



Veiligheid bij ondergronds ruimtegebruik

Het proefschrift 'Physical Safety in Multiple Use of Space' [1] behandelt de fysieke veiligheidsaspecten bij meervoudig ruimtegebruik. Hierbij is onder meer de interactie tussen de interne veiligheid en de externe veiligheid bij overbouwingen wetenschappelijk onderzocht. In dit artikel wordt de relatie tussen interne en externe veiligheid bij ondergronds ruimtegebruik behandeld. Tevens wordt de omgang met brandveiligheid bij overkappingen gepresenteerd.

Door het toenemende gebrek aan beschikbare ruimte zijn in West-Europa projecten gerealiseerd waarbij intensief met de ruimte is omgegaan. Binnen een beperkte ruimte worden verschillende functies bij of boven elkaar gerealiseerd: intensief en meervoudig ruimtegebruik. Een van de uitgangspunten van het Nederlandse ruimtelijke ordeningsbeleid is de zogenoemde overgebleven 'lege' groene gebieden, die onder meer dienen voor recreatie voor de inwoners van dichtbevolkte steden, zo lang mogelijk te behouden. Hierdoor bestaat in Nederland de tendens steden te ontwikkelen met alles erop en eraan: compacte en complete steden. Dat betekent wonen, werken én recreëren binnen de stadsgrenzen, waarbij de afstand tussen deze activiteiten minimaal is. Eén van de oplossingen om dit te realiseren is het toepassen van meervoudig ruimtegebruik: het bouwen boven wegen, sporen en bestaande gebouwen. Voorbeelden hiervan zijn de overkapping van de Utrechtse Baan in Den Haag (foto 1), de Spoortunnel in Rijswijk en de overbouw van de Sijtwendetunnel. Ook de nog te bouwen Spoortunnel in Delft hoort in dit rijtje thuis. De verwachting is dat in de toekomst dergelijke projecten steeds meer worden gerealiseerd in dit sterk verstedelijkt land. Meervoudig ruimtegebruik levert een belangrijke bijdrage aan de ruimtelijke kwaliteit. Deze gedachte kan conflicteren met voornemens uit het NMP4 (Nationaal Milieubeleidsplan 4); daaruit blijkt juist dat meer ruimte voor veiligheid noodzakelijk kan zijn. Om risico's te beheersen gaat het NMP4 ervan uit dat een keuze moet worden gemaakt tussen de ruimtelijke ontwikkeling en de risicovolle activiteit. In de praktijk blijkt dit niet altijd mogelijk te zijn.

Bij het bouwen boven wegen en sporen wordt de veiligheid van mensen in dat gebied bedreigd door het transport van gevaarlijke stoffen door deze gebieden. Dit heeft tot gevolg dat nieuwbouwplannen op dergelijke locaties niet worden uitgevoerd (bijvoorbeeld in Dordrecht), of ondanks het dreigende gevaar toch worden verwezenlijkt (bijvoorbeeld in Bos en Lommer in Amsterdam, foto 3).

Door het stapelen van transport- en verblijffuncties, zoals infrastructuur met transport van gevaarlijke stoffen en bebouwing, kan een klein ongeluk leiden tot een ramp. De complexiteit van het systeem vraagt om extra aandacht voor de veiligheid. Bovendien is de publieke opinie met betrekking tot veiligheid op scherp gesteld door een aantal recente (inter)nationale rampen. Veiligheid bij meervoudig ruimtegebruik is daarom een relevant speerpunt. In feite zijn alle knooppunten bij zowel sporen als wegen bij de grote steden veiligheidsbelaste locaties. Dit zijn ook de plaatsen waar het verdichten, intensiveren en combineren van functies in combinatie met het transport van gevaarlijke stoffen plaatsheeft.

Veiligheidsbenadering van ondergronds ruimtegebruik

Het verschil tussen en de overeenkomst met ondergronds ruimtegebruik en meervoudig ruimtegebruik is slechts een kwestie van de hoogteligging van de infrastructuur (fig. 4). Ondergrondse infrastructuur is vaak van oorsprong niet ondergronds aangelegd. De aanleg is duur en complex, maar verbetert het transportsysteem door het wegnemen van de barrière van de infrastructuur. Verdiepte infrastructuur verschilt van ondergrondse infrastructuur in de zin dat ze een meer directe relatie met het maaiveld heeft. Station Rijswijk is een voorbeeld van een station met verdiepte infrastructuur. De directe relatie met het maaiveld maakt dergelijke stations goed toegankelijk. De maaiveldligging van de infrastructuur kan de toegankelijkheid van het spoor vergroten, terwijl dit bij wegen een barrière kan vormen. Een verhoogde ligging van infrastructuur kan de verbinding tussen de gebieden naast de infrastructuur vergemakkelijken. De veiligheidsbeoordeling op zichzelf is onafhankelijk van de hoogteligging van de infrastructuur. De benadering van de veiligheid bij bouwen boven infrastructuur kan worden verdeeld in vier risico-interacties (tabel 1). Risico-interacties (1), (2) en (4) zijn vormen van externe veiligheid, terwijl risico-interactie (3) betrekking heeft op de interne veiligheid in de overbouw (tunnelgedeelte).



2

Veiligheid tijdens de bouwfase

Bouwen in een weiland kent nauwelijks problemen. Wordt er gebouwd in een omgeving waar sprake is van ondergronds / meervoudig ruimtegebruik, dan kunnen zich grote problemen voordoen: risicocategorie (1) is hier van toepassing. Dat heeft bijvoorbeeld de bouw van gebouwen op de Utrechtse Baan aangetoond. De problemen ontstaan meestal doordat de onderliggende infrastructuur tijdens de bouw van het gebouw in gebruik blijft. Eén van de grootste gevaren tijdens de bouwfase van dergelijke projecten is dat vallende voorwerpen de veiligheid van derden (mensen die zich op de infrastructuur bevinden) in gevaar brengen. Een scala van vallende objecten kan naar beneden vallen: delen van een steiger, boutjes, moertjes, bekistingen, gebouwdelen, balken, hamers en bouwvakkers. Dit betekent dat bouwlogistiek en bouwmethodes moeten worden aangepast om ervoor te zorgen dat die vallende elementen niet op de weg onder het gebouw terechtkomen.

Veiligheid tijdens de exploitatiefase

De bouwfase wordt gevolgd door de exploitatiefase, waarbij het gebouw boven de infrastructuur in gebruik is. Ook in de gebruiksfase kunnen vallende objecten de veiligheid van weggebruikers in gevaar brengen, maar het grootste risico zijn mogelijke calamiteiten op de weg of het spoor. De gevolgen van deze calamiteiten kunnen worden versterkt als er sprake

is van ongelukken met giftige of brandbare stoffen. De mogelijke scenario's tijdens de exploitatiefase bij dergelijke projecten zijn: aanrijdingen, branden, explosies en het vrijkomen van toxische gassen (afnemend in kans van optreden en toenemend in gevolg). Het optreden van deze scenario's hangt in de meeste gevallen niet af van het al dan niet overbouwd zijn van de infrastructuur; de gevolgen kunnen echter wel totaal verschillend zijn, waardoor het resulterende risico alsnog kan verschillen. Bij de benadering van de veiligheid bij bouwen boven infrastructuur moeten alle vier risico-interacties (zoals weergegeven in fig. 5 en tabel 1) worden meegenomen. De overbouwing beïnvloedt de interne en externe risico's van de infrastructuur.

Bij een modellering van risico's bij het stapelen van functies is een driedimensionale risicobenadering dan ook onontbeerlijk. Bij de driedimensionale risicobenadering is het bezwijken van het gebouw boven de infrastructuur een cruciaal scenario. Allereerst moet worden opgemerkt dat de gevolgen van scenario's in de overkapping anders zijn dan in open lucht. Daarnaast moet bij de modellering in de derde dimensie rekening worden gehouden met de hoogteligging van de infrastructuur, de overbouwingslengte en de dwarsdoorsnede van een overkapping. In tegenstelling tot wat vaak wordt aangenomen, wordt met behulp van de driedimensionale risicobenadering aangetoond dat het stapelen van functies niet per definitie leidt tot een groter risico. Zo kunnen

op de plek van de overbouwing de externe risico's afnemen, terwijl deze intern sterk kunnen toenemen. Het effect van een explosie kan zich bijvoorbeeld vertalen in het bezwijken van het gebouw boven de infrastructuur.

Bij het vrijkomen van toxische gassen kunnen deze echter in het tunnelgedeelte worden omsloten; dit betekent een risicoreductie voor de omgeving (fig. 6). In de figuur is de zwarte gestippelde lijn een doorsnede van de 3D-risicocontour van de halve cilinder in open lucht. De rode gestreepte lijn is de nieuwe 3D-risicocontour na de overbouwing. Bij brand geldt een soort tussenscenario. Dit tussenscenario is onder meer afhankelijk van de intensiteit van de brand en de robuustheid van de constructie. In de overkapping zullen de risico's door het brandscenario altijd toenemen, terwijl de risico's voor de omgeving en het gebouw boven de infrastructuur afnemen.

Omgang met brandveiligheid bij ondergronds ruimtegebruik

Voor de externe veiligheid zijn duidelijke positieve gevolgen van het ondergronds plaatsen van vervoersstromen aan te wijzen. Voor de interne brandveiligheid zijn de gevolgen daarentegen bijna geheel negatief. Voor wat betreft interne veiligheid is het zaak goed om te gaan met de verhoogde risico's. Een

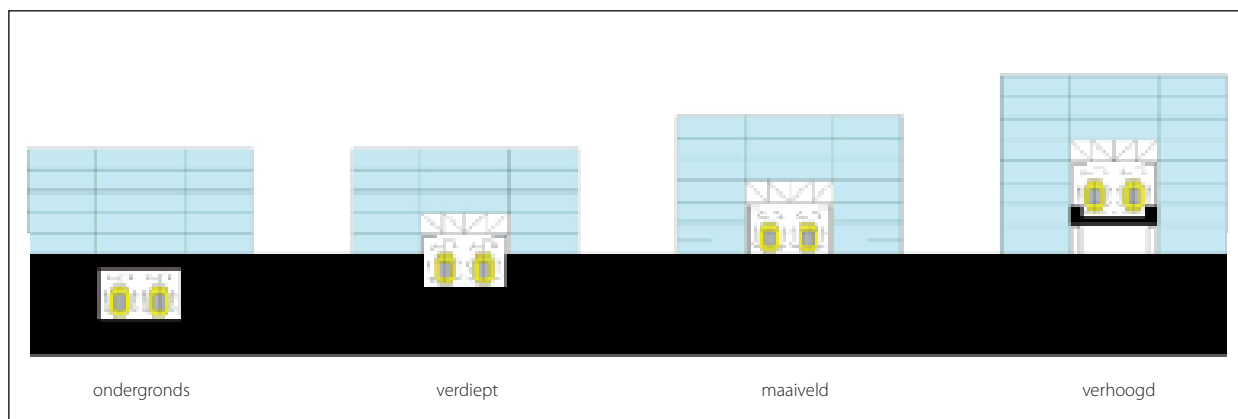
Tabel 1 De interactie van interne en externe risico's

risicocategorie	omschrijving	vormen van veiligheid
1	de effecten van een calamiteit in het vastgoed op de onderliggende infrastructuur	externe veiligheid
2	de effecten van een calamiteit bij de infrastructuur op de bovenliggende bebouwing	externe veiligheid
3	de veiligheid bij een calamiteit binnen de infrastructuur	interne veiligheid
4	de effecten van een calamiteit bij de infrastructuur op de omgeving	externe veiligheid

belangrijk onderscheid kan daarbij worden gemaakt tussen activiteiten die normaal in de buitenlucht of juist in een gebouw plaatshebben.

De eerstgenoemde categorie omvat vervoer over de weg of over spoor, maar ook buitenopslag van goederen. Brandveiligheid is veelal geen groot aandachtspunt, en dat is terecht. Hitte en rook kunnen immers gemakkelijk weg en vormen zelden een gevaar voor mensen in de omgeving. Alleen bij extreem snelle en verre brandontwikkeling, zoals bij plasbranden ten gevolge van lekgeslagen brandstoftanks, kunnen





4

mensen in gevaar komen. Of als de betreffende mensen zich niet snel in veiligheid kunnen brengen: daarom wil je geen ziekenhuis of woongebouw direct naast een grote palletopslag hebben staan. Maar een autobrand of een treinbrand is bovengronds zelden een probleem, omdat mensen zich aan de brand kunnen onttrekken en de brand zich niet snel uitbreidt: er is geen sprake van een lopend vuurtje. Dat is de reden waarom aan het interieur van auto's, treinen en trams nauwelijks brandveiligheidseisen worden gesteld.

Gaat nu diezelfde activiteit ondergronds plaatshebben, dan wordt brandveiligheid plotseling wel een probleem. Dat hebben we gezien met de branden in tunnels en parkeergarages. Wat is er zo anders? In de eerste plaats dat de rook, die zelfs bij een klein brandje in verrassend grote hoeveelheden vrijkomt, nu niet meer in de open lucht verdwijnt. De rook moet zich nu door een nauwe tunnel heen persen, en vult in korte tijd een grote lengte aan tunnel met giftig gas. In de tweede plaats zorgt de omhulling van de tunnel of parkeergarage voor een hogere intensiteit van de brand. De temperatuur loopt ondergronds dan ook veel verder op dan bovengronds en vormt daarmee een gevaar voor de tunnelconstructie. In de derde plaats is het bestrijden van een brand ondergronds voor de brandweer veel moeilijker en zwaarder dan precies dezelfde brand bovengronds, omdat de brand niet in schone lucht kan worden benaderd.

Daarom zijn sinds kort regels en richtlijnen voor de brandveiligheid in weg- en spoortunnels beschikbaar. Voor ondergrondse trein- en metrostations moet het denkwerk echter nog grotendeels plaatshebben. Dat laatste geldt ook voor ondergrondse opslag van goederen die normaliter bovengronds worden opgeslagen.

Voor activiteiten die bovengronds altijd al in een gebouw plaatshebben ligt het anders. Brandveiligheid is daarvoor altijd al een aandachtspunt. Voor een belangrijk deel verschilt de brandveiligheid in ondergrondse gebouwen bovendien niet

wezenlijk van de bovengrondse. Zo zal het begin van brand precies hetzelfde verlopen; ook de alarmering en het begin van evacuatie verschillen niet. Na enige tijd kunnen de verschillen die er zijn belangrijk worden:

Rook stijgt op en vluchtende mensen gaan dezelfde kant op, terwijl bovengronds de mensen een andere kant opgaan dan de rook. Dat betekent dat je goed moet nadenken of de voorzieningen voor veilig vluchten wel goed werken. Bijvoorbeeld: bovengronds kan je uit een hoge ruimte met uitgangen onderin lange tijd veilig vluchten, omdat de rook pas na lange tijd hinderlijk wordt. Als ondergronds de uitgang uit de hoge ruimte bovenin zit, kan rook de uitgang snel blokkeren. Zorg dus ondergronds ook voor uitgangen onderin de hoge ruimte. Een ander voorbeeld: een beetje rook die een trappenhuis instroomt is bovengronds niet erg, want de rook stroomt naar boven waar iedereen na korte tijd al weg is. Ondergronds staan de mensen bovenin te wachten tot ze er uit kunnen, precies de plek waar alle rook naartoe gaat. Je moet daarom ondergronds meer maatregelen treffen om rook uit de trappenhuisen te houden.

Bovengronds heeft de brand bijna altijd toegang tot zuurstof, doordat ramen in de gevels breken. Ondergronds zal de brand eerder zuurstoftekort krijgen en smoren. De verbranding verloopt niet meer compleet, en er wordt meer CO en roet geproduceerd. De rook vormt dan een groter probleem voor vluchtenden. De brandweer moet meer beducht zijn voor 'exotische' verschijnselen als 'backdraft' en rookgasexplosie. Daar staat tegenover dat er meer mogelijkheden zijn de brand vanzelf te laten doven.

Mensen kunnen zich ondergronds moeilijk oriënteren en zijn helemaal afhankelijk van kunstlicht. Een aantal verdiepingen afdalen is voor de meeste mensen geen groot probleem, maar datzelfde aantal verdiepingen klimmen is voor meer mensen problematisch. Zowel het zelfredzaam vluchten als het verlenen van assistentie aan hulpbehoevenden vereist daarom speciale aandacht en voorzieningen.

- 4 Hoogteligging van infrastructuur
- 5 Benadering van scenario's bij overbouwen van een weg
- 6 Een voorbeeld van een 3D-benadering van risico's voor explosies (links): door een mogelijke explosie op de infrastructuur kan het gebouw erboven bezwijken. Het risico voor het vrijkomen van toxische gassen wordt omsloten in het tunnelgedeelte (rechts)

Ten slotte

Veiligheid is en blijft een complex begrip, zeker bij ondergronds ruimtegebruik. Echter, zoals voorgaand aangetoond, liggen er kansen systematisch en nuchter om te gaan met veiligheid. Hiervoor is het vroegtijdig in kaart brengen van risico's in de bouwfase en de driedimensionale benadering voor de risico's in de exploitatiefase essentieel. Meervoudig ruimtegebruik dient juist om de gehele inrichtingskwaliteit, waarvan interne en externe veiligheid een volwaardig onderdeel zijn, te vergroten. Integratie van maatregelen in het ontwerp, die het overall veiligheidsniveau verhogen, is daarom essentieel. Veiligheid is dan een voorwaarde bij realisatie van meervoudig en ondergronds ruimtegebruik. Tijdens

het formuleren van een programma van eisen én in het ontwerp-proces moeten interne en externe veiligheid daarom in samenhang een plaats hebben. Het toepassen van de hier gepresenteerde benadering biedt daarbij kansen voor het verhogen van de overall veiligheid en daarmee de inrichtingskwaliteit. ☒

LITERATUUR

- 1 Suddle, S.I., Physical Safety in Multiple Use of Space. Proefschrift TU Delft, september 2004. Ook te downloaden vanaf <http://repository.tudelft.nl/file/354674/203416> en www.sscm.nl.

