvärdet. Om guppen framkallar kraftiga stötar, kan det leda till att kompressionstrycket i förarens ryggkotpelare blir högt. Trycket mäts enligt standard SS-ISO 2631-5, och i fall där trycket överskrider riktvärdet 0.5 MPa är Arbetsmiljöverkets praxis att vid vite i miljonklassen förbjuda linjebustrafik intill dess kraftigt stötframkallande vägbulor rivits. Tung trafik över vägbulor kan även ge kraftiga markvibrationer till närliggande byggnader, i synnerhet om marken består av lösjord.

5.3.3.1 Effektmått och hur effekterna kan mätas

Vibration kan mätas i storheterna förskjutning, hastighet eller acceleration. Ibland är vibrationsproblem kopplade till själva förskjutningarna (exempelvis åksjuka), men oftast är det de

⁷ Källa: Drift- och Underhåll – Effektkatalog.

dynamiska påkänningarna som är intressanta. Krafter kan skattas med Newtons andra lag, $F = m \cdot a$. Vibrationernas energiinnehåll är proportionellt mot effektivvärdet av svängningshastigheten. Direkt kraftmätning kan vara ett alternativ vid problem med helkropps vibrationer. Vid bedömning av människans påverkan av vibration, ska mätvärdena frekvensvägas. Resultaten brukar presenteras som löpande effektivvärden, integrerade över 1 sekund. Praxis vid mätning i byggnader har hittills varit att mäta vibrationshastighet. Det är dock helt likvärdigt att istället mäta acceleration, givet att frekvensinnehållet frekvensviktats på ett riktigt sätt. Då kan omräkning ske mellan de båda storheterna genom formeln nedan.

$$v \text{ [mm/s]} = 0.028 \cdot a \text{ [mm/s}^2\text{]}$$

Det sammanfattningsmått på vägbaneojämnheter som Trafikverket använder, International Roughness Index (IRI), är per definition ett mått på vertikal translationsvibration i vägfordons karosseri. IRI-värdet beskriver därför på ett tämligen bra sätt de skakningar som belastar resenärer under färd i landsvägshastighet, så länge vägbanan inte är mycket svårt deformerad. Trafikverkets analyser har visat att vid IRI-värden > 3 mm/m uppträder i allmänhet även stora rotationsrörelser och åtföljande horisontella rörelser. Dessa har stor betydelse för belastningen på människan. Sådana vibrationer kan inte skattas från IRI-måttet, men från ett nytt på önskad tvärfallsvariation som utvecklats av Trafikverket under 2005 - 2006. Måttet är (2008-04) validerat mot uppmätta krängningar i tung lastbil; ett lämpligt gränsvärde är fastställt till 0.30 % (motsvarar ca 2 grad/s krängning i lastbilshytt).

Operativa mått är:

- längd väg med oacceptabla ojämnheter

5.3.3.2 Helkroppsvibrationer under färd

Vid färd i legal hastighet med vanliga bilar som uppfyller krav enligt Bilprovningen, blir helkropps vibrationerna inte obehagliga eller skadliga, givet att vägbanan håller rimlig linjeföringsstandard och ytjämnhet.

Den övre gräns för vibrationer 0,5 – 80 Hz som en frisk människa under resa med kollektivt färdmedel förväntas uppfatta som ”inte obehaglig” är 0,315 m/s². Det är rimligt att huvuddelen av en resa med bil eller buss ska ligga under denna nivå. Att hävda denna nivå även under tomkörning i tunga lastbilar avpassade för mycket stora nyttolaster, medför dock mycket stränga krav på vägbansans jämnhet.

Man har - bland ursprungligen friska människor - inte påvisat hälsoeffekter vid daglig exponering från helkropps vibrationer när dessa saknat inslag av stötar i betydande omfattning och effektivvärdet över 6 - 8 timmar underskridit nivån 0,5 m/s². Denna nivå sammanfaller med Insatsvärdet för yrkesmässig exponering i AFS 2005:15 Vibrationer. För att klara denna nivå i tung lastbil med landsvägsfart, krävs att vägbanan inte har ojämnheter över IRI ca 2 mm/m. Detta kan vara ett stort problem, framförallt i skogslänen och i samband med vårens tjällossning.

Vid körning över stötframkallande gupp, så som många fartdämpande ca 10 cm höga vägbulor, får yrkesförarens kotkompressionstryck inte överskrida riktvärdet $S_{ed} = 0.5$ MPa vid skyltad hastighetsgräns. Mätning av kotkompressionstryck utförs enligt SS-ISO 2631-5 (2004).

Nya vägar bör utformas med så god linjeföring att böljande rörelser med mycket låga frekvenser hålls på en försumbar nivå. Rörelser med frekvenser 0,1 – 0,63 Hz är nämligen källan till mycket vanliga åksjukebesvär så som dåsighet, kallsvettning, trötthet och illamående. I svåra fall kan de t o m framkalla kräkning, samt ge nedsatt prestationsförmåga i flera dygn. Besvären drabbar främst barn och kvinnor, samt personer med yrselbesvär. De uppstår lätt i ambulanser (ser vare sig horisont eller vägens linjeföring, åker fort, kan orsaka trauma) och långt bak i bussar (mer böljande rörelser långt bakom styrande axel, svårt att se vägens linjeföring). För att minimera åksjukeframkallande rörelser ska rondeller endera ha

mycket snäv eller mycket stor diameter. Observera att mätning av åksjukeframkallande rörelser med frekvenser så låga som ned till 0.1 Hz inte kan utföras med vanliga accelerometrar, utan kräver särskilda sensorer och mätförstärkare.

Gravida kvinnor och sjuka eller skadade människor har särskilt hög känslighet mot helkroppsvibration; de bör inte färdas i farter över max 20 – 40 km/tim på guppiga vägavsnitt.

5.3.4 Buller i fordonet

När begreppet buller från vägtrafiken nämns avses i de flesta fall buller som drabbar omgivningen. Även de som färdas i ett fordon utsätts dock för oönskade ljudstörningar. Styrkan hos bullret i fordonet och bullrets karaktär beror på flera faktorer – vägens beläggning, hastighet, körstil samt fordonets egenskaper. Exempelvis bli ljudets sammansättning olika vid olika hastigheter; vid lägre hastigheter dominerar bullret från motorerna och ljudet blir mer lågfrekvent än vid högre hastigheter där bullret från däck-vägbana dominerar. Fordonets egenskaper, kanske framför allt ålder och typ av däck får stor effekt för vilka ljudstörningar som uppstår inne i fordonet.

5.4 Tillförlitlighet – restidsosäkerhet och förseningar

5.4.1 Inledning

I avsnittet om Tillgänglighet beskrivs det hur genomsnittliga restider kan beräknas för olika typer av vägar. Däremot finns det inga samband för restidsosäkerhet och förseningar, något som nyttjare av vägtrafiksystemet upplever som ett problem. Restiden i sig är viktig men för många kan det vara viktigare att restiden är säker än att den är kort.

I normalfallet varierar restiden mellan två platser något från en dag till en annan beroende på exempelvis trafikvolymen. Detta gör att trafikanten måste ta till en extramarginal för att vara säker på att vara framme i tid. Här uppstår således en kostnad för alla dessa extramarginaler, eller kostnad för restidsosäkerheten.

Ibland händer dessutom något som gör att restiden blir betydligt längre än man kunnat förvänta sig, exempelvis en olycka eller ett vägarbete man inte kände till som innebär en omläggning av färdvägen. De förseningar som uppstår är naturligtvis en kostnad för trafikanten och de värderas högre än restidsosäkerheten. Den värdering som Trafikverket för närvarande använder för restid vid oväntade incidenter är 3,5 gånger normalvärdet.

5.4.2 Beskrivning av effekter

5.4.2.1 Restidsosäkerhet

Restidsosäkerheten är i princip alltid stor under rusningstrafik i större städer, medan den är nära noll vid låg belastning när hastigheten är nära friflödeshastigheten. Det finns flera studier över värdering av restidsosäkerhet men däremot är det sämre ställt med effektsamband som redovisar hur storleken på restidsosäkerheten beror på andra parametrar. Ett utvecklingsarbete har dock påbörjats och här refereras resultaten från en svensk studie som bygger på uppgifter från Stockholmsregionen.⁸ I studien har restidens standardavvikelse använts som mått på restidsosäkerheten. Studiens resultat är att restidsosäkerheten för en sträcka ökar med sträckans restidsförlängning⁹, med antalet dellänkar på sträckan och med sträckans längd enligt formeln nedan.

⁸ Restidsosäkerhet och förseningar i vägtrafik. Effektsamband för samhällsekonomiska beräkningar, Transek 2006:1.

⁹ Restidsförlängning = verklig restid dividerat med friflödesrestid.

$$stdavv = C \left(\frac{restid}{fftid} \right)^\alpha (fftid)^\gamma (\#länkar)^\beta (längd)^\delta$$

Ekvationen skattades för ett antal olika vägtyper och parameterresultaten i tabellen nedan erhöles.

	α restid/fftid	β #länkar	γ fftid	δ längd
ostörd 50-väg	1,99	-0,21	2,81	-1,58
Störd 50-väg	1,19	0,20	0,81	-0,14
mycket störd 50-väg	1,26	0,23	0,85	-0,30
ostörd 70-väg	1,90	1,08	0,45	-0,83

Tabell 5.4.2-a Skattade parametervärden för formel.

En beräkning av restidsosäkerheten kan sedan göras med hjälp av den estimerade formeln och parametervärdena. Det samhällsekonomiska värdet av förändrad restidsosäkerhet mellan två scenarier (t ex före och efter en investering) beräknas sedan med "rule-of-a-half" enligt ekvationen nedan.

$$W = \sum_r \lambda_r \sum_k \sum_{ij} \frac{T_{ijrk}^0 + T_{ijrk}^1}{2} (\sigma_{ijk}^1 - \sigma_{ijk}^0)$$

Där W är välfärdsvinst, (i,j) betecknar OD-par, k tidsperiod och r resenärsklass, T antal resor av olika typer före (0) och efter (1) och λ olika resenärsklassers värdering av restidsosäkerhet.

5.4.2.2 Förseningar

Förseningar skiljer sig från restidsosäkerheten genom att det antas att resenären inte kan känna till dem på förhand. Enligt de flesta studier¹⁰ värderar resenären risken för förseningar proportionellt mot den genomsnittliga förseningen (förseningsfrekvensen gånger förseningens längd). Således behövs information om hur ofta förseningar inträffar och om vilka konsekvenser de får. I en studie som genomfördes 2006 presenteras uppgifter från Stockholmsregionen om hur ofta incidenter uppstår på olika vägtyper, hur varaktiga de är och vilken typ av blockering av vägen som incidenterna ger upphov till.

Antal incidenter per år beräknas i studien enligt nedanstående formel:

$$\text{Antal incidenter} = 0,05Q^2 - 0,2Q$$

där Q = trafikvolymen i tusentals fordon per dygn

Incidenternas varaktighet respektive vilken typ av blockering som de ger upphov till presenteras i tabellerna nedan.

Varaktighet i minuter.	Motorväg	Flerfältsväg/-gata	Tvåfältsväg/-gata
<=5	3 %	2 %	3 %
5-10	20 %	15 %	15 %
10-15	22 %	26 %	24 %
15-20	21 %	25 %	23 %
20-25	13 %	14 %	14 %

¹⁰ Restidsosäkerhet och förseningar i vägtrafik. Effektsamband för samhällsekonomiska beräkningar, Transek 2006:1.

25-30	7 %	7 %	7 %
30-35	5 %	4 %	5 %
35-40	3 %	3 %	3 %
40-50	3 %	2 %	3 %
50-60	1 %	1 %	1 %
60-	2 %	1 %	2 %
Samtliga	100 %	100 %	100 %

Tabell 5.4.2-b Incidenter fördelade efter varaktighet

Blockeringstyp	Motorväg	Flerfältsväg/-gata	Tvåfältsväg/-gata
Ingen blockering	4 %	5 %	6 %
Vägren	27,5 %	9 %	8 %
Ca. 1/2 körfält	16 %	15 %	22 %
1 körfält	48 %	66 %	59 %
> 1 körfält	4 %	5 %	-
Alla körfält	0,5 %	-	-
Hela vägen	-	-	5 %
Samtliga	100 %	100 %	100 %

Tabell 5.4.2-c. Incidenter fördelade efter vilken blockeringstyp de ger upphov till.¹¹

Uppgifterna kan användas för att ge en uppfattning om hur risken för och effekten av en incident ändras vid ombyggnad av en väg från en vägtyp till en annan.

Enligt de simuleringar¹² av effekter som gjordes i studien så verkar det inte uppstå några förseningar eller endast små förseningar till följd av incidenter som påverkar ett körfält (av två) då trafikflödena är låga. Inte ens långvariga incidenter (1,5 timme) resulterade i några större förseningar. Det verkar således vara relativt enkelt för trafikanten att byta körfält vid incidenten om flödena är låga. Vid större flöden (2100 f/h per riktning) blir dock effekterna betydligt större då det uppenbart blir svårare att byta körfält och det därför uppstår köer. Vid en långvarig incident (1,5 timme) uppgår den sammanlagda förseningen hos trafiken till över 100 timmar.

För incidenter som stänger av båda körfälten (av två) ökar effekterna betydligt. Redan vid korta incidenter fås tydliga förseningseffekter. Förseningarna ökar också vid ökat flöde (speciellt när flödet ökar från en hög nivå).

Exempel:

En motorväg har ett flöde på 15 000 fordon per dygn. Med hjälp av ekvationen ovan kan då antalet incidenter per år beräknas till:

$$\text{Antal incidenter per år} = 0,05Q^2 - 0,2Q = 0,05 \times 15^2 - 0,2 \times 15 = 8,25$$

Genom att använda Tabell 5.4.2-b Incidenter fördelade efter varaktighet kan varaktigheten beräknas till:

$$\leq 5 \text{ min:} \quad 3\% \text{ av } 8,25 = 0,24 \text{ per år}$$

$$5-10 \text{ min:} \quad 20\% \text{ av } 8,25 = 1,65 \text{ per år}$$

¹¹ Obs: Kategorierna "mer än ett körfält", "alla körfält" respektive "hela vägen" betyder olika saker beroende på hur många körfält som finns i vardera riktningen. Därför saknas värden i vissa rutor.

¹² Förutsättningarna för simuleringarna var att vägen där incidenten inträffade hade två körfält i vardera riktningen. Omlidningsväg fanns men förarna antas ej ha tillgång till information om trafiken längre fram än vad som är synligt från där han/hon befinner sig.

10 - 15 min 22% av 8,25 = 1,81 per år

osv.

Blockeringstypen kan beräknas med hjälp av Tabell 5.4.2-c:

Ingen blockering: 4% av 8,25 = 0,33

Väggen: 27,5% av 8,25 = 2,27

1 körfält: 48% av 8,25 = 3,96

osv.

5.5 Flexibilitet – utbud och sårbarhet

Flexibilitet innebär möjlighet att genomföra en transport när som helst i tiden samt att med kort varsel planera om och genomföra en transport. Ju större utbud av transportalternativ – ju fler alternativa vägar och alternativa färdssätt det finns – desto bättre för den som vill utföra en transport. Flexibilitet är något som rankas väldigt högt hos både de företag som utför och de företag som köper transporter. Emellertid är det svårt att hitta något mått som fångar in begreppet och därmed också svårt att mäta effekter kopplat till en ökad/minskad flexibilitet.

Om flexibiliteten i termer av få alternativa vägar är låg kan det uppstå problem med sårbarhet. Hur sårbar en väglänk är beror dels på det totala flödet på länken dels på vilken funktion länken har i vägnätet som helhet.¹³ Generellt sett så är en väglänk mer kritisk vid högre flöden. Vissa länkar med lägre flöden kan dock också vara kritiska om de har få bra omledningsmöjligheter. En metod¹⁴ för att identifiera sårbara väglänkar är att först beräkna den totala restiden i ett vägnät och därefter ”klippa av” en länk i taget för att räkna ut hur mycket den totala restiden ökar i transportsystemet till följd av ”brottet” på respektive länk.

5.6 Tillgång till information

5.6.1 Inledning

Tillgång till information påverkar såväl näringslivets transporter som medborgarnas resor. För näringslivets transporter framhålls information som ett sätt att upprätthålla transporttider och undvika förseningar¹⁵. På samma sätt påverkar tillgänglig och korrekt information medborgarnas restider, förseningsrisk och även upplevelse av trygghet. Oavsett vilken grupp som nyttjar informationen kan den delas in i två delar:

- Inför resan/transporten
- Under resan/transporten

Inför resan/transporten underlättas planeringen om det finns tillgång till lättillgänglig, korrekt och aktuell information. I dessa fall kan det vara intressant med upplysningar om exempelvis avstånd, vägarbeten, rastplatser, hastighetsgränser, vägslag, vägstandard,

¹³ Källa till detta avsnitt: Sårbarhetskartan – identifiering av kritiska väglänkar ur ett sårbarhetsperspektiv: VV region Norr, K. Berdica, Transek, PM 2005-09-15.

¹⁴ Metoden innebär avancerade trafikberäkningar med hjälp av någon trafikmodell och kräver tillgång till nätverksdata.

¹⁵ SOU 2001:61 Godstransporter för tillväxt – en hållbar strategi. Slutbetänkande av Godstransportdelegationen.

alternativa vägar som erbjuder andra värden än kort restid samt var busshållplatser och GC-vägar finns.

Under resan/transporten finns det behov av fungerande information utifrån förändrade förutsättningar, exempelvis incidenter, köbildning och väderomslag som påverkar sikt och väglag. Denna information kan användas för att under resan/transporten planera om en tänkt rutt. Under resan/transporten finns det dessutom behov av att i ett än mer kortsiktigt perspektiv få information som ger möjlighet att fatta rätt beslut. Det är då frågan om exempelvis var rastplatser finns, tydlig skyltning för att göra rätt vägval i en korsning, välja rätt körfält eller vilken hastighet som ska hållas för att undvika köbildning. För kollektivtrafikresenärer kan aktuell trafikinformation framhållas.

Tillgången till information påverkar även transportörens uppdragsgivare eller de som väntar på en resenär, till exempel anhöriga. Detta sker genom att rätt transport- eller restid kan bedömas inför och under transporten/resan och förmedlas till uppdragsgivare eller anhöriga, exempelvis via mobiltelefon. Information om exempelvis störningar kan även användas av uppdragsgivare och anhöriga för att själva bedöm när varor eller resenären kan beräknas komma fram.

Beroende på att det är i så varierade situationer som informationen ska tillhandahållas och användas så står också en stor variation av hjälpmedel till buds. Bland annat kan nämnas dynamisk hållplatsinformation, fasta skyltar, variabla skyltar, information vid rastplatser, radio och internet.

5.6.2 Beskrivning av effekter

Tillgång till information och dess kvalitet kan påverka exempelvis:

- Restid och förseningsrisk (rätt val inför och under resan)
- Komfort (undvika trängsel och köer)
- Den upplevda tryggheten (kunskap om var och när saker händer, vilket inte behöver leda till någon åtgärd för att ha positiv effekt)
- Säkerhet (hastighet och vägval kan anpassas till rådande förutsättningar vad gäller exempelvis väglag och incidenter)
- Miljö (exempelvis energieffektivare resor/transporter och minskad tomgångskörning i samband med köer)

5.7 Trygghet

Trygghet är något som uppfattas olika från person till person och från situation till situation. Otrygghet har definierats som emotionella reaktioner på hotfulla situationer eller händelser. Ofta handlar otrygghet om rädslan för att bli utsatt för brott eller att bli skadad. Kvinnor känner i större utsträckning otrygghet än män och äldre människor uppvisar större upplevelser av otrygghet än yngre. Det finns inga stora samband mellan den upplevda otryggheten och den upplevda risken för olyckor eller våld. Därför bör hänsyn tas till att det finns en skillnad mellan upplevd risk å ena sidan och upplevd otrygghet å andra sidan.

Studier visar att omständigheter av olika typer såsom t.ex. belysning och annan fysisk utformning men också veckodag och tid på dygnet har betydande inverkan på graden av upplevd trygghet.^{16, 17, 18}

Trygghet i gatu- och vägrummet hänför sig till olika saker för olika trafikanter. Gemensamt är att en begriplig, överblickbar och orienterbar miljö stärker känslan av trygghet. För gående, cyklister, funktionshindrade (i synnerhet synskadade) och äldre är det en trygghet att veta att man är skild från övriga trafikantslag. Kvälls- och nattetid stärker väl belysta och överblickbara miljöer utan dolda prång känslan av trygghet. På ensliga ställen kan dock många känna en otrygghet i att stå ensamma i en upplyst busskur när allt är mörkt omkring.¹⁹

5.8 Förbättringsåtgärder

5.8.1 Inledning

Nedan följer en beskrivning av hur transportkvalitet påverkas av olika förbättringsåtgärder.

5.8.2 Breddning av väg

Fler eller bredare körfält påverkar komforten genom att påverkan från andra trafikanter vad gäller hastighetsval och körspår kan antas minska. Dessutom medför vägens förbättrade kapacitet att tillförlitligheten och flexibiliteten kan antas öka - restidsosäkerhet och risk för förseningar minskar och transporter/resor får bättre förutsättningar att genomföras när som helst i tiden.

Trygghet förbättras för bilförare vid mötesfrihet.²⁰ Detsamma kan antas gälla den upplevda tryggheten vid breddning utan mittseparering. Det är dock viktigt att skilja på upplevd trygghet och trafiksäkerhet. Bredare körfält medför vanligen en högre medelhastighet vilket är negativt ur trafiksäkerhetssynpunkt.

Oskyddade trafikanter kan också antas uppleva att breddning av vägar ökar tryggheten. Effekter av mittseparering presenteras något utförligare under Mittseparering.

5.8.3 Linjeföring/sikt

Förbättrad linjeföring innebär förbättrad sikt för föraren, som därmed också kan planera sin körning bättre. Genom detta förbättras komforten och tillförlitligheten samtidigt som den upplevda tryggheten ökar.

5.8.4 Stigningsfält och omkörningsfält

Stigningsfält och omkörningsfält innebär att omkörningar av tung trafik och långsamgående fordon underlättas. Detta innebär att restidsvariationen minskar, och därmed förbättras tillförlitligheten. Flexibiliteten påverkas genom att transporter och resor under trafikintensiva delar av dygnet underlättas. Den upplevda tryggheten förbättras.

¹⁶ Alm, Charlotte & Lindberg, Erik: Upplevd trygghet vid resor med kollektiva transportmedel. Statens väg- och transportforskningsinstitut. VTI meddelande 919, 2002.

¹⁷ Metoder för bedömning av trygghet och tillgänglighet för gående och cyklister på huvudgata, SWECO 2005-06-30

¹⁸ Transek, Trygghet i kollektivtrafiken. En forskningssammanställning. Transek AB 2002.

¹⁹ VGU, Sektion tätort - Gaturum 10, Gaturummets innehåll VV publikation 2004:80

²⁰ Transek, Hur fungerar och upplevs mötesfria vägar? Resultat av en sårbarhetsanalys samt attitydundersökning, Transek 2004:25

5.8.5 Minskning av enskilda utfarter på sträcka

Om antalet enskilda utfarter minskar bör det innebära mindre störningar för trafik på huvudvägen. Detta innebär att den upplevda tryggheten och restidsosäkerheten kan förbättras något. Däremot är det troligt att flexibiliteten för de som tidigare använt de enskilda utfarterna minskar.

5.8.6 Mittseparering

Om tvåfältsväg som byggs om till 2+2-väg eller 2+1-väg med mittseparering innebär det att omkörningar underlättas och därmed ökar tillförlitligheten och restidsosäkerheten minskar. En undersökning om hur trafikanter upplever mötesfria vägar ger framkomlighet, trygghet, säkerhet och utrymme mer än väl godkänt på de flerfältiga vägarna. Betyget blir genomgående lägre men ändå godkänt för 2+1-väg, utom för utrymmet.²¹

Om det inträffar en olycka på en mittseparerad vägsträcka där det endast är ett körfält finns det stor risk att hela vägbanan i den riktningen blockeras. Flexibiliteten i vägsystemet minskar då, samtidigt som sårbarheten ökar. Dessa samband är dock inte entydiga. Studier visar att det inträffar färre olyckor på vägar med mittseparering, vilket innebär minskad sårbarhet. Vid olyckor på 2+1 väg är dock avstängningstiden något längre än på andra typer av mötesfria vägar, vilket innebär att sårbarheten ökar något.²²

Vägar som har mittseparering upplevs av trafikanterna som tryggare än motsvarande väg utan mittseparering²³. I den utsträckning fotgängare och cyklister får vistas längs mittseparerade vägar kan räcken antas medföra att de upplever att fordon kommer närmare inpå dem, vilket försämrar den upplevda tryggheten. Detta blir särskilt påtagligt på vägar där vägrenen tagits i anspråk för ombyggnaden utan att det vidtagits några särskilda åtgärder för gång- och cykeltrafikanter. Likaså är det vanligt att det blir svårare för gång- och cykeltrafikanter att korsa vägen.

5.8.7 Vägens närmiljö

En väg med flacka slänter och sidoområden utan hinder upplevs av trafikanterna som trygga. Vägräcken kan upplevas ge en viss "vägeffekt", men är ur trafiksäkerhetssynpunkt bra.

5.8.8 Sidoanläggningar

Rastplatser, serviceanläggningar och andra sidoanläggningar innebär en ökad komfort för trafikanterna. Det är också vanligt att det finns tillgång till information vid sidoanläggningarna. Hur sidoanläggningen utformas påverkar den upplevda tryggheten.

5.8.9 Hastighetsdämpning

Hastighetsdämpande åtgärder innebär vanligtvis försämrad komfort för förare och passagerare. Samtidigt ökar tryggheten för de trafikanter som befinner sig utanför fordonet.

²¹ Transek, Hur fungerar och upplevs mötesfria vägar? Resultat av en sårbarhetsanalys samt attitydundersökning, Transek 2004:25.

²² Transek, Hur fungerar och upplevs mötesfria vägar? Resultat av en sårbarhetsanalys samt attitydundersökning, Transek 2004:25.

²³ Transek, Hur fungerar och upplevs mötesfria vägar? Resultat av en sårbarhetsanalys samt attitydundersökning, Transek 2004:25.

5.8.10 Automatisk trafiksäkerhetskontroll (ATK)

Acceptansen för automatisk hastighetsövervakning med trafiksäkerhetskameror är hög varvid över 70 % anser att det är ett bra sätt att övervaka hastigheter. Kvinnor är generellt mer positiva än män och äldre mer positiva än yngre till automatisk hastighetsövervakning.²⁴

5.8.11 Beläggningsåtgärder

Beläggning av grusväg gör att vibrationer minskar samt att framkomligheten och bärigheten ökar (se avsnitt Bärighetshöjande åtgärder nedan).

Ny beläggningsyta (t.ex. tyst asfalt) kan innebära mindre vibrationer, lägre ljudnivå och därmed bättre komfort för trafikanterna.

5.8.12 Fysiska åtgärder i korsning

5.8.12.1 Införande av trafiksignaler

Om trafiksignaler införs betyder det ökade möjligheter att styra trafiken. Detta innebär att flexibiliteten i vägsystemet ökar. Eventuell köbildning vid stoppsignaler sänker komforten. Funktionshindrade oskyddade trafikanter, speciellt synskadade, anser att trafiksignaler är bättre än icke signalreglerade korsningar och rondeller med avseende på trygghet²⁵.

5.8.12.2 Samordning av trafiksignaler

Om trafiksignaler samordnas innebär det att restidsosäkerheten minskar och komforten förbättras i jämförelse med ej samordnade trafiksignaler.

5.8.12.3 Ny korsning

En ny korsning innebär att det blir lättare att ta sig ut från mindre vägar. Detta innebär att tryggheten och flexibiliteten ökar för trafikanten på den mindre vägen. För trafikanterna på huvudvägen kan åtgärden ha motsatt effekt. Dessutom kan trafikanterna på huvudvägen få sänkt komfort då deras val av hastighet och körspår kan påverkas av trafiken från den mindre vägen.

5.8.12.4 Cirkulationsplats

Cirkulationsplatser efterfrågas av trafikanter som lösning i korsningar²⁶. Detta kan indikera att de upplevs som tryggare och/eller smidigare än andra lösningar i korsningar. Restidsosäkerhet och komfort kan förbättras då fördröjningstiden ofta är lägre vid cirkulationsplatser än vid signalreglerade korsningar. Detta kan dock variera beroende på trafikvolymerna på de olika vägarna som möts vid cirkulationsplatsen.²⁷

Funktionshindrade oskyddade trafikanter, speciellt synskadade, anser att cirkulationsplatser försämrar tryggheten jämfört med signalreglerade korsningar.²⁸

5.8.13 Bärighetshöjande åtgärder

Förbättringsåtgärder som medför höjd bärighet har positiva effekter på framkomlighet, dvs. bärighet och IRI. Åtgärderna kan även medföra förbättrad komfort och minskade

²⁴ Trafikverket (2020). Allmänhetens syn på trafiksäkerhet - Resultat från Trafiksäkerhetsenkäten 2020. Dokumentbeteckning 2020:228.

²⁵ Vägverket, Sverige behöver bättre trafiksignaler, Publ 2000:28

²⁶ Vägverket, Resultat från 2006 års trafiksäkerhetsenkät, Publ. 2006:106

²⁷ Vägverket, Sverige behöver bättre trafiksignaler, Publ 2000:28

²⁸ Vägverket, Sverige behöver bättre trafiksignaler, Publ 2000:28

vibrationer, vilket i sin tur kan påverka den upplevda tryggheten, då bärighetshöjande åtgärder normalt medför en jämnare vägyta. Tillförlitligheten och flexibilitet önskar i vägtransportssystemet då fler vägar får högre bärighet och/eller färre tjälavstängningar.

Två typer av bärighetshöjande åtgärder behandlas nedan:

- permanent bärighetshöjning
- ökad tjälsäkerhet.

Bärighetshöjning ger normalt minskade underhållskostnader samt jämnare vägyta. Dessa effekter kan bedömas enligt de normalvärden som presenterats i avsnitt 5.2.2 Bärighet.

5.8.13.1 Permanent bärighetshöjning

Inskränkningar i framkomligheten för den tunga trafiken beror oftast på nedsatt bärighet på broar eller korta vägsträckor. Dessa nedsatta avsnitt fungerar som flaskhalsar eller återvändsgränder, vars undanröjande kan reducera antalet transporter och transportkostnaderna.

Vid bedömningen av de samhällsekonomiska och företagsekonomiska effekterna av en bärighetshöjande åtgärd kan följande fem typfall urskiljas:

1. transport med reducerad last hela sträckan
2. transport med omlastning från full till reducerad last förbi det nedsatta vägavsnittet
3. transport via en omväg
4. transport med skotare (skogstraktor) förbi det nedsatta vägavsnittet
5. transporten med dispens att överskrida gällande viktbestämmelser

Typfall 1 – transport med reducerad last

Den tunga trafiken kör hela transportsträckan med reducerad last för att kunna passera avsnittet med nedsatt bärighet. Förstärkning av det nedsatta vägavsnittet innebär att berörda transporter kan genomföras med full last. Detta medför en minskning av transportarbetet (antalet fordonsrörelser). Därvid kommer såväl de samhällsekonomiska som företagets transportkostnader att minska.

Den samhällsekonomiska effekten kan bedömas med EVA. Avgörande blir hur stor förändringen i antalet tunga transporter, dvs. antalet lastbilar utan och med släp, mellan bas- och utredningsvägnätet.

Förändringen av trafikarbetet i utredningsvägnätet för den tunga trafiken kan beräknas enligt nedanstående förutsättningar. Resultatet av det ändrade lastbilsflödet kodas därefter in i EVA:s utredningsvägnät.

Lastbilar med och utan lastrestriktion har samma ruttval i bas- och utredningsvägnätet. Åtgärden består av att öka bärigheten till 60 ton enligt gällande riktlinjer i ATB VÄG. I basvägnätet, där bärighetsrestriktioner finns, antas alla lastbilar ha en reducerad last, a *normallast. Det innebär att om antalet lastbilar är N i basvägnätet så minskar antalet till $N * (1/a - 1)$ i utredningsvägnätet.

Exempel:

Lastfaktorn $a=0,75$ innebär att det är $(1/0,75-1)$, dvs. 33 % fler lastbilar i basvägnätet. Omvänt så är det $(1 - a)$, dvs. 25 % färre lastbilar i utredningsvägnätet.

Årsdygnstrafik i basvägnätet (före åtgärd) är $\text{Ådt} (f/d)$ med lastbilsandelarna lastbilar utan släp respektive lastbilar med släp. Det innebär med normala axelantaganden:

- Årsdygnstrafik axelpar basvägnätet = $\text{Ådt} * (1,0 * (1 - l_{bu} - l_{bs}) + 1,1 * l_{bu} + 2,75 * l_{bs})$
- Årsdygnstrafik axelpar utredningsvägnätet = $\text{Ådt} * (1,0 * (1 - l_{bu} - l_{bs}) + (1,1 * l_{bu} + 2,75 * l_{bs}) * (1 - a))$

där l_{bu} = andelen lastbilar utan släp

l_{bs} = andelen lastbilar med släp

Åtgärden består av att öka bärigheten till 60 ton med VÄG94-konstruktion. I före-fallet med bärighetsrestriktioner antas alla lastbilar ha en normallast som är a *normallast. Det innebär att antalet lastbilar både utan och med släp minskar med $(1 - a)$ i utredningsvägnätet. Årsdygnstrafik före åtgärd är $\text{Ådt} (f/d)$ med lastbilsandelarna l_{bu} utan och l_{bs} med släp.

Typfall 2 – transport med omlastning

Den tunga trafiken kör förbi det nedsatta vägavsnittet med reducerad last varefter omlastning sker och återstående transportsträcka körs med full last. Omlastning är endast aktuellt då ett stort avstånd föreligger mellan det nedsatta avsnittet och resmålet för destinationen. Typfallet är inte vanligt förekommande. Särskild utredning krävs.

Typfall 3 – transport via en omväg

Den tunga trafiken kör en omväg förbi det nedsatta vägvägnittet, normalt endast i den ena riktningen om man inte har last i båda riktningarna. Detta typfall är vanligast förekommande.

Vid förstärkning av det nedsatta vägvägnittet förändras transport rutten och transportarbetet minskar. Beräkning av förändringen kan ske enligt typfall 1 ovan. Ruttvalsförändringar och eventuella lastfaktoreffekter kodas in i EVA:s utrednings- och basvägnät för effektberäkningar och samhällsekonomisk lönsamhetsberäkning. En schablonmetod kan användas för preliminär bedömning av lönsamheten, se typfall 1 ovan.

Typfall 4 – transport med skotare

Virkestransporter sker med hjälp av skotare (skogstraktor) förbi det nedsatta vägvägnittet varefter återstående sträcka körs med full last. Typfallet är inte vanligen förekommande. Särskild utredning krävs.

Typfall 5 – transport med dispens

Dispensstransporter för överskridande av befintliga viktbestämmelser är vanligast på vägar med bärighetsklass 1 (BK1). Bruttovikter över 60 ton dispenserar i vanligast förekommande fall. Låga hastigheter utmärker flertalet dispensstransporter.

Underlag saknas för samhällsekonomisk utvärdering. Odelbart gods är i många fall dyrbart att sätta ihop på annan plats än det primära tillverkningsstället. Samhällsresurser i form av polis och annan myndighet krävs i många fall för framförande av dispensfordon. Om transporten medför störningar kan merkostnader uppstå för övriga trafikanter. Restidseffekter och förändrade ruttval är vanligt förekommande för detta typfall. Ingen metodik finns framtagen vid denna upplagas tryckning, dock pågår studier över metod och modell för ett kommande analysstöd.

5.8.13.2 Ökad tjälsäkerhet

Temporär nedsättning av bärigheten på grund av tjällossning sker till största delen på det lokala vägnätet. Detta skapar merkostnader för näringslivet i allmänhet och skogsindustrin i synnerhet. Skogsråvaran transporteras från det enskilda skogsbilvägnätet ut på det lokala vägnätet och regionala/nationella vägnätet. Inom skogsindustrin förutsätter hela kedjan från avverkning till vidareförädling funktionella transportvägar. Bristande bärighet på någon del i transportvägen ger upphov till merkostnader både för industrin och för samhället.

Enligt Skogforsk²⁹ uppgår den företagsekonomiska merkostnad som skogsindustrin drabbas av under tjällossningsperioden årligen till mellan 600 och 900 miljoner kronor. Den största delen av merkostnaderna uppstår p.g.a. ökade transportkostnader, fördyrad industriprocess och kvalitetsförluster från skogsråvaran.

Undantagna från tillfälliga bärighetsrestriktioner är särskilt viktiga transporter såsom mjölk-, post- och brådslande linjetrafik eller skolskjuts samt fordon som anlitas för den allmänna väghållningen.

Enskilda åtgärder på vägnätet kan inte tillskrivas minskade samhällsekonomiska kostnader på ett enkelt sätt. Ett komplext samband finns mellan strategier utarbetade inom industrin, antalet nedsatta vägvägnitt i ett område, tillgängligheten till råvara och prognostiserbarheten av nedsättning i tid och plats i första hand.

²⁹ Skogforsk 2000:03.

Bärighetsrestriktionerna uppvisar stora variationer inom landet. Den vanligast förekommande restriktionen är begränsningar av bruttovikts- och axeltrycksbelastningar. T.ex. förekommer nedsättning för bruttovikter till 9, 7 eller 3,5 ton. Den genomsnittliga tiden för nedsatt bärighet varierar inom landet från 2 veckor i söder till 7 veckor i norr. Lokala avvikelser förekommer.

Prioritering av åtgärder för att tjälsäkra vägar kan med fördel baseras på dels den bedömda transportvolymen, dels en accepterad samhällsekonomisk prioritering av vägavsnitt eller vägnät. Kostnadseffektiviteten kommer härmed att vara styrande.

Även personbilstrafik och lätta godstransporter får fördel av om omfattningen av nedsatt bärighet vid tjällossning minskar. För dessa transporter minskar främst fordons- och tidskostnader. Med en åtgärd som eliminerar problemet kan hastigheten öka upp till 20 km/h och fordonskostnaderna minska, framförallt bränsle och reparationskostnader, med upp till 50 %. Typfallen är:

- transport via omväg
- ingen trafik under tjällossning

Bärighetshöjande åtgärder gör också att påverkan av tjälskador minskar. Detta medför minskad sårbarhet och ökad flexibilitet och trygghet i vägsystemet.

5.8.14 Åtgärder för att minska barriärer

Fysiska åtgärder för gång- och cykeltrafikanter medför, med rätt utformning, förbättring av den upplevda tryggheten för dessa trafikanter. Beroende på vilka åtgärder som genomförs kan även flexibiliteten förändras.

5.8.15 Trafikregleringsåtgärder för biltrafik

Trafikregleringsåtgärder som t.ex. omkörningsförbud kan innebära ökad trygghet. Vägvisning påverkar tillgången till informationen och gör att vägsystemets flexibilitet och utbud förbättras. Det är också möjligt att restidsosäkerheten minskar. Att trafikregleringen är begriplig, överblickbar och bidrar till orienterbarheten är viktiga delar för den upplevda tryggheten³⁰.

5.8.16 Visuell och audiell ledning

Väggkantsstolpar, bredare och heldragna linjer, belysning och vägräfflingar ökar tryggheten genom att överblickbarhet och orienterbarhet förbättras. God visuell ledning ökar också komforten då det ger större möjligheter att planera körningen. Väggkantsstolpar innebär att reshastigheten ökar vid mörkerkörning. De minskade hastighetsskillnaderna under dygnet innebär att restidsosäkerheten minskar. Det är dock möjligt att vissa av dessa åtgärder som innebär förhöjd hastighet är negativa ur trafiksäkerhetssynpunkt³¹.

5.8.17 Viltåtgärder

Viltåtgärder, som viltstängsel och siktröjning, ökar den upplevda tryggheten för trafikanterna.

³⁰ VGU, Sektion tätort - Gaturum 10, Gaturummets innehåll VV publikation 2004:80

³¹ VTI, Vägutrustningars effekt på trafiksäkerhet, tillgänglighet och komfort, VTI Rapport 551, 2006.

5.8.18 ITS-åtgärder

ITS- bidrar till bättre tillförlitlighet och ger förbättrad information för trafikanterna. Flexibiliteten kan påverkas positivt genom användandet av ITS-åtgärder. Om åtgärderna medför att överblickbarhet och orienterbarhet ändras kan även den upplevda tryggheten påverkas. Nedan ges exempel på åtgärder som främjar transportkvaliteten.

Realtidsinformation i kollektivtrafik innebär att aktuell information förmedlas till resenärerna via bildskärmar i anslutning till hållplatsen. Informationen kan gälla aktuell tidtabell, förväntad ankomst, förseningar, tillfälliga ändringar eller vägvisning. När störningar inträffar får resenärerna reda på vad som har hänt, vilka konsekvenser detta innebär för trafiken samt när trafiken beräknas fungera igen. Genom att kollektivtrafiken upplevs pålitligare, kan detta locka fler resenärer och därmed bidra till ett hållbart resande.³²

System för *dynamisk parkeringsinformation* är till för att visa bilister var det finns lediga parkeringar i staden och hjälpa dem att hitta dessa. Syftet är att minska söktrafiken och att göra trafiksituationen enklare för trafikanter som besöker centrum. Därutöver kan systemet användas för att förbättra tillgängligheten till stadskärnan och på så sätt öka stadens attraktivitet.³³

Incidentinformation kan tjäna flera syften. Dels utgör tjänsten en upplysningservice till trafikanter vilket bland annat kan reducera trafikantens upplevda stress. Dels kan tjänsten bidra till en förbättrad framkomlighet genom att bilisterna kan välja en annan väg vid köbildning och incidenter.

I aktuellt avsnitt behandlas informationens värde och dess effekt för trafikanter i form av ökad kunskap om incidenten och dess varaktighet. För detta finns en betalningsvilja som studerats i ett antal utredningar. Effekter på restid behandlas i kapitel 4 – tillgänglighet, avsnitt 4.5.18.

Information om incidenter samt förändrade restider kan förmedlas på olika sätt och effekten av informationen kan variera beroende på vilken informationskanal som används. Den incident- och restidsinformation som beskrivs nedan avser information till trafikanter som redan påbörjat sin resa. Det antas vidare att informationen förmedlas i form av skyltar längs med vägen, så kallade VMS-skyltar.

Nyttan av incidentinformation kan beräknas genom att trafikanters betalningsvilja appliceras på de trafikanter som genom åtgärden förväntas erhålla information i samband med incident. Vid beräkning skall värderingen 20 kr per person och resa användas. Värderingen gäller under förutsättning att incidentens varaktighet uppgår till ca 30 min samtidigt som trafikanten informeras om incidentens orsak, omfattning och konsekvenser. Incidentfrekvens, omfattning, varaktighet samt antaganden om hur många trafikanter, inklusive förare och passagerare, som påverkas av incidenten skall tydligt redovisas.

Det rekommenderade värdet enligt ovan är baserat på studier som visar att betalningsviljan varierar beroende på ett antal faktorer, däribland storleken på incidenten och informationens detaljeringsgrad. Ju större incident samt ju mer och detaljerad information som ges, desto högre betalningsvilja. Vid stora incidenter och detaljerad information om incidentens varighet, konsekvenser för framkomligheten och alternativa rutter kan betalningsviljan uppgå till cirka 30 kr per resa³⁴. Lägre detaljeringsgrad på informationen medför att

³² ITS på Väg, Trafikverket, <http://www.trafikverket.se/itspavag>

³³ ITS på Väg, Trafikverket, <http://www.trafikverket.se/itspavag>

³⁴ Börjesson, M., Dillén, J., Lind, G. & Avery, Ryan P. (2007). Trut - information search cost and benefits of traffic information. 15th World Congress on Intelligent Transport Systems and ITS America Annual Meeting 2008. New York 16–20 November.

betalningsviljan sjunker. Vid otydliga budskap om inträffade incidenter är betalningsviljan cirka 10 kr ³⁵. Betalningsviljan för att prenumerera på trafikinformation bedöms vara låg, däremot finns en betalningsvilja för att få korrekt och detaljerad information de tillfällen då en incident inträffar.

Det är tänkbart att betalningsviljan för incident- och restidsinformation har sjunkit något sedan ovanstående studier genomförts. Det finns idag fler kanaler som förmedlar trafikinformation och nyttan av tillkommande information kan således vara mindre. Det är också sannolikt att val av medium för förmedling av trafikinformation påverkar effekten av informationen. Exempelvis uppfattas radiomeddelanden som mer enhetligt än VMS-skyltar.

Restidsinformation innebär att restiden mellan två eller flera punkter på sträckor med återkommande restidsosäkerhet presenteras. Normalt har resenärerna en restidsmarginal motsvarande 5-10 minuter, men vid trafiksituationer som medför risk för större förseningar finns en nytta för restidsinformation. Betalningsviljan för minskad restidsosäkerhet på motsvarande +/- 10 minuter uppgår till cirka 4 kronor ^{34 36}.

Nyttan av restidsinformation kan, på motsvarande sätt som för incidentinformation, beräknas genom att trafikanters betalningsvilja appliceras på de trafikanter som reser under perioder då restidsvariationen är stor. Vid beräkning skall värderingen 4 kr per person och resa användas. Värdet kan användas på sträckor, eller i relationer, där restiden vid samma tidpunkt men vid olika dagar slumpmässigt varierar med +/- 10 minuter.

5.8.19 Kollektivtrafikåtgärder

Beroende på hur kollektivtrafikåtgärder utformas påverkas den upplevda tryggheten vid busshållplatser och infartsparkeringar. Restidsosäkerheten för kollektivtrafikresenärerna kan också påverkas genom åtgärder som busskörfält och signalprioritering. Tillgång till information kan också påverkas av åtgärderna.

5.8.20 Miljöåtgärder

Miljöåtgärder, som t.ex. bullerdämpande åtgärder, kan innebära förbättrad komfort för dem som använder vägen. Det är också möjligt att upprustning av slitna vägmiljöer ökar den upplevda tryggheten.

5.9 Järnväg

5.9.1 Tågförseningar

Syftet med det enkla samband som presenteras här är att kunna komplettera beräkningar av samhällsekonomiska effekter som görs på en relativt aggregerad nivå, t.ex. i Sampers. Det är alltså inte tänkt att ersätta mer detaljerade, mikroorienterade ansatser för analyser av tågförseningar.

Information för att estimeras förseningsmodellerna har hämtats från ett befintligt uttag från LUPP vilket innehåller samtliga tågrörelser i Sverige under år 2013. Försenings sambandet för resandetåg respektive godståg består av två modeller, varav den första avser en sannolikhetsberäkning för att ett tåg är försenat och det andra avser det betingade väntevärdet för antal förseningsminuter då tåget är försenat. Det har alltså tagits fram två

³⁵ Movea (2007) Trafikantuppföringar och nyttan av trafikinformation, TRUT Slutrapport

³⁶ Killi, M. & Samstad, H. (2002). Trafikanter verdsetting av informasjon med utgangspunkt i arbeidsreiser. Oslo: TÖI (TÖI rapport 620/2002).

separata samband för person- respektive godstågstrafik som endast skiljer sig åt vad gäller estimerade parametervärden.

Utgångspunkten för att ta fram sannolikhetsmodellen för om ett tåg är försenat har varit att hålla modellen enkel. Ett antal olika specifikationer med olika transformationer av beroende och oberoende variabler har testats. De som presenteras här har valts eftersom: (1) relevanta variabler har ”rätt” tecken, (2) de har varit statistiskt signifikanta och (3) för att de är enkla att använda i ”linje-länktabellen”.³⁷ Alla modeller har innehållit indikatorvariabler för månad som vi sedan räknat om till en del av interceptet utifrån resp. månads andel av 365 dagar.

Modell för sannolikheten (P) att ett tåg är försenat (Y=1):

$$P(Y = 1) = \frac{\exp(x'\beta)}{1 + \exp(x'\beta)}$$

$$x'\beta = a1_{p,g} + a2_{p,g} \ln(\text{distsum}) + a3_{p,g} \text{espan del} + a4_{p,g} \ln(\text{kapb}) + a5_{p,g} \text{stopp}$$

p = persontåg, g= godståg

Tabell 5.9.1-a Parametervärden för person-respektive godståg P(Y=1)

Parameter	Persontåg	Godståg
a1	-0,7087	-1,2513
a2	0,2019	0,0915
a3	0,4513	0,0887
a4	0,4724	0,0674
a5	-0,6788	-0,0808

Förklaring variabelnamn:

distsum: ackumulerat avstånd från start- respektive slutnod

espan del: andel enkelspår ackumulerat över linjens avstånd

kapb: viktat genomsnittligt kapacitetsutnyttjande vid varje nod

stopp: nod där tåget gör uppehåll för resandeutbyte

Modell för väntevärdet av ett resandetågs antal förseningsminuter givet att tåget är försenat (Y=1)

$$m = b1_{p,g} + b2_{p,g} \text{distsum} + b3_{p,g} \text{espan del} + b4_{p,g} \text{stopp}$$

Tabell 5.9.1-b: Parametervärden för person-respektive godståg för förväntat antal förseningsminuter

³⁷ För undersökning av olika parametrars statistiska signifikans är alla standardfel ”klusterrobusta”. Här har vi för enkelhets skull använt länk som kluster men vi har ju även flera observationer på samma tåg under dess framförelse vilket skulle kunna användas för att korrigera standardfelen.

<i>Parameter</i>	<i>Persontåg</i>	<i>Godståg</i>
<i>b1</i>	3,513845	39,86823
<i>b2</i>	0,02123	0,0501
<i>b3</i>	0	2,5602
<i>b4</i>	-0,41460	1,9948

Det väntade antalet förseningsminuter per tåg vid uppehåll (stopp=1) ges alltså av:

$$P(Y = 1) \cdot m$$

5.9.1.1 Tillämpning av förseningssambanden

Den tidigare beskrivna modellspecifikation innebär att den förväntade förseningstiden beräknas för varje tåglinje³⁸ vid de stationer där tågen gör uppehåll. Den förväntade förseningstiden vid en och samma station kommer därför att skilja sig åt mellan olika tåglinjer om dessa har olika sträckningar före den aktuella stationen. För persontågstrafiken innebär detta att prognostågslinjerna kan användas i beräkningarna av förväntad förseningstid enligt den sträckning dessa har åsatts i prognostidtabellen. För varje station med resandeutbyte finns dessutom uppgifter om antal av- och påstigande enligt prognosen. För godståg däremot finns dessa enbart redovisade i form av antal tåg per delsträcka enligt Bangods. Det saknas därför information om godstrafikens linjesträckning vilket gör det omöjligt att för närvarande beräkna förseningar för dessa enligt de framtagna effektsambanden.

För persontågen beräknas förväntade förseningar dels för jämförelsealternativet (JA), dels för utredningsalternativet (UA). Såväl kapacitetsutnyttjandet som trafik- och resandemängder förändras mellan JA och UA. Det innebär att totala antalet (värderade) förseningstimmar i JA och UA samt skillnaden mellan dessa inte är ett relevant mått på förändrade förseningar. Om såväl trafik- som resandevolymer ökar kan totala antalet förseningstimmar öka, trots förbättrat kapacitetsutnyttjande. Däremot kan den genomsnittliga förseningstiden per resenär minska i UA trots att den totala förseningstiden är större i UA än i JA. Samma resultat skulle erhållas om man beräknade totala antalet restidstimmar i JA och UA, vilket inte heller är relevant att göra.

Vad gäller åktid, liksom de övriga restidskomponenterna anslutningstid, bytestid och turintervall, beräknas effekten i SampersSamkalk istället genom restidsskillnaden mellan JA och UA i varje resanderelation. Här görs en uppdelning av resandet i befintliga/kvarvarande respektive tillkommande försvinnande resenärer. De senare antas tillgodogöra sig approximativt halva tidsvinsten enligt "rule-of-the-half".

När det gäller förändrade förseningar är metoden enligt ovan inte tillämpbar eftersom SampersSamkalk enbart kan hantera tidtabellslagda effekter och förseningar definitionsmässigt är en avvikelse från tidtabellen. Det finns inte heller några effektsamband mellan förseningar och efterfrågan på resor.

För att kunna beräkna förändrade förseningar mellan JA och UA måste därför någon form av genomsnittlig försening per resenär för respektive scenario användas.

³⁸ Med tåglinje avses en tidtabellslagd trafiklinje från start- till ändpunkt med angiven uppehållsbild.

Det finns några olika varianter, som alla baseras på genomsnittliga förseningar per avstigande i JA, UA och skillnaden mellan dessa. Trafikverket har valt att använda genomsnittlig förseningstid per resärende och tågtyp.

I de fall då trafikeringen är exakt densamma i JA och UA, det vill säga samma linjesträckning och turtäthet, kan beräkningen av förändrade genomsnittsförseningar göras för varje tåglinje och på varje station för resandeutbyte. Detta är det normala tillvägagångssättet i en "vanlig" objektanalys.



TRAFIKVERKET

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

www.trafikverket.se