

Interne/externe veiligheid en meervoudig ruimtegebruik

Dr.ir. S.I. Suddle

Zowel intensief en meervoudig ruimtegebruik als het vervoer van gevaarlijke stoffen zullen de komende tijd toenemen. Willen beide economische activiteiten hun doorgang blijven vinden, dan moet er bewuster worden omgegaan met zowel de veiligheid als het realiseren van nieuwbouwprojecten en het vervoer van gevaarlijke stoffen. Door de auteur is aan de TU Delft een promotieonderzoek afgerond over de fysieke veiligheidsaspecten van meervoudig ruimtegebruik¹, waarbij de interactie tussen de interne veiligheid in de overkapping en de externe veiligheid is onderzocht. In het proefschrift wordt een methode aangereikt om het effect van veiligheidsmaatregelen bij meervoudig ruimtegebruik af te wegen tegen economische, milieutechnische en kwaliteitsaspecten. In dit artikel wordt een beknopte beeld gegeven over de resultaten van het promotieonderzoek en een overzicht van de bouwkundige en constructieve maatregelen behorende bij de veiligheidsstudie Dordrecht / Zwijndrecht⁶.

Dr.ir. S.I. Suddle

Dr.ir. S.I. Suddle is adviseur op het gebied van externe veiligheid en ruimtelijke ontwikkeling aan het stadsgewest Haaglanden. Daarnaast is hij onderzoeker aan de TU Delft op het gebied van fysieke veiligheid en meervoudig ruimtegebruik..

Inleiding

In West-Europa zijn projecten gerealiseerd waarbij intensief met ruimte is omgegaan. Binnen beperkte ruimte worden verschillende functies bij of boven elkaar gerealiseerd: meervoudig en intensief ruimtegebruik. De veiligheid van dergelijke gebieden wordt vooral bedreigd door het transport van gevaarlijke stoffen door deze gebieden. Dit heeft tot gevolg dat nieuwbouwplannen op dergelijke locaties niet worden uitgevoerd (bijv. Dordrecht), of - in sommige gevallen - ondanks het dreigende gevaar toch worden verwezenlijkt (bijv. Bos en Lommer in Amsterdam). De risico-kaart van Nederland, die is opgesteld door het RIVM, toont aan dat op de veel plaatsen in de huidige situatie de veiligheidsnormen worden overschreden². Het blijkt tevens dat dit precies die plaatsen zijn, die in de Vijfde Nota³ binnen de rode contour worden aangeduid om functies te combineren, te intensiveren en te transformeren. In het gezamenlijke advies van de raad voor Verkeer & Waterstaat en de VROM-raad "verantwoorde risico's en veilige ruimte"⁴ wordt de spanning tussen ruimtelijk beleid en veiligheidsbeleid nadrukkelijk aangekaart. Dit nationale veiligheidsissue gaat soms gepaard met risico's op projectniveau: door het stapelen van transport- en verblijffuncties, zoals infrastructuur en bebouwing, kan een klein ongeluk leiden tot een ramp. Bovendien is de publieke opinie met betrekking tot veiligheid op scherp gesteld door een aantal recente (inter-) nationale rampen. Derhalve is veiligheid bij meervoudig ruimtegebruik een zeer relevante speerpunt. In het onderhavig promotieonderzoek¹ is een methodiek ontwikkeld voor het beoordelen van veiligheidsaspecten bij meervoudig ruimtegebruik, voor zowel de bouwfase als de exploitatiefase.



Figuur1: Foto Bos en Lommer.

Gewogen risicoanalyse

Meervoudig ruimtegebruik is niet altijd het gevolg van ruimtetekort; ook culturele, politicologische, economische, milieutechnische en kwaliteitsaspecten kunnen een rol spelen bij het realiseren van dergelijke projecten. In feite kan men het risicoreducerend effect van maatregelen, dat betrekking heeft op veiligheid, afwegen tegen de genoemde aspecten. In dit onderzoek is hiervoor een zgn. *gewogen risicoanalyse*-methodiek voorgesteld. In de kostenoptimalisering kan, met behulp van dit gewogen risico, het gevaar voor verlies van mensenlevens kwantitatief worden afgewogen tegen economische, milieutechnische en kwaliteitsaspecten. Het gewogen risico van de beschouwde aspecten kan uitgedrukt worden in één risicodimensie (bijv. geld). Hierdoor kan de besluitvorming en het nemen van maatregelen bij deze projecten plaatsvinden op een veel bredere, effectieve en gegronde basis dan alleen op basis van de normen voor het individueel- en groepsrisico, hetgeen nu het geval is. In tabel 1 worden monetaire waarden voor een gewogen risicoanalyse weergegeven. Hierin is te zien dat bijv. een persoon bereid is om per jaar € 100,= te betalen voor een bundel van bepaalde kwaliteiten die relatie hebben met meervoudig ruimtegebruik.

Tabel 1: Monetaire waarden in een gewogen risicoanalyse.

Aspecten van gewogen risicoanalyse	Monetaire waarden
Waarde van een mensenleven	€ 1.000.000 - € 20.000.000 / persoon
Waarde voor een bepaalde set van kwaliteiten	€ 100 / persoon / jaar
Waarde voor een bespaarde milieu oppervlakte	€ 4 / m ²

Veiligheid tijdens de bouw

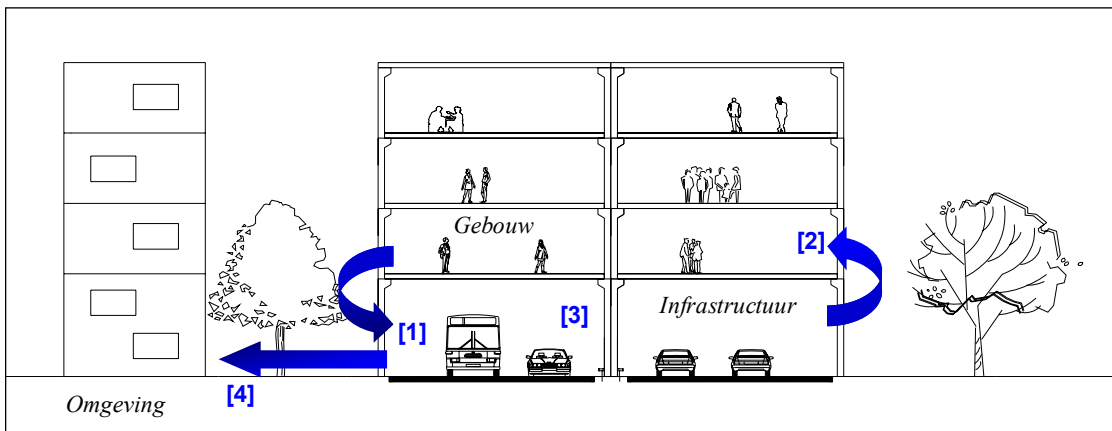
Eén van de grootste gevaren tijdens de bouwfase van dergelijke projecten is dat vallende voorwerpen de veiligheid van derden in gevaar brengen⁵. Dit komt meestal doordat de onderliggende infrastructuur tijdens de bouw van het gebouw in gebruik is. De kwantitatieve risicoanalyse toont aan dat kosteneffectieve maatregelen tegen deze vallende voorwerpen ofwel constructief - zoals het toepassen van een opvangvloer -, ofwel logistiek van aard - zoals het omleiden van het verkeer - kunnen zijn. Constructieve maatregelen kunnen dikwijls ingepast worden in het functionele of architectonische ontwerp van dit gebouw, waarmee tevens kosten kunnen worden bespaard.



Figuur 2: foto Bos en Lommer.

Veiligheid tijdens de exploitatie

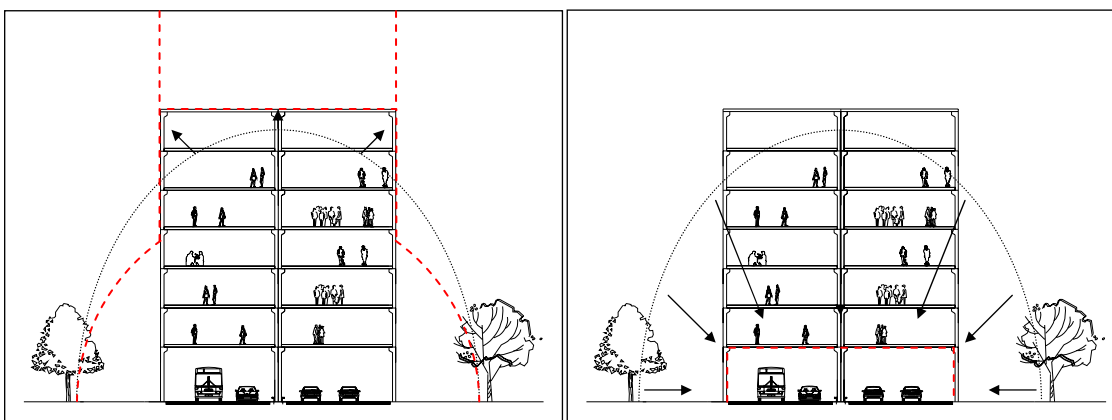
De mogelijk optredende scenario's tijdens de exploitatiefase bij dergelijke projecten zijn: aanrijdingen, branden, explosies en het vrijkomen van toxische gassen (afnemend in kans van optreden en toenemend in gevolg). Gesteld wordt dat het optreden van deze scenario's niet afhankelijk is van het al dan niet overbouwd zijn van de infrastructuur. Echter, de gevolgen van deze scenario's kunnen totaal verschillend zijn, waardoor het resulterende risico alsnog kan verschillen. De benadering van de veiligheid bij bouwen boven infrastructuur kan verdeeld worden in een viertal risico-interacties: de effecten van een calamiteit in het vastgoed op de onderliggende infrastructuur [1], de effecten van een calamiteit bij de infrastructuur op de bovenliggende bebouwing [2], de veiligheid bij een calamiteit binnen de infrastructuur [3] en de effecten van een calamiteit bij de infrastructuur op de omgeving [4].



Figuur 3: De benadering van scenario's bij overbouwen van een weg.

Driedimensionale risicobenadering

De overbouwing van de infrastructuur beïnvloedt de interne en de externe risico's van de infrastructuur. Derhalve is bij een modellering van individueel- en groepsrisico bij het stapelen van functies een driedimensionale risicobenadering onontbeerlijk. Bij deze benadering is het bezwijken van het gebouw boven de infrastructuur een cruciaal scenario. Met behulp van de driedimensionale risicobenadering wordt aangetoond dat het stapelen van functies niet per definitie leidt tot een groter risico. Zo kunnen ter plaatse van de overbouwing de externe risico's afnemen, terwijl deze intern sterk kunnen toenemen. Het effect van een bijv. explosie kan zich vertalen in het bezwijken van het gebouw boven de infrastructuur. Terwijl bij het vrijkomen van toxische gassen deze omsloten kunnen worden in de tunnelgedeelte (zie figuur 4).



Figuur 4: 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 en voor het vrijkomen van toxische gassen: deze wordt omsloten in de tunnel gedeelte (rechts)->

Maatregelen voor de exploitatiefase

Maatregelen tegen brand en aanrijdingen kunnen op kosteneffectieve wijze worden genomen. Maatregelen aan gebouwen tegen toxische gassen kunnen weliswaar uitgevoerd worden, maar blijken duur te zijn. Maatregelen tegen explosies zijn, zowel in constructief als in financieel opzicht, zeer moeilijk te realiseren. Het scheiden van verblijf- en transportfunctie kan een kosteneffectieve en een logistieke maatregel zijn, indien er mogelijkheden zijn voor het vervoeren van gevaarlijke stoffen op alternatieve transportroutes.

Toepassing van de gewogen risicoanalyse

Tenslotte wordt in het laatste deel van het proefschrift de voorgestelde "gewogen risicoanalyse"-methode toegepast in een tweetal cases: Bos en Lommer (bouwen boven wegen) en Spoorzone Delft (bouwen boven sporen). In deze casestudies is het effect van de veiligheidsmaatregelen in de (gewogen) risicoanalyse marginaal ten opzichte van de kosten van deze maatregelen.

Uit het gewogen risico blijkt dat de waarde toegekend aan milieutechnische en kwaliteitsaspecten c.q. maatregelen weinig invloed heeft op de totale kosten en baten van een project. Variatie in de inputvariabelen voor bijvoorbeeld de "nominale" waarde van een mensenleven leidt niet tot een substantiële verbetering in de effectiviteit van maatregelen in de gewogen risicoanalyse. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de kosten en baten van een project de doorslaggevende factoren zijn voor de besluitvorming omtrent het al dan niet realiseren van een project of het treffen van een maatregel.

Het feit dat het verlies van mensenlevens nauwelijks meeweegt in het gewogen risico kan erop duiden dat in de toekomst hogere monetaire waarden worden gebruikt voor het verlies van een mensenleven of dat meer aspecten worden meegenomen bij het beslissingsproces dan de aangenomen economische, milieutechnische, menselijke en kwaliteitsaspecten. Echter, het treffen van veiligheidsmaatregelen, ondanks hun marginale effect, duidt erop dat veiligheid meer een randvoorwaarde is dan een financieel aspect. Beslissingen op grond van intuïtie of politieke achtergrond kunnen weliswaar totaal effectloos zijn, maar hebben het doel om een bepaald veiligheidsniveau te garanderen en om een positief gevoel over de veiligheid te geven. De gewogen risico-methodiek heeft dan een ondersteunende rol bij het besluitvormingsproces. In de toekomst kan deze methode de input vormen voor een toetsingskader voor fysieke veiligheid bij ruimtelijke ordeningsprojecten. De monetaire waarden per aspect kunnen echter verschillen in de tijd. Door het variëren van deze waarden van het model kan inzicht gekregen worden in de invloed hiervan. De gewogen risico-methodiek zorgt voor een afgewogen, effectieve beslissing. De kracht van het gewogen risico schuilt dus in het feit dat relevante aspecten, tot op een zekere hoogte, gekwantificeerd worden, wat tot een gegronde besluitvorming leidt.

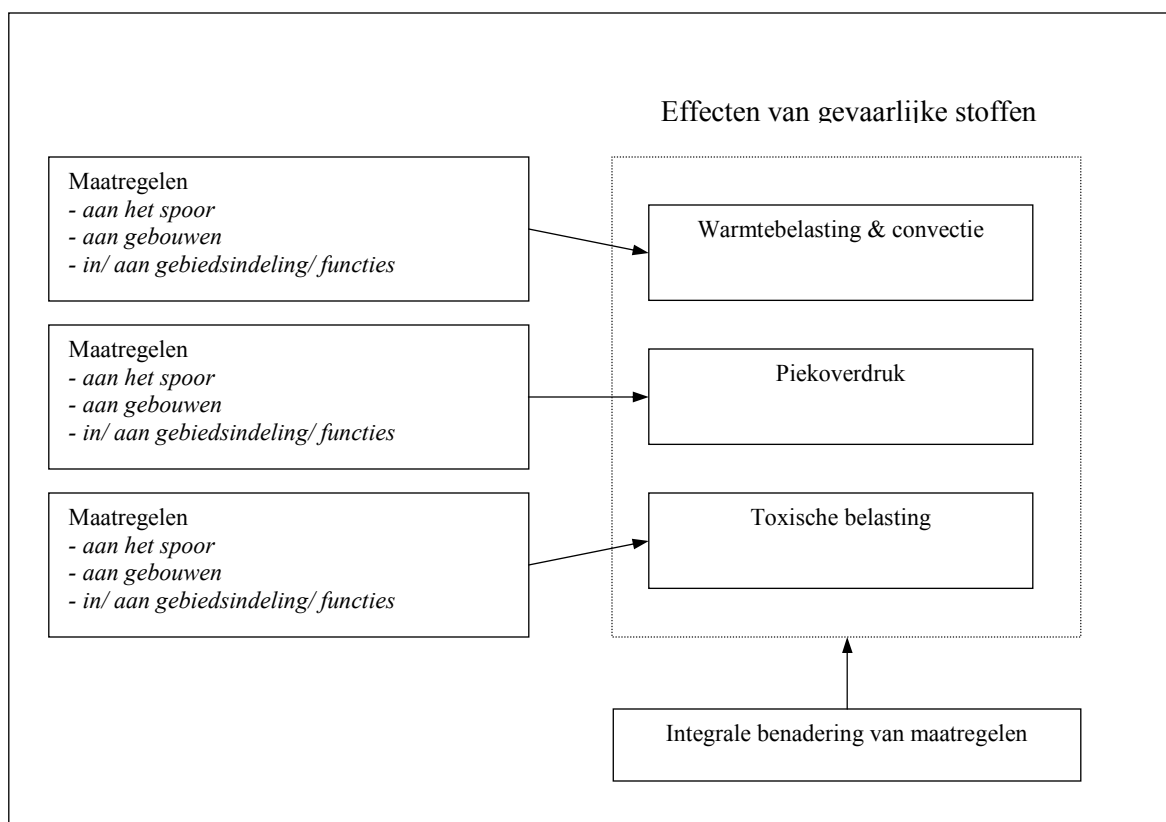
Bouwkundige en constructieve maatregelen voor bouwen langs sporen⁶

Bij bouwen langs sporen kunnen maatregelen worden toegepast die stedenbouwkundig, bouwkundig ofwel constructief van aard zijn. Deze worden toegepast om risico's te verkleinen. Stedenbouwkundige maatregelen zijn maatregelen die voornamelijk inspelen op de indeling van de ruimte naast de sporen in stedelijke context. Hierbij kan gedacht worden aan het realiseren c.q. combineren van bepaalde functies met het al aanwezige spoor. Bouwkundige en constructieve maatregelen kunnen getroffen worden in of aan gebouwen in de nabijheid van het spoor, aan het spoor zelf aan de trein of combinaties van het genoemde. Combinaties van deze maatregelen en maatregelen uit een andere tak van de veiligheidsketen zijn ook mogelijk, en kunnen het risicoreducerend effect aanzienlijk vergroten.

De bouwkundige en constructieve maatregelen aan gebouwen of aan de omgeving kunnen er niet voor zorgen dat de kans op een incident met transport van gevaarlijke stoffen wordt verkleind, maar kunnen de kansen op vervolgsenario's verkleinen. Hiermee worden de consequenties van een incident kleiner en op deze wijze kan het uiteindelijke risico alsnog verkleind worden. Bouwkundige en constructieve maatregelen aan het spoor daarentegen, ook wel bronmaatregelen genoemd (bijv. ontsporingsgeleiding), kunnen de kans op een incident met transport van gevaarlijke stoffen wel beïnvloeden.

Bij transport van gevaarlijke stoffen worden vier categorieën van stoffen genoemd die samen het grootste deel van het risico bepalen, te weten: brandbare vloeistoffen, toxische vloeistoffen, brandbare gassen en toxische gassen. De schadeontwikkeling bij het vrijkomen van brandbare vloeistoffen is een plasbrand van 300 m² of 600 m². Hierbij gaat het voornamelijk om de warmtestraling en convectie. Bij brandbare gassen zijn de hoge warmtestraling bij BLEVE en de overdruk als het hoofdeffect te beschouwen. Bij toxische vloeistoffen en toxische gassen is de toxische belasting (de concentratie van de stof in de lucht) en de blootstelling (tijdsduur) aan deze stof van belang. Als het voorgaande wordt beschouwd, kan er een onderscheid gemaakt worden in maatregelen die inspelen op een drietal effecten van gevaarlijke stoffen:

- De warmtebelasting (en convectie)
- De piekoverdruk bij explosies
- De toxische belasting



Figuur 5: Maatregelen spelen in op de effecten van de gevaarlijke stoffen en kunnen in verschillende gebieden worden getroffen.

Voor sommige maatregelen geldt dat ze voor een bepaald soort effect van een gevaarlijke stof effectief zijn, terwijl ze tegelijkertijd een negatieve werking hebben voor andere soorten effecten. In tabel 2 wordt een inschatting en inzicht van de haalbaarheid en de kosten van een aantal maatregelen gepresenteerd. Bij de effectiviteit van maatregelen gaat het om reële inschattingen, want exacte uitkomsten kunnen alleen door nader onderzoek achterhaald worden als precieze gegevens over luchtstromingen, plaatsgebonden eigenschappen, etc. bekend zijn.

Bij de kosten dien men rekening te houden met het gebruik van de kostengegevens in een concreet geval. De kosten hangen altijd sterk af van de lokale omstandigheden. Dit zal zeker in een stedelijke omgeving het geval zijn. De gegeven kostenindicaties zijn ontleend aan ramingen voor soortgelijke constructies in bepaalde omstandigheden en geëxtrapoleerd uit het rapport.

Maatregel		Effectiviteit Warmte- straling	Effectiviteit piekoverdru- k	Effectiviteit toxische belasting	Betrokken partijen	Termijn van realiseerbaarheid	Indicatie Kosten maatregel	Nadelige effecten
Brandwerende langs het spoor	betonmuur	++ (plasbrand) 0 (BLEVE)	0	0	Gemeente	Kort	€ 1,3*10 ⁶ /km	Slecht uitzicht Architecto- nisch niet fraai - slecht uitzicht/overz icht
Plasbeperkende "goot" onder het spoor	maatregel:	++ (plasbranden) 0(BLEVE)	0	0	Pro-Rail	Midden, Lang	€ 10*10 ⁶ /km	
Verdiept aanleggen van het spoor		++ (plasbranden) +(BLEVE)	++	0	Pro-Rail	Lang	€ 50*10 ⁶ /km	
"Normaal" overkappen van de sporen		++	-	++	Pro-Rail	Midden, lang	€ 40*10 ⁶ /km	Explosie in tunnel
Ondertunnelen van goederen spoor		+	+	++	Pro-Rail	Midden, lang	€ 110*10 ⁶ /km	In praktijk Moeilijk realiseerbaar, explosie in tunnel
Gebouw loodrecht op het spoor		+ (plasbranden) 0 (BLEVE)	0	0	Ingenieurs- bureaus, BOWOTO	Kort, midden	Opnemen tijdens ontwerpfase	
Gebouw met functies met lage bezettingsgraad aan zijde spoor (aula, sanitaire voorzieningen)		+ (plasbranden) 0 (BLEVE)	0	0	Ingenieurs- bureaus, BOWOTO	Kort, midden	Opnemen tijdens ontwerpfase	Architecto- nisch minder fraai
Brandwerende gebouwen	gevels	++ (plasbranden) + (BLEVE)	0	0	Ingenieurs- bureaus, BOWOTO	Kort, midden	€ 200/ m ² gevel oppervlakte	
Functies met een kleine bezettingsgraad in het gebied vlak langs het spoor (bv. parkeergarages, park)		+	+	+	Gemeente Dordrecht/Zwijn drecht	Kort, midden	€ 10 ⁵ /km	Lage opbrengsten

In “staal” overkappen van goederen spoor	++	++	++	Pro-Rail	Midden, lang	€ 250*10 ⁶ /km	In praktisch Moelijk realiseerbaar, explosie in tunnel
Zware muur langs spoor	+ (plasbranden) 0 (BLEVE)	+	0	Pro-Rail Gemeente	Kort, midden	€ 1,3*10 ⁶ /km	Esthetisch minder fraai
Twee betonnen muren naast spoor	+ (plasbranden) 0 (BLEVE)	+	0	Pro-Rail Gemeente	Kort, midden	€ 1,5*10 ⁶ /km	Esthetisch minder fraai
Aarde wal naast spoor in combinatie met betonnen muur	+ (plasbranden) 0 (BLEVE)	+	0	Pro-Rail Gemeente	Kort, midden	€ 2*10 ⁶ /km	Esthetisch minder fraai
Water mitigatie pijp langs spoor	++	+	0	Pro-Rail	Midden	???	
Water over sporen	++	++	++	Pro-Rail	Midden, lang	€ 10 ⁸ /km ???	
Zware muur voor gebouwen	++ (plasbranden) 0 (BLEVE)	++	0	Ingenieurs- bureaus, BOWOTO, Gemeente	Integreren in ontwerp	Hangt af van geometrie	Zicht belemmerd
Bunkers als gebouwen	++	++	++	Gemeente, BOWOTO	Kort, midden	€50*10 ⁶ /gebouw	Niet realistisch in context stedelijke ontwikkeling
Gebouw ondergronds	++	++	++	Gemeente, BOWOTO	Integreren in ontwerp	€50*10 ⁶ /gebouw	Perceptie mensen
Ronde vorm gebouw	+	+	+	Gemeente, BOWOTO	Integreren in ontwerp	€5*10 ⁶ /gebouw	Werkt bij grote afstand vanaf spoor
Blast and explosion resistant glazing	+	+	0	Gemeente, BOWOTO	Kort, midden	€2*10 ³ /m ² gevel-oppervlak	Werkt bij grote afstand vanaf spoor
Grote betonnen gevel-elementen, minder voegen + controle voegen	0	0	+	Ingenieurs- bureaus, BOWOTO,	Kort	€ 50,-/m ² geveloppervlak	Architectonische beperkingen

ontwikkelaar								
Luchtdicht gecombineerd ventilatiesysteem	bouwen met	0	0	++	Ingenieursbureaus, BOWOTO	Kort	€10 ⁶ ,- per gebouw	Veel ruimte per gebouw verloren aan installaties
Gasmaskers		0	0	+	Gemeente	Kort	€ 500,- per masker	Onhandigheid op den duur Negatieve perceptie

Literatuur

1. Suddle, S.I., *Physical Safety in Multiple Use of Space*, Ph.D. dissertation, Delft, Print Partners Ipskam, September 2004, 162 pp.
2. RIVM, *Yearly environmental report 1998*, 1998.
3. Ministerie van VROM, *Ruimte maken, ruimte delen: Vijfde Nota over de Ruimtelijke Ordening 2000/2020*, Ministerie van VROM, Den Haag, 2001, 300 pp.
4. Raad voor Verkeer en Waterstaat, VROM-raad, *Verantwoorde risico's, veilige ruimte*, Drukkazen Rotterdam, ISBN 90-77323-02-3, 164 pp.
5. Suddle, S.I., *Veiligheid van bouwen bij Meervoudig Ruimtegebruik*, afstudeerrapport, TU-Delft, april 2001, 298 pp.
6. Wiersma, T., K.E. Jap A Joe M. Molag & S.I. Suddle, *Veiligheidsstudie Spoorzone Dordrecht / Zwijndrecht*, TNO rapport TNO-MEP-R2004/104, Apeldoorn, The Netherlands, maart 2004, 157 pp.