

Eindrapport

Brandveiligheid ondergrondse stations

Handleiding voor ontwerp



student: Bram Beijer
hoofd begeleider: dr. ir. W. Broere
tweede begeleider: ir. J.P. Oostveen

Faculteit Civiele Techniek & Geowetenschappen
Bachelor-eindwerk
oktober 2007


TU Delft

Technische Universiteit Delft

Voorwoord

Voor u ligt het eindrapport van het bachelor-eindwerk Brandveiligheid in ondergrondse stations. Met dit eindwerk rond ik de bachelorfase van mijn studie Civiele Techniek aan de TU Delft af. Doel van dit onderzoek is om een handleiding voor het brandveilig ontwerpen van ondergrondse stations op te stellen.

Zes weken geleden ben ik begonnen met het zoeken van informatie en de afbakening van het onderwerp. In dit eindrapport presenteer ik niet een handleiding maar een richtlijn voor het brandveilig ontwerpen van ondergrondse stations. Door middel van deze richtlijn hoop ik de ontwerper te ondersteunen bij het ontwerpen van zijn ondergrondse station.

Dit eindrapport geeft weer welke eisen er volgens de wet gelden voor brandveiligheid in ondergrondse stations. Daarnaast zijn een aantal adviezen uitgebracht hoe de regelgeving verscherpt en aangevuld kan worden. Dit rapport bevat ook een case-studie waarin onderzocht wordt of de richtlijn in de praktijk werkt, en wat er verbeterd kan worden.

Tot slot wil ik mijn begeleider dr. ir. W. Broere bedanken voor zijn adviezen. Dhr. Lundgren wil ik bedanken voor de informatie die hij verstrekte op het gebied van de regelgeving met betrekking tot ondergrondse constructies en veiligheid. Ik heb het onderzoek als zeer interessant ervaren en hoop met dit rapport een kleine maatschappelijke bijdrage te leveren.

Delft, oktober 2007

Bram Beijer

Samenvatting

In het kader van meervoudig ruimtegebruik wordt tegenwoordig steeds vaker en meer ondergronds gebouwd. Maar er lijken geen specifieke regels voor ondergronds bouwen te zijn. De regels die er zijn, zijn vaak versnipperd.

Doel van dit bachelor-eindwerk is het opstellen van een handleiding voor het brandveilig ontwerpen van ondergrondse stations. Om dat te realiseren is eerst een literatuurstudie verricht naar de grootte van de te verwachten brand in een ondergronds station. Ook zijn twee wettelijk geldende documenten, het Bouwbesluit 2003 en de Bouwverordening onderzocht op wat zij voorschrijven op het gebied van brandveiligheid voor ondergrondse gebouwen. Naast deze twee documenten zijn ook nog de veiligheidseisen spoortunnels (VEST) en de veiligheidseisen voor tram- en metrotunnels (VEMT) onderzocht. Tot slot is in een case-studie onderzocht of en hoe de handleiding in de praktijk werkt.

Het is te verwachten dat in een ondergronds station een brand van maximaal 25 MW kan plaatsvinden. De temperaturen die hierbij ontstaan gaan gemakkelijk over de 1000 ° Celsius heen. Verder blijkt dat het Bouwbesluit veel regels geeft met het oog op de geometrie van een gebouw. De Amsterdamse Bouwverordening geeft regels over hoe en hoe vaak onderdelen gecontroleerd en onderhouden moeten worden. Er is in dit rapport voor de Amsterdamse Bouwverordening gekozen omdat daar op dit moment de Noord-Zuidlijn wordt aangelegd. Het blijkt dat het Bouwbesluit en de Bouwverordening vooral uitgaan voor bouw boven maaiveld. De VEST geeft vooral eisen voor tunnels, maar ook welke brandcurve een station moet kunnen weerstaan. De VEMT is het enige regelgevende document dat niet wettelijk geldig is. De VEMT geeft wel regels over de condities die op een station moeten gelden. Dit samenvoegend met de adviezen hoe een station brandveiliger ontworpen kan worden zou de handleiding brandveilig ontwerp worden.

Met de term handleiding zou de ontwerper het idee kunnen krijgen dat alleen regels gevolgd hoeven te worden. Dit is niet het geval, een kritische kijk naar het ontwerp is altijd vereist. Daarom is achteraf voor de term richtlijn gekozen. Uit de case-studie blijkt dat de richtlijn nog niet volledig bij de praktijk aansluit. Om dit te realiseren is het nodig om de verschillende regels duidelijker te definiëren. Vooral op het gebied van materiaalgebruik en branddetectie kan nog veel winst geboekt worden.

Om in de toekomst ook brandveilig ondergronds te kunnen bouwen is het noodzakelijk dat de huidige regelgeving uitgebreid wordt. Op het gebied van branddetectie en brandpreventie moeten meer concrete eisen gesteld worden. Met betrekking tot brandwerendheid en vluchtcapaciteit moeten strengere eisen gesteld worden.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting	3
Inhoudsopgave	4
1. Inleiding	6
2. Doelstelling & randvoorwaarden	7
2.1 Doelstelling	7
2.2 Randvoorwaarden	7
3. Veiligheid	9
4. Oorzaken & gevolgen brand	10
4.1 Het ontstaan van een brand	10
4.2 Brandfasen	10
4.3 Bijdrage vuurbelasting	11
5. Wet en regelgeving	12
5.1 Onderzoeksaspecten	12
5.2 Huidige regelgeving	12
5.3 Het Bouwbesluit	13
5.4 De Bouwverordening	14
5.6 Veiligheidseisen voor treintunnels (VEST)	14
5.7 Veiligheidseisen voor tram- en metro tunnels (VEMT)	15
5.8 Conclusies huidige wet en regelgeving	15
6. Handleiding	16
7. Case-studie metrostation	17
7.1 Doel Case-studie	17
7.2 Situatie	17
7.3 Toetsing volgens richtlijn	18
7.4 conclusie brandveiligheid van het station	20
7.5 De richtlijn in de praktijk	20
8. Conclusie en Aanbevelingen	21
8.1 Conclusie	21
8.2 Aanbeveling	22
9. Literatuurlijst Eindrapport	23

Bijlagen

Bijlage A: Definities en Afkortingen	24
Bijlage B: Regels Bouwbesluit	26
Bijlage C: Regels Bouwverordening Amsterdam	28
Bijlage D Brandcurve	29
Bijlage E: VEST	31
Bijlage F: VEMT	32
Bijlage G: Richtlijn	34
Bijlage H: Technische tekening Metrostation	51
Bijlage I: Toetsing metrostation volgens de richtlijn	52
Bijlage J: Berekening aantal vluchtenden en vluchtcapaciteit	57

Lijst van figuren

- Figuur 1: Brandverloop
- Figuur 2: verband tijd en heat relase rate
- Figuur 3: voorschriften, richtlijnen en relaties.
- Figuur 4: Impressie van station

1. Inleiding

De meeste ondergrondse metrostations zijn brandonveilig. Uit onderzoek van het ministerie van Verkeer en Waterstaat blijkt dat bij een zware brand in een ondergronds station in het ergste geval honderden mensen als ratten in de val zitten¹.

Deze tekst in het dagblad Cobouw geeft weer hoe de huidige situatie van sommige ondergrondse stations in Nederland op dit moment is. Deze situatie wordt mede veroorzaakt doordat er geen eenduidige regels lijken te zijn met betrekking tot het brandveilig ontwerpen van ondergrondse stations. Gezien het feit dat de ruimte in Nederland beperkt is wordt er steeds vaker meervoudig ruimtegebruik toegepast. Dit betekent dat er meer ondergronds gebouwd wordt en moet gaan worden.

Het doel van dit bachelor-eindwerk is om een handleiding voor het ontwerp van ondergrondse stations op te stellen. Met deze handleiding wil ik proberen een klein beetje helderheid te scheppen in de op dit moment bestaande wirwar van regels.

Om tot deze handleiding te komen, zal eerst in de literatuur onderzocht worden wat veiligheid en brand precies inhouden. Ook zal in de aanwezige wet-en regelgeving onderzocht worden welke regels er nu voor ondergrondse stations gelden. Aan de hand van deze gegevens zal de handleiding opgesteld worden. Met deze handleiding wordt een case-studie verricht om te kijken of de handleiding in de praktijk werkt.

In hoofdstuk 2 is de precieze probleemomschrijving met randvoorwaarden opgenomen. In de Hoofdstukken 3 en 4 staat beschreven wat veiligheid en brand inhouden. In hoofdstuk 5 wordt onderzocht welke regels het Bouwbesluit, de Amsterdamse Bouwverordening, de VEST en de VEMT voorschrijven op het gebied van brandveilig ontwerpen. In hoofdstuk 6 wordt uitgelegd hoe tot deze richtlijn gekomen is. Oorspronkelijk was het doel een handleiding op te stellen, maar de term richtlijn sluit beter aan bij de inhoud van het document. De richtlijn zelf is te vinden in bijlage G. In hoofdstuk 7 is een case studie verricht om te kijken of de richtlijn in de praktijk werkt.

In de conclusie en aanbevelingen staat beschreven hoe dit onderzoek voorgezet moet worden. In bijlage A staan de definities van vaktermen omschreven.

1: uit Cobouw, pagina 1, 13juli 2007

2. Doelstelling & randvoorwaarden

2.1 Doelstelling

Het doel van dit bachelor-eindwerk is drieledig:

1. Het vaststellen of er regelgeving dan wel richtlijnen zijn aangaande het brandveilig ontwerpen van ondergrondse stations.
2. Een handleiding opstellen voor het toepassen van de regelgeving op het ontwerp van ondergrondse stations met betrekking tot brandveiligheid.
3. Het mogelijk toepassen van deze handleiding op een station.

2.2 Randvoorwaarden

Alleen de voor de handleiding relevante aspecten zullen onderzocht worden in dit rapport. Er zijn ook aspecten die wel met brandveiligheid te maken hebben, maar niet met het ontwerpen van brandveilige stations. Deze aspecten worden buiten beschouwing gelaten.

Hier volgt een overzicht van de aspecten die wel in het onderzoek betrokken zullen worden.

Ontwerp

- geometrie van vluchtroutes
- geometrie van station

Conditie

- grote van te verwachten brand
- warmte
- zicht
- rookontwikkeling

Preventie

- compartimentering
- sprinklerinstallatie
- rook en warmte afvoer

Technisch

- gedrag van materialen bij brand

De volgende aspecten hebben wel te maken met (brand)veiligheid, maar zullen niet onderzocht worden.

Technisch

- gedrag van constructies bij brand

Protocollen

- hoe de brandweer te waarschuwen
- hoe personeel moet handelen

Veiligheid

- definiëren van wat een acceptabele veiligheid is

3. Veiligheid

De begrippen veilig en veiligheid zijn als volgt volgens Van Dale, *groot woordenboek voor de Nederlandse taal* omschreven:

*Veilig*²: *buiten gevaar, beschermd tegen personen of gevaren die iemand bedreigen.; zodanig dat men of iets tegen aantasting of gevaar verzekerd is.*

*Veiligheid*²: *toestand van iemand die of iets dat veilig is.*

In het ontwerpen van gebouwen kunnen we veiligheid in twee aspecten opdelen, namelijk sociale veiligheid en fysieke veiligheid. [4]

Sociale veiligheid is een gevoel van veiligheid hebben. Dit betekent dat reiziger in een station bijvoorbeeld het idee heeft dat er geen brand kan uitbreken, of dat deze brand snel bestreden kan worden. Deze vorm van veiligheid wordt in dit onderzoek niet onderzocht.

Fysieke veiligheid is het daadwerkelijke risico dat men loopt. Deze kan berekend worden met de volgende formules:

Risico= kans*gevolg

Een systeem is fysiek veilig als:

$$\frac{\text{risico}}{\text{aanvaardbaar}_\text{risico}} \leq 1$$

Gevolg kan bestaan uit schade aan de economie, het gebouw, en lichamelijke schade. Kans is de kans dat een brand werkelijk optreed.

Om de veiligheid zo groot mogelijk te maken is het dus de bedoeling om de kans op een ongeval zo klein mogelijk te maken en de gevolgen van een brand zo veel mogelijk te beperken. Dit alles als we het aanvaardbaar risico als een gegeven veronderstellen. Bij het brandveilig ontwerpen zal geprobeerd worden de fysieke veiligheid zo groot mogelijk te maken.

Een gebouw veilig ontwerpen betekent echter wel het dusdanig ontwerpen dat de gebruiker zowel sociale als fysieke veiligheid geniet. Deze veiligheid geldt niet alleen voor brandveiligheid, maar ook op ander gebieden, bijvoorbeeld gebruiksveiligheid en het aanwezig zijn van een veilige constructie.

2: uit Van Dale, Groot woordenboek van de Nederlandse Taal, 14^e druk

4. Oorzaken & gevolgen brand

4.1 Het ontstaan van een brand

Om een brand te creëren zijn er drie benodigdheden, namelijk een ontsteking, zuurstof en brandbaar materiaal.[4]

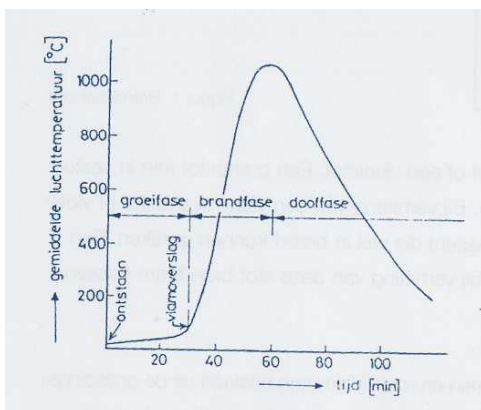
Ontstekingsmateriaal kan voldoende aanwezig zijn op een metrostation. Mogelijke ontstekingsbronnen zijn kortsluiting in de bovenleiding van een metro. Maar ook een weggegooide sigarettenpeuk of een aansteker.

Ook zuurstof is voldoende aanwezig in een metrostation. Dit is voor de reiziger een noodzakelijke voorwaarde. Het percentage zuurstof heeft wel invloed op de snelheid en de felheid van de brand. Hoe lager het percentage zuurstof hoe minder agressief de brand.

Brandbaar materiaal is ook in voldoende mate aanwezig in een metrostation. Voorbeelden zijn mogelijke verkooppunten van goederen, bankjes om op de metro te wachten, en natuurlijk de metro zelf. Uiteindelijk zal de hoeveelheid brandbaar materiaal de grootte van de brand bepalen. In paragraaf 4.3 wordt toegelicht hoe de grootte van een brand gekwantificeerd kan worden.

4.2 Brandfasen

Na de ontsteking kent een brand drie fasen, de groeifase, de brandfase en de dooffase. In de groeifase gaat het ontbrandde materiaal steeds heviger branden. Op het moment dat de brandfase aanbreekt ontbranden de in de lucht aanwezige gassen spontaan. Dit wordt vlamoverslag of flash-over genoemd. Dit gaat samen met een grote temperatuurstijging. Wanneer er geen brandbare materialen meer in aanwezig zijn breekt de dooffase aan. [1]



Figuur 1: Brandverloop; uit praktijkgids *Bouwbesluit brandveiligheid* pagina 14 [1]

4.3 Bijdrage vuurbelasting

De bijdrage aan de vuurbelasting is met onderstaande formule te berekenen.

$$q = \frac{1}{A} * \sum H_i * m_i \quad \text{volgens NEN 6090 [9]}$$

waarin:

q is de vuurbelasting in MJ/m^2 ;

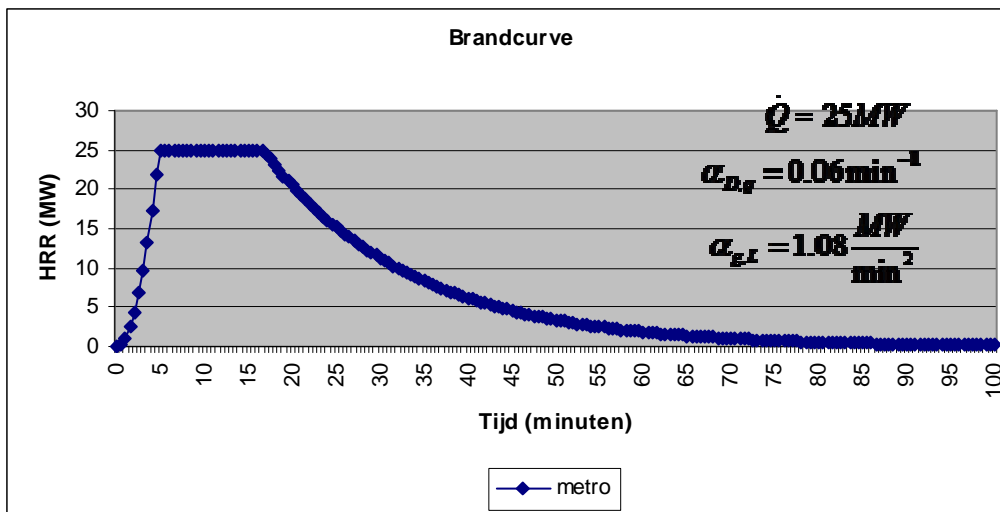
A is de netto-vloeroppervlakte van het bouwwerk

H_i is de netto-verbrandingswaarde van het brandbare materiaal i , in MJ/kg ;

m_i is de totale massa van het brandbare materiaal i dat bijdraagt aan de vuurbelasting

Er zijn verschillende modellen die weergeven hoe de in de berekende vuurbelasting in de tijd verdeeld is.

Het verband tussen tijd en HRR (Heat Rate Release) zal worden benaderd met de kwadratische curve van Ingason. [3] Er is voor deze curve gekozen omdat de curve een redelijk beeld van de werkelijkheid geeft. Ook de ITA werkt (International Underground and Space Association) met het model van Ingason.



Een probleem bij het opstellen van deze curve is de hoeveelheid brandbaar materiaal bepalen. Er zijn voor verschillende voertuigen gestandaardiseerde waarden opgesteld. Ingason schat dat de maximale sterkte van een brand in een metro 35 MW is.

Figuur 2: verband tijd en heat relase rate

Met de komst van nieuwe metrostellen die steeds brandongevaarlijker worden schat Peutz [5] de brandsterkte voor een metrostel lager in, namelijk maximaal 25 MW. Daarom wordt deze waarde voor als maximale brandsterkte gekozen. Vanwege het argument dat metro's steeds brandongevaarlijker worden wordt de waarde van 25 MW gekozen.

Hieruit volgt bovenstaande brandcurve voor een metro. Hoe deze curve precies is opgesteld is te zien in bijlage D. Daar staat ook het verband tussen temperatuur en tijd volgens Rijkswaterstaat. Dit om de lezer een idee te geven van hoe de temperatuur zich in de tijd ontwikkeld bij een brand van deze sterkte.

5. Wet en regelgeving

5.1 Onderzoeksaspecten

In dit hoofdstuk zal eerst besproken worden hoe de huidige wet en regelgeving voor de bouw in elkaar zit. In dit hoofdstuk zal gekeken worden wat de het Bouwbesluit [6] en de Amsterdamse Bouwverordening [7] voorschrijven over brandveiligheid in ondergrondse stations. Er zijn ook twee speciale regelgevingen die voor tunnels gelden. De Veiligheidseisen voor treintunnels (VEST) [11] wordt uitgegeven door Prorail. De Veiligheidseisen voor tram- en metro tunnels (VEMT) [12] geeft adviezen voor tram- en metrotunnels. Dit document is uitgegeven door het ministerie van Rijkswaterstaat.

Er is gekozen voor de Amsterdamse Bouwverordening omdat daar op dit moment wordt gewerkt aan de Noord-Zuidlijn.

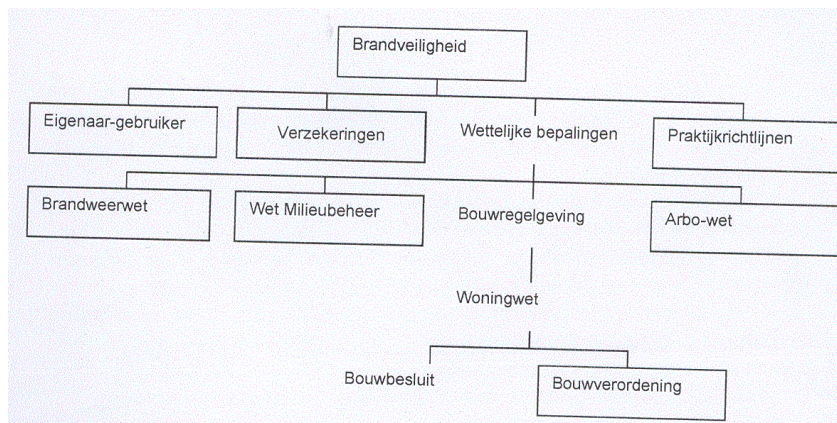
De verschillende wetgevingen zullen onderzocht worden op:

- materialen en constructie
- condities tijdens de brand
- blus en detectievoorzieningen
- vluchtwegen

5.2 Huidige regelgeving

5.2.1 Algemene regelgeving

Onderstaande figuur laat zien, welke voorschriften en richtlijnen een rol spelen in de wet en regelgeving in de brandveiligheid van gebouwen. [4]



Figuur 3, voorschriften, richtlijnen en relaties. Uit Functionele maatregelen t.b.v. van Brandveiligheid in Ondergrondse stations, pagina 51

Praktijk richtlijnen, eisen van verzekeringen en gebruikers monden uit in een aantal wettelijke bepalingen.

De brandweerwet, wet milieubeheer en de Arbo-wet monden uit in bouwregelgeving

Uit de figuur is te zien dat een gebouw dat voldoet aan het Bouwbesluit en de

Bouwverordening voldoet aan de geldende wet en regelgeving.

Al deze wetten en regelingen monden uit in het Bouwbesluit en de lokale Bouwverordening.

5.3.2 Specifieke regelgeving

Wanneer een ondergrondse tunnel wordt ontworpen moet in de plan- en ontwerpfase de ideeën verplicht getoetst worden bij de commissie tunnelveiligheid.

Een ondergrondstation zal vrijwel altijd in een tunnel liggen, en daarom moet ook een ondergrondstation bij de commissie tunnelveiligheid getoetst worden. De ontwerper moet ook een scenario analyse maken waarin wordt aangetoond dat het station voldoende veilig is. Verder moet een heavy rail altijd aan de VEST voldoen. De VEST is officiële regelgeving. Voor light rail is de VEMT geschreven. Dit is nog geen officiële regelgeving, omdat over de inhoud van deze regelgeving nog geen consensus is tussen de betrokken partijen.

5.3 Het Bouwbesluit

5.3.1 De Opzet van het Bouwbesluit

Het Bouwbesluit bevat voorschriften op het gebied van veiligheid gezondheid bruikbaarheid en energiezuinigheid. Het Bouwbesluit is opgesteld aan de hand van functionele eisen, waar mogelijk uitgewerkt in prestatie-eisen.

Het Bouwbesluit geeft geen voorschriften over de condities die moeten heersen.

Soms wordt voor een prestatie-eis verwezen naar de Nederlandse Normen (NEN)

In bijlage B is een overzicht opgesteld van welke regels er formeel gelden volgens het Bouwbesluit.

Een ondergronds station valt volgens het Bouwbesluit in de categorie *Overige gebruiksfunctie voor personen vervoer*.

5.3.2 Conclusies uit het Bouwbesluit

Uit de regels blijkt dat:

- De constructie 60 minuten brandveilig moet zijn.
- Het materiaal aan bepaalde voorwaarden moet voldoen.
- Er veel regels voor vluchtwegen zijn.
- Het gebouw gecompartmenteerd moet worden in rook en brand compartimenten.
- Er een hoeveelheid blusvoorzieningen moet zijn.
- Er regels zijn voor de hoeveelheid rookontwikkeling.
- Het Bouwbesluit in het algemeen gericht is op bouw boven maaiveld.

5.4 De Bouwverordening

5.4.1 De opzet van de Bouwverordening

Deze richtlijn is opgesteld voor de gemeente Amsterdam. Er worden regels in geformaliseerd en gekwantificeerd waarvan men redelijkerwijs kan begrijpen dat deze in acht genomen moeten worden. Het betreft regels op het gebied van bouw, onderhoud en de aanwezigheid van voorzieningen. In Bijlage C staat een overzicht van de regels die gelden op het gebied van brandveiligheid ten aanzien van een ondergronds station.

5.4.2 Conclusies uit de Bouwverordening

De Bouwverordening Amsterdam geeft voor ondergrondse gebouwen op het gebied van brandveiligheid regels ten aanzien van:

- algemene zaken
- brandblusinstallatie
- brand herkenning
- onderhoud en controle voorschriften

5.6 Veiligheidseisen voor treintunnels (VEST)

5.6.1 Opzet VEST

Het projectteam Tunnelveiligheid heeft een beleid opgesteld met als doel het vaststellen en handhaven van het huidige veiligheidsniveau voor weg als rail tunnels.

De VEST is ontstaan uit de Europese richtlijn, de Technical Specification for Interoperability, Safety in Railway Tunnels (TSI SRT), de huidige praktijk, en de eerder geformuleerde regels.

De VEST is opgesteld voor heavy railtunnels, maar ook relevant voor light rail tunnels zoals metro's en trams. De VEST is bedoeld voor tunnels tussen de 250 meter en de 20 kilometer. Stations in tunnels behoren ook tot de scope van de VEST.

In bijlage E staat welke regels volgens de VEST gelden met betrekking tot brandveiligheid in ondergrondse stations.

5.6.2 Conclusies VEST

De VEST is vooral gericht op tunnels. De meeste eisen hebben hier dan ook betrekking op. De VEST geeft ook aan wat voor een sterkte de brand minimaal moet kunnen verdragen, maar geeft hier geen condities voor.

De VEST geeft ook enkele nieuwe eisen op het gebied van de vluchtweg geometrie.

5.7 Veiligheidseisen voor tram- en metro tunnels (VEMT)

5.7.1 Opzet VEMT

De VEMT is opgesteld naar aanleiding van de Beleidsnota tunnelveiligheid 2005. In de VEMT worden tram en metro tunnels tot 20 kilometer onderzocht. Dit betekent in de praktijk dat voor alle tram en metro tunnels de VEMT moet gaan gelden. De VEMT geldt ook voor stations in tram en metro tunnels.

De VEMT bespreekt een aantal veiligheidsconcepten. De VEMT geeft zowel eisen aan tunnels, rijdend materieel, en personeel. De eisen hebben betrekking op alles dat met veiligheid te maken heeft: energieregeling, calamiteiten oefening en brandveiligheid. In bijlage F staat welke regels volgens de VEMT gelden met betrekking tot brandveiligheid in ondergrondse stations.

5.7.2 Conclusies VEMT

De VEMT geeft veel concrete eisen. Voorbeelden hiervan zijn de kleur van de deur, en de acceptabele condities tijdens het vluchten. Ook geeft de VEMT zowel aan wat voor een brand de constructie moet kunnen verdragen. De VEMT is ook het enige document wat condities tijdens de vlucht geeft.

5.8 Conclusies huidige wet en regelgeving

Wanneer alle vier regelgevingen worden samengevoegd blijkt dat er regels zijn op de volgende gebieden:

- materialen en constructie
- condities tijdens de vlucht
- blus en detectievoorzieningen
- vluchtwegen

Ook blijkt dat het Bouwbesluit en de Bouwverordening niet goed ingericht zijn op ondergrondse bebouwing.

Verder blijkt dat de regels niet helemaal eenduidig zijn, de geometrie eisen voor vluchtwegen verschillen een beetje.

Ook staat er nergens wat de minimale brandsterkte is dat een station moet kunnen dragen. Wel wordt naar enkele brandcurven gerefereerd, en er worden condities genoemd waarin de reiziger minimaal moet kunnen vluchten.

6. Handleiding

Het doel van de handleiding is de ontwerper een handreiking te doen bij het brandveilig ontwerpen van ondergrondse stations. Wanneer het ontwerp van een ondergronds station voldoet aan deze handleiding, voldoet een ontwerp aan de in Nederland geldende wetten en regels.

Dit betekent echter niet dat het ontwerp dan per definitie brandveilig is. Voor een brandveilig ontwerp is een kritische benadering van ieder ontwerp noodzakelijk, het voldoen aan de wetten en regels alleen is niet voldoende. Juist om deze reden is de term handleiding niet toereikend. Dit zou een ontwerper doen vermoeden dat hij slechts de regels hoeft na te lopen. Daarom is de term richtlijn gekozen, de ontwerper weet nu dat een kritische kijk op het ontwerp noodzakelijk is. In het vervolg zal dan ook over richtlijn in plaats van handleiding gesproken worden.

Deze richtlijn bestaat uit een samenvatting van de in Nederland geldende wet regelgeving op het gebied van brandveiligheid bij ondergrondse constructies. De onderzochte documenten zijn het Bouwbesluit en de Amsterdamse Bouwverordening. Verder zijn nog toegevoegd Veiligheidseisen voor treintunnels, hierna VEST. En Veiligheidseisen voor tram- en metrotunnels, hierna VEMT.

Deze richtlijn is opgesteld aan de hand van vijf thema's. Eerst worden de algemene eisen voor ondergrondse stations genoemd. Hierna worden de eisen met betrekking tot de condities, en eisen voor minimaal te nemen preventie- en brandbestrijdingsmaatregelen besproken. Ten slotte worden de vluchtwegen besproken. Dit wordt in deze richtlijn als een apart constructie onderdeel gezien waarvoor specifieke eisen gelden.

Aan het eind van ieder hoofdstuk staan een aantal adviezen. De adviezen zijn soms een aanvulling op en soms een verscherping van de wet. Met deze adviezen wordt de ontwerper geholpen kritisch naar zijn ontwerp te kijken om zodoende een betere brandveiligheid te realiseren.

Daar waar mogelijk zijn deze adviezen gekwantificeerd, daar waar dat niet mogelijk is, zijn alleen de van belang zijnde factoren genoemd om tot een brandveilig ontwerp te komen.

De gehele richtlijn staat in bijlage G. Omdat het praktisch is dat deze later als stand-alone document kan worden uitgegeven staat voorgaande tekst ook in de handleiding.

7. Case-studie metrostation

7.1 Doel Case-studie

Het doel van deze case is om te onderzoeken in hoeverre de opgestelde richtlijn in de praktijk functioneel is. Om dit te onderzoeken zal het fictieve Swiftstation op brandveiligheid getoetst worden volgens de richtlijn. In de paragraaf situatie zal uitgelegd worden hoe het station is opgebouwd, hoeveel personen er aanwezig zijn en wat de



grootte van de te verwachten brand is. In bijlage I is het station aan de richtlijn getoetst. In paragraaf 7.3 worden de praktische uitkomsten daarvan gegeven. Tot slot staat in de conclusie hoe brandveilig het station is, wat zwakke plekken zijn en hoe de brandveiligheid verbeterd kan worden. In paragraaf 7.5, *richtlijn in de praktijk*, staat hoe de richtlijn in de praktijk functioneert en wat hier nog aan verbeterd kan worden.

Figuur4: Impressie van station; bron: www.noordzuidlijn.nl

7.2 Situatie

7.2.1 Station

Dit fictieve metrostation lijkt erg op station Rokin, dat aan de Amsterdamse Noordzuidlijn ligt. Toch zal het een fictief station genoemd worden, omdat dit ontwerp niet voldoende op station Rokin lijkt om het zo te noemen.

De tekeningen met grove maten zijn te vinden in Bijlage H. In de langsdoorsnede heeft het plafond in het midden een verlaging zodat de rookcompartimentering gewaarborgd is. Tussen de roltrappen en het perron zijn grote glazen wanden opgenomen om enerzijds een transparant station te hebben, maar anderzijds er voor te zorgen dat eventuele rook en warmte niet via de vluchtweg afgevoerd kan worden.

De roltrappen maken een hoek van 30° graden met de horizontaal. Dit betekent dat zij als vluchtwegen beschouwd kunnen worden. In het geval van brand zal de stroomrichting van alle roltrappen omhoog zijn. Om de stroomvoorziening te garanderen is een noodaggregaat voorhanden.

7.2.2 Condities

Om de condities te testen wordt met de groots mogelijke te verwachten brand gewerkt. De grootte van deze brand is 25 MW en vindt plaats in een aanrijdende metro.

7.3.3 Personen

De brand zal uitbreken op het slechtste moment. Dit is tijdens de ochtendspits. Er zijn op dat moment 4313 wachtenden op het perron. In de metro zijn nog 300 personen. Dit zijn samen 4613 personen. Deze moeten allemaal vluchten via de roltrappen.

In bijlage J staat een berekening van aanwezige personen en een berekening van de vluchtcapaciteit.

7.3 Toetsing volgens richtlijn

7.3.2 Brandwerendheid

De constructie is 120 minuten brandwerend als voor beton de volgende dekking wordt toegepast [10]:

- bij wanden 50 mm
- een balk moet minimaal 200 mm breed zijn met een dekking van 50 mm
- kolommen moeten minimaal 400 dik zijn met een dekking van 45 mm

Wanneer de constructie 120 minuten brandwerend is, is de constructie waarschijnlijk ook bestand tegen de belasting volgens de Eureka- en Rijkswaterstaat curve.

7.3.3 Materiaalklasse

Volgens de regels moet materiaal van een bepaalde klasse zijn. Nergens staat echter welk materiaal van welke klasse is. Vermoedelijk is beton en staal wel van materiaal klasse 1, omdat er weinig brandenergie vrijkomt.

7.3.4 Voorschriften

De voorschriften zijn niet van toepassing voor ontwerpen van een ondergronds station. Tijdens de exploitatiefase zijn de voorschriften wel van toepassing.

7.3.5 Conditie

Het is niet mogelijk om de precieze aard van de condities te bepalen zonder CFD berekeningen. Dit geldt voor zowel de temperatuur, warmtestraling als de zichtlengte. Het vinden van de rookbijdrage van materialen blijkt in de praktijk ook lastig.

7.3.6 Preventie

Door het aanleggen van een rookcompartiment in de lengterichting van het station (zie tekening) voldoet het ontwerp aan alle compartimenteringsregels. De grootte van het brandcompartiment is groter dan 1000m^2 . Omdat de gebruiksruimte ook groter is dan 1000m^2 is dit toegestaan. Het ontwerp van de RWA installaties is niet gedetailleerd genoeg om te bepalen of er voldoende maatregelen zijn genomen. Dit is ook afhankelijk van de condities die maximaal op mogen treden. Opgemerkt moet worden dat de RWA dusdanig veel rook en warmte moeten kunnen afvoeren dat bij een brand van 25 MW nog juist aan de gestelde condities voldaan kan worden.

7.3.7 Branddetectie

Omdat van de branddetectie en de blusvoorzieningen geen gedetailleerd ontwerp beschikbaar is, is niet te bepalen of ze al dan niet voldoen aan de richtlijn. Maar redelijkerwijs zijn deze voorzieningen zo te ontwerpen dat ze aan de regels voldoen en daarmee voldoende veilig zijn.

7.3.8 Conditie op de vluchtweg

De condities moeten bepaald worden door middel van CFD berekeningen. De condities op de vluchtroute zijn door het aanbrengen van de glazen wand beter dan zonder de glazen wand.

De capaciteit van de RWA installatie moet dusdanig zijn dat er nog aan de eisen voor de minimale condities voldaan wordt. Voor de rookafvoer moeten aparte maatregelen genomen worden, het is niet wenselijk dit via de vluchtroute te doen. Hier moeten dus aparte voorzieningen voor gerealiseerd worden.

7.3.9 Vluchtcapaciteit & profiel vrije ruimte op de vluchtweg

De wetgever heeft een aantal eisen opgesteld met betrekking tot de breedte van een profiel. Dat niet helemaal aan het profiel aan vrije ruimte wordt voldaan is niet goed omdat er nu misschien geen twee rijen reizigers over de trap kunnen vluchten.

Wel moet opgemerkt worden dat er voldoende vluchtcapaciteit is, zie bijlage J.

In tabel 1 is te zien dat wanneer er een trap faalt of het aantal reizigers groeit de capaciteit niet meer voldoende blijkt. Een trap kan falen door een storing, maar bijvoorbeeld ook door onderhoud.

Scenario	Aantal te evacueren	Mogelijk te evacueren	Capaciteit
Worse case	4613	4860	+247
Worse case + 1 trap faalt	4613	4050	- 563
Worse case + 10% reizigers groei	5063	4860	- 203

Tabel 1: aantal te evacueren personen bij mogelijke scenario's

7.3.10 Bewijzing & Verlichting van vluchtweg

Het ontwerp is niet dusdanig gedetailleerd dat dit getoetst kan worden. De eisen ten aanzien van bewegwijzing en verlichting zijn wel van dien aard dat hier redelijkerwijs aan voldaan kan worden. Doordat alle vluchtwegen ook reguliere toegangen zijn, is het te verwachten dat de reiziger de weg goed kent en daardoor geen of weinig bewegwijzing nodig heeft.

7.4 conclusie brandveiligheid van het station

Samenvattend kan gesteld worden dat de geometrie van het station op dit moment voldoet. Ook de gebruikte materialen zijn vermoedelijk van voldoende kwaliteit. Er kan niets gezegd worden over de heersende condities tijdens de brand. Hiervoor ontbreken gegevens over de grootte van de RWA installaties en zijn CFD berekeningen noodzakelijk.

De vluchtcapaciteit voldoet bij de gestelde aannamen nog net, maar wanneer er een kleine verandering van de situatie optreedt, voldoet de vluchtcapaciteit niet meer. Dit is het grootste knelpunt in het ontwerp. Het verbreden van de vluchtwegen zou een verbetering in het ontwerp zijn. Door deze verbreding zal ook de capaciteit groter worden.

7.5 De richtlijn in de praktijk

In de praktijk blijkt dat de richtlijn de ontwerper kan helpen om te komen tot een ontwerp dat brandveilig is. Ook moet geconcludeerd worden dat de regelgeving niet altijd aansluit op de praktijk.

Zo blijkt het in de praktijk lastig te zijn om te achterhalen in welke materiaalklasse een product hoort. Wel is goed te bepalen hoe brandwerend een product is. Maar het is weer niet precies duidelijk hoe bepaald moet worden of een constructie tegen de Eureka curve bestand is. De brandpreventie eisen zijn eenduidig. De ontwerper kan hiermee in zijn ontwerp voldoende goede maatregelen nemen. De eisen met betrekking tot branddetectie zijn niet voldoende duidelijk. Er staat niet precies omschreven waar een goed branddetectie systeem aan moet voldoen. De eisen voor de condities zijn eenduidig. Maar de condities zijn niet zonder CFD berekening te bepalen. De eisen voor de vluchtgang zijn duidelijk en goed te bepalen. De ene eis is strenger dan de andere, de ontwerper zal de strengste eis moeten kiezen.

Om de richtlijn goed te laten functioneren is het noodzakelijk dat deze richtlijn goed op de praktijk aansluit. Dit kan gedaan worden door eisen nog concreter te definiëren. Vooral op het gebied van materiaalgebruik en branddetectie kan hier nog veel verbeterd worden. Het nagaan of de condities nog acceptabel zijn zal altijd een lastige vraag blijven waarbij CFD berekeningen vereist zijn.

8. Conclusie en Aanbevelingen

8.1 Conclusie

Een gebouw veilig ontwerpen betekent dat er zowel een sociale als fysieke veiligheid is, waarbij het laatste type veiligheid redelijk te kwantificeren is.

Een brand in een ondergronds station kan zeer snel zeer hoge temperaturen bereiken. Hier moet in het ontwerp van ondergrondse stations rekening mee houden. De maximale sterkte van een te verwachten brand in een ondergronds metrostation is 25 MW.

Uit onderzoek blijkt dat het Bouwbesluit regels geeft met betrekking tot de brandbaarheid van materialen en het functioneren van de constructie. Het Bouwbesluit kent ook zeer veel regels over vluchtwegen en de compartimentering van gebouwen. De Bouwverordening Amsterdam geeft vooral functionele regels. Voorbeelden hiervan zijn de regels over de hoeveelheid en kwaliteit van brandblusinstallatie alsmede de regels over het onderhoud en de controle van de voorschriften. Het blijkt dat men zowel bij het Bouwbesluit als bij de Bouwverordening uitgaat van bovengrondse bebouwing. Daarom zijn de regels van deze documenten soms niet streng of gespecificeerd genoeg. De VEST geeft een aantal specifieke regels over vluchtwegen. Ook geeft de VEST een de temperatuurcurve van Rijkswaterstaat, die aangeeft tegen welke brandbelasting de constructie minimaal bestand moet zijn. De VEMT geeft regels over branddetectie, vluchtdeuren en over de condities tijdens de vlucht. Daarmee is de VEMT het enige aankomende regelgevende document dat over condities voor vluchtende reizigers spreekt. De VEMT is officieel nog geen regelgevend document daar er bij de verschillende instanties nog geen consensus over is.

De richtlijn is samengesteld uit deze vier documenten. Aan het eind van ieder hoofdstuk zijn adviezen toegevoegd. Deze adviezen zijn een verscherping van, of een toevoeging op de wet. Hieronder volgt een opsomming van de belangrijkste adviezen:

- Brandwerendheid op 8 meter onder maaiveld al 120 minuten.
- Bij dragende constructieonderdelen altijd materiaalklasse A1 of A2 gebruiken.
- De RWA intallaties moeten in staat zijn dat op de vluchtroute de temperatuur lager is dan 50 ° Celsius, de zichtlengte groter dan 10 meter en de warmte straling lager dan 2 kW/m²
- Test de blusvoorzieningen ieder kwartaal
- Plaats abi's op risicovolle plaatsen
- Zorg dat er voldoende vluchtcapaciteit is, de vluchtcapaciteit is 54 personen m⁻¹min⁻¹

Uit onderzoek blijkt ook dat wanneer een ontwerp aan de regels voldoet het nog maar de vraag is of men een brandveilig station heeft ontworpen. De ontwerper heeft dan ook de plicht om te alle tijden kritisch naar zijn ontwerp te kijken. Het is daarom beter om in plaats van het woord handleiding de lichtere term richtlijn te gebruiken.

Bij het uitvoeren van de case-studie blijkt dat het soms lastig is om de richtlijn in de praktijk toe te passen. De reden hiervan is dat veel regels niet gekwantificeerd zijn. Dit samenvattend is de opgestelde richtlijn een toevoeging op de huidige documenten met betrekking tot ondergronds bouwen. Het is in staat om de ontwerper te helpen bij het brandveilig ontwerpen van station. Er blijft echter een kritische kijk op het ontwerp noodzakelijk.

8.2 Aanbeveling

Om in de toekomst veilig ondergronds te kunnen bouwen is het noodzakelijk dat de regels meer gespecificeerd en gekwantificeerd worden. Op het gebied van branddetectie kunnen de regels nog veel meer gespecificeerd worden. De eisen ten aanzien van materiaalgebruik en vluchtweg-capaciteit moeten verscherpt en gekwantificeerd worden. In dit onderzoek is de brandveiligheid voor ondergrondse stations onderzocht. Het is slechts een kwestie van tijd voordat er meer, en andersoortige ondergrondse bebouwing gerealiseerd zal worden in Nederland. Deze gebouwen hebben overeenkomsten met ondergrondse stations, maar ook verschillen. Daarom is het noodzakelijk ook dat voor andere soorten ondergrondse gebouwen, zoals warenhuizen en uitgaansgelegenheden, specifieke regels met betrekking tot brandveiligheid opgesteld worden.

9. Literatuurlijst Eindrapport

Boeken

1. Boot-Dijkhuis C., *Bouwbesluit Brandveiligheid*, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft 2005

Verslagen en Rapporten

2. UPTUN Report WP2, Task Group 2, Target Criteria September 2005
3. Ingason H., *Design Fires in Tunnels*, Swedish National Testing System 2006
4. Tromp A.J., *Functionele maatregelen t.b.v. brandveiligheid ondergrondse stations*, afstudeerverslag TU Delft, februari 2004
5. Brandonderzoek metro; eindrapportage, ing J.D. den Boer en J.J. Mertens, augustus 2006

Normen en wetten en regelgevingen

6. Bouwbesluit 2003, Ministerie van VROM, 2007
7. Amsterdamse Bouwverordening, Gemeente Amsterdam, 2006
8. NEN 1363, Nederlandse Norm, augustus 1999
9. NEN 6065, Nederlandse Norm, mei 1997
10. NEN 6072, Nederlandse Norm, december 2001
10. NEN 6090, Nederlandse Norm oktober 2006
11. Veiligheidseisen voor treintunnels, matchen Europese TSI en nationale praktijk, Projectgroep tunnelveiligheid, maart 2007
12. Veiligheidseisen tram- en metrotunnels, ministerie van verkeer en Rijkswaterstaat, november 2006

Bijlage A: Definities en Afkortingen [4]

Brandcompartiment

Een brandcompartiment is bedoeld om gedurende een bepaalde tijd te voorkomen dat de brand zich verder kan uitbreiden dan het brandcompartiment waarin de brand is ontstaan. Binnen deze tijd kan de brandweer handelend optreden en voorkomen dat de brand een grotere omvang aanneemt dan de omvang van het compartiment. Tevens kunnen gebruikers deze tijd benutten om zich, buiten het compartiment waarin de brand is, in veiligheid te stellen.

Een brandcompartiment moet daarvoor aan diverse voorschriften voldoen. Onder meer zijn er voorschriften gesteld aan de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag van een scheidingsconstructie tussen het brandcompartiment en een andere ruimte. In de definitie van brandcompartiment is gebouwen vervangen door bouwwerken

Brand- en rookvrije vluchtroute

Een brand- en rookvrije vluchtroute voldoet niet alleen aan de eisen die gelden voor een rookvrije vluchtroute, maar ook aan eisen die voorkomen dat de vluchtroute vroegtijdig door brand wordt afgesneden.

CFD berekeningen

Computational Fluid Dynamics berekeningen

NEN

Nederlandse Norm

Ondergronds gebouw

Gebouw waarvan het hoogst gelegen vloer oppervlak meer dan 8 meter onder het maaiveld ligt.

Rookcompartiment

Een brandcompartiment kan worden opgedeeld in rookcompartimenten. De indeling in rookcompartimenten heeft tot doel bij brand veilig vluchten zonder hinder van rook mogelijk te maken. De eisen die aan een rookcompartiment worden gesteld zorgen ervoor dat de door de rook af te leggen weg niet te lang wordt.

Rookvrije vluchtroute

Onder een rookvrije vluchtroute wordt een route verstaan waarlangs de in een gebouw aanwezige personen zich bij brand zelfstandig in veiligheid kunnen stellen. Om te bewerkstelligen dat die personen bij het vluchten geen direct gevaar voor leven en gezondheid lopen, dient die route onder meer te voldoen aan voorschriften met betrekking tot rookwerendheid.

Deze route mag uitsluitend over vloeren, hellingbanen of trappen voeren, omdat het gebruik van bepaalde mechanische voorzieningen zoals liften en roltrappen bij brand risico's met zich meebrengt.

RWA

Rook en warmte afvoer

Verblijfsgebied

Gedeelte van een gebruiksfunctie met ten minste een verblijfsruimte, bestaande uit een of meer op dezelfde bouwlaag gelegen aan elkaar grenzende ruimten anders dan een toiletruimte, een badruimte, een technische ruimte of een verkeersruimte.

VEST

Veiligheidseisen voor treintunnels

VEMT

Veiligheidseisen voor tram- en metro tunnels

Bijlage B: Regels Bouwbesluit [6]

Overzicht eisen die voor een ondergronds station gelden.

Constructie

- De hoofdconstructie moet 60 minuten brandveilig zijn. (paragraaf 2.13.1 artikel 2.106)
- Het dak van het bouwwerk is niet brandgevaarlijk.
- De materialen moeten aan de volgende eisen voldoen: (paragraaf 2.12.1 artikel 2.93)

		Klasse
Binnen	Brand en rookvrije vluchtroute	2
	Rookvrije vluchtroute	4
	Overig	4

Materiaalklasse volgens NEN 6065 [9]

De loopafstand van het rookcompartiment tot de vluchtroute is ten hoogste 30 meter. (Paragraaf 2.18 artikel 2.172)

Uit het rookcompartiment lopen twee vluchtroutes, die nergens, behalve bij de ingang samenvallen. (Paragraaf 2.18 artikel 2.154)

Toegang verblijfsruimte

Een toegang voert niet door een verblijfsruimte behalve in specifieke gevallen (paragraaf 2.17 artikel 2.146)

Mochten er meerdere toegangen noodzakelijk zijn, dan moeten deze tenminste 5 meter uit elkaar liggen (paragraaf 2.17 artikel 2.146)

Blusvoorzieningen

Er moet een droge blusleiding aanwezig zijn zodanig dat de brandslangaansluiting niet verder dan 35 meter van het rookcompartiment zit. (paragraaf 2.20 artikel 2.192)

Een brandslanghaspel is zodanig dat ieder punt vermeerderd met 5 meter bereikt kan worden. (Paragraaf 2.20 artikel 2.192)

Vluchtroute

De vluchtroute moet gedurende 30 minuten rookvrij zijn. (paragraaf 2.19.1 artikel 2.167)

De deuren op de vluchtroute moeten met de vluchtrichting mee openen en zelf sluitend zijn. (paragraaf 2.17.1 artikel 2.148)

De minimale deurbreedte:

(mm)breedte deur = oppervlakte verblijfsruimte(m²) * 5.5

De vluchtroute is tenminste 0.85 meter breed, en 2.3 meter hoog voor zover deze niet over een trap voert. (paragraaf 2.17.1 artikel 2.148)

Een vluchtroute leidt naar een aansluitend terrein en vanaf daar naar de openbare weg.
(paragraaf 2.18 artikel 2.154)

De maximale afstand tussen een rook compartiment en een vluchttrappenhuis is 30 meter.
(paragraaf 2.19.1 artikel 2.185 lid 5)

De branddoorslag tussen twee rookvrije routes bedraagt tenminste 30 minuten, behalve daar waar de routes samenvallen. (paragraaf 2.18 artikel 2.172)

Vuurbelasting* netto vloeroppervlak \leq 3500 MJ in een trappenhuis.
Een nooddeur is geen schuifdeur. Geen enkele deur draait tegen de vluchtrichting in.
(paragraaf 2.18 artikel 2.170)

Conditie

Rookontwikkeling

De rookontwikkeling in de brandvrije ruimte is maximaal 2.2m^{-1}
(paragraaf 2.13.1 artikel 2.104)

Wanneer het materiaal aan klasse 1 voldoet kan hiervoor een lagere norm gehanteerd worden. (paragraaf 2.15.1 artikel 2.126)

Preventie

Compartimentering

- De maximale grote van een compartiment mag 1000m^2 zijn. Tenzij de gebruiksfunctie groter dan 1000m^2 is. (paragraaf 2.13.1 artikel 2.104)

Rookafvoer

De rookafvoer is brandveilig (paragraaf 2.11.1 artikel 2.84)

De materialen van de rookafvoer zijn bestand tot een temperatuur van 90° Celsius.
(paragraaf 2.11.1 artikel 2.84)

De uitmonding van de rookafvoer heeft een afstand van tenminste 15 meter tot een ander gebouw. (paragraaf 2.11.1 artikel 2.84)

Bijlage C: Regels Bouwverordening Amsterdam [7]

Algemeen

Voor een gebouw moet een gebruiksvergunning afgegeven zijn. (artikel 6.1.1)

Het is verboden om een gebouw te gebruiken in strijd met de gebruikeisen.(artikel 6.2.1)

Het is verboden brandbare, of gevaarlijke stoffen in of nabij een gebouw te hebben (artikel 6.2.2)

Brandblusinstallatie

Er moet een geldig certificaat zijn voor de brandblusinstallatie zijn. (artikel 6.3.1)

Er moet een goed onderhouden bluswaterwinplaats zijn, met voldoende bluswater Alarmknoppen en vluchtwegen dienen altijd duidelijk zichtbaar te zijn (artikel 6.3.1)

De droge blusleiding moet een druk hebben van 1600 Kpa, en tenminste een maal per jaar geïnspecteerd te worden door een terzake kundige. (artikel 6.4.6)

Een brandweerlift moet tenminste 1 maal per 5 weken gecontroleerd worden (artikel 6.4.7)

Branddetectie

De brandmeldinstallatie moet goed beheerd gecontroleerd en onderhouden worden. (artikel 6.4.8)

Controle voorschriften

De droge blusleiding moet een druk hebben van 1600 Kpa, en tenminste een maal per jaar geïnspecteerd te worden door een terzake kundige. (artikel 6.4.6)

Een brandweerlift moet tenminste 1 maal per 5 weken gecontroleerd worden (artikel 6.4.7)

De ontruimingsinstallatie moet een maal per 5 weken gecontroleerd worden, en goed werkend zijn. (artikel 6.4.7)

Vluchtwegen

Er moet een ontruimingsplan zijn (artikel 6.5.1)

De (nood) uitgangen dienen te alle tijde vrij van obstakels en voldoende stroef te zijn. (artikel 6.5.1)

Een nooduitgang moet van binnenuit te openen zijn. (artikel 6.5.1)

De vluchtwegen dienen goed onderhouden en direct over de minimaal vereiste breedte te kunnen beschikken. (artikel 6.5.1)

Een overdruk en luchtbehandelingsinstallatie moeten voldoen aan de daaromtrent gestelde eisen in het boek “een brandveilig gebouw installeren” (artikel 6.4.16)\

Rookafvoer

Rook en warmte afvoerinstallatie moet voldoen aan de daaromtrent gestelde eisen in het boek “ een brandveilig gebouw installeren” (artikel 6.4.16)

Een rookkanaal moet doeltreffend gereinigd zijn (artikel 6.4.16)

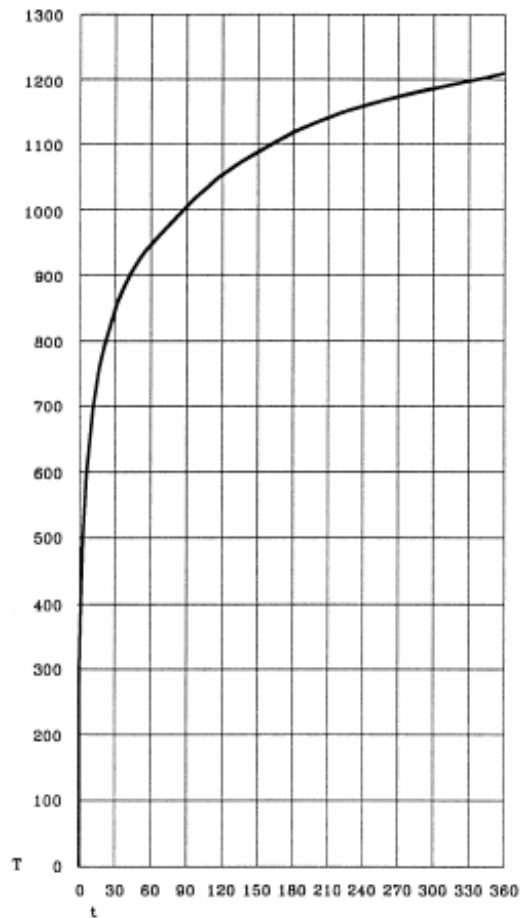
Bijlage D Brandcurve

Brandcurve volgens Ignason [3]

Quadratic growth Ignason [33]	$HRR = \alpha_{g,q} t^2$	$0 \leq t_{\max}$	$t_{\max} = \sqrt{\frac{\dot{Q}_{\max}}{\alpha_{g,q}}}$	$t_D = \frac{\chi E_{tot}}{\dot{Q}_{\max}} + \frac{2}{3} t_{\max} - \frac{1}{\alpha_{D,q}}$	If $t_D \leq t_{\max}$ no constant period, then $\dot{Q}_{\max} = \chi \alpha_{D,q} E_{tot} \left(1 - \frac{\alpha_{D,q}^{3/2}}{6} \sqrt{\frac{\chi E_{tot}}{\alpha_{g,q}}} \right)^2$ and $t_{\max} = \sqrt{\frac{\dot{Q}_{\max}}{\alpha_{g,q}}} = t_D$
	$HRR = \alpha_{g,q} t_{\max}^2 = \dot{Q}_{\max}$	$t_{\max} < t < t_D$			
	$HRR = \dot{Q}_{\max} e^{-\alpha_{D,q}(t-t_D)}$	$t \geq t_D$			

Bijlage D

Het verband tussen tijd en temperatuur wordt als volgt beschreven volgens NEN 1663.
[7] De temperatuur is na 30 minuten al tot 842 graden Celcius gestegen. Na een uur is de temperatuur al boven de duizend graden.



FiguurD1: verband tussen temperatuur en tijd in besloten ruimte bij brand.[7]

Horizontale as: Tijd in minuten

Verticale as: temperatuur in graden Celsius

Bijlage E: VEST

De VEST geeft de volgende eisen op het gebied van brandveiligheid in ondergrondse stations.

Constructie

De constructie moet tenminste 2 uur een thermische belasting volgens de RWS curve kunnen verdragen. (VEST, 4.2.2.3)

Materialen

Dragende constructieonderdelen zijn minimaal van klasse A2 uit EN13501 (VEST, 4.2.2.4)

Niet dragende constructieonderdelen zijn minimaal van klasse B uit EN13501 (VEST, 4.2.2.4)

Verblijfsruimte

Ruimten in ondergrondse stations met een vuurbelasting van meer dan 3500 MJ moeten aanvullende maatregelen genomen worden. (VEST, 4.7.8)

Blusvoorzieningen

Een station dient een blusleiding met een capaciteit van 2000 liter/minuut te hebben. (VEST, 4.2.2.13)

Brandbestrijding

Brandbestrijding moet mogelijk zijn. Hiervoor moeten bepaalde condities gelden. (VEST, 4.7.9)

Vluchtroute

Mensen moeten naar een veilige plaats kunnen vluchten. (VEST, 4.2.26)

Deur moet minimaal 1.4x 2 meter zijn

Vluchtgang moet minimaal 1.5*2.25 meter zijn

Of 0.75* 2.25 (VEST, 4.2.26 en 4.2.2.7)

Bij calamiteit dient er tenminste 90 minuten noodverlichting te branden.

De verlichting moet ten minste 10 lux zijn op het vloeroppervlak

De vluchtwegverlichting dient automatisch ingeschakeld te worden.

(VEST, 4.2.2.8)

Conditie

Geen eisen

Preventie

Tijdens 1.5 maal de vluchttijd moeten de condities begaanbaar zijn

(VEST, 4.7.7)

Bijlage F: VEMT

De volgende eisen gelden volgens de VEMT voor de brandveiligheid van ondergrondse stations in tunnels.

Brandbestendigheid

Een station moet minimaal intact moet blijven bij een gegeven temperatuur van de brand. Deze gegeven temperatuur is de Eureka curve. (VEMT 4.2.2.3)

Brandveiligheidseisen van bouwmaterialen

De materialen die deel uitmaken van de onderbouw van de tunnel dienen te voldoen aan de classificaties A2 of EN 13501-1:2002.

Panelen die geen deel uitmaken van de onderbouw en andere onderdelen dienen te voldoen aan de classificatie B of EN 13501-1:2002. (VEMT4.2.2.4)

Vluchtwegen

In de tunnel is per spoor een obstakelvrije vluchtweg aanwezig met een breedte van minimaal 1,2 meter en een hoogte van minimaal 2,1 meter (hierbij is uitgegaan van , dat er zich slechts aan één zijde van het spoor een vluchtpad bevindt)

Hoogte van het vluchtpad is zodanig dat het hoogteverschil tussen de treinvloer en het pad maximaal 0,4 meter bedraagt.

Het vluchtpad moet vlak en stroef zijn

De vluchtingangen hebben een breedte van 1,5 keer de breedte van het vluchtpad en een hoogte van 2,1 meter.

Per perron zijn er minimaal 2 onafhankelijke rookvrije vluchtroutes aanwezig.

Bij kabeldoorgangen tussen ruimtes met brandwerende scheidingen dient de kabeldoorgang aan dezelfde brandwerendheid te voldoen als de scheidingswand.

Toegangscontrolesystemen moeten automatisch worden geopend op basis van het ontruimingsalarm (VEMT4.2.2.6)

Verlichting vluchtroutes 4.2.2.8

Vluchtpadverlichting is verlichting die door zijn lichtsterkte het vluchtpad en de naaste omgeving verlicht en zichtbaar maakt.

de verlichting hangt op maximaal 1,5 meter boven het loopoppervlak van de vluchtweg

De intensiteit van het licht bedraagt tenminste 10 lux op het loopoppervlak van de vluchtweg

Bij detectie van een calamiteit dient de vluchtpadverlichting automatisch aangeschakeld te worden

Verlichting vluchtrouteaanduiding is verlichting van de bewegwijzering van de vluchtroutes (zie bewegwijzering vluchtroutes, paragraaf 4.2.2.9)

en verlichting vluchtroute aanduiding brandt permanent

Attentieverlichting is verlichting die de locatie van een object (bv. een vluchtdeur) extra laat oplichten en zodoende accentueert.

Vluchtdeuren zijn voorzien van attentieverlichting

Attentieverlichting brand permanent

De vluchtpadverlichting wordt op maximaal 1,5 meter boven het vluchtpad opgehangen, zodat in geval van rookontwikkeling het pad zo lang mogelijk goed verlicht blijft. Door de rook die zich bovenin de tunnel als eerste ophoopt zal hoog opgehangen verlichting sneller zijn functie verliezen.

Plaatsinformatie dient in elke tunnelbuis minstens eens per 100 m en op beide zijden

Bewegwijzering vluchtroutes 4.2.2.9

- De maximale afstand tussen twee borden bedraagt 50 meter.

- Indien er noodvoorzieningen in de tunnel aanwezig zijn, wordt de locatie van de voorzieningen door middel van een bord aangeduid. (VEMT4.2.2.6)

Kleur van de deuren (VEMT, 4.2.2.6)

Vluchtdeuren zijn groen (RAL 6024).

Deuren naar technische ruimten zijn grijs. Deuren die uitsluitend bestemd zijn voor hulpverleners moeten goed te onderscheiden zijn van vluchtdeuren en deuren naar technische ruimten. (VEMT4.2.2.8)

Brandbestrijding

Watervoorziening

De watervoorziening heeft een capaciteit van 120 m³/ uur voor de duur van 2 uur met een bijbehorende druk aan de straalpijp van 5 tot 7 bar.

De watervoorraad is minimaal 100 m³

De maximale afstand tussen de afnamepunten bedraagt 100 meter en zijn voorzien van dubbele Storz (doorsnede 2 x 75 mm). (VEMT 4.2.2.13)

Branddetectie

Op ondergrondse stations dient een brandmeldinstallatie aanwezig te zijn met gedeeltelijke bewaking en een rechtstreekse doormelding naar de alarmcentrale van de brandweer. Dit brandmeldsysteem moet ook de RWA installatie en de ontruimingsalarminstallaties aansturen. (VEST, 4.2.2.5)

Mechanische ventilatie/RWA

In stations dient altijd mechanische ventilatie/RWA aanwezig te zijn. (VEMT, 4.2.2.19)

Automatische brandblusinstallatie

In commerciële ruimten in ondergrondse stations zullen automatische brandblusinstallaties (abi's) worden aangebracht. In overige ruimtes (bv. technische ruimtes) van de tunnels en de stations zijn abi's niet verplicht, maar geldt voor de ruimte een brandwerendheid van minimaal 60 minuten. (VEST, 4.2.2.22)

Bijlage G: Richtlijn

Brandveilig ontwerp ondergrondse stations

Richtlijn

student: Bram Beijer
hoofd begeleider: dr. ir. W. Broere
tweede begeleider: ir. J.P. Oostveen

Faculteit Civiele Techniek & Geowetenschappen
Bachelor-eindwerk, richtlijn
Oktober 2007

Inhoudsopgave

1. Opzet	36
2. Algemene eisen	37
2.1 Constructie	37
2.2 voorschriften	38
2.3 advies	39
3. Conditie	41
3.1 Algemeen	41
3.2 Rookontwikkeling	41
3.3 Advies	41
4. Preventie	43
4.1 Compartimentering	43
4.2 Rookafvoer	43
4.3 Advies	44
5. Brandbestrijding	45
5.1 Branddetectie	45
5.2 Blusvoorzieningen	45
5.3 Advies	46
6. Vluchtwegen	47
6.1 Conditie	47
6.2 Situering	47
6.3 Profiel vrije ruimte	47
6.4 Deur	47
6.5 Voorzieningen	48
6.6 Advies	49
7 Literatuurlijst	50

1. Opzet

Het doel van deze richtlijn is de ontwerper een handreiking te doen bij het brandveilig ontwerpen van ondergrondse stations. Wanneer het ontwerp van een ondergronds station voldoet aan deze richtlijn, voldoet het aan de in Nederland geldende wetten en regels.

Dit betekent echter niet dat een ontwerp dat aan deze richtlijn voldoet per definitie brandveilig is. Voor een brandveilig ontwerp is een kritische benadering van ieder ontwerp noodzakelijk. Het voldoen aan de wetten en regels alleen is niet voldoende.

Deze richtlijn bestaat uit een samenvatting van de in Nederland geldende wet regelgeving op het gebied van brandveiligheid bij ondergrondse constructies. De onderzochte documenten zijn het Bouwbesluit en de Amsterdamse Bouwverordening. Verder zijn nog toegevoegd Veiligheidseisen voor treintunnels, hierna VEST. En Veiligheidseisen voor tram- en metrotunnels, hierna VEMT.

Deze richtlijn is opgesteld aan de hand van vijf thema's. Eerst worden de algemene eisen voor ondergrondse stations genoemd. Hierna worden de eisen met betrekking tot de condities, en eisen voor minimaal te nemen preventie- en brandbestrijdingsmaatregelen besproken.

Ten slotte worden de vluchtwegen besproken. Dit wordt in deze richtlijn als een apart constructie onderdeel gezien waarvoor specifieke eisen gelden.

Aan het eind van ieder hoofdstuk staan een aantal adviezen. De adviezen zijn soms een aanvulling op en soms een verscherping van de wet. Met deze adviezen wordt de ontwerper geholpen kritisch naar zijn ontwerp te kijken om zodoende een betere brandveiligheid te realiseren.

Daar waar mogelijk zijn deze adviezen gekwantificeerd, daar waar dat niet mogelijk is, zijn alleen de van belang zijnde factoren genoemd om tot een brandveilig ontwerp te komen.

Het oorspronkelijke doel van dit document was om een handleiding op te stellen. Dat bleek echter niet haalbaar, te allen tijde is een kritische blik van de ontwerper nodig. Daarom is achteraf besloten dit document de term richtlijn mee te geven. Dit om de ontwerper er op attent te maken dat een kritische houding vereist is voor een brandveilig ontwerp.

2. Algemene eisen

2.1 Constructie

2.1.1 Bouwbesluit

1. De hoofddraagconstructie moet 60 minuten brandveilig zijn. (paragraaf 2.13.1 artikel 2.106)
2. De materialen moeten aan de volgende eisen voldoen: (paragraaf 2.12.1 artikel 2.93)

		Klasse
Binnen	Brand en rookvrije vluchtweg	2
	Rookvrije vluchtweg	4
	Overig	4

Tabel 1: Materiaalklasse volgens NEN 6065 [8]

3. De loopafstand van het rookcompartiment tot de vluchtweg is ten hoogste 30 meter. (paragraaf 2.18 artikel 2.172)
4. Uit het rookcompartiment lopen twee vluchtwegen, die nergens, behalve bij de ingang samenvallen. (paragraaf 2.18 artikel 2.154)

2.1.2 Bouwverordening

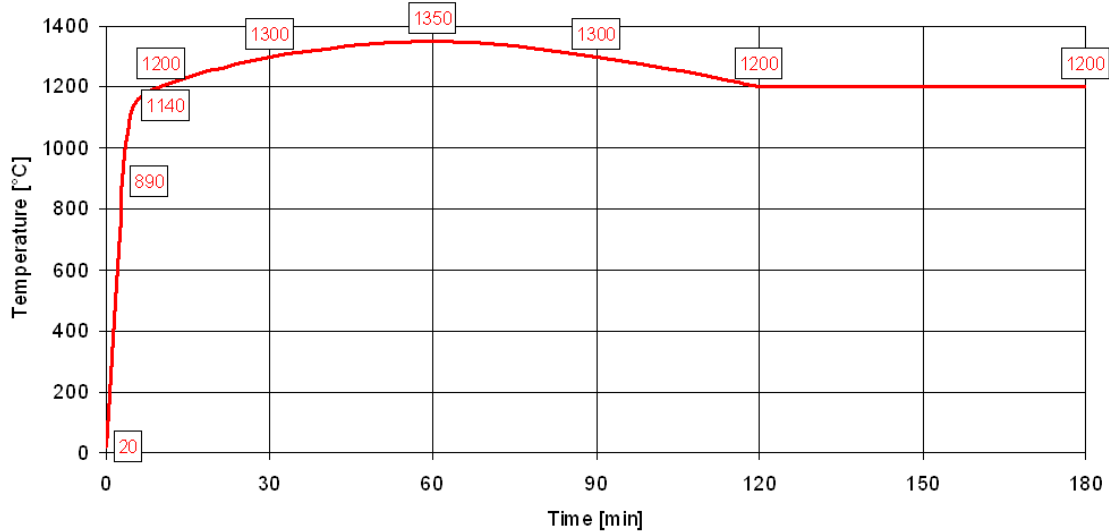
Geen eisen

2.1.3 VEST

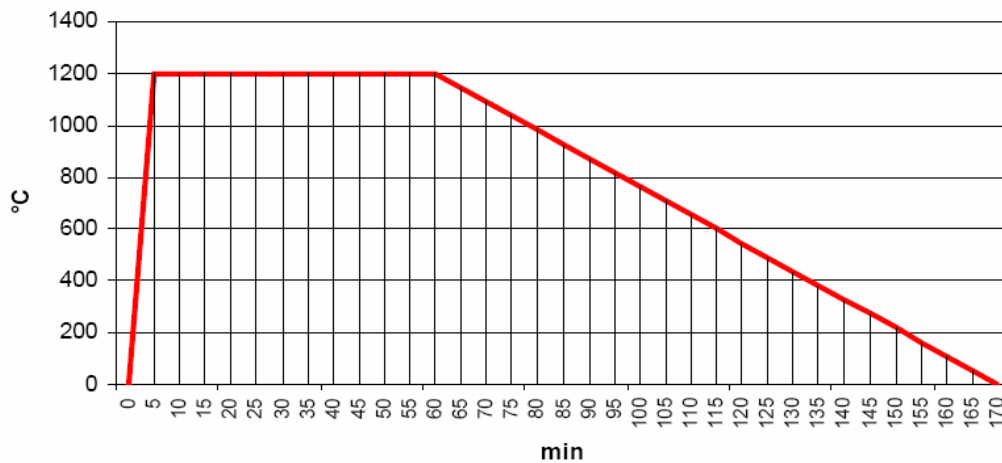
1. De constructie moet tenminste 2 uur een thermische belasting volgens de RWS curve kunnen verdragen. Zie figuur 1. (VEST, 4.2.2.3)
2. Dragende constructieonderdelen zijn minimaal van klasse A2 uit EN13501 (VEST, 4.2.2.4)
3. Niet dragende constructieonderdelen zijn minimaal van klasse B uit EN13501 (VEST, 4.2.2.4)

2.1.4 VEMT

1. Een station moet minimaal intact moet blijven bij een temperatuur belasting volgens de Eureka curve, zie figuur 2 (VEMT, 4.2.2.3)
2. De materialen die deel uitmaken van de onderbouw van de tunnel dienen te voldoen aan de classificatie A2 of EN 13501-1:2002. (VEMT, 4.2.2.4)
3. Panelen die geen deel uitmaken van de onderbouw en andere onderdelen dienen te voldoen aan de classificatie B of EN 13501-1:2002. (VEMT, 4.2.2.4)
4. Bij kabeldoorgangen tussen ruimtes met brandwerende scheidings dient de kabeldoorgang aan dezelfde brandwerendheid te voldoen als de scheidingswand. (VEMT 4.2.2.6)



Figuur 1: RWS curve



Figuur 2: Eureka curve

2.2 Voorschriften

2.2.1 Bouwbesluit

Geen eisen

2.2.2 Bouwverordening

1. Voor een gebouw moet een gebruiksvergunning afgegeven zijn. (artikel 6.1.1)
2. Het is verboden om een gebouw te gebruiken in strijd met de gebruiseisen. (artikel 6.2.1)
3. Het is verboden brandbare, of gevaarlijke stoffen in of nabij een gebouw te hebben (artikel 6.2.2)
4. De droge tenminste een maal per jaar geïnspecteerd te worden door een terzake kundige. (artikel 6.4.6)
5. Een brandweerlift moet tenminste 1 maal per 5 weken gecontroleerd worden (artikel 6.4.7)
6. De ontruimingsinstallatie moet een maal per 5 weken gecontroleerd worden, en goed werkend zijn. (artikel 6.4.7)

2.2.3 VEST

Geen eisen

2.2.4 VEMT

1. Er moet een ontruimingsplan zijn (VEMT, 4.2.2.4)

2.3 Advies

2.3.1 Brandwerendheid

Men vlucht altijd richting het maaiveld. De snelheid voor het omhoog vluchten is slechts 0.6 m/s. De snelheid voor horizontaal of omlaag vluchten is 1.2 m/s.

Het duurt dus significant langer voordat een reiziger veilig uit een ondergronds station gevlucht is dan uit een hoogbouw constructie.

In het Bouwbesluit paragraaf 2.2 is te zien dat vanaf 13 m boven maaiveld de brandwerendheid al 120 minuten moet zijn. Omdat de vluchtsnelheid omhoog twee keer zo langzaam is als omlaag is het verstandig om bij ondergrondse stations bij 7 meter onder het maaiveld al een brandwerendheid van 120 minuten aan te houden.

Advies: Houd tabel 2 aan voor de brandwerendheid met betrekking tot bezwijken in minuten.

Hoofddraagconstructie	tijdsduur van de brandwerendheid met betrekking tot bezwijken in minuten
Indien geen vloer van een verblijfsgebied van de woonfunctie hoger ligt dan 4 m boven het meetniveau	60
Indien een vloer van een verblijfsgebied van de woonfunctie hoger ligt dan 4 m en niet hoger dan 6.5 m boven het meetniveau	90
Indien een vloer van een verblijfsgebied van de woonfunctie hoger ligt dan 8 m boven het meetniveau	120

Tabel 2: tabel tijdsduur brandwerendheid m.b.t. bezwijken in minuten

2.3.2 Materiaalklasse

De verschillende voorschriften hebben het over de Europese en de Nederlandse materiaalklasse. De brandwerendheid van deze klassen is op verschillende manieren bepaald. Een goede vergelijking blijkt niet mogelijk.

Wel is bekend dat de Nederlandse klasse 1 Vergelijkbaar is met de Europese klasse A1. Nederlandse klasse 2 is vergelijkbaar met Europese klasse A2 [1].

Advies: Houd de Euroklasse aan.

2.3.3 Brandwerendheid

Sommige onderdelen van gebouwen worden geacht langer tegen brand bestand te zijn dan andere onderdelen. In hoofdzaak zijn dit de dragende constructie onderdelen en de vluchtroutes.

Advies: gebruik voor dragende materialen een hogere klasse te gebruiken, gebruik ook voor de vluchtroute een hogere klasse.

2.3.4 Voorschriften

De voorschriften hebben tot doel dat het gebouw daarvoor wordt gebruikt waarvoor het bestemd is en om er zorg voor te dragen dat ondergrondse stations niet alleen slechts bij aanvang aan de voorschriften voldoet, maar blijft voldoen. Omdat eens per 5 weken een onhandige maat is het beter om eens per maand te controleren.

Advies: Controleer brandbestrijding maatregelen (brandblusinstallaties e.d.) eens per maand.

Advies: Controleer vluchtwegen eens per maand.

3. Conditie

3.1 Algemeen

3.1.1 Bouwbesluit

1. Vuurbelasting* netto vloeroppervlak ≤ 3500 MJ in een trappenhuis. (paragraaf 2.19 artikel 2.170)

3.1.2 Bouwverordening

Geen eisen

3.1.3 VEST

1. Brandbestrijding moet mogelijk zijn. Hiervoor moeten bepaalde condities gelden. (VEST, 4.7.9)

3.1.4 VEMT

Geen eisen

3.2 Rookontwikkeling

3.2.1 Bouwbesluit

1. De rookontwikkeling in de brandvrije ruimte is maximaal $2.2m^{-1}$. (paragraaf 2.13.1 artikel 2.104)
2. Wanneer het materiaal aan klasse 1 voldoet kan hiervoor een lagere norm gehanteerd worden. (paragraaf 2.15.1 artikel 2.126)

3.2.2 Bouwverordening

Geen eisen

3.2.3 VEST

Geen eisen

3.2.4 VEMT

Geen eisen

3.3 Advies

3.3.1 Algemeen

Voor de condities in ondergrondse stations ten behoeve van reizigers zijn weinig eisen gesteld. Dit komt omdat men er vanuit gegaan wordt dat men vlucht zodra er brand ontstaat. Aan de condities op de vluchtroute zijn wel eisen gesteld, zie paragraaf 6.1. De VEST schrijft dat brandbestrijding mogelijk moet zijn. Omdat de brandweer betere beschermende kleding e.d. heeft dan reizigers kunnen zij ook zwaardere omstandigheden aan.

Volgens een internationaal onderzoek [2], kan de brandweer het vuur bij de volgende omstandigheden nog redelijk bestrijden.

Luchttemperatuur: 60 ° Celsius

Warmtestraling Capaciteit: 2.5 kW/ m²

Zichtlengte: groter dan 10 meter

Advies: Houd hiermee rekening in het ontwerp.

3.3.2 Rook

Wanneer materialen aan materiaalklasse 1 (NEN 6065) voldoen, mag er een lichtere eis gelden.

Advies: Gebruik bij voorkeur materialen uit materiaalklasse 1 (NEN 6065)

4. Preventie

4.1 Compartimentering

4.1.1 Bouwbesluit

1. De maximale grootte van een brandcompartiment mag 1000 m² zijn. Tenzij de gebruiksfunctie groter dan 1000 m² is. (paragraaf 2.13.1 artikel 2.105)
2. De loopafstand tussen een punt in een verblijfsgebied en een toegang van het rookcompartiment waarin het verblijfsgebied ligt, is niet groter dan de 20 meter.(paragraaf 2.16 artikel 2.148)
3. Een rookcompartiment heeft een of meer toegangen, met een minimum van twee indien de gebruiksoppervlakte van het rookcompartiment groter is dan 300 m² (paragraaf 2.16 artikel 2.148)
4. Een toegang voert niet door een verblijfsruimte behalve in specifieke gevallen (paragraaf 2.17 artikel 2.146)
5. Mochten er meerdere toegangen noodzakelijk zijn, dan moeten deze tenminste 5 meter uit elkaar liggen (paragraaf 2.17 artikel 2.146)

4.1.2 Bouwverordening

Geen eisen

4.1.3 VEST

1. Ruimten in ondergrondse stations met een vuurbelasting van meer dan 3500 MJ moeten zijn gescheiden van hun omgeving door middel van een brandscheiding met een WBDBO en WTRD van minimaal 60 minuten of zijn voorzien van een automatische blusinstallatie. (VEST, 4.7.8)

4.1.4 VEMT

Geen eisen

4.2 Rookafvoer

4.2.1 Bouwbesluit

1. De rookafvoer is brandveilig (paragraaf 2.11.1 artikel 2.84)
2. De materialen van de rookafvoer zijn bestand tot een temperatuur van 90° Celsius. (paragraaf 2.11.1 artikel 2.84)
3. De uitmonding van de rookafvoer heeft een afstand van tenminste 15 meter tot een ander gebouw. (paragraaf 2.11.1 artikel 2.84)

4.2.2 Bouwverordening

1. Rook en warmte afvoerinstallatie moet voldoen aan de daaromtrent gestelde eisen in het boek “ een brandveilig gebouw installeren” (artikel 6.4.16)

4.2.3 VEST

Geen eisen

4.2.4 VEMT

1. In stations dient altijd mechanische ventilatie/RWA aanwezig te zijn. (paragraaf 4.2.2.19)

4.3 Advies

4.3.1 Algemeen

Tussen een toegang van een verblijfsgebied en een toegang van een besloten vluchtrappenhuis van een gebouw waarin een vloer van een verblijfsgebied hoger ligt dan 50 meter boven het meetniveau, ligt een verkeersruimte met een lengte van tenminste 2 m. Indien de verkeersruimte een besloten ruimte is, is deze een rookcompartiment. (Bouwbesluit paragraaf 2.16 artikel 2.135)

Gezien het verschil in vluchtsnelheid omhoog (0.6 m/s) en omlaag (1.2 m/s) is het verstandig om dit ook toe te passen in gebouwen meer dan 25 m onder het maaiveld. Dit om rookontwikkeling in op de vluchtroute tegen te gaan.

Advies: pas Bouwbesluit paragraaf 2.16 artikel 2.135 ook toe voor gebouwen die meer dan 25 meter onder het maaiveld liggen.

4.3.2 Rookafvoer

Een RWA installatie heeft de volgende doelen:

- Het ondergrondse station wordt beschermd wordt tegen bezwijken.
- De rookvrije vluchtweg in stand houden.
- De brandweer gericht kan blussen.
- Rook- en brandschade aan het ondergrondse station wordt beperkt.

De grootte van een RWA hangt af van de te eisen condities gedurende een bepaalde tijd en de gebruikte materialen.

De kwaliteit van de minimaal gebruikte materialen staat beschreven in paragraaf 1.1 De te eisen condities staan beschreven in hoofdstuk 2. De vluchttijd bedraagt 15 minuten.

Advies: Zorg dat de RWA een voldoende grootte capaciteit heeft om aan genoemde voorwaarden te voldoen.

5. Brandbestrijding

5.1 Branddetectie

5.1.1 Bouwbesluit

Geen eisen

5.1.2 Bouwverordening

1. De brandmeldinstallatie moet goed beheerd gecontroleerd en onderhouden worden. (artikel 6.4.8)

5.1.3 VEST

Geen eisen

5.1.4 VEMT

1. Op ondergrondse stations dient een brandmeldinstallatie aanwezig te zijn met gedeeltelijke bewaking en een rechtstreekse doormelding naar de alarmcentrale van de brandweer. Dit brandmeldsysteem moet ook de RWA installaties en de ontruimingsalarminstallaties aansturen. (paragraaf 4.2.2.5)
2. Bij detectie van een calamiteit dient de vluchtwegverlichting automatisch aangeschakeld te worden. (paragraaf 4.2.2.6)

5.2 Blusvoorzieningen

5.2.1 Bouwbesluit

1. Er moet een droge blusleiding aanwezig zijn zodanig dat de brandslangaan sluiting niet verder dan 35 meter van het rookcompartiment zit. (paragraaf 2.20 artikel 2.192)
2. Een brandslanghaspel is zodanig dat ieder punt vermeerderd met 5 meter bereikt kan worden. (paragraaf 2.20 artikel 2.192)

5.2.2 Bouwverordening

1. Er moet een geldig certificaat zijn voor de brandblusinstallatie zijn. (artikel 6.3.1)
 2. Er moet een goed onderhouden bluswaterwinplaats zijn, met voldoende bluswater
 3. Alarmknoppen en vluchtwegen dienen altijd duidelijk zichtbaar te zijn (artikel 6.3.1)
 4. De droge blusleiding moet een druk hebben van 1600 Kpa, (artikel 6.4.6)
- #### **5.2.3 VEST**
- Een station dient een blusleiding met een capaciteit van 2000 liter per minuut te hebben. (VEST, 4.2.2.13)

5.2.4 VEMT

1. De watervoorziening heeft een capaciteit van 120 m³/ uur voor de duur van 2 uur met een bijbehorende druk aan de straalpijp van 5 tot 7 bar.
2. De watervoorraad is minimaal 100 m³
3. De maximale afstand tussen de afnamepunten bedraagt 100 meter en zijn voorzien van dubbele Storz (doorsnede 2 x 75 mm). (VEMT 4.2.2.13)
4. In commerciële ruimten in ondergrondse stations zullen automatische brandblusinstallaties (abi's) worden aangebracht. In overige ruimtes (bv. technische ruimtes) van de tunnels en de stations zijn abi's niet verplicht, maar geldt voor de ruimte een brandwerendheid van minimaal 60 minuten (VEMT, 4.2.2.22)

5.3 Advies

5.3.1 Detectie

Het is belangrijk en omvangrijk om de branddetectie apparatuur regelmatig te testen.

Advies: Test de branddetectie apparatuur ieder kwartaal.

5.3.2 Blusvoorzieningen

Abi's kunnen het best daar geplaatst worden waar een verhoogde kans op het ontstaan van een brand is. Voorbeelden hiervan zijn commerciële en technische ruimten. Er moeten dusdanig veel abi's aanwezig zijn dat er een redelijke kans is een beginnende brand te blussen.

Advies: plaats tenminste 1 abi per 150 m² gebruiksoppervlak.

6. Vluchtwegen

6.1 Conditie

1. De vluchtweg moet gedurende 30 minuten rookvrij zijn. (Bouwbesluit, paragraaf 2.19.1 artikel 2.167) en tijdens 1.5* de vluchttijd moeten de condities begaanbaar zijn (VEST, 4.7.7)
2. De branddoorslag tussen twee rookvrije routes bedraagt tenminste 30 minuten, behalve daar waar de routes samenvallen. (Bouwbesluit, paragraaf 2.18 artikel 2.172)
3. Een vluchtweg wordt als begaanbaar verondersteld als: (VEMT, 4.2.2.6):
 - Reflecterende oriëntatiepunten op 10 m afstand gemeten vanaf 2 m hoogte boven het loopoppervlak moeten waargenomen kunnen worden.
 - De stralingsintensiteit op 2 meter hoogte is lager dan 2 kW/m^2
 - De luchttemperatuur op 2 meter is lager dan 50° Celsius .

6.2 Situering

1. Een vluchtweg leidt naar een aansluitend terrein en vanaf daar naar de openbare weg. (Bouwbesluit, paragraaf 2.18 artikel 2.154)
2. De maximale afstand tussen een rook compartiment en een vluchtrappenhuis is 30 meter. (Bouwbesluit, paragraaf 2.19.1 artikel 2.185 lid 5)
3. Mensen moeten naar een veilige plaats kunnen vluchten. (VEST, 4.2.26)
4. Per perron zijn er minimaal 2 onafhankelijke rookvrije vluchtwegen aanwezig. (VEMT, 4.2.2.6)

6.3 Profiel vrije ruimte

1. Vluchtgang moet minimaal 1.5×2.25 meter zijn. (VEMT 4.2.2.6)
2. In de tunnel is per spoor een obstakelvrije vluchtweg aanwezig met een breedte van minimaal 1,2 meter en een hoogte van minimaal 2,1 meter. (VEMT, 4.2.2.6)
3. Hoogte van het vluchtpad is zodanig dat het hoogteverschil tussen de treinvloer en het pad maximaal 0,4 meter bedraagt. (VEMT, 4.2.26)
4. De vluchtweg moet vlak en stroef zijn. (Bouwverordening, 6,5,1)
De vluchtwegen dienen goed onderhouden en direct over de minimaal vereiste breedte te kunnen beschikken. (Bouwverordening, artikel 6.5.1)

6.4 Deur

6.4.1 Algemeen

1. Een nooddeur is geen schuifdeur. Geen enkele deur draait tegen de vluchtrichting in. (paragraaf 2.18 artikel 2.170)
2. Een nooduitgang moet van binnenuit te openen zijn. (Bouwverordening, artikel 6.5.1)
3. De deuren op de vluchtweg moeten met de vluchtrichting mee openen en zelf sluitend zijn. (Bouwbesluit, paragraaf 2.17.1 artikel 2.148)
4. De (nood) uitgangen dienen te alle tijde vrij van obstakels en voldoende stroef te zijn. (Bouwverordening, artikel 6.5.1)

5. Vluchtdeuren zijn groen (RAL 6024). Deuren naar technische ruimten zijn grijs. Deuren die uitsluitend bestemd zijn voor hulpverleners moeten goed te onderscheiden zijn van vluchtdeuren en deuren naar technische ruimten. (VEST 4.2.26)

6.4.2 Afmetingen

1. breedte deur [mm] = oppervlakte verblijfsruimte [m²] * 5.5
2. De vluchtweg is tenminste 0.85 meter breed, en 2.3 meter hoog voor zover deze niet over een trap voert. (Bouwbesluit, paragraaf 2.17.1 artikel 2.148)
3. Deur moet minimaal 1.4* 2 meter zijn (VEMT paragraaf 4.2.2.6)
4. Vluchtingangen hebben een breedte van 1,5 keer de breedte van de vluchtweg en een hoogte van 2,1 meter. (VEST paragraaf 4.2.26)

6.5 Voorzieningen

6.5.1 Algemeen

1. Een overdruk en luchtbehandelingsinstallatie moeten voldoen aan de daaromtrent gestelde eisen in het boek “een brandveilig gebouw installeren” (Bouwverordening, artikel 6.4.16)

6.5.2 Verlichting

1. Vluchtwegverlichting is verlichting die door zijn lichtsterkte de vluchtweg en de naaste omgeving verlicht en zichtbaar maakt.
2. De verlichting hangt op maximaal 1,5 meter boven het loopoppervlak van de vluchtweg.
3. De intensiteit van het licht bedraagt tenminste 10 lux op het loopoppervlak van de vluchtweg. (VEMT 4.2.2.8)
4. Verlichting vluchtwegaanduiding is verlichting van de bewegwijzering van de vluchtweg en verlichting vluchtweg aanduiding brandt permanent. (VEMT 4.2.2.9)
5. Attentieverlichting is verlichting die de locatie van een object (bv. een vluchtdeur) extra laat oplichten en zodoende accentueert. Vluchtdeuren zijn voorzien van attentieverlichting. Attentieverlichting brand permanent. (VEMT, 4.2.2.8)
6. De vluchtwegverlichting wordt op maximaal 1,5 meter boven het vluchtpad o pgehangen. (VEMT 4.2.2.8)
7. Bij calamiteit dient er tenminste 90 minuten noodverlichting te branden. De vluchtwegverlichting moet tenminste 10 lux zijn op het vloeroppervlak De vluchtwegverlichting dient automatisch ingeschakeld te worden. (VEMT, 4.2.2.8)

6.5.3 Bewegwijzering

1. De maximale afstand tussen twee borden bedraagt 50 meter.
2. Indien er noodvoorzieningen in de tunnel aanwezig zijn, wordt de locatie van de voorzieningen door middel van een bord aangeduid. (VEMT, paragraaf 4.2.2.9)
3. Plaatsinformatie dient in elke tunnelbuis minstens eens per 100 m en op beide zijden. (VEMT, 4.2.2.9)

6.6 Advies

6.6.1 Maximale vluchttijd

Advies: De vluchttijd mag ten hoogste 15 minuten bedragen.

6.6.2 Veilige plaats

Volgens de VEMT is een omschrijving van veilige plaats:

Conditie voor overleving gegarandeerd.

Plaats is zowel met als zonder hulp voor mensen bereikbaar.

Mensen worden in staat gesteld om zichzelf in veiligheid te brengen, of ze worden door de hulpverleners geëvacueerd volgens de procedures zoals deze in het veiligheidsplan beschreven zijn.

Communicatie is mogelijk; of door middel van het gebruik van mobiele telefoon of een aanwezige vaste verbinding, die in contact staat met de hulpverleningsdiensten

De minimale condities op deze plaats zijn gelijk aan de condities tijdens het vluchten en genoemd in hoofdstuk 5.1.

De enige plaats die hieraan voldoet is het veilige maaiveld. Ouderen zijn namelijk niet in staat om zichzelf in veiligheid te brengen. Deze definitie sluit het gebruik van veilige kelders uit.

Advies: De reizigers moeten altijd naar het maaiveld kunnen vluchten.

6.6.3 Vluchtwegbreedte

Het bouwbesluit schrijft dat er voldoende vluchtwegen moeten zijn die voldoen aan de capaciteit van ministeriële voorschriften. Volgens deze voorschriften is de capaciteit van

een vluchtroute $77 \frac{\text{personen}}{\text{meter} * \text{min uut}}$. Dit is een positieve schatting. Ingenieursbureau

Peutz komt tot een lagere schatting, namelijk minimaal $54 \frac{\text{personen}}{\text{meter} * \text{min uut}}$.

Advies: Gebruik de conservatieve waarde van Peutz, $54 \frac{\text{personen}}{\text{meter} * \text{min uut}}$.

6.6.4 Vluchtwegverlichting

Door de rookontwikkeling zal verlichting aan het plafond van de vluchtwegen minder lang zichtbaar zijn dan verlichting die lager hangt. Daarom moet de verlichting lager dan 1.5 meter hangen.

Advies: Plaats naast verlichting op 1.5 meter hoogte ook verlichting in de vloer.

7. Literatuurlijst Richtlijn

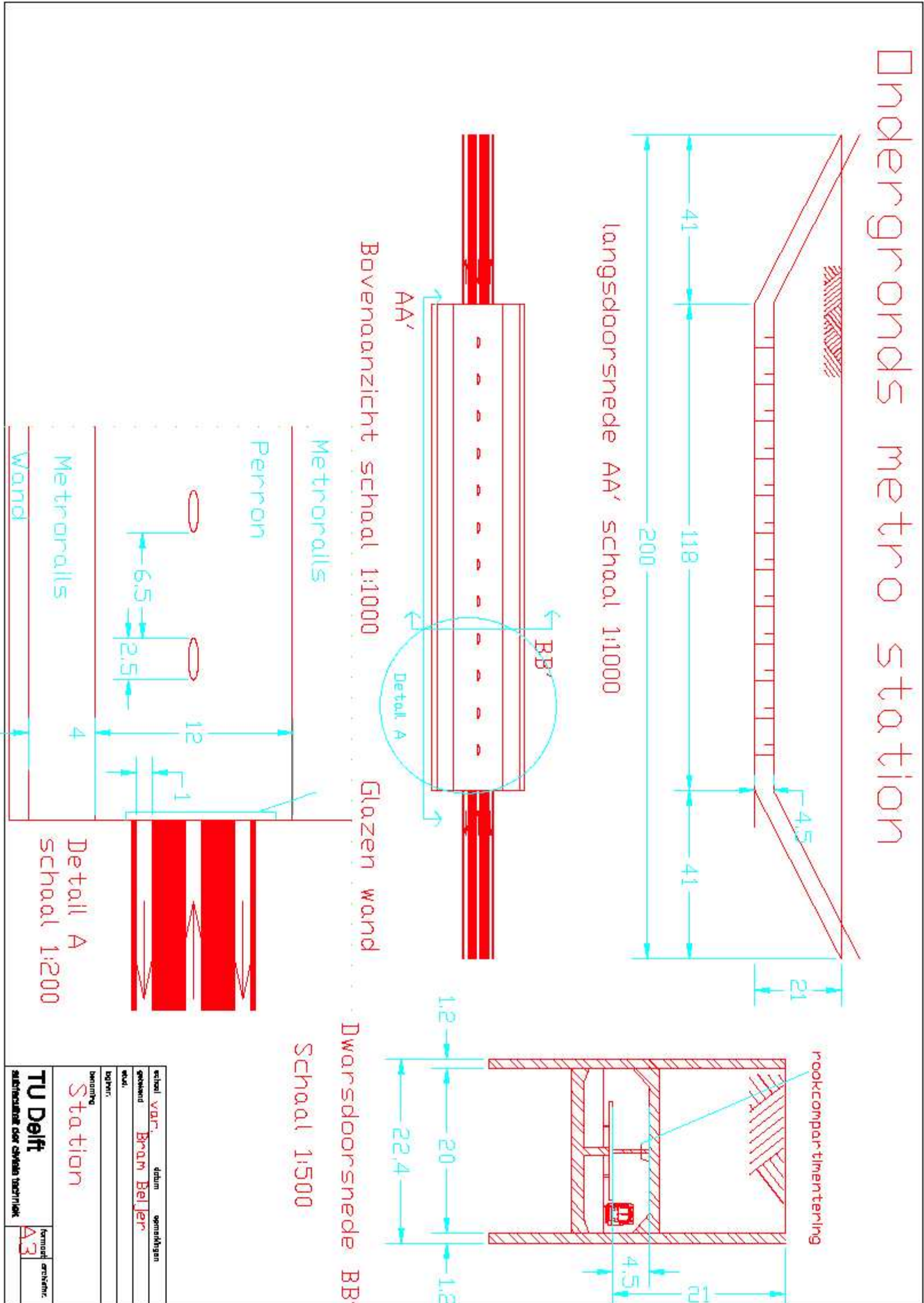
Boeken

1. Boot-Dijkhuis C., *Bouwbesluit Brandveiligheid*, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft 2005

Verslagen en rapporten

2. Bouwbesluit 2003, Ministerie van VROM, 2007
3. Amsterdamse bouwverordening, Gemeente Amsterdam, 2006
4. Veiligheidseisen voor treintunnels Matchen van Europese TSI en nationale praktijk, Projectgroep tunnelveiligheid, maart 2007
5. Veiligheidseisen voor tram- en metrotunnels Aanbevelingen voor kaderstelling en regelgeving, Ministerie van verkeer en waterstaat, november 2006
6. Brandonderzoek metro; eindrapportage, ing J.D. den Boer en J.J. Mertens, augustus 2006

Bijlage H: Technische tekening Metrostation



Bijlage I: Toetsing metrostation volgens de richtlijn

Aan iedere regel uit de richtlijn brandveilig ontwerp ondergrondse stations is gesteld dat deze *voldoet*, *niet voldoet* of *voldoet waarschijnlijk*.

Wanneer een regel niet voldoet maar redelijkerwijs wel aan de intenties van de wetgever tegemoet is gekomen is de toevoeging *aantonen dmv gelijkwaardigheid* gedaan.

Wanneer er CFD berekeningen vereist zijn is de toevoeging *aantonen dmv CFD berekeningen* gedaan.

2 Algemene Eisen

2.1 Constructie

2.1.1 Bouwbesluit	Voldoet	toevoeging
1	Voldoet	
2	Voldoet waarschijnlijk	Beton en staal zijn waarschijnlijk sterk genoeg, maar het is niet bekend in welke klasse ze vallen.
3	voldoet niet	aantonen d.m.v. gelijkwaardigheid
4	Voldoet	

2.1.3 VEST	Voldoet	Toevoeging
1	Voldoet	
2	Voldoet waarschijnlijk	Beton en staal zijn waarschijnlijk sterk genoeg, maar het is niet bekend in welke klasse ze vallen.
3	voldoet waarschijnlijk	Zie lid 2

2.1.4 VEMT		
1	Voldoet	
2	Voldoet waarschijnlijk	Beton en staal zijn waarschijnlijk sterk genoeg, maar het is niet bekend in welke klasse ze vallen.
3	Voldoet waarschijnlijk	Zie lid 2
4	Voldoet waarschijnlijk	Zie lid 2

2.2 Voorschriften

Nvt.

3. Conditie

3.1 Algemeen

3.1.1

3.1.1. Bouwbesluit	Voldoet/ voldoet niet	toevoeging
1	Onbekend	Aantonen d.m.v. CFD berekeningen

3.1.3. VEST	Voldoet/ voldoet niet	Toevoeging
1	Onbekend	Aantonen d.m.v. CFD berekeningen

3.2 Rookontwikkeling

3.2.1 Bouwbesluit

Hele paragraaf voldoet waarschijnlijk, aantonen dmv CFD berekeningen.

4. Preventie

4.1 Compartimentering

4.1.1 Bouwbesluit	Voldoet/ voldoet niet	toevoeging
1	Voldoet	
2	Voldoet	
3	voldoet	
4	Voldoet	
5	Voldoet	

4.1.3 VEST	Voldoet/ voldoet niet	toevoeging
1	Voldoet	

4.2.1 Bouwbesluit	Voldoet/ voldoet niet	toevoeging
1	Voldoet waarschijnlijk	Het ontwerp moet zo te realiseren zijn dat het ontwerp voldoet
2	Voldoet waarschijnlijk	Zie lid 1
3	voldoet	

4.2.2 Bouwverordening	Voldoet/ voldoet niet	toevoeging
1	onbekend	Inhoud van het boek is niet te achterhalen, maar het moet conform dat boek te realiseren zijn

4.2.4 VEMT	Voldoet/ voldoet niet	toevoeging
1	voldoet	

5. Brandbestrijding

5.1 Branddetectie

5.1.2 Bouwverordening	Voldoet/ voldoet niet	toevoeging
1	nvt	

5.1.4 VEMT	Voldoet/ voldoet niet	toevoeging
1	voldoet	
2	Voldoet waarschijnlijk	Het ontwerp moet zo te realiseren zijn dat het ontwerp voldoet

5.2.1 Bouwbesluit

Hele paragraaf voldoet waarschijnlijk

5.2.2 Bouwverordening

Hele paragraaf voldoet waarschijnlijk

5.2.3 VEST

1 Voldoet waarschijnlijk

5.2.3 VEST	Voldoet/ voldoet niet	toevoeging
1	Voldoet waarschijnlijk	Het ontwerp moet zo te realiseren zijn dat het ontwerp voldoet

5.2.4 VEMT

Hele paragraaf voldoet waarschijnlijk

6. Vluchtwegen

6.1 Conditie van vluchtwegen

6.1 Conditie	Voldoet/ voldoet niet	toevoeging
1	Onbekend	Aantonen dmv CFD berekeningen
2	Onbekend	Aantonen dmv CFD berekeningen
3	Onbekend	Aantonen dmv CFD berekeningen

6.2 Situering	Voldoet/ voldoet niet	toevoeging
1	Voldoet	
2	Voldoet niet,	Gelijkwaardigheid aantonen
3	voldoet	
4	voldoet	

6.3 Profiel vrije ruimte	Voldoet/ voldoet niet	toevoeging
1	Voldoet	gelijkwaardigheid aantonen
2	Voldoet	Zie lid 1
3	voldoet	
4	Voldoet waarschijnlijk	Het ontwerp moet zo te realiseren zijn dat het ontwerp voldoet

6.4 Deuren

6.4.1 Algemeen	Voldoet/ voldoet niet	toevoeging
1	Voldoet	
2	Voldoet	
3	Voldoet	
4	Voldoet	

6.4.2 afmetingen	Voldoet/ voldoet niet	toevoeging
1	Voldoet	
2	Voldoet	
3	Voldoet	

6.5 voorzieningen

6.5.1 Algemeen	Voldoet/ voldoet niet	toevoeging
1	Voldoet waarschijnlijk	Het ontwerp moet zo te realiseren zijn dat het ontwerp voldoet

6.5.2 Verlichting

Gehele paragraaf voldoet waarschijnlijk

6.5.3 Bewegwijzering

Gehele paragraaf voldoet waarschijnlijk

Bijlage J: Berekening aantal vluchtenden en vluchtcapaciteit

input	eenheid		bron	verklaring aanname
totaal reizigers	personen/dag	57500	noordzuilijn.nl/ rokin	
percentage reizigers spits	%	30	aanname/	Het is een station met veel werkgelegenheid in de buurt, dat betekent een drukke spits
duur spits	uur	1	aanname/	veel werkgelegenheid, dus aan het eind van de spits komt iedereen hier aan
minuten in station	min	15	aanname/	de vorige metro is niet gekomen+ reidsuur van maaiveld naar perron
metro	personen	300	gvb.nl	
ontruimingstijd	minuten	15	richtlijn	
personen per m per minuut	personen	54	richtlijn	
lengte	m	120	ontwerp	
breedte	m	12	ontwerp	
aantal trappen	-	6	ontwerp	
breedte trappen	m	1	ontwerp	
output				
oppervlakte perron	m ²	1440		$aantal_wachtenden = reizigers * \frac{percentage}{100} * \frac{min\ uteninstation}{spitsduur}$
aantal wachtenden	personen	4313		$oppervlakte = lengte * breedte$
aantal in metro	personen	300		$personen_per_m^2 = \frac{aantal_wachtenden}{oppervlakte}$
aantal personen/m ²	personen/m ²	2,99		
totaal te evacueren	personen	4613		
mogelijk te evacueren	personen	4860		$totaal_evacueren = wachtenden + aantal_in_metro$
				$mogelijk_evacueren = ontrui\ min\ gstijd * aantaltrappen * breedte * personen_min\ uut$

input	eenheid	worse case	worse case+ 1 falende trap	worse case+ 10% reizergs groei
totaal reizigers	personen/dag	57500	57500	63500
percentage reizigers spits	%	30	30	30
duur spits	uur	1	1	1
minuten in station	min	15	15	15
metro	personen	300	300	300
ontruimingstijd	minuten	15	15	15
personen per m per minuut	personen	54	54	54
lengte	m	120	120	120
breedte	m	12	12	12
aantal trappen	-	6	5	6
breedte trappen	m	1	1	1
output				
oppervlakte perron	m2	1440	1440	1440
aantal wachtenden	personen	4313	4313	4763
aantal in metro	personen	300	300	300
aantal personen/m2	personen/m2	2,99	2,99	3,31
totaal te evacueren	personen	4613	4613	5063
mogelijk te evacueren	personen	4860	4050	4860