



Handreiking veiligheid lightrail

versie 5.0



INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding.....	3
2	Risicocriteria.....	4
2.1	Definities	4
2.2	Algemene beginselen	5
2.3	Persoonlijk risico.....	5
2.4	Maatschappelijk risico.....	7
3	Processeisen	10
3.1	Rollen bij ontwerp, realisering en exploitatie	10
3.2	Ontwerp en realisering.....	13
3.3	Eisen aan ontwerp en realisering: de levenscyclus.....	13
	Stap 1: Concept	13
	Stap 2: Systeemdefinitie	14
	Stap 3: Risicoanalyse	15
	Stap 4: Systeemveiligheidseisen.....	17
	Stap 5: Toedeling van de systeemveiligheidseisen.....	18
	Stap 6: Ontwerp en invoering	18
	Stap 7: Fabricage	19
	Stap 8: Installatie	20
	Stap 9: Systeemvalidatie	20
	Stap 10: Systeemaanvaarding.....	20
3.4	Exploitatie	22
3.5	Eisen aan de exploitatie: de levenscyclus	23
	Stap 11: Exploitatie en onderhoud	23
	Stap 12: Prestatiebewaking	23
	Stap 13: Modificatie en aanvulling.....	24
	Stap 14: Buitengebruikstelling en verwijdering.....	24
BIJLAGE A	Het Integraal Veiligheidsplan	25
BIJLAGE B	Kenmerken per ongevalstype	31
BIJLAGE C	Maatregelen per ongevalstype.....	34
BIJLAGE D	Oorzakenboom ongevalstypen	38
BIJLAGE E	Veldgegevens	40
a.	Veldgegevens exploitatie NS.....	40
b.	Veldgegevens letsels in heavyrail	42



1 Inleiding

De Handreiking veiligheid lightrail (hierna: Handreiking) is een 'gebruiksaanwijzing' voor het Normdocument veiligheid lightrail. De Handreiking licht de criteria in het Normdocument toe en geeft achtergronden en praktijktoepassingen. De Handreiking is vooral bedoeld voor opdrachtgevers van lightrailprojecten waarbij het Normdocument als normdocument is aangewezen, maar kan ook worden gebruikt door opdrachtnemers.

De Handreiking heeft dezelfde indeling als het Normdocument. Hoofdstuk 2 licht de risicocriteria toe, hoofdstuk 3 gaat in op de eisen die het Normdocument stelt aan ontwerp, realisering en exploitatie van lightrailprojecten.

De Handreiking besluit met vijf bijlagen. Bijlage A is een handreiking voor het maken van een Integraal Veiligheidsplan (IVP). Bijlage B licht de ongevalstypen toe binnen de risicoanalyse, bijlage C de maatregelen per ongevalstype. Bijlage D is een 'oorzakenboom' van ongevalstypen. Bijlage E tenslotte, bevat veldgegevens: van exploitatie door de NS en van letsels in heavyrail.



2 Risicocriteria

Onder spoorwegveiligheid vallen bijvoorbeeld aanrijdingen, botsingen, ontsporingen etcetera, maar bijvoorbeeld niet sociale veiligheid, arbeidsveiligheid, onwel worden/ziekte.

De risicocriteria gelden voor alle lightrail-deeltracés met het basissysteemconcept 'volledige beveiliging'. Voor het basissysteemconcept 'bestuurderverantwoordelijkheid' geldt voorlopig het ALARA-principe. Tevens moet voor alle wegkruisingen, overwegen en reizigersoverpaden het kwantitatieve risico voor de wegkruisinggebruiker/overweggebruiker worden bepaald, om hiermee te onderbouwen dat de gekozen beveiligingsinrichting inderdaad aan ALARA voldoet. In de komende tijd zullen, na consultatie van de vervoerders, ook voor dit basissysteemconcept risicocriteria worden vastgesteld.

2.1 Definities

Definitie 'lightrail': Deze is zo breed mogelijk omschreven. Het is overigens niet deze definitie maar de opdrachtgever die bepaalt of het Normdocument al dan niet op een project van toepassing is. Zo kan de opdrachtgever van een stedelijk vervoerbedrijf ten behoeve van een regionale sneltram bepalen dat het Normdocument niet van toepassing is; of voor een stedelijk tramnet dat het Normdocument wel van toepassing is.

Definitie 'basis-systeemconcepten': Hiermee wordt het overwegende basis-systeemconcept bedoeld als beide basis-systeemconcepten voorkomen. Een voorbeeld is een slecht overzichtelijke situatie in een straatpoortgebied, zoals bij een tunnel. Als vanwege het slechte overzicht een lokale beveiliging wordt aangebracht, dan valt de tunnel vanwege het overwegende tram-karakter nog steeds binnen het basis-systeemconcept 'bestuurderverantwoordelijkheid'.

Voorbeelden van 'volledig beveiligde' infra zijn hoofdspoor, metro, regionale baanvakken met lichte dieseltreinstellen, museumlijn.

Vanwege het essentieel andere karakter van een tram ten opzichte van een trein, maakt het Normdocument onderscheid tussen deze twee vervoertypen. Wat veiligheid betreft, verschillen zij het meeste in de manier waarop deze wordt gewaarborgd. Bij een tram is de bestuurder verantwoordelijk om aanrijdingen te voorkomen. Hij let daarom zeer goed op zijn omgeving en anticipeert of er weggebruikers zijn die door een onverwachte beweging op de trambaan kunnen komen. Bij onoverzichtelijke verkeerssituaties zoals bij een bocht of tunnel kunnen er hekken of seinen worden geplaatst, maar zelfs dan blijft de trambestuurder alert op zijn omgeving. Dit is het basis-systeemconcept 'bestuurderverantwoordelijkheid'.

Voor een trein of een metro is de situatie anders. De machinist rijdt uitsluitend op seinen. De verkeersleiding controleert of de rijweg vrij is en stelt de rijweg in, de seinen geven aan of de rijweg vrij is. Omdat zijn baan per definitie vrij is van ander verkeer, zal de bestuurder daar dan ook niet op letten. Het basis-systeemconcept 'volledige beveiliging' betekent dat de bestuurder alleen op seinen (technische systemen) hoeft te letten.

Definitie 'overweggebruikers en wegkruisinggebruikers'. Een overweg is vanuit de definitie een bijzondere vorm van een wegkruising: dit betekent dat bij de wegkruisingtelling ook de overwegen worden meegerekend. Voor de risicoberekeningen zou dit onpraktisch zijn, omdat de overweggebruikers dan dubbel zouden worden geteld (bij overwegen en wegkruisingen). Daarom worden de overweggebruikers bij de wegkruisinggebruikers niét meegerekend.



2.2 Algemene beginselen

Hier volstaat de tekst in het Normdocument.

2.3 Persoonlijk risico

Risicocriteria persoonlijk risico

De definitie van persoonlijk risico is de kans op overlijden van een persoon. De risicocriteria gelden voor reizigers, personeel en omgeving in lightrail onder het basis-systeemconcept 'volledige beveiliging'. Voor het basis-systeemconcept 'bestuurderverantwoordelijkheid' geldt nu het ALARA-principe. Te zijkertijd kunnen normen worden vastgesteld na consultatie van de vervoerders door het ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Reizigers

Het risicocriterium voor het persoonlijk risico van reizigers is gelijk aan de gerealiseerde overlijdenskans in het heavyrailspoorverkeer in de laatste tien jaar. Dat dit een strenge eis is voor lightrail moge duidelijk zijn. Het is daarom in het algemeen onmogelijk om zonder aanvullende maatregelen aan de veiligheidseisen te voldoen. Bij straatspoor en wegwakruisingen, waar behalve de railvoertuigen ook het wegverkeer aanwezig is, zullen specifieke oplossingen nodig zijn.

Er is nog geen criterium voor het aantal gewonden per reizigerskilometer. Dit staat nog open voor discussie.

Het in- en uitstaprisico maakt deel uit van het reizigersrisico. Vanwege de kleinere reis- en halteringsafstand is de relatieve bijdrage van het risico bij in- en uitstaprisico, voor lightrail groter dan voor heavyrail. Dit komt omdat het reizigersrisico wordt uitgedrukt per reizigerskilometers en het in- en uitstaprisico per reis wordt berekend. Het risicocriterium voor reizigers zou haalbaar moeten zijn als aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

1. Een optimale (metro-achtige) instapspleet en perronhoogteverschil.
2. Goede veilige deuren.
3. Beveiliging die het wegrijden voorkomt met open deuren en/of deuren waartussen ledematen van reizigers zitten geklemd.

Volgens het landelijk beleid mogen er geen overwegen worden bijgebouwd. Voor lightrail echter is de aanleg van nieuwe haltes vaak nodig, inclusief een reizigerstoeegang tot de perrons. Bij het basis-systeemconcept 'volledige beveiliging', kan het nodig zijn dat een nieuwe overweg wordt toegevoegd. Om dat te voorkomen, zouden ongelijkvloerse wegwakruisingen moeten worden gebouwd, bijvoorbeeld in de vorm van een tunnel of voetgangersbrug. Dit is een dure oplossing, waarbij reizigers vaak een gelijkvloerse sluiproute nemen in plaats van de tunnel of brug. Er is daarom voor te pleiten om toch gelijkvloerse reizigersoverpaden aan te leggen. Om dit in goede banen te leiden is de uitzonderingsregel ingesteld (zie onder paragraaf 2.4, 'Gebruikers van overwegen en wegwakruisingen').

Personeel

De Kadernota Railveiligheid [ND1] stelt een criterium van 1×10^{-4} per jaar voor het persoonlijk risico voor personeel. Voor rijdend personeel is dit criterium echter minder zwaar dan de huidige praktijk. Het opleggen van 1×10^{-4} per jaar zou dan een achteruitgang kunnen betekenen van hun veiligheid. Om deze reden is de eis voor rijdend personeel aangevuld met de eis van standstill.

Het criterium van 1×10^{-4} per jaar voor inframedewerkers is erg streng. Uit veldgegevens blijkt dat er op dit moment niet aan wordt voldaan voor het heavyrailspoorverkeer in Nederland. Dit betekent dat veiligheid van infra- en materieelmedewerkers erg veel aandacht behoeft in een lightrailproject.

Voor overig personeel, zoals hulpverleners, gelden geen kwantitatieve normen.

**Omgeving**

Het criterium voor personen in de omgeving is hetzelfde als dat voor extern risico van stationaire installaties zoals geformuleerd in 'Omgaan met risico's, de risicobenadering in het milieubeleid' (Handelingen Tweede Kamer 1988-1989, 21137, nr. 5).



2.4 Maatschappelijk risico

Deze paragraaf behandelt de aspecten van maatschappelijk risico. Maatschappelijk risico is daarbij onder te verdelen in:

- Groepsrisico voor reizigers, personeel en omgeving;
- Risico voor gebruikers van overwegen en wegruisingen;
- Risico voor onbevoegden;
- Risico voor suïcidalen.

Groepsrisico voor reizigers, personeel en omgeving

Criteria voor groepsrisico geven de aversie van de maatschappij tegen grote ongevallen weer. Grote ongevallen grijpen immers zeer ernstig in op het maatschappelijk leven. Bovendien kan de maatschappij minder goed inspelen op grote ongevallen; de kans dat mensenlevens verloren gaan door overbelasting van de hulpverlening is dan groot.

Criteria voor groepsrisico zijn in Nederland vooral van belang voor het externe-veiligheidsbeleid in de industrie. Een bedrijf moet aantonen dat de risico's van het bedrijf voor de omgeving acceptabel zijn. Hoe groter het mogelijke aantal slachtoffers, hoe strenger de norm.

De definitie van groepsrisico in het externe-veiligheidsbeleid is: 'de kans per jaar dat in één keer een groep van ten minste een bepaalde grootte dodelijk wordt getroffen door een ongeval'.

Bij groepsrisico wordt dus ook rekening gehouden met personen die zich in de omgeving bevinden. Het groepsrisico wordt weergegeven in een F/N-curve: een grafiek die de cumulatieve frequentie van ongevallen geeft voor een bepaald aantal slachtoffers. In Nederland is de afname van de F/N-curve kwadratisch. Dat betekent bijvoorbeeld dat de norm voor een ongeval met vijftig of meer slachtoffers honderd keer zo streng is als een ongeval met vijf of meer slachtoffers. In cijfers uitgedrukt: $100=(50/5^2)$.

Het groepsrisico zoals geformuleerd voor het externe-veiligheidsbeleid moet voor gebruik in spoorse toepassingen iets worden aangepast: 'het groepsrisico voor reizigers, personeel en omgeving is de kans per jaar dat in één keer een groep van ten minste een bepaalde grootte dodelijk wordt getroffen door een ongeval'.

Voor al het treinverkeer in Nederland tezamen is het criterium voor het groepsrisico $10/N^2$. Dit criterium is afgeleid van de casuïstiek van de treinongevallen in het heavyrailspoorverkeer van de laatste veertig jaar, met dien verstande dat de frequentie voor het ongeval bij Harmelen in 1962 met 93 doden, met een factor 50 is gecorrigeerd. De factor 50 is een schatting van het effect van het installeren van ATB in Nederland ($10/N^2$ is de schatter van het groepsrisico met 90 procent betrouwbaarheid.).

Het criterium $10/N^2$ wordt naar rato van het aantal reizigerskilometers verdeeld over de trajecten in Nederland. Een traject als Amsterdam-Utrecht krijgt daardoor meer 'risicobudget' dan bijvoorbeeld Stavoren-Leeuwarden. Als alle trajecten aan hun groepsrisiconorm voldoen, voldoet vanzelfsprekend heel Nederland aan de groepsrisiconorm.

De verdeling naar rato van reizigerskilometers is een bewuste keuze. Een andere mogelijkheid zou zijn geweest het criterium te verdelen naar rato van de trajectlengte, het aantal treinen of het aantal treinkilometers. Het verdelen aan de hand van de trajectlengte leidt tot onaanvaardbare resultaten, omdat trajecten met druk treinverkeer dan te weinig risicobudget krijgen. Dit geldt in mindere mate voor verdelingen naar rato van het aantal treinen of het aantal treinkilometers, maar ook dan blijft dat probleem bestaan.

De herformulering van de algemene definitie van groepsrisico uit het externe-veiligheidsbeleid heeft tot gevolg dat bepaalde risicodragers niet onder het groepsrisico vallen, namelijk weggebruikers, overweggebruikers, onbevoegden en suïcidalen. Dit is gedaan omdat ongevallen met deze risicodragers



een ander karakter hebben: er valt meestal maar één slachtoffer en de frequentie ervan is relatief hoog. Daarom gelden voor deze risicodragers afzonderlijke criteria (zie hierna in deze paragraaf, onder 'Gebruikers van overwegen en wegkruisingen').

In het externe-veiligheidsbeleid geldt de eis voor groepsrisico vanaf een groepsgrootte van tien of meer slachtoffers (N=10). Voor spoorse toepassingen is ervoor gekozen de eis te laten gelden vanaf N=2, omdat naar verwachting juist het groepsrisico tot tien slachtoffers van belang zal zijn. Omdat groepsrisico bij N=1 vaak wordt verward met persoonlijk risico, begint de groepsrisiconorm niet bij N=1 maar bij N=2.

Gebruikers van overwegen en wegkruisingen

De Kadernota heeft de doelstelling om voor 2010 het aantal doden per jaar op overwegen in Nederland ten opzichte van 1999 te halveren. Het is niet reëel om deze eis aan projecten op te leggen. Daarom is het programma Verbeteren Veiligheid Overwegen gestart, dat de genoemde halvering als doelstelling heeft. Het ministerie van Verkeer en Waterstaat heeft hiervoor een ruim budget beschikbaar gesteld (rond de 30 miljoen euro per jaar). Dit wordt onder andere gebruikt om overwegen te verbeteren en op te heffen.

Gezien de doelstelling van de Kadernota geldt bij projecten de eis van standstill: het veiligheidsrisico mag als gevolg van de projecten niet toenemen. De combinatie van standstill met het verbeterprogramma zou ertoe moeten leiden dat de halveringsdoelstelling wordt gehaald.

De eis van standstill houdt in dat een lightrailproject het verwachte aantal doden per jaar op dat traject niet mag verhogen. Dreigt dit toch te gebeuren, dan dient het lightrailproject dit in principe intern op te lossen, door het verbeteren of opheffen van overwegen. Als het lightrailproject er niet in slaagt een dreigende toename van het risico intern te compenseren, dan kan het een financiële bijdrage leveren aan de overheid, waarmee deze vervolgens elders in Nederland het risico verlaagt.

Het criterium voor de veiligheid op overwegen is geformuleerd in termen van doden per jaar. Logische vragen zijn nu: waarom kijken we niet naar gewonden, en waarom niet naar het aantal botsingen? In het Normdocument is gekozen voor de eenheid 'doden per jaar', omdat dat goed aansluit bij de criteria voor de andere risicodragers.

Gezien de lagere snelheid van lightrailvoertuigen, is het te verwachten dat het aantal doden per botsing zal afnemen. Het Normdocument lijkt dus toe te staan dat het aantal botsingen toeneemt. Desondanks is het aanbevelenswaardig ernaar te streven om ook het aantal botsingen niet te laten toenemen.

Voor infrastructuur die met de openbare weg is geïntegreerd, zijn voor overweggebruikers voorlopig geen risicocriteria geformuleerd. Er zijn nog te weinig gegevens over en het blijkt nog te moeilijk te zijn om de criteria zinvol te formuleren. De bedoeling is om de risicocriteria in overleg met vervoerbedrijven op te stellen.

Het principe van standstill is gekoppeld aan overwegen die zich op een deeltracé bevinden met het basis-systeemconcept 'volledige beveiliging'. Op deze deeltracés zijn wegkruisingen niet toegestaan.

Op deeltracés met het basis-systeemconcept 'bestuurderverantwoordelijkheid' kunnen zowel overwegen als wegkruisingen voorkomen (een overweg is een bijzondere vorm van een wegkruising). Voor deze overwegen en wegkruisingen geldt alleen het ALARA-principe. Om de voor ALARA benodigde beveiligingsinrichting te bepalen, zoals VRI's, zigzaghekwerk, etcetera, is het wel nodig om een risicoberekening te maken, maar de uitkomst hiervan hoeft niet aan standstill te voldoen.

Vooraf bij lightrail kan het voorkomen dat er een extra halte wordt geplaatst. Omdat de reizigers van en naar de halte moeten kunnen komen, zal er een toegangsweg gemaakt moeten worden. In het algemeen zal die ten minste een spoor-/tramlijn kruisen, tenzij deze als tunnel of als loopbrug wordt uitgevoerd. Als deze toegangsweg de spoorlijn kruist spreken we over een reizigersoverpad.

Als een reizigersoverpad nodig is bij het basis-systeemconcept 'volledige beveiliging', is er per definitie sprake van een overweg, en treedt het standstill-principe in werking. Omdat dit tot ongewenste kosten zou leiden bij de aanleg van nieuwe haltes is hiervoor een tussenregeling gedefinieerd.



Voor wegwakruisingen met het basis-systeemconcept 'bestuurderverantwoordelijkheid', zoals een tramweg of dedicated lightrail, kan de wegbeheerder kiezen om toch Andreaskruisen te plaatsen, bijvoorbeeld als behoefte bestaat om een kruisende weg met grotere snelheid te passeren.

De inrichting van de beveiliging van overwegen valt onder de verantwoordelijkheid van de minister. De inrichting van straatspoor en wegwakruisingen (niet zijnde een overweg) valt onder verantwoordelijkheid van de wegbeheerder.

Vanwege het ALARA-principe mag de op wegwakruisingen (inclusief overwegen en reizigersoverpaden) reeds aanwezige beveiliging niet afnemen (door bijvoorbeeld een overwegboom te verwijderen).

Onbevoegden

Voor de onbevoegden is het niet mogelijk om kwantitatieve normen te geven, omdat het risico vooral van externe factoren afhankelijk is, bijvoorbeeld de aanwezigheid van sluiproutes. Wel rust op het lightrailproject de plicht alles te doen wat mogelijk is (ALARA) om ongevallen van onbevoegden te vermijden.

Suïcidalen

Voor de suïcidalen is het niet mogelijk om kwantitatieve normen te geven, omdat het risico vooral van externe factoren afhankelijk is. Wel rust op het lightrailproject de plicht alles te doen wat mogelijk is (ALARA) om suïcide te vermijden.

ALARA

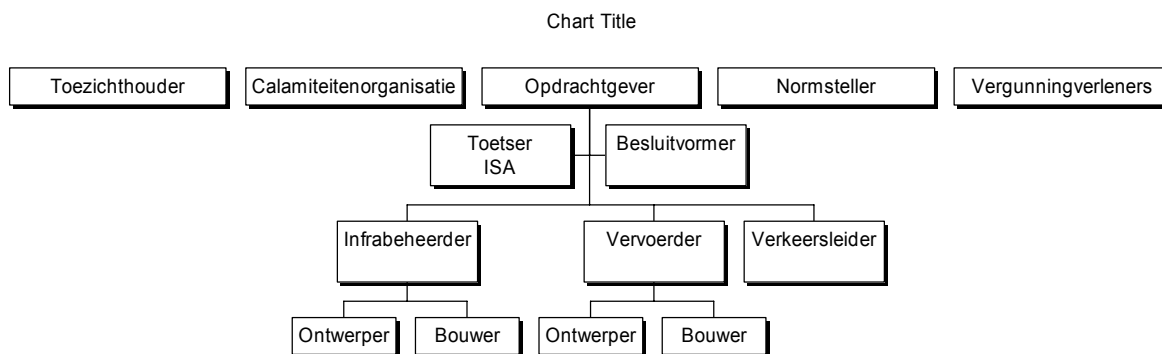
Ook als andere eisen, zoals standstill, gehaald zijn, blijft het ALARA-principe gelden: eenvoudige of goedkoop uit te voeren maatregelen met een risicoreducerend effect op de railveiligheid mogen niet worden nagelaten.



3 Proceseisen

3.1 Rollen bij ontwerp, realisering en exploitatie

Een typisch organisatieschema van een lightrailproject ziet er als volgt uit:



Figuur 1: Organisatieschema van lightrailproject

De toezichthouder, normsteller, calamiteitenorganisatie en vergunningverleners staan in grote mate los van het project. Ze kunnen met alle andere partijen van doen hebben, maar meestal ontbreekt een hiërarchische relatie. De initiatiefnemer en de opdrachtgever daarentegen hebben in het algemeen wel een directe relatie.

De opdrachtgever staat voor het project in een hiërarchische verhouding tot de infrabeheerder, de vervoerder en de verkeersleider, hoewel zij in grote mate autonoom zijn. De relatie is meestal vastgelegd in contracten en/of convenanten. De toetser en de besluitvormer treden op als raadgevende en sturende organen.

De toetser (Independent Safety Assessor, ISA) dient voldoende deskundig te zijn om de beoordeling te kunnen uitvoeren en moet onafhankelijk zijn van de overige partijen van het project. Het wordt aangeraden om de keuze voor de geprefereerde toetser voor te leggen aan de toezichthouder. Het advies van de toetser is overigens informatief en niet bindend. De opdrachtgever kan samen met de toezichthouder besluiten om af te wijken van de aanbevelingen in het rapport van de toetser. Tevens ontslaat het werk door de toetser de betreffende partij geenszins van verplichtingen of verantwoordelijkheden.

Voor heavyrailspoorverkeer coördineert Railverkeersleiding de hulpverlening bij calamiteiten. Als Railverkeersleiding niet bij het project is betrokken, zal de opdrachtgever zelf moeten zorgen voor een doeltreffende coördinatie van de hulpverlening.



Voorbeeld van invulling van partijen

Partijen	Project Randstadrail	Project Rijn-Gouwelijn	Project Zuid-Limburg
Opdrachtgever	Stadsregio Rotterdam en Stadsgewest Haaglanden	Provincie Zuid-Holland	Provincie Limburg
Besluitvormer	Stadsregio Rotterdam en Stadsgewest Haaglanden	Provincie Zuid-Holland	Provincie Limburg
Infrabeheerder	Rotterdam: RET Den Haag: HTM Overig: Haagrail	Railinfrabeheer	Railinfrabeheer
Vervoerder	Hofpleinlijnbedrijf: RET, NSR en Connexion; Zoetermeerlijnbedrijf: HTM en NS-Reizigers	NS-Reizigers	Nog niet ingevuld
Ontwerper			
• Infrabeheerder	HTM, RET en diverse ingenieurbureaus (Holland Railconsult, Arcadis, Grontmij)	Railinfabeheer	Railinfrabeheer
• Vervoerder		NS-Reizigers	Nog niet ingevuld
Bouwer			
• Infrabeheerder	Nog niet ingevuld	Railinfrabeheer	Railinfrabeheer
• Vervoerder		HTM	Nog niet ingevuld
Toeziachter	IVW	IVW	IVW
Toetsers	Nog niet ingevuld	Voor de beveiliging: Railcert. Overig: niet ingevuld.	Nog niet ingevuld
Vergunningverleners	Provincie Zuid-Holland, gemeenten, IVW (namens ministerie van V&W)	Provincie Zuid-Holland, gemeenten, IVW	Provincie Limburg, gemeenten, IVW
Verkeersleider	Nog niet ingevuld	Railverkeersleiding	Railverkeersleiding
Calamiteitenorganisatie	Nog niet ingevuld	Railverkeersleiding	Railverkeersleiding

Figuur 2: Voorbeeld invulling partijen lightrailproject

Taken van de partijen

Het is de taak van de opdrachtgever om de rollen bij ontwerp, realisering en exploitatie, aan partijen toe te delen. Dit gebeurt meestal vanuit praktische overwegingen, waarbij het niet altijd eenvoudig is om veiligheidseisen bij partijen te alloceren.

Partijen moeten daarom met elkaar communiceren over de veiligheidseisen en -doelstellingen. Het is belangrijk dat de opdrachtgever hiervoor ruimte creëert, omdat anders een suboptimale veiligheid kan ontstaan, zowel qua kosten als in het halen van veiligheidsdoelstellingen. Eventueel kunnen partijen oplossingen aandragen die buiten hun opdracht liggen. Het is dan de taak van de opdrachtgever om hier adequaat op te reageren, bijvoorbeeld door de opdracht te wijzigen.

Het is de taak van de toetsers om de veiligheidsdocumenten van het lightrailproject te beoordelen. Hij rapporteert aan de opdrachtgever. Om de onafhankelijkheid van zijn oordeel te garanderen, is het aan te bevelen dat hij werkt voor de opdrachtgever en niet voor de toeleverende opdrachtnemer.



De normstellende overheid staat in principe los van alle andere partijen. De overheid handelt geheel naar eigen discretie. In de Handreiking staan daarom geen taken voor de overheid.

Verantwoordelijkheid

Een belangrijke vraag is wie nu waarvoor verantwoordelijk is. Toen de Nederlandse Spoorwegen nog één bedrijf waren, was het antwoord op die vraag eenvoudig. Nu voor het spoorwegverkeer een groot aantal bedrijven moet samenwerken, die elk een stuk van de veiligheid voor hun rekening nemen, is dat veel moeilijker. Voor de integrale veiligheid is coördinatie nodig. Hier dreigt het gevaar van suboptimalisatie: het is moeilijk de veiligheid te optimaliseren over de grenzen van de organisaties heen.

Er zijn echter ook voordelen aan de spreiding van verantwoordelijkheden. Alle participerende organisaties zullen hun eigen deel willen optimaliseren. Dit kan leiden tot creativiteit. De Nederlandse Spoorwegen hadden slechts een beperkt aantal geaccepteerde oplossingen, die intern gecertificeerd waren. In de nieuwe organisatiestructuur zal vooral worden gekeken naar goede veiligheidsargumenten. Dan kunnen ook niet-gecertificeerde componenten worden ingezet.

Het gevolg voor de rol van de opdrachtgever is, dat hij in de toepassing van elk component in het kader van de veiligheid van het gehele systeem moet beoordelen. Bij de opdrachtgever rust de eindverantwoordelijkheid voor de veiligheid van het geheel.



3.2 Ontwerp en realisering

Algemene beginselen

Het doel van het Normdocument is om de veiligheid te borgen bij de voorbereiding en de exploitatie van lightrailprojecten. Daartoe worden in het Normdocument de risicocriteria gesteld. Het proces, de rollen en de verantwoordelijkheden van partijen worden gedefinieerd, waarna de risicoanalyse wordt opgesteld. Deze brengt de oorzaken en gevolgen van gevaren in kaart en kwantificeert ze. De risicoanalyse dient echter in hoofdzaak om te bepalen of de voorziene beveiligingsmaatregelen een voldoende laag risico opleveren en voldoen aan de eisen die in het Normdocument zijn gesteld. Met behulp van de risicoanalyse wordt het effect duidelijk van het toevoegen of verwijderen van een veiligheidsmaatregel, zodat de beslissing hierover kan worden afgewogen tegen de kosten.

De risicoanalyse dient zich te richten op het totale lightrailsysteem. Zowel de gedragingen van personen in het gerealiseerde project als de technische (rijdende en infra-) systemen in het ontwerp moeten in ogenschouw worden genomen. De opdrachtgever is er verantwoordelijk voor om de veiligheid van het totale systeem te beheersen. Uiteraard is hij daarbij afhankelijk van de veiligheid die deelsystemen bieden. Het Normdocument biedt een handvat om dit totale (integrale) proces te beheersen.

Verwante veiligheidsdocumenten

Hierbij volstaat de tekst in het Normdocument.

3.3 Eisen aan ontwerp en realisering: de levenscyclus

Stap 1: Concept

Het doel van deze stap is: voldoende inzicht in het lightrailsysteem ontwikkelen om ervoor te zorgen dat alle volgende levenscyclustaken voor de veiligheid op bevredigende wijze kunnen worden uitgevoerd. Voor lightrail zijn er partijen met verschillende rollen, waarbij de taakverdeling in een vroeg stadium duidelijk moet zijn. Veiligheid is in de eerste plaats een kwestie van verantwoordelijkheid en draagvlak in een organisatie.

Soorten lightrailsystemen

De volgende soorten lightrailsystemen zijn mogelijk:

- *Alleengebruik door lightrailvoertuigen.* De infrastructuur wordt slechts gebruikt door lightrailvoertuigen.
- *Gastgebruik door heavyrailvoertuigen.* Heavyrailvoertuigen passen zich aan aan de lightrailinfrastructuur.
- *Gastgebruik door lightrailvoertuigen.* De lightrailvoertuigen passen zich aan aan de heavyrailinfrastructuur.
- *Samengebruik.* Heavyrail- en lightrailvoertuigen berijden samen dezelfde infrastructuur, die voor beide typen geschikt is.
- *Samengebruik stedelijke infra; wegkruising/samenloop met wegverkeer.* Lightrail gebruikt al dan niet afgeschermd (snel)tramspoor en kruist het wegverkeer of rijdt zelfs tussen het wegverkeer. Eisen aan de voertuigen uit het RVV, zoals bijvoorbeeld: richtingaangevers, achteruitkijkspiegels, remlichten, zichtbaarheid voertuigen, intrekbare automatische koppeling, beïnvloeding verkeerslichten, sturing wisselstanden etc.
- *Scheiding van lightrail en heavyrail in toegangsperiode.* Heavyrail gebruikt de infrastructuur op andere tijden dan lightrail.



Soorten lightrailvoertuigen

De volgende, niet-limitatieve opsomming, geeft een idee van de meest voorkomende soorten lightrailvoertuigen:

- *Tram-achtig*. Het voertuig rijdt 'op zicht' met een snelheid tot maximaal 70 km/h (bestuurderverantwoordelijkheid, binnen de bebouwde kom), of 100 km/h (buiten de bebouwde kom, eventueel met beveiliging). Overwegen worden bereiden met lagere snelheid (N.B.: bij hoofdspoorwegen mag 'op zicht' niet met een snelheid groter dan 40 km/h worden gereden). Verkeerslichten worden opgevolgd en er is mogelijk geen treinbeïnvloedingsstelsel aan boord. Om het 'op zicht' rijden te ondersteunen, kunnen in bijzondere situaties (licht)seinen worden toegepast (met risicoanalyse bepaald). De noodremvertraging is in de orde grootte 3 m/s².
- *Metro-achtig*. Er wordt op seinen met maximaal 100 km/h gereden, met een treinbeïnvloedingsstelsel aan boord. De noodremvertraging is in de orde grootte 3 m/s².
- *Trein-achtig*. Er wordt met baanvaksnelheid gereden op seinen en er is een treinbeïnvloedingsstelsel aan boord. De noodremvertraging is de orde grootte 1 m/s². De treindetectie door GRS-spoorstromlopen is betrouwbaar, evenals de werking van ATB Eerste Generatie. De botsveiligheid is op het niveau van heavyrailvoertuigen. Voorbeelden zijn LINT, Talent en Sprinter.

Vergunningen

Het realiseren van een lightrailproject kan gevaar lopen doordat niet tijdig vergunningen worden afgegeven, zoals bouw- en milieuvergunningen. Bij de afgifte van bouwvergunningen bijvoorbeeld adviseert de brandweer, die hierbij eisen kan stellen aan het bouwwerk. Dit kan, zoals is gebleken bij tunnels, om ingrijpende voorzieningen gaan. Het is zaak hier in een vroeg stadium grip op te krijgen, in ieder geval door al in deze fase de vergunningen te inventariseren die te maken hebben met veiligheid.

Spoorwegwet

De Handreiking gaat uit van de nieuwe Spoorwegwet. Deze is geschreven voor hoofdspoorwegen, zodat hij voor lightrail vooral een rol speelt bij samengebruik. In dat geval gelden de volgende bepalingen voor de vervoerder:

1. De vervoerder moet een bedrijfsvergunning hebben.
2. De vervoerder moet een toegangsovereenkomst hebben.
3. De vervoerder moet een veiligheidsattest hebben.
4. De vervoerder (of een andere daartoe gereede partij) moet capaciteit aanvragen. Dit geldt voor spoorwegen, niet voor tramlijnen.
5. Het materieel moet worden toegelaten tot de hoofdspoorweg.
6. De vervoerder moet capaciteit toegewezen krijgen.

Het Normdocument is wat veiligheid betreft, aanvullend op de Spoorwegwet. Deze onderscheidt hoofdspoorwegen en lokale spoorwegen, die als zodanig door de minister van Verkeer en Waterstaat worden aangewezen. Lightrail kan op beide voorkomen. De Spoorwegwet bevat tal van regels waaraan hoofdspoorwegen moeten voldoen. Deze staan enerzijds in de wet zelf, bijvoorbeeld over beveiliging, anderzijds in onderliggende regelgeving. Ook biedt de Spoorwegwet de mogelijkheid voor lokale spoorwegen om regels te stellen.

Stap 2: Systeemdefinitie

De doelen van deze stap in de levenscyclus zijn:

1. Het taakprofiel van het lightrailsysteem bepalen.
2. De grenzen van het lightrailsysteem bepalen.
3. De toepassingsomstandigheden vaststellen die de eigenschappen van het lightrailsysteem beïnvloeden.
4. De omvang van de gevarenanalyses van het lightrailsysteem bepalen.
5. Het veiligheidsbeleid voor het lightrailsysteem vaststellen.
6. Het Integraal Veiligheidsplan (IVP) voor het lightrailsysteem opstellen. Bijlage A bevat een stapsgewijze handreiking om een IVP op te stellen.



De veiligheid van elk lightrailsysteem is vastgelegd in twee basisdocumenten. Dat zijn het IVP, zoals in deze stap genoemd, en de safety case, die in stap 6 aan de orde komt.

In het IVP legt de opdrachtgever vast hoe hij met veiligheid omgaat. Het IVP is een overkoepelend plan met de veiligheidsfilosofie van het project.

De safety case is een technisch document. Het bevat de feitelijke, praktische oplossingen in het project voor de veiligheidsaspecten die in het IVP zijn genoemd. In de safety case verantwoordt de opdrachtgever wat hij aan veiligheidsvoorzieningen en -maatregelen heeft getroffen.

Voorbeeld overweg

Gedocumenteerde resultaten voor stap 2 kunnen zijn:

1. De overweg is een AKI en kruist twee sporen.
2. De lokale snelheid van passerende treinen is maximaal 80 km/h.
3. Er bevindt zich een school op 300 meter van de overweg. Veel kinderen kruisen de overweg op weg naar en van school.
4. Er passeren vier treinen per uur per richting.
5. Het type trein is metromaterieel S3/M4 van het GVB.
6. De overweg wordt gebruikt door gemiddeld 500 auto's per dag.

Stap 3: Risicoanalyse

De doelen van deze stap zijn:

1. Gevaren vaststellen die samenhangen met het lightrailsysteem. De definitie van gevaar luidt als volgt: 'de mogelijkheid tot het optreden van letsel en schade'.
2. De gebeurtenissen vaststellen die leiden tot de gevaren.
3. Het risico bepalen dat verbonden is aan de gevaren.

Voorbeeld overweg

Gedocumenteerde resultaten voor stap 3 kunnen zijn:

1. Uit ongevalsonderzoek blijkt dat verblinding door laagstaande zon en slalommen, de belangrijkste oorzaken zijn van (bijna)ongevallen.
2. Mogelijke maatregelen zijn het ombouwen tot AHOB en het verbeteren van de signalering.
3. De verwachte frequentie van ongevallen met dodelijke afloop op de overweg zal na het toepassen van de maatregelen met 50 procent dalen.

De risicoanalyse omvat alle activiteiten om de kans op overlijden of letsel te kunnen schatten. Vaak zal risicoanalyse steunen op een analyse van historische ongevals- en incidentgegevens. Deze worden aangepast om te corrigeren voor afwijkende systeemconfiguratie of prestaties, zo nodig aangevuld met expert-judgement. Daarbij moet zoveel mogelijk worden voorkomen dat resultaten worden vertekend door effecten als statistische afhankelijkheid. De resultaten van de risicoanalyse worden vergeleken met de risicocriteria. Bij een te hoog risico worden maatregelen bepaald om het risico binnen de norm te brengen.

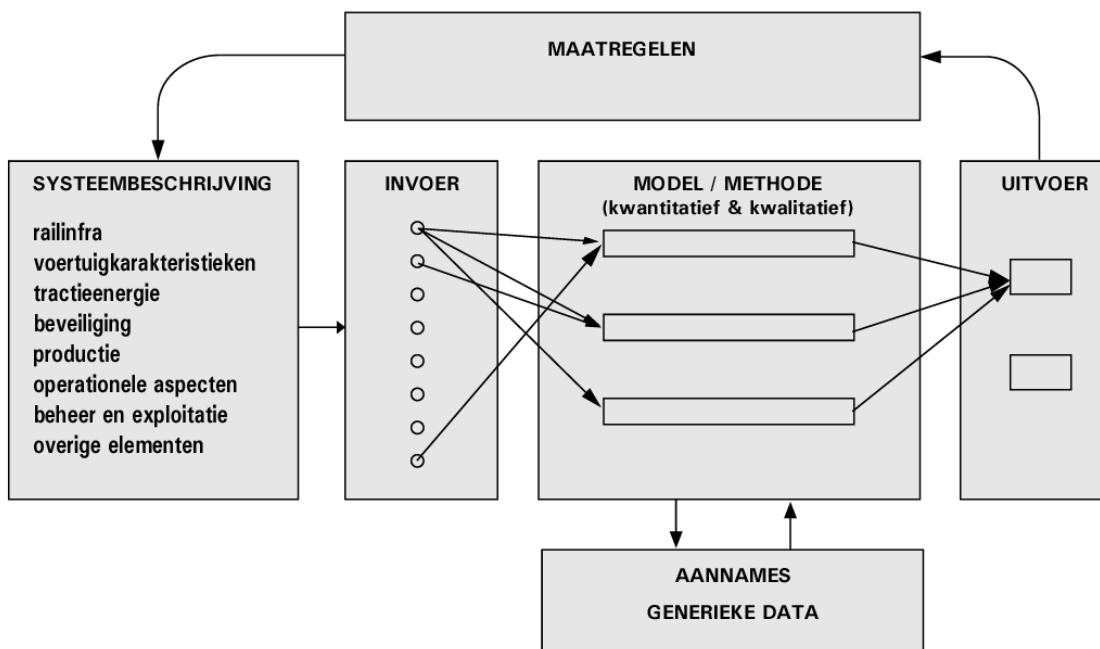
Modelstructuur

Kwantitatieve analyses worden uitgevoerd aan de hand van een model. Dit bestaat meestal uit de volgende onderdelen:

1. Invoergegevens: specifieke kenmerken van het beschouwde systeem, gebaseerd op een systeembeschrijving.
2. Rekenmodel: het geheel van formules en bewerkingen met behulp waarvan de invoergegevens worden omgezet in de uitvoerresultaten.
3. Aannames en generieke data.
4. Uitvoerresultaten: risicoschattingen per risicodrager en risicomaat, die worden getoetst aan de risicocriteria van het Normdocument.
5. Maatregelen: met behulp van het model kan het effect van risicoreducerende maatregelen worden ingeschat.



Figuur 3 geeft een schematisch overzicht van deze onderdelen.



Figuur 3: Schematische weergave beoordeling risicoanalyse

Om het model (en daarmee de analyse) goed te kunnen beoordelen, moet de rapportage van de modelonderdelen aan bepaalde eisen voldoen. Deze eisen worden hierna besproken.

Het te hanteren model wordt bepaald door het specifieke ontwerp, de eisen daaraan door de opdrachtgever en de kunde van de risicoanalist. Het gehanteerde model c.q. de gevolgde methode moeten wel inzichtelijk worden gemaakt. Het zal niet altijd mogelijk zijn een kwantitatieve analyse uit te voeren of een zodanig kwantitatieve analyse uit te voeren dat de uitkomsten voor zich spreken. Deels wordt dat veroorzaakt door onvolledige of onnauwkeurige casuïstiek. Ook moet een kwalitatieve analyse worden gegeven van het betreffende risico.

Systeembeschrijving en invoergegevens

De toetsers moet inzicht krijgen in de specifieke systeemkenmerken van het model. Dit zijn de kenmerken waarvan wijziging (bijvoorbeeld door het nemen van maatregelen) leidt tot veranderingen in het resultaat van de kwantitatieve analyse.

Geef een systeembeschrijving waarin alle kenmerken van het systeem die een rol spelen in het model, worden behandeld. Beschrijf welke invloed de kenmerken hebben binnen het model. Bij een lightrailproject omvat deze beschrijving onder andere de lay-out van de infrastructuur, de eigenschappen van het gebruikte materieel, het exploitatiemodel etc. Maak in de systeembeschrijving duidelijk onderscheid tussen aannames en feiten en geef dit in een duidelijk overzicht weer.

Model/methode

Om het rekenmodel te kunnen beoordelen is inzicht nodig in de gehele modelstructuur en de gevolgde redeneertrant. Vaak worden in de analyses impliciet structuren als gebeurtenissenbomen en foutenbomen gehanteerd, zonder deze expliciet weer te geven. Als gevolg hiervan is de analyse moeilijk op volledigheid en consistentie te beoordelen. Ook is het daardoor vaak moeilijk om de invloed van aannames en de relevantie van de invoergegevens in te schatten. De verslaglegging wordt kwalitatief beter en de review en verificatie worden gemakkelijker, als de volgende regel in acht wordt genomen: geef een beknopt schema van de modelstructuur; dit is de wijze waarop de invoergegevens worden bewerkt tot de uitvoerresultaten.



Een algemeen probleem is hoe om te gaan met ongevallen waarbij zowel light- als heavyrail betrokken is. Tellen deze nu mee bij light- of bij heavyrail? Een mogelijke oplossing is om de ongevallen mee te tellen bij de veroorzaker. Dit stuit op bezwaren, omdat de veroorzaker niet in alle gevallen mede verantwoordelijk is voor de gevolgen. Denk bijvoorbeeld aan de lage botssterkte van lightrailvoertuigen. Het is niet aan de heavyrailvoertuigen te wijten dat een botsing met lightrail grote gevolgen heeft.

Voorlopig moet het uitgangspunt daarom zijn dat de gevolgen van alle ongevallen waarbij lightrail betrokken is, bij lightrail moeten worden meegeteld. Dit kan leiden tot dubbeltellingen. De ervaring met risicoanalyses van lightrailprojecten tot nu toe leert dat dit niet tot problemen leidt.

Aannames en generieke data

Een bekend gezegde luidt: garbage in, garbage out: de kwaliteit van de analyse is direct afhankelijk van de kwaliteit van de invoergegevens en aannames. Door alle aannames en hun invloed op het model expliciet vast te leggen in de analyse, kan de geldigheid daarvan beter worden beoordeeld.

Het is daarom belangrijk om alle aannames te onderbouwen en hun toepasbaarheid aannemelijk te maken. Ook moet de invloed van de aannames op het model en het resultaat van de analyse worden beschreven. Iedere kwantitatieve analyse bevat generieke data, die worden ontleend aan statistieken en analyses van gelijksoortige systemen. Meestal worden deze data in samenhang gebruikt met enkele aannames voor de toepasbaarheid. De bron van de generieke data moet worden vermeld en de toepasbaarheid in de specifieke situatie onderbouwd.

Uitvoerresultaten

Om de resultaten van de analyse te kunnen beoordelen is een overzicht nodig van alle uitvoerresultaten. Hiermee kan de reviewer de relevantie van de scenario's beoordelen en daarmee de relevantie van de aannames voor de uitkomsten.

Maatregelen

Een kwantitatieve analyse is vooral van belang omdat zo de risicoreducerende invloed van maatregelen kan worden ingeschat, waarmee de kosten en baten in kaart kunnen worden gebracht.

<IN KADER:>

1. Geef een systeembeschrijving waarin alle kenmerken van het systeem die een rol spelen in het model, worden behandeld. Beschrijf welke invloed de kenmerken hebben binnen het model.
2. Maak in de systeembeschrijving duidelijk onderscheid tussen aannamen en feiten en geef dit in een duidelijk overzicht weer.
3. Geef een beknopt schema van de modelstructuur. Dit is de wijze waarop de invoergegevens worden bewerkt tot de uitvoerresultaten.
4. Maak alle aannames expliciet.
5. Onderbouw alle aannames en maak hun toepasbaarheid aannemelijk.
6. Beschrijf de invloed van de aanname op het model en het resultaat van de analyse.
7. Geef bij gebruik van generieke data de bronvermelding.
8. Onderbouw de toepasbaarheid van de generieke data in de specifieke situatie.
9. Geef een overzicht van alle uitvoerresultaten van het model.
10. Geef het risicoreducerend effect van potentiële maatregelen aan door middel van een modelberekening.

Stap 4: Systeemveiligheidseisen

De doelen van deze stap zijn:

1. De totale veiligheidseisen voor het lightrailsysteem specificeren.
2. De totale bewijs- en aanvaardingscriteria voor de veiligheid van het lightrailsysteem specificeren.



Voorbeeld overweg

Gedocumenteerde resultaten voor stap 4 zouden de volgende systeemveiligheidseisen kunnen zijn:

1. Het risico op de overweg dient bij toepassing van het Normdocument aan het standstill-beginsel te voldoen.
2. De overweg moet worden voorzien van betere signalering, of de infrabeheerder toont aan dat andere maatregelen leiden tot de gewenste verbetering van het veiligheidsniveau.

Stap 5: Toedeling van de systeemveiligheidseisen

De doelen van deze fase zijn:

1. De veiligheidseisen voor het lightrailsysteem toedelen aan de aangewezen subsystemen, componenten en externe voorzieningen.
2. De veiligheidsaanvaardingscriteria bepalen voor de aangewezen subsystemen, componenten en externe voorzieningen.

Voorbeeld overweg

Gedocumenteerde resultaten voor stap 5 zouden kunnen zijn:

1. De overweg bestaat uit de deelsystemen signalering, overwegbomen, aansturing en overige delen.
2. Er zijn verschillende leveranciers voor de systeemdelen.
3. De Mean Time Between Failure (MTBF) van de signalering dient hoger te zijn dan 10^6 uur.
4. De aansturing dient 'failsafe' te zijn.
5. De beschikbaarheid van de aansturing dient hoger te zijn dan 99,95 procent.

Stap 6: Ontwerp en invoering

De doelen van deze fase zijn:

1. Subsystemen en componenten creëren die voldoen aan de veiligheidseisen.
2. Bewijzen dat subsystemen en componenten voldoen aan de veiligheidseisen.
3. Plannen opstellen voor toekomstige levenscyclustaken met betrekking tot de veiligheid.

Voorbeeld overweg

Gedocumenteerde resultaten voor stap 6 zouden kunnen zijn:

1. De signalering wordt betrokken van fabriek X.
2. Uit praktijkgegevens blijkt dat de gerealiseerde MTBF van de signalering ruim hoger is dan de geëiste 10^6 uur.
3. De weg-layout wordt zodanig veranderd dat zigzaggen wordt voorkomen.

Safety case

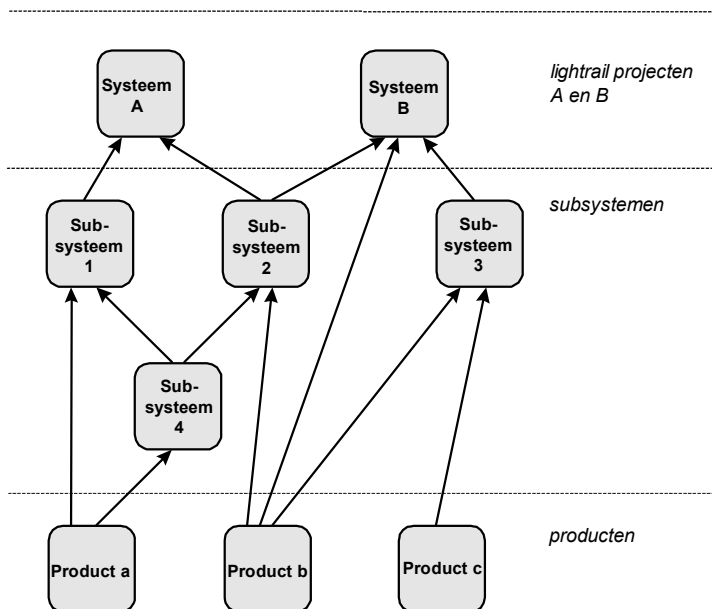
De safety case van het lightrailsysteem is een cumulatief dossier waarmee de opdrachtgever aantoont hoe de veiligheid van het lightrailsysteem is geregeld en voldoet aan het Normdocument. Hierbij speelt veiligheids-, maar ook kwaliteitsborging een rol. De grootte van de safety case is evenredig met de complexiteit en het risico van het project. Hoe groter de complexiteit, ernst en/of de kans op gevaren, hoe uitgebreider de veiligheidsborging en dus de safety case moet zijn.

Vanaf het begin van de levenscyclus moet aan de safety case worden gewerkt. Deze bevat de resultaten van, of verwijzingen naar studies, plannen, verificatie- en validatieresultaten die tezamen aantonen dat het railsysteem binnen de geëiste veiligheidsnormen wordt ontworpen, gerealiseerd en geëxploiteerd. Bij iedere nieuwe toepassing van een systeem en bij ieder project moet een nieuwe safety case worden gemaakt. Ieder lightrailproject is opgebouwd uit subsystemen (bijvoorbeeld besturing) en / of producten (bijvoorbeeld een ATB/NG-beveiligingssysteem). De opdrachtgever moet in het IVP (zie bijlage A) duidelijk maken welke



partij welk gedeelte aanlevert voor de project-safety case en hoe deze deel-safety cases worden geïntegreerd (zie figuur 4).

De safety case van het lightrailproject wordt opgebouwd met behulp van de onderliggende deel-safety cases, zoals aangegeven in figuur 4.



Figuur 4: Systeem-, subsysteem- en product-safety cases

Er zijn drie soorten safety cases:

1. De generieke product-safety case. Deze gaat over een product, ongeacht waarvoor deze zal worden gebruikt. Een voorbeeld is een AHOB-safety case. De generieke product-safety case dient om de met het product te behalen veiligheid vast te leggen. Deze safety case kan als bouwsteen worden gebruikt voor safety cases op een hoger niveau.
2. De generieke toepassings-safety case. Dit is een veel gebruikte toepassing, ongeacht waar deze zal worden gebruikt. Een voorbeeld is een lightrail-safety case. Deze creëert voor een toepassing een basis-safety case, zodat die meermalig kan worden gebruikt.
3. De specifieke toepassings-safety case (betreft het gebruik in een specifiek project/locatie, zoals de safety case van lightrail Zuid-Limburg). Hiermee wordt daadwerkelijk de veiligheid van het (lightrail) systeem aangetoond. Deze is gebaseerd op de actuele objecten en subsystemen en kan of de safety cases van deze actuele objecten en subsystemen gebruiken, of de generieke safety cases van dit type objecten en subsystemen.

Zoals te zien is aan de twee lightrailprojecten (A en B) in figuur 4, kunnen ze elkaars safety cases gebruiken.

In [ND2] 6.6 en [RD2] hoofdstuk 5, staat meer informatie over de safety case.

Bij stap 2 is het verschil toegelicht tussen een IVP en een safety case.

Stap 7: Fabricage

De doelen van deze stap zijn:

1. Een fabricageproces invoeren dat veiligheidsgevalideerde subsystemen en componenten voortbrengt (zie ook stap 9).
2. Een regeling opstellen voor veiligheidsgerichte proceszekerheid.
3. Veiligheidsondersteunende regelingen opstellen voor subsystemen en componenten.

**Voorbeeld overweg**

Gedocumenteerde resultaten voor stap 7 zouden kunnen zijn:

1. Fabrik X heeft een gecertificeerd kwaliteitssysteem. Dit systeem omvat mede het gecontroleerd vervaardigen van veiligheidsgerelateerde systemen.
2. Fabrik X heeft een onderhoudsdienst met een responstijd die beter is dan nodig om het gewenste veiligheidsniveau te garanderen.

Stap 8: Installatie

De doelen van deze stap zijn:

1. De combinatie samenstellen en installeren van subsystemen en componenten die het complete systeem gaan vormen.
2. Systeemondersteunende regelingen in werking stellen.

Ondersteuning van het systeem omvat:

1. Aanvang van de opleiding voor medewerkers.
2. Het beschikbaar maken van de ondersteuningsprocedures.
3. Het realiseren van de onderdelenvoorziening.
4. Het realiseren van de levering van hulpmiddelen.

Stap 9: Systeemvalidatie

De doelen van deze stap zijn:

1. Valideren dat de gehele combinatie van subsystemen, componenten en externe risicoverminderende maatregelen voldoet aan de veiligheidseisen.
2. De gehele combinatie van subsystemen, componenten en externe risicoverminderende maatregelen in bedrijf nemen.
3. Het bewijs van toepassingsspecifieke veiligheid voor het lightrailsysteem opstellen en, indien geschikt, aanvaarden.
4. Voorzien in het verzamelen en beoordelen van gegevens.

Voordat een veiligheidsaanvaarding kan worden overwogen, moet een toetsers een onafhankelijke veiligheidsbeoordeling uitvoeren van het systeem en de bijbehorende safety case. Hij legt zijn bevindingen vast in een veiligheidsbeoordelingsrapport. Dit beschrijft de activiteiten die zijn uitgevoerd om te beoordelen of het systeemontwerp aan de veiligheidseisen voldoet. Ook staan in het rapport mogelijk enige toegevoegde randvoorwaarden over het gebruik van het systeem. Het veiligheidsrisico van het systeem bepaalt hoe diepgaand en onafhankelijk het onderzoek is. Om de betrouwbaarheid te vergroten kunnen bepaalde tests worden uitgevoerd. De opdrachtgever is er verantwoordelijk voor dat hij de toetsers vroeg genoeg in het project betreft.

Na afronding van de validatie, de veiligheidsbeoordeling, de safety case en de installatie van het systeem, aanvaardt de opdrachtgever de veiligheid van het opgeleverde systeem. Vervolgens draagt hij het systeem en de documentatie over aan de opdrachtgever voor de exploitatiefase.

Bij samengebruik met heavyrail wordt, als onderdeel van de safety case, een deltalijst geleverd. Dit is een lijst die de afwijkingen van het lightrailsysteem ten opzichte van de heavyrailnormen aangeeft. De lijst bevat referenties naar de bijbehorende risicoanalyses, de daaruit voortvloeiende extra maatregelen en de aspecten die aantonen dat de maatregelen passen op de deltalijst.

De opdrachtgever voor de exploitatiefase aanvaardt het systeem, maakt het Exploitatieveiligheidsplan definitief en verricht een eventuele interne vrijgave.

Stap 10: Systeemaanvaarding

De doelen van deze stap zijn:



1. Beoordelen of de gehele combinatie van subsystemen, componenten en externe risicoverminderende maatregelen voldoet aan de veiligheidseisen van het complete lightrailsysteem.
2. Het lightrailsysteem aanvaarden voor ingebruikname.

Als aan alle voorwaarden voor veiligheidsaanvaarding is voldaan en dit gedocumenteerd staat in de safety case en de veiligheidsbeoordeling, kunnen de betreffende vergunningen door de toezichthouder worden verleend. Hierbij kunnen tijdelijke dan wel permanente, al dan niet beperkende voorwaarden worden opgelegd.

Proces van vrijgave

Na afronding van de validatie, de veiligheidsbeoordeling, de safety case en de installatie van het systeem, aanvaardt de opdrachtgever de veiligheid van het opgeleverde systeem en draagt het systeem en de documentatie over aan de opdrachtgever voor de exploitatiefase. Deze aanvaarding verloopt volgens een intern vrijgaveproces. Bij samengebruik met heavyrail wordt, als onderdeel van de safety case, een delta-lijst geleverd. Deze geeft de afwijkingen van de lightrailvoertuigen ten opzichte van de heavyrail-normen aan, inclusief (referenties naar) de bijbehorende risicoanalyses en de daaruit voortvloeiende noodzakelijke extra maatregelen.

De opdrachtgever van de exploitatiefase aanvaardt het systeem, maakt het EVP definitief en verricht een eventuele interne vrijgave. Vervolgens vraagt hij de minister of de lokale overheid om een vervoersvergunning en de capaciteitsplanner om een toegangsovereenkomst. Hij biedt de safety case en het EVP aan de toezichthouder aan met het verzoek om voor vervoerder, infrastructuur en voertuigen een typegoedkeuring en een machtiging voor ingebruikname te verstrekken. Dit houdt voor heavyrailvoertuigen een veiligheidsattest in en voor infrastructuur onder andere een bouwvergunning.

Als aan alle voorwaarden voor veiligheidsaanvaarding is voldaan en dit is gedocumenteerd in zowel de safety case als de veiligheidsbeoordeling, kan de toezichthouder de betreffende vergunningen verlenen.



3.4 Exploitatie

Coördinatie

Omdat de vervoerder en infrabeheerder beiden wijzigingen kunnen voorstellen, is er behoefte aan coördinatie: de opdrachtgever is zowel verantwoordelijk voor de coördinatie tussen betrokken organisaties, als voor het feit dat het uiteindelijke integrale veiligheidsresultaat binnen de norm ligt. De toezichthouder controleert of er coördinatie plaatsvindt en of het veiligheidsrisico binnen de norm blijft.

Exploitatieveiligheidsplan

Ter voorbereiding van de exploitatiefase heeft de opdrachtgever voor de ontwerp- en realisatiefase, al bij het opstellen van de systeemeisen een concept-Exploitatieveiligheidsplan (EVP) geschreven, dat een voortzetting is van het IVP. In het EVP staat onder andere een plan van aanpak hoe:

- rollen/taken/verantwoordelijkheden van de verschillende partijen in de exploitatiefase worden ingevuld;
- de safety case wordt bijgewerkt bij veranderingen van de infrastructuur, voertuigen en/of de exploitatie hiervan;
- blijvend aan de veiligheidscriteria in het Normdocument wordt voldaan, dat wil zeggen hoe een continue verbetercyclus wordt gerealiseerd;
- voor vervoerders die op het spoorwagennet willen rijden het veiligheidsattest zal worden voorbereid.

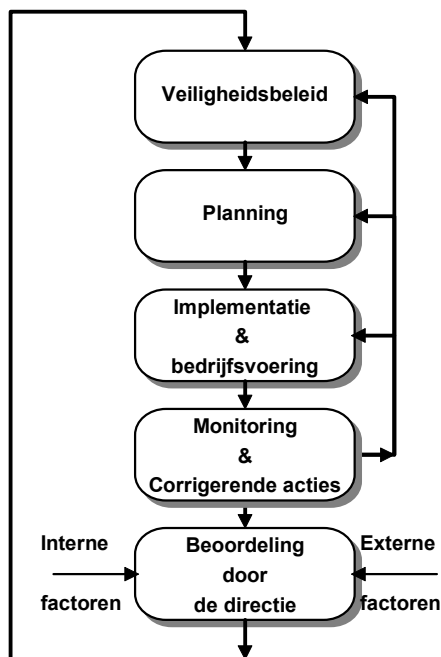
Er is speciale aandacht voor de veiligheid gedurende een eventueel gefaseerde inbedrijfstelling van het lightrailstelsel.

Als de vergunningen voor gebruik van het stelsel zijn verleend treedt de exploitatiefase in, waarin de aandacht van het (technische) stelsel verschuift naar de vervoer- en infrabeheerprocessen en de wijze waarop die georganiseerd zijn. De eerstverantwoordelijke daarvoor is de (exploitatiefase-) opdrachtgever, die het concept-EVP overneemt en tot een definitieve versie maakt. De gebruikers (infrabeheerder, vervoerder en verkeersleiding) moeten een eigen EVP opstellen en onderhouden, dat is afgeleid van het EVP van de opdrachtgever.

Veiligheidsmanagementsysteem

Het veiligheidsmanagementsysteem geldt voor alle levenscyclusstappen in de exploitatiefase en moet zelfcorrigerend zijn. Op geplande tijdstippen zal de betreffende organisatie dus verifiëren of dat wat in de safety case is gesteld, nog steeds geldig is. Kosten of tijdsdruk bijvoorbeeld zouden kunnen leiden tot ondeskundig onderhoud, vervanging met een component die niet voor de veiligheidsdoeleinden geschikt is, of inzet van personeel dat niet voor de betreffende actie is opgeleid. Als het vereiste veiligheidsniveau niet meer wordt gehaald, moeten de nodige correctieve acties in gang worden gezet. Daarbij worden zonnig de safety case en altijd het gevarenlogboek bijgewerkt. In BS 8800 [RD 5, Normdocument] staat hierover meer informatie.

Het veiligheidsmanagementsysteem bestaat uit alle maatregelen of verwijzingen daarnaar die bijdragen aan het niveau van veiligheid. Voorbeelden zijn de veiligheidsorganisatie binnen de bedrijven en afdelingen, risicoanalyse en -management, training, het Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System (FRACAS), veiligheidsdocumentatie en procedures, audits, wijzigingenbeheer, inspecties enzovoorts. Van de opdrachtgever wordt verwacht dat hij het veiligheidsmanagementsysteem operationeel maakt en in stand houdt (figuur 5).



Figuur 5: Continue verbetering door middel van het veiligheidsmanagementsysteem

3.5 Eisen aan de exploitatie: de levenscyclus

Stap 11: Exploitatie en onderhoud

Het doel van deze stap is de gehele combinatie van subsystemen, componenten en externe risicoverminderende maatregelen zo exploiteren en ondersteunen dat blijvend aan de veiligheids-systeemeisen wordt voldaan.

Onderhoudswerkplaatsen

Onderhoudswerkplaatsen moeten voor materieel dat op hoofdspoorwegen rijdt, worden gecertificeerd door IVW.

Exploitatieveiligheidsplan

Het veiligheidsplan in de exploitatie- en onderhoudsfase krijgt een andere nadruk dan in de voorgaande stappen, waarin vooral het ontwerp centraal staat. Het actueel houden van het Exploitatieveiligheidsplan dient daarom bij deze stap extra aandacht te krijgen.

Ook kan het Exploitatieveiligheidsplan worden opgesplitst in delen voor de infrabeheerder en de vervoerders. De opdrachtgever krijgt dan een sterk uitgedund Integraal Veiligheidsplan, dat natuurlijk nog steeds voldoende inhoud moet hebben om de eindverantwoordelijkheid voor de veiligheid van het lightrailproject te kunnen dragen. Het geheel van veiligheidsplannen moet in ieder geval de werkwijze bevatten om het veiligheidsniveau van het ontwerp, te kunnen handhaven.

Stap 12: Prestatiebewaking

Het doel van deze stap is het vertrouwen behouden in de veiligheidsprestaties van het lightrailsysteem.

Tijdens exploitatie en onderhoud zorgen de infrabeheerder, vervoerder en verkeersleider, conform het EVP en de FRACAS-procedure, dat de juiste statistische gegevens over de bedrijfsprestaties en veiligheid op tijd beschikbaar zijn. Daardoor kan de toezichthouder de veilige werking van het systeem beoordelen en de



nodige maatregelen initiëren. De opdrachtgever is verantwoordelijk voor het behoud van het veiligheidsniveau, de toezichthouder als handhaver coördineert en initieert correctieve acties.

Resultaten:

- Prestatiebewakingsdocumentatie (veiligheid).
- Risicoanalyse.

Stap 13: Modificatie en aanvulling

Het doel van deze stap is systeemmodificaties en -aanvullingstaken beheren om veiligheidssysteemeisen te handhaven.

Iedere wijziging in infrastructuur, railvoertuigen of exploitatie kan de eerder behaalde veiligheid nadelig beïnvloeden. Daarom moeten de opdrachtgever, infrabeheerder, vervoerder en verkeersleider voor iedere modificatie en aanvulling de gerelateerde stappen van de levenscyclus opnieuw doorlopen en de safety case aanpassen. De toezichthouder ziet erop toe dat dit correct gebeurt. Als een ontwikkeling nodig is kunnen de ontwerper, bouwer en toetsers hiervoor worden ingeschakeld.

Resultaten:

- Modificatie- en aanvullingsdocumentatie. Soms betekent dit alleen het aanpassen van de safety case, soms zal een ontwikkeling nodig zijn.
- Verificatie-, validatie-, aanvaardingsrapporten.
- Aangepast Exploitatieveiligheidsplan, safety case, gevarenlogboek.
- Aangepaste veiligheidsdocumentatie.
- Proces voor systeemmodificaties en aanvullingen, in de context van veiligheid.

Stap 14: Buitengebruikstelling en verwijdering

Het doel van deze stap is de taken beheren voor de buitengebruikstelling en verwijdering van het lightrailstelsel.

Bij buitengebruikstelling komen soms speciale veiligheidsaspecten naar voren, zoals asbest. De infrabeheerder, vervoerder en verkeersleider zijn verantwoordelijk, indien nodig bijgestaan door opdrachtgever of ontwerper.

Resultaten:

- Buitengebruikstellings- en verwijderingsplan en -documentatie.
- Aangepast Exploitatieveiligheidsplan en safety case.



BIJLAGE A Het Integraal Veiligheidsplan

Het Integraal Veiligheidsplan (IVP) is een uiterst belangrijk document voor het verloop van het lightrailproject en de communicatie met de buitenwereld. Het gaat niet zozeer over de technische invulling van een lightrailproject, maar vooral over de vraag hoe met veiligheid wordt omgegaan. Belangrijk daarbij is dat beslissingen expliciet worden genomen en gedocumenteerd.

Het IVP is overkoepelend. Het beschrijft alles wat nodig is om veiligheid binnen het lightrailproject te realiseren en is daarmee een onvervreemdbare verantwoordelijkheid van de opdrachtgever. Voor delen van het lightrailsysteem kunnen aparte veiligheidsplannen worden gemaakt, bijvoorbeeld een Exploitatieveiligheidsplan (EVP) van een vervoerder. Deze deelplannen moeten binnen het kader van het IVP passen.

Veiligheid betekent veel interactie met verschillende partijen, zoals andere vervoerders, verkeersleiding en calamiteitenorganisaties. Alle verantwoordelijkheden en interacties moeten in het IVP worden opgenomen. Het IVP speelt ook een rol in het maken van afspraken met deze partijen en een zichtbare communicatie. De opdrachtgever beschrijft onder meer hoe hij de documenten van de verschillende partijen zal beoordelen en hoe hij met de resultaten van de beoordeling zal omgaan.

Het uitgangspunt van het IVP moet zijn dat elke partij [ND2] toepast voor zover het voor hem van toepassing is, zodat dubbel werk wordt voorkomen. De opdrachtgever stuurt hier de partijen op aan en stelt specifieke randvoorwaarden op, zoals een op iedere partij toegespitst risicobudget. Ook stelt de opdrachtgever in het IVP een plan op hoe hij de risicoanalyses en safety cases uit het projectconsortium zal samenvoegen en welke gegevens hij van iedere partij nodig zal hebben om daarmee de systeem-safety case tot een geheel te kunnen integreren.

Het IVP moet het volgende omvatten:

1. Het beleid en de strategie voor het bereiken van veiligheid.
2. Het toepassingsgebied van het plan.
3. Een beschrijving van het systeem.
4. Informatie over rollen, verantwoordelijkheden, bevoegdheden en relaties van instanties die taken uitvoeren binnen de levenscyclus.
5. Een beschrijving van de levenscyclus van het systeem en de veiligheidstaken die moeten worden uitgevoerd binnen de levenscyclus samen met eventuele bijkomstigheden.
6. De veiligheidsanalyse-, constructie- en beoordelingsprocessen die moeten worden toegepast tijdens de levenscyclus.
7. Gegevens van alle resultaten van de levenscyclus die samenhangen met veiligheid, zoals documentatie, apparatuur, programmatuur.
8. Een proces om safety cases van het systeem op te stellen.
9. Een proces voor de aanvaarding van de veiligheid van het systeem.
10. Een proces voor de aanvaarding van de veiligheid van systeemmodificaties.
11. Een proces voor het analyseren van bedrijfs- en onderhoudsprestaties om ervoor te zorgen dat de gerealiseerde veiligheid aan de eisen voldoet.
12. Een proces voor het bijhouden van veiligheidsdocumentatie, zoals een gevarenlogboek.
13. Raakvlakken met andere verwante programma's en plannen.
14. Beperkingen en aannames die in het plan zijn geformuleerd.
15. Management van onderaannemers.
16. Eisen voor periodieke veiligheidsaudits, veiligheidsanalyses en veiligheidsbeoordelingen gedurende de levenscyclus en geschikt voor het voor het veiligheidsbelang van het desbetreffende systeem, met inbegrip van eisen voor onafhankelijkheid van personeel.

Deze aspecten van het IVP worden hierna toegelicht.

1. Het beleid en de strategie voor het bereiken van veiligheid

Het beleid en de strategie voor het bereiken van veiligheid vormen het kader voor gemotiveerde beslissingen over veiligheid. Er geldt een integrale veiligheidsbenadering van het gehele vervoerssysteem.



De mate van onveiligheid heeft niet alleen betrekking op onderdelen, maar ook op de samenhang van de delen onderling tot het totaal van het vervoerssysteem. Bij de beoordeling is men in eerste instantie geïnteresseerd in de veiligheid van het totale vervoerssysteem.

De risicocriteria in het Normdocument worden vertaald in eisen aan het project. Per criterium wordt bepaald of het op het project van toepassing is. Ook worden de waarden die eventueel van toepassing zijn, bij de toezichthouder opgevraagd en wordt de interpretatie daarvan bepaald. Het kan zijn dat van andere partijen of het project zelf, nog andere veiligheidseisen komen; deze worden samengevoegd tot een pakket veiligheidseisen.

Het IVP dient de aanpak te beschrijven om de oorzaken en/of effecten van knelpunten zo te verminderen dat de veiligheidseisen worden gehaald. Voor zeer kritische punten kan het bijvoorbeeld nodig zijn om maandelijks de progressie na te gaan en vast te leggen. Het beleid zou bijvoorbeeld kunnen zijn om prioriteiten aan te geven betreffende:

1. Maatregelen in het ontwerp (bijvoorbeeld wegmarkering, zigzaghek, ingebouwde foutdetectie).
2. Het ontwikkelen van een nieuwe (veelbelovende) technologie.
3. Prestatie-/kwaliteitsbewaking of -verhoging met behulp van tests of inspecties.
4. Condiitiemonitoring in de exploitatiefase.

De opdrachtgever is verantwoordelijk om de inzet van personeel en middelen bij de verschillende partijen te optimaliseren. Hiertoe is een beleid nodig, bijvoorbeeld met betrekking tot:

1. Verdeling van taken en verantwoordelijkheden over de partijen.
2. Verdeling van analyses en overige te leveren documentatie tussen de opdrachtgever en toeleverende partijen.
3. Verdeling van te leveren producten. Soms kunnen hoge kosten bij een bepaalde partij ook op een andere manier worden opgelost.
4. Een optimale verdeling van investerings-, onderhouds- en exploitatiekosten.

Een systematische benadering volgens de veiligheidsketen is essentieel. Alle schakels van de veiligheidsketen dienen aan bod te komen:

1. Pro-actie: het wegnemen van structurele oorzaken van onveiligheid.
2. Preventie: de directe oorzaken van onveiligheid voorkomen en de gevolgen van inbreuken op veiligheid zoveel mogelijk beperken.
3. Preparatie: de voorbereiding op acties bij eventuele inbreuken op de veiligheid.
4. Repressie: de bestrijding van inbreuken op de veiligheid en hulpverlening in acute noodgevallen.
5. Nazorg: alles wat nodig is om zo snel mogelijk terug te keren naar de 'normale' verhoudingen.

Veiligheidsmaatregelen vooraan in de veiligheidsketen zijn in beginsel te verkiezen boven maatregelen later in de keten.

Het veiligheidsniveau dient aantoonbaar te zijn voor alle betrokkenen en belanghebbenden, bij voorkeur met objectieve, kwantitatieve, vooraf gedefinieerde methoden. Omdat het maatschappelijk oordeel mondig en krachtig is, zijn communicatie en openheid over veiligheid voorwaarden voor draagvlak. Daartoe moeten de risico's bekend zijn en worden uitgedrukt in een herkenbare, te toetsen maat. Ook moeten de maatregelen worden aangegeven om de risico's te reduceren. Omdat de berekening van risico's enigszins afhankelijk is van de gehanteerde berekeningsmethode maken de keuze en de beschrijving hiervan onderdeel uit van de communicatie.

Er dient te worden voldaan aan de vooraf gestelde veiligheidsnormen. Het vervoerssysteem is dermate nieuw en de vervoersprognoses zijn dermate onzeker dat de optredende risico's slechts binnen een ruime bandbreedte zijn te voorspellen. Om risicocriteria en veiligheidsnormen in de loop van het ontwerpproces ook daadwerkelijk sturend te kunnen laten zijn, zal een periodieke evaluatie nodig zijn van de haalbaarheid van deze normen tijdens het ontwerpproces.



De veiligheidsfilosofie en de uitgangspunten worden periodiek intern geëvalueerd: veiligheid en de beleving ervan hebben een in de tijd dynamisch karakter. Actuele gebeurtenissen, bijna of echte calamiteiten, kunnen leiden tot bijstelling van uitgangspunten, randvoorwaarden en risicocriteria.

2. Toepassingsgebied van het IVP

Het IVP omvat het gehele lightrailsysteem, inclusief zijn omgeving. Voor onderliggende veiligheidsplannen, zoals dat van de vervoerder, moeten het toepassingsgebied en de relatie met het IVP worden aangegeven.

3. Beschrijving van het systeem

De systeembeschrijving beschrijft de systeemkenmerken die relevant zijn om de risico's van ongewenste gebeurtenissen te kunnen inschatten. Als bepaalde gegevens (nog) niet bekend zijn, kan van werkhypothese worden uitgegaan. Deze dienen als zodanig expliciet te worden vermeld en zijn cruciaal voor de interpretatie van de uitkomsten van de risicoanalyses.

De systeembeschrijving richt zich dus op veiligheidsrelevante zaken. Figuur 6 geeft de elementen die hierbij aan de orde komen (de lijst is niet volledig).

Railinfrastructuur	Voertuigkarakteristieken	Tractie-energievoorziening
Haltes en stations Traject Overwegen Kunstwerken Opdeling van het tracé per basis-systeemconcept	Voertuigeigenschappen In- en uitstapkenmerken Deursluitingsmechanismen Brandveiligheid Noodrem Voertuigprestaties	Bovenleiding/derde rail/ anders Tractiespanning Afscherming Afstandssturing Overgangen tractie
Beveiligingsmiddelen	Exploitatie	Operationele voorschriften
Gevaarpuntbewaking Treindetectie Treinbesturing Treinbeïnvloeding Verkeersregelininstallaties Treinintegriteitsdetectie	Frequentie Opvolgtijden Halteringstijden Reizigersaantallen Voertuigkilometers Medegebruik Kruisend verkeer	Toelatingseisen Onderhoud Samengebruik Wegslepen Calamiteiten
Organisatie	Overige invloeden	
Verkeersleiding Communicatie Opleiding Calamiteitenorganisatie Procedures en regelgeving	Vandalisme Dieren op de baan Parallel verkeer Externe gevaren	

Figuur 6: Kenmerken van het lightrailsysteem

De systeembeschrijving geeft een overzicht van alle kenmerken die relevant zijn voor de afzonderlijke ongevalsscenario's. Elk ongevalsscenario verwijst naar de relevante delen van de systeembeschrijving. De scenario's worden eventueel verder aangevuld met aannames en inzichten die zinvol zijn voor het vervolg van de analyses.

De systeembeschrijving is mogelijk een apart document.

4. De rollen, verantwoordelijkheden, bevoegdheden en relaties van instanties die taken uitvoeren binnen de levenscyclus

De opdrachtgever dient in ieder geval de partijen te benoemen die een rol spelen binnen het lightrailproject, evenals hun verantwoordelijkheden, bevoegdheden en taken. Het is belangrijk hier mogelijke conflicten in kaart te brengen, zoals:

- Een partij is zowel verantwoordelijk voor de engineering van een systeemdeel als voor het leveren van een bewijs van veiligheid van dat deel.
- De opdrachtgever heeft belang bij het realiseren van een lightrailproject en kan de veiligheidsdoelstelling aan dat doel ondergeschikt maken.



- Het oplossen van een veiligheidsprobleem kan goedkoop zijn bij de ene partij en duur bij de andere. Het is belangrijk mechanismen te hebben waarbij dit kan worden geoptimaliseerd.
- Eventueel overlappende verantwoordelijkheden of lacunes.

5. Beschrijving van de levenscyclus van het systeem

De beschrijving van de levenscyclus dient aan te sluiten op de beschrijving in het Normdocument en deze Handreiking. De beschrijving van de stappen in de levenscyclus is gebaseerd op EN 50126, specifiek gemaakt voor veiligheid in lightrailprojecten in het algemeen. De opdrachtgever dient de stappen specifiek te maken voor het lightrailproject waar hij verantwoordelijk voor is.

6. De veiligheidsanalyse-, ontwerp- en beoordelingsprocessen in de levenscyclus

De veiligheidsanalyse-, ontwerp- en beoordelingsprocessen die worden toegepast in de levenscyclus, dienen minimaal processen te bevatten voor:

- Een voldoende mate van onafhankelijkheid van personeel bij taken, evenredig met het risico van het systeem. Bijvoorbeeld: bij veiligheidscritische programmatuur is het zinvol het testen door een ander dan de ontwerper te laten uitvoeren.
- Vaststelling en analyse van gevaren. Bijvoorbeeld: welke analysetechnieken worden bij voorkeur gebruikt ter inventarisatie: FMECA, foutenboomanalyse, HAZID of andere?
- Risicobeoordeling en continu risicobeheer.
- Criteria voor de aanvaardbaarheid van risico's.
- Het vaststellen en continu beoordelen van de haalbaarheid van veiligheidseisen.
- Het systeemontwerp.
- Verificatie en validatie.
- Een (interne) veiligheidsbeoordeling om overeenstemming te bereiken dat de geplande projectrealisering de veiligheidseisen mogelijk maakt.
- Een (interne) veiligheidsaudit om ervoor te zorgen dat het veiligheidsmanagementsysteem voldoet aan het IVP.
- Een (interne) veiligheidsbeoordeling om overeenstemming te bereiken tussen subsystemen en de veiligheidsanalyse van het systeem.

7. Gegevens van alle te leveren producten, zoals documentatie, apparatuur, programmatuur

Hoe de resultaten worden vastgelegd is vrij, maar er moet wel aan een aantal randvoorwaarden worden voldaan:

- Leveringen per levenscyclusstap (welke partij levert wat, wanneer, en hoe sluit dit op elkaar aan).
- Informatie dient toegankelijk te zijn (overzicht welke documenten, apparatuur, programmatuur beschikbaar is).
- De herkomst van informatie dient traceerbaar te zijn (waar bevindt het zich / is het verkrijgbaar).
- Er dient een sluitend systeem van versiebeheer te zijn (welke document- en programmatuurversie is op dit moment van kracht. Hoe wordt voorkomen dat oude versies intern en extern circuleren en worden gebruikt, bijvoorbeeld configuratie / documentatieboom via internet).

8. Proces om de safety case van het systeem op te stellen

Het risicomanagement van het lightrailproject omvat minimaal de volgende stappen:

- Stap 1: Systeembeschrijving
- Stap 2: Oorzakenanalyse en gevarenidentificatie
- Stap 3: Gevolg- en schadeanalyse en risicokwantificering
- Stap 4: Risicobeoordeling en risicobudgettering
- Stap 5: Maatregelengeneratie
- Stap 6: Effectanalyse en maatregelenprioritering
- Stap 7: Aantonen van geschiktheid en implementatie

Deze stappen dienen zowel op het niveau van het gehele als op dat van deelsystemen te worden doorlopen. Het doorlopen van de cyclus wordt vastgelegd in rapporten. Optredende incidenten, hernieuwd inzicht of nieuwe informatie kunnen leiden tot het gedeeltelijk of geheel opnieuw doorlopen van deze stappen en het heroverwegen van maatregelen of nemen van extra maatregelen.



9. Proces voor de aanvaarding van de systeemveiligheid

Zie voor inhoudelijke opmerkingen over dit onderwerp stap 9 (systeemvalidatie) en 10 (systeemaanvaarding) van de levenscyclus. Hier wordt onder meer beschreven welke partij in welke levenscyclus stap welke producten zal accepteren, evenals de voorwaarden voor acceptatie. Ook dienen hier eventuele te verwachten knelpunten voor vrijgave (zoals een veiligheidsattest) te worden genoemd, met een plan van aanpak.

10. Proces voor de veiligheidsgoedkeuring van systeemmodificaties

Zie voor inhoudelijke opmerkingen over dit onderwerp stap 13 (modificatie en aanvulling) van de levenscyclus. Het proces moet de veiligheidsgoedkeuring van systeemmodificaties faciliteren. Aan het begin van het project zal dit nog niet belangrijk zijn en zal een summier toelichting volstaan. Een latere nauwkeuriger uitwerking zal dan in de exploitatieplannen volgen.

11. Proces voor het analyseren van bedrijfs- en onderhoudsprestaties

Zie voor inhoudelijke opmerkingen over dit onderwerp stap 11 (exploitatie en onderhoud) en stap 12 (prestatiebewaking) van de levenscyclus. Ook hier geldt dat in eerste instantie een summier uitwerking volstaat, die in de Exploitatieveiligheidsplannen verder zal moeten worden uitgewerkt. Tijdens de exploitatiefase is het van belang om een eventueel verminderende veiligheid tijdig te kunnen onderkennen. Zo is het van belang om hiervoor:

- Kritische performance-indicatoren te bepalen. Voorbeelden zijn een toenemend frictieniveau of motorstroom die een toekomstig falen aankondigen.
- Optredende calamiteiten en incidenten vast te leggen (gevaarenlogboek), te onderzoeken en analyseren.
- Wijzigingen in de infrastructuur, de voertuigen, de vervoerexploitatie, het wegverkeer tijdig op te merken en te onderzoeken op hun effect op de veiligheid.
- De invloed van deze nieuwe informatie op de risicoanalyse en safety case te bepalen en zo nodig bepaalde levenscyclusstappen geheel of gedeeltelijk opnieuw uit te voeren

Het proces moet in ieder geval de te bewaken parameters definiëren, met de manier waarop en hoe vaak/wanneer deze worden geëvalueerd, alsmede de acties die op de resultaten van de evaluatie zullen worden genomen.

12. Proces voor het bijhouden van veiligheidsdocumentatie, zoals een gevaarenlogboek

Het doel van het gevaarenlogboek is controleren of het lightrailsysteem aan de eisen voldoet en blijft voldoen. Het biedt een raamwerk voor het melden van en omgaan met opgetreden gevaren. Het gevaarenlogboek bevat meldingen van gevaren en evaluaties van de meldingen. Iedereen is bevoegd gevaren te melden.

Een gevaar moet in het gevaarenlogboek worden opgenomen als:

1. De risicoanalyse over dat gevaar aannames doet die dienen voor het bepalen van het risico.
2. Het gevaar een risico van verwonden of doden van mensen behelst.
3. Het een reëel gevaar betreft dat niet is opgenomen in de risicoanalyse.

Op elke melding dient adequate actie te volgen:

1. Bepaal de mogelijke gevolgen van het gevaar.
2. Schat gemotiveerd de frequentie in van het gevaar.
3. Vergelijk de geschatte frequenties met de aannames in de risicoanalyse.
4. Beschrijf de maatregelen die al zijn genomen om het risico te voorkomen.
5. Bepaal of er additionele maatregelen nodig zijn om het gevaar te beheersen.
6. Motiveer de additionele maatregelen aan de hand van de risicoanalyse.

De vorm van de actie op het melden van een gevaar is vrij. Randvoorwaarden zijn:

1. De resultaten worden schriftelijk vastgelegd.
2. De opsteller motiveert de resultaten voldoende.
3. De opsteller beschrijft de methoden, gereedschappen en technieken die hij gebruikt.
4. De opsteller meldt eventuele aannames die hij maakt voor de analyses.



5. De resultaten maken deel uit van het gevarenlogboek.

De opdrachtgever van het lightrailsysteem beheert het gevarenlogboek. Hij is verantwoordelijk voor het nemen van adequate actie na het melden van een gevaar en neemt de resultaten van de actie op in het gevarenlogboek.

13. Raakvlakken met andere verwante programma's en plannen

Raakvlakken met andere programma's kunnen betreffen:

- Andere lightrailprojecten.
- Het landelijk overwegenbeleid.
- Regionale en landelijke bestemmings-, verkeers- en vervoerplannen.
- Overige gebruikers van het tracé.

14. Beperkingen en aannames in het IVP

Benoem de beperkingen en aannames in het IVP, zoals aannames over de aantallen reizigers en over technische aspecten, zoals beveiliging. Het concreet maken van deze aannames is verplicht als veranderingen daarin leiden tot wijzigingen in de risicoanalyses.

15. Management van onderaannemers

De verantwoordelijkheid van de opdrachtgever stopt niet als het werk aan onderaannemers is uitbesteed. Ook daarna blijft het Normdocument van toepassing. Dit betekent dat de opdrachtgever in de relatie met de onderaannemer moet vastleggen hoe de doelstellingen van het Normdocument worden gerealiseerd.

Aandachtspunten zijn:

- Welke eisen moeten aan iedere onderaannemer worden gesteld, welke kunnen worden weggelaten en welke waarde moeten ze hebben (zelfde of andere dan systeemniveau)?
- Hoe moeten de veiligheidseisen tussen de verschillende onderaannemers worden verdeeld?
- Hoe formuleert de opdrachtgever de eisen aan de onderaannemer dusdanig dat deze conform het Normdocument kan blijven werken?
- Hoe toont de onderaannemer aan dat de geleverde diensten/subsystemen aan de gestelde eisen voldoen?
- Is de onderaannemer voldoende competent voor de kritische veiligheidsfactoren en processen die hij moet managen?
- Hoe wordt gemonitord dat de kritische veiligheidsfactoren en processen in de hand blijven (voortgangsbesprekingen, inspecties op bepaalde kritische punten in het proces, reviews ter vrijgave van ontwerp of productie, audits etc.)?

16. Eisen voor veiligheidsaudits, veiligheidsanalyses en veiligheidsbeoordelingen

De noodzaak voor analyses, audits en beoordelingen wordt bepaald aan de hand van het hiermee verbonden veiligheidsrisico: hoe hoger het risico, hoe diepgaander en/of vaker de maatregelen nodig en op elkaar afgestemd zullen moeten zijn. Het IVP zal dit dan ook moeten reflecteren en de planning voor deze activiteiten per levenscyclusstap moeten geven.

Audits kunnen hun waarde hebben bij bijvoorbeeld:

- Een nieuw in te voeren proces (audit vóór de activiteit begint).
- Bij geconstateerde problemen.

Audits zijn altijd op basis van de gestelde eisen en kunnen intern zijn.



BIJLAGE B Kenmerken per ongevalstype

Deze paragraaf bevat leidraden voor specifieke onderdelen van de kwantitatieve risicoanalyse, gebaseerd op ongevalstypen.

Botsen

In het railverkeerssysteem wordt onderscheid gemaakt tussen botsen en aanrijden. Botsen wil zeggen een ongewenst contact tussen twee of meer railvoertuigen. Van aanrijding is sprake als een railvoertuig tegen een ander object, een auto, een persoon of vee aan rijdt. Het botsrisico tussen railvoertuigen onderling kan door drie typen botsingen worden veroorzaakt: frontaal, flank en achterop. Voor elk type botsing is een andere analyse nodig.

Ongebruikelijke bediening van de infrastructuur (zoals enkelspoordienst, links rijden, keren etc.) kan tot verhoogd risico leiden, zodat dit specifieke aandacht behoeft in de analyse.

De ervaring leert dat bij de analyse van het botsrisico van lightrail sterk wordt geleund op statistieken van het conventionele heavyrailverkeer. Deze worden dan als generieke data in het model gebruikt. De statistieken zijn echter niet onverkort van toepassing op het lightrailproject, omdat lightrail sterk afwijkt van heavyrail. Het kan zeer waardevol zijn om andere statistieken te gebruiken (buitenland, NL-tramervaring, NL-metro), maar ook dan moet worden aangegeven in hoeverre de informatie compatibel is.

De volgende systeemkenmerken zijn relevant voor het risico van botsingen waarbij lightrailvoertuigen betrokken zijn:

- De massa, snelheid en remvertraging van de beschouwde voertuigen.
- Kenmerken van het beveiligingssysteem (seinstelsel, ATB, treindetectie).
- Kenmerken van de infrastructuur als wissels, doorschietlengte en flankdekking.
- Kenmerken van het materieel als baksterkte, kreukelzone, geometrie.
- Kenmerken van het exploitatiemodel als trein- en passagiersaantallen, kruisend verkeer.

Ongeval op overwegen

Oorzaken van ongevallen op overwegen zijn onder meer (slechte) zichtbaarheid, bewust negeren van de geactiveerde overweg, technische storing van de overweg en het op de overweg tot stilstand komen van het wegvoertuig.

Invoering van lightrail leidt meestal tot frequentieverhoging van de dienstregeling. Samen met de vaak geringere botssterkte dan van heavyrail, verhoogt dit in belangrijke mate het risico van overwegen. Hoewel een kortere remweg dan die van heavyrail helpt, zullen aanvullende maatregelen nodig zijn om aan de standstill-eis en het persoonlijk risico van de reiziger te kunnen voldoen.

De volgende kenmerken van het systeem zijn relevant voor het risico van aanrijdingen op overwegen waarbij lightrailvoertuigen betrokken zijn:

- Kenmerken van de overweg: type, ligging t.o.v. stations/haltes, soort verkeer, intensiteit wegverkeer en treinverkeer, ongevalsverleden (totaal en dodelijk).
- Kenmerken van de omgeving van de overweg (zowel huidig als toekomstig).
- Voertuigsnelheid en -remvertraging.
- Analyse van de mogelijke risico's per specifieke overweg.

Ongeval met reizigers op station of halte

Bij ongevallen met reizigers op een station of halte, vallen jaarlijks relatief veel gewonden. Een te grote in- en uitstapafstand of hoogteverschil tussen railvoertuig en perron is vaak de oorzaak van struikelen. Dit gebeurt bijvoorbeeld als bij hoge- en lagevloerperrons, gecombineerd met hoge- en lagevloervoertuigen, niet correct wordt gehalteerd, of bij samengebruik met heavyrail van verschillende bakbreedten. Dit falen moet worden beschouwd in combinatie met het vertrekproces en de rol van het personeel bij het in- en uitstappen.



De volgende kenmerken van het systeem zijn relevant voor het risico van in- of uitstappen waarbij lightrailvoertuigen betrokken zijn:

- Kenmerken voertuig m.b.t. deurafmetingen en deurmechanisme van lightrailvoertuigen.
- Kenmerken van de perrons: ruimte, dimensionering, ligging en type, toegang, informatievoorziening.
- Kenmerken van het vervoersproces: vertrekprocedure, eenmansbediening, communicatie.

Ontsporen

Ontsporingen worden vooral veroorzaakt door niet goed functionerende wissels. Andere oorzaken zijn wielbreuk, een te hoge rijsnelheid, een eerder ongeval, een obstakel of onderhoudstekort. Lightrail heeft door een mogelijk lagere asdruk dan heavymaterieel, de geometrie van de wielen e.d. een grotere kans op ontsporing ten gevolge van een aanrijding. Na een ontsporing moet worden voorkomen dat het materieel kantelt, in het nevenspoor raakt en verwijderd raakt van het spoor.

De ervaring leert dat voor de analyse van het lightrail-ontsporingrisico, sterk wordt geleund op statistieken van het conventionele heavyrailverkeer en analyses voor de HSL-Zuid. Deze worden dan als generieke data in het model gebruikt. Ze zijn echter niet onverkort van toepassing op het lightrailproject, omdat relevante kenmerken van het lightrailsysteem sterk afwijken van die van het heavyrail- en hogesnelheidssysteem.

De volgende kenmerken van het systeem zijn relevant voor het risico van ontsporingen waarbij lightrailvoertuigen betrokken zijn:

- Het wiel-railcontact van lightrailvoertuigen.
- De massa, snelheid en remvertraging van de beschouwde voertuigen.
- Kenmerken van het beveiligingssysteem: seinstelsel, ATB, treindetectie.
- Kenmerken van de infrastructuur als wissels, bruggen, viaducten, ontsporinggeleiding en overwegen.
- Kenmerken van de toegankelijkheid van de infrastructuur (objecten op de baan).
- Kenmerken van het materieel als baksterkte, baanschuiver, wielgeometrie.
- Kenmerken van het exploitatiemodel als trein- en passagiersaantallen.
- Kenmerken van de voertuigbediening.

Ongeval met wegverkeer (inclusief straatspoor)

Voor ongevallen met wegverkeer op wegkruisingen en in straatspoor moet de straatinrichting op de aanwezigheid van lightrail zijn ingericht. Voorbeelden zijn koppeling van een Verkeers Regel Installatie (VRI) en voetgangerslichten (bij voorkeur met akoestisch alarm) en aandacht voor plaatsen waar het lightrailvoertuig van baan verandert.

Specifieke aandacht dient uit te gaan naar de overgang van het ene basis-systeemconcept naar het andere. Met name moet worden voorkomen dat, na het verlaten van een volledig beveiligd traject, de bestuurder onder bestuurdersverantwoording rijdt, maar zich hier niet van bewust is.

In een aantal situaties kunnen overig verkeer en lightrail elkaar kruisen, bijvoorbeeld:

- Het lightrailvoertuig rijdt als tram op straat (straatspoor).
- Bij (voetgangers) oversteekplaatsen.
- Op een wegkruising, al dan niet beveiligd met een Verkeers Regel Installatie (VRI).

Bij haltes en reizigersoverpaden moet rekening worden gehouden met grote aantallen in- en uitstappende mensen, gehaaste mensen die de tram proberen te halen en mensen die een rijbaan van het overige verkeer op worden geduwd.

De volgende kenmerken van het systeem zijn relevant voor het risico van een ongeval met wegverkeer waarbij lightrailvoertuigen betrokken zijn:

- Kenmerken van de baan en de omgeving, zoals afscheiding van de spoorbaan en verkeersregeling.
- Kenmerken van de voertuigen als zichtbaarheid, ontsporinggevoeligheid en botsveiligheid.

Aanrijding met mens, dier, voorwerp; suicide



Van aanrijding is sprake als een railvoertuig tegen een ander object, een auto, een persoon of vee aan rijdt; dit kan tevens tot een ontsporing leiden. Vanwege de elektrische aandrijving kan lightrail minder goed hoorbaar zijn dan ander wegverkeer.

Ongeval in tunnel

Brand in afgesloten ruimten vormt het grootste gevaar voor de aanwezige mensen. Dit komt primair door de vrijkomende rookgassen, die de zuurstof verdringen. Ook de warmteontwikkeling is een probleem.

De volgende kenmerken van het systeem zijn relevant voor het risico van ongevallen in tunnels waarbij lightrailvoertuigen betrokken zijn:

- Kenmerken van de baan en de omgeving, zoals vluchtroutes en toegankelijkheid voor hulpverlenende instanties.
- Kenmerken van het materieel, als brandveiligheid.

Aanrijding met personeel

Bij werkzaamheden aan de baan vallen ieder jaar nog veel gewonden, zodat dit aspect specifieke aandacht behoeft.

De volgende kenmerken van het systeem zijn relevant voor het risico van aanrijdingen van personeel waarbij lightrailvoertuigen betrokken zijn:

- Kenmerken van de betreffende baanvakken (ligging, bijzondere locaties en gevarenpunten).
- Kenmerken van de werkplekbeveiliging.

Overige aspecten

1. Menselijke fouten: het gedrag van mensen is een belangrijke oorzaak van onveiligheid in railverkeerssystemen. Op alle plaatsen waar mensen handelingen verrichten, al is het maar het oversteken van de trambaan, moet worden onderzocht welke handelingen er mogelijk zijn, welke fouten kunnen worden gemaakt en hoe het ontwerp en de procedures hierop kunnen worden afgestemd. Bij dit onderzoek zal ook suïcidaal gedrag aan de orde komen.
2. Bij botsingen, ontsporingen en aanrijdingen heeft de bestuurder vanwege de lagere botssterkte een groter risico op letsel of overlijden.
3. Verkeersleiding: is deze gecombineerd met heavyrail, zijn er meerdere aparte verkeersleidingen, of is er geen verkeersleiding?
4. Overige spoorgevaren, zoals:
 1. Elektrocutie, bijvoorbeeld met een derde rail.
 2. Brand in materieel en de infrastructuur.
 3. Vallen in de lightrailvoertuigen. Gezien het feit dat de remvertraging van lightrailvoertuigen groot kan zijn en reizigers in veel gevallen staan, is het gevaar van vallen relatief groot.
 4. Vallen uit de lightrailvoertuigen.



BIJLAGE C Maatregelen per ongevalstype

De veiligheidsmaatregelen voor lightrail liggen, op een aantal omgevingsrandvoorwaarden na, niet van tevoren vast. Met de risicoanalyse wordt bepaald welke combinatie van maatregelen voldoende en noodzakelijk zijn om aan de risicocriteria te voldoen. Dit betekent bijvoorbeeld dat de maximumsnelheid waarmee een wegkruising mag worden gepasseerd, wordt afgeleid van het berekende risico: hoe overzichtelijker en veiliger een wegkruising is, des te hoger de passeersnelheid kan zijn.

Botsen

Mogelijke maatregelen tegen botsen zijn:

1. Dienstregeling: vermijden wegkruisingen, scheiding materieel.
2. Verkeersregeling.
3. Flankdekking.
4. ATB.
5. Veiligheidskopje.

Om onderlinge botsingen van railvoertuigen te voorkomen wordt de railinfrastructuur verdeeld in blokken. Een trein wordt pas tot een blok toegelaten als er zich geen andere trein in bevindt. Treinverkeer dat het spoor in het blok kruist of er gedeeltelijk mee samenloopt is uitgesloten, de veilige berijdbaarheid van het spoor is gewaarborgd, de wissels liggen in de juiste stand en beweegbare bruggen zijn gesloten. Deze werkwijze is al heel lang in gebruik en wordt op alle spoorlijnen met openbaar-reizigersvervoer toegepast. Met seinen wordt de machinisten duidelijk gemaakt dat ze toestemming hebben om een blok te berijden.

Machinisten hebben echter de mogelijkheid om per abuis zonder toestemming een blok binnen te rijden, zodat een kans ontstaat op botsingen met andere treinen. Het landelijke spoorwegnet heeft daarom een systeem van Automatische Treinbeïnvloeding (ATB). Dit voorkomt dat treinen zonder toestemming een stoptonend sein voorbij kunnen rijden. De doelstelling was dat op alle bestaande spoorwegen met reizigersvervoer, vanaf 1-1-2000 bij alle treinen de ATB-installatie in werking zou moeten zijn. Dit doel is al bijna gehaald voor lijnen waar sneller dan 100 km/h wordt gereden.

Ook lightrailvoertuigen op heavyrail zullen een werkende ATB-installatie moeten hebben. Echter, als ze alleen op een klein gedeelte samenrijden met heavyrailvoertuigen, kunnen in plaats van ATB-inbouw in alle lichte voertuigen, andere maatregelen worden overwogen. Ten eerste kunnen waar mogelijk de verkeersstromen worden gescheiden door het lightrailverkeer af te wikkelen over 'eigen' sporen. Ten tweede is flankdekking mogelijk op de samenkomst van sporen, zodat bij het rijden door een rood sein, het punt van samenkomst niet kan worden bereikt.

Een punt van aandacht is dat het oude ATB-systeem niet onder alle omstandigheden kan voorkomen dat treinen een stoptonend sein passeren. Er blijft altijd een kans bestaan op botsingen. Bij toepassing van het nieuwe ATB-systeem (ATB-NG) is deze kans zeer sterk verkleind.

Bij heavyrail is detectie van het materieel cruciaal voor het functioneren van de beveiliging. Hetzelfde geldt voor metrosystemen, al is de detectie daar volgens een ander principe ontworpen. Ook tramsystemen hebben vaak detectie, maar dit speelt meestal niet zo'n centrale rol in de beveiliging als bij heavyrail.

Door deze verschillen in detectiesystemen ontstaan problemen bij samengebruik van infrastructuur. Daarom moeten detectievoorzieningen worden getroffen voor metro- en tramachtige voertuigen. Voorbeelden zijn assentellers, bakensystemen of toonfrequente / prikspanningsspoorstromlopen.

Ongeval op overwegen

Mogelijke maatregelen voor overwegen zijn het opheffen van bestaande overwegen, het niet bouwen van nieuwe overwegen (landelijk beleid) en het treffen van veiligheidsmaatregelen zoals het vervangen van overwegen door ongelijkvloerse kruisingen en het plaatsen van additionele overwegbomen.

Voor de activering van overwegen moet lightrail voldoende betrouwbaar worden gedetecteerd.



De genoemde maatregelen kunnen het aantal botsingen laten verminderen. Een gevolg van het gebruik van lightrailvoertuigen is dat de gevolgen van een botsing tussen dit materieel en wegverkeer (vooral als een zwaar wegvoertuig bij de botsing betrokken is) voor de reizigers in de trein ernstiger kunnen zijn dan bij gebruik van heavyrailvoertuigen.

Dit risico kan op twee manieren worden gecompenseerd:

1. De trein rijdt met een lagere snelheid over de overweg en het remsysteem van het railvoertuig wordt uitgelegd voor een met behulp van risicoanalyse te bepalen noodremvertraging.
2. De sterkte van de constructie, de mogelijkheid om botsenergie in de bakconstructie op te nemen en de massa van het voertuig zijn in het ontwerp identiek aan die van heavyrailvoertuigen. De gevolgen van een botsing van heavyrail- of lightrailvoertuigen zullen dan ongeveer dezelfde zijn.

Voor de lichtere types lightrailvoertuigen kan een 'baanschuiver' vereist zijn, om de kans op een ontsporing na een aanrijding op een overweg te verlagen. Nieuwe lightrailvoertuigen zullen zeker zo'n voorziening moeten hebben, omdat de asdruk van het voorste wielstel in dezelfde orde van grootte ligt als van de meest ontsporing gevoelige heavyrailvoertuigen.

De inrichting van een overweg (waarbij Andreaskruisen verplicht zijn) valt onder verantwoordelijkheid van de minister. De inrichting van straatspoor en wegkruisingen (niet zijnde een overweg) valt onder de verantwoordelijkheid van de wegbeheerder.

Bij reizigersoverpaden kan aan de volgende maatregelen worden gedacht:

1. Alle voertuigen, zowel lightrail als heavyrail, dienen op de betreffende halte te stoppen.
2. Het persoonlijk risico voor de reizigers dient aan de norm te voldoen. Daarbij worden de reizigers die op dit reizigersoverpad oversteken, onder de risicodrager 'reiziger' gebracht.
3. Voor alle railvoertuigen wordt (door middel van een automatisch beveiligingssysteem) op een geschikte afstand voor de halte een lage snelheid afgedwongen.
4. Het reizigersoverpad mag niet de functie van inter-wijkverbinding hebben.
5. Het reizigersoverpad dient ten minste uitgevoerd te zijn:
 - a) als een AOB (Automatische Overweg Beveiliging),
 - b) waarbij de overwegboom het overpad geheel afsluit,
 - c) hekwerk onder de overwegboom is aangebracht,
 - d) het Profiel van Vrije Ruimte (PVR) met een kruis is gemarkeerd,
 - e) een voor diegenen die tussen de bomen opgesloten raken als zodanig herkenbare veilige opstelgelegenheid van ten minste 1 m² is aangebracht,
 - f) alle sluiproutes worden voorkomen door adequaat hekwerk en overige noodzakelijke lokale maatregelen.

Ongeval met reizigers op station of halte

Het ongevalsrisico bij het in- en uitstappen en het vertrek is relatief hoog. Lightrailvoertuigen kunnen zo worden ontworpen dat de aansluiting tussen de vloer en het perron optimaal is. Dit kan worden bereikt door een vloerhoogte op perronniveau te kiezen en de eventuele spleet tussen de rijtuigvloer en het perron te overbruggen met een klaptrede.

Als de trein behalve de machinist/bestuurder geen ander personeel aan boord heeft, zal een vertrekprocedure moeten worden gebruikt die toch voldoende veilig is. Ten minste het oude risiconiveau moet worden bereikt. De bedrijfsvoorschriften van de vervoerder en het programma van eisen voor het materieel moeten worden getoetst op dit aspect. Inklemb beveiliging, spiegels en camerasystemen kunnen een belangrijke rol spelen. Naast de instapspleet dienen de deuren een veilig sluitmechanisme te hebben. Ook beveiliging tegen het weggrijden met een tussen de deur geklemd lichaamsdeel kan het risico verlagen.

Er kunnen problemen ontstaan als verschillende materieelsoorten langs hetzelfde perron moeten stoppen (door verschil in de vloerhoogte en de breedte van het materieel). Het functioneel programma van eisen voor de infrastructuur en het materieel moet worden getoetst op deze risico's.



Reizigers lopen ook risico's bij het gaan naar en verlaten van de halte. Aandachtspunten voor veiligheid zijn:

1. Als een halteplaats vlak bij een overweg wordt gesitueerd, zal de overweg langer gesloten blijven voor het wegverkeer. De kans neemt dan toe dat reizigers de beveiliging negeren. Om dit risico te verminderen moet de snelheid van het railverkeer ter plaatse worden beperkt tot bijvoorbeeld 40 km/h. Voor lightrail is dit in het algemeen eenvoudig te realiseren, omdat de hoeveelheid logistiek verkeer klein is.
2. Halteplaatsen moeten zo worden gesitueerd en afgeschermd dat in- en uitstappers en wachtende reizigers niet met wegverkeer in aanraking kunnen komen.
3. Oversteekplaatsen van en naar de halte moeten zoveel mogelijk worden vermeden; als dat niet mogelijk is, wordt beveiliging van de oversteekmogelijkheid met verkeerslichten aanbevolen.

Ontsporen

Materieel en infrastructuur zijn op elkaar afgestemd. Bijvoorbeeld: wissels van heavyrail zijn anders ontworpen dan die voor metro; voor trams zien ze er weer anders uit. Dit heeft te maken met toegestane snelheden, boogstralen, de mogelijkheid om in de ruimte boven de spoorstaven te bouwen (denk aan strikregels), wiel diameter, flensgrootte etc. Daarom is het rijden met materieel op infrastructuur waar het niet voor is ontworpen, soms problematisch. Het heeft gevolgen voor het rijgedrag en ontsporen kan het gevolg zijn. Het materieel en de infrastructuur zullen moeten worden getoetst op dit aspect.

Fysieke maatregelen zijn ontwerp-ingrepen in infrastructuur en voertuigen, zoals het vergroten van de boogstraal, of het aanbrengen van ontsporingseleiding. Maatregelen op het procedurele vlak zijn onder meer snelheidsbeperking en afspraken over het onderhoud van de infrastructuur, de voertuigen en personeel. Een grotere remvertraging (lightrailvoertuig) kan, vanwege de verminderde aanrijd- en botsingskansen, leiden tot risicoreductie.

Ongeval met wegverkeer (inclusief straatspoor)

De belangrijkste maatregel om het aantal ongevallen met wegverkeer te verminderen is het verlagen van de maximumsnelheid. Daarnaast moet het wegverkeer zoveel mogelijk gescheiden zijn van het lightrailverkeer.

Als een basis-systeemconcept overgaat van 'volledig beveiligd' naar 'bestuurderverantwoordelijkheid', moet de kans minimaal zijn dat de bestuurder deze overgang ongemerkt passeert. Daarom zijn voldoende training nodig, evenals procedures, zorgvuldige selectie van het overgangspunt en eventueel ook maatregelen aan de baan of het voertuig.

Aanrijding met mens, dier, voorwerp; suicide

Om aanrijdingen te voorkomen kan een scala aan maatregelen getroffen worden. Enerzijds zijn dat fysieke maatregelen zoals het plaatsen van hekken om de baan af te schermen, geen overwegen enzovoorts. Lightrail heeft vaak een kortere remweg dan heavyrail, wat ook bijdraagt aan de risicoreductie. Anderzijds zijn er procedurele maatregelen mogelijk zoals een gereduceerde passeersnelheid langs perrons.

Om de gevolgen van botsingen en aanrijdingen voor reizigers te beperken kunnen maatregelen nodig zijn voor de sterkte van de voertuigen.

Bij een aanrijding op overwegen met het wegverkeer en de daarop volgende mogelijke ontsporing, komen naast de risicodragers 'overweggebruiker', ook de veiligheid van de risicodragers 'reizigers' en 'treinpersoneel' onder druk te staan. Dit komt door de lagere baksterkte en de grotere ontsporingsevoeligheid van de lightrailvoertuigen. Er is daarom aandacht nodig voor passeersnelheden op overwegen van trein en wegverkeer en de inrichting van de overwegen.

Aanrijdingen met objecten in de infrastructuur of vee zullen voor lightrailvoertuigen eerder ontsporingen opleveren. Al dan niet aanbrengen van baanschuivers zal ook hier een item kunnen worden. Risicodragers zijn 'reizigers' en 'treinpersoneel'.

Ongeval in tunnel

Maatregelen om brand te voorkomen verdienen de voorkeur, zoals brandvrije materialen en de afwezigheid van ontstekingsbronnen. Bij brand zijn er vele maatregelen nodig om de gevolgen te beperken. Daarbij valt te denken aan blusinstallaties (sprinkler), vluchtroutes, alarmmelders en maatregelen zodat de brand zich



pas na langere tijd kan verplaatsen vanuit de ruimte waar de brand is ontstaan. Procedurele maatregelen zijn ook nodig, zoals instructies aan het personeel hoe te handelen bij calamiteiten.

Verder moeten hulpverleners de plaats van de brand snel kunnen bereiken en moeten ze eventuele slachtoffers gemakkelijk kunnen afvoeren.

Aanrijding met personeel

Oplossingen liggen in bijvoorbeeld snelheidsverlaging, het verkorten van de remweg, aanbrengen van werkplekbeveiliging, veiligheidsprocedures en instructie/training. Het ongevalstype 'aanrijding met personeel' verschilt voor baanwerkers aan afgesloten infrastructuur, nauwelijks van alleen heavyrail. Verschillen zijn dat lightrail beter kan remmen en dat voor infrastructuur met lightrail minder onderhoud nodig is. Voor straatspoor is de interactie met het wegverkeer een punt van zorg.

Overige aspecten

Bij het ontwerp van rytuigen moet rekening worden gehouden met de veiligheid van reizigers bij bijna-bots-situaties (vallen bij zwaar remmen). Rytuigdeuren moeten bestand zijn tegen de luchtdrukeffecten als railvoertuigen met maximale snelheid passeren op het nevenspoor in tegengestelde richting. Bij een derde rail moeten de perronhoogte en plaatsing de kans op een elektrocutie minimaliseren.

In alle gevallen is de bereikbaarheid voor hulpverleners een belangrijke voorwaarde. Zij moeten de situatie kennen die ze aantreffen. Daarom moeten goede informatievoorziening en regelmatige oefeningen deel uitmaken van te treffen maatregelen. Noodscenario's en oefeningen van ongevalssituaties helpen om het aantal slachtoffers te beperken bij een ongeval. Een calamiteitenplan kan essentieel zijn.

Ook een verkeerslichtenbeïnvloedingssysteem is een mogelijke maatregel. Dit systeem verleent in een verkeersregelinstallatie prioriteit aan openbaar vervoer en kan een optie zijn bij een lightrailsysteem zonder samenloop met heavyrail (te denken valt aan VECOM/VETAG). Een verkeerslichtenbeïnvloedingssysteem kan - als de veiligheidseisen worden gehaald - ook voor andere functies worden gebruikt waarbij communicatie tussen voertuig en wal noodzakelijk is, onder andere voor aansturing van infrastructuur zoals overwegen.

Bij alle vormen van samenloop kan een situatie ontstaan waarbij de verkeersleiding voor het lightrailsysteem een andere is dan die van heavyrail. Er schijnen zelfs ideeën te leven om vanuit het lightrailvoertuig de besturing van infra-elementen te organiseren.

Tot slot is de juiste opleiding van het personeel belangrijk, niet alleen in de scholingsfase, maar ook in de uitoefening van de functie (nascholing).



BIJLAGE D Oorzakenboom ongevalstypen

Deze oorzaken bevat ter oriëntatie de ongevalstypen en een niet-limitatieve lijst van mogelijke oorzaken en specifieke kenmerken van lightrail die dat risico beïnvloeden.

Nr.	Ongevalstype	Mogelijke oorzaak	Specifieke kenmerken van lightrail
1.	Botsen	Botsing als gevolg van ontsporing (zie 4.)	
		Autorisatie ten onrechte gegeven	Verkeersleiding is mogelijk verdeeld over verschillende partijen
		Beveiliging in de infrastructuur faalt	Detectie van lightrailvoertuigen is vaak problematisch De beveiliging bij lightrail kan een automatische remingreep omvatten
		Beveiliging in het railvoertuig faalt	Voor lightrail bestaan andere beveiligings-systemen dan voor heavyrail, zoals verkeersregelininstallaties Lightrailvoertuigen kunnen vaak snel remmen Bestuurders van lightrailvoertuigen zijn gewend op zicht te rijden
		Geen flankbeveiliging	
		Bestuurder rijdt door stoptonend sein	Lightrailvoertuig bevat mogelijk geen ATB
		Wissel staat in verkeerde stand	Wissels worden bij straatspoor vaak door de lightrailvoertuigen bestuurd
2.	Ongeval op overwegen	Bestuurder rijdt door stoptonend sein	De beveiliging bij lightrail kan een automatische remingreep omvatten
		Autorisatie ten onrechte gegeven	Verkeersleiding is mogelijk verdeeld over verschillende partijen
		Beveiliging in de infrastructuur faalt	Voertuigdetectie van lightrailvoertuigen is vaak problematisch
		Beveiliging in het railvoertuig faalt	Lightrailvoertuigen kunnen vaak snel remmen Bestuurder van lightrailvoertuigen is gewend op zicht te rijden
		Wissel staat in verkeerde stand	Wissels worden bij straatspoor vaak door de lightrailvoertuigen bestuurd
		Verkeerd handelen weggebruiker	Lightrail maakt vaak weinig lawaai Bij straatspoor is een grote verscheidenheid aan verkeerssituaties mogelijk
3.	Ongeval met reizigers op station of halte	Reiziger begeeft zich op de baan	Er is mogelijk weinig hoogteverschil tussen het perron en de baan
		Reiziger valt/struikelt	De instaphoogte en de spleet kunnen groot zijn
		Reiziger komt te dicht bij rijdende trein	
		Deur van railvoertuig opent of sluit op het verkeerde moment	Lightrailvoertuigen zijn meestal voorzien van inklemdetectie Camerasystemen voor observatie van het instap-proces met beeldschermen in de cabine of op het perron
4.	Ontsporen	Ontsporing als gevolg van botsing (zie 1.)	
		Gebreken van de infrastructuur	
		Gebreken van het railvoertuig	Kleine wieldiameter en flenzen van lightrailvoertuigen kunnen tot geleidings-problemen leiden op wissels



Nr.	Ongevalstype	Mogelijke oorzaak	Specifieke kenmerken van lightrail
		Railvoertuig heeft te hoge snelheid	Lightrailvoertuigen zijn mogelijk niet voorzien van ATB
		Verkeerd handelen van verkeersleiding	Verkeersleiding is mogelijk verdeeld over verschillende partijen
		Verkeerd handelen van bestuurder	Gedrag en opleiding van bestuurder verschilt van die van voor heavyrail
5.	Ongeval met wegverkeer (straatspoor)	Ongeval als gevolg van ontsporing van lightrailvoertuig (zie 4.)	
		Wissel in verkeerde stand	Bij straaftspoor worden wissels vaak aangestuurd door de lightrailvoertuigen
		Ongeval bij wegkruising	Bij straaftspoor zijn er specifieke vormen van beveiliging, bijvoorbeeld verkeersregelininstallaties
		Ongeval op openbare weg	De baan in straaftspoor is eenvoudig bereikbaar
6.	Aanrijding met mens, dier, voorwerp; suïcide	Objecten liggen op het spoor	
		Vandalisme	De baan in straaftspoor is eenvoudig bereikbaar
		Suïcide	Idem
		Mensen, dieren begeven zich op de baan	Idem In veel gevallen is het zich op de baan begeven normaal, en is dit toegestaan gedrag
7.	Ongeval in tunnel	Botsing met ander railvoertuig (zie 1.)	
		Aanrijding (zie 6.)	
		Aanrijding met personeel (zie 8.)	
		Overstroming	
		Brand/explosie in railvoertuig	
		Verstikking door ontsnappend gas uit lading of uit omgeving	
8.	Aanrijding met personeel	Personeel bevindt zich ten onrechte op spoorbaan	Lightrailvoertuigen maken vaak weinig lawaai
		Aanrijding met weggebruiker	Bij straaftspoor is er naast interactie met lightrailvoertuigen ook sprake van andere weggebruikers
		Railvoertuig komt in werkzone	Railvoertuig mogelijk niet voorzien van ATB
9.	Overige aspecten	Elektrocutie	Derde rail
		Brand	
		Vallen	Lightrailvoertuigen kunnen vaak snel remmen, en in vergelijking met heavyrail staan relatief veel reizigers
		Explosie	
		Uit rijdend railvoertuig vallen	

Algemene kenmerken van lightrail:

1. De botsveiligheid van lightrailvoertuigen is meestal lager dan van heavyrailvoertuigen.
2. Voor lichte typen materieel is een baanschuiver vereist om de kans op een ontsporing na een aanrijding te verlagen.



BIJLAGE E Veldgegevens

a. Veldgegevens exploitatie NS

Railned Spoorwegveiligheid Kentallen NS					1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
16-jul-01	Gemiddeld per jaar																							
Getallen x miljoen (tenzij vermeld)	20 jaar	15-jaar	10-jaar	5 jaar																				
	81-00	86-00	91-00	96-00																				
Reizigerskilometers x miljard	11,9	12,9	14,4	14,2	9,177	9,255	8,886	8,79	9,007	8,919	9,396	9,664	10,235	11,06	15,195	14,98	14,788	14,439	13,499	13,695	13,875	14,107	14,33	14,76
Aantal reizen	261,5	280,5	304,9	289,8	205	208	200	203	206	210	222	230	240	256	330	333	320	312	305	275	284	289	296	305
Reizigerstreinkilometers	108,8	111,6	114,8	121,2	98,4	100,3	99,5	101,5	100,9	102	104,2	106,1	106,7	107,4	107,8	108,6	111,2	109,4	105,5	119,1	119,6	121,6	122,5	123,0
Rijtuigkilometers					377	383	384	382	381	383	395	407	434	462	499	528	534							
Goederentreinkilometers	8,5	8,2	8,1	8,2	10,4	9,8	9,2	9,1	8,9	8,5	8,2	8,3	8,3	8,4	8,2	8,4	7,6	7,7	7,8	7,9	8,1	8,2	8,3	8,4
Wagenkilometers					243	217	206	201	207	193	187	189	185	177	186	178	167							
Treinkilometers totaal	117,2	119,8	122,9	129,3	108,8	110,1	108,7	110,6	109,8	110,5	112,4	114,4	115,0	115,8	116,0	117,0	118,8	117,1	113,3	127,0	127,7	129,8	130,8	131,4
Machinisten	3708	3723	3715	3700	3867	3825	3574	3415	3627	3864	3853	3712	3627	3642	3696	3818	3736	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700
Conducteurs	2668	2823	2949	2840	2230	2153	2179	2201	2255	2359	3398	2291	2361	2450	2812	3186	3093	3100	3100	2840	2840	2840	2840	2840
Regio's/rayons Ep					9631	9222	8973	8957	9022	9051	8883	8957	8951	9217	9347	9555	9004							
Staf Ep					646	714	728	733	771	783	1026	803	798	898	934	991	976							
If/NSIS (at risk)					2600	2600	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2300	2100						
Aannemerspersoneel infra					1900	1850	1800	1700	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1600	1500	1450	1300	1250					
Infra medewerkers totaal	3905	3767	3575	3350	4500	4450	4300	4200	4150	4150	4150	4150	4150	4150	4100	4000	3950	3600	3350	3350	3350	3350	3350	3350
Rangeerders / radiolocbestuurders	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Netlengte (x 1 km), waarvan	2811	2797	2795	2807	2850	2850	2867	2867	2824	2817	2790	2810	2810	2780	2780	2753	2757	2813	2813	2813	2805	2808	2808	2802
geëlectriceerd					1800	1800	1810	1810	1824	1841	1913	1939	1939	1939	1939	1987	1991							
automatische baanbeveiliging					2014	2090	2203	2295	2340	2438	2619	2638	2674	2674	2674	2682								
ATB					1207	1268	1373	1490	1547	1657	1749	1778	1822	1822	1883	1943	1960							
voor reizigersvervoer					2544	2544	2555	2555	2558	2567	2521	2541	2541	2541	2528	2521	2528							
alleen voor goederenvervoer					306	306	312	312	266	250	269	269	269	239	252	232	229							
een spoor	1032	987	958	940	1189	1188	1174	1173	1123	1095	1042	1036	1036	1006	1006	982	936	982	978	960	952	931	931	925
twee sporen					1661	1662	1693	1694	1701	1722	1723	1749	1749	1749	1746	1743	1766							
drie of meer sporen											25	25	25	25	28	28	28							
twee of meer sporen	1777	1809	1834	1867	1661	1662	1693	1694	1701	1722	1748	1774	1774	1774	1774	1771	1794	1831	1835	1853	1853	1877	1877	1877
Overwegen (openbaar):																								
AHOB					713	729	752	775	793	821	828	840	857	861	883	898	918	944						
AKI					866	864	862	858	855	868	861	855	846	836	821	784	763	730						
Bediend					148	234	107	90	85	58	41	33	25	25	21	12	11	10						
Overig beveiligd					236	262	271	316	313	318	262	255	251	230	219	214	206							
Onbeveiligd					645	631	620	639	592	576	475	425	411	401	385	360	343							
Totaal					2608	2720	2612	2678	2638	2641	2467	2408	2390	2353	2329	2268	2241							
Overwegen (niet openbaar):																								
Beveiligd											18	17	18	12	13	14	15							
Onbeveiligd					1446	1396	1378	1317	1232	1203	1150	1057	1004	995	917	844	819							
Totaal					1446	1396	1378	1317	1232	1203	1168	1074	1022	1007	930	858	834							
Totaal aantal overwegen	3407	3208	3039	2960	4054	4116	3990	3995	3870	3844	3635	3482	3412	3360	3259	3126	3075	3067	3061	2983	2946	2964	2891	3016
Beveiligd	2001	1993	1986	2036	1963	2089	1992	2039	2046	2065	2010	2000	1997	1964	1957	1922	1913	1938	1951	1972	2002	2033	2033	2142



Onbeveiligd	1406	1215	1053	924	2091	2027	1998	1956	1824	1779	1625	1482	1415	1396	1302	1204	1162	1129	1110	1011	944	931	858	874
Stations:																								
Perronoverpad beveiligd														102	107	107	108	110						
Perronoverpad onbeveiligd																								
Stations/haltes voor reizigers	370	372	374	379	355	355	370	370	376	380	363	363	365	366	366	366	369	371	371	374	375	382	382	380



b. Veldgegevens letsels in heavyrail

Letsels 1981 - 2000 Railverkeer Nederland

		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Reizigers	gedood	0	5	1	1	1	0	1	3	5	2	0	9	3	0	0	1	6	3	3	1
	gewond									139	117	191	177	150	160	111	116	141	117	96	107
Personeel totaal	gedood	9	3	2	1	3	3	3	2	5	3	1	1	1	1	6	0	2	3	2	1
	gewond									81	84	48	42	34	36	32	50	52	36	31	33
Personeel Infra	gedood	8	2	2	1	3	2	1	0	3	1	0	0	1	1	5	0	2	0	2	0
	gewond									4	20	5	3	7	7	12	11	8	3	6	1
Personeel mcn	gedood	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	gewond									28	26	13	20	10	11	6	19	20	14	9	7
Personeel hc	gedood	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	gewond									6	11	8	10	7	7	3	10	14	10	6	11
Personeel rgr/rad. best.	gedood	1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	gewond									29	12	12	7	6	1	7	7	7	3	4	7
Personeel overig	gedood	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
	gewond									14	15	10	2	6	10	5	3	3	3	6	7
Overweg- verkeer	gedood	51	65	55	43	48	64	47	40	28	55	47	38	42	38	45	33	31	25	47	34
	gewond	43	37	37	31	45	40	39	29	28	38	43	41	39	42	31	42	29	32	25	25
Passanten	gedood									1	0	1	1	1	1	3	2	2	4	2	6
	gewond									0	3	1	4	1	0	0	3	2	4	2	5
Suicide	gedood	153	161	174	189	162	184	195	196	232	180	189	226	185	215	180	166	181	183	174	184
	gewond	13	12	21	16	23	17	15	21	16	18	18	23	25	18	13	19	29	27	26	26

Bronnen: Miso databank Railned Spoorwegveiligheid
(logboek-)meldingen Railverkeersleiding
NV Nederlandse Spoorwegen; Corporate Communicatie

Uitgiftedatum: Januari 2001
Kenmerk: RnV O.00.24