

TU Delft verricht onderzoek naar fysieke veiligheid

# Boven elkaar bouwen creëert specifieke risico's

**ONDERZOEK** – Een methode om veiligheidsmaatregelen bij meervoudig ruimtegebruik tegen elkaar af te wegen is nog niet voorhanden. Promotieonderzoek aan de TU Delft geeft inzicht in risico's, risicoscenario's en mogelijke maatregelen tijdens het ontwerp.

IR. S.I. SUDDLE

Voorbeeld van meervoudig ruimtegebruik: de Malietoren in Den Haag boven de Utrechtse Baan.



**D**oor schaars wordende ruimte zijn de laatste jaren in West-Europese binnensteden projecten ontwikkeld waarbij meervoudig ruimtegebruik centraal staat. Beheersing van veiligheid speelt een cruciale rol bij het geven van groen licht door overheid en financiers aan dergelijke projecten. Omdat er in een beperkte omgeving relatief veel mensen aanwezig zijn, kan een klein ongeluk makkelijk leiden tot een grote ramp.

## Veiligheidsfilosofie

In de veiligheidsfilosofie wordt onderscheid gemaakt tussen fysieke en sociale veiligheid. Fysieke veiligheid betreft kansen op verwonding of overlijden door oorzaken zoals calamiteiten met gevaarlijke stoffen en andere rampscenari'o's zoals brand en overstroming. Sociale veiligheid betreft aspecten van mensen onderling, zoals criminaliteit en overlast. Dit artikel gaat alleen in op de fysieke veiligheid, in het vervolg aangeduid als veiligheid.

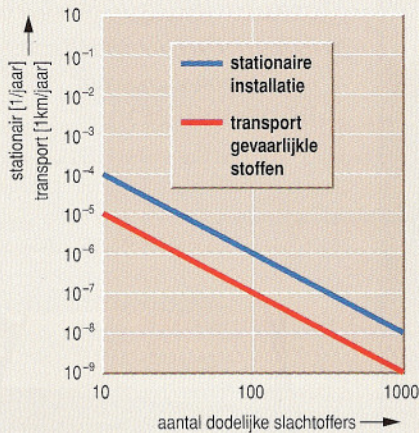
Veiligheid is complementair met risico en wordt derhalve geassocieerd met de mate van het lopen van risico. De gangbare definitie van risico is de (faal)kans maal het (negatieve) gevolg. Het gevolg is uit te drukken in materiële schade of in slachtoffers. Dit risico mag de maatschappelijke risicoacceptatienorm niet overschrijden. Naast de gangbare definitie van risico bestaat ook de controversiële definitie, namelijk de psychologische benadering van risico: een gebrek aan veronderstelde beheersbaarheid of angst voor verlies.

## Risicoanalyse

Het bepalen van risico's gebeurt in z'n algemeenheid met een risicoanalyse. De onderzoeker inventariseert ongevalscenari'o's en bepaalt kansen en gevolgen van ongeval-

FOTOS: COORSMIT

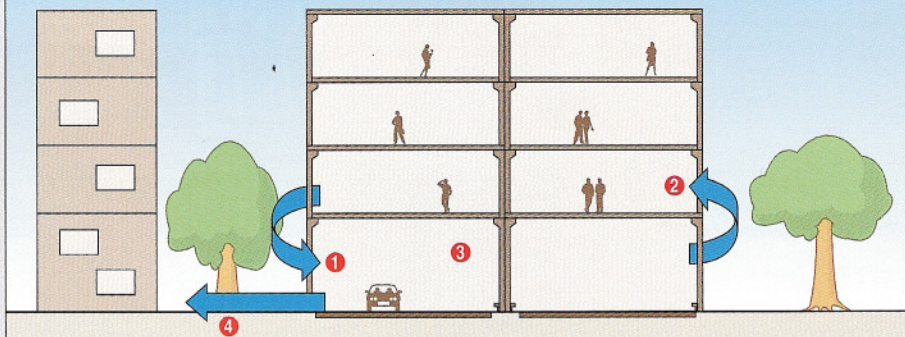
## GROEPSRISICO



Norm voor het groepsrisico, de kans op het aantal dodelijke slachtoffers bij een calamiteit, zoals vastgesteld door het ministerie van VROM.

BRON: VROM

## RISICOSCENARIO



Risicoscenario's bij het overbouwen van een weg: effecten van een calamiteit in het vastgoed op de onderliggende infrastructuur (1), op het bovenliggende vastgoed (2), veiligheid bij een calamiteit binnen de infrastructuur (3) en effecten op de omgeving (4).

ILLUSTRATIE: S.I. SUDDLE

len. Een risicoanalyse wordt gebruikt voor het toetsen van de veiligheid aan een norm of voor het economisch optimaliseren van processen en objecten. Het doel van een risicoanalyse is het leveren van een basis voor het nemen van rationele beslissingen. Bij een risicoanalyse is onderscheid te maken in drie hoofdonderdelen. Allereerst is er de kwalitatieve analyse, die bestaat uit de analyse van de functies en onderdelen van het systeem, de inventarisatie van bedreigingen, faalmechanismen, gevolgen en het vastleggen van de onderlinge samenhang. Dan is er de kwantitatieve analyse, die bestaat uit de berekening van de faalkans, kwantificering van gevolgen, berekening van risico's en beoordeling van het resultaat door toetsing aan normen. Tot slot is er de besluitvorming en de toetsing van het risico. Een belangrijk onderdeel van de risicoanaly-

se is de besluitvorming en toetsing van het risico. Er zijn vier criteria die de mate van acceptatie van risico's bepalen: maatschappelijke risicoacceptatienormen, economische optimalisatie, psychologische acceptatie en politieke besluiten.

De maatschappelijke risicoacceptatienormen zijn te verdelen in groepsrisico en individueel risico. Bij economische optimalisatie is het de bedoeling een maatregel te kiezen die de veiligheid vergroot, terwijl de totale kosten zo klein mogelijk zijn. Maatschappelijke acceptatie is nauw verbonden met psychologische acceptatie. Publieke opinie en daaraan gekoppelde politieke besluiten spelen hierbij een belangrijke rol. De psychologische acceptatie en politieke besluiten zijn meestal doorslaggevend wanneer de risicoanalyse zich beperkt tot de kwalitatieve risicoanalyse. Bij een kwantitatieve risicoanalyse vindt besluitvorming meestal plaats op grond van maatschappelijke risicoacceptatienormen en economische optimalisatie.

## Scenario's

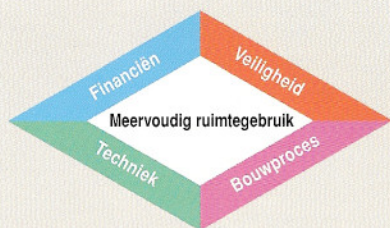
Wat betreft de veiligheid bij bouwen boven infrastructuur is onderscheid te maken in vier situaties: de effecten van een calamiteit in het vastgoed op de onderliggende infrastructuur, de effecten van een calamiteit bij de infrastructuur op het bovenliggende vastgoed, de veiligheid bij een calamiteit binnen de infrastructuur, en de effecten van een calamiteit bij de infrastructuur op de omgeving. Ook is er een onderscheid te maken tussen de verschillende fasen van een project: de bouwfase, exploitatiefase en sloopfase.

In de bouwfase wordt een gebouw gerealiseerd boven bestaande infrastructuur. In deze fase is het zaak rekening te houden met vallende elementen. Eventueel kan het noodzakelijk zijn de infrastructuur bij het inhijzen van bepaalde elementen tijdelijk buiten gebruik te stellen. De bouwfase is relatief van korte duur.

De exploitatiefase is de fase waarin het gebouw boven de infrastructuur in gebruik is. Ook in deze fase kunnen vallende objecten de veiligheid van weggebruikers in gevaar brengen, maar het risico betreft toch grotendeels mogelijke calamiteiten op de weg, zoals brand of aanrijding. Op specifieke trajecten speelt de problematiek van ongelukken met giftige of brandbare stoffen.

Het vervoer van gevaarlijke stoffen geeft in Nederland problemen voor de veiligheid. Een explosie van een LPG-tank kan de verwoesting betekenen van zowel de infrastructuur als het gebouw. Ook tot op kilometers afstand zal de bebouwde omgeving hier gevaar van ondervinden. Ook het ontsnappen van giftige stoffen kan slachtoffers eisen in de wijde omgeving. Door het realiseren van

## DIAMANT



Meervoudig ruimtegebruik kan gezien worden als een diamant: zulke projecten steken veel meer uit dan normale projecten. De zijden van de diamant vormen de knelpunten bij meervoudig ruimtegebruik. De diamant zal alleen glinsteren als deze zijden helder zijn. De vier zijden van deze diamant zijn onderling afhankelijk.

ILLUSTRATIE: TU DELFT

## Groepsrisico

In Nederland heeft het ministerie van VROM de norm voor het groepsrisico vastgesteld. Deze heeft betrekking op de kansverdeling van het aantal doden per jaar als gevolg van een activiteit op één enkele locatie. Hoe groter de groep van mogelijke slachtoffers bij een calamiteit, hoe kleiner de kans moet zijn dat deze calamiteit optreedt. Er zijn verschillende normen voor stationaire installaties en voor het transport van gevaarlijke stoffen. Het individueel risico geeft de kans op overlappen op een bepaalde plaats ten opzichte van een beschouwde activiteit, ongeacht de aanwezigheid van personen; meestal is de acceptabele kans 10<sup>-6</sup> per jaar.

een gebouw boven bestaande infrastructuur verandert de interne veiligheid. Dit is de veiligheid van mensen die zich bij de infrastructuur bevinden, zoals automobilisten en treinreizigers. Ook hier is met name het vervoer van gevaarlijke stoffen de bepalende risicofactor.

De laatste fase is de sloopfase. De gebruiksperiode van vastgoed is korter dan die van de infrastructuur. Daarom is het zaak om bij het ontwerp na te denken over de mogelijkheden om het vastgoed veilig te slopen boven infrastructuur die in gebruik is.

### Veiligheidsmaatregelen

Als het risico niet voldoet aan de maatschappelijke risicoacceptatienormen, is het nodig de veiligheid te optimaliseren. Het niveau van risicoacceptatie is dan te beschouwen als een economisch beslissingsprobleem. Maatregelen moeten ervoor zorgen dat aan de maatschappelijke risicoacceptatienormen wordt voldaan. Daarbovenop is het mogelijk om de veiligheid verder te vergroten, waar dat economisch nog logisch is. Dit is het zogenaamde 'ALARA-principe': het risico is dan As Low As Reasonably Achievable; met andere woorden: de extra maatregelen die je logischerwijs mag verwachten zijn ook genomen. Het is van belang om deze maatregelen te integreren in de risicoanalyse en te kijken wat het effect ervan is op de veiligheidscriteria. Deze maatregelen zijn te verdelen in proactieve, constructieve en functionele maatregelen.

Een proactieve maatregel kan het verbieden van transport van giftige en brandbare

stoffen zijn. Een dergelijk verbod brengt grote kosten met zich mee. De vraag rijst dan of deze kosten opwegen tegen het maatschappelijk risico van het vervoer van deze stoffen. Het is nog wachten op een macro-economische afweging op dit terrein van de kant van de overheid.

Constructieve maatregelen kunnen ervoor zorgen dat een brand of explosie minimaal gevaar oplevert voor de gebruikers van het gebouw. Dit kan door de onderste laag van het gebouw te verstevigen. De explosiedruk wordt daarmee opgevangen. Ook kan men de relatie tussen de infrastructuur en het gebouw verkleinen door het gebouw hoger te bouwen. Bij het ontwerpen van de constructie vereist het risico van brand veel aandacht. Het moet mogelijk zijn een brand onder beheersing te krijgen voordat de constructie van de overbouw bezwijkt, met aandacht voor overslag van deze brand van infrastructuur op vastgoed en andersom. Een onafhankelijke krachtsafdracht en fundering van vastgoed en infrastructuur kan bij een aanrijding of een explosie ook een bijdrage leveren aan de veiligheid van de constructie.

Functionele maatregelen hebben voornamelijk betrekking op de functies van het gebouw. Woningen of een ziekenhuis bouwen boven infrastructuur, waarbij ook nog eens sprake is van vervoer van gevaarlijke stoffen, is veel risicovoller dan het realiseren van een maaiveld met openbare ruimte. Een andere maatregel is het realiseren van een verdiepinghoge stadsvloerconstructie als eerste laag direct boven de infrastructuur om te gebruiken voor parkeren en leidingen. Deze

## NIEUWE MODELLEN

Voor het uitvoeren van een risicoanalyse bij meervoudig ruimtegebruik zijn kanttekeningen te plaatsen bij het gebruik van traditionele modellen zoals de foutenbomen en gebeurtenissenbomen. Gezien de complexiteit van analyses bij meervoudig ruimtegebruik hebben deze traditionele modellen een groot nadeel: op een gegeven moment zie je door de foutenbomen het bos niet meer. Het is raadzaam te concentreren op andere soorten modellen, zoals invloedsdiagrammen. Een voorbeeld is het zogenaamde Bayesiaans Netwerk. Hierin worden toestanden gemodelleerd aan de hand van conditionele kansen. Zo is het mogelijk een grote foutenboom te comprimeren tot een compact model dat zeer inzichtelijk is.

stadsvloer dient dan ook als buffer voor de kwetsbare bestemmingen erboven.

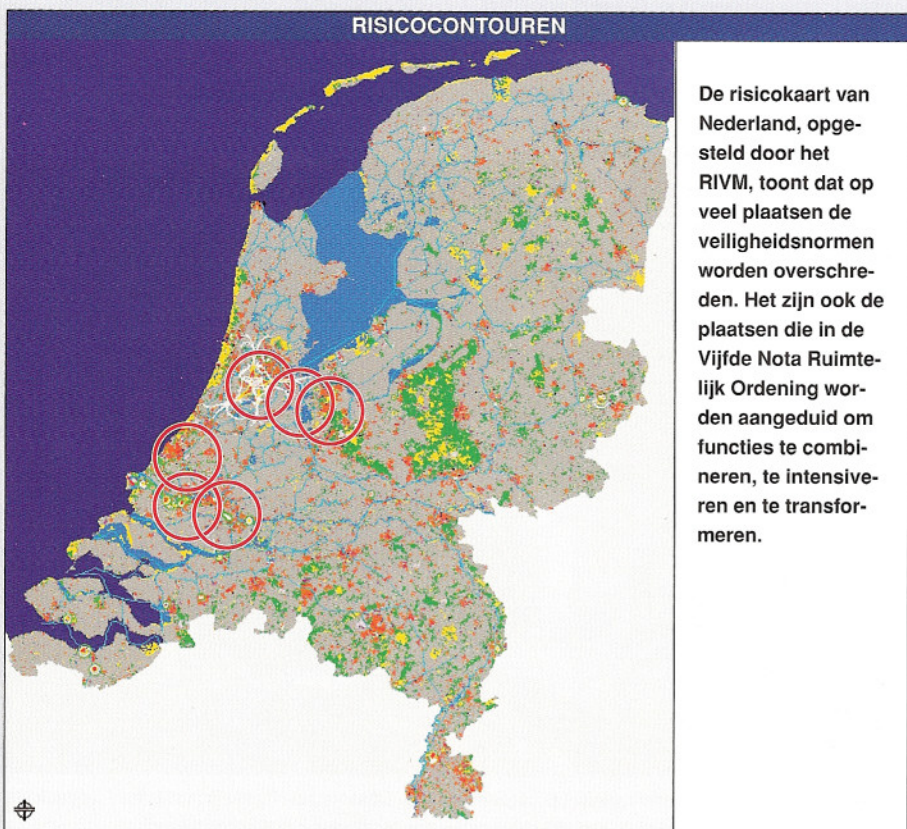
Hoe groter de bebouwingsdichtheid, hoe risicovoller de situatie na een mogelijke calamiteit. De indeling van het gebouw dat boven infrastructuur komt te staan is daarbij een belangrijk aspect. De configuratie heeft invloed op de zogenaamde 'mensverbonden maatregelen'. Deze maatregelen hebben betrekking op de zelfredzaamheid van mensen en de toegang voor de hulpverleningsdiensten bij calamiteiten.

Dit soort maatregelen kan bijdragen aan de veiligheid en kan een synergetisch effect hebben op meervoudig ruimtegebruik. Bij het ontwerpen van meervoudig ruimtegebruik wordt de veiligheid integraal, dus zowel fysiek als sociaal, meegenomen bij ontwerpbeslissingen.

### Afweging

Meervoudig ruimtegebruik en veiligheid gaan niet zomaar samen. Veiligheid impliceert een dilemma voor de toepassing van meervoudig ruimtegebruik. Een ramp bij dergelijke projecten kan de discussie aanwakkeren of het überhaupt mogelijk is om dergelijke projecten te realiseren. Om toch veilig en meervoudig te bouwen is het essentieel dat veiligheidsmaatregelen geïntegreerd worden in het ontwerp. Vervolgens is het noodzakelijk een afwegingskader, dat op dit moment ontbreekt, te ontwikkelen voor veiligheidsmaatregelen in het kader van meervoudig ruimtegebruik. Hierdoor is het mogelijk te bepalen wat aan overbouwen nog acceptabel is gegeven een bepaalde vervoerstroomb.

*Ir. S.I. Suddle is promovendus aan de TU Delft en constructeur bij Corsmit Raadgevend Ingenieursbureau in Rijswijk.*



De risicokaart van Nederland, opgesteld door het RIVM, toont dat op veel plaatsen de veiligheidsnormen worden overschreden. Het zijn ook de plaatsen die in de Vijfde Nota Ruimtelijk Ordening worden aangeduid om functies te combineren, te intensiveren en te transformeren.

ILLUSTRATIE: RIVM