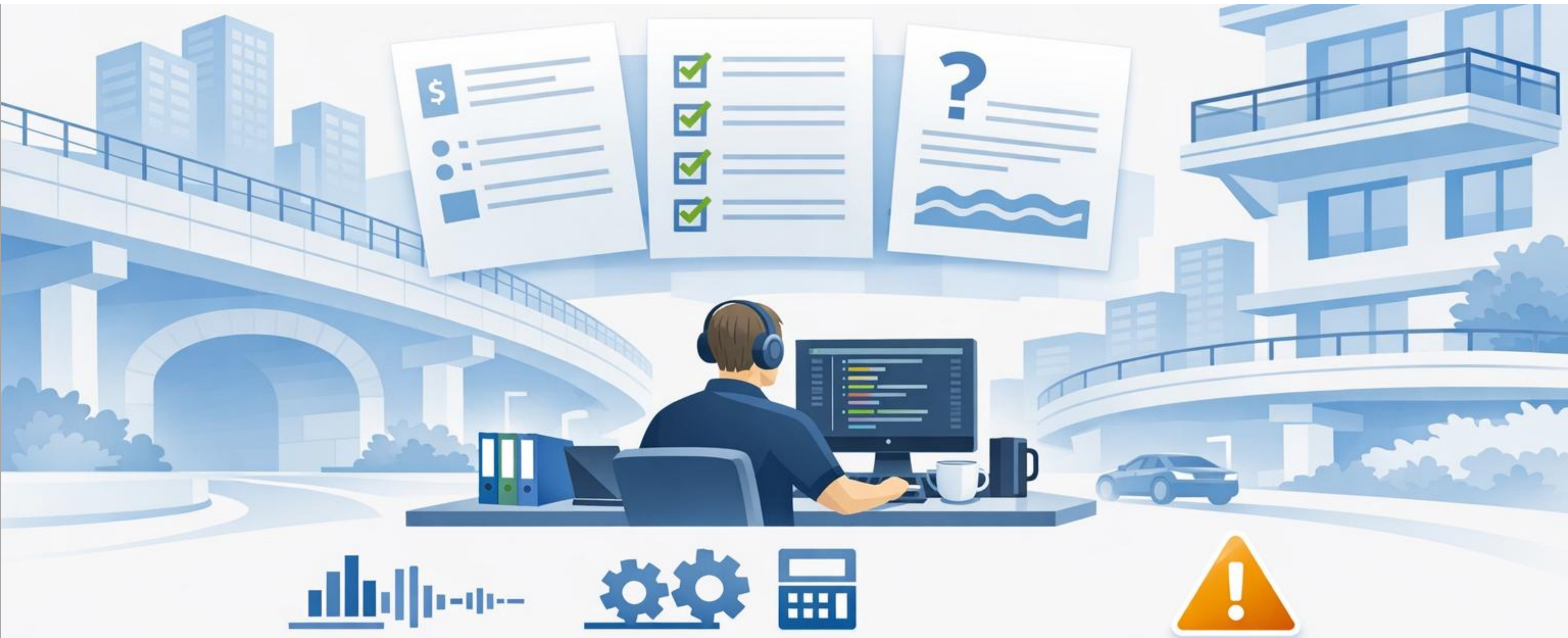


Rekenmodellen geluid

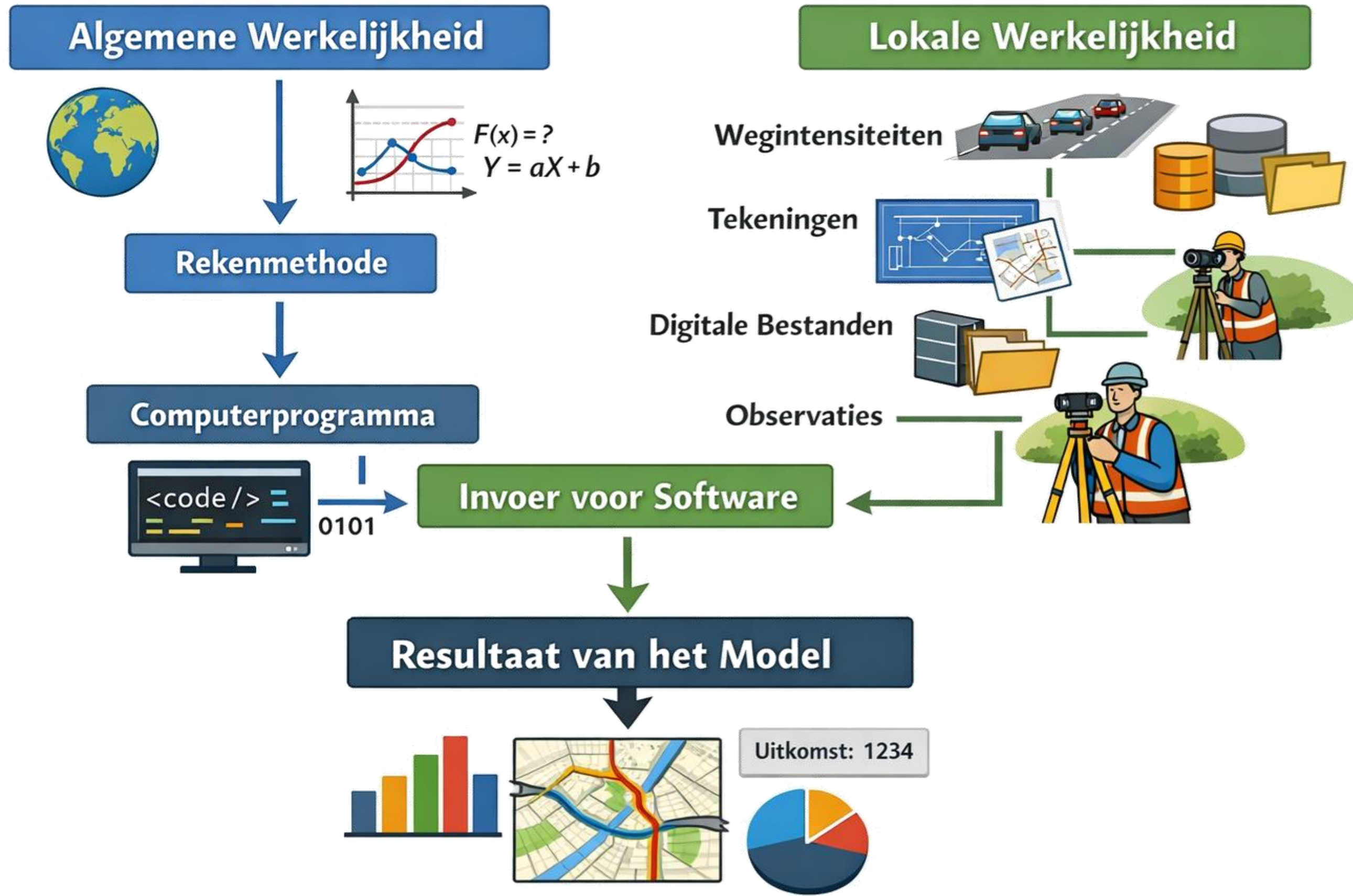


Onderwerpen

- Wat is een rekenvoorschrift
- Vertalen voorschrift naar software
- Problemen en uitdagingen
- Mogelijke oplossingen
- Valkuilen

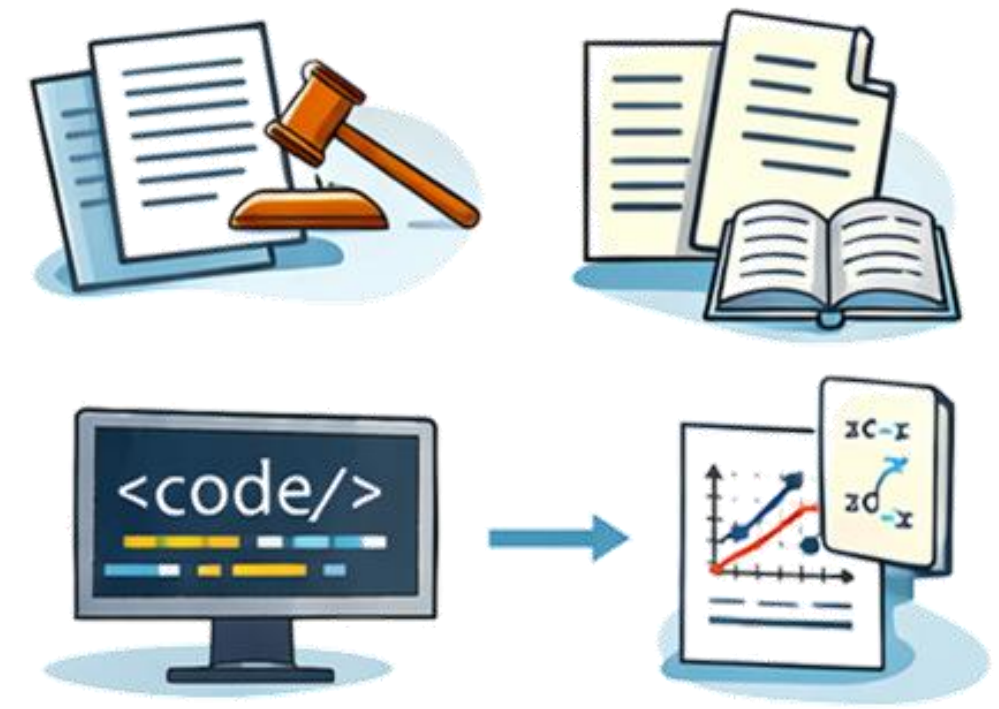


Wat is een model?



Wat is een rekenmethode?

- Omschreven op papier en vastgelegd in de wet, standaard of richtlijnen
 - Een berekeningsmethode is niet software
 - Software is altijd een interpretatie van een document op papier
-
- ✓ De gebruiker moet weten wat hij/zij berekent
 - ✓ De gebruiker moet op de hoogte zijn van de grenzen van de berekeningsmethode
 - ✓ De gebruiker moet op de hoogte zijn van de gevoeligheden van het model

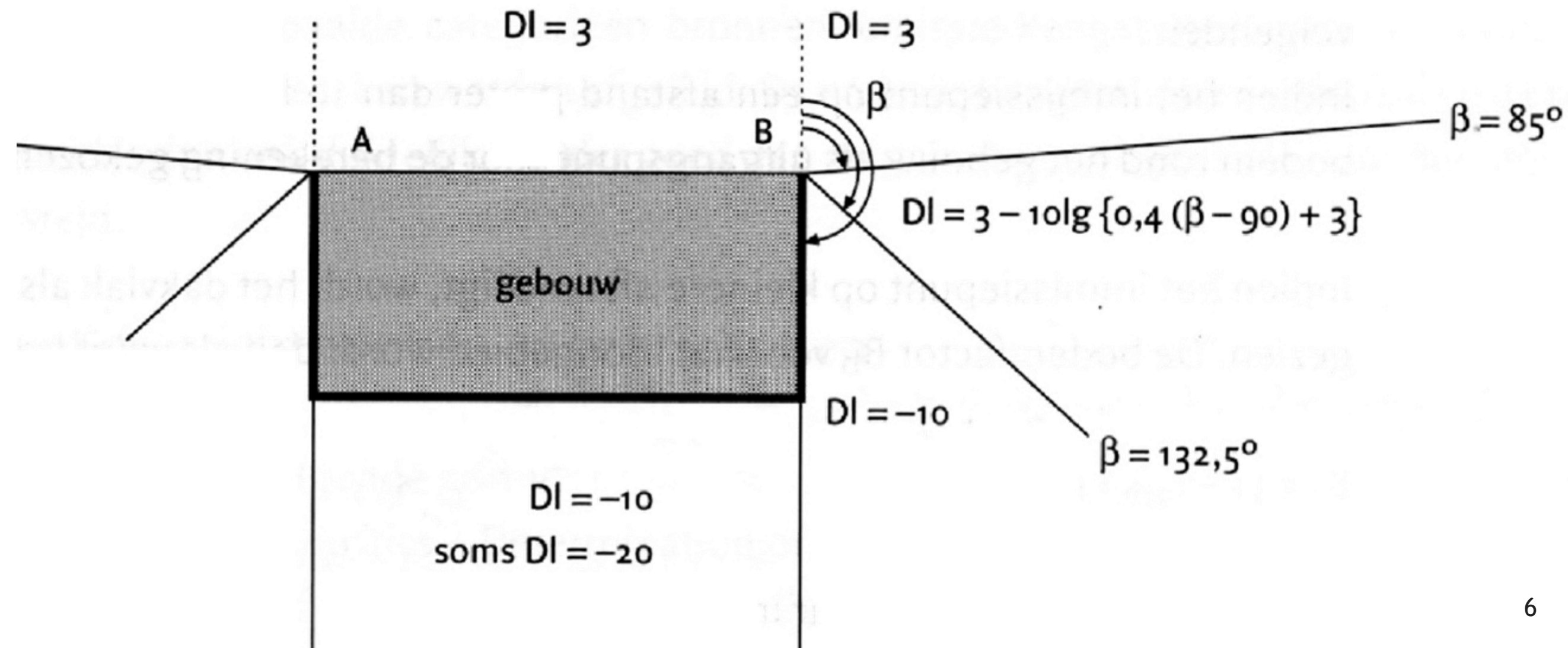


Voorbeelden Industrie (bijlage IVh)



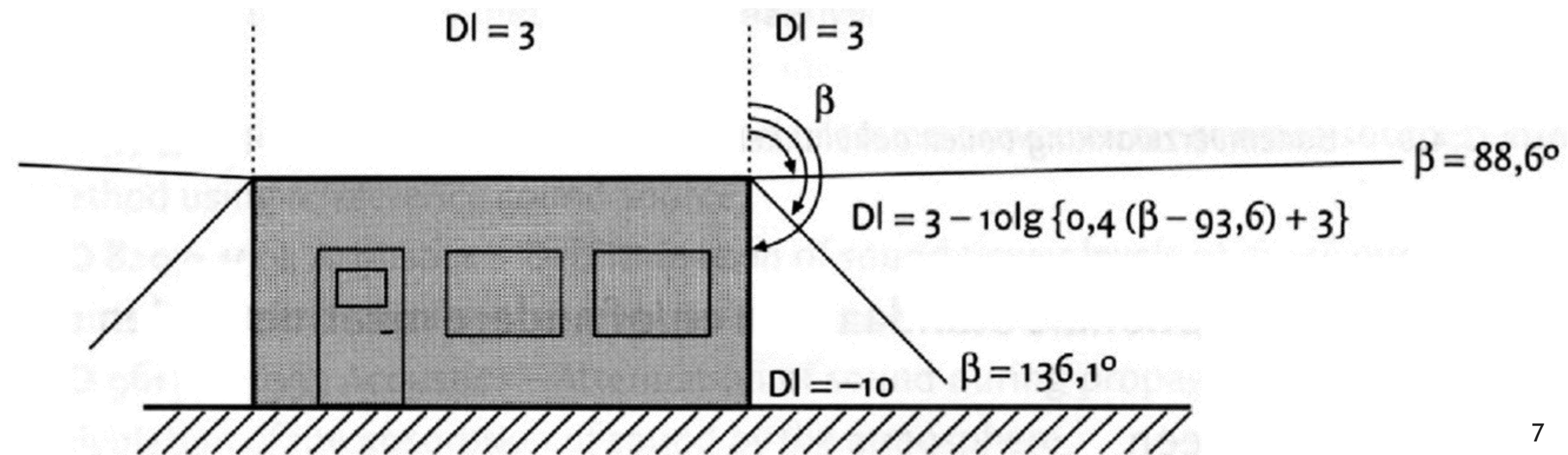
Uitstraling gebouwen (methode II.7) - gevel

- Een gevelbron representeert de geluiduitstraling van het wanddeel
- De schermwerking van dit geveldeel wordt vervangen door een DI, maar
 - Vervangt dit het hele gebouw?
 - -10 dB en soms -20 dB?
 - Wat als het gebouw niet rechthoekig is?



Uitstraling gebouwen (methode II.7) - dak

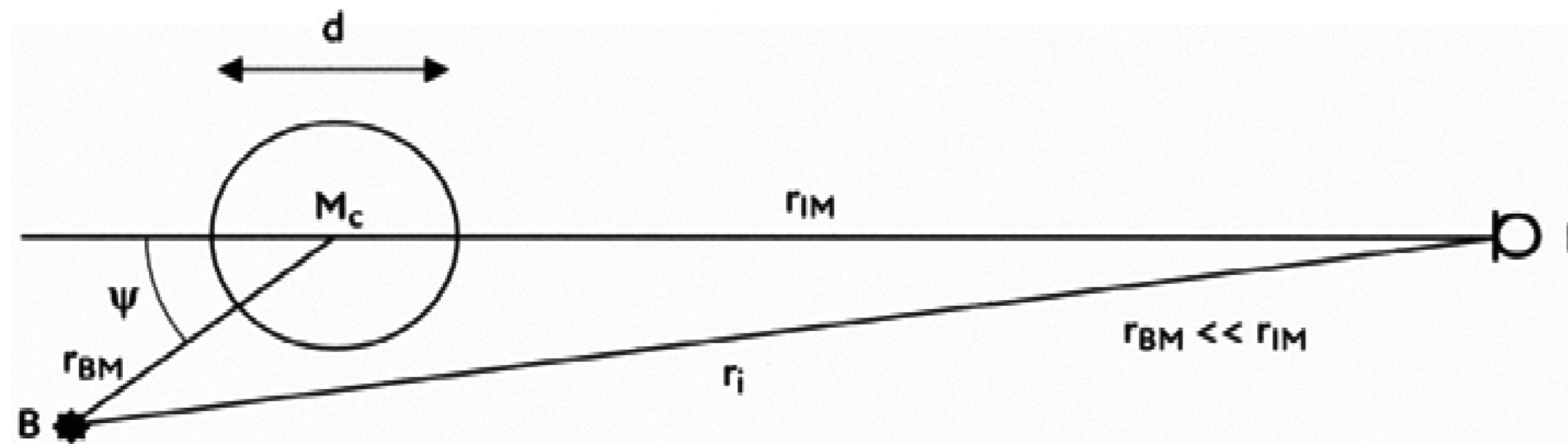
- Een dakbron representeert de geluiduitstraling van het dak
- De schermwerking van de dakrand wordt vervangen door een DI, maar
 - Vervangt dit het hele gebouw?
 - Wat als het gebouw niet rechthoekig is?



3.2.3.3. D_{refl}

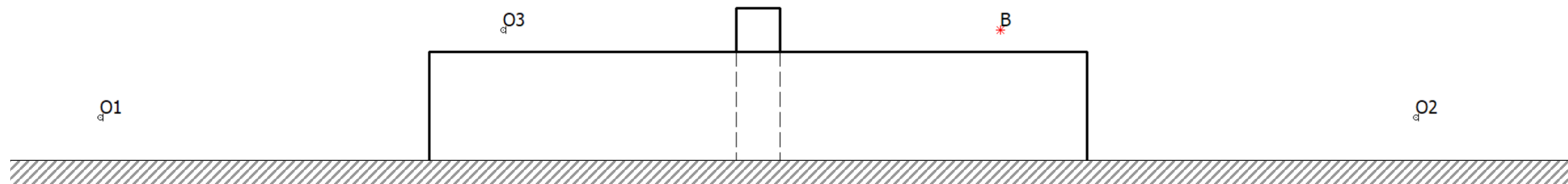
Reflectiecoëfficiënt ρ voor cilinders

- $R_{\text{BM}} \ll R_{\text{IM}}?$
- Berekening reflectiepunt in de cilinder



Maaiveldhoogte bronnen op een dak

- Definitie
 - $h_b = \text{Bronhoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld}$
- Wat is het plaatselijk maaiveld voor een bron op het dak?
 - De bodem naast het gebouw, of
 - Het dak zelf?
- En wat als de bron bij de rand van het dak ligt?
- En wat als ook de ontvanger bovenop het dak ligt?
- En wat is de (maaiveld)hoogte van een gebouw bovenop een ander gebouw?



3.2.3.3. D_{refl}

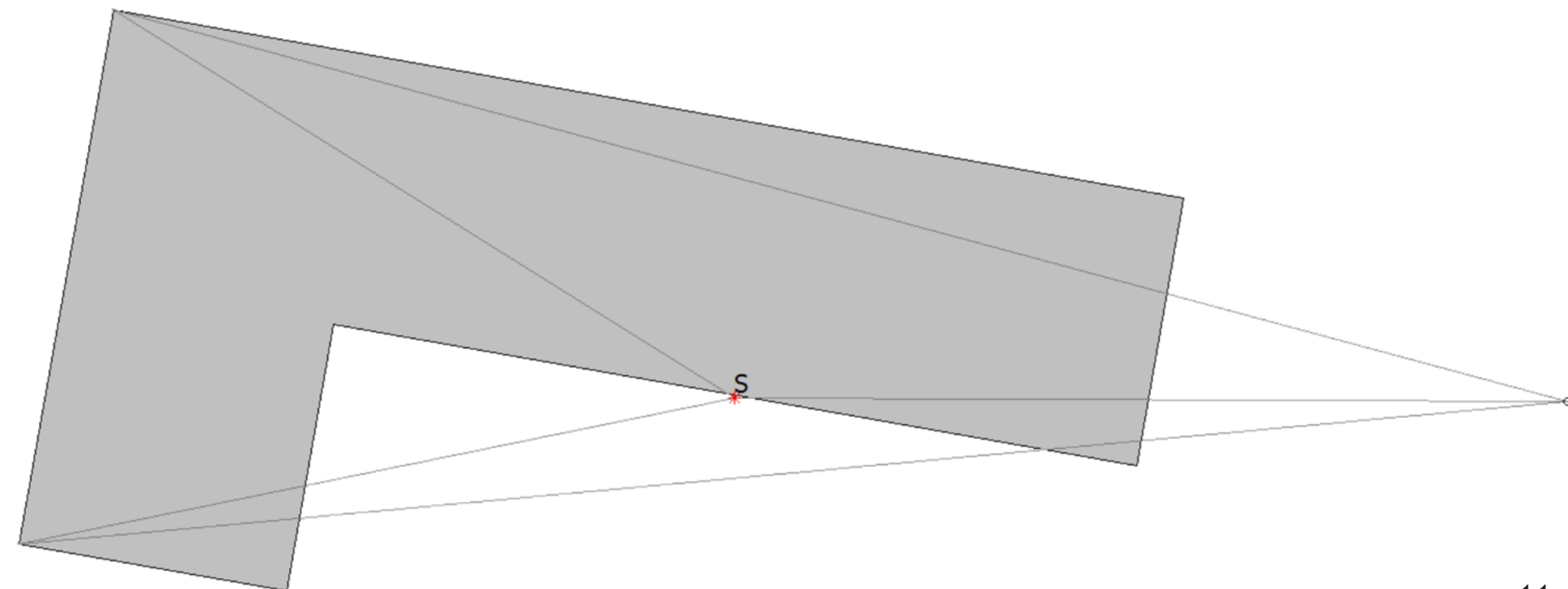
- De hoogte van het object moet groter zijn dan $h_{\text{br}} + r_{\text{br}}/16$ of $h_{\text{o}} + r_{\text{or}}/16$
 - h_{br} = bronhoogte t.o.v. referentievlak, maar in de HMRI stond altijd h_{b} (=t.o.v. maaiveld)
 - Wat is de hoogte van het object? Is dit t.o.v. referentievlak of maaiveld?
- Het geluid kan via een reflectie (zoals bij een optische spiegeling) het immissiepunt bereiken...
 - Is dit in 2D of in 3D?
- Horizontale omwegen voor spiegelbronnen
 - Kunnen die wel berekend worden?

S' heeft kleine rechteomweg \rightarrow
lage schermwerking \rightarrow hoge bijdrage



3.2.3.4. D_{scherm}

- Elk object wordt geschematiseerd door een vlak dun scherm met rechte verticale randen links LL' en rechts RR' .
 - *Definitie ontbreekt. L' en R' zijn de onderzijde?*
 - *En gebouwen welke niet rechthoekig zijn?*
- De bovenrand LR van het scherm hoeft niet horizontaal te zijn.
 - *Op welke hoogte linker- en rechteromweg berekenen?*
- *Is omweg volgens een “rubberband” niet beter en eenduidiger?*
- Als gebouwen afschermen en ..., kan het gebouw worden gerepresenteerd door een prisma met een viertal rechte lijnstukken die verticaal op een rechthoekig grondvlak staan.



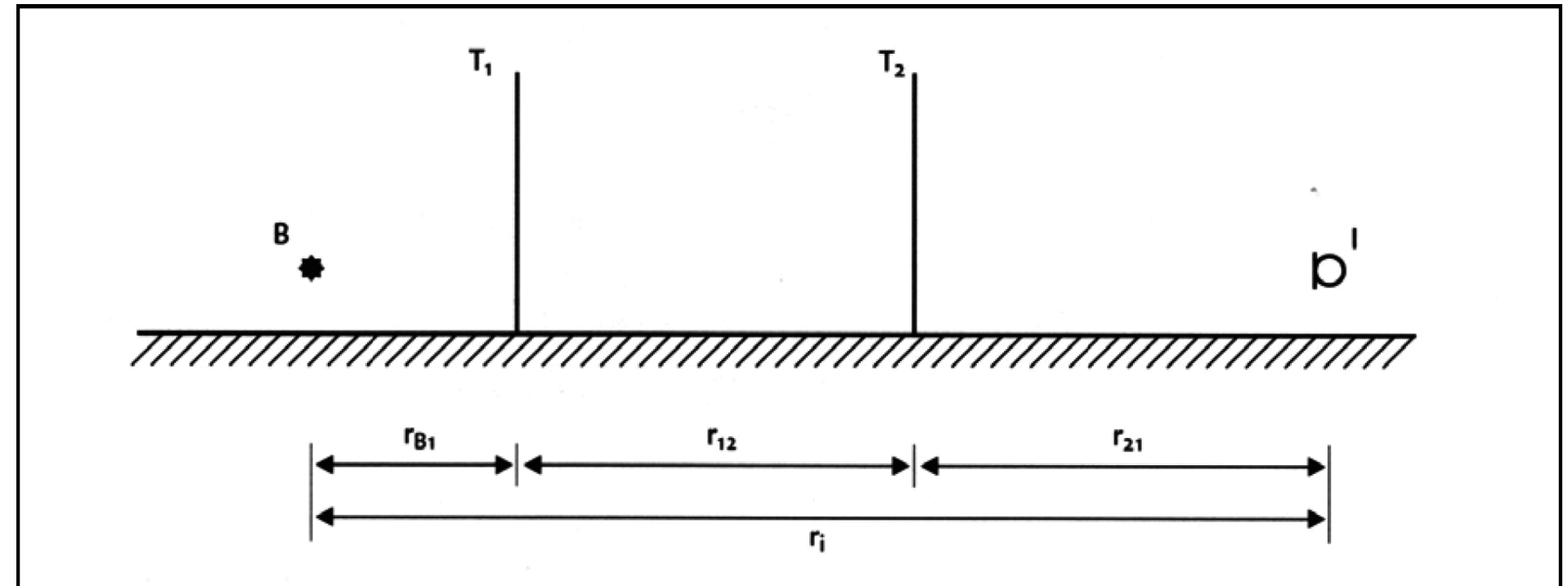
3.2.3.4. D_{scherm}

c. 1 Algemene situatie

Als de onderlinge afstand r_{12} (zie figuur 3.7) tussen de schermen voldoet aan:

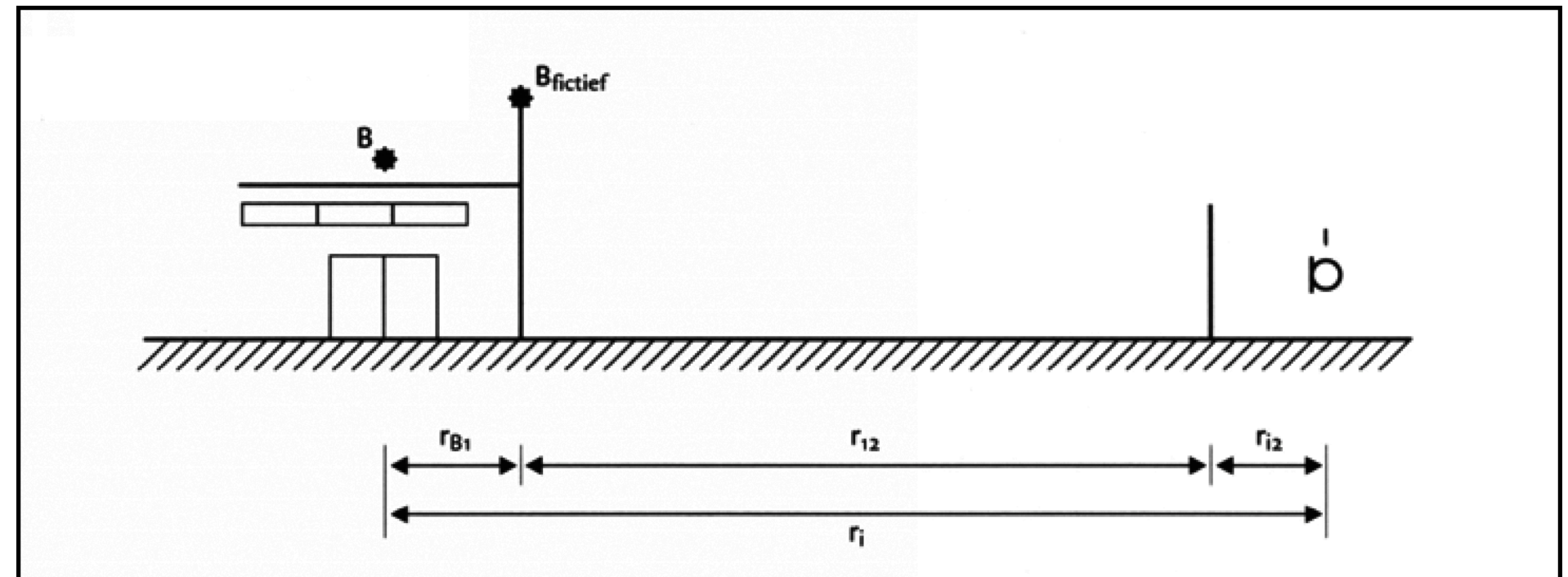
$$r_{12}/r_i > 0.2$$

kan de volgende rekenprocedure worden gebruikt, ...



c.2 Bijzondere situatie

Een bijzondere rekenprocedure kan worden gevolgd als een scherm zich relatief dicht bij de bron bevindt (scherm 1) en een ander dicht bij het immissiepunt (scherm 2).



3.2.3.4. D_{scherm}

Hoogtelijnen/breuklijnen

- Wel of geen schermwerking?
- Wel of geen linker/rechter omweg?

- Welke waarde voor de profielcorrectie?
- Is de maximale schermwerking inclusief of exclusief profielcorrectie?



3.2.3.5. D_{veg} / 3.2.3.6. $D_{terrein}$

Vegetatie

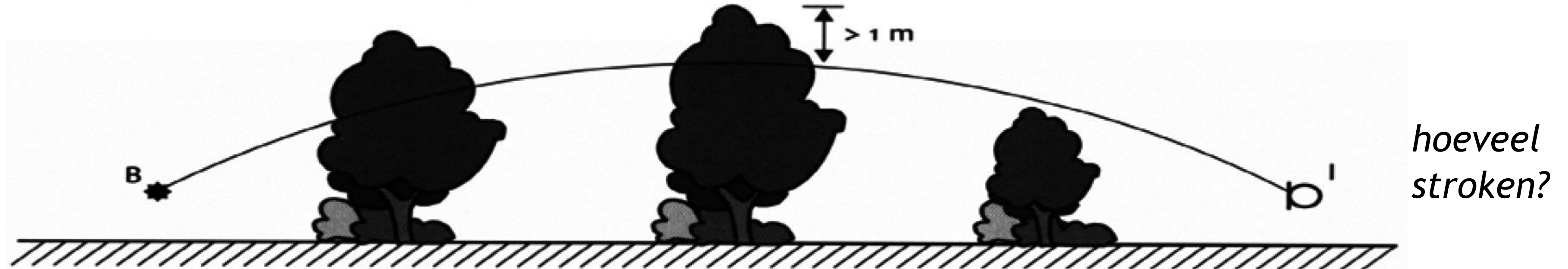
Voorts mag in geen geval met meer dan 4 beplantingsstroken worden gerekend.

- *Welke voorwaarden gelden hier?*

Procesinstallatie

D_{max} = maximale type-afhankelijke dempingswaarden voor iedere octaafband (zie tabel 3.5).

- *Welke voorwaarden gelden hier? Wat als een terrein in 2 gebieden wordt gesplitst?*



Voorbeelden Verkeerslawaaai (bijlagen IVe en IVf)



2.3. Reflecties

Om als reflecterend oppervlak te worden aangemerkt doorsnijdt het vlak, of een aaneengesloten samenstel van vlakken, de gehele sectorhoek.

- *Wat als een gedeelte van deze vlakken een negatieve relatieve hoogte heeft?*
- *Wat als een gedeelte van deze vlakken geen reflectiefactor heeft?*

2.5. Optrektoeslag ΔL_{OP}

Voor de berekening van de kruispunttoeslag $\Delta L_{\text{kruispunt}}$ zijn de volgende gegevens nodig:

a: de afstand van het waarneempunt tot het snijpunt van de betrokken rijlijn met het verlengde van de dichtstbijzijnde wegrand van het kruisende weggedeelte [m];

q: het type kruispunt (dat wil zeggen de orde, de verkeersregeling en de intensiteitverhouding).

Voor de berekening van de $\Delta L_{\text{obstakel}}$ is alleen 'a' van belang.

ΔL_{OP}

- *Wordt bepaald voor iedere octaaf, sector, bronpunt en voertuigcategorie*
- *Is niet van de ligging van de bron (weg) afhankelijk*

Dus

- *Ook toeslag voor wegen zonder kruising of obstakel?*
- *En als geen enkele weg de kruising snijdt?*

2.8. De bodemdemping ΔL_B

Wat is de maaiveldhoogte van een bron op een viaduct?

- Is dit het viaduct of de bodem naast het viaduct?
- En als dit het viaduct is: wanneer gaat wordt een brug een viaduct?

8.2.2. De hoofdformule

De totale openingshoek van het waarneempunt kan twee waarden hebben, te weten:

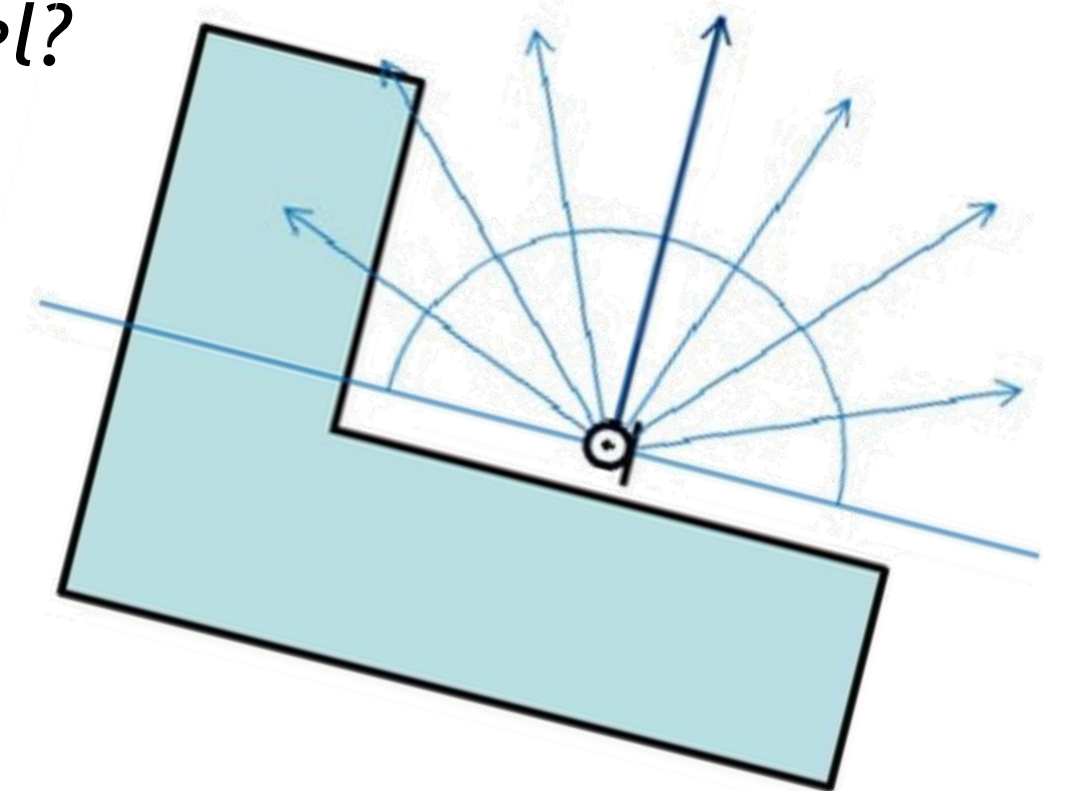
- 180° als L_{Aeq} dient voor het berekenen van het geluid op een geluidgevoelig gebouw; of
- 360° in andere situaties.

2.1. Begrippen

De hoeken van de sectorvlakken worden bepaald door de even hoeken in een windroos (0° , 2° , 4° , etcetera).

Geldt dit ook voor berekening invallend geluid?

- Zo ja, dan is het aantal sectorvlakken afhankelijk van de oriëntatie van de gevel.*
- Of zijn de hoeken gebaseerd op een sectorvlak loodrecht op de gevel?*



3.3.7. Geluidsschermen en afschermdende objecten

Reflecterende of deels reflecterende geluidsschermen nabij het spoor worden ook als geluidsabsorberende schermen gemodelleerd met een nader bepaalde effectieve hoogte. De te modelleren effectieve hoogte van het scherm boven de bovenkant van het spoor (BS) wordt als volgt bepaald:

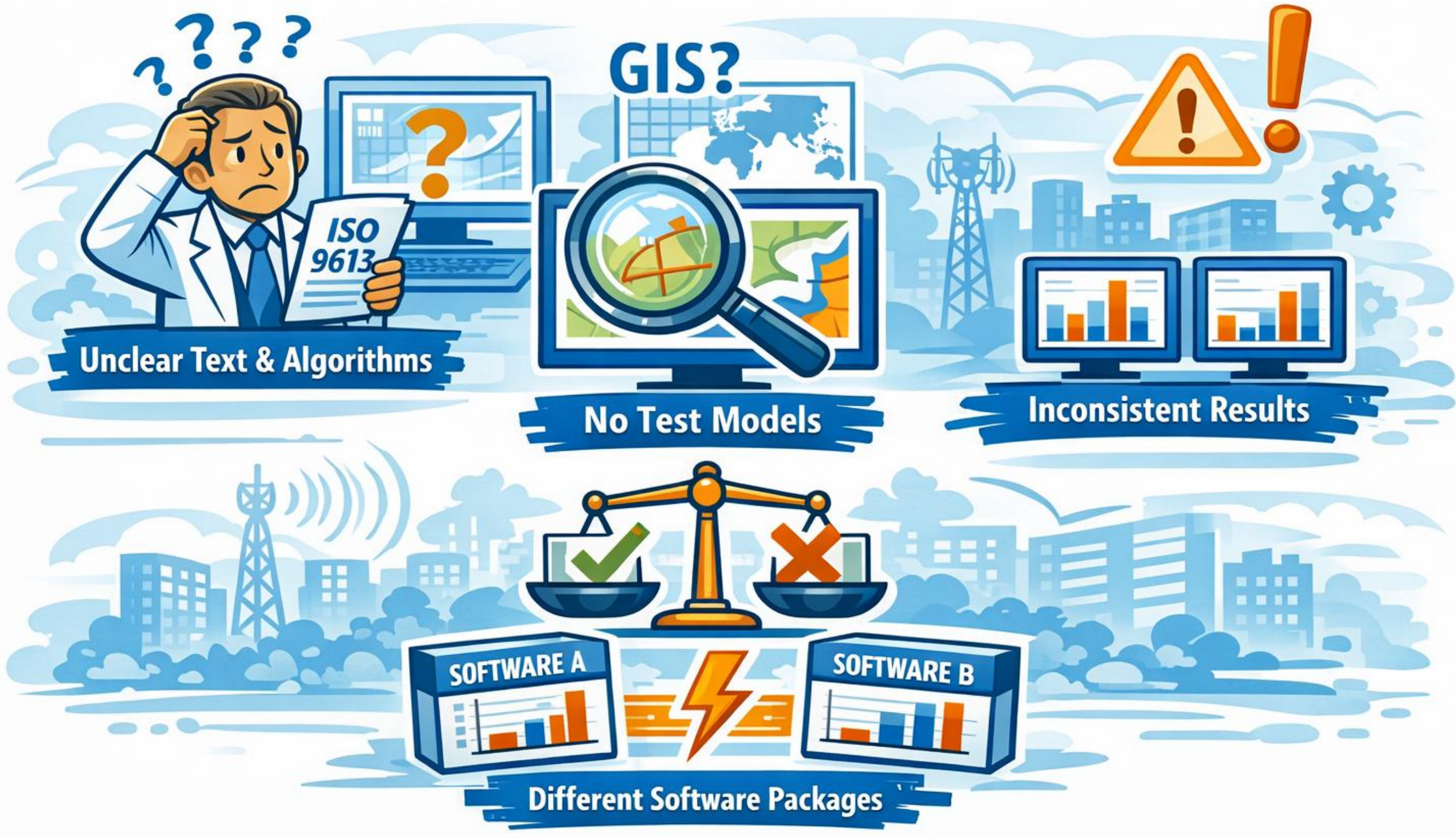
$$h_{s,eff} = h_s$$

of

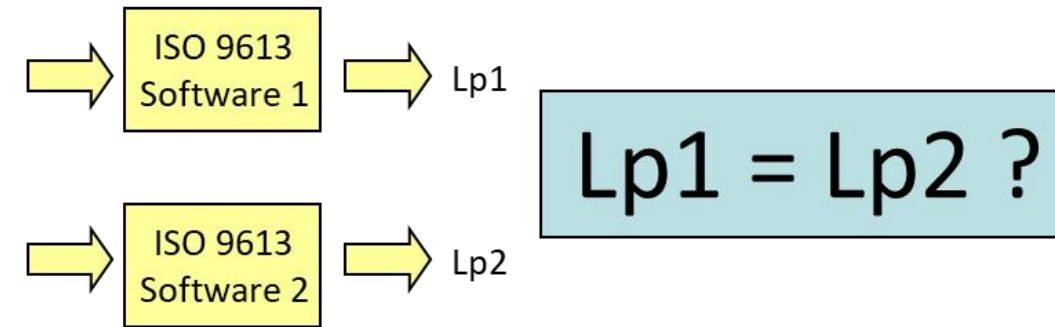
$$h_{s,eff} = h_s (1 + \alpha) / 2$$

Wanneer staat een scherm nabij het spoor als er meerdere sporen zijn?

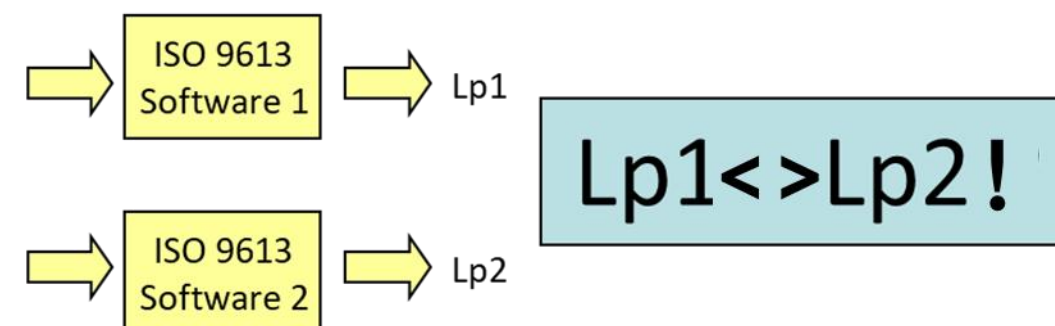
ISO 9613 en ISO 17534



ISO 9613-2:1996



- ISO 9613 bevat onduidelijke tekst en algoritmen
- ISO 9613 bevat geen testmodellen
- ISO 9613 geeft geen enkele richtlijn voor het gebruik van GIS-gegevens
- Er zijn geen kwaliteitsborgingsprocedures voor de validatie van software-implementatie en conformiteit aan ISO 9613
- Er zijn aanzienlijke verschillen in resultaten tussen verschillende softwarepakketten



ISO 17534

Ontwikkeld door een internationale werkgroep (waarvan ik lid was), waaronder software-ontwikkelaars van Soundplan, iNoise, LimA, CadnaA, Immi en Geomilieu.

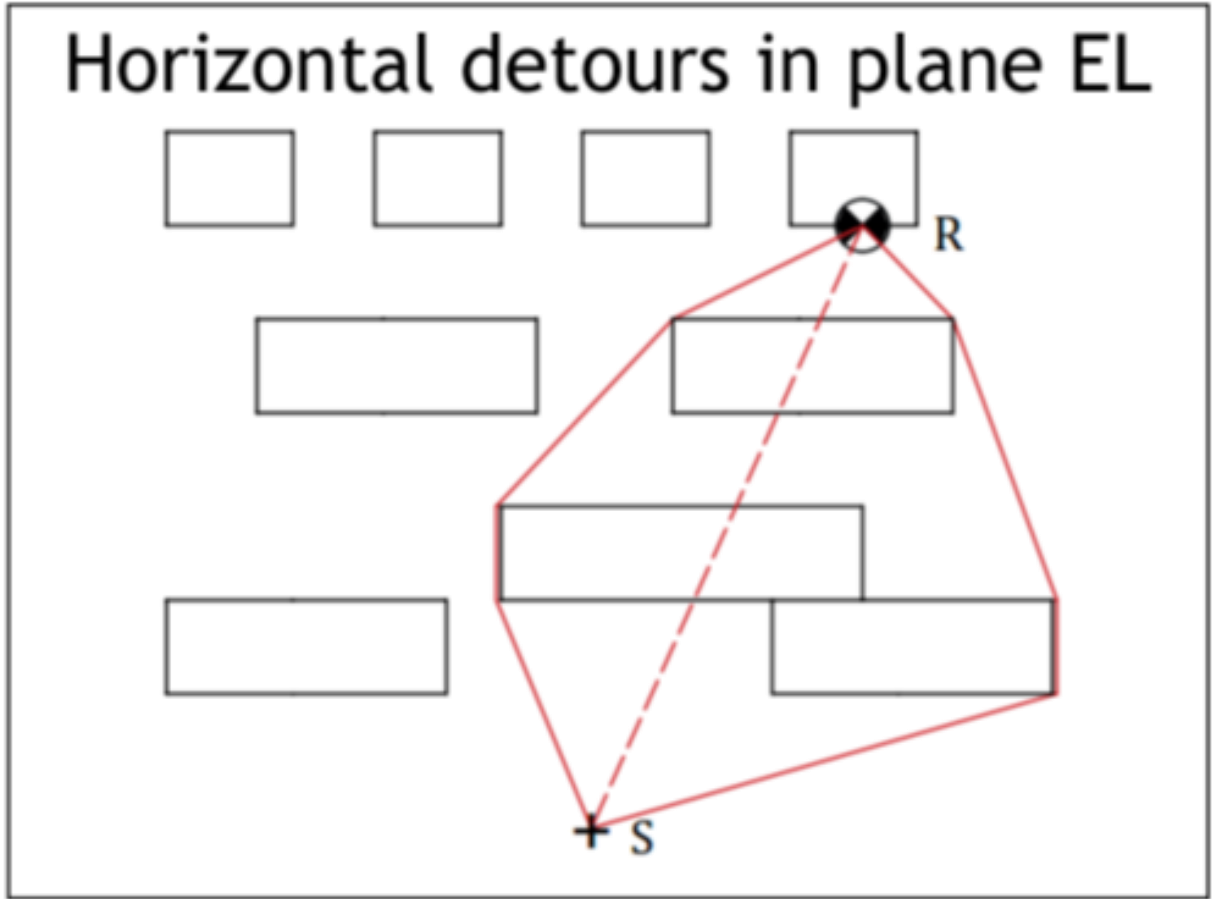
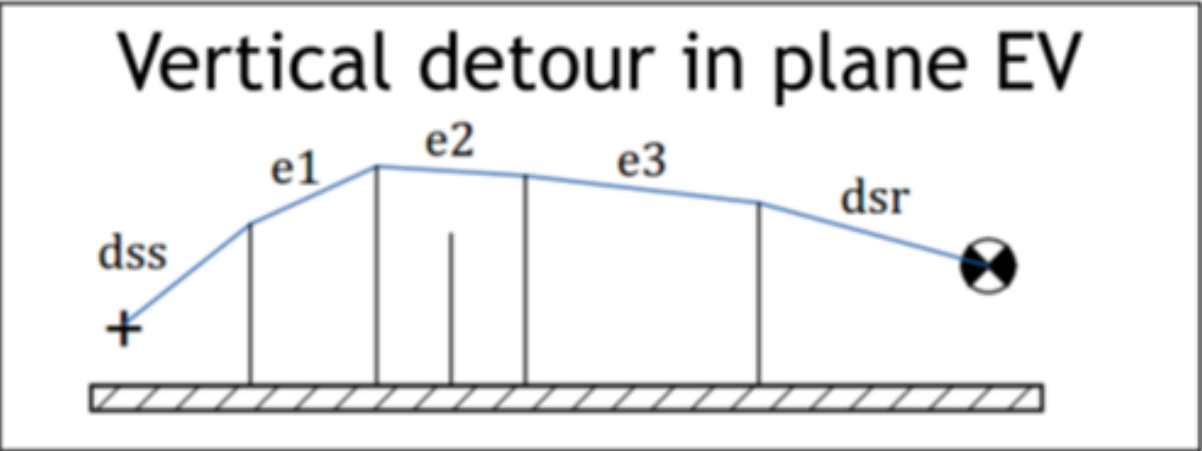
Doel

“Ervoor zorgen dat een identieke set invoergegevens in verschillende software-implementaties van dezelfde standaard hetzelfde resultaat oplevert, binnen een gedefinieerde bandbreedte van toelaatbare afwijkingen.”

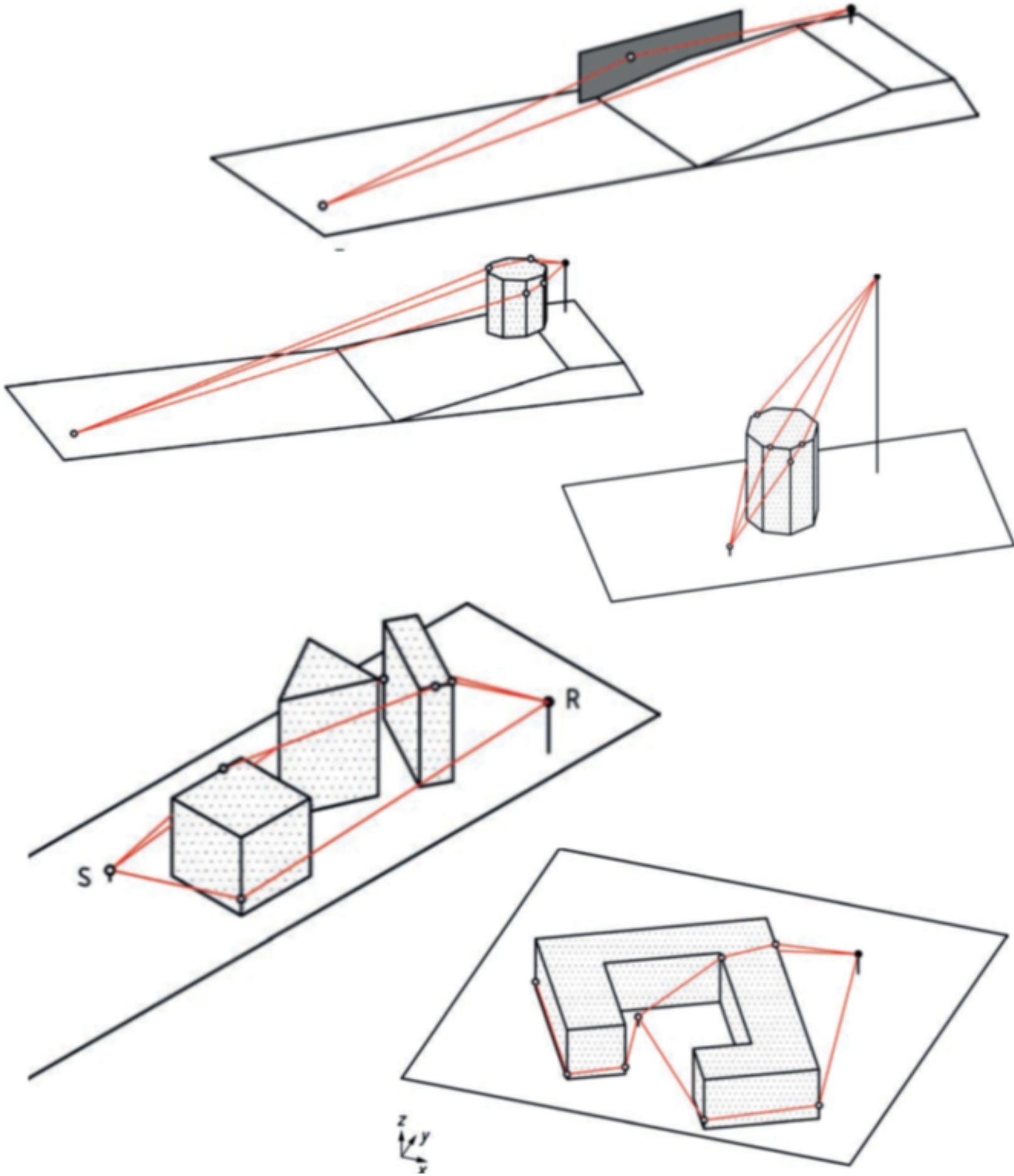
Standaard met technische regelingen:

- ISO 17534-1: Quality requirements and quality assurance
- ISO/TR 17534-2: General recommendations for test cases and quality assurance interface
- ISO/TR 17534-3: Recommendations for quality assured implementation of ISO 9613-2 in software
- ISO/TR 17534-4: Recommendations for quality assured implementation of CNOSSOS-EU in software

ISO/TR 17534-3 → aanbevelingen en testcases



- Plane EV is perpendicular to the reference plane x-y
- Plane EL is perpendicular to plane EV



ISO/TR 17534-3 → resultaat

- 2 commerciële softwarepakketten werden geselecteerd
- Beide softwarepakketten hebben versies zonder en met de aanbevelingen van ISO 17534-3
- Alle testmodellen berekend in beide softwarepakketten zonder en met aanbevelingen ISO 17534-3
- De resultaten vergeleken

| Test cases ISO 17534-3 | Absolute difference in dB | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------|
| | without ISO 17534-3 | with ISO 17534-3 |
| 1-10 | ≤0.2 | 0.0 |
| 11 | 3.9 | 0.0 |
| 12 | 1.8 | 0.0 |
| 13 | 2.4 | 0.1 |
| 14 | 0.3 | 0.0 |
| 15 | 3.8 | 0.1 |
| 16 | 0.9 | 0.0 |
| 17 | 15.6 | 0.0 |
| 18 | 2.6 | 0.0 |

ISO/TR 17534-3 → verbeterpuntjes

| Subject | ISO 17534-3 | ISO 9613 | Recommendation DGMR |
|---------------------------|----------------------------|---|--|
| Nominal frequency | The test cases use 62.5 Hz | 63 Hz | 63 Hz |
| Speed of sound | The test cases use 340 m/s | Not defined for direct path. 340 m/s for reflected path | Add recommendation to always use 340 m/s or depending on temperature |
| Negative detour | No | Yes | Yes, as defined in ISO 9613 |
| T08 – L/R detour screen | Is calculated | Unclear | Should not be calculated (factor 8) |
| T09 – R detour screen | Is calculated | Unclear | Should not be calculated (factor 8) |
| T19 – Octaves reflections | 500 Hz– 8000 Hz | 8000 Hz (no additional node at crossing height line) | 8000 Hz no additional node at crossing height line) |

ISO 9613-2:2024

- Beschikbaar sinds januari 2024
 - Nieuwe meteorologische correctie
 - Nieuwe D_z & K_{met}
 - Meervoudige diffractie
 - Verminderd bodemeffect
 - Uitgebreide bron- en terreinmodellering
 - Dynamische segmentatie
 - Berekening van windturbines toegevoegd
 - Uitgebreide meteorologische correcties
- Meeste aanbevelingen uit ISO/TR 17534-3 opgenomen in de nieuwe standaard

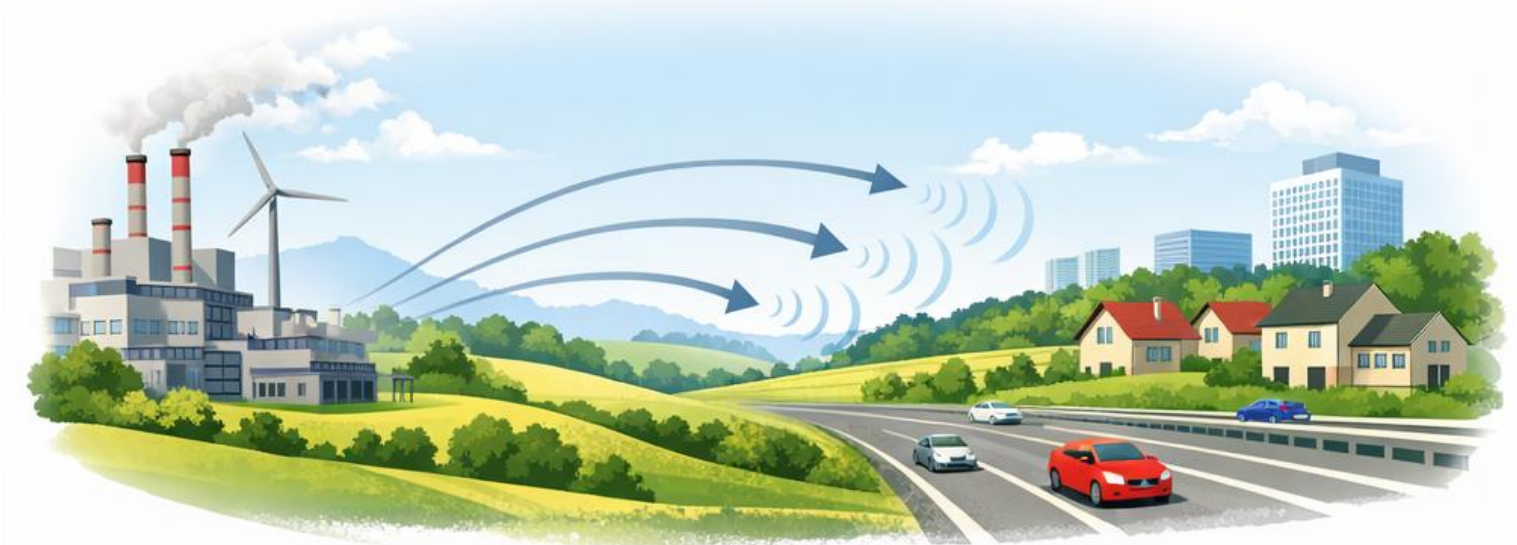


INTERNATIONAL STANDARD

ISO 9613-2:2024

Acoustics — Attenuation of sound during propagation outdoors

Part 2: General method of calculation



Problemen opgelost?

- De 2024-versie geeft aanzienlijk hogere resultaten.
- Met name de aanpassingen van de schermwerking: D_z en K_{met}
- Software ontwikkelaars proberen gevolgen te beperken: resultaten van verschillende softwarepakketten kunnen vele dB's verschillen (zelfs tot 15 dB)

Starting Point

With the revision of ISO 9613-2 (1996 → 2024), a total of 15 changes or additions were introduced. One of these changes affects a core element of the screening calculation: the formulas for the **barrier attenuation (D_z)** and the **meteorological correction (K_{met})**.

In practice, recalculations of existing projects resulted in systematically higher immission levels. The aim of this paper is to analyze the causes and propose corrective adjustments.

1) Change to D_z (Single Diffraction) – Effect and Findings

- **Motivation:**
In Method 7.3.1 (General), ISO 1996 consistently produced a residual screening effect A_{bar} of about 5 dB even at large source–receiver distances; with Method 7.3.2 (Alternative), this residual A_{bar} disappeared (converging to 0). The 2024 formula eliminates this inconsistency (see Figs. 4–5, p. 3).
- **Side effect:**
Systematic level increases due to the removal of the “residual screening”:
 - up to ≈ 5 dB (Method 7.3.1) (Fig. 6, p. 4)
 - up to ≈ 2 dB (Method 7.3.2) (Fig. 7, p. 4)
- **Structural effect:**
The previous coordinated relationship between 7.3.1 and 7.3.2 (symmetry of values calculated by 7.3.1 around those from 7.3.2 at large distances) is lost.
At long distances with expected $A_{bar}=0$, the curves representing the level increase relative to free-field-propagation now fall back to the “ground only” level (Figs. 8–9, p. 5).

2) Change to K_{met} (Multiple Diffraction) – Effect and Findings

- **New approach (2024):**
Introduction of the length e of the “rubber-band line” between the first and last diffraction edges into K_{met} (adopted from road and rail noise models) to smooth level jumps when transitioning from single to double diffraction.
- **Findings:**
Compared with the 1996 version (without e), significantly higher levels occur at large distances — in parameter studies, **by 8–10 dB at 1 km** (Figs. 16–18, pp. 10–9).

Afsluiting

- Rekenmodellen zijn **interpretaties** van **regels**, geen absolute waarheid
- Kleine keuzes in modellering kunnen **grote gevolgen** hebben voor het resultaat
- Transparantie over aannames en gevoeligheden is essentieel
- Vergelijkbaarheid tussen software blijft een aandachtspunt
- **Kwaliteitsborging**, **testcases** en **validatie** zijn onmisbaar
- Begrip van het model is minstens zo belangrijk als de uitkomst

👉 Rekenen is makkelijk. Begrijpen is de uitdaging.



Vragen?

