

ONGEVALLen OP KRUISINGEN TUSSEN SPOORWEGEN EN LANDWEGEN

Een aanzet tot een doelmatigheidsanalyse

R-92-22

Ir. F.C. Flury

Leidschendam, 1992

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV



VOORWOORD

De NS overweegt om de maximum treinsnelheid op bepaalde trajecten te verhogen van 140 tot 160 km/uur. De vraag is of overwogen op die trajecten nog toelaatbaar zijn en zo ja, onder welke voorwaarden.

In opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (afd. Spoorwegtoezicht) heeft het Ingenieurs/adviesbureau SAVE in het rapport "Overwegen en verhoogde treinsnelheden; een risicobeschouwing, onderzocht op en zo ja hoe de risico's van ongevallen op overwogen veranderen bij ongewijzigd beleid en bij een aantal compenserende maatregelen ter beveiliging van spoorwegovergangen.

Over het eindrapport van bureau SAVE heeft de Minister van Verkeer en Waterstaat vervolgens een advies gevraagd aan de Raad voor de Verkeersveiligheid. Ter voorbereiding van dit advies heeft de Raad samen met de Spoorwegongevallenraad (SOR) een projectgroep ingesteld en onder andere de SWOV verzocht om hieraan een bijdrage te leveren.

Het onderhavige rapport is ten behoeve van deze projectgroep in opdracht van de Raad voor de Verkeersveiligheid geschreven.

## 1. INLEIDING

Ter bevordering van het openbaar vervoer met de trein bestaat bij de NS het voornemen om op een aantal trajecten treinen te laten rijden met snelheden van maximaal 160 km/uur in plaats van 140 km/uur.

Hogere snelheden betekenen onder meer grotere kans op ongevallen, i.c. op botsingen met wegverkeersmiddelen op overwegen, en ook een grotere kans op ontsporingen van treinen daarbij.

Dit risico wil men vermijden door compenserende maatregelen, met name voor wat betreft de beveiliging van spoorwegovergangen.

Het NS-beleid terzake is dat op trajecten behorende tot het toekomstige 160 km/uur-net geen automatische knipperlichtinstallaties (AKI's) en onbeveiligde overwegen meer zullen voorkomen. Deze zullen worden opgeheven of er zullen automatisch halve overwegbomen (AHOB's) of ongelijkvloerse kruisingen van gemaakt worden.

AHOB's zijn niet risicovrij maar het risiconiveau ligt wel beduidend lager dan bij onbewaakte overwegen en AKI's. Ongelijkvloerse kruisingen zijn vrijwel risicovrij maar beduidend duurder dan AHOB's.

De vraag is derhalve in welke mate de meerkosten gerechtvaardigd worden door grotere besparingen op schade door ongevallen, en (meer of minder) gunstige neveneffecten.

## 2. DOELMATIGHEIDSANALYSE

In het algemeen zijn doelmatigheidsanalyses voor de beantwoording van de gestelde vraag de meest geëigende benadering.

Aangezien een aantal soorten immateriële schade in het geding zijn, dient primair gedacht te worden aan een multi-criteria-analyse (MCA), eventueel te reduceren tot een kosten-effectiviteitsanalyse (KEA), indien men wil volstaan met de gevolgen van lichamelijk letsel als voornaamste substantiële bron van immateriële schade.

Het kan nuttig blijken te beginnen met een kosten-batenanalyse (KBA), omdat in een aantal gevallen uitsluitend op basis van de materiële consequenties kan worden besloten tot de veiligste oplossing.

### 3. BENODIGDE INFORMATIE

Voor een doelmatigheidsanalyse van een maatregel dient men in het algemeen te kunnen beschikken over de volgende informatie:

1. De kosten van het realiseren van de maatregel, omfattende alle kosten van voorbereiding en uitvoering van de maatregel en van het onderhouden van de door de maatregel ontstane situatie.
2. De gevolgen van de maatregel, zowel die welke met de doorvoering van de maatregel werden beoogd, als neveneffecten ook voor derden.
3. De financiële consequenties van die gevolgen, zowel voor- als nadelen.
4. Weegfactoren voor de immateriële gevolgen onderling en tegenover de financiële consequenties.

Voor wat betreft de invoering van het 160 km/uur-spoorwegnet bestaat de maatregel uit een aantal omzettingen van bestaande kruisingsvormen in nieuwe kruisingsvormen (zie Tabel 1). Het toekomstige 160 km/uur-net zal slechts AHOB's en ongelijkvloerse kruisingen kennen.

Dat betekent dat onbewaakte overwegen en AKI's zullen worden opgeheven of vervangen zullen worden door één van de twee andere typen. Voorts kan een aantal AHOB's vervangen worden door ongelijkvloerse kruisingen. Een overzicht van mogelijke transformaties binnen de randvoorwaarden van het beleid is gegeven in Tabel 2.

Aan het uitvoeren van elke transformatie zijn kosten verbonden, die vermoedelijk in hoofdzaak bepaald worden door de inrichtingskosten van de nieuwe structuur. Daarnaast zullen er ook meer- of minder-kosten zijn in verband met de instandhouding en bedrijfsvoering van het nieuwe systeem vergeleken met het bestaande systeem. Echter zullen ook aan het opheffen van een spoorwegovergang kosten verbonden zijn. Met name het aanleggen van alternatieve verkeersvoorzieningen als omleidingswegen en parallelwegen. Voor de transformatie zal het een groot verschil kunnen maken of er sprake is van enkelproductie (aanbesteding per situatie) of serieproductie (aanbesteding per tental of per honderdtal).

De gevolgen van elke transformatie omvatten een verandering (de beoogde omzettingen in aanmerking genomen vermoedelijk altijd een vermindering) van de kans op (en dus de frequentie van) botsingen tussen wegvoertuigen en treinen, en van de daarbij optredende schadelijke gevolgen voor betrokken partijen en voor derden.

Tot die schadelijke gevolgen moeten niet alleen lichamelijk letsel (met een hoog percentage fatale afloop) en materiële schade (die in geval van treinontsporingen zeer hoog kan oplopen) gerekend worden, maar ook tijdverlies voor derden (zowel reizigers in het treinverkeer als in het wegverkeer).

Afgezien van de schadelijke gevolgen van ongevallen op spoorwegovergangen zijn er gevolgen voor de afwikkeling van het wegverkeer. Bij gelijkvloerse spoorwegovergangen kunnen er per etmaal vertragingen voor grote aantallen weggebruikers optreden, die tot een aanzienlijk totaal tijdverlies kunnen oplopen. Bij ongelijkvloerse kruisingen is een dergelijk tijdverlies over het algemeen tot een minimum gereduceerd.

Het ligt vooralsnog niet in de bedoeling om alle bestaande overwegen naar het zelfde systeem te transformeren. Dat betekent, dat criteria ontwikkeld moeten worden om per geval te beslissen welke configuratie de voorkeur verdient. Per locatie (mogelijk per groep locaties) moet een kosten-batenanalyse worden uitgevoerd op basis waarvan prioriteiten gesteld kunnen worden die tot de meest doelmatige toepassing van de beschikbare alternatieven kan leiden.

De meest efficiënte manier om kosten-batenanalyses over grotere aantallen min of meer vergelijkbare maatregelen uit te voeren, is het ontwikkelen van modellen voor de evaluatie ex ante van zulke maatregelen, afhankelijk van variabelen die op de doelmatigheid van de beschouwde maatregel van invloed zijn.

Voor wat betreft AHOB's is te verwachten dat de kosten zullen afhangen van de afmetingen van de installatie, welke overwegend bepaald worden door het dwarsprofiel van de kruisende verkeersweg, en eventueel van de hoek waaronder deze de spoorlijn kruist.

Voor ongelijkvloerse kruisingen spelen dezelfde factoren een rol, naast de bodemstructuur en de benodigde/beschikbare ruimte voor tijdelijke voorzieningen tijdens de bouw.

De kans op ongevallen bij een gegeven voorziening zal in belangrijke mate afhangen van het aantal confrontaties tussen wegverkeersmiddelen en treinen, dus van de intensiteiten van beide, van de daaruit voortvloeiende wachttijden en wachtrijen en het risiconemend gedrag van weggebruikers, voor zover de ongevallen daardoor bepaald worden.

Voor zover ongevallen bepaald worden doordat waarschuwingssystemen niet tijdig onderkend konden worden (opvallendheid is belangrijker dan zichtbaarheid) hangt dat samen met de positie van signaallichten ten opzichte

van de aanrijchting, verblinding of overstraling door zonlicht, verblinding door tegenliggers of verwarring door omgevingsverlichting.

Indien voldoende gegevens over deze relevante variabelen en ongevallen op de betreffende locaties beschikbaar zijn, kunnen per type kruising risicomodellen worden ontwikkeld, met behulp waarvan ook prognoses voor het effect van een wijziging van de kruisingsvorm gemaakt kunnen worden.



#### 4. BESCHIKBARE INFORMATIE

In opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Spoorwegtoezicht bracht het Ingenieurs/adviesbureau SAVE in oktober 1991 een advies uit betreffende: "Overwegen en verhoogde treinsnelheden", met de ondertitel : een risicobeschouwing. Hoewel dit rapport geen literatuuroverzicht bevat is duidelijk dat een belangrijk deel van de daarin verwerkte informatie rechtstreeks van de NS afkomstig moet zijn.

Gegevens ontleend aan het SAVE-rapport ten behoeve van een globale doelmatigheidsanalyse zijn samengevat in Tabellen 1 en 2. Uit Tabel 1 blijkt dat het project bijna 60% van alle spoorwegovergangen van het gehele Nederlandse spoorwegnet omvat.

In het SAVE-rapport worden vier opties voor het toekomstige 160 km/uur-net beschouwd.

Tabel 2 biedt een schema voor alternatieve transformatieprogramma's van bestaande naar nieuwe overweguitvoeringen. De in het SAVE-rapport beschouwde alternatieven zijn weergegeven in de Tabellen 3 t/m 6. Alleen identieke transformaties voor alle overweguitvoeringen van een bepaald type naar dezelfde nieuwe uitvoeringsvorm zijn beschouwd.

In Tabel 7 zijn de consequenties voor elk van deze alternatieven vergeleken met de bestaande situatie.

Vergelijkingscriteria zijn in verwachte aantallen per jaar:

- botsingen op overwegen
- doden
- doden gewogen naar ongevalsernst (i.v.m. risico-aversie)
- trein/trein-botsingen
- investeringskosten in miljarden guldens.

Uit de in Tabel 7 gegeven verwachtingswaarden voor de kosten en absolute effecten van de beschouwde alternatieven blijkt dat de duurste optie (viaducten) volgens alle criteria de veiligste is. De goedkoopste optie (overal AHOB's) is volgens alle criteria de minst veilige. Alleen de bestaande toestand handhaven is nog goedkoper, maar nog onveiliger, volgens twee van de vier criteria. Voor de beide andere criteria echter is het alternatief Ala onveiliger dan de bestaande toestand.

Inzichtelijker dan de absolute effecten en kosten zijn de relatieve effecten: Effecten in verhouding tot de kosten. Deze zijn in Tabel 8 gegeven. Volgens de eerste twee criteria, aantallen overwegbotsingen en doden per

jaar is alternatief Ala het meest gunstig en alternatief A2 het minst. Volgens de laatste twee criteria, trein/trein-botsingen en gewogen aantal doden, is alternatief A2 het meest gunstig en alternatief Ala het minst.

De criteria zijn erg ongelijksoortig en lopen in getallenwaarden sterk uiteen. De criteria kunnen meer onderling vergelijkbaar gemaakt worden door de relatieve verwachtingswaarden te normeren op de gemiddelde waarden over de vier alternatieven. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 9. Indien in deze vorm aan alle criteria hetzelfde gewicht wordt toegekend, dan biedt alternatief A2 ruimschoots het gunstigste resultaat. Daarbij moet worden opgemerkt dat als gevolg van de negatieve verwachtingswaarde op de laatste twee criteria voor alternatief Ala de getalwaarden voor deze criteria groter uitvallen waardoor ze zwaarder wegen.

Om het effect daarvan na te gaan is een aantal rekenvoorbeelden uitgevoerd waarbij aan de laatste twee criteria lagere gewichten werden toegekend (zie Tabel 10). Voor weegfactoren 0,3 en hoger scoort alternatief A2 het best. Voor weegfactoren 0,1 en lager scoort alternatief Ala het gunstigst. Voor weegfactoren rond 0,2 scoort alternatief Alb het hoogst, het verschil met alternatief A2 is echter gering, zeker als rekening gehouden wordt met het globale karakter van de evaluatie.

## 5. COMMENTAAR

1. Het SAVE-rapport bevat slechts een bescheiden deel van de informatie die voor doelmatigheidsanalyses benodigd is. Aanvullende gegevens kunnen gevonden worden in publikaties van o.a. CBS, McKinsey, SWOV, CVS, ICIM. Aannemelijk is dat voorts veel relevante informatie gevonden kan worden in rapporten en archieven van NS. Deze informatie is niet bijeen te brengen en te verwerken binnen het tijdsbestek dat thans beschikbaar is.

2. Op grond van de in het SAVE-rapport voorhanden gegevens was het mogelijk indicatoren voor de kosten-effectiviteit te berekenen per criterium zowel als voor een gewogen som van de criteria. Deze indicatoren zijn niet beslissend voor de vraag of maatregelen kosteneffectief zijn, maar wel voor de vraag welke maatregel, gegeven de gekozen weegfactoren, op kosten-effectiviteit het hoogst scoort.

3. In het SAVE-rapport ontbreken gegevens over intensiteiten van het railverkeer en van het wegverkeer op spoorwegovergangen. Een globale indruk daarvan is wel te verkrijgen.

Blijkens de dienstregeling van NS, (het spoorboekje) passeren gemiddeld op baanvakken van het 160 km/uur-net per uur 8 treinen (goederentreinen daaronder niet begrepen). Daardoor zullen spoorwegovergangen per uur gemiddeld 6 tot 8 minuten voor het wegverkeer geblokkeerd zijn.

In het wegverkeer worden jaarlijks ca. 160 miljard reizigerskilometers geproduceerd, waarvan ca. 40 miljard niet-gemotoriseerd en ca. 120 miljard gemotoriseerd. Van dit laatste wordt ca. 1/3 deel afgewikkeld over het autosnelwegennet, waarin slechts ongelijkvloerse kruisingen met spoorwegen voorkomen. Delen we de 80 miljard gemotoriseerde reizigerskilometers niet op autosnelwegen plus de 40 miljard niet-gemotoriseerde gelijkmatig toe aan het overige wegennet, dan is daar de gemiddelde intensiteit ca. 1,2 miljoen passanten per jaar, waarvan ca. 0,8 miljoen gemotoriseerd. Rekening houdend met een toename van het treinverkeer met 50% betekent dat dat 20% van het wegverkeer voor een gesloten overweg komt en daar een gemiddelde wachttijd van ca. 1 minuut heeft.

Per overweg zullen gemiddeld 240.000 passanten per jaar = 660 per dag met een wachttijd van 1 minuut geconfronteerd worden. De consequenties voor het wegverkeer bedragen gemiddeld per spoorwegovergang 11 uur wachttijd per dag d.i. ca. 4.000 uur per jaar, waarbij ca. 2,27 produktiejaar per

jaar (pj/j in Tabel 11) verloren gaat. Voorts zullen per jaar per overweg motorvoertuigen ca. 1730 uur (mvtgh/j in Tabel 11) stationnair staan te draaien. In Tabel 11 zijn de geschatte effecten voor de categorieën overwegen onbeveiligd, AKI en AHOB samengevat.

4. De onder punt 3 en in Tabel 11 berekende resultaten zijn niet meer dan een aanduiding van de grootte-orde van effecten ten aanzien van de afwikkeling van het verkeer en van het milieu. Tweede-ordefactoren, zoals de ongelijkmatige verdeling van het verkeer over delen van het wegennet en over de uren van de dag, zijn verwaarloosd. Deze lijken echter eerder tot een vergroting dan een vermindering van de geschatte effecten te zullen leiden. Gezien de grootte van de effecten zijn deze in een maatschappelijke doelmatigheidsanalyse niet te verwaarlozen. Toevoeging van de criteria verkeersafwikkeling en milieu zal een extra bijdrage geven aan de doelmatigheidsscore van de ongelijkvloerse kruisingen en derhalve de argumenten ten gunste van alternatief A2 ondersteunen.

5. Het is niet aannemelijk, dat de gemiddelde waarden van effecten welke in punt 3 en in Tabel 11 gebruikt zijn overeenstemmen met de feitelijke gemiddelden voor de drie categorieën overwegen. Gegevens daarover worden in het SAVE-rapport niet verschaft. Voor de hand liggende veronderstellingen daaromtrent zijn dat de wegverkeersintensiteiten het laagst zijn op de onbeveiligde overwegen, lager dan het gemiddelde op de overwegen met een AKI en hoger dan het gemiddelde op de overwegen met een AHOB.

6. Het is niet aannemelijk dat binnen de drie beschouwde categorieën overwegen de spreiding in wegverkeersintensiteit, in de kans op ongevallen en in kosten van voorzieningen verwaarloosbaar klein is.

Op grond van algemene ervaringen ten aanzien van wegverkeersintensiteiten is een spreiding tussen 0,2 maal en 3 tot 5 maal het gemiddelde niet onwaarschijnlijk. Voor wat betreft de kans op overwegongevallen moet met een vergelijkbare spreiding gerekend worden. Proportionaliteit is niet te verwachten, positieve correlatie wel.

Ten aanzien van de kosten van voorzieningen zal een spreiding tussen 50% en 150% ten opzichte van het gemiddelde voor de categorie niet onverwacht zijn.

7. Te voorzien is dat ook de doelmatigheidsscores per overweg binnen de beschouwde categorieën een vergelijkbaar grote spreiding zullen vertonen. Indien de criteria veiligheid (in termen van besparingen aan slachtoffers) en verkeersafwikkeling en milieueffecten in de besluitvorming meegewogen worden, kan de maximale doelmatigheidsscore niet bereikt worden met een van de starre alternatieven die in het SAVE-rapport overwogen worden. Daarvoor dient de besluitvorming op doelmatigheidsanalyses per overweg gebaseerd te worden.

8. Een onderzoek als bedoeld onder punt 7 vereist een werktijdbudget dat eerder te meten is in maanden dan in dagen. Voor de oplevertijd zou gerekend dienen te worden met een termijn van 1 tot 2 jaar.

De kosten van een dergelijk onderzoek zullen gering zijn in verhouding tot de kosten van het totale project "Modificatie van spoorwegovergangen", en belangrijk meer op dat project kunnen besparen dan de onderzoekskosten.

9. Rekening houdend met tijdsdruk ten aanzien van de uitvoering van het project kan overwogen worden een doelmatigheidsanalyse als bovenbedoeld in te passen in een beslissingsstrategie, opgebouwd als volgt:

- Triage van alle overwogen door een panel van deskundigen in de drie categorieën: "zeker een viaduct", "zeker geen viaduct", "nader onderzoek door middel van doelmatigheidsanalyse".
- Triage van de categorie "zeker geen viaduct" in de drie categorieën: "opheffen", "niet opheffen", "nader onderzoek, eventueel door middel van doelmatigheidsonderzoek".

10. Een doelmatigheidsanalyse per locatie als onder punt 7 bedoeld is ook noodzakelijk ter ondersteuning van de besluitvorming betreffende de fasering van de uitvoering van de werkzaamheden. Gedurende de looptijd van het project zullen ongevallen gebeuren en slachtoffers vallen, waarvan tenminste een deel voorkomen zou zijn door de thans beoogde maatregelen. Bedeelde verliezen tijdens de uitvoeringsfase kunnen geminimaliseerd worden door de uitvoering in volgorde van de doelmatigheidsscores te realiseren.

TABELLEN 1 T/M 11

Type kruising	Totaal NL	Huidig 160-net	%
Onbeveiligd	181	129	71,3
AKI	814	513	63,5
AHOB	825	421	51

Tabel 1. Aantallen overwegen van diverse typen in het bestaande spoorweg-net en in het geplande 160 km/uur-net per 31-12-1989.

Oud	Nieuw	Opheffen	AHOB	Ongelijkvloers
	Onbewaakt			
AKI				
AHOB				

Tabel 2. Schema van omzettingen van bestaande kruisingsvormen van land-wegen en spoorwegen in nieuwe uitvoeringsvormen.

Oud	Nieuw	Opheffen	AHOB	Ongelijkvloers
	Onbewaakt			129
AKI			513	
AHOB			421	

Tabel 3. Alternatief Ala. Kosten van 642 AHOB-installaties bedraagt fl. 299.000.000,-- De kosten van 1 AHOB-installatie bedraagt derhalve gemiddeld fl. 466.000,--

	Nieuw	Opheffen	AHOB	Ongelijkvloers
Oud				
Onbewaakt			129	
AKI				513
AHOB			421	

Tabel 4. Alternatief Alb. Kosten bedragen fl. 1.380.000.000,--. Daarvan voor AHOB-installaties ca. fl. 60.000.000,--. De kosten voor 513 viaducten bedragen fl. 1.320.000.000,--. De vervanging van 1 AKI door een viaduct kost gemiddeld blijkbaar ca. fl. 2.573.000,--.

	Nieuw	Opheffen	AHOB	Ongelijkvloers
Oud				
Onbewaakt			129	
AKI			513	
AHOB			421	

Tabel 5. Alternatief Alc. Kosten fl. 2.360.000.000,--. Daarvan voor 642 AHOB-installaties fl. 299.000.000,--. Voor viaducten fl. 2.060.000.000,--. Vervanging van een AHOB door een viaduct kost blijkbaar fl. 4.893.000,--.

	Nieuw	Opheffen	AHOB	Ongelijkvloers
Oud				
Onbewaakt		129		
AKI				513
AHOB				421

Tabel 6. Alternatief A2. Kosten fl. 3.580.000.000,--. Daarvan is voor vervanging van AHOB-installaties door viaducten fl. 2.060.000.000,--. en ca. fl. 1.320.000.000,-- voor vervanging van AKI-installaties door viaducten. Blijkbaar is fl. 200.000.000,-- bestemd voor aanleg van omleidings- en parallelwegen waar onbeveiligde overwegen opgeheven worden.

Risico	Overweg- botsingen	Doden/jr	Doden/jr gewogen	T/T- botsingen	Kosten 10 <sup>9</sup> fl.
Referentie	66	36	88	0,22	"0"
Alt. 1a	33	27	102	0,24	0,299
Alt. 1b	21	17	65	0,16	1,38
Alt. 1c	13	11	42	0,10	2,36
Alt. 2	0	0	0	0	3,58

Tabel 7. Verwachtingswaarden voor kosten en absolute effecten van verschillende alternatieven voor het 160 km/uur-net.

Risico	Overweg- botsingen	Doden/jr	Doden/jr gewogen	T/T- botsingen
Alt. Ala	110	30	-47	-0,0669
Alt. Alb	32,6	13,8	16,7	0,0435
Alt. Alc	22,4	10,6	19,5	0,0508
Alt. 2	18,5	10,1	24,6	0,0614

Tabel 8. Verwachtingswaarden voor relatieve effecten (per fl. 10<sup>9</sup>) van verschillende alternatieven voor het 160 km/uur-net.

Risico	Overweg- botsingen	Doden/jr	Doden/jr gewogen	T/T- botsingen
Alt. Ala	2,40	1,86	-10,56	-3
Alt. Alb	0,71	0,85	3,75	1,96
Alt. Alc	0,49	0,66	4,38	2,29
Alt. 2	0,40	0,63	5,53	2,76

Tabel 9. Relatieve effecten genormeerd op gemiddelde waarden voor verschillende alternatieven voor het 160 km/uur-net.



Weegfactoren				Alternatieven			
C1	C2	C3	C4	Ala	Alb	Alc	A2
1	1	0	0	4,26	1,56	1,15	1,03
1	1	0,1	0,1	2,90	2,13	1,82	1,86
1	1	0,2	0,2	1,55	2,70	2,48	2,69
1	1	0,3	0,3	0,49	3,08	2,92	3,24
1	1	1	1	-9,3	7,27	7,82	9,32

**Tabel 10.** Scores voor alternatieven voor enkele combinaties van de weegfactoren voor de beschouwde criteria.

	Aantal	h/d	h/j	pj/j	mvtgh/j
Gemiddeld	1	11	4.000	2,27	1.730
Onbeveiligd	129	1419	516.000	293	228.000
AKI	513	5643	2.052.000	1.166	912.000
AHOB	421	4631	1.684.000	957	748.000

**Tabel 11.** Geschatte effecten van spoorwegovergangen voor wegverkeer en milieu.