

# Ontwerpen parametrisch genereren en akoestisch beoordelen in de SO-fase

Een parametrische tool die plattegronden kan genereren en toetsen op basis van de benodigde luchtgeluidisolatie voor interne- en externe geluidsbronnen (binnengeluid & omgevingslawaai)

The image displays a complex software interface for parametric design and acoustic evaluation. It features several overlapping windows:

- MainWindow (Top Left):** A scoreboard showing current and historical performance metrics. The current score is 42.7 dB(A). A list of designs is shown, with Design 14 CG highlighted as the current design.
- MainWindow (Middle):** A central workspace showing a floor plan with red wireframe overlays, likely representing acoustic raytracing or sound field simulation.
- MainWindow (Bottom Left):** A detailed scoreboard for Design 14 CG, listing 20 different design variants with their respective scores, ranging from 38.26 to 41.50 dB(A).
- MainWindow (Bottom Right):** A room layout diagram with color-coded walls and doors. A legend indicates noise levels (Vanaf [dB] tot en met [dB]) and colors (Kleur). Rooms shown include WC1, Kleedkamer1, and ZaalG.

Control buttons such as 'Generate New Design', 'Async AutoGenerate', 'AutoGenerate', 'Evolve', 'Calculate score', 'Save design', 'Save JSON', and 'Load JSON' are visible in the interface.

In deze Whitepaper lees je over een ontwerptool voor in de SO-fase om ontwerpbeslissingen met betrekking tot akoestische prestaties te maken. De Whitepaper gaat in op de werking van de tool en de behaalde resultaten. De aanleiding voor dit onderzoek is de toenemende behoefte aan efficiënte, onderbouwde akoestische adviezen bij complexe bouwprojecten, zoals theaters en zwembaden. De centrale onderzoeksvraag luidt:

“Hoe ontwikkel je een ontwerptool die met rekenregels de benodigde interne geluidisolatie en de gevelgeluidisolatie van een gebouw minimaliseert in een advies voor een passend gebouwconcept?”

Het onderzoek, uitgevoerd bij DGMR Software, volgt een ontwerpgerichte aanpak. De tool genereert automatisch gebouwindelingen op basis van akoestische en ruimtelijke randvoorwaarden en beoordeelt deze via 2D raycasting. Resultaten tonen dat de tool in staat is om varianten te genereren en akoestische knelpunten zichtbaar te maken.

De prestaties van de gegenereerde ontwerpen verschillen, maar strategieën zoals het groeperen van ruimtefuncties en het reserveren van verkeersgebieden leveren betere akoestische scores op. Tegelijk blijft de beoordeling beperkt in nauwkeurigheid en sluiten de ontwerpen niet altijd aan op de praktijk.

Parametrische optimalisatie met akoestische rekenregels toont duidelijk potentie om het ontwerpproces te versterken. Wel vraagt de tool om verdere ontwikkeling voordat integratie in het advies- en ontwerpproces van DGMR of andere partijen mogelijk is.

## Waarom een nieuwe tool?

DGMR Software ontwikkelt meerdere softwarepakketten waarmee ontwerpbeslissingen onderbouwd kunnen worden. Momenteel werkt het bedrijf aan het 7D-platform, dat in een vroeg stadium gebouwvarianten genereert en analyseert om de beste optie te kiezen.

Het platform vergelijkt varianten op basis van BENG, MPG, wind, bezonning en daglicht. De akoestische prestatie van een ruimtelijke indeling blijkt soms een maatgevende indicator, maar een methodiek om plattegronden systematisch te toetsen aan geluid ontbreekt nog.

## Met welk geluid moet rekening worden gehouden?

Om het onderzoek af te kaderen, vallen verschillende akoestische eigenschappen en situaties buiten de scope:

Situatie / onderdeel	Binnen scope?
Omgevingslawaai (van buiten naar binnen)	Ja
Geluiduitstraling (van binnen naar buiten)	Nee
Gevelgeluidwering	Nee
Interne geluidisolatie (binnen)	Ja

Voor de benadering van geluidsoverdracht binnen een gebouw geldt altijd directe geluidsoverdracht; reflecties, diffractie en refractie blijven buiten beschouwing. Voor de benadering van omgevingslawaai worden puntbronnen aangehouden. Alleen (bodem)reflecties en geluidsvermindering door

geometrische uitbreiding tellen mee. Alleen (bodem)reflecties en geluidsvermindering door geometrische uitbreiding tellen mee.

## Wat kan de nieuwe tool

Hieronder een samengevat overzicht van wat de tool kan of niet kan. Het volgende blad gaat dieper in op de onderdelen.

Onderdeel	In tool?
<b>Ontwerpen genereren</b>	
2D vormgeving	Ja
Orthogonale & diagonale gebouwvormen	Ja
Orthogonale vierkante ruimtes	Ja
Gevelgebondenheid waarborgen	Ja
Toegankelijkheid waarborgen	Ja
<b>Adviseren</b>	
Worst-case benodigde isolatiewaarde weergeven	Ja
Prestatiescore o.b.v. gemiddelde luchtgeluidisolatiewaarde	Ja
Constructies aanbevelen	Nee
<b>Gebruikerservaring</b>	
Handmatig parameters invoeren	Ja
Handmatig en automatisch (duizenden) ontwerpen genereren	Ja
Ontwerpen dynamisch filteren o.b.v. diverse eigenschappen	Nee
Ontwerpen op verschillende manieren bekijken	Ja
Ontwerpen opslaan & laden	Ja

# Technische uitvoering & werking van de tool<sup>1</sup>

## Methodiek en hulpmiddelen

De tool is ontwikkeld via een iteratief ontwerpproces met SCRUM. Door gebruik te maken van PDCA-cyclussen zijn de scrum-taken stapsgewijs uitgevoerd. De meeste taken bestonden uit programmeren in C#, XAML en WPF (.NET), ondersteund door Visual Studio, DevOps en Fork voor versiebeheer.

## Gebruik van de tool

De tool stelt de gebruiker in staat om automatisch zo veel mogelijk verschillende ontwerpindelingen te maken en te bekijken. Het maken van ontwerpen verloopt in de volgende stappen:

**1. Parameters invoeren:** Geef de vorm van het gebouw aan, de locatie van omgevingslawaai en de benodigde ruimtes. Per ruimte voer je onder andere afmetingen, functie en geluidseisen in.

```
List<Geometry.Room> desiredRooms = new()  
{  
    // SCALE 1 unit = 1 meter  
    new(  
        required: true,  
        maxBundleSize: 9,  
        name: "KantoorK0",  
        function: "Kantoor",  
        sendLevel: 55,  
        maxLevel: 35,  
        width: 5,  
        height: 5  
    ),  
    new(...)  
}
```

**2. Code starten:** Draai de code en controleer of gebouwcoördinaten, geluidsbronnen en ruimtes correct zijn.

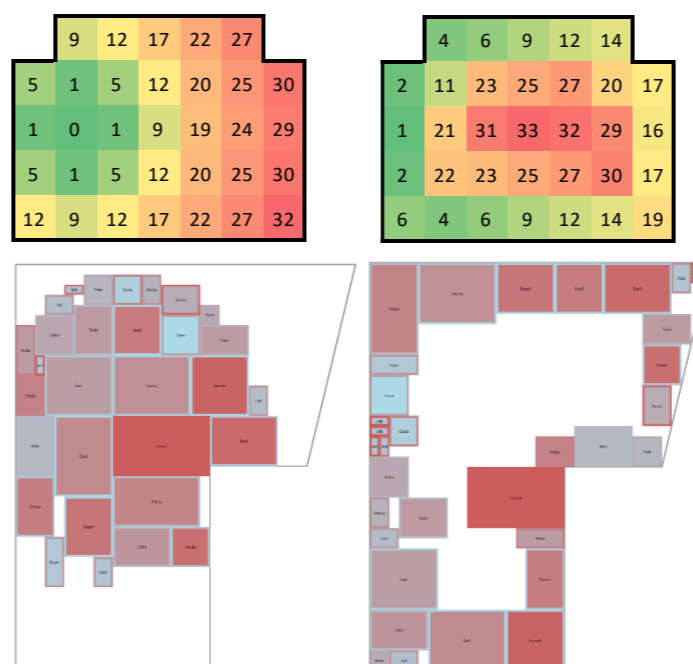
**3. Genereren:** Druk op de startknop en laat het automatisch asynchroon (als achtergrondproces) zoveel mogelijk ontwerpen genereren. Het algoritme slaat goede ontwerpen direct op zodat je ze kunt vergelijken en valideren

**4. Opslaan:** Zodra er voldoende ontwerpen zijn gegenereerd en opgeslagen, kun je ze opslaan in één JSON-bestand. Zo kun je de ontwerpen na het sluiten van het programma eenvoudig opnieuw openen.

## Ontwerpen genereren

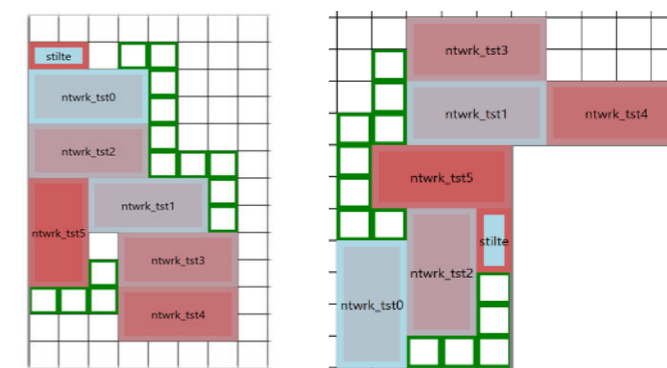
De tool genereert ontwerpen door aan de binnenzijde van de gebouwpolygoon semi-willekeurig ruimtes te plaatsen. Om de prestaties van de ontwerpen te verbeteren, volgt het proces enkele stappen:

- Gevelgebonden ruimtes eerst langs de gevel plaatsen voor ventilatie en/of daglicht.



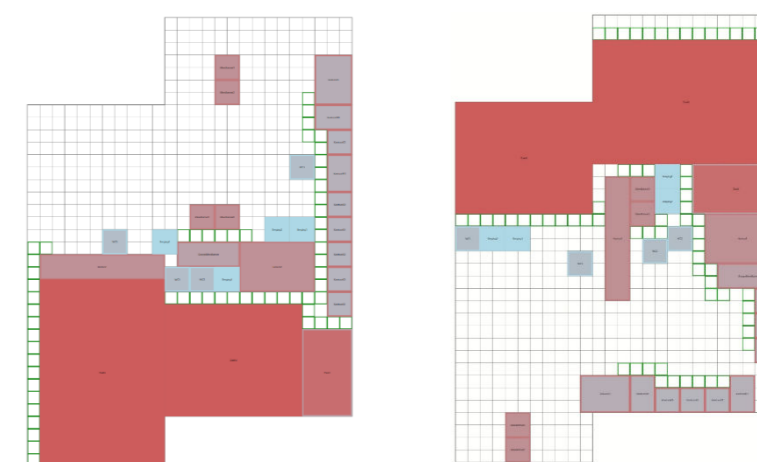
Afbeelding en voorbeeld: geschiktheid van beschikbare ruimte voor niet-gevelgebonden functies (links) versus gevelgebonden functies (rechts).

- Grote ruimtes met prioriteit (required = true) als eerst plaatsen zodat deze altijd een passend plekje hebben.
- Gerelateerde/efficiënte ruimtes in bundeltjes plaatsen. *Twee stilleruimtes naast elkaar hebben weinig overlast van elkaar.*
- Gangruimte reserveren om bereikbaarheid van ruimtes te verbeteren.



Afbeelding: Twee ontwerpjes waarbij de groene cellen gereserveerde gangruimte betekend. Hier kunnen geen andere ruimtes meer geplaatst worden.

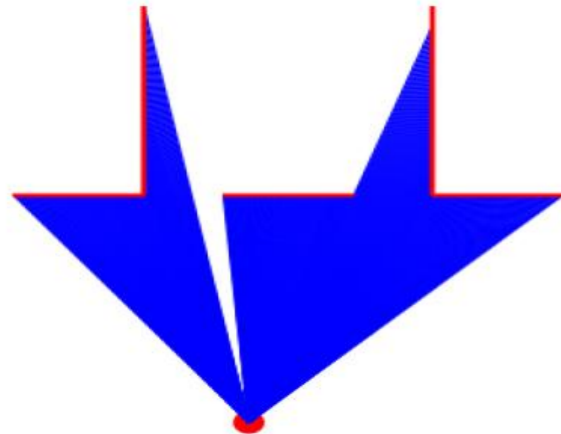
Deze vier technieken gecombineerd zorgen voor plattegronden die er als volgt uit zien.



# Technische uitvoering & werking van de tool<sup>2</sup>

## Beoordeling van een ontwerp

Het onderzoek benadert geluid alsof het zich gedraagt als licht, een methode die bekendstaat als raycasting. Hierdoor ontstaan akoestische "schaduwzones": delen van een ruimte die niet direct zichtbaar zijn vanuit de geluidsbron ontvangen volgens het model geen geluid.



Afbeelding: Drie rechthoeken en een geluidbron waaruit 5 vlakken worden gedetecteerd. De rest ligt in de schaduwzone.

De bovenstaande methode is gebruikt bij puntbronnen in de buitenomgeving. Het ontvangstniveau op de gevel wordt op verschillende punten berekend met de formule:

$$L_i = L_{WR} - 10 \log\left(\frac{4\pi r_i^2}{Q}\right)$$

Met:

$L_{WR}$  = bronvermogen

$L_i$  = ontvangen geluidrukniveau

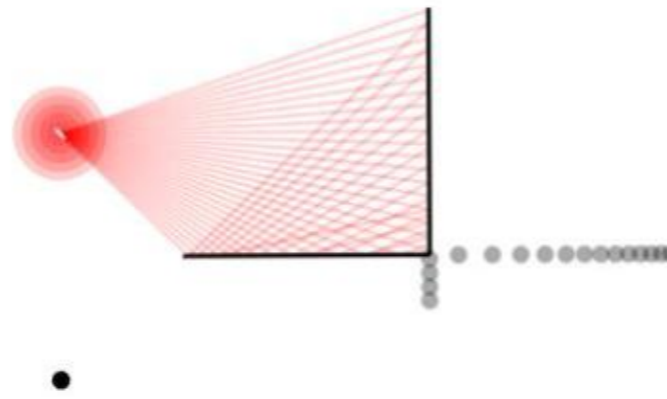
$r_i$  = straal / afstand tot bron

$Q$  = bodemfactor

Waarbij per ontvangspunt op de gevel de geluidrukniveau's t.g.v. bronnen energetisch worden gesommeerd.

Wanneer geluid via meerdere wegen een ontvangspunt bereikt (reflecties), projecteert het model een spiegelbron over de as van het reflecterende vlak. Deze spiegelbron wordt afzonderlijk berekend op dezelfde manier als de originele bron, maar zijn bronvermogen neemt energetisch af met een factor 0,8.

De spiegelbronnenmethode is toepasbaar voor elke hoeveelheid reflecties. Om de rekentijd te beperken, beperkt dit model zich echter tot twee reflecties per raycast-straal.



Afbeelding: Twee reflecterende vlakken en één geluidsbron. In het zwart 1<sup>e</sup> graads spiegelbronnen door de twee vlakken. In het grijs 2<sup>e</sup> graads spiegelbronnen.

In een gebouw legt raycasting ook de relaties tussen ruimtes vast. Voor elk ontvangtpunt op een ruimte in het gebouw berekent het model de worst-case geluidisolatie met de formule:

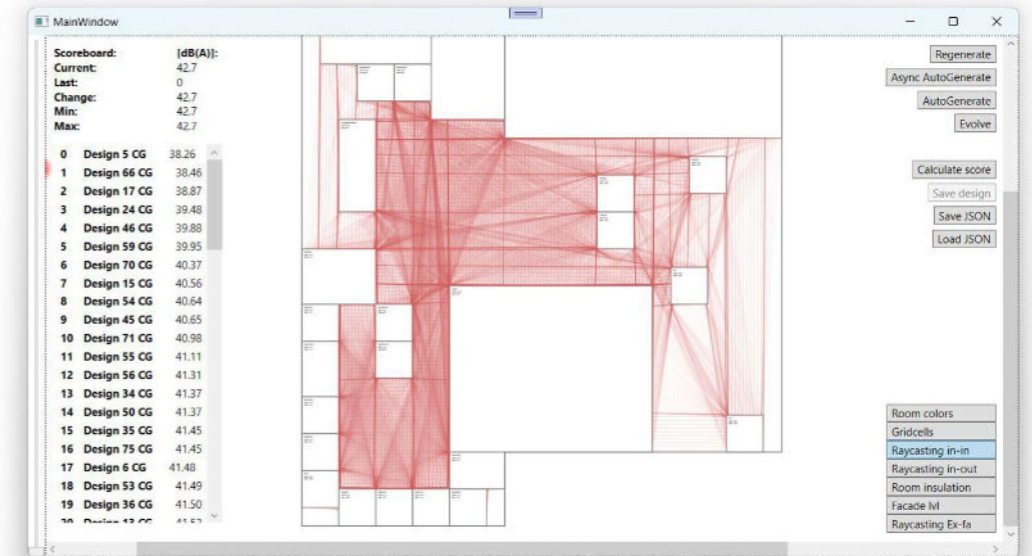
$$Rw = \max(Lw_A - Lp_B, \quad Lw_B - Lp_A)$$

Met

$Rw$  = luchtgeluidisolatie

$Lw$  = Bronvermogen van een ruimte

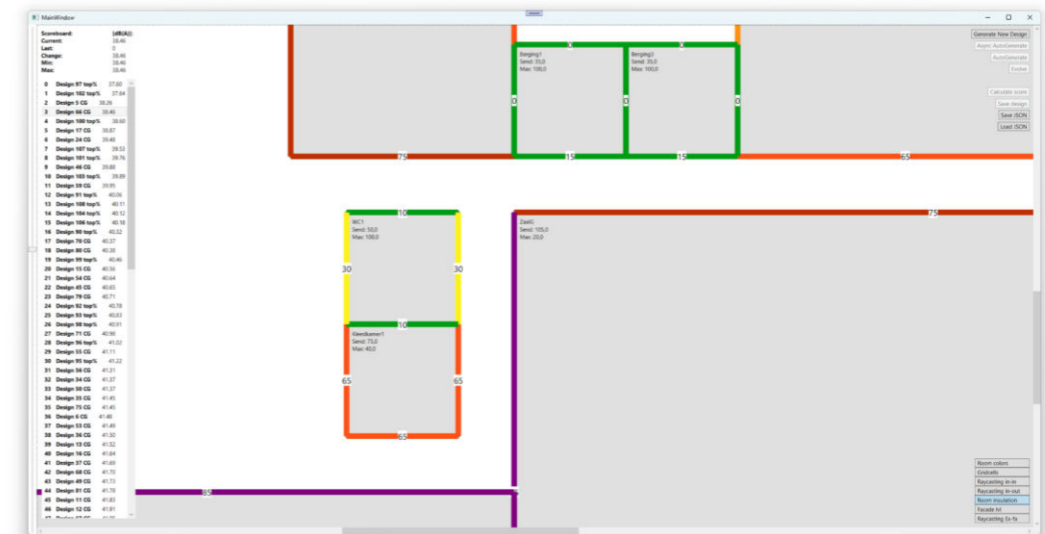
$Lp$  = Maximale geluiddruk in een ruimte (eis)



Screenshot: Raycastinglijnen tussen ruimtes. Tussen gerelateerde ruimtepunten wordt een lijn getekend en wordt de worst-case luchtgeluidisolatie berekend op die locaties.

Het model slaat de berekende luchtgeluidisolatiewaardes op en toont ze op de plattegrond met kleurcodering.

Vanaf [dB]	tot en met [dB]	Kleur
0	30	Green
30	40	Yellow
40	50	Orange
50	60	Red
60	70	Dark Red
70	80	Dark Purple
80	120	Black

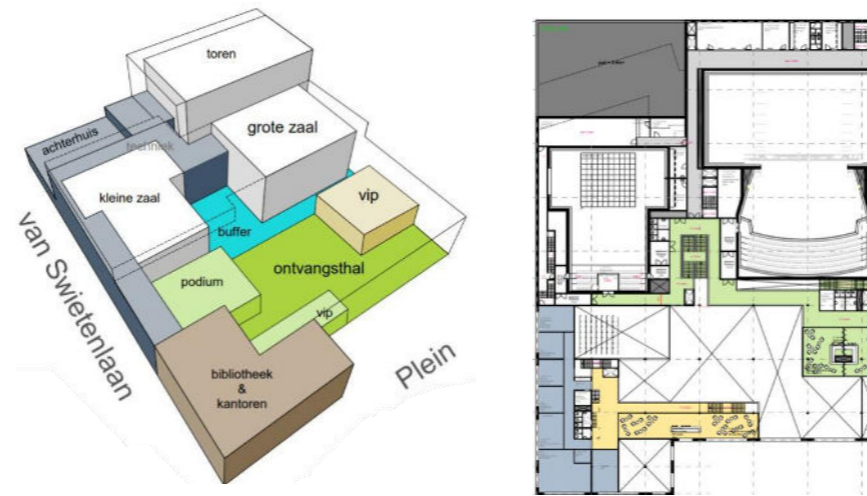


Screenshot: Maximaal benodigde luchtgeluidisolatiewaardes van muren om te voldoen aan de ingevoerde eisen.

# Validatie en resultaten

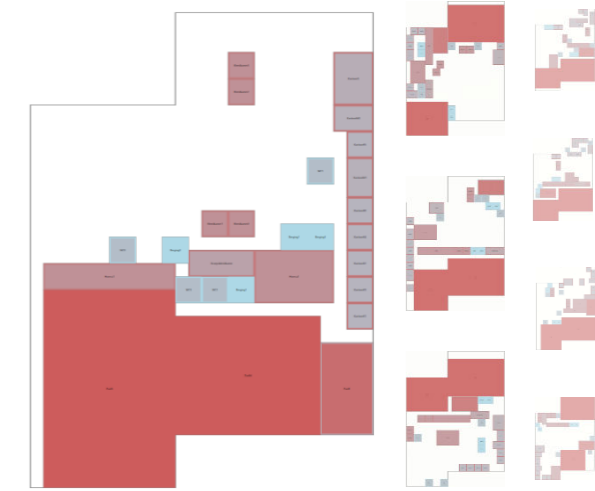
## Casus

Ter validatie vergelijken we een referentieproject met de resultaten van de tool. Het project omvat horecagelegenheden, een bibliotheek, een open podium, ontvangstruimtes, kantoren en twee zalen met bijbehorende techniek-, kleed- en bergingsruimtes. We analyseren de plattegrond van de eerste verdieping vanwege de diverse gebruiksfuncties en beschikbare vrije ruimte. De noord- en westgevel grenzen aan drukke wegen, waardoor de geluidbelasting aan die zijden hoger is.



3D impressie en plattegrond 1<sup>e</sup> verdieping referentieproject Theater Zuidplein

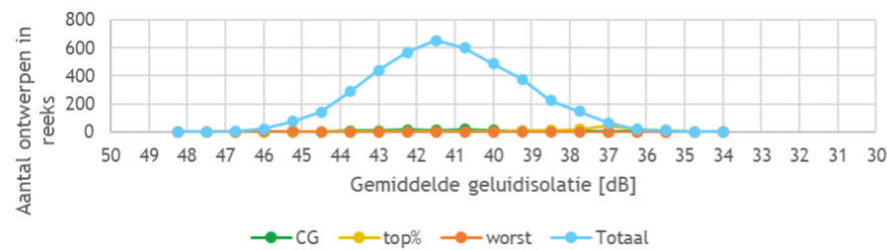
VS



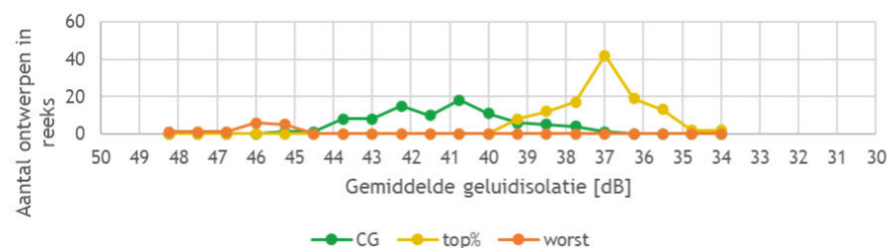
Enkele gegenereerde alternatieve indelingen met een goede beoordeling op basis van akoestische prestaties

## Gegenereerde varianten

Na 24 uur draaien genereert de tool 62 duizend varianten. De normaalverdeling van alle scores geeft een overzicht van de ontwerpen. De onderstaande grafieken zijn van een representatieve kleinere dataset van 5120 varianten.

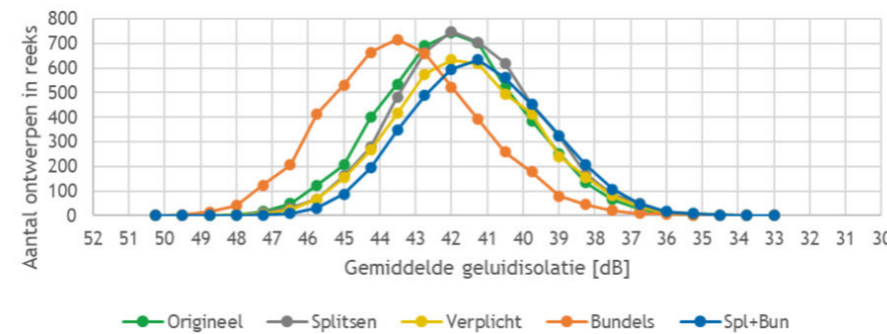


Alleen de beste (top%), slechtste (worst) en een hand vol met doorsnee ontwerpen als controle groep (CG) zijn bewaard voor kwalitatieve validatie.



## Kwantitatieve validatie

Met behulp van meerdere datasets is het effect van kleine aanpassingen in het algoritme onderzocht om positieve ontwerpuitgangspunten te ontdekken.



- Bundelen van ruimtes verbetert de prestaties; losse plaatsing ((Geen) bundels) scoort aanzienlijk slechter
- Strengere eisen, die zorgen voor vollediger gevulde ontwerpen, verhogen de gemiddelde prestaties. (alles) verplicht scoort beter dan origineel
- Willekeurigheid in het algoritme vergroot ontwerpdiversiteit. De eerste versie van het algoritme (origineel) bevat meer willekeurige ontwerpkeuzes en laat de grootste bandbreedte zien

## Kwalitatieve validatie

Uit de 62 duizend varianten zijn er 350 ontwerpen opgeslagen. Tijdens een interview met een akoestisch specialist zijn enkele ontwerpen onder de loep genomen.

Conclusies uit het interview:

- De beste ontwerpen zijn overzichtelijker en tonen meer samenhang; het cijfer is een representatieve maatstaf.
- Het algoritme met voorkeur naar grote bundels en ontwerpen met meer ruimtes (Spl+Bun) maakt betere ontwerpen dan origineel.
- Het algoritme heeft een voorkeur naar weggestopte geluidbronnen. (ingebouwd met bufferruimtes)
- Isolatiewaardes op de plattegrond zijn verwarrend, en kunnen informatiever gemaakt worden.
- Ontwerpen bevatten soms bruikbare deeloplossingen voor een ruimte-indeling.

# Conclusie en aanbevelingen

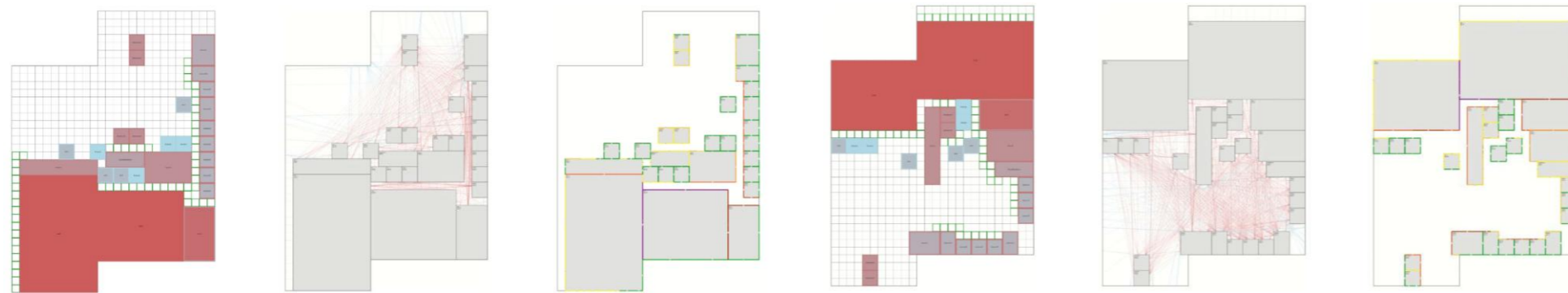
## Conclusie

In dit onderzoek is gezocht naar een antwoord op de vraag:

“Hoe ontwikkel je een ontwerptool die met rekenregels de benodigde interne geluidisolatie en de gevelgeluidisolatie van een gebouw minimaliseert in een advies voor een passend gebouwconcept?”

Door literatuur, interviews en ontwerpend onderzoek is een digitale tool ontwikkeld die automatisch gebouwindelingen genereert en beoordeelt op akoestische prestaties. Met behulp van algoritmes zoals raycasting worden varianten geanalyseerd op geluidsoverdracht tussen ruimtes en via gevels. De onderliggende datastructuur koppelt akoestische en geometrische eigenschappen aan ruimtetypes.

Hoewel de tool nog geen concrete bouwadviezen geeft, is deze volgens gebruikers waardevol voor het signaleren van knelpunten en het ondersteunen van de ontwerpdialoog. Verdere ontwikkeling is nodig voor praktische toepassing en integratie met andere ontwerpcriteria.



Enkele geselecteerde ontwerpen uit de top% groep voor Theater Zuidplein, 3 weergaven: ruimte-eisen en grid, raycasting en luchtgeluidisolatie

## Suggesties voor vervolgonderzoek

Er zijn twee richtingen voor vervolgonderzoek. Ten eerste wordt geadviseerd om een verbeterde plattegrondgenerator te ontwikkelen die op grote schaal realistische en bouwfysisch verantwoorde ontwerpen kan genereren. Deze gegenereerde ontwerpen kunnen vervolgens dienen als trainingsdata voor een AI-gestuurde plattegrondgenerator binnen het 7D-platform.

Ten tweede is een verdiepend onderzoek naar geluidsimulatie in gebouwen aan te bevelen, met specifieke focus op de overdracht van geluid tussen afgescheiden ruimtes. Hierbij verdienen akoestische effecten zoals diffractie, reflecties en galm aandacht. Beide onderzoeklijnen kunnen bijdragen aan een accuratere, efficiëntere en breder toepasbare ontwerptool.

## DGMR

Zo'n 250 experts willen de beste in hun vak zijn. Wij dagen onszelf elke dag uit om met onverwachte oplossingen te komen. Doeltreffend voor de samenleving. Vernieuwend voor opdrachtgevers. Cruciaal voor de comfortabele leefomgeving van vandaag én morgen.

DGMR is een onafhankelijk bureau dat niet de gebaande paden, maar de grenzen van mogelijkheden opzoekt. We gaan graag samen met onze opdrachtgevers de uitdaging aan om iets te bedenken dat van blijvende waarde is.

### Afstuderen bij DGMR

Betekent zelfstandig een onderzoek opzetten en uitwerken, met deskundige begeleiding indien nodig. De informele sfeer geeft een prettige werkomgeving waar naast vakinhoudelijke kennisontwikkeling ook veel plek is voor zelfontwikkeling. We werken veel samen met o.a. de Haagse Hogeschool.

Voor meer informatie over dit onderzoek kunt u contact opnemen met:

- [ir. R. \(Robin\) van Ravensberg](#)  
Unitmanager 7D platform, Senior Software Developer
- [B. \(Boaz\) van der Vijver](#)  
Technisch Specialist, afdeling brandveiligheid en voormalig Bouwkunde student aan de Haagse Hogeschool

*Boaz van der Vijver, in 2025 afgestudeerd aan de Haagse Hogeschool met een 8.8*

[www.dgmr.nl](http://www.dgmr.nl)