



## VLUCHTWEGEN ZIJN VAN LEVENSBELANG EN VERDIENEN MEER AANDACHT

Voldoen aan het Bouwbesluit leidt niet automatisch tot veilig vluchten

*Veilige vluchtwegen zijn van levensbelang. Overheden proberen met strenge regels te zorgen dat de gebouwen primair vluchtveilig zijn. Met onafhankelijke vluchtwegen, voldoende capaciteit, korte loopafstanden wordt gezorgd dat mensen in de meeste gevallen veilig kunnen vluchten. Nog veel te vaak zien we dat het toch fout gaat. Bij inspecties blijken vluchtwegen geblokkeerd of afgesloten te zijn. Bij grote incidenten vallen soms veel slachtoffers omdat vluchtroutes toch niet veilig genoeg zijn.*

Van een gebouw dat voldoet aan het Bouwbesluit 2012 wordt verwacht dat er veilig gevlucht kan worden. Toch leidt een gebouw dat volledig voldoet aan de eisen niet altijd tot een veilige situatie. Door uiteenlopende oorzaken kan een gebouw dat weliswaar voldoet aan het Bouwbesluit wel degelijk onveilig zijn. In een relatief standaard gebouw met een normale bezetting zal het Bouwbesluit leiden tot veilige situaties. Specifieke omstandigheden kunnen ervoor zorgen dat de vluchtwegen niet zo veilig blijken te zijn als verwacht, namelijk:

- Als mensen onbekend zijn in een gebouw is de voor hen bekende route zoals ze zijn binnengekomen. Dit betekent dat een rekenkundige verdeling volgens het Bouwbesluit waarbij de nooduitgangen ook volledig gebruikt worden niet te verwachten is. Een overbelasting op de hoofdentree kan ertoe leiden dat er opstoppen ontstaan die te lang duren. Dit leidt vaak tot paniek en verdrukking;
- Als mensen in groepen een gebouw betreden, zullen ze ook bij het vluchten als groep bij elkaar willen blijven. Gezinnen, vriendengroepen en klassen heb-

ben de neiging zo dicht mogelijk bij elkaar te blijven. Dit kan leiden tot grotere belasting op een bepaalde uitgang en dringen bij die uitgang waardoor het ontruimingsproces wordt verstoord;

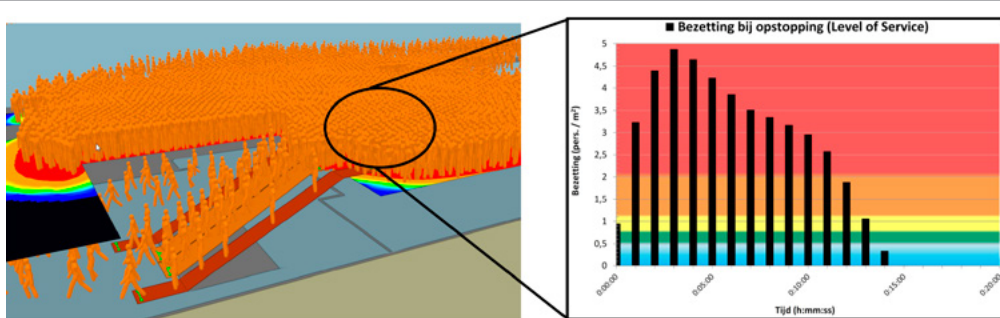
- Bij het ontwerpen van gebouwen volgens het Bouwbesluit wordt maar beperkt rekening gehouden met de aanwezige (vaste) inrichting. Als er vast opgestelde stoelen aanwezig zijn kan dit tot een aanzienlijke vertraging leiden om een ruimte te ontruimen;
- In de meeste gebouwen zijn ook mindervaliden aanwezig. Door hun beperkingen kunnen zij nooit zo snel vluchten als vaak wordt aangenomen. Daarnaast maken zij vaak gebruik van hulpmiddelen waardoor ze meer ruimte nodig hebben. Vreemd genoeg wordt er in het Bouwbesluit geen rekening gehouden met de vluchtwegen voor mindervaliden en de mogelijke invloed op het ontruimen van een gebouw.

### BENODIGDE VLUCHTTIJD EN BESCHIKBARE VLUCHTTIJD

Het ontruimingsproces van een gebouw is een complex proces. Vaak wordt een aantal typische processtappen onderscheiden om te beoordelen of veilig gevlucht kan worden. Met een goede analyse van het ontruimingsproces kan de benodigde vluchttijd (available safe egress time, ASET) bepaald worden. Als daarbij ook inzicht is in de ontwikkeling van de brand kan de beschikbare vluchttijd (required safe egress time, RSET) bepaald worden. Voor een veilige situatie is het belangrijk dat altijd de beschikbare vluchttijd groter is dan de benodigde vluchttijd. Omdat een brand en de mensen zich nooit zo zullen gedragen als we verwachten, is een veiligheidsmarge van belang ( $ASET > RSET + \text{veiligheidsmarge}$ ).

## OPSTOPPINGEN

Belangrijk bij de beoordeling is ook dat gekeken wordt naar eventuele opstoppingen. Als ontruimingssimulaties worden gebruikt kan goed inzichtelijk worden gemaakt in hoeverre opstoppingen te verwachten zijn. De gevolgen van verschillende variaties moeten duidelijk maken of het vluchtplan een robuust ontwerp is dat leidt tot veilige situaties bij verschillende omstandigheden, incidenten en menselijke reacties.

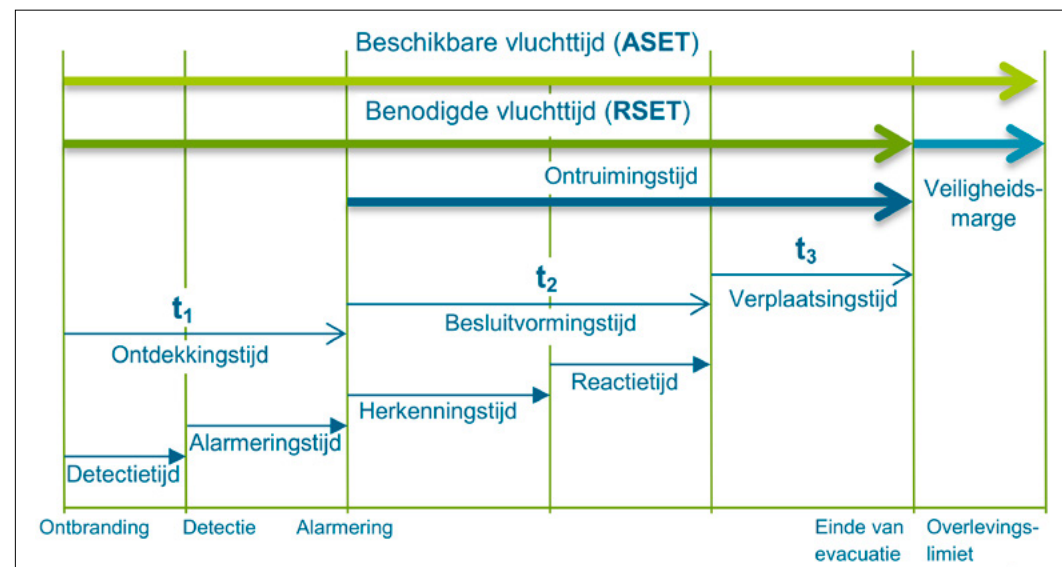


Figuur 1: voorbeeld van ontruimingssimulatie waar het gebruik van de hoofdentree leidt tot grote drukte en lange wachttijden met als mogelijk gevolg verdringing.

### Ontruiming gebouw afhankelijk van veel processtappen

De belangrijkste focus bij een beoordeling van de vluchtwegen ligt vaak op het bepalen van de benodigde tijd om te verplaatsen naar de uitgang. Het Bouwbesluit biedt met de Regeling een rekenmethodiek voor het bepalen van de opvang- en doorstroomcapaciteit van het trappenhuis. Hiermee kan de verplaatsingstijd bepaald worden in het trappenhuis. Dit zegt echter nog niets over de duur van de ontruiming van het gebouw echt duurt. Vaak wordt dit wel in die zin geïnterpreteerd omdat de ontruimingstijd hiermee getoetst moet worden (standaard 15 minuten). Deze eenzijdige benadering leidt ertoe dat een verwachting bestaat dat het gebouw in werkelijkheid ook zo snel ontruimd kan

zijn. Doordat de ontdekkingstijd en besluitvormingstijd ook nog een aanzienlijk effect kunnen hebben op het ontruimingsproces kan het in werkelijkheid veel langer duren. In figuur 2 is dit schematisch weergegeven.



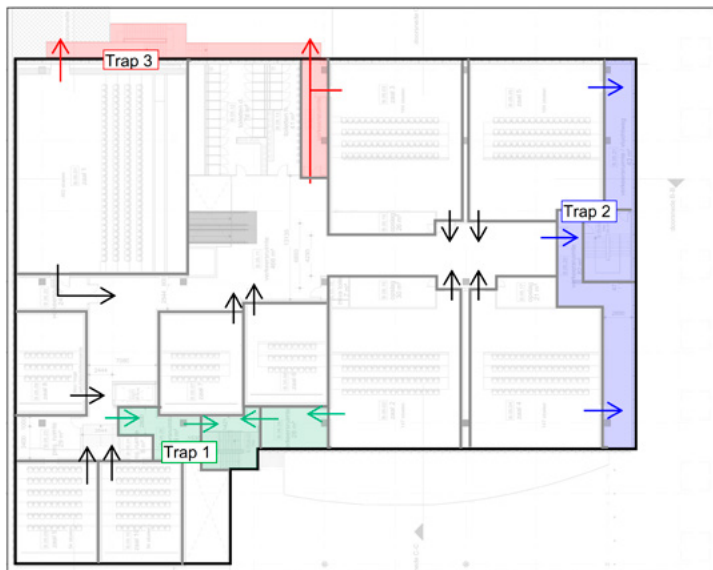
Figuur 2: schematische weergave van het gehele ontruimingsproces van een gebouw.

### Projecttoepassing van een ontruimingsberekening volgens Bouwbesluit versus simulatie

In een winkelcentrum wordt een bioscoop gebouwd. Omdat in een bioscoop het aantal personen hoger is dan in een winkelcentrum, is er in het ontwerp extra aandacht besteed aan de vluchtwegen en ontruimingstijden. Vanwege het karakter van een bioscoop – veel smalle gangen en trappen in de zalen – is besloten een ontruimingssimulatie uit te voeren. Doordat het een bestaand winkelpand in het



winkelcentrum betreft, is de situering van de trappenhuizen en voorportalen niet optimaal voor de ontruiming van de bioscoop. Ter vergelijking voor de simulatieresultaten is ook een berekening volgens artikel 2.1 Regeling Bouwbesluit 2012 gemaakt.

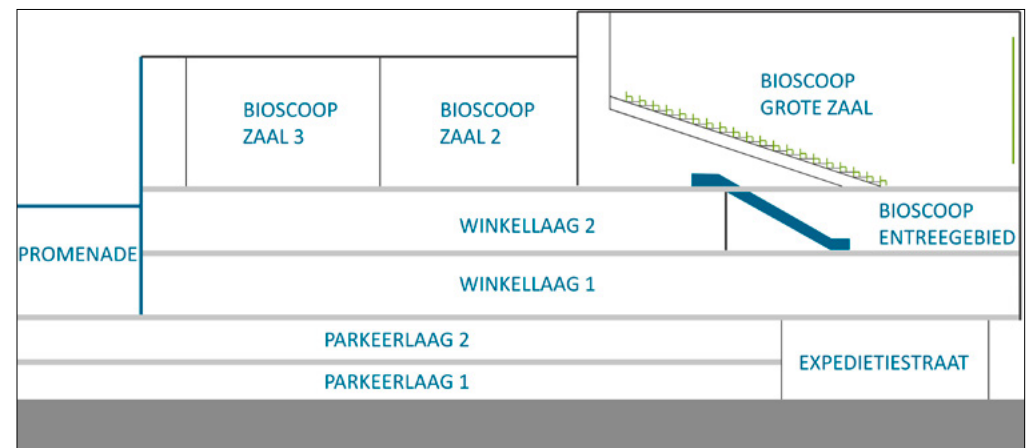


Figuur 3: plattegrond van de bioscoop, met gemarkeerd de brandwerend gescheiden trappen en voorportalen.

### Omschrijving gebouw

De bioscoop komt in een bestaand, gesprinklerd winkel-pand. Op de begane grond en 1e verdieping is een parkeergarage aanwezig. Op de 2e en 3e verdieping van het pand worden winkels ingericht. De bioscoop ligt op de 3e en 4e verdieping. In de overdekte promenade (verkeersruimte die de winkels verbindt) is ten behoeve van veilig vluchten een

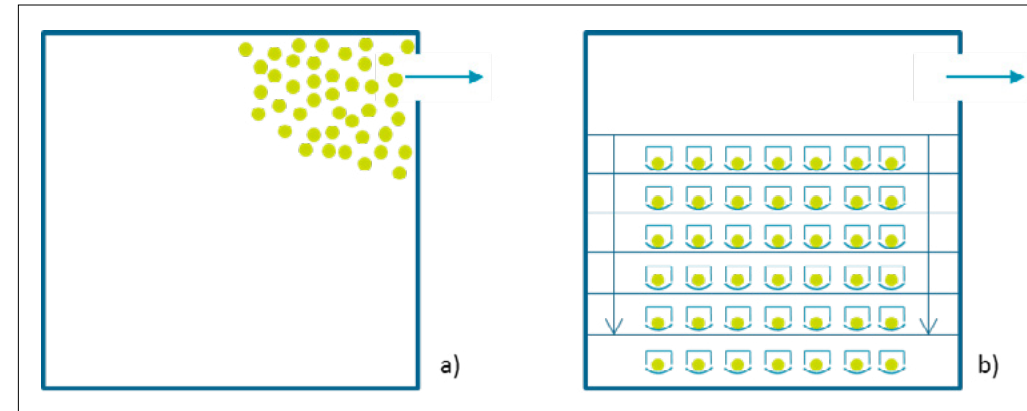
rook- en warmteafvoerinstallatie aanwezig. Er komen 10 zalen in de bioscoop voor in totaal 1870 personen. Er is een grote zaal aanwezig, bestemd voor bijna 500 personen. In het pand zijn inclusief foyer bioscoop, zalen en winkelunits in totaal 2787 personen aanwezig. Vanwege de akoestische geluidseisen zal de sprinkler niet in de zalen geïnstalleerd worden, maar worden deze brandwerend gescheiden. In totaal zijn er 3 brandwerend gescheiden noodtrappenhuizen in het pand aanwezig die tot aan de bioscoop doorlopen. De trappenhuizen komen uit in veilig gebied. Dat wil zeggen leiden direct naar buiten of naar de promenade. Doordat het een bestaand gebouw is, zitten de trappenhuizen niet allemaal op een optimale locatie voor de bioscoop. Alle trappenhuizen zijn op de 4e verdieping voorzien van een brandwerend afgescheiden voorportaal. In de bioscoop is de dagelijkse route via roltrappen ontworpen.



Figuur 4: schematische doorsnede gebouw

### Veilig vluchten, ontruiming bedreigd subbrandcompartiment

Conform Bouwbesluit 2012 moet een bedreigd subbrandcompartiment binnen 1 minuut ontruimd kunnen zijn. Bij deze '1-minuut' berekening mag je er volgens het bouwbesluit van uit gaan dat alle aanwezige personen al bij de deur staan te wachten. Er hoeft dus geen rekening gehouden te worden met loopafstanden die extra tijd kosten om bij de deur te komen (behoudens maximale loopafstanden van 30/45/60 meter). In de meeste situaties zou deze 'extra tijd' een ontruimingsberekening ook alleen maar onnodig complex maken. Op het moment dat het ontruimingsalarm geactiveerd wordt, is de brand in de directe omgeving waarschijnlijk allang geconstateerd door de aanwezigheid van rook (geur en zicht van de mens nabij de brand is doorgaans sneller dan een automatisch rookmelder). Ook ontstaat er waarschijnlijk een opstopping bij de deur van het subbrandcompartiment. Het kost tijd totdat alle personen door de opening gevlucht zijn. Tijdens de ontruiming komen er mensen aanlopen en voegen zich bij de opstopping, waardoor die loopafstand niet meer relevant is. Echter, bij een bioscoop zal de startsituatie zijn dat alle aanwezigen nog op een stoel zitten. Als er gestart wordt met ontruiming, moeten de personen eerst door de relatief smalle paden richting de trappen aan weerszijde van de zaal. Dit kost extra looptijd. Ten tweede zal het afdalen van die trappen ook extra tijd kosten. De eerste opstopping zal dus niet bij de deur ontstaan, maar al in de zaal, bij de stoelen zelf.



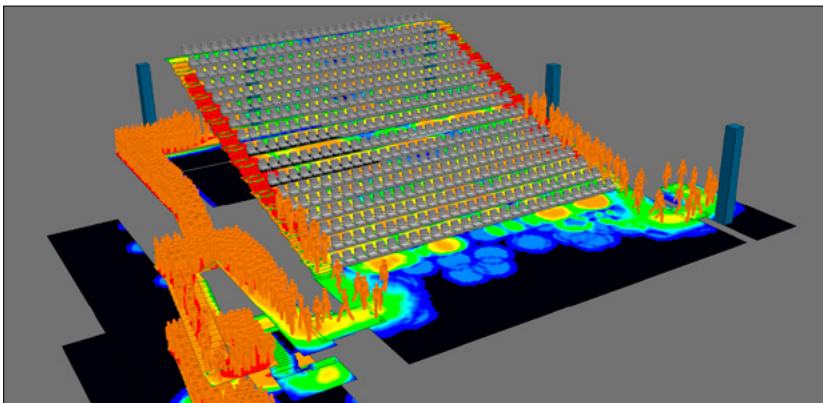
*Figuur 5: startsituatie ontruiming a) volgens Bouwbesluit b) in een bioscoopzaal*

Een bouwbesluitberekening voor de '1 minuuttoets' lijkt voor een bioscoopzaal dus helemaal niet geschikt. Dit is ook gebleken uit de berekeningen. De doorgangscapaciteiten van deuren en trappen (ook in de zaal zelf) zijn zodanig gedimensioneerd dat volgens Bouwbesluit ontruiming binnen 1 minuut mogelijk is. Uit de simulatie is echter gebleken dat het 3,5 minuten duurt voordat de zaal leeg is. Dit heeft te maken met de route door de smalle paden en over de trappen aan weerszijden die personen moeten afleggen vanaf start ontruiming. De wijze van de ontruiming in de simulatie wordt berekend zal meer overeenkomen met de realiteit.

### Loopsnelheden

Behalve de bouwkundige indeling van een bioscoop, hebben de loopsnelheden ook invloed op de langere ontruimingstijden. In het Bouwbesluit wordt uitgegaan van een loopsnelheid van 1 m/s voor alle aanwezige personen. In het simulatieprogramma zijn de standaardwaarden voor loopsnelheden 1,35 m/s met een standaarddeviatie

van 0,25 m/s<sup>1</sup> In de simulatie hebben de personen dus verschillende loopsnelheden. Om het effect hiervan te onderzoeken, is de simulatie uitgevoerd met gelijke loopsnelheden en variërende loopsnelheden. Uit dit onderzoek is gebleken dat bij gelijke loopsnelheden de ontruiming tot 1 minuut sneller kan verlopen dan bij variërende loopsnelheden. Dit komt doordat bij variërende loopsnelheden er meer, grotere en langere opstoppen ontstaan omdat de langzaamste personen de anderen met gemiddelde of hoge loopsnelheden ophouden. Voor de overige berekeningen zijn de variërende loopsnelheden aangehouden, omdat dit de praktijk beter benadert.



*Figuur 6: simulatieresultaten van de ontruiming van de grote zaal*

### **Veilig vluchten, totaal ontruiming**

Een derde eis, gesteld in artikel 2.1 van de Regeling Bouwbesluit 2012 is dat dit gebouw in zijn geheel ontruimd moet zijn binnen 15 minuten. Er zijn meerdere trappenhuizen aanwezig. Hoe de personen over de verschillende trappenhuizen verdeeld worden, laat het Bouwbesluit aan de adviseur over. De benadering die in dit geval toegepast is,

is dat de personen gelijkmatig vluchten via de uitgangen van een ruimte. Dus als een ruimte 2 gelijke uitgangen heeft, is de verdeling over deze twee 50-50. In de volgende ruimte (bijvoorbeeld gang) waar deze personen en andere personen vanuit andere ruimtes terechtkomen, wordt deze zelfde strategie toegepast tot aan een (extra) beschermde vluchtroute (voorportaal of trappenhuis). In de simulatie wordt deze verdeling vrijgehouden. De personen bepalen individueel welke uitgang in de ruimte het dichtste bij ligt en het snelst te bereiken is. Mocht het erg druk zijn bij een specifieke uitgang, kunnen de personen besluiten om naar een andere, mogelijk rustigere uitgang te lopen.

### **Bouwbesluitberekening**

De verdeling wijkt hierdoor sterk af van de bouwbesluitberekening. De maximale ontruimingstijd is weliswaar gelijk bij beide berekeningen (14:00 minuten), de ontruimingstijden van alle drie de trappen bij elkaar opgeteld zijn bij de simulatie wel een stuk langer. Dit heeft te maken met 3 zaken:

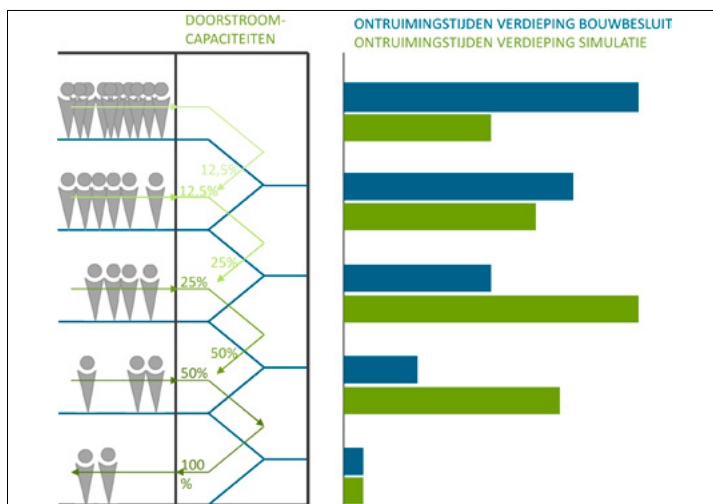
1. De variërende loopsnelheden zorgen voor een langzamere ontruiming;
2. Het langzamer ontruimen van een bioscoopzaal door de paden tussen stoelen en trappen aan weerszijde van de zaal;
3. Het afdalen van een persoon over 1 verdieping gemiddeld langer duurt dan de 30 seconde als gesteld door het Bouwbesluit.

Een ander groot verschil tussen de simulatie en de bouwbesluitberekening is het samenkomen van twee personenstromen op een trap.

<sup>1</sup>Fruin, John J. Pedestrian Planning & Design, Revised Edition Chapt. 4, Elevator World, 1987 - Chapter 3

Volgens het Bouwbesluit is de verdeling van personen bij een splitsing waar 2 personenstromen elkaar op de trap tegenkomen gelijk. Vanaf bijvoorbeeld de 1e en 2e verdieping komen personen samen op het bordes van de trap op de 1e verdieping. Hier is de doorstroom van deze twee groepen volgens Bouwbesluit gelijk. Dus 50 % van de personen van de 1e verdieping stromen door en 50 % van de 2e verdieping. Dit resulteert erin dat de personen van de hoogste verdieping het langste moeten wachten, zie ook de schematische weergave in figuur 7.

Uit de simulatie blijkt echter dat als een personenstroom (in een trappenhuis) eenmaal op gang is, deze niet zo vrijgevig zijn als in het Bouwbesluit. De personen van de hoogste verdieping zullen als eerste in het trappenhuis zijn, daarna de verdieping eronder en zo door tot de 1e verdieping. Wel is dit natuurlijk ook afhankelijk van het aantal personen op een verdieping. Er stromen overigens wel personen van de lagere verdieping mondjesmaat door. Dat



Figuur 7: vluchten en capaciteitsverdeling over een trap volgens Bouwbesluit 2012

de berekening vanuit het Bouwbesluit een 50-50 verdeling aanhoudt is overigens niet vreemd. Dit maakt de berekening minder complex.

### Optimalisatie

De simulatie meet, behalve de ontruimingstijden, ook drukte op de vluchtroutes. Hieruit komt naar voren dat logischerwijs de trappenhuisen en voorportalen erg druk zijn tijdens de ontruiming. Ook bepaalde ruimtes direct voor de voorportalen hebben erg hoge dichtheden. Met deze resultaten uit simulatie (druktemetingen) zijn de vluchtroutes geoptimaliseerd

Door de wijze hoe de zalen en uitgangen daarvan georiënteerd zijn rondom trap 1 zijn veel personen op deze trap aangewezen. De personen kunnen als ze hier staan te wachten tijdens de ontruiming vanuit deze hoek de (drukte rondom) de andere trappenhuisen niet zien. Vele kiezen ervoor om hier te blijven wachten tot ze door kunnen lopen in plaats van een rustigere vluchtroute te kiezen. Ook de wijze van opzet van de sluisen van deze trap die door de bestaande situatie en inpassing van de zalen is ontstaan, zijn er veel hoeken en bochten aanwezig. Dit zorgt voor extra vertraging en daarmee drukte. Er is gekozen de bouwkundige opzet te wijzigen, waardoor er wel meer aan de bestaande situatie verbouwd moet worden. De ruimtes zijn simpeler en overzichtelijker gepositioneerd. Behalve dat dit een positief effect op de ontruimingstijd en drukte heeft, is de nieuwe indeling ook tijdens het dagelijks gebruik meer optimaal.

### BHV-organisatie

De personen in de zalen rondom trap 2 vluchten grotendeels via de gebruikelijke ingang. Daarom is de ruimte voor het trappenhuis druk bezet. Hier kan in een bouwkundig ontwerp niet altijd wat aan gedaan worden (personen kiezen nu eenmaal vaker de bekende weg). Voor een nieuwbouwsituatie zal dus goed rekening gehouden moeten worden met dit fenomeen. Door bijvoorbeeld toiletten, verkooppunten of andere ondersteunende voorzieningen in de buurt te plaatsen van noodtrappen en gangen, zijn de aanwezigen meer bekend met dit gebied en is de kans dus groter dat deze vluchtroutes ook gebruikt worden. Voor dit project en de daarbij behorende bestaande situatie en bouwkundige inpassingen, is dit resultaat zeer relevante informatie voor de BHV-organisatie. In geval van ontruiming kunnen personen meer gestimuleerd worden om bepaalde uit- of doorgangen te kiezen die zij niet als de normale route kennen.

### Roltrappen

Het gebied voor trap 3 op de 4e verdieping en trap 1 bij de entree van de bioscoop op de 3e verdieping zijn ook drukbezet. Dit zijn ook precies de gebieden waarbij –tijdens dagelijks gebruik– de normale route over de roltrappen ook gebruikt zal worden. Dit heeft ons doen besluiten een tweede scenario te simuleren waarbij ook de roltrappen gebruikt worden voor de ontruiming. Van de 2e naar de 3e verdieping is een roltrap nabij trap 1 aanwezig en van de 3e naar de 4e bij trap 3. De opgaande roltrappen worden hierbij stilgezet zodat deze ook voor vluchten gebruikt kunnen worden. Zoals in figuur 8 te zien is, neemt de duur van de drukte op dit punt op de 3e verdieping aanzienlijk af. Ook

op de overige locaties voor de noodtrappen nemen de duur en de drukte af. Het gebied in de foyer van de bioscoop nabij noodtrap 1 zal in deze opzet altijd een druk punt blijven. De twee roltrappen en de toegang naar de noodtrap liggen dicht bij elkaar. Doordat dit veel gebruikte vluchtroutes zijn zal dit gebied druk blijven. Opvallend is wel dat de drukte voor de roltrappen na 2 minuten sterk afneemt, maar voor de deur van het trappenhuis nog 2 minuten voortduurt. Personen moeten veel bochten maken voordat ze het trappenhuis kunnen betreden wat drukte voor de deur met zich meebrengt. Onderzocht kan worden wat het effect is van het verder uit elkaar plaatsen van de roltrappen en de toegang tot het trappenhuis. Of wat het effect is van de onbenoemde ruimte naast de liften bij de trap te trekken, zodat de toegang beter benaderbaar is.

### Voorportalen

Het compleet voorkomen van drukte rondom noodtrappen en voorportalen is niet te voorkomen, aangezien dit de vluchtroutes betreffen. Er ontstaan geen capaciteitsknelpunten op andere locaties dan (in de omgeving van) trappenhuisen/uitgangen.

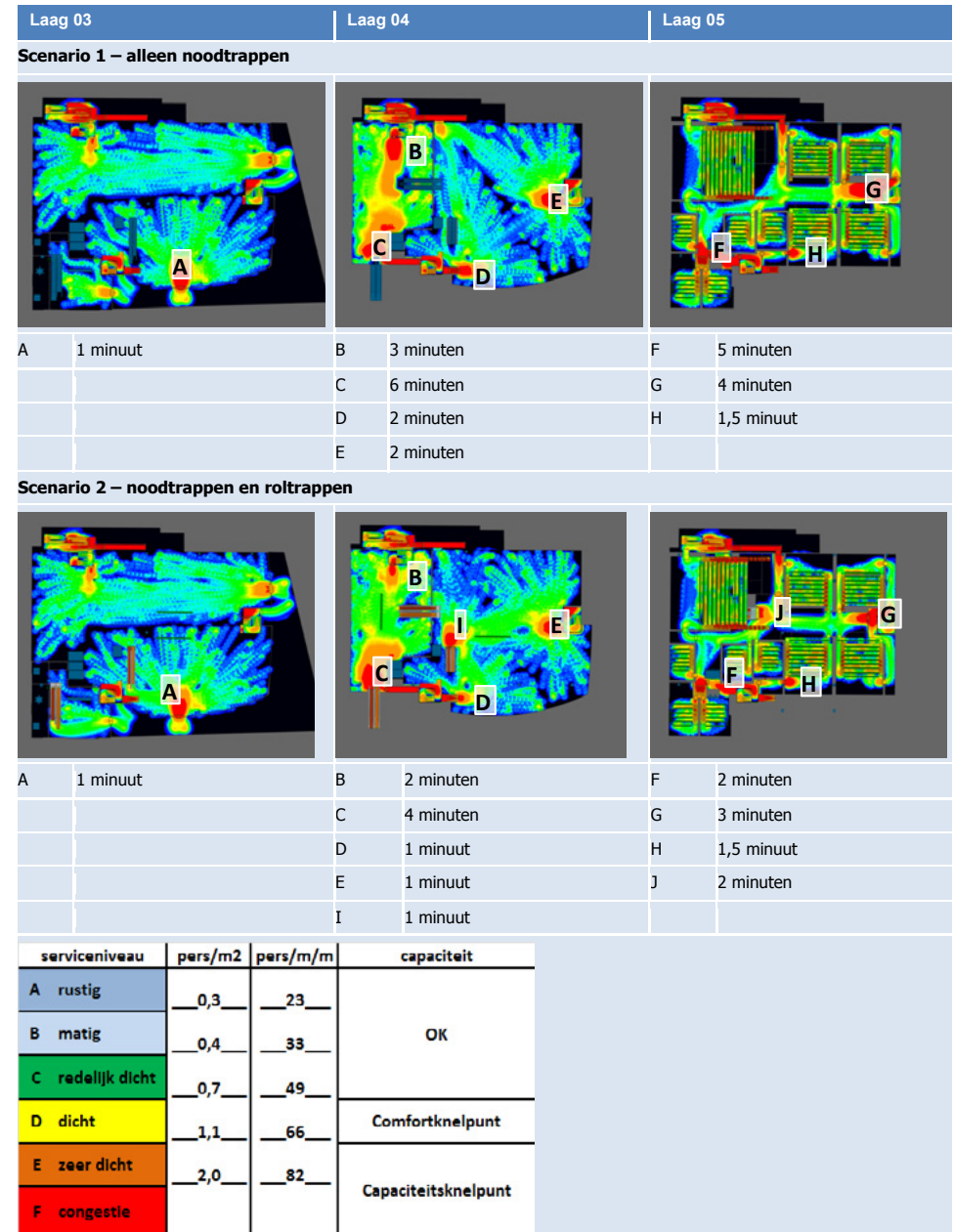


### Concluderend

Met een simulatie wordt goed inzichtelijk gemaakt hoe diverse vluchtroutes gebruikt worden, waar drukte ontstaat en waar de mogelijke optimalisatieslagen kunnen liggen. Het doorrekenen van verschillende scenario's, zoals gebruik extra (rol)trappen en 'way in is way out' is bij een simulatie een stuk eenvoudiger dan bij een bouwbesluitberekening. De simulatie neemt ook veel beter –het nadeel van- inrichtingselementen mee in de ontruimingstijd. Het simulatiemodel kan tevens gebruikt worden voor het simuleren van de dagelijkse routes, waarbij ook de inrichtingselementen een rol kunnen spelen.

De vergelijking van een bouwbesluitberekening met een simulatie wil echter niet zeggen dat een simulatie per definitie beter is of aangeraden wordt. Het opzetten van het model zelf kost uiteraard ook tijd. Ook moet het vervangen van een bouwbesluitberekening voor een simulatie goedgekeurd worden door bevoegd gezag. Maar het belangrijkste van een simulatie is dat goed nagedacht moet worden over de uitgangspunten. Dit resulteert er dus in dat de adviseur echt goed moet weten wat hij/zij doet. En dan kunnen er over de gestelde uitgangspunten ook nog discussies ontstaan of deze wel goed of realistisch zijn. De ontruimingstijd van een totaal ontruiming in een bouwbesluitberekening komt – gelukkig - sterk overeen met het gesimuleerde model (bij het vast verdelen van personen en gelijke loop-snelheden).

*Figuur 8: dichtheden van personen op de vloeren per bouwlaag*



Voor een architectonisch weinig complex kantoorgebouw van een aantal verdiepingen met bijvoorbeeld twee trappen zal een bouwbesluitberekening voldoende zijn. Een simulatie heeft dan weinig meerwaarde.

Gaat het echter om een complex gebouw als een bioscoop, of veel split levels, complexe vluchtroutes of het doorrekenen van veel scenario's inclusief dagelijks gebruik, dan biedt een simulatie veel voordelen.

*Ir. Daan Jansen is Senior Adviseur Brandveiligheid en Associate Director, Royal HaskoningDHV*

*Ir. Mirre Veerman is Adviseur Brandveiligheid, Royal HaskoningDHV*  
Voor meer info: [daan.jansen@rhdhv.com](mailto:daan.jansen@rhdhv.com)

Kijk voor meer informatie over vluchtwegen, noodverlichting en nood-/vluchtdeuren op:

**Brand**veilig.com

Deze whitepaper wordt u aangeboden door:

**Brand**veilig<sup>®</sup>com