

Conclusie van de nadere analyse van de brandveiligheid in de metro Oostlijn



Ira Helsloot
Carel Kijne

Dit document bevat een weergave van de conclusie uit de nadere bestudering van de brandveiligheid in de Oostlijn, een onderzoekstraject in samenwerking met WSP en FESG.

Onze contactpersoon was Tom Kremers, namens de Dienst Metro & Tram van de gemeente Amsterdam.

Auteurs

Prof. dr. Ira Helsloot
Carel Kijne MSc.

Oktober 2021

Crisislab is de onderzoeksgroep die het onderzoek van de leeropdracht Besturen van Veiligheid van de Radboud Universiteit Nijmegen ondersteunt. De doelstelling van Crisislab is de ontwikkeling en verspreiding van kennis op het domein van crisisbeheersing en veiligheidszorg. Voor Crisislab is een kernactiviteit het verrichten van empirisch gefundeerd onderzoek op het veiligheidsdomein, omdat momenteel feiten vaak ontbreken bij beleidsvorming en discussies op het terrein van het besturen van veiligheid.

Crisislab
Dashorsterweg 1
3927 CN Renswoude
www.crisislab.nl

1. Inleiding

Dit document bevat de conclusies van een studie naar de brandveiligheid in de metro Oostlijn in Amsterdam uitgevoerd door WSP, FESG en Crisislab. Deze resultaten zijn vastgelegd in het document *70075831 City Amsterdam Rail Tunnel Risk Analysis Findings (22-09-2021)*.

Deze studie is een vervolg op een eerdere 'second opinion' uit 2020 op alle eerder uitgevoerde studies. Die second opinion leidde tot een tussentijds advies op basis waarvan een bestuurlijk besluit is genomen om, formeel gesproken, het functioneren van de metro Oostlijn nog een jaar te gedogen zonder ultieme zekerheid over het veiligheidsniveau.

Cruciaal is dat dit tussentijdse advies de veiligheid van de metro Oostlijn beoordeelde aan de hand van een risico-gebaseerde afweging voor de brandveiligheid van metropassagiers aan de hand van de in Nederland gebruikelijke norm voor een individuele overlijdenskans per jaar van eens in de honderdduizend jaar (oftewel 1×10^{-5} , daarom vaak uitgedrukt als de '10⁻⁵-norm'). Deze aanbeveling is ambtelijk overgenomen door de dienst Metro & Tram, Gemeentelijk Vervoersbedrijf, Vervoersregio Amsterdam, de Omgevingsdienst de Brandweer Amsterdam-Amstelland in de zin dat de nadere studie gericht is op het berekenen van het individueel risico van metropassagiers.¹

In dit document zullen wij kort stilstaan bij de uitgevoerde analyse, de redenering achter de opzet en hoe de uitkomsten geïdentificeerd moeten worden, in samenhang met de andere documenten die de studie door Crisislab, WSP en FESG heeft voortgebracht.

Het centrale in deze concluderende notitie is het weergeven van de resultaten die duidelijkheid geven over het individueel risico en daarmee of er voldoende brandveiligheid is in de Oostlijn bij toetsing aan de 10⁻⁵ norm. Verder wordt er kort stilgestaan bij welke aanbevelingen voor eventuele verdere risicoreductie te overwegen zijn, met inachtneming van kosten en baten.

Eerst zullen wij nog kort herhalen wat de normatieve uitgangspunten zijn waar het gaat om risico-acceptatie (wanneer is 'veilig' veilig genoeg?) en hoe dat zich verhoudt tot de uitgevoerde analyses. Ook zullen we kort stilstaan bij de gevolgde werkwijze hoe we in deze studie zijn gekomen tot de uiteindelijk gevolgde opzet van analyse.

Vervolgens zullen we stilstaan bij de op dit moment bekende uitkomsten van de analyse en welke betekenis daaraan gegeven moet worden als het aankomt op het beoordelen van de brandveiligheid in de betreffende stations.

¹ Bestuurlijk moet door het bevoegd gezag (gemeente Amsterdam en/of vervoersregio) nog vastgesteld worden dat deze benadering en norm het kader zullen vormen voor de beoordeling van de brandveiligheid in de Oostlijn (en daarmee het voldoen aan het Bouwbesluit 2012). Ambtelijk is daar tijdens het voortraject richting de analyses binnen deze nadere studie wel overeenstemming over bereikt met o.a. de veiligheidsregio en omgevingsdienst.

2. Normatief kader en onderzoeksopzet

Zoals in de genoemde voorgaande rapportages van WSP en Crisislab uitgebreid aan de orde is gesteld, is deze nadere analyse uitgevoerd omdat er onzekerheid bestaat over het daadwerkelijke niveau van brandveiligheid in de metro Oostlijn (en dus haar stations). Daarmee is er ook onzekerheid over de mate waarin deze in overeenstemming is met de Nederlandse regelgeving.

De Wet lokaalspoor stelt, kort samengevat, dat voor nieuwe ondergrondse metrolijnen een risicoanalyse moet worden uitgevoerd die laat zien reizigers bij brand met voldoende zekerheid geëvacueerd kunnen worden naar een station en vervolgens naar buiten. Het voldoende niveau wordt niet gespecificeerd voor bestaande situaties.

In de voorgaande rapporten en adviezen van o.a. Arcadis is ervoor gekozen om aan te sluiten bij de systematiek van het Bouwbesluit 2012. Dit is de 'standaard' en tegelijkertijd de enige bouwregelgeving op geaggregeerd niveau in Nederland, waaraan momenteel alle brandveiligheidseisen voor bouwwerken wordt gerelateerd. De hoofddoelen van het Bouwbesluit zijn a) dat aanwezigen gelegenheid hebben om zichzelf in veiligheid te brengen in geval van brand en b) voorkomen dat een brand overslaat naar een aanpalend object.

De eerdere studies waarop de door WSP en Crisislab uitgevoerde 'second opinion' betrekking had, gingen uitsluitend over de brandveiligheid in de stations. Hierbij werd een invulling van het gelijkwaardigheidsbeginsel gekozen door te stellen dat stations binnen 15 minuten ontruimd zouden moeten kunnen worden (of zoveel sneller als nodig blijkt omdat omstandigheden in de ontruimingsroute niet meer leefbaar zijn). Wat de zin van deze tijdsnorm is wanneer er sprake is van condities die voor een langere periode leefbaar blijven dan 15 minuten, is onduidelijk gebleven.

De reden dat de betreffende stations, te weten Nieuwmarkt, Centraal Station, Weesperplein, Waterlooplein en Wibautstraat niet langs de 'gewone' meetlat van het Bouwbesluit 2012 te leggen zijn, is dat deze bouwwerken in hun aard afwijken van hetgeen het Bouwbesluit normaliter uitgaat.

Ontoereikendheid van het Bouwbesluit als toetsingskader voor stations

Het Bouwbesluit gaat uit van gebouwen die zijn onderverdeeld in één of meerdere compartimenten. Daarbij is het uitgangspunt dat in een brandcompartiment een brand kan ontstaan, maar dat deze, in ieder geval gedurende een bepaalde periode, beperkt blijft tot deze ruimte, zodat aanwezigen in de ruimten daaromheen zich tijdig in veiligheid kunnen brengen. Bij gebouwen die bestaan uit meerdere inpandige compartimenten verloopt een dergelijke beoogde evacuatie via beschermde vluchtroutes, dit zijn verkeersruimtes die niet als compartiment zijn uitgevoerd en die aanwezigen de mogelijkheid moeten bieden zich uit de voeten te maken. Hieraan worden in het bouwbesluit nadere eisen gesteld, onder andere aan de maximale lengte van de vluchtroute. Merk hierbij op dat het Bouwbesluit nadrukkelijk niet uitsluit dat er slachtoffers vallen.

Een metrostation kent echter hele andere dimensies dan beoogd is met de compartimentering zoals omschreven in het Bouwbesluit. Aangezien praktisch het hele station, namelijk het hele perrongedeelte in feite één compartiment vormt, wordt dit daarmee bij een brand dan ook automatisch 'de ontstaansruimte van een brand'. Bij brand betekent dit dat aanwezigen vanuit deze zelfde ruimte moeten vluchten, waarbij afstanden een aanzienlijke lengte kennen.

Door deze dimensionering voldoet het gangbare kader van het Bouwbesluit niet als toetsingskader. Het Bouwbesluit is echter in beginsel doelregelgeving, en op basis van het zogeheten 'gelijkwaardigheidsbeginsel' in artikel 1.3 van het Bouwbesluit is het mogelijk om aan deze doelen te voldoen door maatregelen die eenzelfde niveau van veiligheid bewerkstelligen. Voor dit laatste is niet één vastgestelde norm, dit is ter beoordeling aan het bevoegd gezag.

Gehanteerde normen en uitgangspunten voor analyse

De aanbeveling van WSP en Crisislab was om integraal en risico-gebaseerd naar de brandveiligheid te kijken van de Oostlijn als één systeem. Er is namelijk interactie tussen wat er plaatsvindt in de tunneldelen en wat er gebeurt op de stations. Aangezien Amsterdam in haar metrosystemen een 'safe-haven'-principe toepast, waarin het uitgangspunt is dat metrotreinen altijd doorrijden naar een volgend station, kunnen de stations en de tunneldelen niet los van elkaar gezien worden. Vandaar de aanbeveling voor een geïntegreerde en risico-gebaseerde benadering. Dat is het vertrekpunt geweest voor de nadere studie. Dit vertrekpunt en de nadere kaders zijn beschreven in het document *Kader van normen en risicobenadering Normative and Risk Framework 20210127*.

Voor de uitgebreidere behandeling van de normen verwijzen we naar dit kaderdocument. Kern van de zaak is dat er een maatlat nodig is om als referentie te dienen wat 'goed genoeg' is, als het gaat om de brandveiligheid in de Oostlijn.

Hiervoor zijn meerdere benaderingen mogelijk. Voor het overzicht benoemen we er drie die het meest relevant zijn, namelijk het *individueel risico*, *groepsrisico* en het *ALARP-principe*. Voor elk van deze benaderingen geldt dat er meerdere varianten of nuances mogelijk zijn.

Het *individueel risico* komt erop neer dat gekeken wordt naar de kans op individueel slachtofferschap ten gevolge van een bepaald risico. Vaak wordt dit uitgedrukt als een kans per jaar, hoewel ook daarin variatie mogelijk is. De Nederlandse 'standaardnorm' voor het individueel risico op overlijden ten gevolge van een bepaalde risicobron is een kans van eens in de honderdduizend jaar, wat doorgaans wordt uitgedrukt als een kans van 1×10^{-5} per jaar.²

Het *groepsrisico* werkt anders: hierin wordt gekeken naar de kans dat een *groep* personen tegelijk slachtoffer wordt ten gevolge van een bepaald risico. Doorgaans wordt hierbij het uitgangspunt aangehouden dat deze kans enkele ordegroottes kleiner moet zijn naarmate de potentiële groep slachtoffers een ordegrootte groter wordt. Ook dit wordt in de regel uitgedrukt in een kans per jaar.

² Enkel voor externe veiligheidsrisico's (zoals die van de chemische BRZO-bedrijven) wordt een norm van 10^{-6} gehanteerd. Ook voor constructieve veiligheid verwijst het Bouwbesluit naar NEN-normen die 10^{-5} hanteren (NEN 8700 en NEN-EN 1990).

Dit principe staat ter discussie, en zal met de Omgevingswet beoogd uit de Nederlandse regelgeving voor omgevingsveiligheid verdwijnen (waar het ooit was ingevoerd). Het belangrijkste bezwaar is dat de berekening weinig meer met het daadwerkelijke risiconiveau van doen heeft omdat de kans op grote incidenten met tientallen of meer slachtoffers, vanwege het weinige voorkomen ervan, niet betrouwbaar op basis van data is vast te stellen. Het groepsrisico moet daarom dus op basis van inschattingen van experts worden bepaald. Ook internationaal wordt een dergelijke benadering als ontoereikend gezien vanwege 'scaling factors'.³

Merk overigens op dat een dergelijke benadering nog wel in de huidige Wet lokaalspoor staat voor nieuwe ondergrondse tram- en metrosystemen. Ook in de voor de Noord-Zuidlijn vastgestelde Amsterdamse Leidraad Integrale Veiligheid ondergrondse tram- en metrosystemen (ALIVE) uit 2005 is daarom indertijd voor deze benadering gekozen. Onze aanbeveling is om geen risicoanalyses uit te voeren die uitgaan van het groepsrisico, om voornoemde redenen.

Het *ALARP-principe* staat voor *As Low As Reasonably Practicable*. Dit gaat uit van een benadering waarin altijd tot een risicoreductie wordt besloten wordt als dat redelijkerwijs mogelijk is. Redelijkerwijs heeft dan betrekking op de verhouding tussen kosten en baten van veiligheidsinvesteringen. Soms wordt dit ook gekoppeld aan een bandbreedte binnen het individueel risico waarvoor dan gesteld wordt dat maatregelen niet vereist zijn, maar wel wenselijk (bijvoorbeeld tussen de kansen 10^{-5} en 10^{-7}).

Kenmerkend aan de ALARP-methode is dat er niet naar een kwantificering van risico's wordt gekeken, maar alleen naar de haalbaarheid, toepasbaarheid en meerwaarde van mogelijke maatregelen. Dit geeft ruimte voor redelijke afwegingen, maar biedt geen uitgangspunten voor normering.

In de studie naar de brandveiligheid in de Oostlijn is daarom gekozen voor een benadering voor normering aan de hand van het *individueel risico*. Verder wordt het ALARP-principe wel gebruikt voor een verkenning van verbetermogelijkheden, ongeacht de hoogte van het individueel risico, om deze ter overweging mee te kunnen geven aan het bevoegd gezag.

³ Een uitgebreidere beschouwing van (de ontwikkeling van) Nederlandse normen op dit gebied staat beschreven in het document *Risicobeleid in Nederland, 4-6-2021*.

3. Onderzoeksopzet

In onze analyse berekenen we het individueel risico voor metropassagiers. Onderdeel van de berekening is een onzekerheidsanalyse waarbij gekeken wordt naar wat nu de meest bepalende factoren zijn die van invloed zijn op dit risico, zodat daarvoor eventueel extra maatregelen overwogen kunnen worden.

De gevolgde werkwijze is dat op basis van een *gebeurtenissenboom* is uitgewerkt welke scenario's het meeste in aanmerking komen voor een nadere technische analyse. Dat wil zeggen dat we bekeken hebben welke scenario's waarbij mogelijk slachtoffers kunnen vallen op voorhand de grootste kans hebben.

De technische analyse bestaat uit een modellering van brandontwikkeling en rookverspreiding in een zogeheten CFD-berekening, gevolgd door een simulatie van een ontruiming met behulp van het simulatieprogramma Pathfinder. De details zijn uitgewerkt in de (technische) rapportage van WSP.⁴ De berekeningen en simulaties zelf zijn uitgevoerd door FESG.

Voor het goede begrip: alle vijf de stations worden op basis van hetzelfde model geanalyseerd. Hierbij heeft de eerste analyse betrekking op het station Nieuwmarkt. Bij dit station is ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om vast te stellen welke factoren uit de gebeurtenissenboom relatief de grootste impact lijken te hebben. De bevindingen op dit punt bij Nieuwmarkt zijn geabstraheerd naar de andere stations. Omdat Centraal Station een wat afwijkende dimensionering kent ten opzichte van de andere stations, is daar als tweede met meer detail naar gekeken. Voor voorspellingen in de overige stations wordt Nieuwmarkt als referentiepunt gebruikt.

Verder wordt gekeken naar verschillende scenario's, waaronder variatie in totale brandomvang, het wel of niet werken van de rookwarmteafvoer (RWA), de al dan niet juiste procedurele opvolging bij brand (treinen met brand aan boord moeten doorrijden naar het volgende station, overige treinen moeten in dat geval daar niet hun passagiers laten uitstappen, maar hun deuren gesloten houden en doorrijden naar een volgend station) en het tijdstip (qua drukte) van de dag. Hierbij is ook rekening gehouden met de effecten van een eventueel verstoorde dienstregeling, waardoor er onverhoopt een grotere hoeveelheid personen aanwezig is in het station.

⁴ 70075831 City Amsterdam Rail Tunnel Risk Analysis Findings (22-09-2021).

4. Resultaten van de berekeningen en modeleringen

Het individuele risico op overlijden ten gevolge van een brand in de publieke ruimten van de Oostlijn is berekend op een 'gemiddelde' (punt)waarde van $1,2 * 10^{-9}$. Dit betekent dat een (regelmatige) reiziger in de Oostlijn gemiddeld een risico op het overlijden ten gevolge van brand loopt van eens in de 833 miljoen jaar.

Hierbij is een cruciale aanname dat brandende metrostellen altijd stoppen op een station in geval van een brand. Met andere woorden: de techniek in de Oostlijn moet het 'safe haven'-principe blijvend garanderen.⁵ Bij het tot stilstand komen van een brandend metrostel in de tunnelbuis is het individueel risico dramatisch veel hoger en is de verwachting dat er veel slachtoffers kunnen vallen. In de scenario-uitwerking is dit echter niet meegenomen, omdat uitgegaan wordt van een werkend 'safe-haven'-principe.

Let wel: specifiek voor de technische afdwingbaarheid (of feitelijk het ontbreken daarvan) in de situatie tussen station Nieuwmarkt en Centraal Station (waar af en toe treinen stilstaan in de tunnelbuis) heeft een nadere beschouwing plaatsgevonden. Dat heeft geleid tot de *Notitie veiligheidsconcept Oostlijn*, waarin is uitgewerkt dat in dit specifieke geval het individueel risico daardoor niet zodanig beïnvloed wordt dat dit onacceptabel is (met een individueel risico dat zich maximaal tussen de $6*10^{-5}$ en $8*10^{-7}$ bevindt). Daarmee is voor de betreffende situatie gebleken dat de technische afdwingbaarheid van dit principe geen must is, maar voor het totale traject is een hoge mate van zekerheid nodig dat het safe-havenconcept in praktijk gevolgd wordt.

Wanneer we wat preciezer kijken naar de verschillende scenario's, is het scenario met het grootste potentiële slachtofferaantal het volgende: er ontstaat een grote brand in een metrostel tijdens de spits, waarbij de metro tot stilstand komt bij het perron, en er tegelijkertijd een ander metrostel ook stopt op het tegenoverliggende spoor en ook alle passagiers in hetzelfde station evacueert. De kans op dit scenario is $1,3*10^{-6}$, oftewel zo ongeveer eens in de miljoen jaar. Voor de duidelijkheid: dit gaat in tegen de procedures, waarin voorgeschreven wordt dat de andere treinen in geval van brand hun deuren gesloten moeten houden en dus passagiers niet laten uitstappen maar moeten wachten tot zij door kunnen rijden naar het volgende station. In de technische rapportage wordt verder uitgelegd dat de windeffecten van een passerende metro (stoppend en weer optrekkend) beduidend minder nadelig zijn dan de gevolgen wanneer twee metrostellen tegelijkertijd ontruimd moeten worden. Het opvolgen van deze procedures is dus evident van belang. Hetzelfde geldt overigens voor het bewerkstelligen van een goede opvolging van een brandalarm door passagiers.

Als we kijken naar de aanwezige beheersingsmaatregelen, is de belangrijkste de RWA. Hierbij is uitgegaan van een technische betrouwbaarheid van 90%, oftewel dat bij negen op de tien incidenten dit systeem het doet. Dit komt overeen met het betrouwbaarheidsniveau dat te verwachten is bij een goed onderhouden systeem.

⁵ Dit met de kanttekening dat er in enkele uitzonderlijke gevallen, zoals nu het geval is tussen Nieuwmarkt en Centraal, met inachtneming van de gevolgen voor het individuele risico, met enige flexibiliteit met de technische afdwingbaarheid kan worden omgegaan.

In de technische rapportage (Risk Analysis Findings) wordt gesteld dat de aanwezige brandveiligheidsmaatregelen effectief zijn bij *kleine branden*, ook wanneer het ventilatiesysteem niet werkt (geen slachtoffers verwacht). Wanneer de RWA functioneert, betekent dit dat de condities in het station in feite onbeperkt op voldoende niveau gehouden kunnen worden, zodat aanwezigen alle tijd hebben om zich uit het station te verplaatsen. In de berekening van het risico is ervan uitgegaan dat dit soort kleine branden zich eens in de zes jaar voor kunnen doen in de Oostlijn.

Voor *middelgrote branden* geldt dat de maatregelen goed werken wanneer de RWA functioneert. In het geval er vanwege het niet volgen van procedures vanuit de andere metro heel veel passagiers op het perron zouden zijn, zou een dergelijk scenario misschien tot een of twee slachtoffers kunnen leiden. In de berekening van het risico is ervan uitgegaan dat dit soort branden zich ongeveer eens in de 6000 jaar voor zouden kunnen doen in de Oostlijn (let wel, dat is nog wat anders dan de kans op dit exacte scenario, dat is namelijk een factor van ongeveer 50 kleiner ingeschat, dus eens in de ongeveer 300.000 jaar).

Bij een niet functionerende RWA zijn er bij een middelgrote brand slechts een beperkt aantal slachtoffers verwacht, en dan met name wanneer het erg druk is. De kans hierop is eveneens in de orde grootte van eens in de ongeveer 300.000 jaar. Dit verandert wanneer de procedures niet opgevolgd wordt: dan kunnen er tientallen, zo niet honderden slachtoffers vallen (opgegeven bandbreedte in de rapportage van WSP is 40 ~ 240 slachtoffers). De waarschijnlijkheid van dat laatste scenario is echter heel laag ingeschat: eens in de 2,6 miljoen jaar.

Voor *grote branden* blijkt dat de RWA wel een positief effect heeft, maar niet in staat is om volledig effectief te zijn. Overigens zijn dergelijke systemen niet ontworpen voor hele grote branden. Toch worden er geen dodelijke slachtoffers verwacht wanneer de RWA functioneert en de procedures gevolgd worden bij een grote brand.

Wanneer de ventilatie niet werkt, zijn er bij grote branden wel slachtoffers te verwachten (in de orde grootte van 80-90 slachtoffers). Wanneer de procedures niet gevolgd worden (twee treinen tegelijkertijd ontruimen) worden wel veel slachtoffers verwacht (300+), ongeacht of de RWA het wel of niet doet. Dit komt vanwege de verwachte (veel) langere benodigde ontruimingstijd.

In de berekening van het risico is ervan uitgegaan dat dit soort branden zich ongeveer eens in de 60.000 jaar voordoen in de Oostlijn. De waarschijnlijkheid dat de brand zich voordoet **en** dat procedures met het stoppen van de treinen niet opgevolgd worden wordt veel geringer geschat, namelijk eens in de ongeveer 2,9 miljoen jaar. De kans dat er een grote brand is en de ventilatie niet werkt, wordt geschat op ongeveer eens in de 500.000 jaar.

Verschillen per station

In de technische rapportage van WSP wordt verder een vergelijk gemaakt per station. Hierbij is dus Nieuwmarkt als referentie genomen, waarna verdere berekeningen per station zijn uitgevoerd (p. 71 in de technische rapportage *Risk Analysis Findings*). In onderstaande tabel (figuur 1) die is overgenomen uit deze rapportage zijn de basale bevindingen weergegeven.

<i>Station</i>	<i>Scaling factor</i>	<i>Five-station calculation</i>	<i>Individual station risk</i>
Nieuwmarkt	Baseline	1.5E ⁻¹⁰	3.0E ⁻¹¹
Centraal	One order of magnitude higher risk	1.5E ⁻⁰⁹	3.0E ⁻¹⁰
Wibautstraat	One order of magnitude higher risk	1.5E ⁻⁰⁹	3.0E ⁻¹⁰
Waterlooplein	One order of magnitude higher risk	1.5E ⁻⁰⁹	3.0E ⁻¹⁰
Weesperplein	One order of magnitude higher risk	1.5E ⁻⁰⁹	3.0E ⁻¹⁰
Total			1.2E⁻⁰⁹

Figuur 1. Berekende risicofactor voor het individueel risico van aanwezigheid in de publieke ruimtes van de Oostlijn voor overlijden ten gevolge van brand, per station.

Voor de onderzoekers en ambtelijke staf was het verrassend dat Nieuwmarkt een ordegrrootte beter scoort dan de overige stations terwijl de verwachting vooraf was dat Nieuwmarkt het meest brandveiligheidskritische station was. Wat we nogmaals willen benadrukken, is dat we hier te maken hebben met zulke kleine kansen, dat afwegingen in de modellering op deze cijfers die tot ver achter de komma reiken altijd hun invloed hebben.

WSP heeft in hun technische rapportage daarom stilgestaan welke factoren tot deze geringe verschillen per station hebben geleid. Voor de uitgebreide informatie daaromtrent verwijzen wij graag naar die rapportage, maar we zullen hier heel in het kort even de belangrijkste redenen opsommen:

- De vluchtroutes (voornamelijk trappenhuizen vanaf de perrons) zijn op de andere stations (m.n. Centraal en deels Waterlooplein) dichter op het perron, waardoor rook er eerder bij kan komen.
- Het effect van de ventilatie (rookwarmteafvoer) is minder effectief (geldt o.a. bij Wibautstraat), deels vanwege geometrie/indeling van het station, en deels omdat de capaciteit beperkter is (geldt m.n. voor Waterlooplein).
- Lager plafond (in het geval van Weesperplein) waarbij bij Weesperplein ook nog meespeelt dat het trappenhuis centraal in het station is geplaatst, waar dat bij Nieuwmarkt aan de uiteinden is.

Verbetermogelijkheden (en andere aanbevelingen)

Volgens de ALARP-methode is het streven om daar waar verbetermogelijkheden benut kunnen worden, dit ook toe te passen. Vanuit deze gedachte heeft WSP in de *Risk Analysis findings* aandacht besteedt aan waar deze mogelijkheden liggen. Opmerking hierbij is dat de aanbevelingen niet alleen gaan over mogelijke verbeteringen, maar met name over het behoud van en inzicht in bestaande maatregelen en structuren.

WSP heeft een aantal algemene aanbevelingen gedaan die voor het gehele ondergrondse deel van de Oostlijn gelden. Daarnaast zijn er enkele gerichte aanbevelingen voor specifieke punten. In het overzicht hiervan (*Risk Analysis Findings* – p. 72, *Table 5.1*) is geprioriteerd op basis van *benefit*, oftewel de baten in veiligheidsopzicht, en *cost/difficulty*, oftewel de kosten/moeite, waarbij een hogere *benefit* een hogere score krijgt, en een lagere *cost/difficulty* ook. Hiervan hebben we de 7 aanbevelingen die als het meest relevant zijn aangemerkt:

Aanbeveling	Omschrijving
1	Waarborg dat treinen altijd in stations tot stilstand komen, en niet in tunnels
2	Zorg dat bij onderhoud aan roltrappen deze (liefst) niet geblokkeerd worden
3	Gebruik <i>Cross function flowcharts</i> t.a.v. de interactie tussen mens en systeem
4	Richt maatregelen op het voorkomen van brand, pas daarna op het beperken
5	Medewerkers moeten essentiële systemen voor veiligheid doorgronden
6	Medewerkers moeten essentiële procedures voor veiligheid doorgronden
7	Zorg dat de informatievoorziening reizigers snel activeert bij ontruiming

Figuur 2. De belangrijkste aanbevelingen van WSP.

Deze zullen we kort bij langs gaan.

De eerste twee aanbevelingen zijn van algemene aard, en gaan over het blijven waarborgen van het uitgangspunt dat treinen altijd pas in de stations tot stilstand komen en niet in tunneldelen (wanneer dit wel gebeurt heeft dit een drastische impact op het risico, bij de huidige berekeningen is ervan uitgegaan dat dit niet voorkomt), en over het voorkomen van geblokkeerde roltrappen tijdens onderhoudswerkzaamheden (voor zover mogelijk).

De derde aanbeveling is om te werken met *Cross function flowcharts* om na te gaan hoe medewerkers en systemen interacteren in geval van een brand. Dit moet inzicht geven in mogelijke zwakke punten die verbeterd kunnen worden, of waar bijvoorbeeld in training van medewerkers aandacht aan geschonken kan worden.

De vierde aanbeveling is wederom van algemene aard en gaat in op de focus in de benadering van brandveiligheid. Die zou moeten liggen op het voorkomen van brand, en daarna op het voorkomen dat een kleine brand kan door-ontwikkelen naar een grote brand.

De vijfde aanbeveling lijkt sterk op de eerste, maar betreft specifiek de situatie dat er sprake is van een brand. Dan is het heel belangrijk dat ook in dat geval treinen pas in de stations tot stilstand komen, en niet in de tunnel. De specifieke aanbeveling hierbij is dat alle betrokken organisaties goed de maatregelen moeten doorgronden die dit mogelijk maken, en dat er een hoge mate van zekerheid is dat dit inderdaad gebeurt, mocht een dergelijke situatie zich voordoen.

Deze specifieke aanbeveling van het doorgronden van de maatregelen doet WSP ook voor de maatregelen die moeten voorkomen dat de passagiers uit een andere trein dan de trein die in brand staat, geëvacueerd worden via hetzelfde station als waar de brandende trein staat.

Als zevende aanbeveling richt WSP de aandacht op de passagiers, en de wijze waarop zij geactiveerd worden om onverwijld tot evacuatie over te gaan in geval van brand. WSP gaat hierbij specifiek in op het *informer*en van passagiers (zowel in geval van brand aan boord, als in het geval dat er een brand is in een andere trein; passagiers op de perrons worden niet specifiek benoemd door WSP, maar het informeren daarvan lijkt ons vanzelfsprekend): dat zou nader onderzocht moeten worden.

De overige aanbevelingen richten zich o.a. meer op de technische maatregelen die al zijn aangebracht in de stations en de mogelijke verbeterpunten daarin. Een belangrijke kanttekening is dat WSP hiervoor zelf al de inschatting maakt dat de kosten/baten-verhouding van deze maatregelen minder gunstig is dan bij bovenstaande maatregelen.

Samenvattend leiden deze aanbevelingen van WSP tot het advies van ons aan de beheerder om de aandacht met name te richten op het in stand houden en garanderen van de werking van de installaties en procedures binnen het huidige aanwezige veiligheidsconcept. Bij het waarborgen van deze maatregelen zal ook in de voorzienbare toekomst voldaan worden aan de norm waaraan nu getoetst is. Voor een goede werking van de maatregelen achten wij het noodzakelijk dat degenen die er mee werken, het functioneren van deze maatregelen doorgronden. De aanvullende opmerkingen en verbetermogelijkheden zijn ter overweging voor nu of in de toekomst, maar het al dan niet toepassen hiervan is niet doorslaggevend voor het voldoen aan de norm.

Met name de laatste aanbeveling lijkt ons een 'quick win' omdat verwachte investering laag is, en het rendement in gewonnen ontruimingstijd relatief hoog, dit verdient mogelijk nader onderzoek, maar ook dat is ter overweging aan de beheerder.

5. De bevindingen in deze conclusie

De conclusie op basis van de berekeningen is dat het individueel risico in de Oostlijn zich rond de $1,2 \times 10^{-9}$ bevindt, uitgaande van het huidige voorzieningenniveau.

Wanneer per station gekeken wordt, is er lichte variatie waarneembaar tussen de stations onderling. Zie ook hiervoor de technische rapportage van WSP: *70075831 City Amsterdam Rail Tunnel Risk Analysis Findings (22-09-2021)*, pagina 71 (paragraaf 4.7.3).

In vergelijking met het door ons en de ambtelijke werkgroep geadviseerde landelijk gebruikelijke norm van 1×10^{-5} voor het individueel risico voldoet daarmee de metro Oostlijn ruim aan de norm.

In de beschreven studie is aan de hand van meerdere scenario's onderzocht hoe het met de brandveiligheid gesteld is. De kans op brand is altijd aanwezig, maar per scenario is wel verschillend hoe groot (of eigenlijk klein) deze kans is en wat dan de verwachte mogelijke effecten zijn. De in deze concluderende notitie genoemde scenario's sommen we hieronder nogmaals op:

1. Een kleine brand, ongeacht of de RWA (rook warmte afvoer) het doet. Hierbij worden geen slachtoffers verwacht. De kans dat dit zich voordoet is eens in de 6 jaar. Een werkende RWA zorgt in principe voor permanent leefbare omstandigheden.
2. Een middelgrote brand, met werkende RWA. Hierbij worden geen slachtoffers verwacht. De kans dat dit zich voordoet is eens in de 6000 jaar.
3. Een middelgrote brand met werkende RWA, waarbij echter de procedures niet gevolgd worden (en er dus twee metrotreinen tegelijkertijd ontruimd worden). Het verwachte gevolg hiervan is één of twee slachtoffers. De kans dat dit zich voordoet is ongeveer eens in de 300.000 jaar.
4. Een middelgrote brand met een niet functionerende RWA. Hierbij worden enkele slachtoffers verwacht. De verwachte kans hiervoor is eveneens ongeveer eens in de 300.000 jaar.
5. Een middelgrote brand waarbij de RWA niet functioneert én waarbij de procedures t.a.v. het ontruimen van treinen niet gevolgd worden. Hierbij worden veel slachtoffers verwacht, in een bandbreedte van 40 tot 240 slachtoffers. De kans op dit scenario wordt ingeschat op eens in de 2,6 miljoen jaar.
6. Een grote brand waarbij de RWA functioneert en de procedures gevolgd worden. Hierbij worden geen dodelijke slachtoffers verwacht. De kans op dit scenario is eens in de 60.000 jaar.
7. Een grote brand waarbij de RWA niet werkt. In dat geval is de verwachting dat er 80-90 slachtoffers vallen. De verwachte kans hiervan is eens per 500.000 jaar.
8. Een grote brand waarbij de procedures niet gevolgd worden (ongeacht of de RWA wel of niet werkt). Hierbij worden zeer veel (300+) slachtoffers verwacht. De verwachte kans dat dit zich op deze wijze voordoet is eens in de 2,9 miljoen jaar.

Uit deze scenario's blijkt dat er dus altijd sprake blijft van relatief kleine kans op een voorval met dodelijke slachtoffers. Deze relatief kleine kans is dermate beperkt dat er volgens de in de analyse gehanteerde normering sprake is van een voldoende veilige situatie in de Oostlijn in de huidige toestand (zonder daarbij te kijken naar evt. tijdelijke beheersmaatregelen).

Daar waar het hele metrosysteem van de Oostlijn aan de norm voldoet is het advies dan ook om de individuele stations op grond van gelijkwaardigheid als voldoende brandveilig in de zin van het Bouwbesluit te zien.

Belangrijkste noties en verbetermogelijkheden

De aanbeveling aan de beheerder is om de maatregelen binnen het huidige brandveiligheidsconcept te borgen, omdat deze essentieel blijken om de brandveiligheid op een acceptabel niveau te houden. Hiermee samenhangend is het van wezenlijk belang dat de medewerkers die betrokken zijn bij (het in stand houden of uitvoeren van) de maatregelen, over grondige kennis en begrip van deze maatregelen beschikken.

Verder is de aanbeveling om te investeren in het verkorten van de *pre-movement time*, oftewel de tijd tussen het moment dat bekend is dat er een brand is en ontruimd moet gaan worden en het moment dat aanwezige reizigers daadwerkelijk beginnen zich uit het station te verplaatsen. Dit vergt nader onderzoek, maar onze verwachting is dat een dergelijke maatregel vrij kostenefficiënt is, in de zin dat met relatief beperkte investeringen er significante verbeteringen in ontruimingstijd en daarmee in het brandveiligheidsrisico te bereiken zijn.

De verdere aanbevelingen die door WSP zijn aangedragen brengen we graag onder de aandacht, hiervoor geldt wel dat de kostenefficiëntie lager is. Desalniettemin kan de beheerder deze in overweging nemen. Voor deze maatregelen geldt (overigens net als voor de vorige aanbeveling) dat zij het brandveiligheidsrisico, zoals beoogd in een ALARP-benadering, verder kunnen reduceren. Aan de normering voor het individuele risico van $1 \cdot 10^{-5}$ wordt echter ook nu al voldaan, daarvoor zijn deze suggesties niet doorslaggevend.