



Staatstoezicht op de Mijnen
Ministerie van Economische Zaken



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

M+P | Onderdeel van
Müller-BBM groep
Mensen met oplossingen

www.mp.nl

Laagfrequent geluid door mijnbouwactiviteiten

M+P | Rosan Nusselder, Erik de Graaff,
Edwin Nieuwenhuizen

KNMI | Jelle Assink, Olivier den Ouden

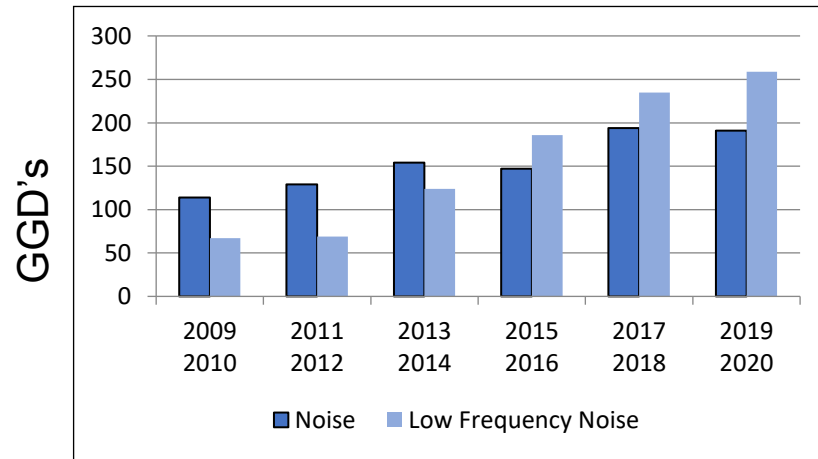
RIVM | Kim White



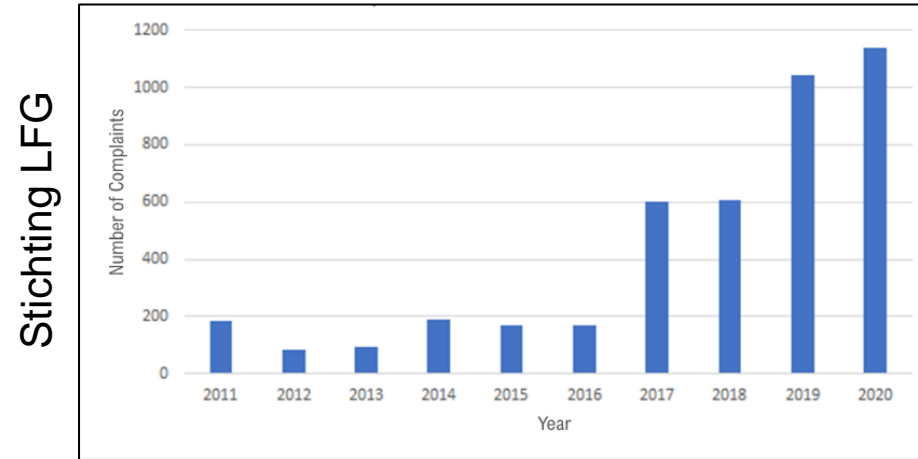
Stijging meldingen over LFG



Aantal meldingen over LFG



bron: Dusseldorp, *Meldingen van milieugerelateerde gezondheidsklachten bij GGD'en: Periode 2017 – 2018*, RIVM, 2019.



bron: Stichting LFG

- geen LFG vastgesteld
- meer LFG?
- relatie met mijnbouw?

Onderzoek KEM-31

Kennisprogramma Effecten Mijnbouw

- Doel: de karakterisatie van
 - Bronnen
 - Propagatie en monitoring
 - Gezondheidseffecten→ multi-disciplinaire aanpak
- Methode
 - interviews
 - literatuurstudie
- Scope
 - 0 tot 200 Hz



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport

Onderzoek KEM-31



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

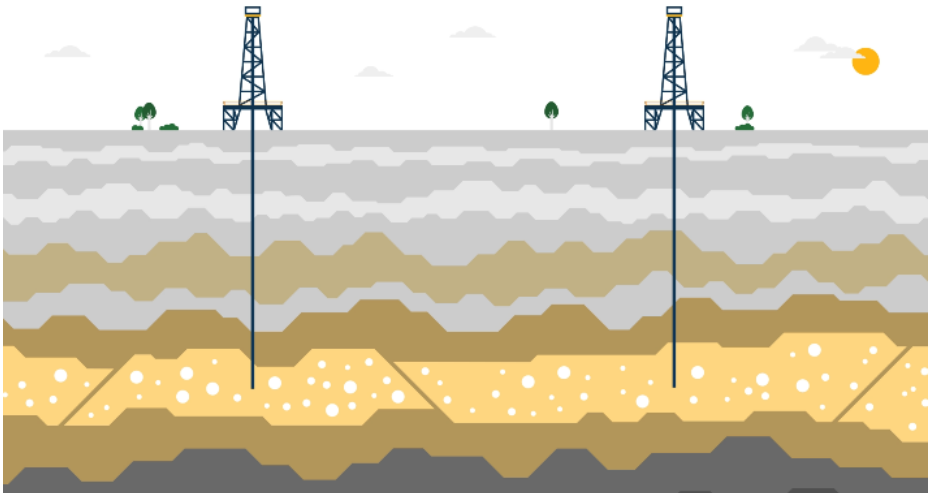
Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport

LFG van mijnbouwactiviteiten

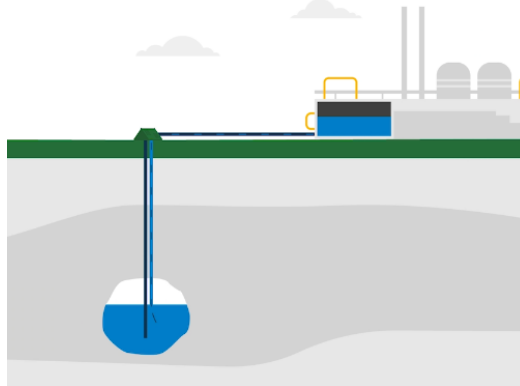
WP1:
Bronnen
M+P
KNMI

WP2:
Monitoring
KNMI
M+P

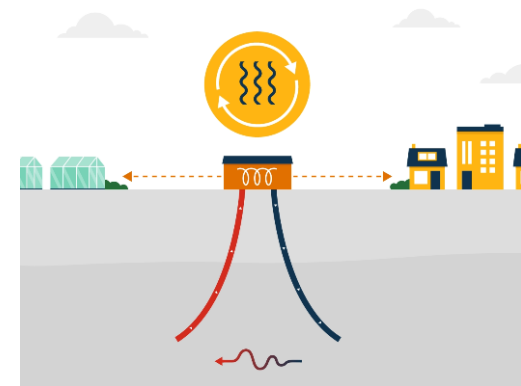
WP3:
Perceptie
RIVM, M+P,
KNMI



Gaswinning, gasopslag, gastransport



Zoutwinning

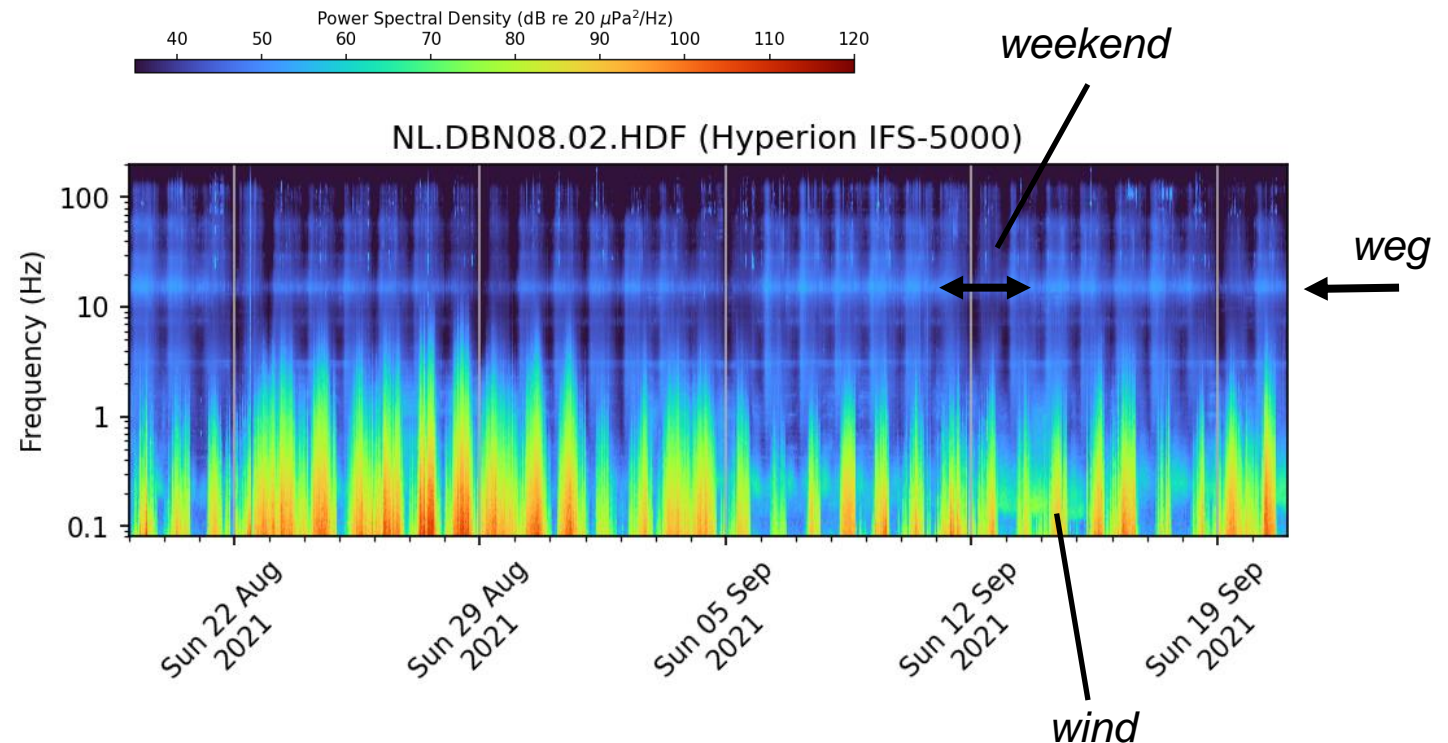


Geothermie



Klachten over LFG: een ingewikkeld probleem

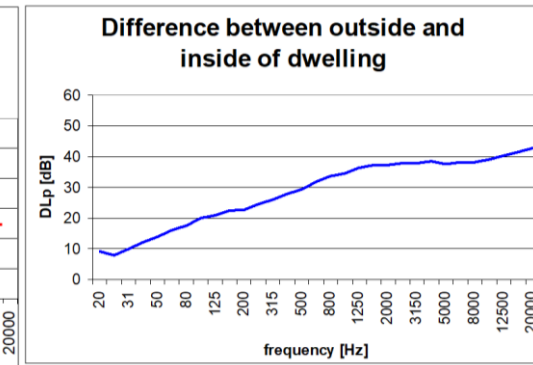
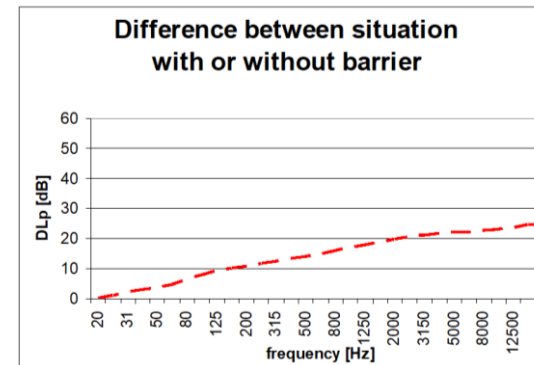
- Beschrijving klacht is lastig:
 - trillingen? geluid?
 - frequentiegebied?
 - fysisch?
- Meting is lastig:
 - juiste apparatuur
 - juiste processing
 - geluid draagt ver:
 - bijdrage van veel bronnen
 - meteorologische invloeden
 - bijdrage wind



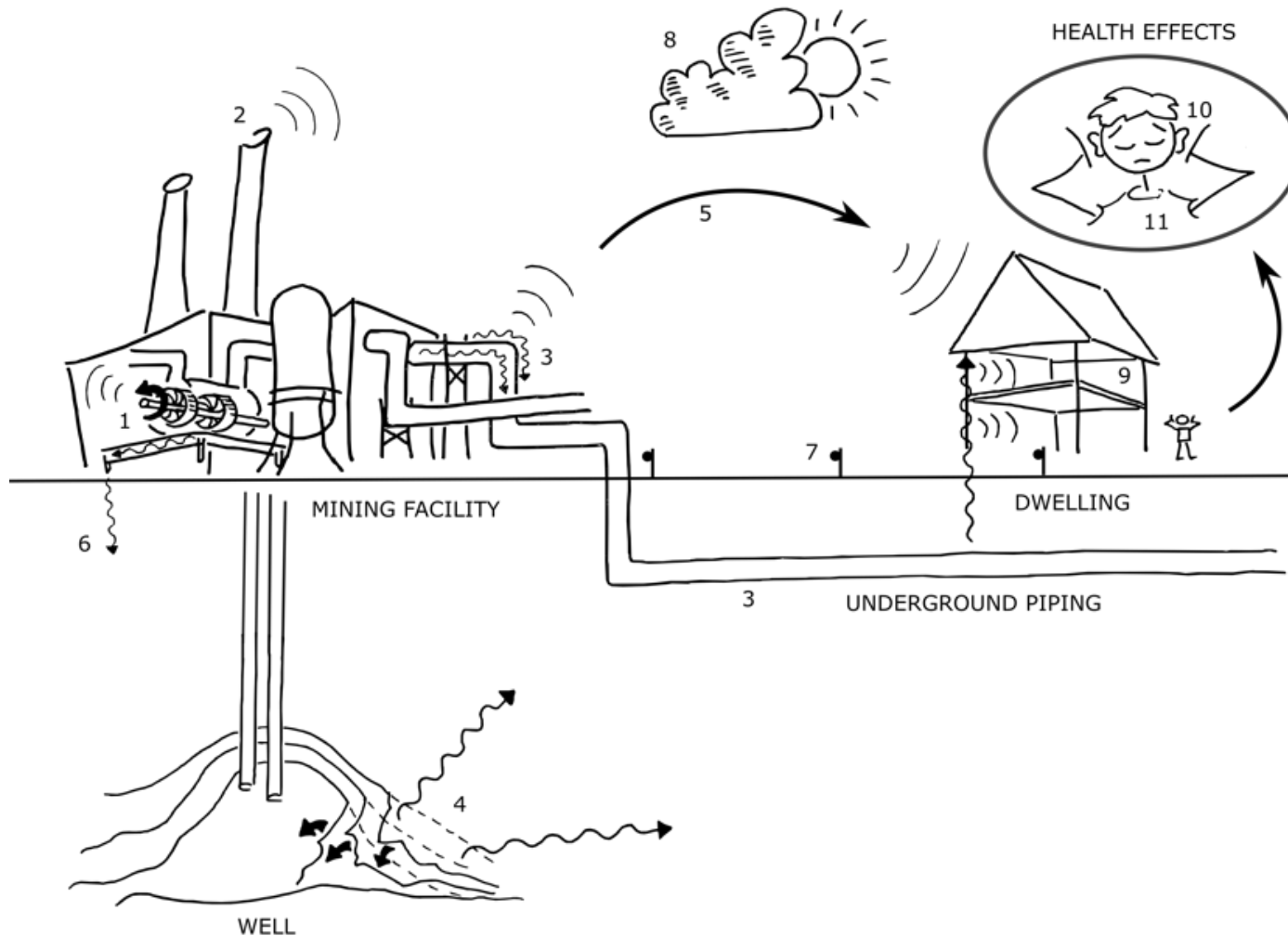


Klachten over LFG: een ingewikkeld probleem

- Geluidsmaatregelen zijn lastig:
 - Bron: samenloop omstandigheden
→ maatwerk
 - Maatregelen werken hoogfrequent
- Beoordelen is lastig:
 - Geluidsnormen in dB(A)
→ Bedrijf voldoet, hinder blijft.
 - Hoeveel dB is oké?
 - Geen objectieve normstelling voor LFG
→ Rechtszekerheid in het geding.



Complexiteit LFG bij mijnbouwactiviteiten



SOURCES:

- 1. ROTATING EQUIPMENT
- 2. FURNACES
- 3. PIPING
- 4. EARTHQUAKES

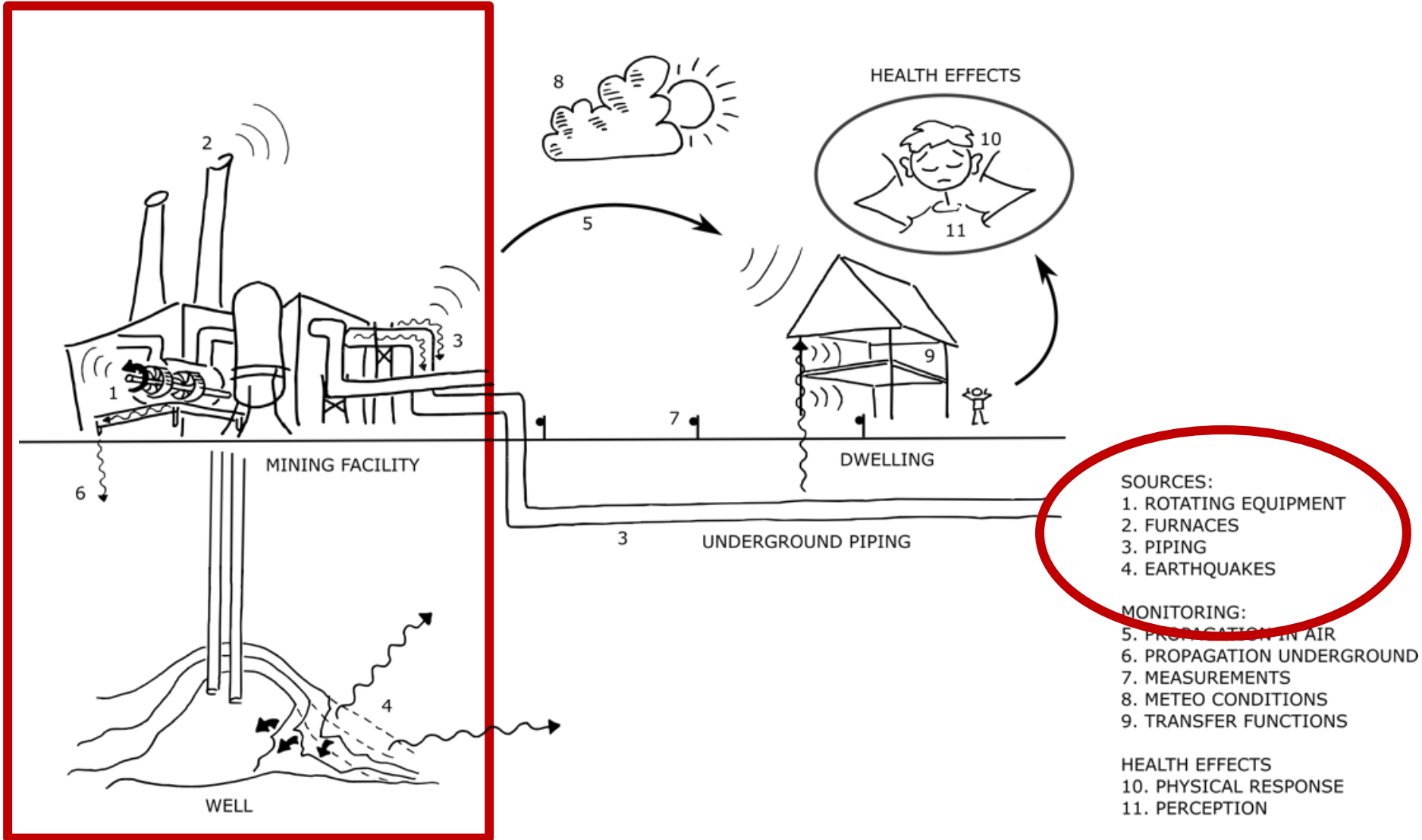
MONITORING:

- 5. PROPAGATION IN AIR
- 6. PROPAGATION UNDERGROUND
- 7. MEASUREMENTS
- 8. METEO CONDITIONS
- 9. TRANSFER FUNCTIONS

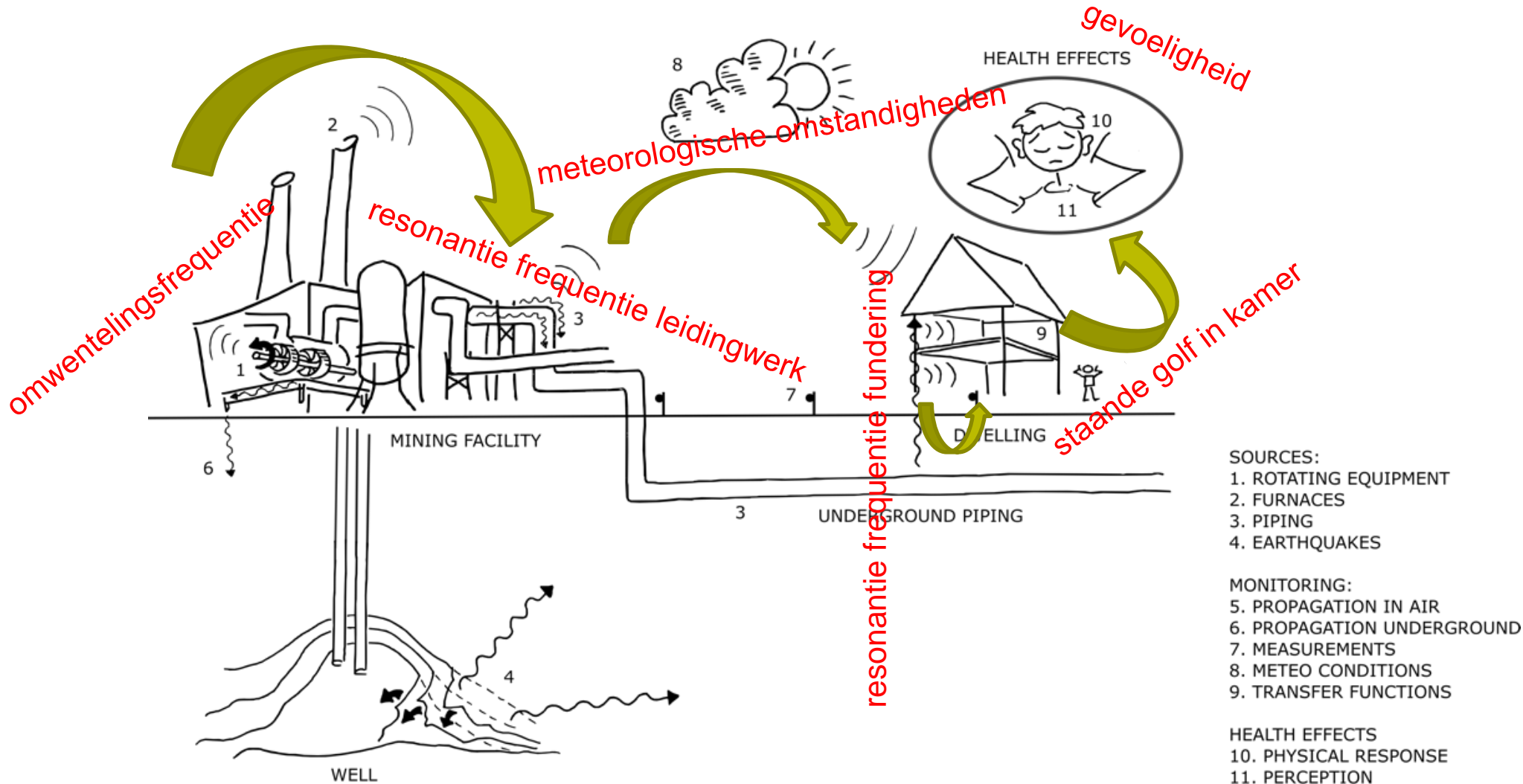
HEALTH EFFECTS

- 10. PHYSICAL RESPONSE
- 11. PERCEPTION

Bronnen



Belangrijkste bronnen..?

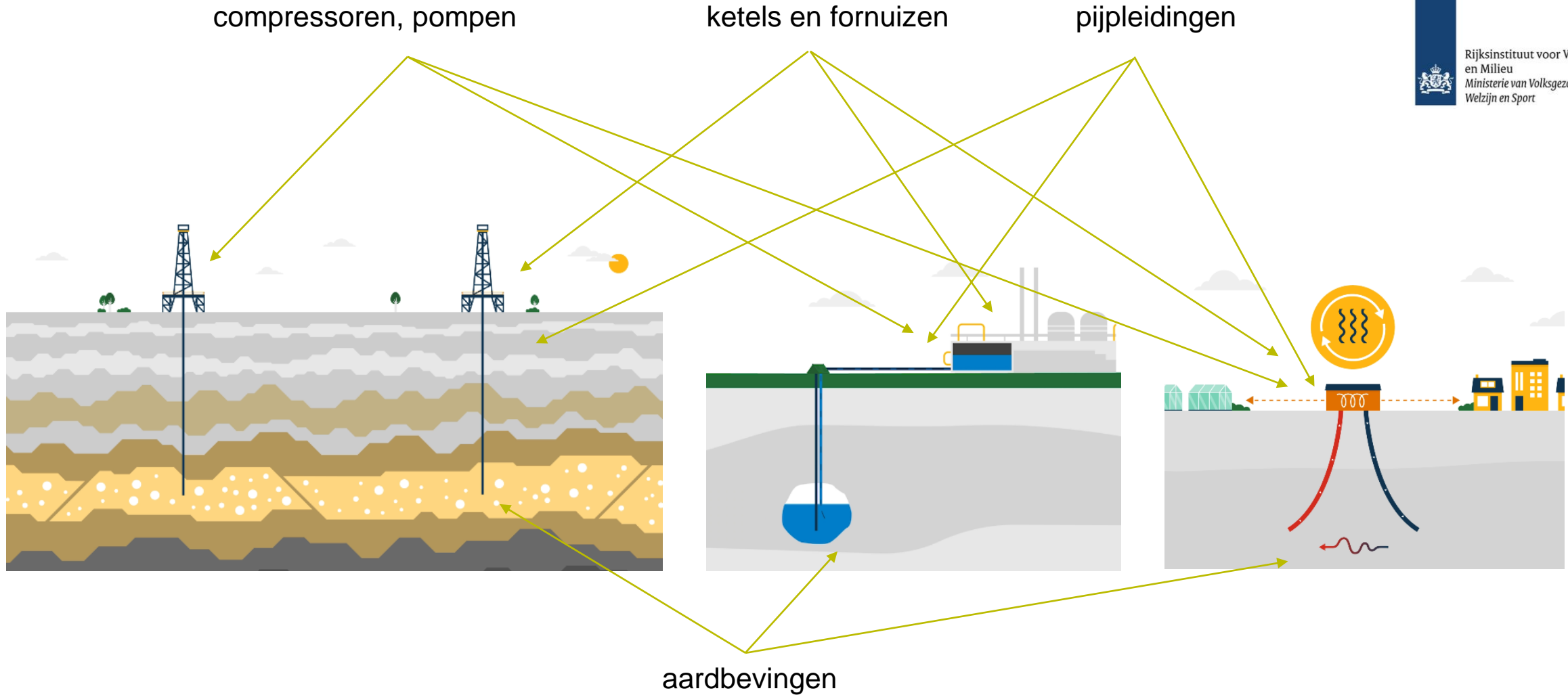


Scope



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport



Compressoren en pompen

- Bijvoorbeeld:
 - Injectiecompressoren gasopslag
 - Injectiepompen geothermie
 - Injectiepompen zoutwinning
 - boostercompressoren gastransport
- discontinue stroming / roterende delen
- spectrum: rpm x aantal bladen/cilinders
→ tonaal
- Zuiger: laagfrequent
- Centrifugaal: hogerfrequent, tenzij..
 - (near-)surge, onbalans, anti-surge kanalen



- Afstraalgraad laag bij LF
→ geluid elders afgestraald
- Grote brongebieden/meerdere bronnen
→ interferentie
- Variabele frequenties
→ verschillende resonanties



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

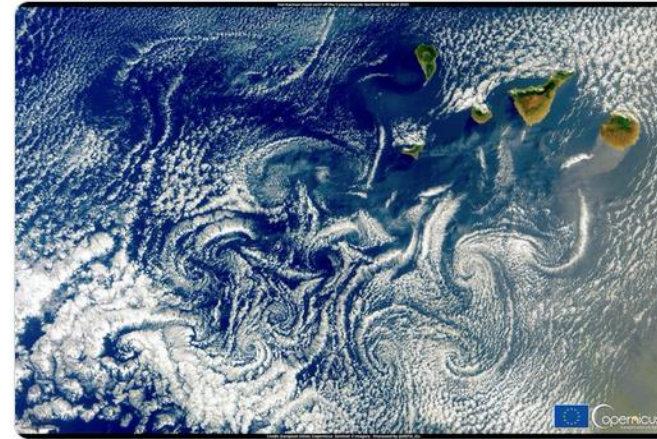


Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport



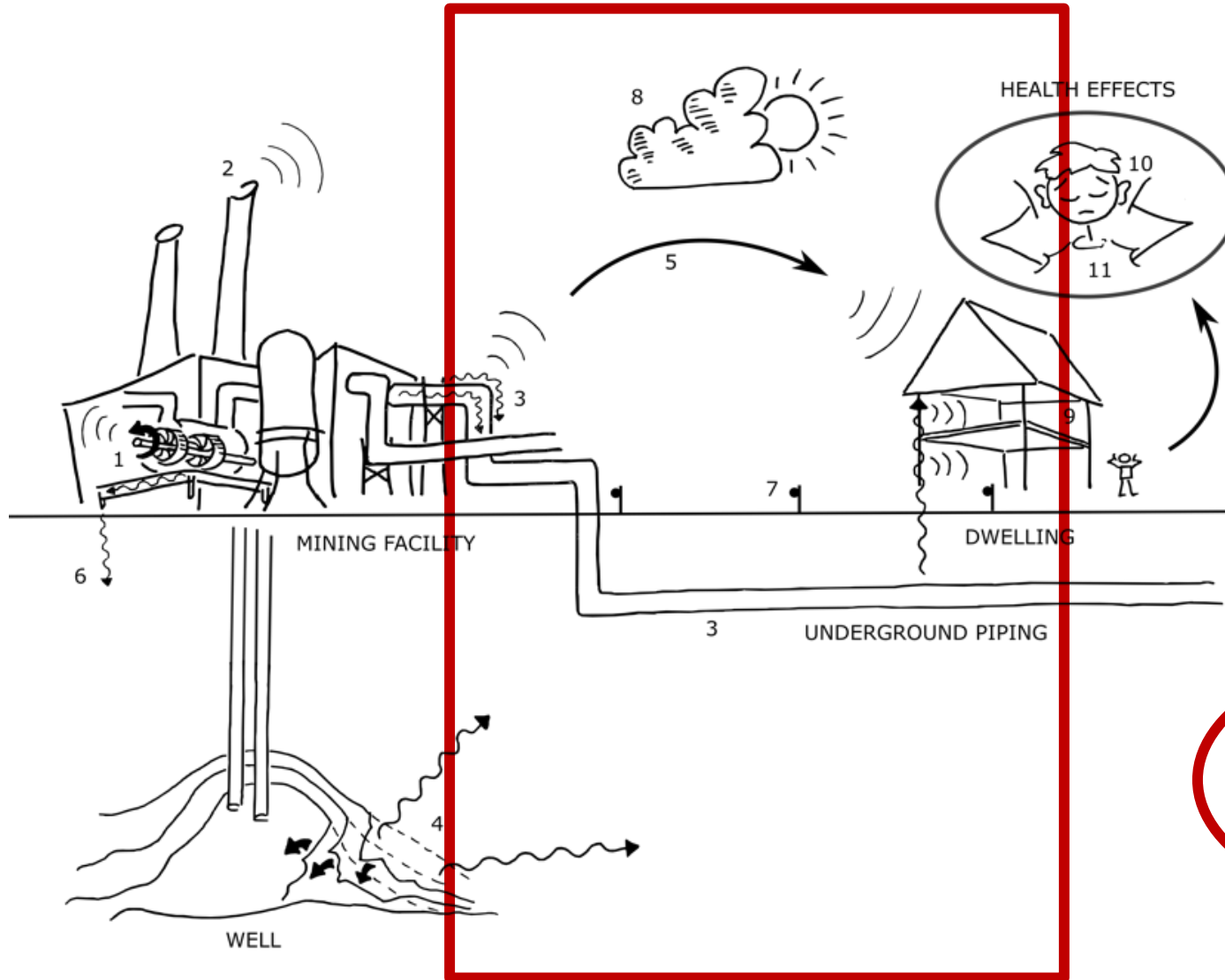
Pijpleidingen

- Vaak grootste afstralende oppervlak
- Mogelijk relevante ontstaansmechanismes:
 - Andere installaties → omkasten bron helpt niet
 - Vortex shedding
 - Proces instabiliteiten
- Bovengronds: in NL alleen dichtbij fabriek
- Ondergronds: overal
 - Wereldwijd wordt geloofd dat pijpleidingen een verklaring zijn voor “The Hum”
 - theoretisch aangetoond, nooit (?) gemeten



Ondergronds gasleidingnetwerk, Gasunie

Propagatie en meten

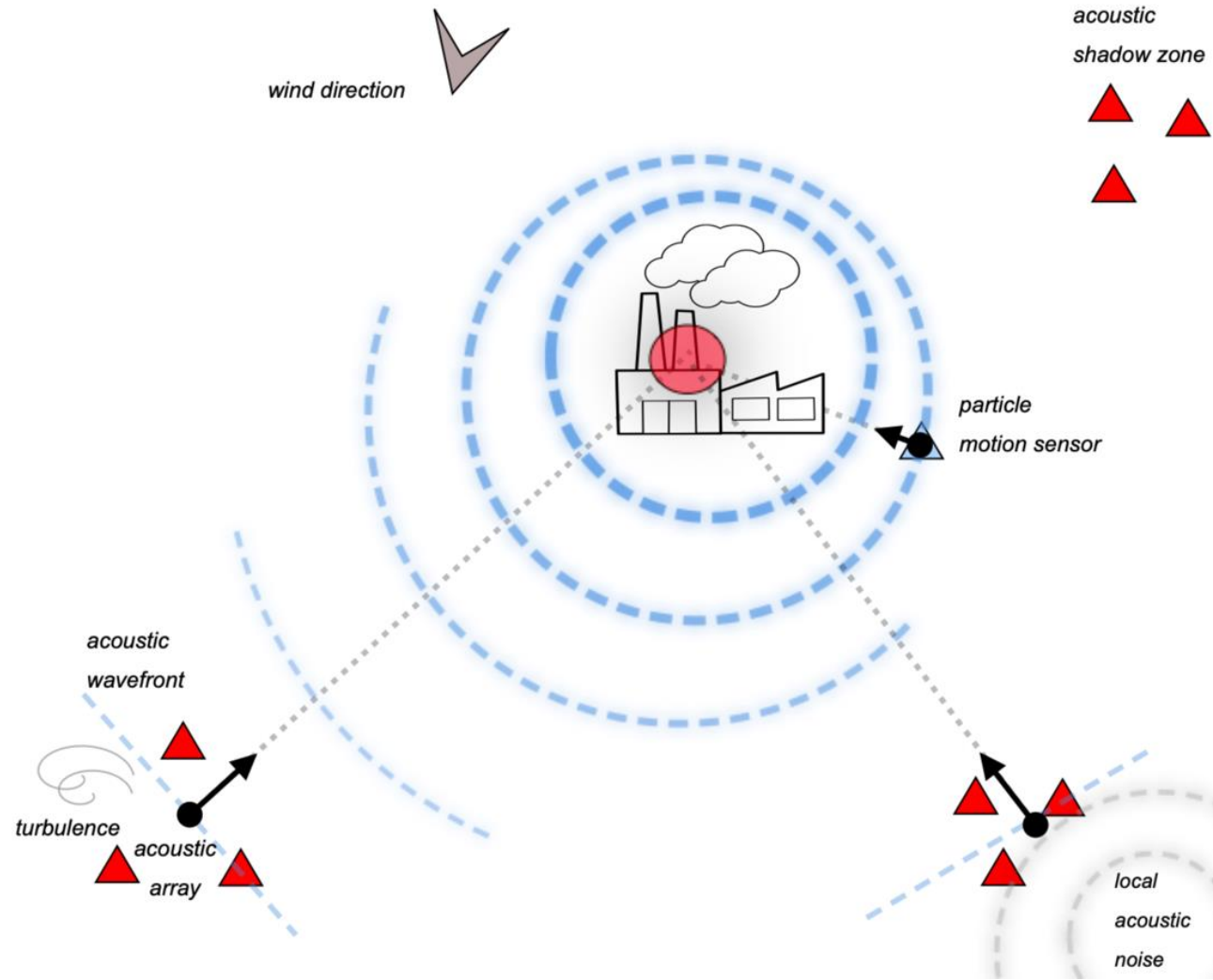


- SOURCES:
- 1. ROTATING EQUIPMENT
 - 2. FURNACES
 - 3. PIPING
 - 4. EARTHQUAKES

- MONITORING:
- 5. PROPAGATION IN AIR
 - 6. PROPAGATION UNDERGROUND
 - 7. MEASUREMENTS
 - 8. METEO CONDITIONS
 - 9. TRANSFER FUNCTIONS

- HEALTH EFFECTS
- 10. PHYSICAL RESPONSE
 - 11. PERCEPTION

Propagatie en meten



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu



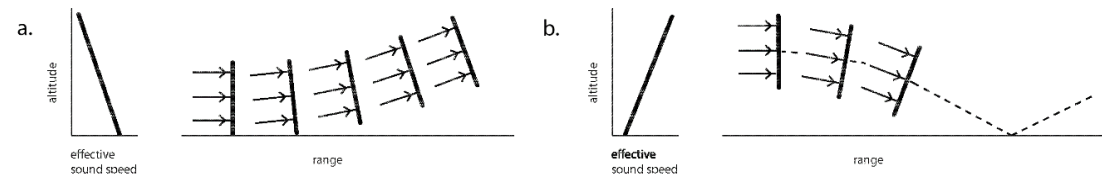
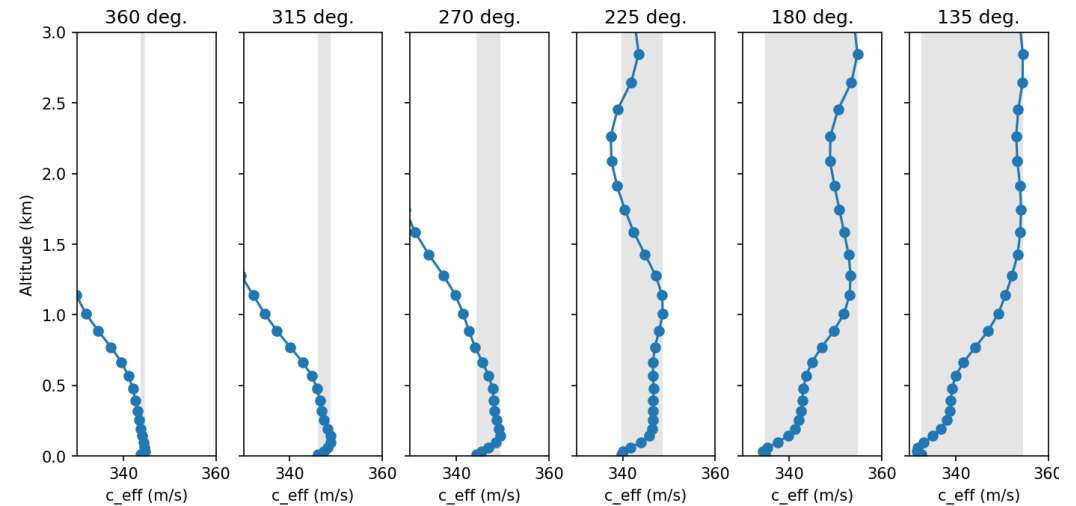
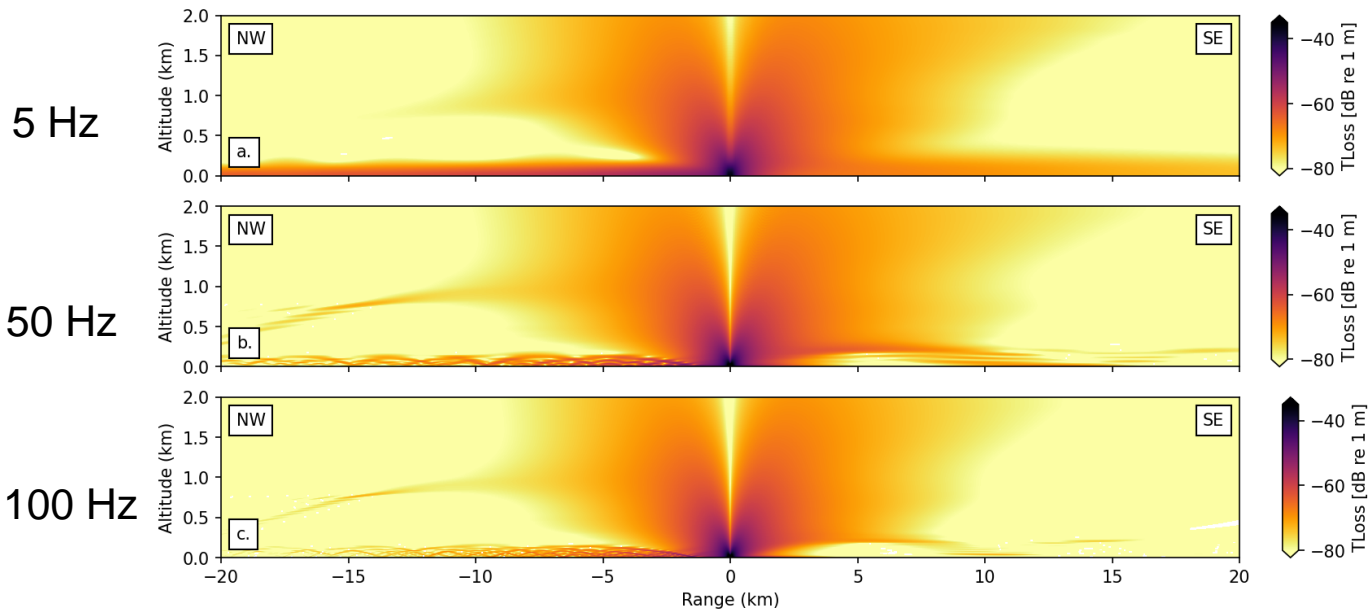
Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport



Propagatie

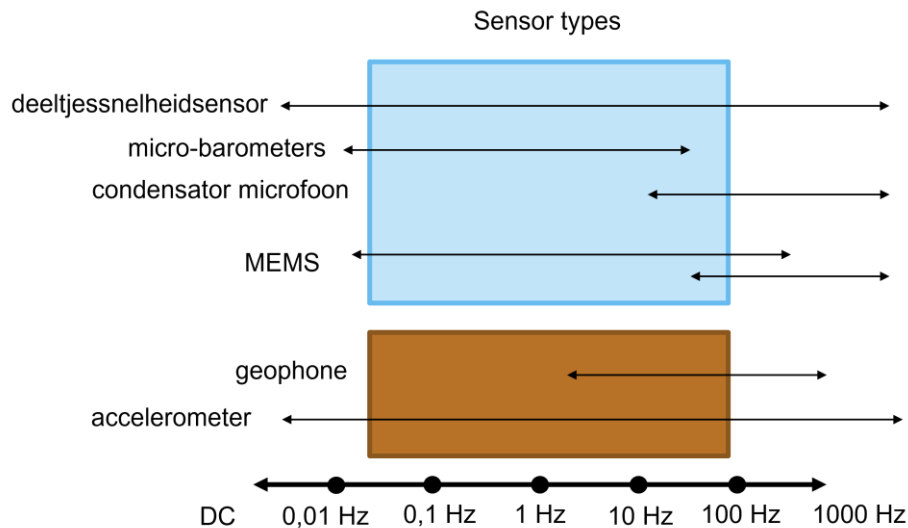
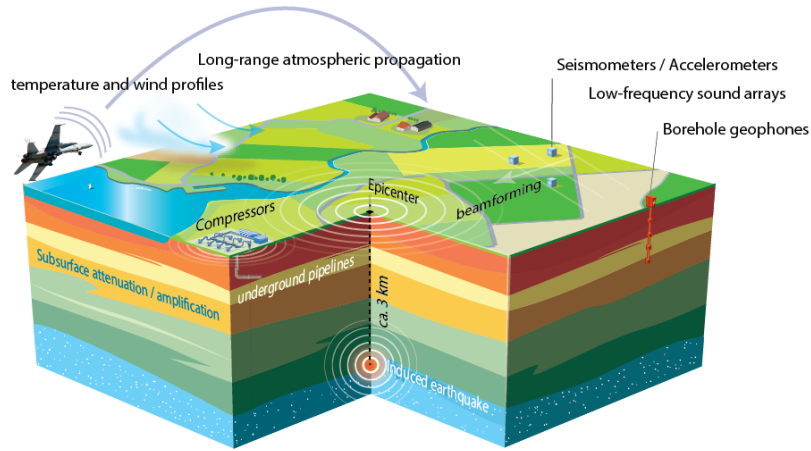
- Luchtgeluid:
 - wind & temperatuur
 - $c_{eff}(z) \cong 20\sqrt{T(z)} + \vec{v}(z) \cdot \hat{n}$
 - bodem: LF seismo-akoestische koppeling

- Trillingen:
 - NL: resonanties in zachte laag
 - overeenkomst resonanties NLse woning



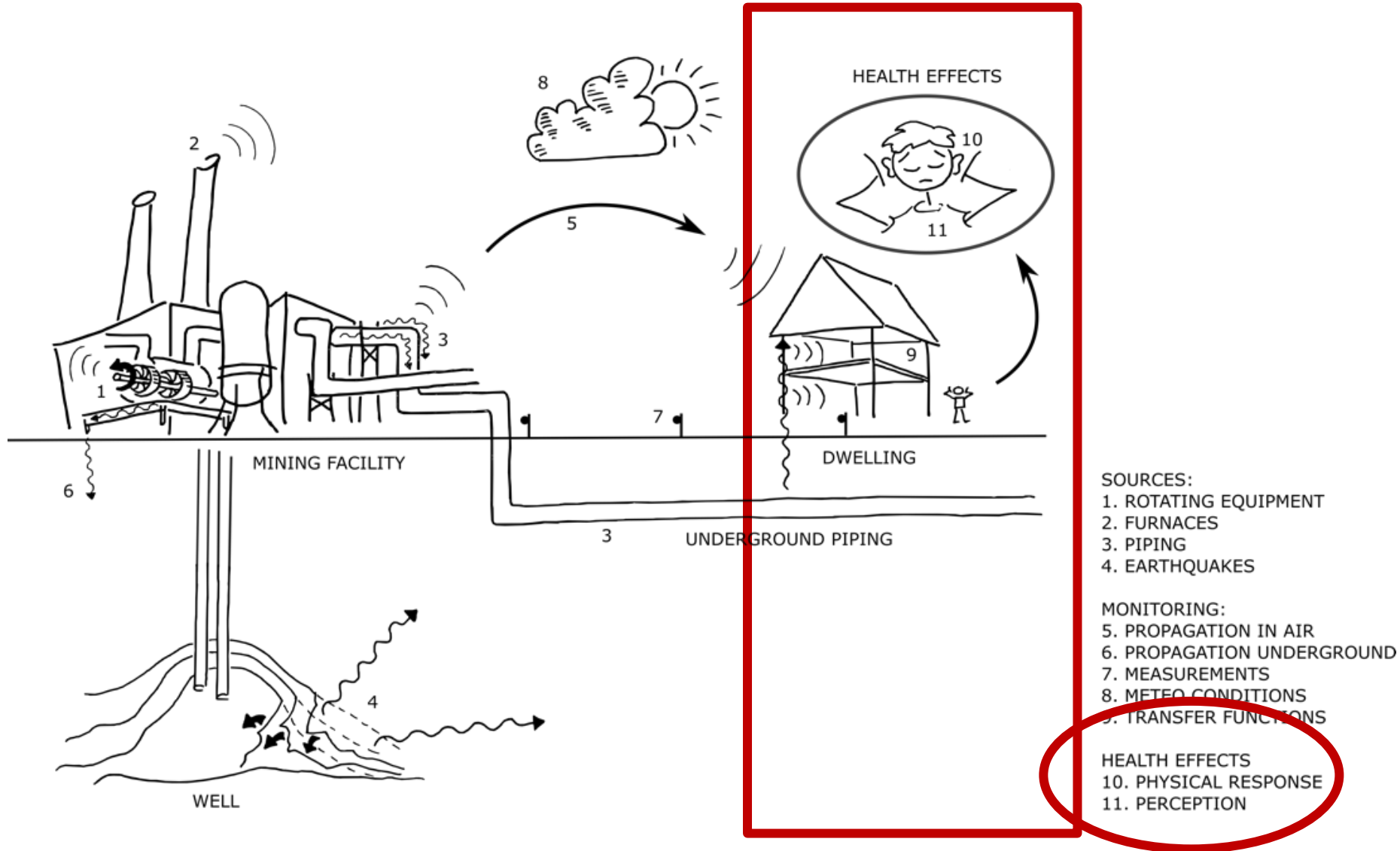


Metten



- Meten bij bron, vrije veld & in woning
- Veel apparatuur beschikbaar
 - Passende frequentierespons
 - Calibratie – voor infra niet standaard
 - High end sensor deeltjessnelheid
 - Low-cost MEMS
- Localisatie
 - Arrays
 - Deeltjessnelheid sensor

Perceptie



Gezondheidseffecten

- Baliatsis et. al. / Van Kamp et. al.:
 - Onderzoek beperkt
 - Relatie LFG en hinder
 - 2 – 34% ernstig gehinderd door LFG
 - Mogelijke relatie LFG en slaapverstoring
 - Geen onderbouwing van andere gezondheidseffecten
 - hoofdpijn
 - geheugenverlies
 - hartproblemen
 - evenwichtsstoornis
 - etc
- Non-akoestische factoren
 - Onderzoek zeer beperkt
 - lichte aanduiding link hinder en self-reported 'geluidssensitiviteit'



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport

Beoordeling

- Mogelijke psycho-akoestische effecten?
 - zweving / Tartini tonen
 - kleuring door harmonischen
 - tonaliteit
 - binaurale effecten

- Geen uniforme methode
- Verschillen tussen en binnen overheden/adviesbureaus/academici
 - beschikbare apparatuur
 - beschikbare kennis
- Verschillen per bedrijf



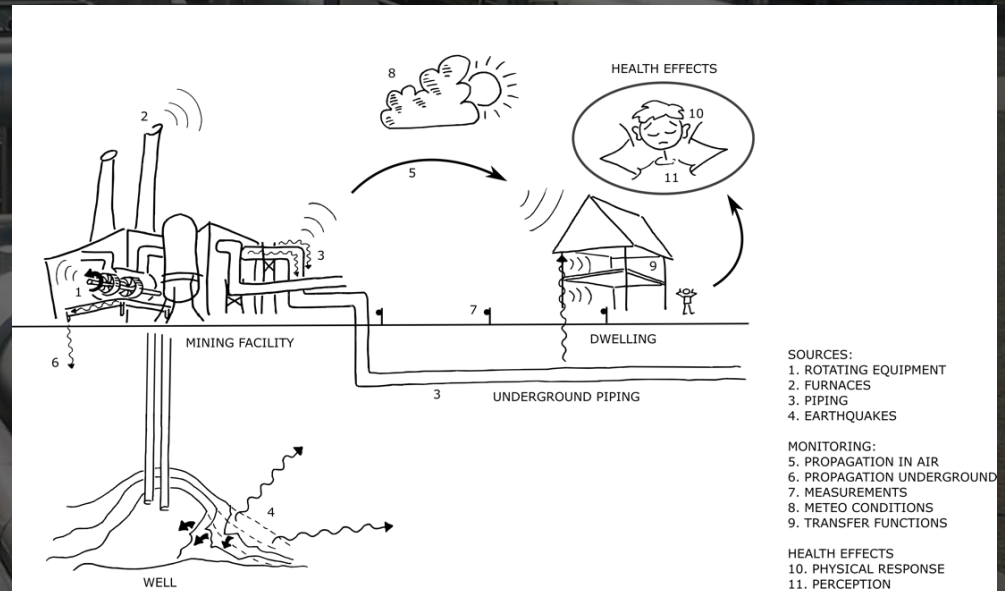
Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport

Conclusies

- Complexe combinatie bron / overdracht / waarneming
- Bron: samenloop van omstandigheden
- Overdracht: invloed lucht & bodem
- Gezondheid: veel onbekend
- Aanpak: niet uniform





Aanbevelingen

- Meer meten
 - Bij inbedrijfstelling
 - Monitoring op bedrijventerrein
 - Data: openbaar, onbewerkt, metadata
 - Low cost & high end
- Meer onderzoeken
 - epidemiologisch
 - psycho-akoestische factoren
 - non-akoestische factoren
- Regionale expertise opbouwen
- Uniformering klachtendatabase

Multi-disciplinair