

WONINGBOUW OP GELUIDSBELASTE LOCATIES LANGS INFRASTRUCTUUR

Een rapport over het benutten van onbenutte geluidszones
in het kader van het onderzoeksproject People, Planet, Profit

Juni 2005

**Bart Brandenburg
Youri van Dort**

Voorwoord

Na 4 maanden werken aan het onderwerp ‘woningbouw op geluidsbelaste locaties langs infrastructuur’, was er voor ons nog één mijlpaal te leveren: het opleveren van een leesbaar verslag over een onderwerp dat vooral juridisch van aard is. Omdat de juridische kaders waarbinnen woningbouw op geluidsbelaste locaties valt, nogal droog zijn; hebben wij veel aandacht besteed aan de leesbaarheid en begrijpelijkheid van dit verslag. Zo hopen wij dat een ieder die dit verslag ter hand neemt, een duidelijk beeld krijgt van hoe het onderwerp op zowel het gebied van de ruimtelijke ordening als op bouwkundig gebied, in elkaar steekt.

Deze afstudeeropdracht vormt het einde van onze beide studies. Bart Brandenburg rondt na vier jaar zijn studie Ruimtelijke Ordening en Planologie af en Youri van Dort maakt na vier jaar een eind aan zijn studie Bouwkunde. Gedurende onze studies hebben wij beiden een specialisatierichting gevolgd in de richting van projectontwikkeling (Bart in de specialisatierichting Real Estate Management en Youri in de specialisatierichting Bouwprojectmanagement). Vanwege deze specialisatierichtingen hebben wij in dit verslag extra aandacht geschonken aan het onderwerp projectontwikkeling, wat terugkomt in het gelijknamige hoofdstuk (hoofdstuk 6) in dit verslag.

Wij hebben deelgenomen aan het onderzoeksproject People, Planet, Profit, waarin duurzame stedelijke ontwikkeling centraal staat. De keuze van het thema van het onderzoek moest op verschillende niveaus duurzame voordelen hebben, zowel voor de mens als individu, een stad of wijk of een land.

Tijdens ons afstuderen hebben wij een juridische handwijzer - in de vorm van een stappenplan - en diverse bebouwingsmodellen gemaakt, die op iedere willekeurige locatie kunnen worden toegepast. Wij hopen daarom ook dat in het vervolg van het onderzoeksproject People, Planet, Profit, dit project een vervolg gaat krijgen door het op een specifieke locatie toe te passen. Hiervoor hebben wij aanbevelingen gedaan in het hoofdstuk Conclusies & Aanbevelingen van dit verslag.

Bart Brandenburg & Youri van Dort

juni 2005

Inhoudsopgave

Voorwoord	III
------------------	------------

Inhoudsopgave	IV
----------------------	-----------

1 Samenvatting	VI
-----------------------	-----------

2 Inleiding	1
--------------------	----------

2.1 Onderzoeksopzet	1
----------------------------	----------

2.1.1 Probleemstelling	1
------------------------	---

2.1.2 Werkwijze en eindproducten	2
----------------------------------	---

2.2 Leeswijzer	2
-----------------------	----------

3 Projectontwikkeling	4
------------------------------	----------

3.1 Mogelijkheden van wonen in geluidshinderzones	4
--	----------

3.1.1 Verantwoordelijkheid maatregel	4
--------------------------------------	---

3.1.2 Keuze voor geluidsscherm of geluidswal	4
--	---

3.1.3 Geluidswerende woningen	5
-------------------------------	---

3.1.4 Welk type woning gaan wij verder onderzoeken?	6
---	---

3.2 Multicriteria-analyse woningtype	6
---	----------

3.2.1 Het doel van de analyse	6
-------------------------------	---

3.2.2 Welke woningtypen zijn geanalyseerd?	6
--	---

3.2.3 Welke criteria bevat de analyse?	6
--	---

3.2.4 Beoordeling van de criteria	7
-----------------------------------	---

3.2.5 Wegingsfactoren	7
-----------------------	---

3.2.6 Uitslag analyse	8
-----------------------	---

3.3 Enquête voor projectontwikkelaars	9
--	----------

3.4 Wat zijn de financiële gevolgen?	9
---	----------

3.4.1 Grondkosten geluidswalwoningen	10
--------------------------------------	----

3.4.2 Bouwkosten geluidswalwoningen	10
-------------------------------------	----

3.4.3 Verkoopprijs geluidswalwoningen	10
---------------------------------------	----

3.4.4 Winstvermindering bij geluidswalwoningen	11
--	----

3.4.5 Haalbaarheid geluidswalwoningen	11
---------------------------------------	----

3.4.6 Voorbeeld	11
-----------------	----

3.5 Conclusie	11
----------------------	-----------

4 Juridisch stappenplan	13
--------------------------------	-----------

4.1 Doel van het juridisch stappenplan	13
---	-----------

4.1.1 Projectontwikkeling en het juridisch stappenplan	13
--	----

4.2 Opzet van en uitleg bij het stappenplan	13
--	-----------

4.3 Uitleg per onderdeel van het stappenplan	13
---	-----------

4.3.1 Luchtkwaliteit	13
----------------------	----

4.3.2 Externe veiligheid	14
--------------------------	----

4.3.3 Trillingen	14
------------------	----

4.3.4 Geluid randvoorwaarden	14
------------------------------	----

4.3.5 Geluid vrijstellingsprocedure	14
-------------------------------------	----

4.3.6 Ruimtelijk Ordening	15
---------------------------	----

4.4 Uitleg werking digitaal stappenplan	15
--	-----------

5	Ontwerpen van geluidswalwoningen	17
5.1	Maatregelen aan de geluidswalwoning	17
5.1.1	Invloed <i>geluid</i> op de bouwvorm	17
5.1.2	Invloed <i>daglicht</i> op de bouwvorm	20
5.2	Aanpassingen indeling	22
5.2.1	Invloed <i>geluid</i> op indeling	22
5.2.2	Invloed <i>daglicht</i> op de indeling	23
5.3	Aanpassingen gevel en dak	25
5.3.1	Wetgeving	25
5.3.2	Geluidsisolatie	25
5.4	Overige bouwtechnische aanpassingen	28
5.4.1	Luchtverontreiniging	28
5.4.2	Externe veiligheid	28
5.4.3	Trillingen	29
5.4.4	Constructieve aanpassingen	29
6	Conclusies & Aanbevelingen	30
6.1	Conclusies	30
6.2	Aanbevelingen voor verder onderzoek	30
7	Bronvermelding	32

1 Samenvatting

Op juridisch gebied is het bouwen van woningen op geluidsbelaste locaties langs infrastructuur toegestaan, mits de locatie voldoet aan een aantal voorwaarden: Ten *eerste* moet de luchtkwaliteit op de locatie niet hoger zijn dan de vastgestelde grenswaarden voor de uitstoot van stikstofdioxide, koolstofdioxide en fijn stof. *Daarnaast* mag de locatie zich ook niet bevinden binnen de 10^{-6} externe veiligheidscontour die rond een weg of spoorlijn ligt. Wanneer een locatie aan één van deze aspecten niet voldoet, dan is deze bij voorbaat ongeschikt voor woningbouw en kan enkel worden gewacht tot (in het geval van luchtverontreiniging) de situatie verbetert, of er moet voor worden gezorgd dat (in het geval van externe veiligheidsproblemen) de externe veiligheidscontour wordt teruggedrongen richting de weg.

Op het gebied van trillingen geldt op dit moment nog geen regelgeving waar rekening mee moet worden gehouden.

Wanneer aan de bovenstaande voorwaarden wordt voldaan, moet op het gebied van geluid veelal vrijstelling voor hogere waarden bij Gedeputeerde Staten (GS) worden aangevraagd. Als deze vrijstelling wordt verkregen, dan moet de *bestemming* van de locatie alleen nog geschikt worden gemaakt voor woningbouw. Indien de vrijstelling echter niet wordt verkregen, dan moeten in het plan aanvullende geluidswerende maatregelen worden genomen, om de geluidsbelasting op de gevels omlaag te brengen, voordat met de planologische procedure kan worden gestart.

Tot slot moet de bestemming van de locatie geschikt gemaakt worden voor woningbouw, wat gedaan kan worden door middel van een bestemmingsplan- of artikel 19 WRO-procedure. Mocht de locatie al de juiste bestemming hebben, dan kan al met de bouw worden gestart, indien er aan de geluidseisen is voldaan.

Op het gebied van projectontwikkeling moet er rekening worden gehouden met de financiële gevolgen van het bouwen van woningen in geluidszones. Door de extra geluidswerende maatregelen zijn deze woningen per saldo duurder dan conventionele woningen. Dit is ook de reden waarom het bouwen van woningen in geluidszones in gebieden waar de vraag naar woningen klein is, niet realistisch is. In dergelijke gebieden kan men immers een goede woning voor minder geld krijgen op een 'gewone' locatie. Woningbouw op geluidsbelaste locaties langs infrastructuur is dus alleen interessant in gebieden met ruimtegebrek waar de vraag naar woonruimte groot is (zoals bijvoorbeeld de Randstad).

Een tweede voorwaarde om woningen te bouwen in geluidszones langs infrastructuur, is dat de woningen gerealiseerd worden in combinatie met een (bij de geluidswerende woningen) achterliggend project. De extra kosten die gemaakt worden ten behoeve van de geluidswering zijn namelijk te hoog om te verhalen op alleen de geluidswerende woningen. De extra kosten moeten daarom verdeeld kunnen worden over een achterliggend, nog te ontwikkelen, gebied. Hierbij komt wederom naar boven dat de vraag naar woningen groot moet zijn, omdat per woning een extra bedrag moet worden betaald ten behoeve van de geluidswering. De woningen zijn dus minder winstgevend, wat kan worden opgelost door de verkoopprijs hoog te maken. Dit kan tot gevolg hebben dat potentiële kopers een gelijkwaardige woning (dus een

woning binnen dezelfde prijsklasse) op een conventionele locatie vinden. Tot slot moet er wel in ogenschouw worden genomen, dat het achterliggende nieuwbouwgebied, door een te hoge geluidsbelasting, niet gebouwd mag worden zonder een goede geluidswering. Het is dus van belang voor het achterliggende nieuwbouwgebied dat de geluidswerende woningen wel worden gerealiseerd en verkocht.

Om te komen tot het woningtype dat het beste toepasbaar is op locaties langs infrastructuur, hebben wij een multicriteria-analyse uitgevoerd over verschillende mogelijke typen geluidswerende woningen. Uit de multicriteria-analyse is gebleken dat het woningtype 'geluidswalwoning', waarbij een aarden wal tegen de woning aan ligt, het meest geschikte woningtype is voor woningbouw op geluidsbelaste locaties langs infrastructuur. Dit woningtype kan op nagenoeg alle locaties worden toegepast, alleen moeten er in sommige gevallen aanpassingen worden gemaakt aan de indeling van de woning. Hierbij blijkt vooral dat lichtinval bij locaties ten noorden van een snel- of spoorweg, problemen kan opleveren.

Naast rekening te houden met de mate van lichtinval moet er in het ontwerp van de woningen ook worden gekeken naar de mate van geluidswerendheid van de gevel en dakconstructie. Door creatief te zijn en door aanpassingen in de bouwvorm en de indeling, is het mogelijk voor alle locaties en voor alle zonoriëntaties een bebouwingsmodel te ontwikkelen.

2 Inleiding

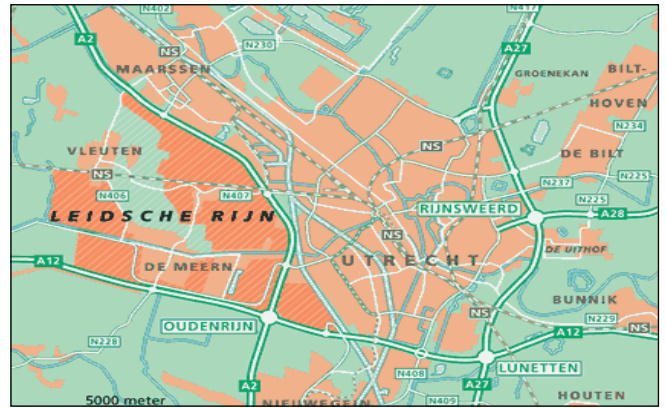
Milieu en woningbouw zijn twee zaken die in sommige gevallen maar moeilijk samengaan. In de Wet geluidhinder is bepaald dat langs alle Nederlandse wegen en spoorwegen een geluidszone ligt, waar slechts onder bepaalde voorwaarden in mag worden gebouwd. Door deze regelgeving ontstaan er meer en meer locaties waar geen ontwikkeling van woningbouw, kantoren en andere functies plaatsvindt. In gebieden waar de vraag naar woningen groot is, zal de wens om op dergelijke locaties woningen te bouwen groter worden. Dit wordt door de regelgeving tegengehouden.

Waarom zou er überhaupt op geluidsbelaste locaties langs infrastructuur gebouwd moeten worden, wanneer er nog voldoende ruimte in Nederland beschikbaar is voor woningbouw? Dit is een vraag die wij onszelf hebben gesteld, omdat er in Nederland nog voldoende plek is waar bovendien veel goedkoper gebouwd kan worden dan op locaties in het stedelijk gebied. Toch zijn wij van mening dat het toch van essentieel belang is dat woningen op geluidsbelaste locaties in het stedelijk gebied langs infrastructuur worden gebouwd, om redenen die hieronder zullen worden beschreven.

In de Randstad is er grote vraag naar woningen, waar met de huidige woningvoorraad niet aan kan worden voldaan. Er wordt op verschillende manieren geprobeerd toch aan deze vraag te voldoen. Zo zijn er VINEX-locaties aangelegd waar grote hoeveelheden woningen zijn of worden gebouwd. Het nadeel aan deze VINEX-locaties is dat ze buiten de bestaande stad worden gebouwd, waardoor de steden steeds verder uitdijen. Dit heeft tot gevolg dat de band met de reeds bestaande stad steeds minder wordt. Wij zullen dit toelichten met een voorbeeld: Bij de stad Utrecht is de VINEX-locatie Leidsche Rijn in ontwikkeling. Door de afstand van de wijk tot aan de stad en ook door de grootte van de wijk is het zeker 35 minuten fietsen voordat het centrum van de stad is bereikt. Doordat Leidsche Rijn ook een eigen winkelcentrum krijgt, zullen bewoners er sneller voor kiezen om te winkelen in hun eigen wijk. Hierdoor zal de band met de stad Utrecht minder worden.

Een ander aspect wat bij het bovenstaande voorbeeld ook meespeelt, is de barrièrevorming van infrastructuur tussen de bestaande stad en de wijk. Tussen de stad Utrecht en de VINEX-locatie Leidsche Rijn liggen twee grote infrastructurele werken, te weten het Amsterdam-Rijnkanaal en de rijksweg A2. Beide infrastructurele werken worden op dit moment alleen overbrugd met bruggen en viaducten en blijven dus een grote barrière vormen. Hierdoor vindt de VINEX-locatie geen aansluiting bij de stad¹. De barrièrevorming rond infrastructuur wordt nog eens versterkt doordat er in de geluidszone van deze wegen niet gebouwd wordt. Door woningbouw op deze geluidsbelaste locaties toe te staan, zal een deel van de barrièrevorming worden weggenomen.

¹ In het geval van Leidsche Rijn wordt de barrièrevorming verminderd door delen van de rijksweg A2 te overkappen. Deze overkappingen zorgen voor één wijk Leidsche Rijn vanaf het Amsterdam Rijnkanaal, zodat niet een klein deel van de VINEX-locatie ingesloten komt te liggen tussen het Amsterdam Rijnkanaal en de Rijksweg A2.



Figuur 2.1 - De ligging van de VINEX-locatie Leidsche Rijn ten opzichte van de stad Utrecht, waarbij de rijksweg A2, de spoorlijn Amsterdam-Utrecht en het Amsterdam Rijnkanaal 3 grote barrières vormen

Naast het bovenstaande is het wonen op geluidsbelaste locaties ook een goed alternatief voor het uitdijen van steden, omdat binnen de steden in de Randstad veel ruimtes langs wegen en spoorwegen momenteel nog onbenut zijn. Gezien het Planet-aspect van het onderzoeksproject People, Planet, Profit, is het benutten van deze locaties een goed voornemen, omdat op deze manier de onbenutte locaties gebruikt gaan worden. Ook helpt het benutten van deze onbenutte locaties in stedelijke gebieden voorkomen dat fraaie landelijke gebieden worden volgebouwd om aan de woningvraag te voldoen. Voor het landelijk gebied levert het benutten van onbenutte locaties langs infrastructuur dus ook voordelen op. Omdat naar onze mening het landelijk gebied in de Randstad al aanzienlijk te lijden heeft van onze woningvraag, vinden wij het zeer belangrijk de woningdruk op deze gebieden zoveel mogelijk te voorkomen.

In dit rapport geven wij een beeld van de juridische stappen die moeten worden genomen en de bouwtechnische mogelijkheden die er zijn, bij het plegen van woningbouw op geluidsbelaste locaties langs infrastructuur.

2.1 Onderzoekopzet

2.1.1 Probleemstelling

Aanleiding

Wanneer *gemeentelijke overheden* nieuwbouw willen plegen, zal in de meeste gevallen de eerste keuze uitgaan naar woningbouwlocaties die aan de rand van de bestaande bebouwing (tegen het buitengebied aan) liggen. Dit zal vooral worden gedaan omdat het bouwen aan de rand van de stad goedkoper is dan het inbreiden van nieuwbouw. Hierdoor zal de afstand van de rand van het dorp of de stad naar het centrum steeds verder toenemen. Naast dat de bewoners steeds grotere afstanden moeten afleggen voor bijvoorbeeld hun dagelijkse boodschappen, zal het dorp of de stad steeds minder een eenheid vormen door het 'uitdijen' aan de rand van de kern. Dit probleem wordt nog eens versterkt door barrièrevorming van auto-, autosnel- en spoorwegen die (door het 'uitdijen' van de kern) binnen de bebouwde kom komen te liggen. Enkele voorbeelden van de barrièrevorming van auto-, autosnel- en spoorwegen zijn de rijksweg A2 en de spoorlijn Utrecht-Amsterdam tussen de VINEX-locatie

Leidsche Rijn en de stad Utrecht en de rijksweg A13 tussen de VINEX-locatie Ypenburg en de stad Den Haag.

In de Nota Ruimte² wordt ernaar gestreefd om een optimale bundeling te maken van infrastructuur met de omliggende ruimte. In de Nota Ruimte wordt dus het idee om de ruimte rond infrastructuur te benutten gesteund. Daarnaast zal het bouwen aan de rand van de stad vooral op het gebied van reistijden en ‘vervreemding van de stad’ problemen met zich meebrengen. Ook om deze reden zal steeds vaker gekeken worden naar de mogelijkheden om in de stad in te breiden in plaats van het uitbreiden van de stad.

Het bovenstaande heeft tot gevolg dat in toenemende mate gebouwd gaat worden op locaties met een hoge geluidsbelasting. Op locaties rond auto-, autosnel- en spoorwegen zijn grenzen gesteld aan de maximaal toelaatbare geluidsbelasting op de gevels van woningen. Het gevolg is dat woningbouw in veel gevallen niet blijkt toegestaan. Dit is een probleem waar we in Nederland steeds vaker mee geconfronteerd zullen worden.

Naast problemen omtrent het bouwen van woningen in geluidsbelaste zones langs infrastructuur, komen in deze zelfde zones veelal problemen voor omtrent externe veiligheid, en emissies van uitlaatgassen van voertuigen. Ook aan deze twee verschillende soorten problemen zijn bij woningbouw wettelijke beperkingen gebonden, waar in dit project rekening mee is gehouden.

Onderzoeksvragen

Vanuit het bovenstaande zijn wij in dit onderzoek met de volgende probleemvraag aan de slag gegaan: ‘Wat moet er allemaal gebeuren om wél in geluidsoverbelaste zones rond auto-, autosnel- en spoorwegen woningbouw te mogen plegen?’ Daarnaast zijn wij ook ingegaan op de vraag: ‘Welk type woning komt het best in aanmerking om gebouwd te worden op geluidsoverbelaste locaties langs infrastructuur?’

2.1.2 Werkwijze en eindproducten

Werkwijze

Gedurende de uitvoering van ons project hebben wij voor onszelf steeds een aantal doelen helder voor ogen gehad, waar een aantal eindproducten uit voortvloeien: Wij hebben onszelf tot doel gesteld een *bebouwingsmodel* te maken dat voldoet aan de juridische en bouwtechnische eisen (op zowel het gebied van geluid, luchtkwaliteit, trillingen en externe veiligheid) die gesteld worden op geluidsbelaste locaties. Om hiertoe te komen wordt een *juridisch stappenplan* opgesteld welke de procedure aangeeft die gevolgd moet worden bij het bouwen op dergelijke locaties. Vervolgens willen wij in het hoofdstuk projectontwikkeling een overzicht maken waarin voorwaarden worden geschept waar een locatie aan moet voldoen voor het plegen van woningbouw en tevens zal in dit hoofdstuk een multicriteria-analyse worden uitgevoerd om het meest geschikte woningtype voor geluidsbelaste locaties te achterhalen (welke als bebouwingsmodel is uitgewerkt). Tot slot wordt er op bouwtechnisch gebied een onderzoek gedaan naar de aanpassingen die moeten gebeuren bij het bouwen van woningen op geluidsbelaste locaties.

² Bron: Nota Ruimte, Hoofdstuk 2.1, Netwerken en steden

Eindproducten

Het bovenstaande resulteert in de volgende eindproducten:

- Een juridisch stappenplan, waarin op het gebied van geluid, luchtkwaliteit, externe veiligheid, trillingen en ruimtelijke ordening een overzicht wordt gegeven van de te volgen procedure bij het bouwen van woningen op geluidsbelaste locaties.
- Een uitgebreide beschrijving van het onderwerp projectontwikkeling, wat zal resulteren in een multicriteria-analyse waarmee één woningtype wordt gekozen dat het meest geschikt is voor geluidsbelaste locaties. Daarnaast zal er hier worden ingegaan op de financiële gevolgen van dergelijke woningen en hoe de financiën zich verhouden tot projecten op niet-geluidsbelaste locaties. Op basis van de financiële gegevens is er een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd voor geluidswalwoningen.
- Er worden ontwerpcriteria genoemd waaraan de woningen moeten voldoen. Met het resultaat uit de multicriteria-analyse zullen een aantal architectonische modellen worden ontwikkeld welke toepasbaar zijn op diverse locaties.
- Een overzicht van de bouwtechnische maatregelen die moeten worden getroffen op het gebied van geluid, luchtkwaliteit, externe veiligheid en trillingen, waarbij een beschrijving wordt gemaakt welke maatregelen getroffen moeten worden indien een combinatie van de bovenstaande factoren optreedt.

Gebruik van de eindproducten

Wij hebben het juridische stappenplan en de bouwkundige modellen zo gemaakt, dat deze door zowel gemeenten als projectontwikkelaars toegepast kunnen worden op iedere willekeurige locatie langs infrastructuur in Nederland.

2.2 Leeswijzer

Het eerste hoofdstuk van dit verslag bevat een samenvatting van de onderwerpen die in de verdere hoofdstukken worden beschreven. In hoofdstuk 2 volgt vervolgens een inleiding met daarin de onderzoeksofzet en deze leeswijzer.

In hoofdstuk 3 wordt het onderwerp projectontwikkeling behandeld. Wanneer een locatie met behulp van het juridisch stappenplan geschikt is bevonden voor woningbouw, dan geeft dit hoofdstuk de projectontwikkelingsaspecten (met onder andere een multicriteria-analyse voor het meest geschikte woningtype) van een dergelijke locatie.

Vervolgens wordt er in hoofdstuk 4 het doel en het gebruik van het ontwikkelde juridisch stappenplan gegeven, welke als bijlage 1 en 2 bij dit verslag is gevoegd.

Hoofdstuk 5 geeft de criteria waaraan woningontwerpen moeten voldoen wanneer woningen op geluidsbelaste locaties worden gebouwd. Dit wordt gevolgd door een aantal gemaakte conceptuele ontwerpen, van het woningtype dat uit de multicriteria-analyse als meest geschikt naar voren is gekomen.

Tot slot wordt dit project afgesloten met de conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 6.

In de bijlagen zijn naast het juridisch stappenplan, ook de juridische kaders opgenomen: luchtkwaliteit (bijlage 3), externe veiligheid (bijlage 4), trillingen (bijlage 5), geluid

(bijlage 6) en ruimtelijke ordening (bijlage 7).
 In bijlage 8 is de door ons gehouden enquête voor
 projectontwikkelaars gevoegd.
 Tot slot worden in bijlage 9 een aantal voorbeeld-/
 referentieprojecten gegeven.

3 Projectontwikkeling

In het hoofdstuk projectontwikkeling willen wij de noodzaak van woningbouw op geluidsbelaste locaties benadrukken. Hoewel er in Nederland nog veel ruimte is om woningbouw te plegen, barst de Randstad door een enorme woningvraag uit z'n voegen. Het zuinig omgaan met de stukken grond in de Randstad wordt hierdoor steeds belangrijker. Onaantrekkelijke stukken grond rond infrastructuur zijn interessante locaties om binnenstedelijk woningen te ontwikkelen. De kloof die er ontstaat tussen wijken in een stad door infrastructuur, zal verkleinen als er dicht langs de infrastructuur gebouwd kan worden. Op deze manier wordt er ook op kleine schaal meegewerkt aan het tegengaan van het uitdijen van steden.

Bebouwing in geluidshinderzones stelt eisen aan de woningen. Woningen mogen niet ontwikkeld worden in een gebied waar het geluidsniveau de maximale grenswaarden overschrijdt. Door middel van het nemen van maatregelen zijn er mogelijkheden om toch woningen te realiseren in deze gebieden. We zullen in dit hoofdstuk bekijken welke woningtypen er zijn die bestand zijn tegen een hoge geluidsbelasting. Ook heeft iedere locatie verschillende specifieke eisen waar woningen aan dienen te voldoen.

Voor het onderzoek is het van belang dat er een woningtype wordt onderzocht die op zo veel mogelijk locaties toepasbaar is. De woningtypen moeten niet alleen bestand zijn tegen geluid maar ook tegen externe veiligheid en luchtverontreiniging. Aan de hand van een *Multicriteria-analyse* gaan wij analyseren welk type woning het beste voldoet.

Zowel voor een gemeente als een projectontwikkelaar zijn er voordelen aan de ontwikkeling van geluidswalwoningen. Er zal moeten worden gekeken wat de opbrengsten zijn om geluidswalwoningen te realiseren. Zo kan er een eerlijke keuze gemaakt worden tussen de aanleg van een aarden wal of een geluidswalwoning. Aan de hand van de grondprijzen, de bouwkosten en de verkoopprijs kan er een algemene haalbaarheid van een project met geluidswalwoningen worden bepaald. Dit zal worden uitgelegd aan de hand van een voorbeeld. Na de analyse welk woningtype het beste voldoet op alle mogelijke locaties, gaan we bekijken wat de financiële gevolgen zijn voor een project.

3.1 Mogelijkheden van wonen in Geluidshinderzones

Woningen zijn langere tijd niet mogelijk geweest in de *geluidshinderzone*³, voor infrastructuur is er altijd een minimale afstand geweest van de bron tot aan de woningen. Dit varieerde van 200 tot 600 meter. Toch kunnen woningen worden gerealiseerd binnen de geluidshinderzone. Dit kan door maatregelen te nemen tussen de bron (snelweg, spoortracé) en de ontvanger (de woningen). De volgende twee maatregelen zijn de meest voorkomende langs infrastructuur:

- Aanleggen van geluidsscherm
- Aanleggen van aarden wal

Door de aanleg van een geluidsscherm of een aarden wal ontstaat er een *geluidsluwe zone* – een zone waar het maximale geluidsniveau onder de nationale *grenswaarde*⁴ ligt – waar woningbouw toegestaan is.

3.1.1 Verantwoordelijkheid maatregelen

Kosten voor de aanleg van een wal liggen over het algemeen bij de gemeente. Deze is verantwoordelijk voor de bescherming van de inwoners voor geluidshinder. Wanneer er sprake is van aanpassingen of veranderingen in de *infrastructuur*, dan is de beheerder van de infrastructuur verantwoordelijk voor de te nemen maatregelen (tenzij er geen overschrijdingen van normen zijn).

Bij de *ontwikkeling van woningen* op nieuwbouwlocaties ligt de verantwoordelijkheid voor het beschermen van de (toekomstige) bewoners bij de projectontwikkelaar. Deze dient ervoor te zorgen dat de geluidsbelasting op de gevels niet boven de vastgestelde geluidswaarde uitkomt. Wanneer het nodig is dient de projectontwikkelaar ook een geluidswerende voorziening aan te leggen.

3.1.2 Keuze voor geluidsscherm of geluidswal

De keuze voor de aanleg van een *aarden wal* is niet ruimte-efficiënt. De breedte van een aarden wal is ca. 3 à 4 keer de benodigde hoogte van de geluidswal. Voor een geluidswal van 10 meter hoog is dus een breedte van 30 à 40 meter nodig. De mogelijkheid om op deze benodigde grond nog woningen te ontwikkelen verdwijnt dan. Tevens dient er, volgens de Nota Ruimte⁵, te worden gestreefd naar het zo efficiënt mogelijk gebruiken van grond. Vandaar dat wij kijken naar de volgende mogelijkheid:

Er kan een keuze worden gemaakt voor de aanleg van een *geluidsscherm*. Deze is ruimtebesparend in vergelijking met een aarden wal, het grondoppervlak is minimaal en kan daardoor veel dichter bij de bron worden geplaatst, waardoor er ook een betere geluidsreductie optreedt. Door het kleine ruimtegebruik, blijft er meer ruimte over voor woningbouw.

Over het algemeen worden schermen geplaatst op locaties waar *bestaande* woningbouw nadelige gevolgen heeft van een overschrijding van de maximale geluidsbelasting. Schermen zijn voor binnenstedelijke gebieden die een te hoge geluidsbelasting hebben een goede manier om bescherming te bieden tegen de bron.

Uit de praktijk is voor *bestaande* situaties gebleken dat, door de hoge kosten van schermen, een gemeente eerder kiest voor een verhoging van de maximale toelaatbare norm voor geluidsbelasting dan de aanleg van een scherm, ten nadele van de bewoners. De prijs van de aanleg van een geluidsscherm bedraagt zo veel, dat deze maatregel alleen in het uiterste geval wordt toegepast in Nederland.

³ Zie voor geluidshinderzone bijlage B6, geluid

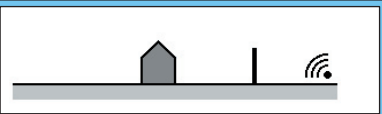
⁴ Zie voor grenswaarden bijlage B6.2, Geluidswaarden.

⁵ Bron: Nota Ruimte, Hoofdstuk 1.2, Beleidsopgaven en -doelen

Ook wordt het omringen van snelwegen door geluidsschermen door gebruikers van infrastructuur als nadelig ervaren. Men heeft het gevoel van het rijden in een tunnel. De aanleg van een geluidsscherm beperkt het vermogen van het vrije uitzicht vanuit infrastructuur. Het uitzicht wat er vroeger tijdens het rijden was, is verdwenen. Het uitzicht op een geluidswal is beter dan het uitzicht op een geluidsscherm.

Een bijkomend nadeel van het plaatsen van een geluidsscherm is de weerkaatsing van het geluid naar de overzijde van de weg of het spoor. Geluid wordt weerkaatst naar de andere kant van de weg, waardoor het geluidsniveau daar toeneemt. Een scherm kan daarom – net als een geluidswal – schuin worden geplaatst, waardoor het geluid de hemel in wordt verspreid. Dit schuin plaatsen van een scherm gaat dan weer wel ten koste van de ruimte.

Aarden wal	
	
Voordelen	Nadelen
Lagere kosten	Neemt veel ruimte in beslag
Uitzicht vanaf infrastructuur	Grotere afstand tot de bron, daardoor wordt de wal noodzakelijk hoger
Uitzicht vanuit woningen op 'groen'	

Geluidsscherm	
	
Voordelen	Nadelen
Neemt weinig ruimte in beslag	Hoge kosten van de aanleg
Woningen kunnen dicht bij de bron worden gesitueerd	Geluidsheerkaatsing naar de overzijde van de infrastructuur
Aanpak geluidswering bij de bron is het meest effectief	Geen uitzicht vanaf infrastructuur (tunnel idee)
	Graffiti gevoel

Figuur 3.1 - Keuzebepaling aanleg aarden wal of scherm

Als een gemeente een keuze kan maken, zullen ze over het algemeen (logischerwijs) niet kiezen voor een geluidswal, gezien het grondgebruik. De keuze van een geluidsscherm zullen ze niet snel overwegen omdat dat financieel vaak niet haalbaar is. Verhoging van de maximale geluidsbelasting, zoals in bestaande saneringssituaties, heeft in nieuwe situaties een maximum van 65 dB(A). Daardoor zijn al snel geluidsminderende maatregelen noodzakelijk.

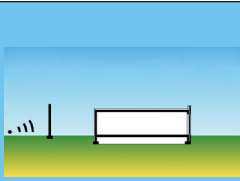
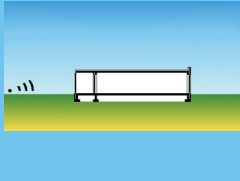
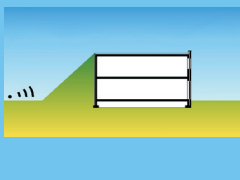
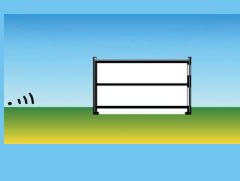
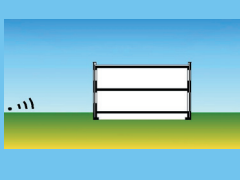
3.1.3 Geluidswerende woningen

Een nieuwe ontwikkeling is het gebruik van woningen als geluidswerende voorziening. De woningen krijgen, door technische maatregelen, de functie van een geluidswal of geluidsscherm. De woningen worden op de locaties geplaatst waar normaal gesproken een geluidswal of -scherm zou staan. De woningen lopen evenwijdig met de geluidsbron en dienen als geluidswering voor achterliggende woningen.

De grote nadelen als het grondgebruik van aarden wallen en de hoge kosten van extra schermen worden hiermee voorkomen. Het is daarom een zeer interessant alternatief voor net genoemde maatregelen.

Woningen kunnen op allerlei manieren de functie krijgen van een geluidswering. Uit ons onderzoek is gebleken dat er vijf manieren zijn om een woning een geluidswerende functie te geven (zie figuur 3.2). In bijlage 9 zijn een aantal referenties van reeds gebouwde woningen op geluidsbelaaste locaties langs infrastructuur gevoegd.

Deze woningen zijn ontworpen op basis van de eisen dat ze voldoen aan de geluidswering. Er zijn maatregelen genomen tussen de bron en de ontvanger (woningstypen 1 $\frac{1}{m}$ 3), en er kunnen maatregelen worden genomen aan de gevel (woningstype 4 en 5).

1	De geluidswering kan vlak voor de gevel zijn aangebracht De geluidswering is weliswaar fysiek gescheiden van de gevel, maar maakt wel deel uit van het ontwerp van de woning. De wering heeft bijvoorbeeld de gedaante aangenomen van een garage, een berging of een tuinmuur.	
2	De geluidswering kan aan de gevel vastzitten Bij dit ontwerp wordt het geluid afgeschermd door elementen die deel uitmaken van het ontwerp, zoals galerijen, balkons en serres.	
3	De geluidswering kan bestaan uit een aarden wal De woningen zijn gedeeltelijk gesitueerd in de geluidswal. En maken gebruik van een de aarden wal voor de wering van geluid.	
4	De geluidswering kan bestaan uit een blinde gevel Deze woningen hebben een geluidswerende gevel zonder ramen.	
5	De geluidswering kan bestaan uit een dove gevel Deze woningen lijken het meest op de gewone woningen, met als enige bijzonderheid voorzieningen om het geluid aan de geluidsbelaaste zijde te weren. Deze woningen bevatten wel ramen.	

Figuur 3.2 - De verschillende geluidswerende woningtypen

De vijf hierboven genoemde woningtypen zijn allemaal woningen die in een rij kunnen worden geschakeld. Rijwoningen gebruiken minder ruimte dan bijvoorbeeld vrijstaande woningen. Daarnaast zijn ook de kosten voor de geluidswerende maatregelen bij per rijwoning goedkoper

dan per vrijstaande woning. Om deze redenen hebben wij ons onderzoek afgebakend tot het enkel onderzoeken van rijwoningen. Hierbij sluiten wij dus niet uit dat het plaatsen van vrijstaande en 2 onder 1 kap woningen onmogelijk is, echter besteden wij in ons onderzoek geen aandacht aan dergelijke woningtypen.

3.1.4 Welk type woning gaan wij verder onderzoeken?

Van woningbouw op geluidsbelaste locaties rond infrastructuur wordt niet alleen geëist dat er wordt voldaan aan de geluidswering van de woning, maar er moet o.a. ook worden voldaan aan de eisen met betrekking tot externe veiligheid en luchtverontreiniging.

De regelgeving voor externe veiligheid en luchtverontreiniging is voor alle vijf de woningtypen gelijk. Een groot gedeelte van ons totale onderzoek (juridisch onderzoek) kan dus worden toegepast op al deze typen woningen. Maar een financiële bestudering van de woningtypen vraagt om meer aandacht. Ook de bouwtechnische benadering verschilt per woningtypen. Gezien de korte onderzoeksperiode, willen wij 1 type woning kiezen die we financieel en bouwtechnisch gaan onderzoeken.

Aangezien we maar met één woningtype verder gaan, moeten we achterhalen welk woningtype op de meeste locaties kan worden toegepast, of die het best geschikt is voor de betreffende locatie. Welke type woning voldoet het beste of snelst (zonder al te veel maatregelen te nemen) aan de eisen voor geluid, externe veiligheid en luchtverontreiniging?⁶

Aan de hand van een *Multicriteria-analyse* willen wij achterhalen welk woningtype op de meeste locaties toepasbaar is. Deze zal worden besproken in de volgende paragraaf.

3.2 Multicriteria-analyse woningtypen

In deze paragraaf wordt een beschrijving gegeven van de Multicriteria-analyse (MCA) die over de verschillende woningtypen is uitgevoerd.

Voor het maken van de MCA hebben wij gebruik gemaakt van het Beslissend Ondersteunend Systeem voor Discrete Alternatieven (BOSDA). Dit programma geeft op overzichtelijke wijze de relaties weer tussen de verschillende alternatieven en criteria (waar paragraaf 3.2.2 en 3.2.3 aan zijn gewijd). Ook hebben wij in BOSDA aan de verschillende criteria wegingsfactoren gegeven, waar paragraaf 3.2.4 over gaat. Tot slot wordt in paragraaf 3.2.5 de uitslag van de MCA gegeven, waarbij gekeken wordt naar de uitslag van de MCA waarin alleen de randvoorwaarden geluid en externe veiligheid zijn meegenomen en tevens wordt er gekeken naar de uitslag van de MCA waarin alle criteria zijn meegenomen.

⁶ Trillingen kunnen in dit geval worden uitgesloten, omdat het oplossen van trillingshinder niet van toepassing is op de bovenbouw van de woning, maar op de fundering

3.2.1 Het doel van de analyse

Het doel van de MCA is het komen tot een meest geschikt woningtype die zo goed mogelijk toegepast kan worden op alle geluidsbelaste locaties langs infrastructuur in Nederland. Op ieder 'soort' locatie worden verschillende eisen gesteld aan de woningen (ligt het aan het spoor, dan moet er rekening worden gehouden met externe veiligheid, etc.). Wij wilden weten welk woningtype op de meeste locaties toepasbaar is, zodat wij dit woningtype verder kunnen uitwerken. Het uitwerken van alle mogelijke woningtypen zou in het tijdsbestek van ons afstudeerproject te veel tijd kosten; het is echter wel mogelijk dat in de voortgang van de Minor PPP, een nieuwe projectgroep deze woningtypen verder uitwerkt.

Ons woningtype moet voldoen aan een aantal randvoorwaarden op het gebied van geluid en externe veiligheid. Daarnaast zijn er een aantal woningaspecten die de kwaliteit van de woning weergeven zoals daglichttoetreding en ruimtegebruik van de woning. De vijf verschillende woningtypen die in paragraaf 3.1.3 zijn genoemd (en hieronder nog eens kort worden herhaald) zijn getoetst op acht verschillende criteria. Met deze toetsing heeft iedere woning een score gehaald op de verschillende criteria en is uiteindelijk één woningtype het meest geschikt bevonden om te worden toegepast op geluidsbelaste locaties langs infrastructuur.

Uiteindelijk zal in dit hoofdstuk blijken dat de geluidswalwoning het meest geschikte woningtype is voor woningbouw op geluidsbelaste locaties. Daarom hebben wij ervoor gekozen dit woningtype verder te analyseren en te ontwerpen.

3.2.2 Welke woningtypen zijn geanalyseerd?

In paragraaf 3.1.3 is al genoemd welke verschillende woningtypen er in ons onderzoek worden onderzocht. Wij zullen ons in deze paragraaf daarom beperken met het noemen van de verschillende woningtypen en een verwijzing naar de bovengenoemde paragraaf 3.1.3. Hierbij benadrukken wij nogmaals dat de vijf woningtypen allemaal woningen zijn die in een rij worden geplaatst.

- Woningtype 1: 'Tuin'schermwoning, met een geluidswering vlak voor de gevel.
- Woningtype 2: Geluidswal tegen de woning (de zgn. geluidswalwoning)
- Woningtype 3: Geluidswering aan de gevel (bijvoorbeeld een dichte galerij)
- Woningtype 4: Blinde gevel (zonder ramen en deuren, echter geen geluidswalwoning)
- Woningtype 5: Dove gevel (zonder deuren met niet te openen ramen)

3.2.3 Welke criteria bevat de analyse?

Bij het opstellen van de MCA hebben wij ons afgevraagd welke criteria van daadwerkelijk belang zijn om uiteindelijk een afweging te maken tussen de verschillende woningtypen. Om deze reden hebben wij er voor gekozen om criteria die geen verschil maken, niet in de MCA op te nemen. Zo zult

u het onderwerp luchtkwaliteit (wat toch van zeer groot belang is in ons onderzoek) niet in de MCA terugvinden. Alle woningtypen scoren immers even slecht op het gebied van luchtkwaliteit, en dus zou dit onderwerp geen verschil teweeg brengen in de uiteindelijke uitslag van de MCA.

Bij het opstellen van de MCA hebben wij een opsplitsing gemaakt tussen de randvoorwaarden die voor woningen gelden en de woningaspecten zelf. Met de randvoorwaarden bedoelen wij de voorwaarden waar een woning aan moet voldoen om gebouwd te mogen worden. De enige voorwaarden die in de MCA van belang zijn, zijn geluid en externe veiligheid. Op het gebied van geluid hebben wij nog een opsplitsing gemaakt in het geluid in de woning, het geluid in het achterliggende gebied, en de maximale toelaatbare geluidsbelasting op de geluidswerende maatregel. Dit laatste criterium zullen wij nader toelichten: als de geluidswerende maatregel onderdeel uitmaakt van de gevel, dan mag de geluidsbelasting op de geluidswering niet hoger zijn dan de geluidsbelasting die is toegestaan in de Wet Geluidhinder. Wanneer de geluidswering los staat van de woning, dan maakt deze dus geen onderdeel uit van de woning en mag de geluidsbelasting op de geluidswering onbeperkt hoog zijn.

Hieronder volgen nogmaals de randvoorwaarden in een schematische weergave:

- Geluid
 - Geluidswerendheid van de woning voor het geluidsniveau in de woning
 - Geluidswerendheid van de woning voor het achterliggende gebied
 - Maximaal toelaatbare gevelbelasting
- Externe veiligheid

Op het gebied van woningaspecten hebben wij een opsplitsing gemaakt tussen aspecten omtrent de kosten van woningen en aspecten van de woning zelf, te weten: daglichttoetreding en ruimtegebruik van de woning. Op het gebied van de kosten van woningen hebben wij de bouwkosten van de woning vergeleken met de bouwkosten van conventionele woningen, waarbij dus gekeken wordt naar de extra kosten voor de geluidswerende maatregel. Daarnaast hebben we gekeken naar de verkoopprijs van de woningen hoe deze ligt ten opzichte van de verkoopprijs van conventionele woningen.

Hieronder volgen nogmaals de woningaspecten in een schematische weergave:

- Kosten
 - Prijsniveau van de woningen
 - Kosten van de woningen in relatie tot conventionele woningen
- Woningaspecten
 - Ruimtegebruik
 - Daglichttoetreding

3.2.4 Beoordeling van de criteria

Aan de hierboven genoemde criteria hebben wij in de MCA een beoordelingsfactor gehangen. Die varieert van ---/0 en van 0/+++ , zoals in de onderstaande figuur staat weergegeven. Hoe meer '+' en een criterium heeft, des te beter scoort dit criterium bij een alternatief. Andersom geldt

dit voor de '-' en die een criterium kan scoren. Hoe meer '-' en een criterium heeft, des te slechter scoort dit criterium bij een alternatief. De waarde 0 wordt gegeven als het criterium geen verbetering of verslechtering tot gevolg heeft.

Wij hebben ervoor gekozen de beoordelingsfactoren weer te geven door middel van + en -. Het had ook mogelijk geweest om de beoordelingsfactoren met nominale waarden (variërend van bijvoorbeeld 0 tot 10) weer te geven. Het beoordelen in nominale waarden heeft tot nadeel dat exacte waarden voor ieder criterium moeten worden gegeven. Bij veel van de door ons genoemde criteria is het echter lastig om exact weer te geven welke waarde moet worden toegerekend voor ieder woningtype. Door het gebruik van + en - wordt deze exacte beoordeling afgevlakt tot beoordelingen als goed, beter of best tegenover slecht, slechter of slechtst.

Criterium	Tuinscherm voor de gevel	Geluidswal tegen de gevel	Geluidswering aan de gevel	Blinde gevel	Dove gevel
Geluidswerendheid woning voor geluidsniveau in woning	+	+++	+++	+++	+
Geluidswerendheid woning voor achterliggend gebied	+	+++	+++	+++	+++
Maximaal toelaatbare gevelbelasting	+++	+++	++	++	++
Bescherm woning op gebied van externe veiligheid	0	+++	+	++	+
Prijsniveau van de woning	-	-	--	-	--
Kosten van de woning i.r.t. conventionele woningen	0	-	-	0	--
Ruimtegebruik	+	+	++	+++	+++
Daglichttoetreding	+++	0	++	0	++

Figuur 3.3 - Overzicht van de waarden per criteria die gelden voor de verschillende alternatieven

3.2.5 Wegingsfactoren

Nadat er voor ieder criterium per alternatief een beoordeling is gegeven (zoals in de bovenstaande figuur is uitgebeeld), hebben wij ieder alternatief een wegingsfactor gegeven. Deze wegingsfactor geeft aan hoe belangrijk een criterium meetelt in het geheel.

Wij hebben geprobeerd de verschillende criteria te beoordelen op de mate van invloed en belangrijkheid op de verschillende woningtypen. Wij zijn van mening dat wij met de in figuur 3.4 genoemde wegen, een realistisch beeld kunnen geven van de invloed van de verschillende criteria op de woningtypen.

Criterium	Wegingsfactor
Geluidswerendheid woning voor geluids-niveau in woning	0,100
Geluidswerendheid woning voor achter-liggend gebied	0,100
Maximaal toelaatbare gevelbelasting	0,100
Bescherm woning op gebied van externe veiligheid	0,300
Prijsniveau van de woning	0,075
Kosten van de woning i.r.t. conventionele woningen	0,125
Ruimtegebruik	0,125
Daglichttoetreding	0,175

Figuur 3.4 - Overzicht van de wegingsfactoren per criterium

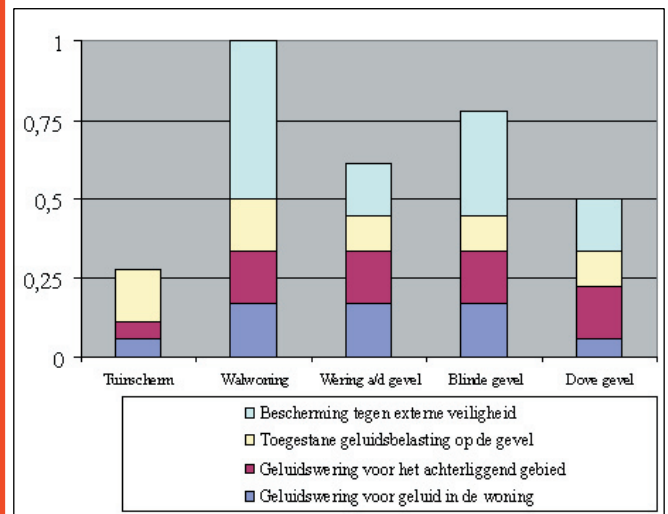
Wij hebben ervoor gekozen dat de randvoorwaarden die voor de woningen gelden, voor 60% in de MCA moeten meetellen. Deze keuze hebben wij gemaakt, omdat de woningen zijn ontworpen om op geluidsbelaste locaties gebouwd te worden en daarom moeten de woningen zeker aan de voorwaarden voor het bouwen op dergelijke locaties voldoen. Dit zijn dus de belangrijkste criteria waar een woningtype aan moet voldoen en waar het woningtype dus goed op moet scoren. Wij zijn van mening dat deze beide soorten criteria (geluid en externe veiligheid) een gelijk gewicht moeten hebben in de MCA. Vandaar dat het criterium 'bescherming van de woning op gebied van externe veiligheid' een weging van 0,3 heeft en de drie geluidswegingen tezamen ook een weging hebben van 0,3.

De wegingsfactoren voor de woningaspecten (welke gezamenlijk 40% van de MCA vormen) zijn onder te verdelen in financiële/kostenaspecten en aspecten die de woning zelf betreffen. Deze twee soorten criteria hebben allebei een weging van 20% gekregen, omdat deze in onze ogen even belangrijk zijn. Binnen deze aspecten hebben wij wel kleine verschillen aangebracht. Wij zijn immers van mening dat de kosten van een woning belangrijk zijn dan de uiteindelijke verkoopprijs, omdat de woningen gebouwd worden in een gebied met een grote vraag naar woningen. Daarnaast vinden wij ook dat ruimtegebruik belangrijker is dan daglichttoetreding, omdat het bouwen van woningen op geluidsbelaste locaties uiteindelijk bedoeld is om op gronden te bouwen waar normaliter niet gebouwd wordt. Hierbij is de mate van opbrengst van ruimte die normaal onbenut blijft van belang.

3.2.6 Uitslag analyse

Om tot een uitslag van de MCA te komen, was het noodzakelijk om de beoordelingen om te zetten in (rekenbare) getallen. Zo hebben wij voor bijvoorbeeld het criterium 'Ruimtegebruik' de beoordeling + omgezet in de waarde 0,33; de beoordeling ++ omgezet in de waarde 0,66; en de beoordeling +++ omgezet in de waarde 1. Met het omzetten van de beoordelingen zijn wij gekomen tot de onderstaande uitslag van de MCA.

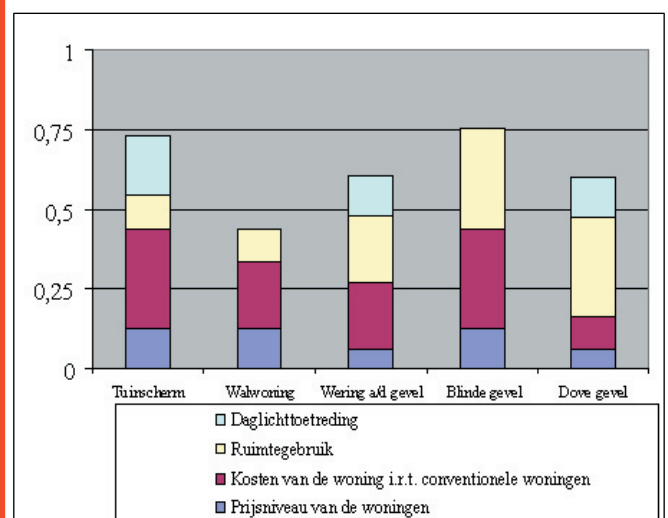
De uitslag van de MCA hebben wij opgedeeld in twee stukken. Hieronder volgt eerst de uitslag van de MCA, waarbij alleen de randvoorwaarden geluid en externe veiligheid in zijn meegenomen. Hiermee willen wij een beeld geven van de geschiktheid van een woningtype voor een locatie.



Figuur 3.5 - Resultaat van de MCA met alleen de randvoorwaarden geluid en externe veiligheid

Het moge duidelijk zijn het woningtype met een wal tegen de woning het meest geschikt is om geluidsoverlast tegen te gaan en zoveel mogelijk bescherming biedt op het gebied van externe veiligheid. In de bovenstaande afbeelding geeft de kleur lila aan hoe de verschillende woningtypen scoren op bescherming tegen externe veiligheid, waarbij het type geluidswalwoning het beste naar voren komt. Op het gebied van geluidswering, afgebeeld met de kleuren geel, groen en rood, zijn de verschillen minder klein. Toch scoort ook hier het type geluidswalwoning het best.

Wanneer wij alleen de woningaspecten (dus de kosten, prijsniveau, ruimtegebruik en daglichttoetreding) bekijken, dan vertoont de MCA het volgende resultaat.

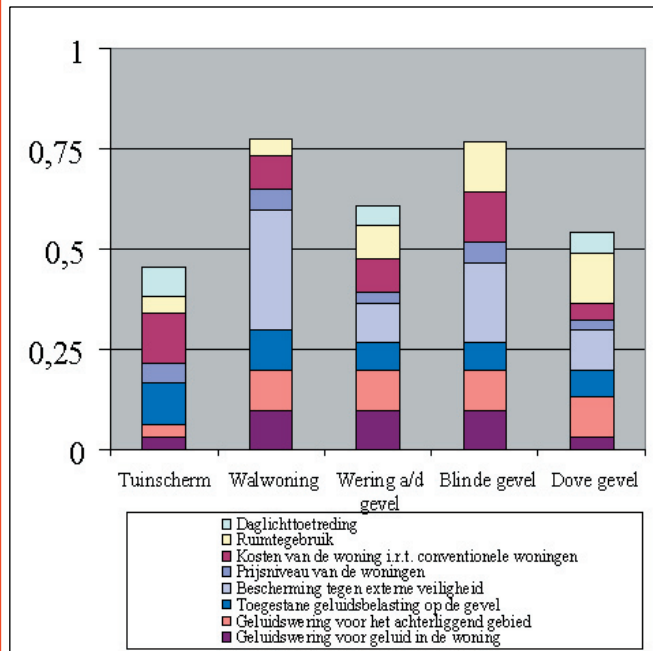


Figuur 3.6 - Resultaat van de MCA met alleen de woningaspecten kosten, prijsniveau, daglichttoetreding en ruimtegebruik

Het is duidelijk dat de geluidswalwoning op deze aspecten juist zeer slecht scoort. Dit overzicht impliceert dat juist

een blinde gevel of een woning met 'tuin'scherf' de meest geschikte woningtypen zijn op geluidsbelaste locaties langs infrastructuur. Het is echter belangrijk in ogenschouw te nemen dat in bovenstaande afbeelding niet is gekeken naar de werking van de woning tegen geluid en externe veiligheid. Er wordt hier alleen gekeken naar de kwaliteit van het woningtype zelf.

Tot slot geven wij in de onderstaande afbeelding weer wat het resultaat is van de totale MCA.



Figuur 3.7 - Resultaat van de totale MCA

Met een nipte voorsprong komt de geluidswalwoning als meest geschikte woningtype uit de MCA naar voren. Wij kiezen ervoor dit woningtype verder uit te werken, omdat deze op het gebied van de randvoorwaarden verreweg als beste uit de MCA komt. Het woningtype met de blinde gevel is een zeer goede tweede, mede omdat deze op het gebied van de randvoorwaarden ook een goede score heeft behaald.

3.3 Enquête voor project-ontwikkelaars

De afgelopen jaren zijn er in Nederland door verschillende aannemers en projectontwikkelaars woningbouwprojecten gerealiseerd op geluidsbelaste locaties langs infrastructuur. Omdat er dus bij diverse ontwikkelaars al veel kennis aanwezig is over wat er allemaal komt kijken bij het bouwen van woningen op geluidsbelaste locaties langs infrastructuur, hebben wij een enquête opgesteld. Ons doel was om met deze enquête de kennis van ontwikkelaars mee te nemen in ons rapport.

Door middel van de enquête hebben wij een aantal vragen gesteld op het gebied van projectgegevens, bouwtechnische aspecten, financiële aspecten en juridische aspecten.

In ons Plan van Aanpak hebben wij aangegeven dat wij in

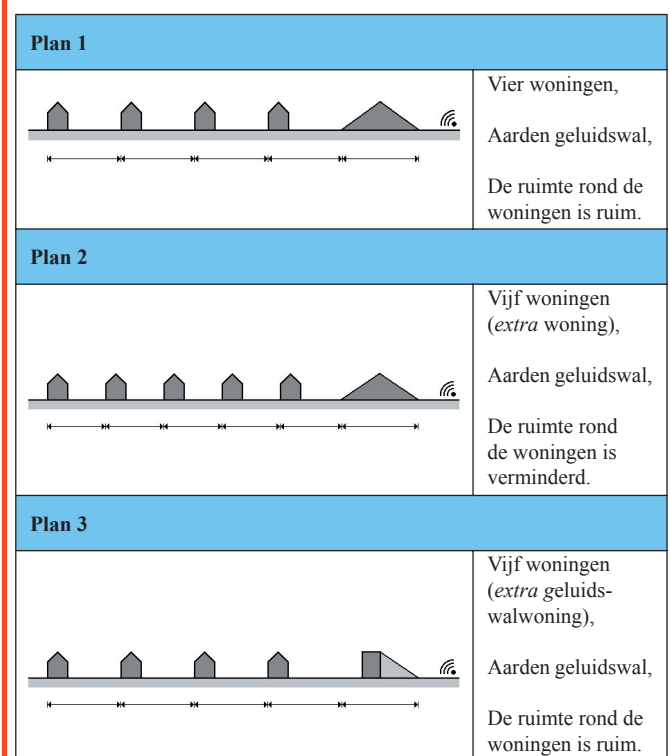
ons project zeer afhankelijk zijn van de bereidheid tot het delen van kennis door derden. Hoewel we slechts 25% van de door ons verstuurde enquêtes hebben teruggekregen, hebben we toch een redelijk goed beeld kunnen krijgen met welke aspecten ontwikkelaars in de *praktijk* te maken hebben gehad. Zodoende hebben we de praktijkervaringen van de ontwikkelaars in ons rapport meegenomen. Deze praktijkervaringen zijn onder andere in de beschrijving van de financiële gevolgen (paragraaf 3.4) meegenomen.

In bijlage 8 is een blanco enquête gevoegd.

3.4 Wat zijn de financiële gevolgen?

We hebben al kunnen zien dat er door het bouwen op geluidsbelaste locaties duurzaam wordt omgegaan met de schaarse grond in Nederland. Door het toepassen van geluidswalwoningen wordt er projectmatig nog zuiniger met de grond omgegaan.

Waar vroeger een geluidswal een groot stuk ruimte in beslag nam, kunnen tegenwoordig woningen worden ontwikkeld. Op een even grote locatie kunnen nu meer woningen worden gerealiseerd, zonder dat de woningen dichter op elkaar worden gebouwd. Deze vorm van toename van woningen heeft geen nadelige invloed op de ruimte rond de woningen, dus zal de leefkwaliteit niet dalen. Welke gemeente en ontwikkelaar zit daar nu niet op te wachten...



Figuur 3.8 – Voorbeeld ruimtegebruik met geluidswalwoningen

Uit bovenstaand figuur kunnen we opmaken dat door de toepassing van geluidswalwoningen, er (in dit voorbeeld) een toename van 25 procent aan woningen is zonder dat ze dichter op elkaar zijn gebouwd of de ruimte rond de woningen is verminderd. Wordt het achterliggende gebied groter, dan zal de procentuele bijdrage minder worden, maar

altijd extra woningen opleveren.

Voor de gemeente is het voordeel dat er meer woningen kunnen worden ontwikkeld in een gebied. Voor de projectontwikkelaar is het voordeel van geluidswalwoningen dat hij de gevraagde woningen hoeveelheid kan bouwen zonder dat de omgevingskwaliteit of leefkwaliteit daalt. Dit is voornamelijk belangrijk voor de verkoop van de woningen. (belangrijke factor voor de verkoopprijs). Hoe groter de ruimte rond de woningen hoe beter het verkocht kan worden. Dit is dus financieel aantrekkelijk voor de projectontwikkelaar.

Voordeel geluidswalwoningen	
Gemeenten	Projectontwikkelaar
De mogelijkheid om in een gebied extra woningen te realiseren.	Het realiseren van extra woningen binnen een gebied, zonder dat de omgevingskwaliteit daalt. Woningen kunnen door de extra ruimte voor een hogere verkoopprijs verkocht worden.

Figuur 3.9 – Voordeel geluidswalwoningen gemeente en projectontwikkelaar

3.4.1 Grondkosten geluidswalwoningen

Grondkosten zijn altijd zeer locatie afhankelijk, en daardoor ook moeilijk te vergelijken met andere locaties. In het bijzonder de omgeving en voorzieningen in de omgeving bepalen de grondprijs. Toch kan er wel een vergelijking gemaakt worden tussen de grondprijs rond infrastructuur en de grondprijs op conventionele of gebruikelijke locaties.

Als er gekeken wordt naar de verkoopprijs van grond rond infrastructuur, kan er worden opgemerkt dat de hoogte daarvan vroeger lager lag dan tegenwoordig. Toentertijd werd ervan uitgegaan dat het niet bebouwbare locaties waren en dat deze onaantrekkelijk waren voor toekomstige bewoners, waardoor er een kleine vraag naar was. Uit onze enquête kunnen we concluderen dat de grondprijs voor oude projecten lager ligt dan de huidige grondprijs rond infrastructuur.

Momenteel weten zowel projectontwikkelaars als gemeente dat het heel goed mogelijk is om deze locaties te gebruiken voor woningbouw. Hierdoor verschilt de grondprijs over het algemeen niet met andere locaties. Hoewel het om minder aantrekkelijke locaties gaat is het toch mogelijk om aantrekkelijke woningen te ontwikkelen. De mogelijkheden voor ontwikkelaars om een rendabel project te draaien zijn er nog wel.

Het bovenstaande is alleen van toepassing op gebieden waar de vraag naar woningen hoog ligt en waar het zinvol is te bouwen op geluidsbelaste locaties. Gezien de ontwikkelingen van de Randstad is dit dus een goede oplossing (een goede oplossing dus gezien de 'Planet-aspect' van de Minor PPP). Maar wordt het bijvoorbeeld vergeleken met gebieden in Oost-Nederland, waar nog ruimte genoeg is, dan is dit nog niet noodzakelijk en financieel (vaak) onaantrekkelijk.

3.4.2 Bouwkosten geluidswalwoningen

Bouwen op geluidsbelaste locaties vraagt aanpassingen aan de woningen. Er bestaan aanpassingen in het architectonisch ontwerp en op bouwtechnische ontwerp. Er moeten bouwtechnische maatregelen worden genomen tegen in het bijzonder geluidshinder. Deze bouwtechnische maatregelen zijn te vinden in o.a. het isoleren van de gevel en dak tegen geluid (ramen en de aarden wal).

In het architectonisch ontwerp moeten soms maatregelen worden getroffen in de indeling of de vorm van het gebouw i.v.m. de daglichttoetreding. Om voldoende daglicht in het achterste gedeelte van een woning te krijgen is bijvoorbeeld een patio een oplossing. Deze voorziet van licht in het gedeelte van de woning dat tegen de wal gelegen is, waardoor er verblijfruimtes mogelijk zijn geworden. Een patio echter zorgt er wel voor dat er een groter oppervlak aan gevel ontstaat. Een vergroting van het geveloppervlak zorgt ook weer voor een stijging van de bouwkosten, gezien de hoge kosten voor een m² gevel.

Deze maatregelen brengen voor de woning dus extra kosten met zich mee. Als de bouwkosten worden vergeleken met conventionele woningbouw (hetzelfde type woning, alleen dan zonder de aanpassingen i.v.m. de geluidsbelasting / daglichttoetreding) liggen de bouwkosten ca. 10 tot 15% hoger.

3.4.3 Verkoopprijs geluidswalwoningen

Over het algemeen stijgt de verkoopprijs van een woning wanneer de bouwkosten ook zijn gestegen. Wat de woning kost moet het ook opleveren, anders is een project niet rendabel.

Bij projecten op geluidsbelaste locaties lang infrastructuur is dat anders, daar is een verdeling in de woningen die het gebied afschermen tegen het geluid (de geluidswalwoningen) en de achterliggende woningen (woningen die in de geluidsluwe zone liggen). Het kan best zijn dat de geluidswalwoningen door alle architectonische en bouwtechnische aanpassingen niet rendabel zijn. De achterliggende woningen moeten dan het *totale* project rendabel maken.

Bij geluidswalwoningen is te zien dat de verkoopprijs zo'n 10% lager ligt dan gebruikelijk voor een dergelijke woning zou worden gevraagd. Wordt er een verkoopprijs gehanteerd op basis van de reële kosten, dan is er een kans dat potentiële kopers een woning (in de zelfde prijsklasse) kiezen op een niet-geluidsbelaste locatie.

Deze lagere uitval van de verkoopprijs is onder andere het gevolg van de volgende twee punten:

- Door de minder aantrekkelijke locatie (of het idee bij de kopers dat de locatie minder aantrekkelijk is), en
- omdat de geluidswalwoningen van groot belang zijn voor het totale project. Als deze niet worden verkocht, kan de ontwikkeling van de achterliggende woningen ook niet doorgaan. Daarom kan er geen risico genomen worden, en wordt de prijs over het algemeen verlaagd.

Eventuele nadelige invloeden op het woon- of leefklimaat kunnen door bijvoorbeeld verbetering van voorzieningen in de omgeving (zoals meer parkeerplaatsen, parken en/of grotere tuinen) worden gecompenseerd.

Achterliggende woningen zullen dus meer moeten opbrengen in het totale project mogelijk te maken. De verkoopprijs hiervan zal daardoor iets moeten toenemen.

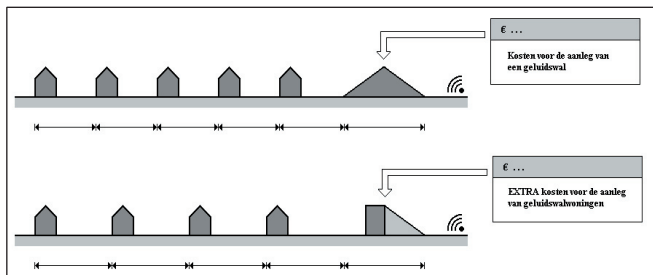
3.4.4 Winstvermindering bij geluidswalwoningen

Uit de vorige paragrafen kunnen we concluderen dat geluidswalwoningen over het algemeen meer kosten dan conventionele woningen. Hierbij wordt een vergelijking gemaakt tussen een geluidswalwoning en een zelfde type woning die gerealiseerd zou worden op een locatie waar geen geluidshinder is, uitgaande van dezelfde voorzieningen in de omgeving.

WINSTVERMINDERING = HOGERE BOUWKOSTEN + LAGERE VERKOOPPRIJS

Per project zullen de extra kosten verschillen, maar de gelijke grondprijs, de extra bouwkosten en de lagere verkoopprijs maken het project wel minder rendabel.

De extra kosten van de geluidswalwoningen mogen in principe niet meer bedragen dan de kosten voor de aanleg van een aarden wal. Wanneer de kosten voor de aanleg van een aarden wal minder bedragen dan de extra kosten van de geluidswalwoningen, zal er eerder worden gekozen voor de aanleg van een aarden wal *zonder* woningen (Zie figuur 3.10). Het is voor een projectontwikkelaar dan financieel niet meer aantrekkelijk om daar woningen te ontwikkelen.



Figuur 3.10 – Kosten geluidswal en extra kosten geluidswalwoningen

3.4.5 Haalbaarheid geluidswalwoningen

Bouwkosten liggen hoger, de grondprijs is vrijwel gelijk, en de verkoopprijs is over het algemeen lager. Waarom is het dan aantrekkelijk voor een ontwikkelaar om aan geluidswalwoningen te beginnen?

De geluidswalwoningen creëren een bebouwbare geluidsluwe zone. De locaties die in eerste instantie in de geluidshinderzone lagen kunnen nu ook ontwikkeld worden. Op deze manier kunnen de extra kosten van de geluidswalwoningen worden verdeeld op de achterliggende woningen. Hierdoor worden de extra kosten verspreid en is het dus financieel haalbaar om woningen te ontwikkelen rond infrastructuur.

De extra kosten worden dus verspreid op de achterliggende woningen, wat te merken is aan de verkoopprijs van de woningen, deze liggen hoger dan normaal om de kosten van het totale project te dekken. Om de kosten per woning niet al te hoog te laten worden, is een *minimale projectgrootte* van belang. Hoe meer woningen, hoe lager de extra kosten per woning.

3.4.6 Voorbeeld

Stel er is een gebied dat ontwikkeld kan worden van woningbouw langs een autosnelweg. Daarvoor is een geluidswering van belang om de bouwvergunningen te krijgen. Door de bouw van 100 geluidswalwoningen kunnen in het achterliggende gebied 400 woningen worden gerealiseerd.

De geluidswalwoningen zijn door alle maatregelen per woning zo'n € 20.000 (10%) duurder uitgevallen. En de verkoopprijs ligt per woning ook zo'n € 20.000 (10%) lager dan gebruikelijk. De winstvermindering van de geluidswalwoningen bedragen dan zo'n € 40.000 per woning.

WINSTVER- MINDERING	=	HOGERE BOUWKOSTEN ⁷	+	LAGERE VERKOOPPRIJS
€ 40.000	=	€ 20.000	+	€ 20.000

Figuur 3.11 – Een voorbeeld van de winstvermindering bij geluidswalwoningen

Met een projectgrootte van 100 geluidswalwoningen zijn de totale extra kosten € 4.000.000. Wordt dit bedrag verdeeld over de 400 achterliggende woningen, dan is dit € 10.000 per woning extra

AANTAL GELUIDSWALWONINGEN	=	100
TOTALE EXTRA KOSTEN	=	€ 4.000.000
AANTAL ACHTERLIGGENDE WONINGEN	=	400
EXTRA KOSTEN ACHTERLIGGENDE WONINGEN	=	€ 10.000

Figuur 3.12 – Voorbeeld van extra kosten per woning, waarbij wordt uitgegaan van een achterliggend te ontwikkelen gebied van 400 woningen

Door de extra kosten op deze manier te verdelen is een dergelijk project financieel haalbaar gemaakt. Door dit bedrag zo klein mogelijk te houden, kan het worden verrekend op de achterliggende woningen.

3.5 Conclusie

Woningbouw op geluidsbelaste locaties brengt zowel voor een gemeente als voor een projectontwikkelaar voordelen

⁷ Grondkosten worden hier niet genoemd. Dit heeft te maken met het in paragraaf 3.6.1 reeds genoemde feit dat de grondkosten langs infrastructuur (in de meeste gevallen) niet verschillen ten opzichte van de grondkosten op conventionele locaties

met zich mee. Door de toepassing van geluidswalwoningen wordt er op een extra manier zuinig omgegaan met het gebruik van grond in Nederland. Hierdoor is het mogelijk om meer woningen te realiseren binnen een gebied.

Elke locatie heeft zijn eigen eisen die er worden gesteld aan de woningen. Er dient rekening te worden gehouden met een hoge mate van geluidsbelasting, met de externe veiligheid en de luchtverontreiniging. Aan de hand van de Multicriteria-analyse is bepaald dat de geluidswalwoningen het best of op zo veel mogelijk locaties toegepast kan worden. Dit is het woningtype dat bouwtechnisch en architectonisch verder uitgewerkt gaat worden.

Na de financiële analyse kunnen we concluderen dat de geluidswalwoningen extra kosten met zich meebrengen. De voordelen die deze woningen bieden boven de voordelen van een aarden wal of geluidsscherm, zorgen ervoor dat de keuze voor geluidswalwoningen wordt beargumenteerd. Door de aanpassingen aan de woningen liggen de bouwkosten iets hoger dan conventionele woningbouw terwijl de verkoopprijs – door de locatie – over het algemeen lager ligt dan een vergelijkbaar type woning. Dit draagt er toe bij dat geluidswalwoningen meer kosten dan dat wanneer een zelfde type conventionele woningen wordt ontwikkeld. Hierdoor zal het ontwikkelen van geluidswalwoningen alleen rendabel zijn in gebieden waar een grote vraag naar woningen is en waar het dus zeker is dat de woningen tegen een relatief hoge prijs, toch verkocht worden.

4 Juridisch stappenplan

4.1 Doel van het juridisch stappenplan

Geen duidelijk overzicht tussen verschillende juridische gebieden; dat moet wel tot verwarring leiden. Dit was een van onze eerste gedachten (op juridisch gebied), toen wij met dit project aan de slag gingen.

Omdat het bouwen van woningen langs infrastructuur veel meer is dan het aanpassen van een bestemmingsplan, leek het ons zinvol het juridische kader bij het bouwen van woningen in geluidsbelaste locaties langs infrastructuur, in één overzicht op papier te zetten. Zodoende zijn wij gekomen tot het juridische stappenplan, dat zowel op papier als digitaal bij dit verslag is meegeleverd. Met dit stappenplan wordt verduidelijking en een beter inzicht gegeven in de huidige ingewikkelde wetgeving bij het bouwen van woningen op geluidsbelaste locaties langs infrastructuur.

In het stappenplan zijn alle juridische aspecten op het gebied van luchtkwaliteit, externe veiligheid, trillingen, geluid en ruimtelijke ordening weergegeven⁸. Al deze aspecten kunnen zich af spelen bij het bouwen van woningen op geluidsbelaste locaties langs infrastructuur.

Hieronder wordt kort weergegeven hoe het stappenplan op de verschillende juridische aspecten gelezen en gebruikt dient te worden. De genoemde stappen staan in het papieren stappenplan voor de kaders vermeld. In het digitale stappenplan verwijzen de stappen naar de vraagnummers.

Het papieren stappenplan is als bijlage 1 bij dit verslag gevoegd.

De digitale versie van het stappenplan is als bijlage 2 bij dit verslag gevoegd.

4.1.1 Projectontwikkeling en het juridisch stappenplan

In het kader van projectontwikkeling kan dit stappenplan voornamelijk kostenbesparend werken. Normaliter zullen bij een gemeente meerdere beleidsmedewerkers moeten beslissen over de mogelijkheden om woningen te bouwen op geluidsbelaste locaties. Dit heeft te maken met het feit dat de kennis van de verschillende juridische aspecten over verschillende medewerkers verspreid zal zijn. Met dit stappenplan geven wij in één overzicht aan welke juridische aspecten optreden bij het bouwen van woningen op geluidsbelaste locaties. Hierdoor zullen naar onze mening minder medewerkers hoeven te worden ingeschakeld, wat kosten- en tijdsbesparend zal werken.

4.2 Opzet van het stappenplan

Het stappenplan bestaat uit een zestal onderdelen welke achter elkaar worden behandeld. Om een overzicht te geven van de opzet van het stappenplan, staat hieronder de volgorde van de behandelde juridische onderwerpen weergegeven.

- Luchtkwaliteit
- Externe veiligheid
- Trillingen
- Geluid randvoorwaarden
- Geluid vrijstellingsprocedure
- Ruimte ordening

Het stappenplan begint met wetgeving op het gebied van luchtkwaliteit en externe veiligheid. Dit is gedaan omdat deze juridische gebieden beslissende factoren zijn, die bepalen of er op een locatie woningen gebouwd mogen worden. In de volgende paragrafen worden de stappen in de hierboven beschreven onderdelen in hoofdlijnen behandeld.

Zoals u kunt zien, wordt in het stappenplan met een aantal kleuren gewerkt. De betekenis van deze kleuren staat hieronder vermeld

	Hier wordt een vraag gesteld om verder te komen in het stappenplan.
	Hier wordt een procedurele stap genoemd, er kan direct worden doorgegaan met de volgende stap.
	Dit is het zogenoemde 'einde van de lijn' wanneer het stappenplan vroegtijdig eindigt en wanneer woningbouw niet is toegestaan.
	Hier worden eventuele opmerkingen gemaakt en tevens wordt deze kleur aan het 'einde van de lijn' gebruikt, indien woningbouw wel is toegestaan.
	(alleen voor het digitale stappenplan): Hierin kunnen de antwoorden 'ja' of 'nee' worden ingetypt.

Figuur 4.1 - Betekenis van de kleuren van het papieren en digitale stappenplan

Naast de kleuren staan er in het stappenplan op sommige plekken kleine pijltjes (o.a. ↲ en ↲). Deze dienen enkel ter verduidelijking van de te nemen route, wanneer hier onduidelijkheid over dreigt te ontstaan.

Tot slot staan er in het stappenplan dergelijke nummers weergegeven: ❶❶. Deze nummers staan vermeld op de plaatsen waar een lijn verder gaat op de volgende pagina, indien het stappenplan op A3- of A4-formaat wordt afgedrukt.

4.3 Uitleg per onderdeel van het stappenplan

In deze paragraaf wordt per onderdeel van het stappenplan een beschrijving gegeven van de stappen die in dat onderdeel worden genomen. In deze paragraaf worden echter niet de juridische achtergronden beschreven. Per paragraaf staat aangegeven waar in de *bijlagen* de juridische achtergronden worden behandeld.

4.3.1 Luchtkwaliteit⁸

Op het gebied van luchtkwaliteit zijn er een aantal voorwaarden waaraan een locatie moet voldoen om in aanmerking te komen voor woningbouw. In de stappen 1, 4 en 6 staan de

⁸ Voor de juridische onderbouwing van luchtkwaliteit, verwijzen wij naar bijlage B4.

afwegingen om door te mogen gaan met het onderzoeken van de locatie op geschiktheid voor woningbouw. Indien deze drie stappen alledrie met 'nee' worden beantwoord (in dit geval komt op de drie genoemde aspecten de locatie onder de grenswaarde uit), kan door worden gegaan naar het onderdeel Externe Veiligheid.

Indien één van de hierboven genoemde stappen met 'ja' wordt beantwoord, dan is de locatie direct ongeschikt voor woningbouw. Bij de stappen 1 en 6 moet in dat geval gekeken worden of de luchtkwaliteit op de locatie boven de vastgestelde plandrempel uitkomt. Indien dit het geval is én in het geval van stap 4, moet er binnen een jaar door de gemeente een luchtkwaliteitplan worden gemaakt. In alle andere gevallen (bij stap 3 en 8), kan worden gewacht tot de luchtkwaliteit onder de grenswaarde uitkomt.

Wanneer het luchtkwaliteitplan is gemaakt, of wanneer de luchtkwaliteit onder de grenswaarde uitkomt, kan het stappenplan weer van voren af aan worden gestart.

4.3.2 Externe veiligheid⁹

In stap 9 wordt bekeken of een locatie valt binnen de 10^{-6} (externe veiligheids-)contour die rond infrastructuur loopt. Indien een locatie binnen een dergelijke contour valt, dan is deze per definitie ongeschikt voor woningbouw. Wanneer een locatie ongeschikt is voor woningbouw, dan kunnen er volgens stap 10 maatregelen worden genomen die de 10^{-6} contour richting de weg terugdringen.

Eventuele aanwezigheid van een 10^{-5} contour wordt in het stappenplan niet behandeld. Omdat de 10^{-5} contour altijd binnen de 10^{-6} contour valt, wordt met de vraag of een locatie binnen de 10^{-6} contour valt al bepaald dat er ook binnen de 10^{-5} contour niet gebouwd mag worden.

Valt een locatie niet binnen de 10^{-6} contour, dan kan door worden gegaan met stap 10a: trillingen.

4.3.3 Trillingen¹⁰

In stap 10a wordt u er op attent gemaakt dat er op het gebied van trillingen geen regelgeving geldt. Hier dient dus ook geen rekening mee te worden gehouden.

4.3.4 Geluid Randvoorwaarden¹¹

Het onderdeel geluid is gesplitst in twee onderdelen, te weten: het geluid langs wegen en het geluid langs spoorwegen. In de linkerhelft van de papieren versie van het stappenplan wordt een beschrijving gegeven van de randvoorwaarden omtrent geluid langs wegen, terwijl dit aan de rechterkant voor spoorwegen wordt besproken. In stap 11 wordt bepaald of een locatie langs een weg of spoorweg gelegen is.

⁹ Voor de juridische onderbouwing van externe veiligheid, verwijzen wij naar bijlage B4.

¹⁰ Voor de juridische onderbouwing van trillingen, verwijzen wij naar bijlage B5.

¹¹ Voor de juridische onderbouwing van geluid, verwijzen wij naar bijlage B6.

Wegen

Indien het een locatie langs een weg betreft, zal ten eerste moeten worden onderzocht wat de geluidsbelasting zal zijn op de gevel. In de stappen 12, 15, 18, 25 en 30 staan de bereiken waarin de geluidsbelasting op de gevel zal vallen: < 50 dB(A), 50 – 55 dB(A), 55 – 60 dB(A), 60 – 65 dB(A) en 65 – 70 dB(A). Wanneer de geluidsbelasting op de gevel groter is dan 50 dB(A) dan moet bij 'algemene maatregel van bestuur' voor de locatie hogere waarden zijn vastgesteld (stap 13). Indien de geluidsbelasting groter is dan 70 dB(A), dan is de locatie per definitie ongeschikt voor woningbouw (stap 31).

Onder de stappen 15, 18, 25 en 30 worden een aantal voorwaarden genoemd waaraan een locatie moet voldoen wanneer de geluidsbelasting op de gevel valt binnen het bereik van de hiervoor genoemde stappen. Voldoet de locatie aan al deze voorwaarden niet, dan is de locatie ongeschikt voor woningbouw. Dit staat beschreven in de stappen 16, 18 $\frac{1}{m}$ 23, 25 $\frac{1}{m}$ 28 en 32.

Vervolgens wordt in stap 34 bepaald of de locatie is gesitueerd langs een hoofd- of autosnelweg, of dat de locatie langs een binnenstedelijk weg ligt. In stap 35 wordt bepaald wanneer of de weg voor of na 1983 is aangelegd, wat van belang is voor het toegestane geluidsniveau in de woning. Tot slot wordt er in de stappen 35 $\frac{1}{m}$ 41 bepaald of de geluidswaarde in de woning boven het toegestane geluidsniveau uitkomt.

Spoorwegen

De opzet van de randvoorwaarden van geluid bij spoorwegen is ongeveer gelijk aan het verhaal dat hierboven voor wegen staat vermeld. In de stappen 46, 47 en 50 staan de bereiken waarin de geluidsbelasting op de gevel zal vallen: < 57 dB(A), 57 – 65 dB(A) en 65 – 70 dB(A). Indien de geluidsbelasting groter is dan 70 dB(A), dan is de locatie per definitie ongeschikt voor woningbouw (stap 51).

4.3.5 Geluid Vrijstellingsprocedure

De vrijstellingsprocedure voor geluid, die optreedt wanneer er hogere waarden aangevraagd dienen te worden, is voor weg en spoor nagenoeg gelijk. Het enige verschil dat optreedt is dat het verzoek tot vrijstelling bij spoorwegen ook bekend gemaakt moet worden aan de Regionale Directie van Rijkswaterstaat, wat bij wegen niet het geval is. Omdat de procedures verder gelijk zijn, worden hieronder eenmaal de te nemen stappen genoemd, waarbij de stappen in het stappenplan voor zowel weg als spoor worden aangegeven.

In tegenstelling tot de procedurestappen bij luchtkwaliteit, externe veiligheid en randvoorwaarden geluid, bevat dit hoofdstuk vooral procedurele stappen (dit zijn de groene kaders in het stappenplan). Vandaar dat één stap ook vaak meerdere kaders bevat.

In stap 42/54 wordt vermeld dat B&W hun verzoek om hogere waarden bij GS indienen en dit bekend moeten maken op zoveel mogelijk manieren die in deze stap staan vermeld. In stap 42a/54a wordt (als zijstap) een beschrijving gegeven waar een dergelijk verzoek aan moet voldoen.

In stap 44/61 wordt gevraagd of een verzoek om hogere waarden samenhangt met een artikel 19 WRO- of een bestemmingsplanprocedure. In het geval van een bestemmingsplanprocedure, wordt in stap 44/56 genoemd dat een ieder 4 weken mag reageren op het ingediende verzoek om hogere waarden en ook de inspecteur heeft 4 weken om op het verzoek te reageren. Tot slot wordt er in deze stap bepaald dat de bestemmingsplanprocedure (vanaf stap 58) verder gevolgd mag worden en dat de goedkeuring moet zijn verleend voordat de gemeente het bestemmingsplan heeft vastgesteld.

In geval van een artikel 19 WRO-procedure wordt in stap 45/57 bepaald dat een ieder 2 weken mag reageren op het verzoek om hogere waarden. De inspecteur heeft 4 weken om te reageren op het verzoek. Tot slot wordt er in deze stap genoemd dat de vrijstelling samen met de verklaring van geen bezwaar in een artikel 19 WRO-procedure wordt verleend.

4.3.6 Ruimtelijke ordening¹²

Het onderdeel ruimtelijke ordening is gesplitst in twee onderdelen, te weten: de bestemmingsplanprocedure en de artikel 19 WRO-procedure. In de linkerhelft van het stappenplan wordt een beschrijving gegeven van de bestemmingsplanprocedure, en aan de rechterkant wordt de artikel 19 WRO-procedure genoemd. In stap 58 en 118 wordt bepaald welke procedure wordt gevolgd. Indien de gebruikte procedure geen bestemmingsplan- of artikel 19 WRO-procedure betreft, dan wordt deze procedure niet in het stappenplan behandeld (stap 119).

Bestemmingsplanprocedure

Indien een bestemmingplanprocedure wordt gevolgd, moet in stap 59 eerst worden gekeken of deze procedure een aanvraag van buitenaf betreft, dus niet door de gemeente zelf. Indien dit het geval is, dan wordt in de stappen 60 $\frac{1}{m}$ 66 beschreven hoe een dergelijke aanvraag tot het starten van een bestemmingsplanprocedure in z'n werk gaat.

Vervolgens wordt er in stap 67 het verplichte (artikel 10 BRO) vooroverleg genoemd, waarna er in stap 68 en 69 wordt bekeken of er bij het bestemmingsplan een voorbereidingsbesluit wordt genomen. Indien een voorbereidingsbesluit wordt genomen, dan wordt hiervoor de procedure in de stappen 70 $\frac{1}{m}$ 73 behandeld.

In de stappen 74 $\frac{1}{m}$ 88 wordt besproken hoe de procedures omtrent vaststellen en ter inzage leggen van het ontwerp-bestemmingsplan en het vastgesteld bestemmingsplan in z'n werk gaan. Hierbij wordt in de stappen 81 $\frac{1}{m}$ 83 genoemd of de ontheffing voor hogere geluidswaarden door GS wordt verleend.

In stap 89 staat dat het vastgesteld bestemmingsplan binnen 4 weken na goedkeuring moet worden doorgestuurd naar GS, wanneer dit niet gebeurt dan wordt door GS goedkeuring aan het plan onthouden. Goedkeuring aan het vastgesteld bestemmingsplan wordt ook onthouden indien bedenkingen hier bij GS aanleiding toe geven of als GS hiertoe zelf beslissen (stap 90 $\frac{1}{m}$ 94). In de stappen 95 $\frac{1}{m}$ 98 wordt het beroep tegen het besluit (tot niet goedkeuren) van GS genoemd.

Wanneer GS het bestemmingsplan hebben goedgekeurd is het nog mogelijk dat Onze Minister overweegt dit besluit te vervangen door een eigen besluit (stap 100). Wanneer Onze Minister dit voornemen heeft, dan moet (volgens stap 101) de inspecteur ruimtelijke ordening bedenkingen ingediend hebben toen hij door GS werd gehoord. Indien de inspecteur dit niet heeft gedaan, dan vervolgt het stappenplan zijn weg naar stap 111. Indien de inspecteur wel bedenkingen heeft ingediend, dan wordt de procedure gestart waarbij Onze Minister het besluit van GS kan vervangen; dit gebeurt in de stappen 102 $\frac{1}{m}$ 110, waarbij Onze Minister kan eisen dat de gemeente een nieuw bestemmingsplan moet vaststellen (stap 108).

In stap 111 is het bestemmingsplan goedgekeurd maar nog niet onherroepelijk. In de stappen 112 $\frac{1}{m}$ 117 worden de mogelijkheden tot beroep (met eventuele voorlopige voorzieningen) genoemd.

Artikel 19 WRO-procedure

In de stappen 120 $\frac{1}{m}$ 122 worden een drietal voorwaarden genoemd waaraan een locatie moet voldoen om een artikel 19 WRO-procedure te mogen starten. Indien een locatie niet voldoet aan de eisen om een artikel 19 WRO-procedure te mogen volgen, dan moet de bestemmingsplanprocedure worden gevolgd vanaf stap 59.

In de stap 125 beslist de gemeente of deze positief staat tegen over de aanvraag om een artikel 19 WRO-procedure te volgen. Hierna wordt in stap 127 besloten of de gemeente (na inspraak) door gaat met de aanvraag. In stap 132 wordt gekeken of door GS (na overleg met de inspecteur ruimtelijke ordening) melding wordt gedaan dat er geen verklaring van geen bezwaar nodig is voor de vrijstellingsaanvraag. Indien dit het geval is dan kan de korte route (vanaf stap 141) worden gevolgd en wordt de procedure van het verkrijgen van een verklaring van geen bezwaar overgeslagen. Wanneer het bovenstaande niet het geval is dan wordt in de stappen 133 $\frac{1}{m}$ 140 de procedure van het verkrijgen van een verklaring van geen bezwaar beschreven.

Indien er bij stap 144 geen bezwaren zijn binnengekomen, dan is de vrijstelling verleend en onherroepelijk. Wanneer er wel bezwaren zijn binnengekomen dan wordt in de stappen 146 $\frac{1}{m}$ 161 de procedure van bezwaar en beroep behandeld.

4.4 Uitleg werking digitaal stappenplan

In deze paragraaf wordt een korte beschrijving gegeven van het digitale stappenplan. Voor het gebruik van het digitale stappenplan dient u Microsoft Office Excel op uw computer te hebben geïnstalleerd.

Om het digitale stappenplan te kunnen gebruiken dient er eerst onderzoek te zijn uitgevoerd naar onder andere luchtkwaliteit, geluidsniveaus en externe veiligheidscontouren. Wanneer deze onderzoeken niet beschikbaar zijn, is het mogelijk dat het digitale stappenplan niet in zijn geheel kan worden ingevuld.

¹² Voor de juridische onderbouwing van ruimtelijke ordening, verwijzen wij naar bijlage B4.

Bij het opstarten van het digitale stappenplan verschijnt het volgende startscherm:

DIT JURIDISCHE STAPPENPLAN GEEFT EEN OVERZICHT VAN DE TE VOLGEN PROCEDURES, MAATREGELEN EN VOORWAARDEN BIJ HET BOUWEN VAN WONINGEN OP GELUIDSBELASTE LOCATIES LANGS INFRASTRUCTUUR			
IN DE GELE BLOKKEN WORDEN VRAGEN GESTELD WAAR MET JA/NEE (TENZIJ ANDERS STAAT AANGEGEVEN) IN DE BLAUWE BLOKKEN ANTWOORD OP MOET WORDEN GEGEVEN			
1	Komt het jaargemiddelde fijn stof boven de 40 µg/m ³ uit?		
2			
3			
4			
5			

Figuur 4.2 - Startscherm van het digitale stappenplan

Bij vraag 1 wordt gevraagd of het jaargemiddelde fijn stof over de 40 µg/m³ uitkomt. Indien dit het geval is vult u 'ja' in, in het blauwe hokje achter 1. Is dit niet het geval dan vult u 'nee' in, in dit blauwe hokje.

Indien vraag 1 met 'nee' wordt beantwoord komt automatisch de verwijzing naar vraag 4 (zie figuur 4.3). Wordt vraag 1 met 'ja' beantwoord, dan komt de verwijzing naar vraag 2 waarin de mededeling wordt gedaan dat de locatie ongeschikt is voor woningbouw. Vervolgens wordt in vraag 3 gekeken of het jaargemiddelde fijn stof boven de vastgestelde plandrempel uitkomt (zie figuur 4.4).

DIT JURIDISCHE STAPPENPLAN GEEFT EEN OVERZICHT VAN DE TE VOLGEN PROCEDURES, MAATREGELEN EN VOORWAARDEN BIJ HET BOUWEN VAN WONINGEN OP GELUIDSBELASTE LOCATIES LANGS INFRASTRUCTUUR			
IN DE GELE BLOKKEN WORDEN VRAGEN GESTELD WAAR MET JA/NEE (TENZIJ ANDERS STAAT AANGEGEVEN) IN DE BLAUWE BLOKKEN ANTWOORD OP MOET WORDEN GEGEVEN			
1	Komt het jaargemiddelde fijn stof boven de 40 µg/m ³ uit?	nee	Ga door naar vraag 4
2			
3			
4	Komt de waarde voor fijn stof meer dan 35 dagen boven de 50 µg/m ³ uit?		
5			

Figuur 4.3 - Digitale stappenplan, waarbij vraag 1 met 'nee' is beantwoord

DIT JURIDISCHE STAPPENPLAN GEEFT EEN OVERZICHT VAN DE TE VOLGEN PROCEDURES, MAATREGELEN EN VOORWAARDEN BIJ HET BOUWEN VAN WONINGEN OP GELUIDSBELASTE LOCATIES LANGS INFRASTRUCTUUR			
IN DE GELE BLOKKEN WORDEN VRAGEN GESTELD WAAR MET JA/NEE (TENZIJ ANDERS STAAT AANGEGEVEN) IN DE BLAUWE BLOKKEN ANTWOORD OP MOET WORDEN GEGEVEN			
1	Komt het jaargemiddelde fijn stof boven de 40 µg/m ³ uit?	ja	Ga door naar vraag 2
2	Locatie ongeschikt voor woningbouw		Ga door naar vraag 3
3	Komt het jaargemiddelde fijn stof boven de vastgestelde plandrempel uit?		
4			
5			

Figuur 4.4 - Digitale stappenplan, waarbij vraag 1 met 'ja' is beantwoord

Op deze manier verschijnen alleen voor u relevante vragen in het digitale stappenplan.

In de donkergrijze hokken in de derde kolom verschijnen (naast de verwijzing naar de volgende vraag) eventuele opmerkingen en eventueel te nemen procedurele stappen. Het digitale stappenplan gaat door totdat u in het donkergrijze hok in de derde kolom de mededeling 'einde stappenplan' tegenkomt. Een voorbeeld hiervan staat in figuur 4.5.

1	Komt het jaargemiddelde fijn stof boven de 40 µg/m ³ uit?	nee	Ga door naar vraag 4
2			
3			
4	Komt de waarde voor fijn stof meer dan 35 dagen boven de 50 µg/m ³ uit?	nee	Ga door naar vraag 6
5			
6	Komt het jaargemiddelde stikstofdioxide boven de 35 mg/m ³ uit?	ja	Ga door naar vraag 7
7	Locatie ongeschikt voor woningbouw		Ga door naar vraag 8
8	Komt het jaargemiddelde stikstofdioxide boven de vastgestelde plandrempel uit?	ja	Binnen 1 jaar moet een luchtkwaliteitsplan worden gemaakt (einde stappenplan)

Figuur 4.5 - Digitale stappenplan, waarbij in vraag 8 het einde van het stappenplan wordt aangegeven

5 Ontwerpen van geluidswalwoningen

Geluidswalwoningen dienen als geluidswering tussen de bron en de achterliggende woningen, waardoor alleen nog de geluidswalwoningen in de geluidshinderzone van de infrastructuur liggen. In voorgaande hoofdstukken hebben we kunnen zien dat de Wet geluidshinder (Wgh) maximale toelaatbare geluidsniveaus stelt op woningen die in de geluidshinderzone liggen. De mogelijkheden om dit te bestrijden, kunnen zowel bij de bron als tussen de bron en de ontvanger getroffen worden. In het hoofdstuk *projectontwikkeling* hebben we kunnen zien dat deze maatregelen de meest effectieve manieren zijn om de geluidshinder te beperken. Maar het combineren van de functie wonen en de functie geluidswering werkt kosten- en ruimtebesparend. Door het bouwen van geluidswalwoningen en aanpassingen te verrichten aan deze woningen, is het niet meer noodzakelijk nog maatregelen te treffen aan de bron of in de overdracht.

Op basis van de Wgh willen we in dit hoofdstuk gaan onderzoeken welke maatregelen er aan geluidswalwoningen getroffen moeten worden. Daarnaast zullen de woningen getoetst moeten worden aan het Bouwbesluit (die voortvloeit uit de Woningwet).

Ons onderzoek richt zich niet specifiek op één casus of praktijkopdracht, maar op zo veel mogelijk locaties binnen de Randstad in Nederland. Door het onderzoek algemeen en niet locatiespecifiek te verrichten, kunnen we voor een heel groot gebied in de Randstad oplossingen bieden voor woningbouw in de 'overvloedige' geluidshinderzones. Voor elke locatie (naast auto-, autosnel- en spoorwegen) worden verschillende eisen gesteld aan de woningen. Dit kan variëren in de mate van geluidswering (geluidshinder), de mate van bescherming tegen vervoer van gevaarlijke stoffen (externe veiligheid), de mate van bescherming tegen trillingen van trein- of wegverkeer (trillingshinder), etc. etc.

Behalve dat er moet worden gekeken naar de aanpassingen van de woningen veroorzaakt door de bron, zal de aandacht ook uitgaan naar de ligging ten opzicht van de zon (dit wordt ook wel de *zonoriëntatie* genoemd). Geluidswalwoningen zijn namelijk (door de aarde wal) éénzijdig georiënteerd en hebben niet, in vergelijking met conventionele woningen, een vrij uitzicht aan voor- en achterzijde van de woning. Het nadeel daarvan is dat er maar vanaf één zijde daglicht binnenkomt. Toch zal er moeten worden voldaan aan de - door het Bouwbesluit - vereiste minimale hoeveelheid daglichttoetreding. We gaan onderzoeken welke invloed dit zal hebben op de bouwvorm en de indeling van de woningen, en of er aanpassingen verricht kunnen worden zodat het mogelijk is op alle locaties of alle zonoriëntaties, de minimaal benodigde daglicht binnen te krijgen.

Samengevat kunnen we zeggen: Wij zullen gaan onderzoeken welke bouwtechnische en architectonische maatregelen er voor elke soort van locatie genomen dienen te worden om aan de door de overheid gestelde eisen te voldoen. Of anders gezegd; wat zijn de ontwerpcriteria die er worden gesteld aan de woningen bij auto-, autosnel- of spoorwegen. Dit zal

resulteren in *bebouwingsmodellen* (modellen of ontwerpen) die ontwikkeld zijn op basis van de locatieafhankelijk gestelde criteria zodat voor elke locatie duidelijk is waar aandacht aan besteed dient te worden, en welke bouwtechnische of architectonische maatregelen er getroffen dienen te worden.

5.1 Maatregelen aan de geluidswalwoning

De geluidszone is een aandachtgebied voor het ontwerp van de bebouwing. Door creatief te zijn, kunnen er oplossingen worden ontwikkeld tegen de geluidshinder die wordt ervaren bij wonen langs infrastructuur.

In dit hoofdstuk willen we onderzoeken welke maatregelen er genomen moeten worden aan de woningen zelf, zodat er kan worden voldoen aan de minimale eisen. Deze maatregelen moeten er voor zorgen dat er gebouwd kan worden op de geluidsbelaste locaties. Bij het ontwerpen van geluidswalwoningen zal er specifiek moeten worden gelet op de mate van geluidswering.

Geluidswerende maatregelen aan de woning die getroffen kunnen worden zijn:

- A. *Aangepaste bouwvorm*, zoals patio-, en terraswoningen waarbij de afscherming door de wal in het ontwerp is meegenomen.
- B. *Aangepaste indeling* van de woning met minder geluidsgevoelige vertrekken als keuken, hal, badkamer, toilet en berging aan de geluidsbelaste zijde.
- C. *Geluidsisolatie* van gevel en dak.

We zullen in dit hoofdstuk zien dat er door de keuze van een aarden wal tegen de woning ook maatregelen genomen moeten worden ten aanzien van de hoeveelheid binnenkomend *licht*. Op basis hiervan zullen er maatregelen moeten worden getroffen door een:

- A. *Aangepaste bouwvorm*, zoals patio-, en terraswoningen waarbij de afscherming door de wal in het ontwerp is meegenomen.
- B. *Aangepaste indeling* van de woning met minder lichtgevoelige vertrekken als keuken, hal, badkamer, toilet en berging aan de geluidsbelaste zijde.
- C. *Overige aanpassingen* in de gevel of dak zoals daklichten en lichtschachten.

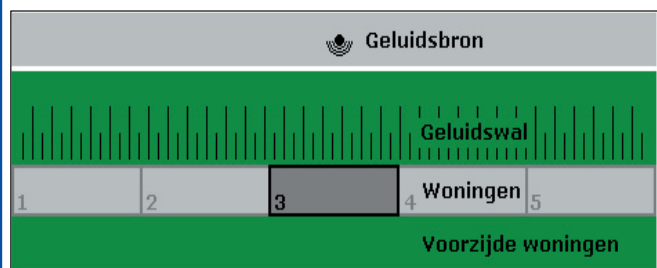
Zowel geluidwerende maatregelen als de maatregelen voor voldoende daglicht hebben hun invloed op de architectonische vorm van de woningen én de indeling van de woning. Om deze reden zullen we eerst de vorm van de woning beschouwen, vervolgens de indeling van de woning en tot slot de bouwtechnische aanpassingen.

5.1.1 Invloed geluid op de bouwvorm

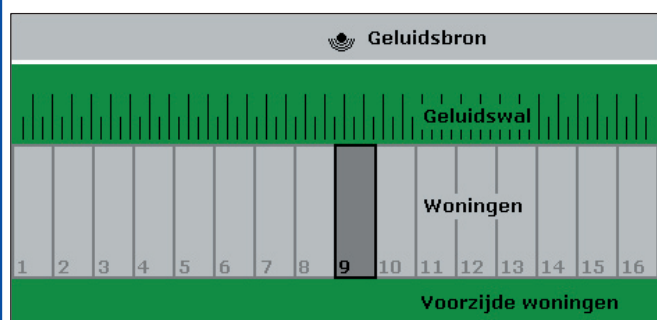
De bouwvorm van de woning is belangrijk omdat deze de mate van geluidswering voor het achterliggende gebied bepaald, en de vorm bepaald of er een buitenruimte is die geen grote hinder ondervindt van geluid (patio's e.d.). In deze

paragraaf zullen we bekijken welke gevolgen het bouwen van woningen in de geluidszone heeft op de vorm van de woning.

Als we kijken naar de planologische indeling van het gebied, zullen we normaliter ernaar streven om de woningen loodrecht te plaatsen op de aarden wal. Op deze manier wordt er zuiniger met de schaarse grond omgegaan en kunnen er meer woningen worden ontwikkeld (Zie figuur 5.1 en 5.2).



Figuur 5.1 – Plattegrond ruimtegebruik 5 woningen parallel aan de wal



Figuur 5.2 – Plattegrond ruimtegebruik 16 woningen loodrecht op de wal

In het hoofdstuk projectontwikkeling, hebben we kunnen zien dat geluidswalwoningen in bouwkosten zo'n 10% hoger uitvallen dan conventionele woningen. Als het gaat om 16 woningen (zoals figuur 5.2) worden hierdoor de totale extra kosten in theorie erg hoog. Als woningen veel kosten en minder opbrengen, zouden er eigenlijk zo weinig mogelijk gebouwd moeten worden. Maar deze manier van woningbouw werkt juist kostenbesparend. De extra kosten per woning zitten voornamelijk in de hoge kosten voor de gevel. Doordat de woningen smaller zijn, is de hoeveelheid gevel per woning aanzienlijk lager. Daardoor is het financieel toch het meest aantrekkelijke woningtype.

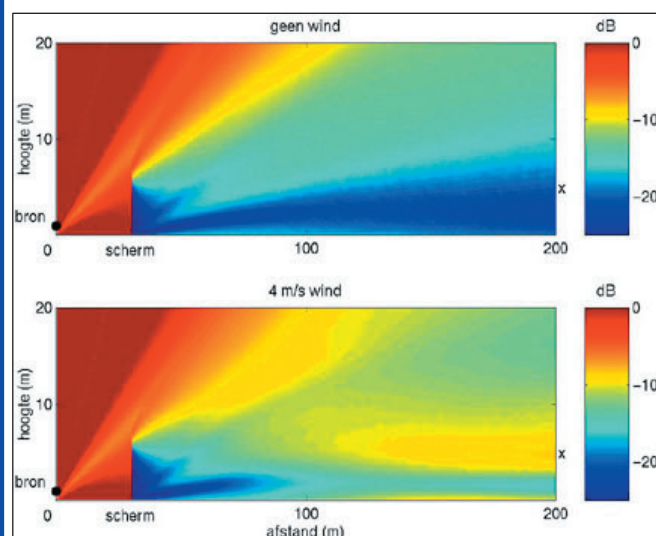
Mate van geluidswering

Het doel van een geluidsscherm is een geluidsluwe zone te creëren. Achter de woningen ontstaat een zone waar de geluidsbelasting niet het maximaal toelaatbare niveau overschrijdt. Niet alleen de tuinen van de geluidswalwoningen vallen daarbinnen, maar ook het achterliggende gebied met woningen profiteert van de geluidsluwe zone. De mate van de afschermende werking van het geluid is afhankelijk van:

- De afstand van de woningen tot de bron en
- De hoogte van de geluidswalwoningen.

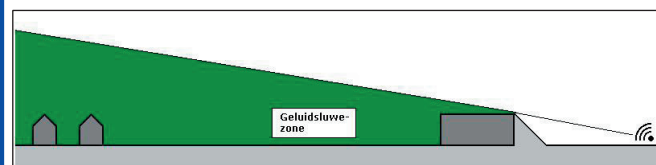
Wind heeft helaas een negatieve invloed op de mate van de geluidswering van de woningen. Uit onderzoek door TNO TPD blijkt dat wind soms sterk negatieve effecten heeft

op de effectiviteit van geluidsschermen langs bijvoorbeeld verkeerswegen. Uit het onderzoek blijkt dat wind vanuit de richting van de geluidsbron een negatief effect heeft op de grootte van de geluidsluwe zone. Geluid is heel gevoelig voor wind. Hierdoor gaat geluid soms met een boogje over een geluidsscherm heen.

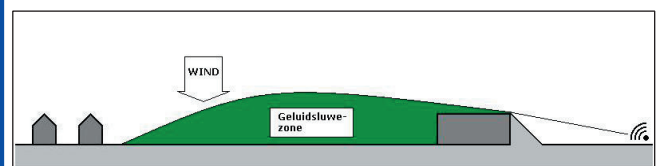


Figuur 5.3 – De werking van een geluidsscherm met wind¹³

Bovengenoemd is een voorbeeld van de werking van een geluidsscherm met wind, maar dit geldt in principe voor alle soorten geluidsweringen die te maken hebben met wind, dus ook voor geluidswalwoningen.



Figuur 5.4 – De werking van een geluidswalwoning zonder wind



Figuur 5.5 – De werking van een geluidswalwoning met wind

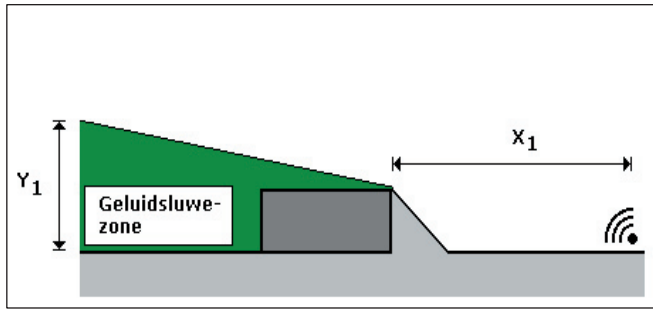
Bij het ontwerp van de geluidswerende woningen moet rekening gehouden worden met het afbuigen van het geluid. Wanneer hier niet voldoende rekening mee wordt gehouden in het ontwerp van de geluidswalwoningen, zullen de achterliggende woningen door dit verschijnsel hinder ondervinden van het weg- of treinverkeer (figuur 5.5). Als na de voltooiing van het bouwwerk een te hoog geluidsniveau in het achterliggende gebied wordt gemeten, moeten er alsnog aanpassingen aan de woningen worden verricht. Dit zal voor de ontwikkelaar vervelende extra kosten opleveren.

Afstand tot de bron

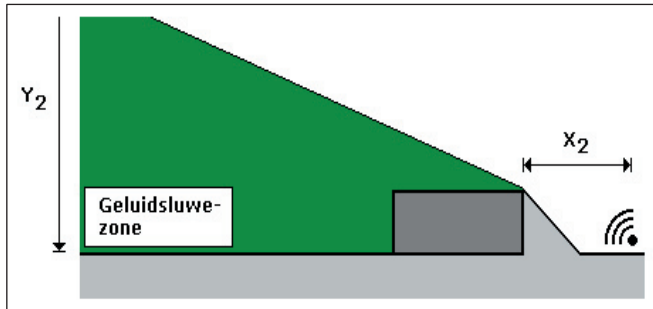
De afschermende werking van het geluid is onder andere afhankelijk van de afstand van de woningen tot de weg of het spoor. Maatregelen tegen geluidshinder kunnen het beste zo dicht mogelijk bij de bron worden toegepast, omdat het daar

¹³ Bron: TNO 'Geluidsschermen minder effectief dan gedacht'

het meeste effect heeft voor het achterliggende gebied.



Figuur 5.6 – De afstand tot de bron



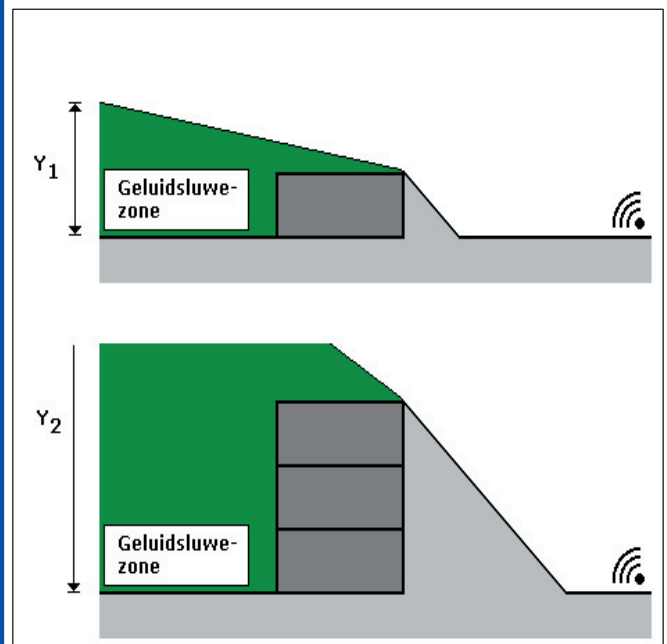
Figuur 5.7 – De afstand tot de bron

Ditzelfde geldt ook voor geluidswalwoningen. Hoe dichter deze bij de weg of spoor worden geplaatst, hoe beter de wering is. De geluidsluwe zone is in figuur 5.7 groter en loopt hoger op dan de zone in figuur 5.6. De invloed van wind, met de nadelige effecten voor het achterliggende gebied, zal hierdoor afnemen.

Hoogte van de woningen

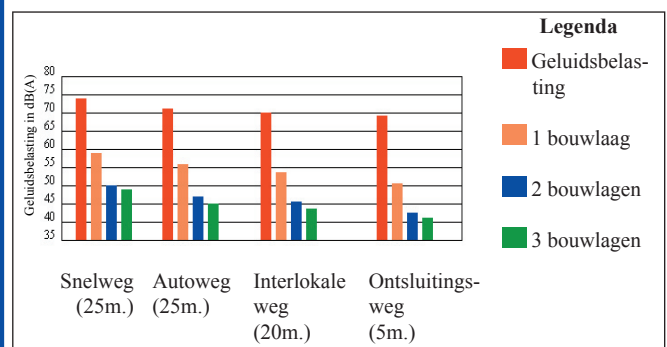
Als een woning van drie bouwlagen gelegen is op 25 meter van een snelweg, is de geluidsbelasting in de tuin dichtbij de geluidsluwe gevel net iets minder dan 50dB(A). Iets verder in de tuin komt het geluidsniveau net iets boven dit niveau uit. Daarna neemt de geluidsbelasting weer af. Op bijvoorbeeld 200 meter van een snelweg is het geluidsniveau gedaald tot 45 dB(A). De snelweg is nog wel te horen maar het niveau ligt onder het maximale geluidsniveau. Zonder een geluidsscherm zou dit ongeveer 63 dB(A) bedragen.

Het voorkomen van reflectie door andere bebouwing is in dit geval wel een extra aandachtspunt bij de planologische ontwikkeling. Bebouwing die gelegen is aan de tuinkant van de geluidswalwoningen kunnen namelijk een negatief effect hebben op de geluidsluwe zone direct achter het scherm of in de tuin. Weerkaatsing moet daarom worden voorkomen.



Figuur 5.8 – Hoogte van de geluidsluwe zone bij een enkele verdieping (boven) en bij drie verdiepingen (onder)

De afschermende werking hangt dus nauw samen met de hoogte van de woning. In figuur 5.9 valt af te lezen hoe hoog de geluidsbelasting aan de geluidsluwe zijde van de woning is, gegeven verschillende typen weg en verschillende hoogten (één, twee of drie bouwlagen).



Figuur 5.9 – Geluidsniveau in relatie tot het aantal bouwlagen¹⁴

Uit de grafiek blijkt dat een drielaags bebouwing in alle situaties voldoet. Ook de tweelaags bebouwing blijkt in de meeste situaties te voldoen, behalve vlak bij snelwegen. Daarom raden we aan geen bebouwing van twee lagen te ontwikkelen rond autosnelwegen, maar dus minimaal drie bouwlagen. De geluidsbelasting naast een spoortraject is afhankelijk van het spoorgebruik en daarom niet in de tabel weergegeven.

De geluidsluwe zijde van de woning met een bouwlaag ligt in alle situaties boven de voorkeurgrenswaarde van 50dB(A). Bij de meeste situaties bij woningen op geluidsbelaaste locaties, blijkt dat het geluidsniveau direct achter de woningen beneden de voorkeurgrenswaarde uit de Wet geluidshinder ligt.

Mocht een woning door middel van bouwlagen net niet de vereiste hoogte halen (met betrekking tot een optimale

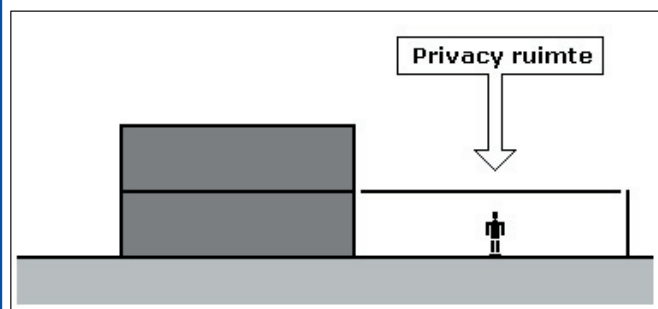
¹⁴ Bron: Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting 'Bouwen op geluidsbelaaste locaties'

geluidswering voor het achterliggende gebied), dan is er altijd nog de mogelijkheid om een klein 'scherp scherm' (bijvoorbeeld een betonnen wandje) bovenop de geluidsbelaste gevel te plaatsen. Wanneer dit gedeelte boven de aarden wal uitsteekt, wordt dit gedeelte meegerekend met de gevel, wat betekent dat er een maximale geluidsbelasting van 65 dB(A) wordt toegestaan. Wanneer de aarden wal doorgetrokken wordt tot de hoogte van het 'scherpe scherm', wordt er een hogere gevelbelasting dan 65dB(A) gedoogd.

Een gespecialiseerd adviesbureau kan voor een nieuwbouwproject naast infrastructuur, de vereiste hoogte van de geluidswering door middel van een computerberekening bepalen. Deze minimale hoogte moet over de volle lengte van de wal doorlopen, en mag geen onderbrekingen van huizenblokken bevatten.

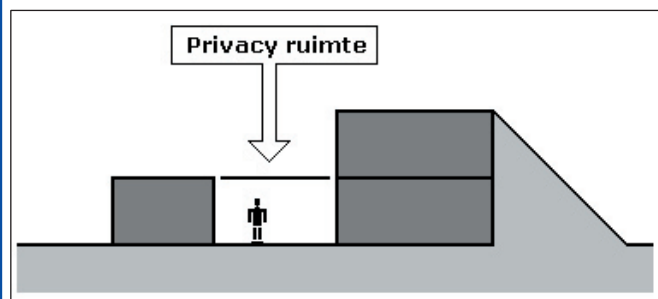
Privacy ruimten

Conventionele rijtjeswoningen hebben over het algemeen een achtertuin, waar een beschutte ruimte wordt gecreëerd. Iedereen verlangt enige vorm van privacy. Voortuinen worden over het algemeen niet gebruikt als belangrijkste beschutte buitenruimte, omdat deze meestal aan de straatkant liggen.



Figuur 5.10 – Doorsnede woning; privacyruimte bij conventionele woning

Geluidswalwoningen kunnen geen gebruik maken van een achtertuin, omdat deze er simpelweg niet is. Een tuin aan de straatzijde is wel mogelijk, maar daar wordt de voorkeur niet aan gegeven. Een patio is een goede mogelijkheid voor een privacy buitenruimte, dit is een buitenruimte die wordt omsloten door de woning.



Figuur 5.11 – Doorsnede woning; privacyruimte (patio) bij geluidswalwoning

De buitenruimte, ontworpen op deze manier, ondervindt op deze manier geen hinder van geluid, omdat deze in de geluidsluwe zone van de woning ligt. Het geluidsniveau van de buitenruimte heeft een voorkeursgrenswaarde van 50dB(A). De buitenruimte kan het beste zo dicht mogelijk bij het hoogste punt van de geluidswering worden gesitueerd, omdat daar het geluidsniveau het laagst ligt.

5.1.2

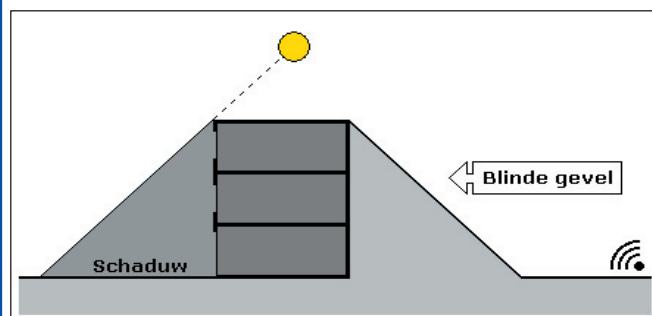
Invloed daglicht op de bouwvorm

Tijdens het ontwerp van een woning dient er aandacht te worden besteed aan de daglichttoetreding. De daglichttoetreding is het licht dat via de ramen de woning binnen komt. In het Bouwbesluit zijn er minimale eisen gesteld aan de *hoeveelheid* licht die er binnenkomt voor verblijfruimtes. Deze ruimtes hebben voldoende licht nodig voor een aangenaam verblijf. Onder *verblijfruimtes* vallen:

- slaapkamers,
- woonkamers en
- keukens.

Daarnaast zijn er ook ruimtes waar het Bouwbesluit geen minimale eisen van daglichttoetreding aan stelt. Ruimtes zoals bergingen, technische ruimten, badkamers en toiletten hoeven niet aan de minimale eis te voldoen. Bij geluidswalwoningen is één zijde van de woningen gelegen in de geluidswal, waardoor er zich aan deze zijde geen verblijfsruimten mogen bevinden. Deze moeten zich bevinden aan de zijde waar de ramen zich bevinden. Paragraaf 5.3.2 zal verder ingaan op de indeling van de plattegrond van de woning.

Geluidswalwoningen behoren tot de categorie van *blinde* gevels. Blinde gevels zijn gevels die fungeren als een geluidswering. Het gedeelte gevel van de geluidswalwoning wat bedekt is met de aarden wal, valt onder de noemer *blinde* gevel. In dit gedeelte zitten geen ramen, en is geen daglichttoetreding (figuur 5.11).



Figuur 5.12 – Geluidswalwoning met blinde gevel

Zonoriëntatie

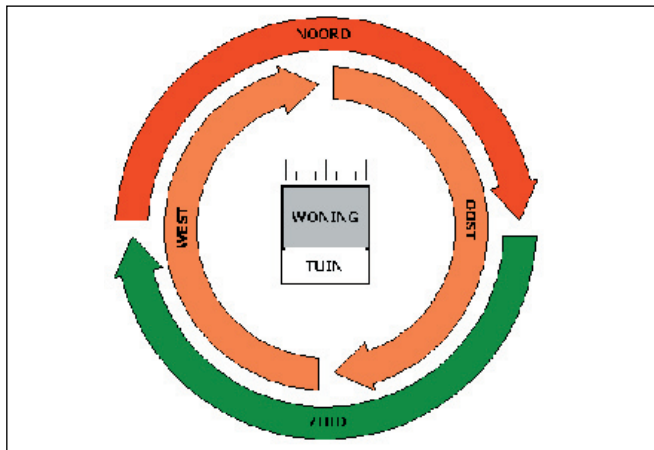
De *zonoriëntatie* van een project houdt de stand van de zon in op de woning. Gekeken wordt dan naar de stand van de zon in het middaguur om 12.00 uur. Rond deze periode is de grootste *daglichtintensiteit*, waar optimaal gebruik van gemaakt moet worden. In het ontwerp kan hier op worden ingespeeld, door de verblijfruimtes te oriënteren op deze zonnestand. De oriëntatie speelt vooral een belangrijke rol omdat er door de aarden wal maar van één zijde daglicht mogelijk is.

Afhankelijk van de zonneoriëntatie wordt er een vorm van de woning ontwikkeld. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een oriëntatie op het:

- zuiden,
- noorden, en
- oost of westen.

Het verloop van de zon (afhankelijk van de oriëntatie) is in figuur 5.13 weergegeven. Te zien is dat bij de noordoriëntatie

de zon de hele dag op de aarden wal en vrijwel niet in de tuin of naar binnen schijnt.



Figuur 5.13 – Zonverloop

Afhankelijk van de hoogte of bouwlagen van de geluidswalwoning en de zonneoriëntatie kan worden bepaald of een woning zonder voldoende daglicht binnenkrijgt. In onderstaand overzicht worden de mogelijkheden naar voren gebracht.

Zon oriëntatie	Aantal bouwlagen		
	Enkele bouwlaag	Twee bouwlagen	Drie bouwlagen
Zuid			
Noord			
Oost en West			

Stand van de zon om 12.00 uur

 Geluidsbron

Figuur 5.14 - Zonneoriëntatie woning

Locaties die zijn gelegen aan de zuidzijde van oost-westverbindingen bieden de beste mogelijkheden; het geluid wordt aan de noordzijde afgeschermd.

In figuur 5.15 staat aangegeven welke bebouwing mogelijk is zonder maatregelen (de groene vinken), dus een standaard geluidswalwoning met aarden wal. De rode kruizen geven aan dat de bebouwing onmogelijk is omdat er onvoldoende daglicht de verdiepingen kan binnentreden. Deze woningen zijn met de tuin (en dus de ramen) op het noorden, oosten

of westen georiënteerd. De hoogte van de woning, die de schaduw in de tuin veroorzaakt, en de aarden wal zijn daar de oorzaak van (zie figuur 5.12). Bij lage bebouwing (alleen begane grond) is het wel mogelijk om noord-georiënteerd een gebouw te ontwerpen, omdat de hoogte van de woning geen belemmering van het daglicht vormt.

Zon oriëntatie	Aantal bouwlagen		
	Één bouwlaag	Twee bouwlagen	Drie bouwlagen
Zuid			
Noord			
Oost en West			



Geschikt zonder bijzondere aanpassingen of maatregelen



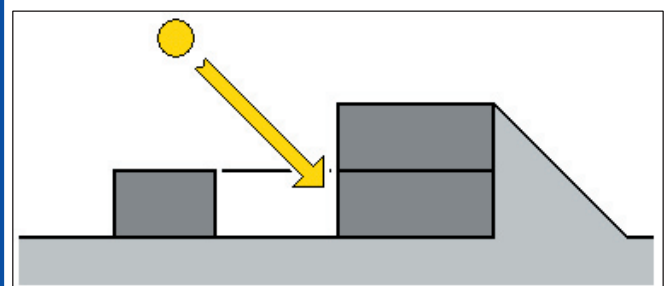
Oriëntatie ongeschikt voor woning zonder aanpassingen of maatregelen

Figuur 5.15 - Mogelijke woningbouw

Overigens kunnen ook voor de minder gunstig gelegen locaties (rode kruizen) zeer acceptabele woningen ontworpen worden. Voorwaarde is uiteraard dat de juiste keuzen worden gemaakt ten aanzien van de vorm van de woning. Deze woningen kunnen alleen worden ontwikkeld door extra aanpassingen of maatregelen in de bouwvorm.

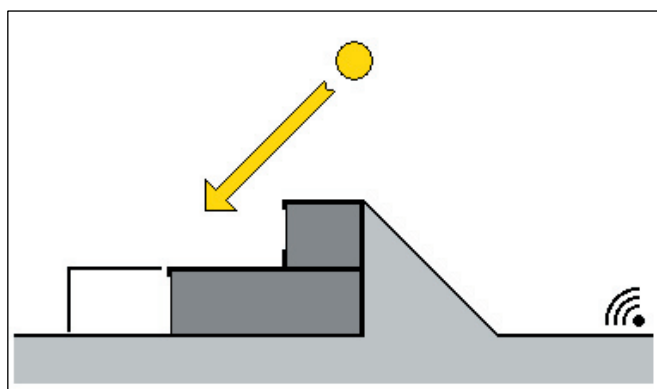
Aanpassingen bouwvorm

Het bovenstaande kan bijvoorbeeld worden opgelost door een *patio* te plaatsen midden in de woning (zie figuur 5.16). Een patio geeft het voordeel dat deze ook de achterliggende ruimte van licht voorziet, waardoor daar ook verblijfsgebieden mogelijk zijn.



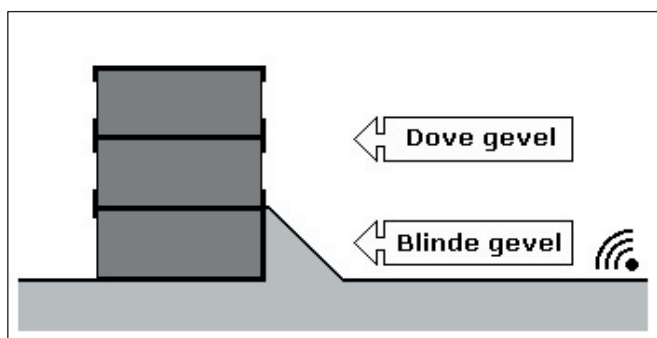
Figuur 5.16 – Verbetering van daglichttoetreding door patio

Een alternatief voor een tuin, zou een *groot terras* op de tweede verdieping kunnen zijn. Dit gedeelte heeft dan, zelfs met een noord-oriëntatie, voldoende zon. Daarbij moet wel weer rekening worden gehouden met het geluidsniveau op het terras. De daadwerkelijke hoogte van de woning bedraagt voor de berekening van het geluidsniveau in de buitenruimte (terras) nu niet meer de volle hoogte van de woning, maar alleen het gedeelte of verdieping dat boven het terras uitsteekt.



Figuur 5.17 – Verbetering van daglichttoetreding door dakterras

Daarnaast is er de mogelijkheid om een *dove gevel* toe te passen. Pas vanaf het begin van 1999 is het gedoogd om een woongebouw met een gevelconstructie die tegelijkertijd als geluidsscherm fungeert (de zogenaamde dove gevel) op een geluidsbelaste locatie te bouwen. Deze dove gevel mag wel ramen maar géén te openen delen bevatten.



Figuur 5.18 – Geluidswalwoning met blinde en dove gevel

Het voordeel van een dove gevel is dat er in de geluidsbelaste gevel, ramen geplaatst kunnen worden. In het architectonisch ontwerp kunnen daardoor verblijfruimtes (die daglicht vereisen) worden gesitueerd aan de geluidsbelaste zijde. Iets wat voorheen niet kon. Vooral voor de geluidswalwoningen die loodrecht op de geluidswal zijn geprojecteerd (zie figuur 5.2) is dit een voordeel. Door de langgerekte vorm en de met aarden wal bedekte achtergevel, komt er zonder deze maatregel maar weinig licht in het achterste gedeelte van de woningen. Een bijkomend voordeel van de toepassing van een dove gevel is dat er veel ruimte wordt bespaard. De wal wordt hierdoor minder breed. Met name bij drie verdiepingen is het een groot gebied wat bespaard kan worden. Door de toepassing van de dove gevel wordt er dus zuiniger omgegaan met de grond en kunnen de woningen dichter op de bron worden geplaatst.

Hierdoor is bij binnenstedelijke nieuwbouw de maximaal toelaatbare geluidsbelasting op de gevel 65dB(A), terwijl er voor een aarden wal geen maximaal toelaatbare geluidsbelasting geldt. Daarnaast is de weerkaatsing van geluid door een dove gevel nadeliger voor de aan de overzijde van het spoor of weg liggende bebouwing. Door de rechte vorm van de gevel wordt het geluid teruggekaatsd naar de geluidsbron, en zorgt voor een grotere geluidsbelasting bij de bebouwing aan de overzijde van de infrastructuur. Bij een geluidswal wordt het geluid schuin de hemel in weerkaatsd of door de aarde geabsorbeerd.

Overige aanpassingen

Andere mogelijkheden om tot de vereiste daglichttoetreding te komen, is het toepassen van *daklichten* of *lichtkoepels*. Dit zijn kunstof raam in de vorm van een koepel, welke in een dakopening geplaatst kunnen worden. Doordat er licht van boven invalt wordt er een hoger daglichtrendement bereikt, (in vergelijking met zijlicht).

Bouwwormen voor de ongeschikte zonorientatie

Door de toepassing van bovengenoemde aanpassingen en maatregelen kunnen er zelfs voor de minder georiënteerde locaties (degenene met de rode kruizen) een bouwvorm worden ontwikkeld die voldoende daglicht krijgt (zie figuur 5.19).

Zon oriëntatie	Aantal bouwlagen		
	Één bouwlaag	Twee bouwlagen	Drie bouwlagen
Zuid	✓	✓	✓
Noord	✓		
Oost en West	✓	✓	



Geschikt zonder bijzondere aanpassingen of maatregelen

Figuur 5.19 - Woningbouw mogelijk door aangepast bebouwingsmodel

5.2

Aanpassingen indeling

Een andere oplossing die er gegeven kan worden is een aanpassing in de indeling van een woning. Dit houdt in dat er door een juiste indeling van de ruimtes in de woning de mogelijkheid er is om geen hinder te ondervinden van de geluidsbelasting en de mogelijkheid er is om voldoende daglicht binnen te krijgen.

5.2.1

Invloed geluid op de indeling

In het bouwbesluit worden prestatie-eisen gesteld waaraan woningen en woongebouwen moeten voldoen. Een prestatie-eis legt een functionele eis vast in een getalsmaat. De prestatie van woningen met betrekking tot een bepaald aspect zoals geluidsisolatie wordt zo meetbaar. Voor geluid zijn de bepalingsmethoden vastgelegd in NEN 5077, d.d. augustus 1991.

De toegestane *binnengrenswaarde* afkomstig van geluid van buiten bedraagt in beginsel:

- 35 dB(A) bij wegverkeer en
- 37 dB(A) bij treinverkeer.

Het Bouwbesluit zegt het volgende over geluidswering van een scheidingsconstructie:

“De in NEN 5077 bedoelde karakteristieke geluidswering van een uitwendige scheidingsconstructie die de scheiding vormt tussen een verblijfsgebied en de buitenlucht, ter beperking van geluidshinder in het verblijfsgebied, bepaald overeenkomstig die norm, ten minste gelijk zijn aan het verschil tussen de geluidsbelasting van die scheidingsconstructie, bepaald overeenkomstig de Wet geluidshinder, en 35dB(A), met een minimum van 20dB(A).”

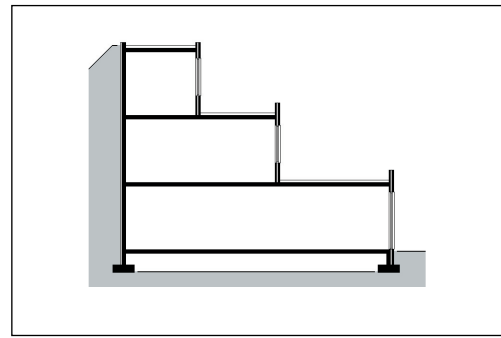
Met de uitwendige scheidingsconstructie bedoelt men de gevels, vloeren en daken die de overgang vormen tussen binnen en buiten. De karakteristieke geluidswering van deze scheidingsconstructie, betekent de minimale vereiste geluidswering die de gevel, vloer of dak moet hebben om te voldoen aan het vereiste binnenniveau.

De Wet geluidshinder stelt alleen voor verblijfsruimten voor dat de toegestane binnengrenswaarde 35 dB(A) of 37 dB(A) mag bedragen en stelt geen eisen voor overige ruimten. Een betrekkelijk eenvoudige manier om het geluidsniveau in de verblijfsruimten binnen de norm van 35 dB(A) te houden is het plaatsen van *geluidsongevoelige* ruimten aan de geluidsbelaste zijde. Daarbij valt te denken aan bijvoorbeeld een berging, badkamer, toilet, technische ruimte, of een extra voorziening zoals een werkruimte of een kast. Op deze manier wordt er ook voldaan aan de eisen van de Wet geluidshinder, omdat de Wet alleen voor verblijfsruimten grenswaarden stelt.

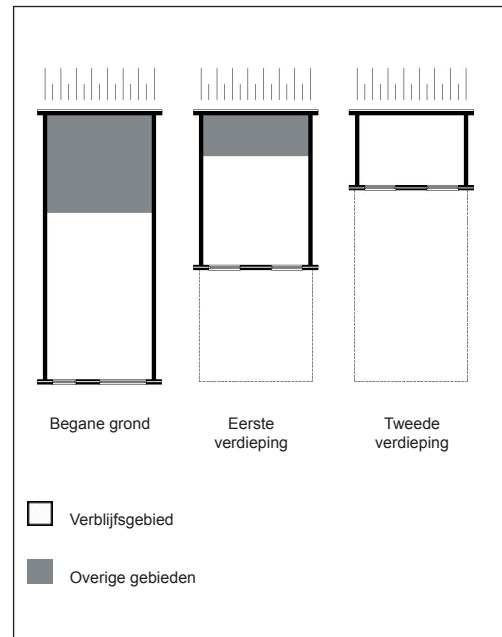
5.2.2 Invloed daglicht op de indeling

De indeling van de woning kan op basis van de zonoriëntatie gemaakt worden. Voor iedere locatie geldt een andere zonoriëntatie, waardoor voor elke locatie een aangepast ontwerp gemaakt moet worden. De gunstig georiënteerde woningen (op het zuiden) ondervinden de hele dag zon. Maar met name bij noord-oriëntaties, waarbij weinig direct daglichttoetreding is, zullen de woningen goed moeten worden ingedeeld. Als voorbeeld beschouwen we het bebouwingsmodel dat op de meeste locaties toepasbaar is (zie figuur 5.20). De bouwvorm is ontwikkeld op basis van een oriëntatie op het noorden, en is daardoor ook toepasbaar op de overige oriëntaties.

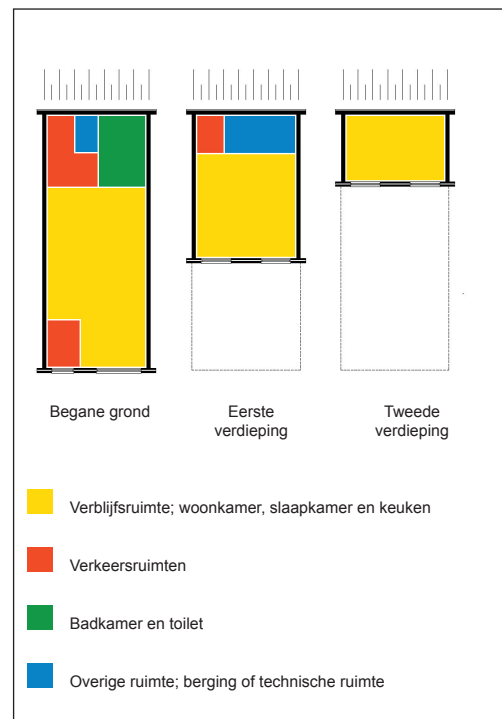
De beste indeling is te maken door de verblijfsgebieden (gebieden bestemd voor verblijfsruimten) te plaatsen aan de zonbelichte zijde (zie figuur 5.21). Vervolgens kan de plattegrond ingedeeld worden met verblijfsruimten en overige ruimten (zie figuur 5.22).



Figuur 5.20 - Dwarsdoorsnede bebouwingsmodel



Figuur 5.21 - Voorbeeld plattegrond: indeling woning met verblijfsgebieden en overige gebieden



Figuur 5.22 - Voorbeeld plattegrond: indeling woning in verblijfsruimten en overige ruimten

OVERZICHT TOEPASBAARHEID BEBOUWINGSMODELLEN															
LOCATIE:	Autosnelweg (120 km/h)			Autoweg (100 km/h)			Weg Provinciaal (70 à 80 km/h)			Weg Binnenstedelijk (50 km/h)			Spoortraject		
ORIËNTATIE:	Zuid	Noord	Oost - West	Zuid	Noord	Oost - West	Zuid	Noord	Oost - West	Zuid	Noord	Oost - West	Zuid	Noord	Oost - West
BEBOUWINGSMODEL:															
	●	○	○	●	○	○	●	○	○	●	○	○	●	○	○
	●	○	●	●	○	●	●	○	●	●	○	●	●	○	●
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	○	○	○	●	○	○	●	○	○	●	○	○	●	○	○
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●

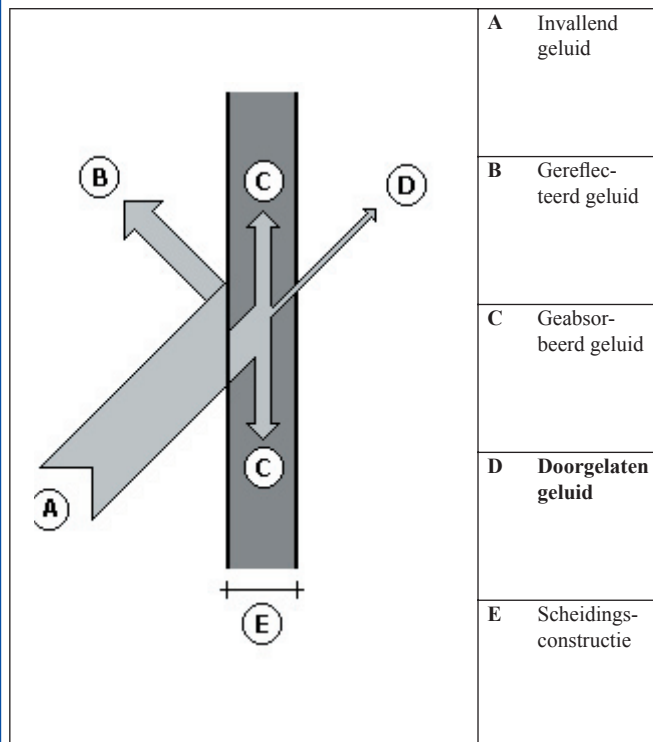
Figuur 5.23 – Overzicht toepasbaarheid bebouwingsmodellen

In figuur 5.23 is een overzicht gemaakt van de bebouwingsmodellen die toepasbaar zijn op de verschillende mogelijke locaties. Afhankelijk van de hoogte en de zonoriëntatie van de woning is bepaald of het model toepasbaar is op een locatie.

5.3 Aanpassingen gevel en dak

Voor bepaalde locaties is het onvermijdelijk om een bebouwingsmodel te ontwikkelen zonder het toepassen van een dove gevel. Dit hebben we in de voorgaande paragrafen kunnen zien. De dove gevel is noodzakelijk om het gewenste binnenniveau te behalen, en bovendien moet het ramen bevatten voor daglicht. Om mogelijke hinder van geluid van buiten door weg- en spoorwegverkeer te beperken worden eisen gesteld aan de *geluidswering* van de gevel. In deze paragraaf zal verder worden ingegaan op de eisen die worden gesteld aan een dove gevel, en door welke maatregelen te treffen aan de gevel er aan deze eisen kan worden voldaan. De uitwendige scheidingconstructie van een dove gevel, heeft als doel het geluid van buiten te weren, zodanig dat dit binnen niet als hinderlijk wordt ervaren. Door gebruik te maken van een aarden wal is dit eenvoudig op te lossen, maar een gevel die hoge geluidswerende functie moet volbrengen heeft het daar moeilijk mee.

Geluid kan de ontvanger op twee manieren via de scheidingsconstructie bereiken. Er bestaat *luchtgeluid* en *contactgeluid*. Luchtgeluid wordt veroorzaakt door verkeer, wat via de lucht de scheidingsconstructie bereikt. Geluidsisolatie van contactgeluid is niet specifiek van toepassing op dit onderzoek, omdat dit geluid afkomstig is van een bron die de scheidingsconstructie direct in trilling brengt, zoals bijvoorbeeld regen of hagel op een glazen dak. De laatst genoemde vorm van geluidsisolatie laten we dus buiten beschouwing. Van het op een scheidingsconstructie vallend luchtgeluid wordt een deel teruggekaatst of gereflecteerd, een deel geabsorbeerd en een deel doorgelaten, figuur 5.24. Het gedeelte dat wordt doorgelaten wordt ervaren als geluidshinder van buitenaf.



Figuur 5.24 – Verdeling geluid dat op een scheidingsconstructie valt

De luchtgeluidsisolatie wordt gedefinieerd als het doorgelaten geluid in verhouding tot het op de scheidingsconstructie

vallend geluid. Is de isolatie bijvoorbeeld 20 dB(A), dan wordt $10^{-2} = 0,01$ deel = 1% van intensiteit doorgelaten. Bij 30 dB(A) 0,1%, bij 40 dB 0,01% en bij 50 dB(A) 0,001%.

5.3.1 Wetgeving

De Nederlandse regelgeving die betrekking hebben op de geluidswering van gebouwen zijn:

- Het Bouwbesluit,
- NEN 1070 (normen die grenswaarde in getallen vastlegt),
- NEN 5077 (normen en voorschriften voor meet- en rekenmethoden),
- NEN 5079.

Daarnaast wordt er voor de bepaling van de geluidswering van een gebouw ook de volgende internationale regelgeving toegepast:

- Europese regelgeving; CEN-normen,
- Internationale normen.

5.3.2 Geluidsisolatie

Het Bouwbesluit stelt eisen aan de gevelwering van gebouwen wanneer gebouwd wordt binnen geluidshinderzones van autowegen of spoorbanen. Bij de aanvraag van een bouwvergunning dient aangetoond te worden dat de gevel, zoals men die wil gaan toepassen, aan een aantal eisen voldoet voor wat betreft de geluidswering. Voor een integrale behandeling van de akoestische eigenschappen moeten de volgende hoofdaspecten in beschouwing worden genomen:

- Spouwconstructie, materiaal en constructie van de borstwering;
- Daken;
- Draaiende delen;
- Glasisolatie;
- Beglazingssysteem;
- Kozijnaansluitingen;
- Ventilatievoorzieningen;
- Doorvoeren door gevel.

Spouwconstructie

Zware uitwendige scheidingsconstructies kunnen over het algemeen probleemloos de minimaal gewenste luchtgeluidsisolatie bieden. Zo heeft een gemetselde spouwmuur een isolatiewaarde van ongeveer 50 dB(A). Door de steenachtige ondergrond wordt er snel aan de geluidseis voldaan. Dit is echter niet van toepassing bij ondergronden of materialen met een licht soortelijk gewicht. Houtskeletbouw moet, door het lichte eigen gewicht, vermeden worden op geluidsbelaste locaties. Juist door de grote massa heeft beton uitstekende geluidswerende eigenschappen. Mede dankzij de *monoliete* constructie zonder naden of kieren en dankzij het ontbreken van hinderlijke scheuren, ontstaan er geen geluidsslekken.

Dikte [mm]	Massa [kg/m ²]	Geluidsisolatie R _w [dB(A)]
Beton		
160	368	53
180	414	55
200	460	56
220	506	58
230	529	58
240	552	59
260	598	60
Kalkzandsteen		
214	375	54
240	420	55
265	470	57
300	525	58
327	572	60

Figuur 5.25 – Geluidsisolatie verschillende dikten beton en kalkzandsteen

Met wat lichtere steenachtige materialen dan beton, zoals kalkzandsteen (KZS), zijn eveneens goede geluidsisolatiewaarden te halen mits de detaillering goed is. Ter plaatse van aansluitingen tussen de KZS-*elementen* met wanden, komen snel naden. Bij het metselen met KZS-*blokken* komen eerder veel naden in het vlak zelf. Daarom wordt ook deze bouwmethode afgeraden.

Daken

De meeste houten dakelementen zijn te licht voor een zware geluidswering tegen buitengeluiden. Steenachtige daken daarentegen hebben over het algemeen een meer dan voldoende geluidswering.

Voor de uitvoering is het van belang dat er een goede kierdichting is bij de aansluitingen van de muurplaat. Ook de naden tussen eindwanden en dakplaten zijn kritisch (hier wordt de afdichting nogal eens vergeten). Dichten met PUR-schuim of plastisch blijvende kit (eventueel met rugvulling) is meestal voldoende.

Voor *platte* daken levert een veelvoorkomend dak, een betonnen dak (100mm) met thermische isolatie en een bitumineuze dakbedekking, een geluidsisolatie van 44dB(A). Om een hogere geluidsisolatie te halen, is het mogelijk de dikte van het beton te vergroten.

De geluidsisolatie van *hellende* daken bestaande uit bijvoorbeeld een zelfdragende houten doosconstructie (ca. 200mm) met een pannendak, is maximaal 35dB(A). Een hellend pannendak bestaande uit zelfdragende grindbeton-elementen heeft een geluidsisolatiewaarde van ca. 45 dB(A). Aan de maximale geluidsbelasting van 65dB(A) kan hiermee worden voldaan, zelfs voor achterliggende verblijfruimtes, met een maximaal binnenniveau van 35dB(A).

Draaiende delen

Het Bouwbesluit stelt dat er op de geluidsbelaste gevel geen *draaiende delen* (hoe klein deze ook zijn) geplaatst mogen

worden. Draaiende delen zijn openslaande deuren of ramen in de uitwendige scheidingsconstructie. Deze draaiende delen zijn in geopende toestand namelijk zeer nadelig voor de geluidsisolatie van de gevel.

Zo moet men bij een vrije opening van 1% van het scheidingsvlak (bijvoorbeeld door een raampje van 0,3 x 0,3 m² *open* te zetten) rekening houden met een terugval van de geluidsisolatie in de orde van 30 dB(A). Door de draaiende delen in de scheidingsconstructie kan er daardoor nooit worden voldaan aan de minimale geluidswerende eis van de uitwendige scheidingsconstructie.

Door de toepassing van dubbele of driedubbele kierdichting van de draaiende delen in het kozijn, valt een hogere isolatie waarde te behalen dan met een enkele kierdichting (zoals vroeger, en waar het verbod van draaiende delen dus ook op is gebaseerd). Een meerpuntssluiting (sluiting boven- en onderkant van het kozijn) zorgt voor een gelijk verdeelde druk op het kozijn, waardoor het goed wordt dichtgedrukt. De draaiende delen zorgen hierdoor in gesloten toestand niet voor een geluidstek. Er zou dus kunnen worden afgevraagd worden of de regelgeving niet aangepast kan worden, zodat er alleen in gesloten stand van de ramen aan de geluidseis voldoen hoeft te worden.

Draaiende delen dragen bij tot de doorspuikbaarheid of doorluchting van de woningen. In het Bouwbesluit wordt er verplicht dat een woning (verblijfsgebied) gelucht kan worden wanneer er zich bijvoorbeeld een grote hoeveelheid verontreinigde of stinkende lucht in de woning bevindt. We hebben gezien dat er in gesloten toestand van de ramen, aan de geluidseisen kan worden voldaan. Vandaar dat wij vinden, dat bewoners zelf de keuze zouden mogen krijgen of ze *tijdelijk* geluidshinder ondervinden van een *tijdelijk* openstaand raam.

Glasisolatie

De uitwendige scheidingsconstructies van *dove gevels*, bevatten gedeelten met glas, zonder draaiende delen. Deze delen hebben ten opzichte van de gesloten delen meestal een zwakke geluidsisolatie en bepalen daarom in hoge mate de isolatiekwaliteit van de gehele gevel. Wordt er bijvoorbeeld in een spouwmuur met een isolatiewaarde van 50 dB(A), glas aangebracht met een isolatiewaarde van 25 dB(A), dan zakt bij 10% glas de gemeenschappelijke isolatiewaarde met ca. 15 dB(A) terug naar 35 dB(A).

Tot een gevelbelasting van 60dB(A) voldoet normaal dubbel glas (4-12-5mm)¹. Dat verandert wanneer de geluidsbelasting 60dB(A) of meer bedraagt. Vanaf 64dB(A) is ook een zwaardere kwaliteit dubbel glas onontbeerlijk.

Glas samenstelling [mm-mm-mm]	Maximale Geluids- isolatie R_w [dB(A)]	Maximale geluids- belasting bij verblijfs- gebied + 35 dB(A) [dB(A)]
Dubbel glas met gas 8-24-12 ¹⁵	34	69
Dubbel glas met gas en tussenlaag (gelamineerd) 8-12-12.2 ¹⁶	37	72
Dubbel glas met gas en dubbel gelamineerd glas 19.2-24-10.2	39	74
Dubbele ramen 8-160-12.2	45	80

Figuur 5.26 – Maximale geluidsisolatie verschillen glastypen

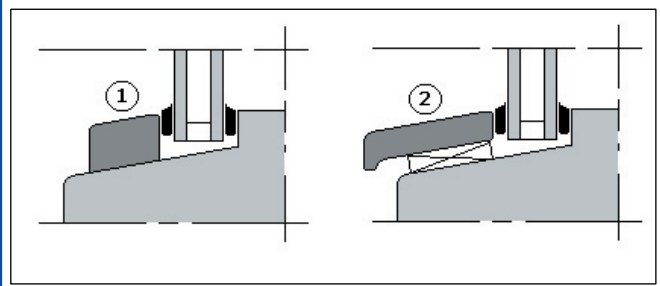
Door het combineren van verschillende glassoorten, gelamineerd glas (twee glasplaten op elkaar verbonden door kunsthars) en het vullen van de ruimte tussen de beide ruiten (spouw) met gassoorten in plaats van droge lucht, kunnen zeer specifieke geluidswerende eigenschappen worden bereikt. Ook de dikte van de luchtsponw, de ruimte tussen de twee glaspanelen is hierbij van belang. In extreme situaties is een dubbel glas met een luchtsponw van 25 mm tot 100 mm nodig. Veelal worden de hoog rendementen glassoorten (HR+ en HR++) in tweelaags- of in drielaagsvariant toegepast om omgevingsgeluid te reduceren.

Beglazingssysteem

Het systeem van beglazing is van invloed op de geluidsisolatie van het glas of het kozijn. Bij dubbel glas zijn twee beglazingssystemen te onderscheiden:

- Gesloten beglazingssysteem
- Ontlucht beglazingssysteem

Akoestisch gezien is het gesloten beglazingssysteem minder geluidoorlatend (zie figuur 5.27). De ventilatiemogelijkheid onder de glaslat zorgt voor een geluidstek.



Figuur 5.27 – Gesloten- (1) en ontlucht beglazingssysteem (2)

Kozijnaansluitingen

Daar waar het raam aansluit op de omringende constructie, ontstaan naden. Naden kunnen de geluidsisolatie verslechteren. Niet te grote naden kunnen worden gedicht met duurzame plastisch blijvende kitsoort, bij voorkeur op siliconen basis. Bij een naadbreedte van 5 à 6 mm moet een rugvulling worden aangebracht. Hiervoor kan comprimeerbaar, opencellig kunststofschuimband of een profiel worden gebruikt.

Bij een houten kozijn moet enkele jaren na de bouw de naaddichting gecontroleerd en eventueel bijgewerkt worden. Hout krimpt, en de naden die kunnen ontstaan zijn dan aanzienlijk.

Het probleem met na-afichten kan voorkomen worden dooreen schuivende naadafdichting. Het belangrijkste uitgangspunt bij een schuivende afdichting is dat het afdichtingsprofiel of de -lat aan de steenachtige constructie wordt bevestigd, zo kan de afdichting bij krimp langs het kozijn schuiven.

Ventilatievoorzieningen

Ventilatievoorzieningen vormen een open verbinding tussen binnen en buiten. Bij woningbouw op een niet-geluidsbelaste locaties, kan ventilatie plaatsvinden door een klappaam of een ventilatierooster.

Deze voorzieningen zijn bij woningbouw op geluidsbelaste locatie, gezien het Bouwbesluit, niet mogelijk. Met een ventilatieopening van 0,1 x 0,1 m² (ongeveer 0,1% van het scheidingsvlak) kan men namelijk al een terugval verwachten in de orde van 20 dB(A).

Bij noodzakelijke ventilatieopeningen (zoals bij een verblijfsruimte) kan men de terugval van de geluidsisolatie, beperken door het aanbrengen van *suskasten*. Dit zijn geluidsgedempte ventilatievoorzieningen, waardoor er wel geventileerd kan worden, en er toch aan de gestelde geluidsisolatie wordt voldaan.

Vanaf een geluidsbelasting van 74dB(A) zijn geen goede ventilatievoorzieningen meer in de geluidsbelaste gevel aan te brengen en zal een gebalanceerd mechanisch ventilatiesysteem toegepast moeten worden. Een dergelijke aanpassing is kostbaar, alleen staat daar tegenover dat dit gekoppeld kan worden met een warmte-terugwin-installatie waarmee besparingen in de energiekosten gespaard kunnen worden. Tot een geluidsbelasting van 70dB(A) (het maximale niveau volgens Wet geluidshinder), kan er dus aan de

¹⁵ Hiermee wordt respectievelijk de dikte van het buitenglas, de spouw tussen de glasplaten en het binnenblad in millimeters aangegeven.

¹⁶ Het cijfer .2 geeft aan dat het om gelamineerd glas gaat, met een tussenlaag van 0,2 mm dik.

ventilatie-eis worden voldaan door middel van suskasten.

Doorvoeren door de gevel

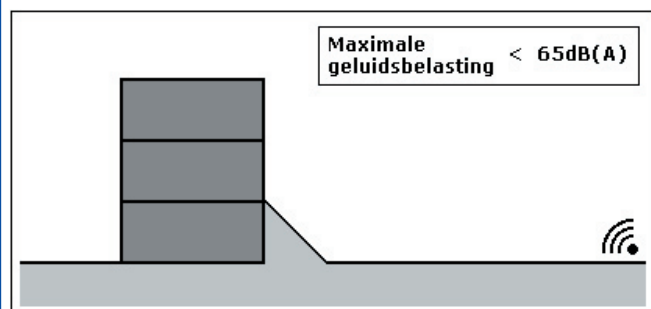
Het doorvoeren van ventilatiekanalen door de gevel heeft een negatieve werking op de geluidsisolatie, aangezien deze geluidsslekken vormen. Daarom mogen deze doorvoeren zich niet bevinden in de geluidsbelaaste gevel, maar in de geluidsluwe zijde van de woning, of het dak.

Geluidswering aarden wal

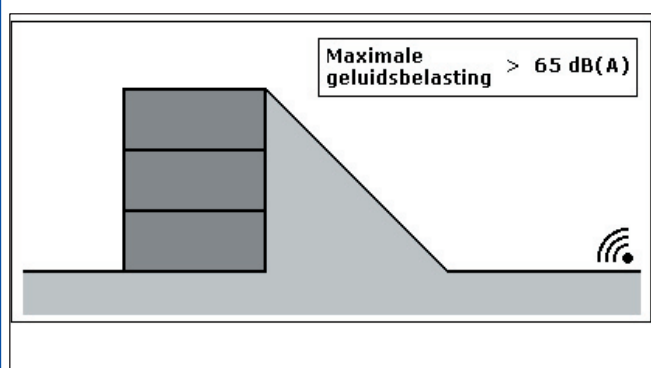
De maximale geluidsbelasting op de gevel bedraagt 70dB(A), welke voor mag komen bij woningen die binnenstedelijk zijn geprojecteerd, en die dienen ter vervanging van bestaande woningen. Binnenstedelijke geprojecteerde nieuwbouw woningen gelegen langs een auto- of autosnelweg mag 65dB(A) bedragen. Dit is de maximale belasting op de gevel.

Bouwtechnisch gezien wordt een aarden wal *niet* meegerekend bij de uitwendige scheidingconstructie

Dit betekent dat geluidswalwoningen langs bijvoorbeeld autosnelwegen *zonder* een dove gevel (figuur 5.29), met een aarden wal tot de bovenkant van woning, een hogere geluidsbelasting dan geluidswalwoningen *met* een dove gevel (zie figuur 5.28) mogen hebben.



Figuur 5.28 – Maximale geluidsbelasting op een dove gevel



Figuur 5.29 – Maximale geluidsbelasting op een aarden wal

5.4 Overige bouwtechnische aanpassingen

5.4.1 Luchtverontreiniging

In bijlage 3 (Luchtverontreiniging), wordt uitvoerig gesproken over de negatieve invloed van luchtverontreiniging op de

volksgezondheid. Maatregelen om de kwaliteit van de lucht te verbeteren liggen op nationaal en lokaal niveau.

Bouwtechnisch kunnen er geen maatregelen genomen worden aan de woningen zodat er weer op een veilige manier rond sterk vervuulende infrastructuur geleefd kan worden. Er bestaan echter wel ventilatiesystemen die verontreinigde lucht kunnen zuiveren (door middel van een koolstoffilter). Binnenshuis zouden deze kunnen worden toegepast, waardoor er schone lucht in het huis wordt gepompt. Een filter op een ventilatie systeem heeft echter een negatief effect op de ventilatiecapaciteit van het systeem. Een dergelijk ventilatiesysteem krijgt hierdoor een formaat ter grootte van een klein kantoorventilatiesysteem welke in staat is om te zuiveren en welke ook kan voldoen aan de benodigde ventilatiecapaciteit. De kosten voor de aanschaf liggen aanzienlijk hoger dan de gebruikelijke ventilatie systemen, waardoor de al hogere bouwkosten nog hoger zullen worden. Bovendien kunnen deze systemen geen schone lucht leveren voor de bij woningbouw verplicht buitenruimtes. Ook voor deze buitenruimtes gelden namelijk de Europees gestelde grenswaarde voor de luchtkwaliteit.

5.4.2 Externe veiligheid

Door middel van het treffen van maatregelen en veiligheidsvoorzieningen kan het veiligheidsniveau binnen een gebied worden verhoogd. De veiligheidsmaatregelen die genomen kunnen worden zijn:

- Maatregelen bij de bron en
- maatregelen binnen het bestemmingsplan.

Binnen het bestemmingsplan kunnen onder andere bouwkundige, constructieve en stedenbouwkundige maatregelen worden genomen. In *Toelichting 4 'Externe Veiligheid'* zullen de andere mogelijkheden naar voren komen, waaronder maatregelen bij de bron en de overige maatregelen binnen het bestemmingsplan.

Bouwkundige en constructieve maatregelen die aan de woningen genomen kunnen worden zijn onder andere:

- brandwerende gevels,
- zware muur voor het gebouw,
- deels ondergronds bouwen of een aarden wal aanleggen,
- explosie werend glas,
- grote betonnen gevelelementen, minder voegen,
- luchtdicht bouwen gecombineerd met een ventilatiesysteem.

De effectiviteit van constructieve en bouwkundige maatregelen verschilt per ongevalsscenario. Voor met name brandscenario's zijn maatregelen te treffen (zoals brandwerende muren, brandwerende gevels en splintervrij glas) waardoor de schade aanzienlijk wordt vermindert.

Maatregelen die dicht bij het spoor worden genomen zoals brandwerende wanden en aarden wallen, zijn zeer effectief voor het *plaatsgebonden risico* (PR). Dit wordt hierdoor teruggedrongen tot aan de muur of wal. Hierdoor valt de woning als het ware *buiten* de 10^{-6} risico-contour, waar

woningbouw wél toegestaan is.

Echter op het *groepsrisico* (GR) is het effect van bouwkundige en constructieve maatregelen beperkt, en zijn vaak onvoldoende effectief. Vandaar dat er gekeken moet worden naar effectievere maatregelen. Een combinatie van maatregelen is ook mogelijk, want bronmaatregelen zijn juist vaak weer effectief op het groepsrisico.

Het vaststellen van het benodigde maatregelenpakket en randvoorwaarden bij een bestemmingsplan is locatieafhankelijk. Per plan kan een selectie worden gemaakt uit de maatregelen die er bestaan, zowel bij de bron als bij het omliggende gebied. Hoe deze selectie eruit komt te zien is afhankelijk van de inpasbaarheid van maatregelen in het bestemmingsplan en de beschikbare middelen. In eerste instantie zal de voorkeur uitgaan naar maatregelen bij de bron. In de afweging en keuze van het maatregelenpakket zal naast de kosten ook de termijn van realisering een belangrijke rol spelen.

5.4.3 Trillingen

In *Toelichting 5 'Trillingen'*, wordt uitvoerig gesproken over de oorzaak van trillingen, de stappen die genomen moeten worden op locaties met trillingshinder en welke oplossingen er bestaan bij zowel de bron als de ontvanger.

De trillingen, veroorzaakt door de bron (verkeer) die de ontvanger in woongebouwen bereiken kunnen bestaan uit *kortegolf* en *langegolf* trillingen. Voor ieder van deze trillingen moeten bij de ontvanger verschillende maatregelen worden getroffen. Kortegolf trillingen die in het gebouw waarneembaar zijn, kunnen worden gereduceerd door de toepassing van *trillingsreducerende matten* tussen de fundering en de opbouw van de woning te plaatsen. Daarnaast kan er ook nog worden gekozen voor het *toevoegen van massa* aan de fundering. Dit is een goede oplossing voor de langegolf trillingen die het gebouw bereiken. Ten eerste zal het verzwaren de fundatie verstijven, waardoor beweging in het gebouw voorkomen wordt, en daarnaast zal het dienen als een soort trillingsbarrière voor de achterliggende woningen. Door middel van een trillingsonderzoek en een EEM-rekenmodel kan worden onderzocht welke maatregel of aanpassing voldoende trillingsreductie levert zodat er aan de door SBR voorgeschreven richtlijnen wordt voldaan (zie *Toelichting 5 'Trillingen'*).

5.4.4 Constructieve aanpassingen

Constructief gezien zullen er maatregelen moeten worden genomen aan de achtergevel. Deze gevel ondervindt een *horizontale drukbelasting* van de aarden wal. De aarden wal druk als het ware de gevel naar binnen. Om een doorbuiging van de wand te voorkomen zullen hiertegen constructieve maatregelen genomen moeten worden.

Daarbij is het van groot belang dat deze gevel een goede koppeling of verbinding krijgt met de bouwmuren en de verdiepingsvloeren. Beton is het meeste geschikte materiaal om de wand van te vervaardigen. We hebben in al gezien

dat het een goede geluidsisolator is. Een ander voordeel van beton is dat de wanden onderling door middel van wapening een *monoliete* constructie vormen of één geheel worden. De wand zal niet als losse wand of vulling worden geplaatst. De meegestorte wapening zal de wand op zijn plaats houden en voorkomen dat de wanden bezwijken door de horizontale drukbelasting.

6 Conclusies & Aanbevelingen

6.1 Conclusies

Concluderend kan worden gezegd dat het plegen van woningbouw op geluidsbelaste locaties langs infrastructuur goed mogelijk is, mits er aan een aantal juridische, projectontwikkeling gerichte en bouwtechnische voorwaarden wordt voldaan. Deze voorwaarden hebben wij hieronder nog eens schematisch neergezet.

Juridisch

- De hoeveelheid stikstofoxide, koolstofdioxide en fijn stof op de locatie mag niet boven de vastgestelde grenswaarde uitkomen.
- De locatie mag niet vallen binnen de 10^{-6} externe veiligheidscontour die ligt langs wegen en spoorwegen
- Er is momenteel nog geen wetgeving voor trillingshinder.
- Als de geluidsbelasting op de gevels onder de streefwaarde uitkomt, hoeft er op het gebied van geluid geen verdere actie te worden ondernemen. Komt de geluidswaarde boven de streefwaarde en onder de grenswaarde, dan moet vrijstelling worden aangevraagd voor hogere waarden bij Gedeputeerde Staten.
- Indien de locatie reeds de bestemming wonen heeft, hoeft er op het gebied van ruimtelijke ordening geen verdere actie te worden ondernemen. Wanneer dit niet het geval is, dan moet door middel van een bestemmingsplan- of artikel 19 WRO-procedure de juiste bestemming worden verwezenlijkt.

Projectontwikkeling

- Samen met de geluidswalwoningen moeten er in het achterliggende gebied ook woningen worden gebouwd, om er zo voor te kunnen zorgen dat de extra kosten voor de geluidswering verdeeld kunnen worden over meerdere woningen.
- De vraag naar woningen in een gebied moet groot zijn, zodat mensen bereid zijn meer voor hun woning te betalen (wat nodig is voor de geluidwerendheid).
- Er moet in een gebied gebrek zijn aan ruimte in het gebied. Zo gaat bijvoorbeeld in de Randstad kostbaar groen verloren aan uitbreidingslocaties, maar bijvoorbeeld in Noord Nederland is er nog ruimte genoeg om conventionele woningbouw te plegen.
- Het verder uitbreiden/'uitdijen' van bestaande steden zorgt ervoor dat bewoners van de uitbreidingsgebieden hun 'contactgevoel' met de stad kwijtraken. Stedelijke inbreiding langs infrastructuur kan dit (deels) voorkomen.
- Het meest geschikte woningtype voor het bouwen op geluidsbelaste locaties langs infrastructuur is de 'geluidswalwoning'. Woningen met blinde gevels zijn eventueel een goed alternatief voor geluidswalwoningen.

Bouwtechnisch

- Aan geprojecteerde woningen gesitueerd op het zuiden, zijn geen grote architectonische aanpassingen vereist. De aandacht gaat vooral uit naar woningen georiënteerd op het noorden. Door het toepassen van bijvoorbeeld een patio, een groot terras op de eerste verdieping, een lichtkoepel of een dove gevel, is het ook mogelijk om

voor minder geschikte locaties woningen te ontwikkelen.

- Voor de mate van de geluidswering van de woning voor het achterliggende gebied, spelen de hoogte van de woning en de afstand tot de bron een belangrijke rol. Woningen langs autosnelwegen, met drie bouwlagen voldoen aan de mate van geluidswering voor het achterliggende gebied. Woningen met minder bouwlagen kunnen gerealiseerd worden nabij auto-, provinciale-, binnenstedelijke- en spoorwegen.
- Aan geluidswalwoningen wordt een andere indeling vereist dan aan conventionele woningen. Verblijfsruimten (slaapkamer, woonkamer en keuken) mogen zich niet bevinden aan de geluidsbelaste zijde van de woning als daar een overschrijding is van het maximale binnenniveau voor geluid. Daarnaast vereist het Bouwbesluit dat deze woningen voldoende daglicht binnen krijgen, de zogenoemde daglichttoetreding. Voor zowel de geluidshinder als de daglichttoetreding is het van belang dat de verblijfsruimten aan de geluidsluwe zijde van de woningen liggen, en niet de zijde van de aarden wal.
- Naast aanpassingen van de woning op architectonisch niveau, worden er ook op bouwtechnisch niveau aanpassingen of maatregelen aan de geluidswalwoningen vereist. Voor de geluidswering van de gevel en het dak, is een integrale aanpak van alle onderdelen die zich bevinden in de gevel van belang. Voornamelijk gaat de aandacht uit naar de geluidsslekken welke ontstaan door de toepassing van grote oppervlakken glas of raam. Noodzakelijke ventilatievoorzieningen in de geluidsbelaste gevel zijn alleen toegestaan als deze geluidgeïsoleerd zijn, de zogenoemde suskasten. In de geluidsbelaste gevel mogen geen draaiende delen (zoals openslaande ramen of deuren) zitten.
- Overige aanpassingen aan de geluidswalwoningen kunnen zich bijvoorbeeld voordoen bij locaties naast een transportroute voor gevaarlijke stoffen, waarbij externe veiligheid een rol speelt. Daarbij zullen extra maatregelen moeten worden genomen aan de woningen zodat er op een verantwoorde wijze wordt ontwikkeld.

6.2 Aanbeveling voor de voortgang van het project

Voor de voortgang van het project lijkt het ons zeer goed dat het juridische stappenplan en de bebouwingsmodellen toegepast gaan worden op een specifieke locatie, zodat met een concreet project getoetst kan worden hoe bruikbaar het door ons geleverde product is.

Naast het toepassen van het project op een specifieke locatie, hebben wij een aantal mogelijke onderzoeksonderwerpen opgesteld voor verder onderzoek, omdat wij hier binnen het tijdsbestek van ons afstuderen niet aan toe hebben kunnen komen.

Wij wensen de studenten die voortgaan met dit project, veel succes en inspiratie bij hun werkzaamheden.

- Een onderzoek kan worden gedaan naar de toepasbaarheid van de overige geluidswerende woningtypen.
- Een onderzoek kan worden gedaan naar de mogelijkheden voor het bouwen van hoogbouwprojecten langs

infrastructuur.

- Een onderzoek kan worden gedaan naar het ontwikkelen van nieuwe woningtypen die een goede bescherming bieden tegen luchtverontreiniging zowel in als buiten de woning.
- Een juridisch en bouwtechnisch onderzoek kan worden gedaan naar de mogelijkheden van het bouwen binnen de 10^{-6} externe-veiligheidscontour.
- Een uitgebreid financieel onderzoek kan worden gedaan, waarbij dieper wordt ingegaan op de haalbaarheid van de woningen waarbij de relatie wordt gelegd met een eventueel achterliggend te ontwikkelen gebied.
- Een onderzoek kan worden gedaan naar de ervaringen van mensen die reeds in geluidswalwoningen wonen, en de beleving die zij bij een dergelijke woning hebben.
- Een detailboekje kan worden ontwikkelen voor woningen op geluidsbelaste locaties.
- Een architectonisch ontwerp voor woningen op geluidsbelaste locaties.
- Een onderzoek kan worden gedaan naar het toepassen van nieuwbouw, maar geen woningbouw, op geluidsbelaste locaties langs infrastructuur, waarbij de vraag naar dergelijke bouw wordt meegenomen.

7 Bronvermelding

Bouwfysica

Ir. A.C. van der linden e.a.

Spruyt, van Mantgem & Does bv, Leiden, 2000

Infrastructuur als uitdaging voor de stad, wonen en werken bij de stad

Ministerie van VROM

Geluidwering in de woningbouw

Mw. Ir. P.E. Braat-Eggen

Ir. L.C.J. van Luxemburg

Spruyt, van Mantgem & Does bv, Leiden, 1993

Jellema 7, Bouwmethoden bouwmethodiek

ThiemeMeulenhoff, Utrecht / Zutphen, 2004

Onderzoek naar trillingen in de bodem met behulp van Eindige Elementen Methode

Geluid, nummer 5, december 2003

Dhr. F. van Eekhout

Dhr. F. Koopmans

Bouwen op geluidsbelaste locaties, ruimte voor nieuwe woningtypen

Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting, Rotterdam, 1998

Risicoatlas wegtransport gevaarlijke stoffen

Adviesgroep AVIV BV, Enschede, 2003

Toetsingskader Externe veiligheid Spoorzone Dordrecht / Zwijndrecht

TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie, Apeldoorn, 2004

Risicoatlas Spoor, Vervoer van gevaarlijke stoffen over de vrije baan

DHV Milieu en Infrastructuur BV, 2001

Milieuaspecten Verkeer en Infrastructuur 2

Provincie Utrecht, Rijkswaterstaat directie Utrecht, 2001

Nationaal Milieubeleidsplan 4

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, 2001

Bouwen op geluidsbelaste locaties

Chantal van der Krogt

In de Klem

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu

Het EU-beleid: zuivere lucht

Europese gemeenschappen, 2000

Geluid en bronbeleid op rijkswegen

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2002

Geraadpleegde internetsites:

www.vrom.nl

www.rivm.nl

www.novem.nl

www.nsg.nl

www.infomail.nl

www.tno.nl

www.overheid.nl

www.bestemmingsplan.nl

www.geluid.nl

www.provincie-utrecht.nl

www.innonoise.nl

www.sev.nl

www.tweevandaag.nl

--	--