

De relatie tussen snelheid en ongevallen

Samenvatting

Naarmate er harder wordt gereden, neemt de kans op een verkeersongeval toe, evenals de kans op ernstig letsel. De exacte relatie tussen snelheid en ongevallen is afhankelijk van veel factoren. Zo wordt bij een botsing de letselernst van de inzittenden niet alleen bepaald door de botssnelheid, maar bijvoorbeeld ook door het massaverschil van de voertuigen. Wat de ongevalskans betreft, geldt dat snelheid een grotere rol speelt in complexere situaties (bijvoorbeeld op wegen binnen de bebouwde kom) dan op minder complexe wegen (bijvoorbeeld op autosnelwegen). Het effect van snelheidsmaatregelen hangt in ieder geval af van absolute rijnsnelheden, wegtypen en snelheidsverschillen tussen voertuigen.

Achtergrond

Snelheid is een van de basisrisicofactoren in het verkeer (Wegman & Aarts, 2005). Hogere rijnsnelheden leiden tot hogere botssnelheden en daarmee tot ernstiger letsel. Bij hogere rijnsnelheden is er bovendien minder tijd om informatie te verwerken en daarop te reageren, en is de remweg langer. Daarmee is dus de mogelijkheid om een botsing te voorkomen geringer. Kortom: hogere rijnsnelheden leiden tot een grotere kans op ongevallen met bovendien een ernstiger afloop. Echter lang nog niet alles is bekend over de exacte relatie tussen snelheid en verkeersonveiligheid, en de omstandigheden die deze relatie beïnvloeden. Dit maakt het bijvoorbeeld lastig om te berekenen wat de effecten zijn van concrete snelheidsmaatregelen. Hieronder worden de meest recente inzichten in de relatie tussen snelheid en verkeersveiligheid samengevat (Aarts, 2004; Aarts & Van Schagen, 2006). Andere SWOV-factsheets die ingaan op het onderwerp snelheid zijn: [Snelheidskeuze: de invloed van mens, weg en voertuig](#); [Naar geloofwaardige snelheidslimieten](#); [Maatregelen voor snelheidsbeheersing](#); [Politietoezicht en rijnsnelheid](#); en [Intelligente Snelheidsassistentie \(ISA\)](#).

Hoe groot is de rol van snelheid bij ongevallen?

In theorie speelt snelheid een rol bij alle verkeersongevallen: als iedereen stil zou staan, zou er immers geen verkeer zijn. Het is echter erg lastig om vast te stellen bij hoeveel ongevallen een (te) hoge snelheid de belangrijkste oorzaak is. Vaak zijn er naast snelheid ook andere factoren in het spel die tot een ongeval leiden. Snelheid kan (mede) tot een ongeval leiden als deze snelheid hoger was dan de toegestane snelheidslimiet, of als deze hoger was dan de omstandigheden op dat moment veiligheidshalve toelieten (bijvoorbeeld door regen, mist of grote verkeersdrukke). Met name onaangepaste snelheid is over het algemeen moeilijk objectief vast te stellen. De politie registreert snelheid dan ook erg weinig als ongevalsoorzaak. Over het algemeen wordt ervan uitgegaan dat ongeveer een derde van de dodelijke ongevallen (mede) veroorzaakt wordt door een te hoge of onaangepaste snelheid (OECD/ECMT, 2006).

Wat is de relatie tussen snelheid en de ernst van een ongeval?

De relatie tussen snelheid en veiligheid berust op twee pijlers. De eerste pijler is de relatie tussen botssnelheid en de *ernst* van een ongeval; de tweede die tussen snelheid en de *kans* op een ongeval. Hoe hoger de botssnelheid is, hoe ernstiger de consequenties zijn in termen van materiële schade en letsel. Dit is een natuurkundige wetmatigheid die te maken heeft met de hoeveelheid bewegingsenergie die bij een botsing in zeer korte tijd wordt omgezet in bijvoorbeeld warmte en vervorming van materiaal. Daar komt nog eens bij dat de mens fysiek zeer kwetsbaar is in verhouding tot de enorme krachten die er bij een botsing vrijkomen. In de laatste decennia zijn voertuigen wel steeds beter uitgerust (met kreukelzones, airbags en gordels) om de energie die bij een botsing vrijkomt te 'absorberen' en daarmee de inzittenden te beschermen. Toch blijft de botssnelheid van groot belang voor de afloop van een ongeval. Zo is bij een botssnelheid van 80 km/uur de kans dat de auto-inzittenden overlijden zo'n twintig maal groter dan bij 30 km/uur (IIHS, 1987).

Welke verkeersdeelnemers hebben de meeste kans op letsel?

Naast snelheid speelt ook de massa van de betrokken voertuigen een rol. Bij botsingen tussen voertuigen met een massaverschil zijn de inzittenden van de lichtere voertuigen over het algemeen aanzienlijk slechter af dan die van de zwaardere voertuigen. Het verschil in massa bepaalt namelijk welk voertuig welk deel van de vrijgekomen energie absorbeert. Globaal gezien is die energieopname omgekeerd evenredig met de massa van de voertuigen.

De massa van voertuigen kan in hoge mate verschillen. Dit is heel duidelijk het geval bij vrachtauto's en personenauto's, waarbij het massaverschil gemakkelijk oploopt tot een factor 10 of meer. Maar ook binnen de groep personenauto's zijn de massaverschillen groot en deze worden steeds groter (een factor 3 is geen uitzondering). Deze 'incompatibiliteit' van voertuigen is een groot en toenemend probleem voor de verkeersveiligheid.

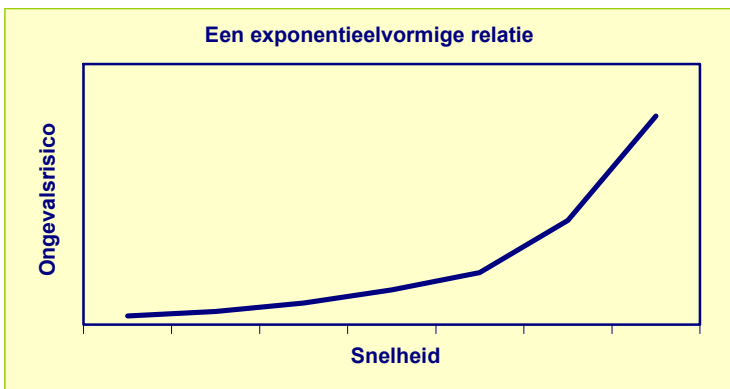
Van geheel andere orde is de incompatibiliteit bij botsingen tussen kwetsbare verkeersdeelnemers en vrijwel alle typen motorvoertuigen. Er is dan sprake van massaverschillen vanaf een factor 10 (bij lichte auto's) tot bijna 700 (bij vrachtauto's van 50 ton). Bovendien hebben voetgangers, (brom)fietsers en ook motorfietsers geen 'ijzeren kooi' om zich heen die een deel van de vrijgekomen energie bij een botsing kan opnemen. Uit laboratoriumbotsproeven blijkt dan ook dat bij een botsing tussen een personenauto en een voetganger, de overlevingskansen van de laatste dramatisch dalen als de snelheid van de auto toeneemt: bij een botsing met 30 km/uur overlijdt 'slechts' 5% van de voetgangers; bij een snelheid van 50 km/uur is dat al 45% en bij 65 km/uur overlijdt zelfs 85% (ETSC, 1995). Zie voor meer informatie de SWOV-factsheet [Kwetsbare verkeersdeelnemers](#).

Wat is de relatie tussen snelheid en de kans op een ongeval?

De tweede pijler van de relatie tussen snelheid en veiligheid heeft te maken met de *kans* op een ongeval. Naarmate bestuurders harder rijden, neemt de kans om bij een ongeval betrokken te raken, toe. Dit heeft enerzijds te maken met de langere remweg en anderzijds met het feit dat de mens beperkt is in zijn mogelijkheden om informatie te verwerken en op grond daarvan te handelen. De relatie tussen snelheid en ongevalskans is echter veel minder direct en veel complexer dan de relatie tussen snelheid en ongevalsernst.

Welk effect heeft de absolute rijnsnelheid?

Relatief veel studies hebben gekeken naar de relatie tussen de absolute rijnsnelheid en het ongevalsrisico. Ongeacht de gebruikte onderzoeksmethode concluderen vrijwel alle studies dat het verband tussen snelheid en ongevalskans het best beschreven kan worden met een machtsfunctie: de kans op een ongeval stijgt bij een snelheidstoename *meer* naarmate de snelheid hoger is en vice versa (Afbeelding 1).

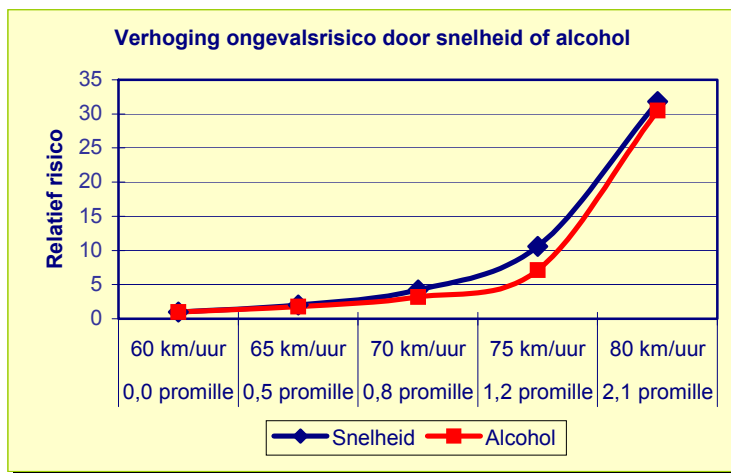


Afbeelding 1. Schematische weergave van de machtsfunctie in de relatie snelheid-ongevalskans.

Zeer bekende Zweedse studies die in dit verband nog steeds vaak worden geciteerd, zijn de studies van Nilsson (1982; 2004). Deze studies keken naar de effecten op het aantal ongevallen van de toename en afname van de gemiddelde snelheid op een wegvak door limietwijzigingen.

In Australië is veel onderzoek verricht naar het effect van de snelheid van individuele voertuigen op de ongevalskans (Kloeden et al., 1997; 2001; 2002). Uit deze studies bleek zelfs een exponentieel

verband tussen snelheid en ongevalskans. Kloeden et al. (1997) hebben bovendien de ongevalskansen ten gevolge van snelheid vergeleken met die ten gevolge van alcohol. Het onderzoek richtte zich op doorgaande wegen binnen de bebouwde kom met een limiet van 60 km/uur. De resultaten lieten zien dat een automobilist die 5 km/uur harder rijdt dan deze limiet tweemaal zoveel kans heeft om bij een letselongeval betrokken te raken dan een automobilist die zich precies aan de limiet houdt. Een overschrijding van de limiet met 10 km/uur leidt tot een viermaal grotere ongevalskans en een overschrijding van 15 km/uur tot een ruim tienmaal grotere ongevalskans. De risicoverhoging van limietoverschrijdingen op de onderzochte wegen bleek ongeveer gelijk aan de risicoverhoging op dezelfde wegen bij een bloedalcoholgehalte (BAG) van respectievelijk 0,5, 0,8 en 1,2 (Afbeelding 2). Wel moet men zich bij deze vergelijking realiseren dat het rijden onder invloed een vrijwel constante risicofactor is, terwijl het rijden met een te hoge snelheid vaak niet constant plaatsvindt. Rijden onder invloed beïnvloedt daarom een groter deel van een rit dan een te hoge snelheid. Gegeven een bepaalde rit is de kans op een ongeval dus groter als deze wordt ondernomen met een te hoog BAG dan (deels) met een te hoge snelheid.



Afbeelding 2. Ongevalsrisico bij verschillende snelheden en verschillende BAG-niveaus (Kloeden et al., 1997).

Is de relatie tussen snelheid en ongevalskans hetzelfde voor alle wegen?

Het feit dat de kans op een ongeval meer toeneemt naarmate de snelheid hoger is, suggereert dat snelheidsmaatregelen meer effect hebben op bijvoorbeeld autosnelwegen dan op wegen binnen de bebouwde kom. Toch is dit niet het geval, want zowel de hoogte van het risico als de mate van de stijging van het risico bij hogere snelheden is sterk afhankelijk van het type weg. Grofweg geldt dat autosnelwegen het laagste ongevalsrisico hebben en dat bij toenemende snelheid het ongevalsrisico minder snel stijgt dan op lagere ordewegen. Omgekeerd geldt ook dat eenzelfde snelheidsreductie (in km/uur) een groter veiligheidseffect heeft op lagere ordewegen dan op hogere ordewegen.

Deze verschillen hebben zeer waarschijnlijk te maken met de complexiteit van de weg- en verkeersomgeving in combinatie met de beperkingen van de mens om met grote hoeveelheden informatie om te gaan, zeker als hier maar weinig tijd voor beschikbaar is. In vergelijking met autosnelwegen is er op andere wegen buiten de bebouwde kom en in nog sterkere mate op wegen binnen de bebouwde kom sprake van een veel complexere verkeersomgeving: er vinden ontmoetingen plaats met meer verschillende soorten verkeersdeelnemers uit verschillende richtingen en daardoor is er sprake van minder voorspelbaar gedrag. Daarnaast, en gedeeltelijk hiermee samenhangend, is ook de ontwerp-snelheid van de weg van invloed. Op een weg met een ontwerp-snelheid van 80 km/uur zal een snelheidstoename van 80 naar 90 km/uur tot een grotere stijging in de ongevalskans leiden dan eenzelfde stijging (van 80 naar 90 km/uur) op een weg met een ontwerp-snelheid van 100 km/uur. De eerstgenoemde wegen zijn immers niet op die hogere snelheden ingericht.

Is de relatie snelheid-ongevalskans gelijk voor ernstige en minder ernstige ongevallen?

Een stijging of daling van de snelheid heeft een groter effect op ernstige ongevallen dan op lichte ongevallen. Op basis van kinetische wetten was dit begin jaren tachtig al berekend door Nilsson (1982). Het effect op het aantal letselongevallen kon gevat worden in de formule:

$$LO_2 = LO_1 \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2$$

met LO_2 als het aantal letselongevallen na de snelheidsverandering, LO_1 als het aantal ongevallen ervoor, v_1 als de gemiddelde snelheid voor de verandering en v_2 als de gemiddelde snelheid erna. Dezelfde formule kon het effect op het aantal ongevallen met ernstig letsel beschrijven, maar dan niet tot de macht 2, maar tot de macht 3, en bij het effect op dodelijke ongevallen werd dat tot de macht 4. Validatie met recentere gegevens (Nilsson, 2004; Elvik, Christensen & Amundsen 2004) bevestigde deze machtsfuncties. Ze blijken geldig op verschillende wegtypen.

Op basis van deze formules is het effect van snelheidsveranderingen doorgerekend voor verschillende snelheidsregimes en voor verschillende ernstklassen (*Tabel 1*). Deze percentages geven een indicatie van de effecten die verwacht worden bij een verandering van de gemiddelde snelheid van 1 km/uur bij verschillende aanvangssnelheden. Het werkelijke effect op een bepaalde weg kan daar uiteraard van afwijken, bijvoorbeeld vanwege specifieke kenmerken van de weg- of verkeerssituatie.

Ongevallen	Aanvangssnelheid					
	50 km/uur	70 km/uur	80 km/uur	90 km/uur	100 km/uur	120 km/uur
Letselgevallen	4,0%	2,9%	2,5%	2,2%	2,0%	1,7%
Ernstige letselongevallen	6,1%	4,3%	3,8%	3,4%	3,0%	2,5%
Dodelijke ongevallen	8,2%	5,9%	5,1%	4,5%	4,1%	3,3%

Tabel 1. *Te verwachten effect van een snelheidsverandering van 1 km/uur op het aantal ongevallen van verschillende ernst bij verschillende aanvangssnelheden (Aarts & Van Schagen, 2006).*

Welk effect hebben snelheidsverschillen?

Naast absolute snelheden zijn ook snelheidsverschillen tussen voertuigen van invloed op de ongevalsrisico's. Het effect van deze snelheidsverschillen wordt op twee manieren bestudeerd. Ten eerste zijn er studies die het ongevalsrisico vergelijken tussen wegen met een grote snelheidsvariantie (grote verschillen tussen de snelheden van voertuigen in een periode van 24 uur) en wegen met een kleine snelheidsvariantie. Deze studies komen meestal tot de conclusie dat wegen met een grotere snelheidsvariantie onveilig zijn (Aarts & Van Schagen, 2006). Het tweede type studie richt zich op de verschillen in snelheid tussen individuele voertuigen die bij een ongeval betrokken waren ten opzichte van de snelheid van het overige verkeer. De eerste studies van dat type werden in de jaren vijftig en zestig in de Verenigde Staten uitgevoerd, bijvoorbeeld door Solomon (1964). Daarbij werd steeds een U-curve gevonden: naarmate automobilisten langzamer dan wel sneller reden dan de snelheid van de meeste voertuigen op die weg, bleek de kans om bij een ongeval betrokken te raken, toe te nemen. Recentere studies die de beschikking hadden over modernere meetapparatuur en die bovendien een nauwkeurigere onderzoeksmethode toepasten, kwamen echter tot een andere conclusie (Kloeden et al., 2002). Zij vonden dat voertuigen die aanzienlijk harder reden dan gemiddeld op die weg, een hoger ongevalsrisico hadden; voertuigen die langzamer reden bleken geen hoger risico te hebben.

Conclusie

De exacte relatie tussen ongevallen en snelheid is afhankelijk van heel veel factoren. In algemene zin is die relatie echter zeer duidelijk en in een groot aantal studies aangetoond: naarmate er op een bepaalde weg harder wordt gereden, neemt de kans op een ongeval steeds meer toe. De ongevalsrisico's is ook groter op wegen waar de snelheidsverschillen groter zijn dan op wegen waar deze kleiner zijn. Naarmate de snelheid groter is, neemt de kans op ernstiger letsel eveneens toe, zowel voor de veroorzaker van het ongeval als voor de tegenpartij. Als een weg en de bijbehorende verkeerssituatie complexer zijn en de bestuurder dus in korte tijd meer informatie moet verwerken en vaker een beslissing moet nemen, stijgt de ongevalsrisico's bij eenzelfde toename in snelheid meer dan op wegen die minder complex zijn. In de praktijk betekent dit dat de effecten van een snelheidsverandering groter zijn op lagere orde wegen dan op hogere orde wegen.

Voor een schatting van de effecten van snelheidsmaatregelen op de ongevalskans moet er dus in elk geval rekening worden gehouden met:

- *absolute snelheid*: het verband tussen (absolute) snelheid en ongevalsrisico is niet lineair, maar volgt een machtsfunctie (gemiddelde snelheid op wegvakniveau) of een exponentieel verband (individuele voertuigsnelheid);
- *wegtype*: in complexere verkeerssituaties is de absolute ongevalskans en de stijging van de ongevalskans bij hogere snelheden groter dan in minder complexe situaties;
- *snelheidsverschillen*: grotere snelheidsverschillen worden gerelateerd aan een groter ongevalsrisico; als een maatregel resulteert in een lagere gemiddelde snelheid, maar tegelijkertijd in grotere verschillen in snelheid tussen voertuigen, dan kan het uiteindelijke veiligheidseffect kleiner of zelfs tegengesteld zijn aan het effect van de gemiddelde snelheidsafname alleen.

Publicaties en bronnen

Aarts L.T. (2004). [Snelheid, spreiding in snelheid en de kans op verkeersongevallen; Literatuurstudie en inventarisatie van onderzoeksmethoden](#). R-2004-9. SWOV, Leidschendam.

Aarts, L. & Van Schagen, I.N.L.G. (2006). [Driving speed and the risk of road crashes; A review](#). In: Accident Analysis and Prevention, vol. 38, nr. 2, p. 215-224.

Elvik, R., Christensen, P. & Amundsen, A. (2004). [Speed and road accidents; An evaluation of the Power Model](#). Institute of Transport Economics TØI, Oslo.

ETSC (1995). [Reducing traffic injuries resulting from excessive and inappropriate speed](#). European Transport Safety Council ETSC, Brussels.

IIHS (1987). [55 speed limit](#). IIHS Facts (1987-02). Arlington, Insurance Institute for Highway Safety IIHS.

Kloeden, C.N., McLean, A.J. & Glonek, G. (2002). [Reanalysis of travelling speed and the risk of crash involvement in Adelaide South Australia](#). Report CR 207. Australian Transport Safety Bureau ATSB, Civic Square, ACT.

Kloeden, C. N., McLean, A. J., Moore, V. M. & Ponte, G. (1997). [Travelling speed and the risk of crash involvement. Volume 1: findings](#). Report CR 172. Federal Office of Road Safety FORS, Canberra.

Kloeden, C. N., Ponte, G. & McLean, A. J. (2001). [Travelling speed and the risk of crash involvement on rural roads](#). Report CR 204. Australian Transport Safety Bureau ATSB, Civic Square, ACT.

Nilsson, G. (1982). [The effects of speed limits on traffic accidents in Sweden](#). In: Proceedings of the international symposium on the effects of speed limits on traffic accidents and transport energy use, 6-8 October 1981, Dublin. Organisation for Economic Co-operation and Development OECD, Paris, p. 1-8.

Nilsson, G. (2004). [Traffic safety dimensions and the power model to describe the effect of speed on safety](#). Lund Bulletin 221. Lund Institute of Technology, Lund.

OECD/ECMT (2006). [Speed management](#). Organisation for Economic Co-operation and Development OECD/European Conference of Ministers of Transport ECMT, Paris.

Solomon, D. (1964). [Accidents on main rural highways related to speed, driver and vehicle](#). Bureau of Public Roads, U.S. Department of Commerce, Washington, D.C.

Wegman, F. & Aarts, L. (eindred.) (2005). [Door met Duurzaam Veilig; Nationale verkeersveiligheidsverkenningen voor de jaren 2005-2020](#). SWOV, Leidschendam.