

**Kennisdag 'De bouwsector in transitie: digitale
revolutie of terug naar de natuur?'**

BIOPHILIC DESIGN, LIVING WITH NATURE: FROM THEORY TO PRACTICE

DOOR SPREKER: MARIA SARA DI MAGGIO, ABT

Agenda

- Introduction
- Why we need more nature indoors?
- Biophilic patterns
- Strategies for acoustics, daylight, visual connection with greenery, dynamic comfort, regenerative materials
- Quantifying the impact: a field study at ABT office
- Conclusions

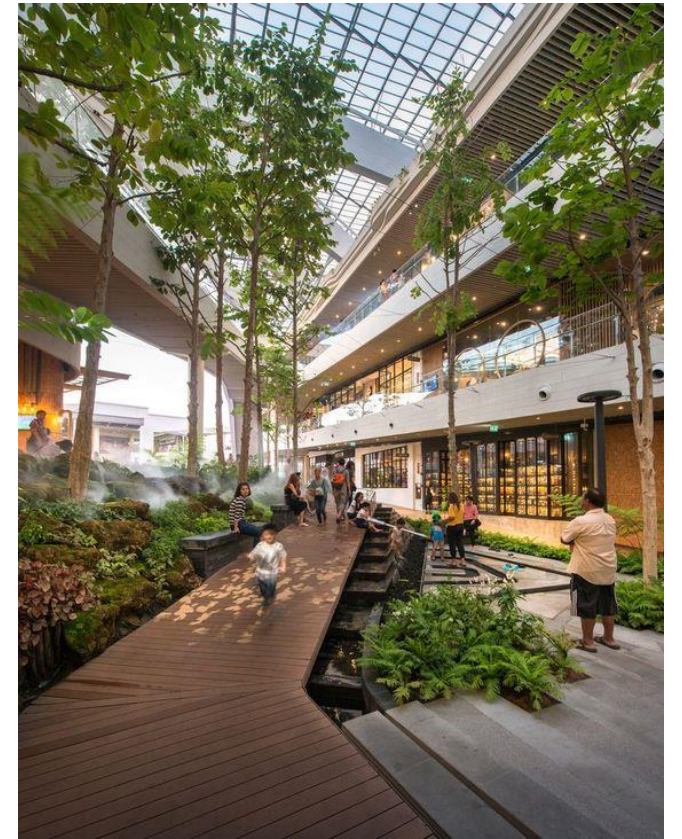
“Sick Building Syndrome” for the first time to describe situations in which building occupants experience acute health and comfort effects that appear to be linked to the time spent in a building, but no specific illness or cause can be identified.

Among the possible symptoms are:

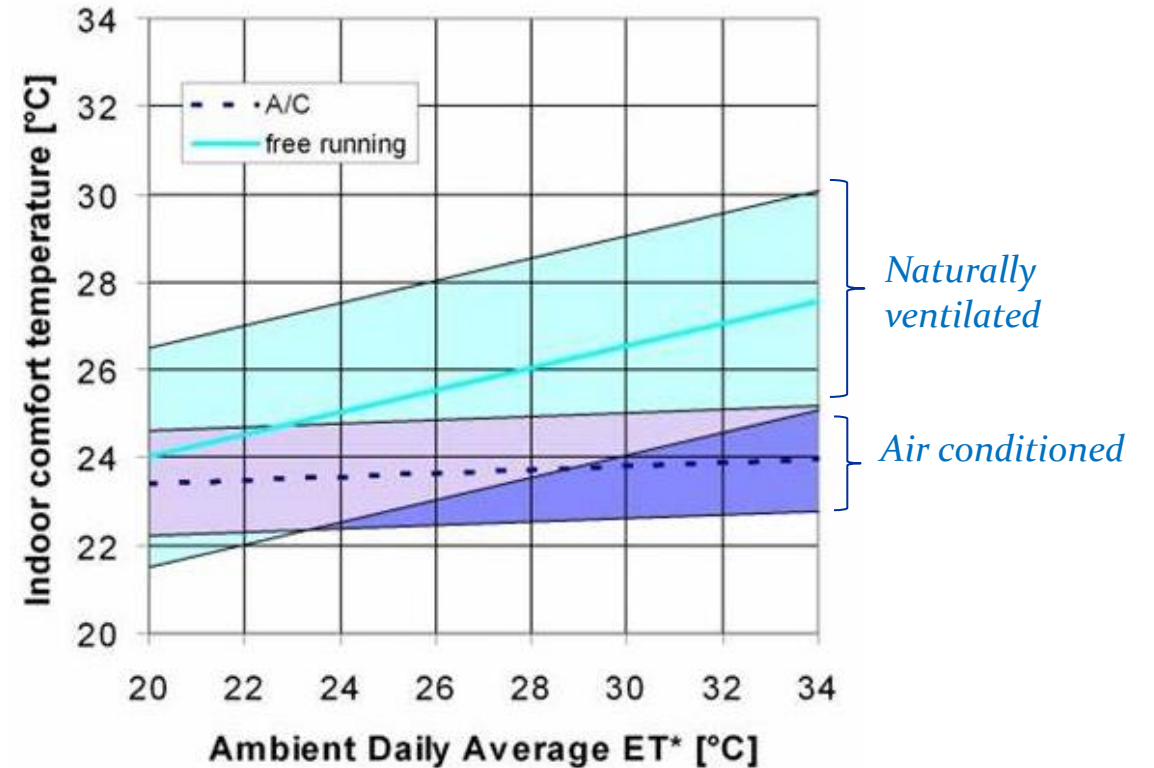
- throat irritation
- breathing difficulties
- tightness in the chest
- runny nose
- allergy-like symptoms, such as sneezing
- burning sensations in the nose
- dry, itchy skin rashes
- headaches
- dizziness

[Document Display](#) | [NEPIS](#) | [US EPA](#)



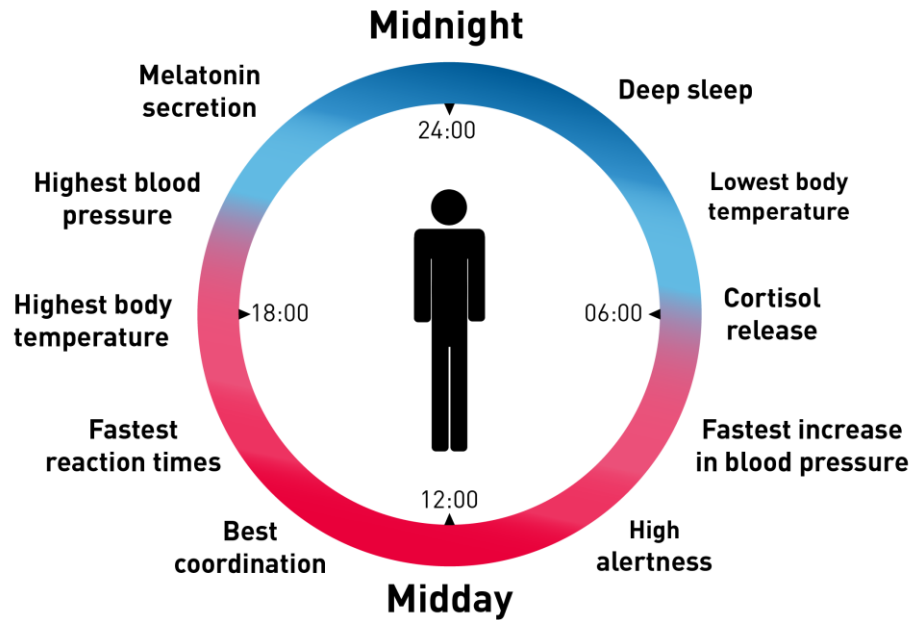


It has been shown that '**adaptive opportunities**' are important for their satisfaction with space. Conversely, when adaptive opportunities are limited, deviation from neutrality causes stress and dissatisfaction (Campbell, 1980).



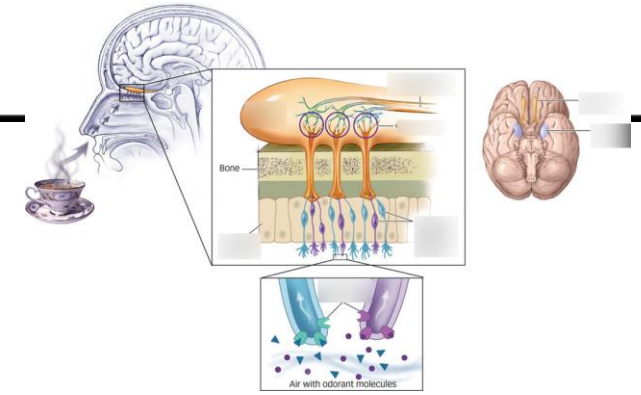
Circadian rhythms = the physical, mental, and behavioral changes an organism experiences over a 24-hour cycle

The Circadian Rhythm Cycle

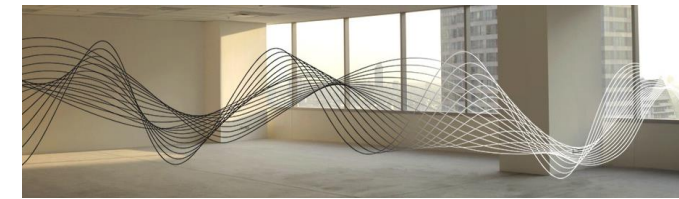


Source: Press release. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2021. Fri. 8 Jan 2021. <<https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2017/press-release/>>





Olfactory stimuli



Natural sounds



View to nature

Technology gap

Currently there is a technology gap between the technical solutions known by the design teams and the real health and wellbeing benefits for the human beings.

The goal is to close this gap by investigating how **biophilic strategies can be translated into engineering and architectural design solutions.**

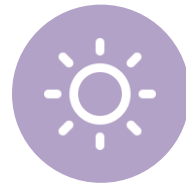
Technical solutions for the indoor climate environment



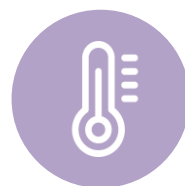
Indoor air quality



Acoustics



Daylight



Indoor temperature



...

Technology gap

Currently there is a technology gap between the technical solutions known by the design teams and the real health and wellbeing benefits for the human being.

The goal is to close this gap and **to explore biophilic strategies with our clients in a concrete way.**

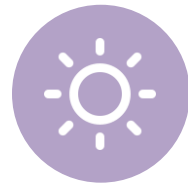
Technical solutions for the indoor climate environment



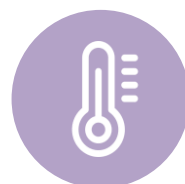
Indoor air quality



Acoustics



Daylight



Indoor temperature



...

Positive effects to the human



Healthy living



Good working environment



Connection with nature



Concentration & focus



...



Biophilic design approach

The principles of Biophilic design



*Physical presence
of nature in the
space*



*Indirect connection
through mimicry and
evocations of nature*



*Engaging spatial
configuration and
layout that can be
found in nature*

Inventorising biophilic strategies

Presence of Water

Both natural and built scenes containing water were associated with higher preferences, **greater positive affect and higher perceived restorativeness** than those without water. Images of “built” environments containing water were generally rated just as positively as natural “green” space.

(White, M., Smith, A., Humphries, K., Pahl, S., Snelling, D. and Depledge, M. (2010). Blue space: The importance of water for preference, affect, and restorativeness ratings of natural and built scenes.)

Health Domain



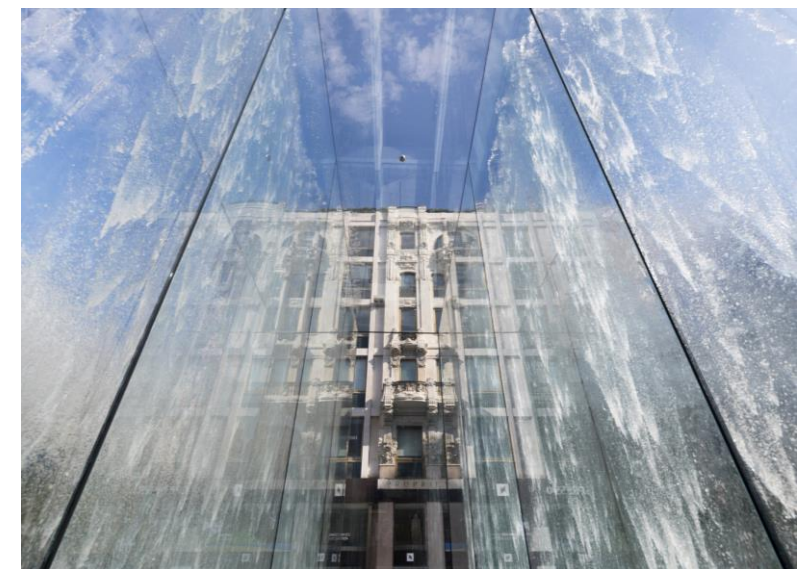
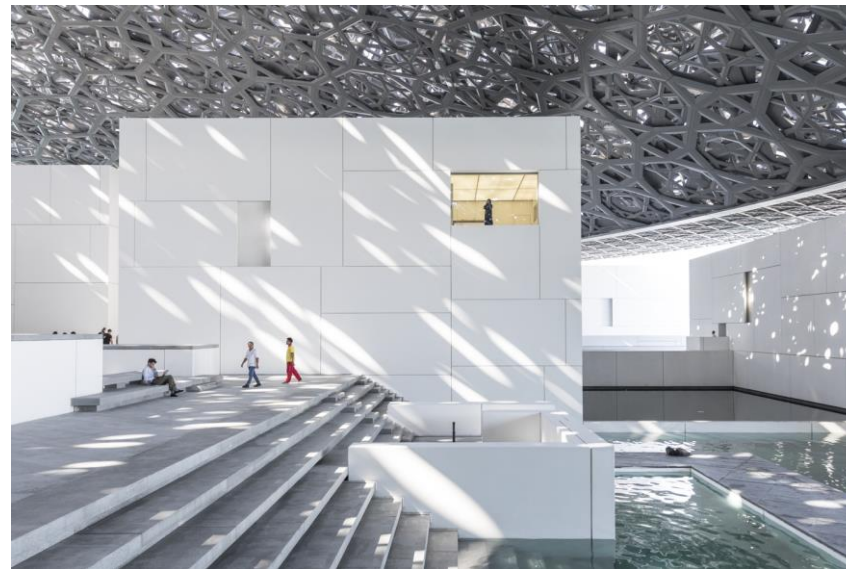
Psychological

Factors

- Sound of water indoor
- Body of water or picture of water
- Indoor humidity

Metrics

- decibels, soundscape quality (brown noise, pink noise, white noise)
- Water flow, m², m³,
- % relative humidity



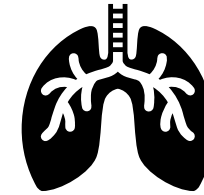
Inventorising biophilic strategies

Thermal and airflow variability

Importantly, a stringent indoor climate control does not guarantee a healthy working environment. **Adding more temperature variability** in buildings might stimulate the thermoregulatory system and **improve occupants' health**

(Marken Lichtenbelt, Pallubinsky, Te Kulve, 2018. Modulation of thermogenesis and metabolic health: a built environment perspective)

Health Domain



Physiological

Factors

- HVAC delivery range
- Variety of indoor climates
- Airflow delivery management

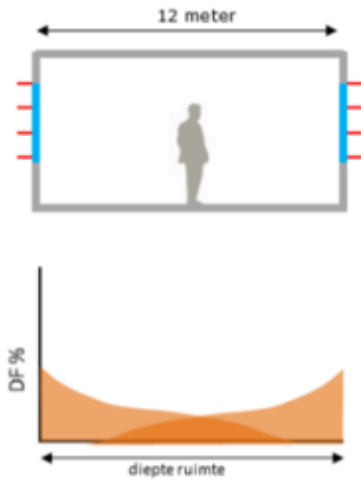
Metrics

- degrees, dynamic set points
- spaces with gradient of T
- kPa, variety of airflows

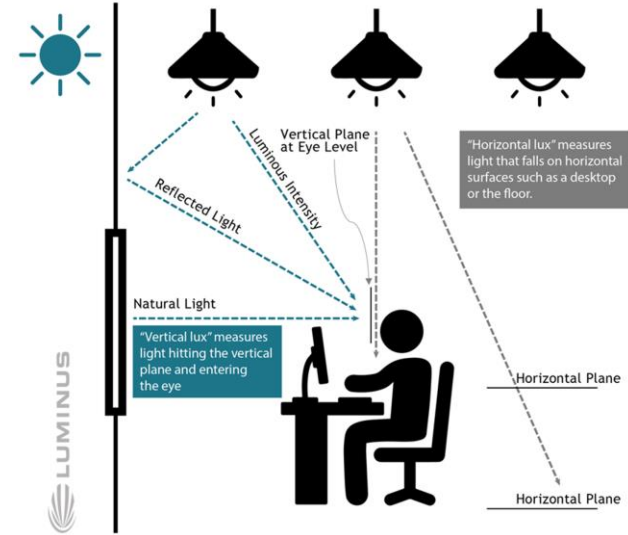


STRATEGIES

Uniform distribution of light for the space

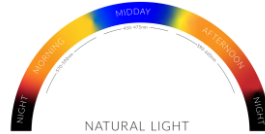


Light variation for wellbeing



Balancing warmer and colder light colour during the day

Circadian Lighting



Strategies

Circadian lighting reproduced the colours and temperature of the natural light cycle; indoors circadian lighting lamps can be installed in permanently occupied spaces.

Thresholds (lux)	Recommended for
<10 Melanopic EDI	Recommended for nighttime hours.
>136 Melanopic EDI	Accepted for circadian synchronization.
<250 Melanopic EDI	Recommended for circadian synchronization

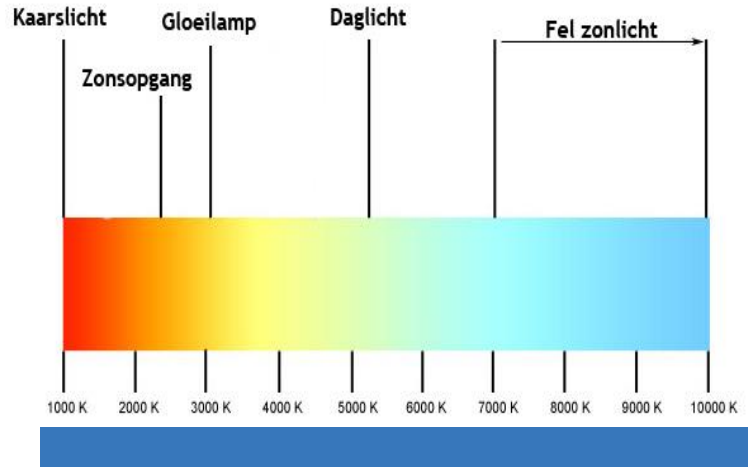
*EDI = Equivalent Daylight Illuminance



Circadian lighting in office spaces – adjusting light brightness and color temperature to mimic sunlight



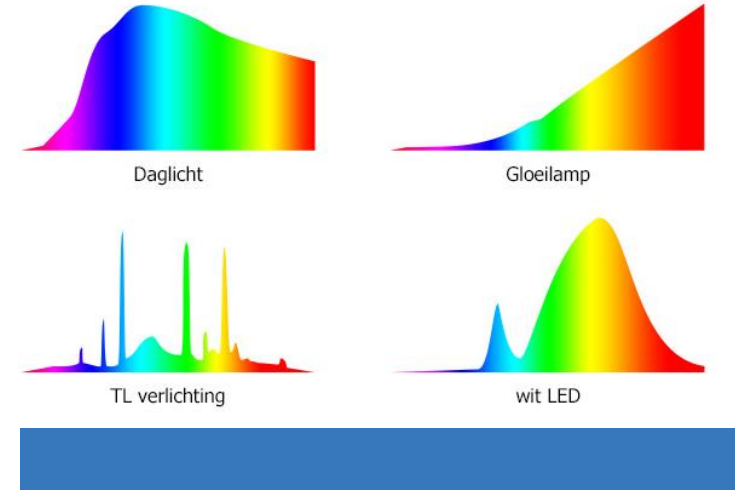
Allowing local control of circadian lighting, shading/glare, temperature



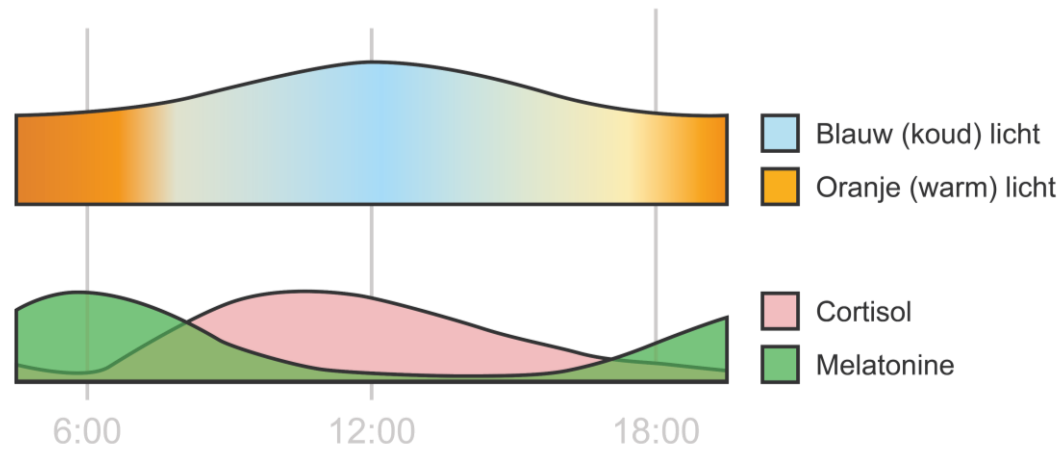
LICHTKLEUR



LICHTINTENSITEIT



LICHTSPECTRUM



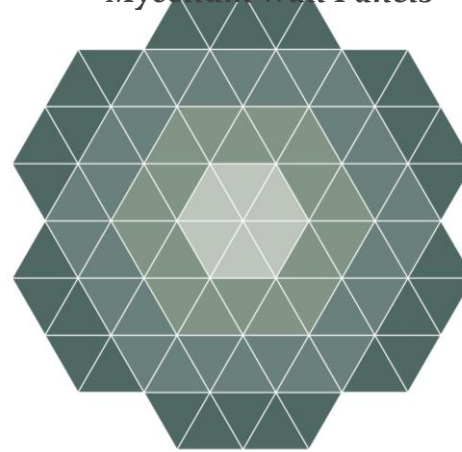
Moss Wall Panels



125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0,11	0,29	0,58	0,93	1,05	0,98

aw 0,55, NRC 0,70

Mycelium Wall Panels



- obtained by growing mycelium, the vegetative part of mushrooms, on organic fibres.
- system combines Nature's vernacular materiality with the radical innovation deriving from mycelium-based technologies

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0,11	0,31	0,48	0,34	0,42	0,46

NRC 0,39

Veneered Wood Ceiling



- Engineered Veneer has a consistent appearance
- Made from 100% wood
- Pre-applied acoustic non-woven material on reverse side

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0,46	0,87	0,97	0,93	0,89	0,75

aw 0,9, NRC 0,95

Acoustic Wood Wool Wall Panels



125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0,55	0,70	0,90	1,00	0,90	1,00

aw 0,9, NRC 0,9

Desk dividers

1. Greenmood G-desk



Voordelen	Nadelen
Biobased materiaal	Nadelen
Toepassing van materiaaltextuur afkomstig van de natuur.	Hoogte ligt onder de 65 cm, namelijk 35 cm.
Gebruik van de natuurlijke kleurenpalet.	Reindeer mos heeft een lage NRC-waarde.
Toepassing van een plant.	Zal niet voor reductie van de STI zorgen.
Bal mos heeft een NRC-waarde van 0,75.	
Akoestisch en dempt geluid.	
Toepassing van biomorfe vormen.	

2. Mos desk divider



Voordelen	Nadelen
Biobased materiaal	Nadelen
Toepassing van materiaaltextuur afkomstig van de natuur.	Reindeer mos heeft een lage NRC-waarde van 0,55. Op zich is dit geen probleem zo lang het de SPL reduceert.
Gebruik van de natuurlijke kleurenpalet.	is niet akoestisch en dempt geen geluid.
Toepassing van een plant.	
Hoogte is 65 cm, wat SPL voldoende reduceert.	
Toepassing van biomorfe vormen.	

Maatwerk:

- 104 x 66 x 9 cm (b x h x d)
- 100 x 47,5 x 9 cm (b x h x d)
- 140 x 47,5 x 9 cm (b x h x d)
- 160 x 47,5 x 9 cm (b x h x d)

Plafond panelen

1. Hover Light plafond paneel



Voordelen	Nadelen
Biobased materiaal.	Nadelen
Toepassing van materiaaltextuur afkomstig van de natuur.	Reindeer mos heeft een lage NRC-waarde, namelijk 0,55.
Gebruik van de natuurlijke kleurenpalet.	Forest heeft een lage NRC-waarde, namelijk 0,40.
Toepassing van een plant.	
Bal mos heeft een NRC-waarde van 0,75.	
Akoestisch en dempt geluid.	
Toepassing van biomorfe vormen.	
Paneel kan toegepast worden op beton.	
Bal mos kan SPL reduceren tot onder 48 dB.	

NRC-waarde per materiaal is:

- Reindeermos: 0,55
- Bal mos: 0,75
- Forest: 0,40

2. Sound off Cloud plafond paneel



Voordelen	Nadelen
Gebruik van de natuurlijke kleurenpalet.	Nadelen
Toepassing van een plant.	Geen biobased materiaal.
Een NRC-waarde van 0,85.	Geen toepassing van materiaaltextuur afkomstig van de natuur.
Toepassing van biomorfe vormen.	Geen toepassing van een plant.
Akoestisch en dempt geluid.	
Paneel kan toegepast worden op beton.	
Kan SPL reduceren tot onder 48 dB.	

NRC-waarde per materiaal is:

- PET-wilt: 0,85

Maatwerk:

- 80 cm (diameter)
- 110 cm (diameter)
- 140 cm (diameter)

3. Organische plafond paneel



Voordelen	Nadelen
Gebruik van de natuurlijke kleurenpalet.	Nadelen
Toepassing van een plant.	Geen biobased materiaal.
Een NRC-waarde van 0,85.	Geen toepassing van materiaaltextuur afkomstig van de natuur.
Toepassing van biomorfe vormen.	Geen toepassing van een plant.
Akoestisch en dempt geluid.	
Paneel kan toegepast worden op beton.	
Kan SPL reduceren tot onder 48 dB.	

NRC-waarde per materiaal:

- PET-wilt: 0,85

Maatwerk:

- Divers.

4. Wood wool plafond paneel



Voordelen	Nadelen
Toepassing van biomorfe vormen.	Nadelen
Biobased materiaal.	Lage NRC-waarde, niet genoeg om SPL en geluiden van de pantry te reduceren.
Toepassing van materiaaltexturen afkomstig van de natuur.	
Gebruik van een natuurlijke kleurenpalet.	
Toepassing van kunst.	
Kan toegepast worden op beton.	

NRC-waarde per materiaal:


- Houtwol: 0,40

Maatwerk:

- 120 x 60 x 2,5 cm (b x h x d)

Wand panelen

1. Groene wand paneel



Voordelen	Nadelen
Toepassing van biomorfe vormen.	Nadelen
Biobased materiaal.	Te lage NRC-waarde voor optimalisatie en reductie.
Toepassing van materiaaltexturen afkomstig van de natuur.	
Gebruik van een natuurlijke kleurenpalet.	
Toepassing van planten.	
Bedrukte muren.	
Kan toegepast worden op hout en gips.	

NRC-waarde per materiaal is:

- Reindeermos: 0,55
- Bal mos: 0,75
- Forest: 0,40

2. Mycelium wand paneel



Voordelen	Nadelen
Toepassing van biomorfe vormen.	Nadelen
Biobased materiaal.	Te lage NRC-waarde voor optimalisatie en reductie.
Toepassing van materiaaltexturen afkomstig van de natuur.	
Gebruik van een natuurlijke kleurenpalet.	
Toepassing van kunst.	
Kan toegepast worden op hout en gips.	

NRC-waarde per materiaal:

- Mycelium 0,6

Maatwerk:

- 50 x 50 x 2 cm (b x h x d)
- 60 x 60 x 2 cm (b x h x d)
- 50 x 100 x 2 cm (b x h x d)

3. Biofold wand paneel



Voordelen	Nadelen
Toepassing van biomorfe vormen.	Nadelen
Biobased materiaal.	
Toepassing van materiaaltexturen afkomstig van de natuur.	
Gebruik van een natuurlijke kleurenpalet.	
Toepassing van kunst.	
Kan toegepast worden op hout en gips.	
Hoge NRC-waarde om SPL en geluiden van de pantry te reduceren.	

NRC-waarde per materiaal:

- Jute kofflezak: 0,95
- Biologisch afbreekbaar plastic: 0,95
- Cellulose: 0,95
- Hennep: 0,95

4. Wood wool wand paneel



Voordelen	Nadelen
Toepassing van biomorfe vormen.	Nadelen
Biobased materiaal.	
Toepassing van materiaaltexturen afkomstig van de natuur.	
Gebruik van een natuurlijke kleurenpalet.	
Toepassing van kunst.	
Kan toegepast worden op hout en gips.	
Hoge NRC-waarde om SPL en geluiden van de pantry te reduceren.	

NRC-waarde per materiaal:

- Houtvezel: 0,96

Maatwerk:

- 1,5 cm (d)
- 2,5 cm (d)
- 3,5 cm (d)
- 5,0 cm (d)

5. Biopulp wand paneel



Voordelen	Nadelen
Biobased materiaal.	Nadelen
Bedrukte muur.	Een te lage NRC-waarde wat de SPL en geluiden van de pantry niet genoeg zal reduceren.
Toepassing van materiaaltexturen afkomstig van de natuur.	
Gebruik van een natuurlijke kleurenpalet.	
Toepassing van kunst.	
Kan toegepast worden op hout en gips.	

NRC-waarde per materiaal:

- Cellulose: 0,35

Maatwerk:

- 100 x 50 x 2 cm (b x h x d)

Schermen

1. Water wanden



Voordelen	Nadelen
Behoort tot elementen van (non-)visueel connection with nature.	Nadelen
Stimuleert natuurgeluiden afkomstig van het water.	Absorbeert geen geluid omdat het gemaakt is van een geluid reflecterende materiaalsoort.
Verlaagt de SPL naar de andere bureau-eilanden.	De waterwand wordt eigenlijk bedoelt om de binnen lucht wat vochtiger te maken
	Het geluid afkomstig van de waterwand kan niet geluid worden als sound masking omdat het te laag is.

2. Kurk schermen



Voordelen	Nadelen
Biobased materiaal.	Nadelen
De wanden hebben een hoogte van 160 en 180 cm, wat gering SPL reduceert.	Kurk heeft een lage NRC-waarde van 0,3.
Gebruik van de natuurlijke kleurenpalet.	
Keuze uit toepassing van biomorfe vormen.	
Toepassing van materiaaltexturen afkomstig van de natuur.	
Toepassing van een bedrukte muur.	

3. G-screens



Voordelen	Nadelen
Biobased materiaal	Nadelen
Toepassing van materiaaltextuur afkomstig van de natuur.	Reindeer mos heeft een lage NRC-waarde, namelijk 0,55.
Gebruik van de natuurlijke kleurenpalet.	
Toepassing van een plant.	
Bal mos heeft een NRC-waarde van 0,75.	
Akoestisch en dempt geluid.	
Toepassing van biomorfe vormen.	
Schermen hebben een hoogte van min. 140 cm, namelijk 160 en 180 cm.	
Reduceert SPL tot onder 48 dB.	

4. Akoestiek room divider XL



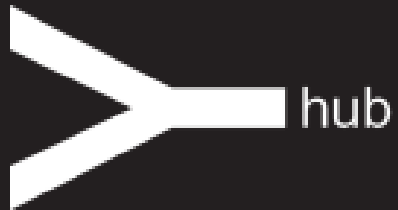
Voordelen	Nadelen
Toepassing van biomorfe vormen.	Nadelen
Geen toepassing van materiaaltextuur afkomstig van de natuur.	
Gebruik van de natuurlijke kleurenpalet.	
Geen biobased materiaal.	
NRC-waarde van 0,70.	
Akoestisch en dempt geluid.	
Scheren heeft een hoogte van boven de 140 cm, namelijk 244 cm.	
Reduceert SPL tot onder 48 dB.	

Maatwerk:

- 244 x 122 cm (b x h)

**PROJECT EXAMPLE: PALEIS
VAN JUSTITIE, DEN HAAG AND
THE GRADIENT BUILDING**

NUDUS

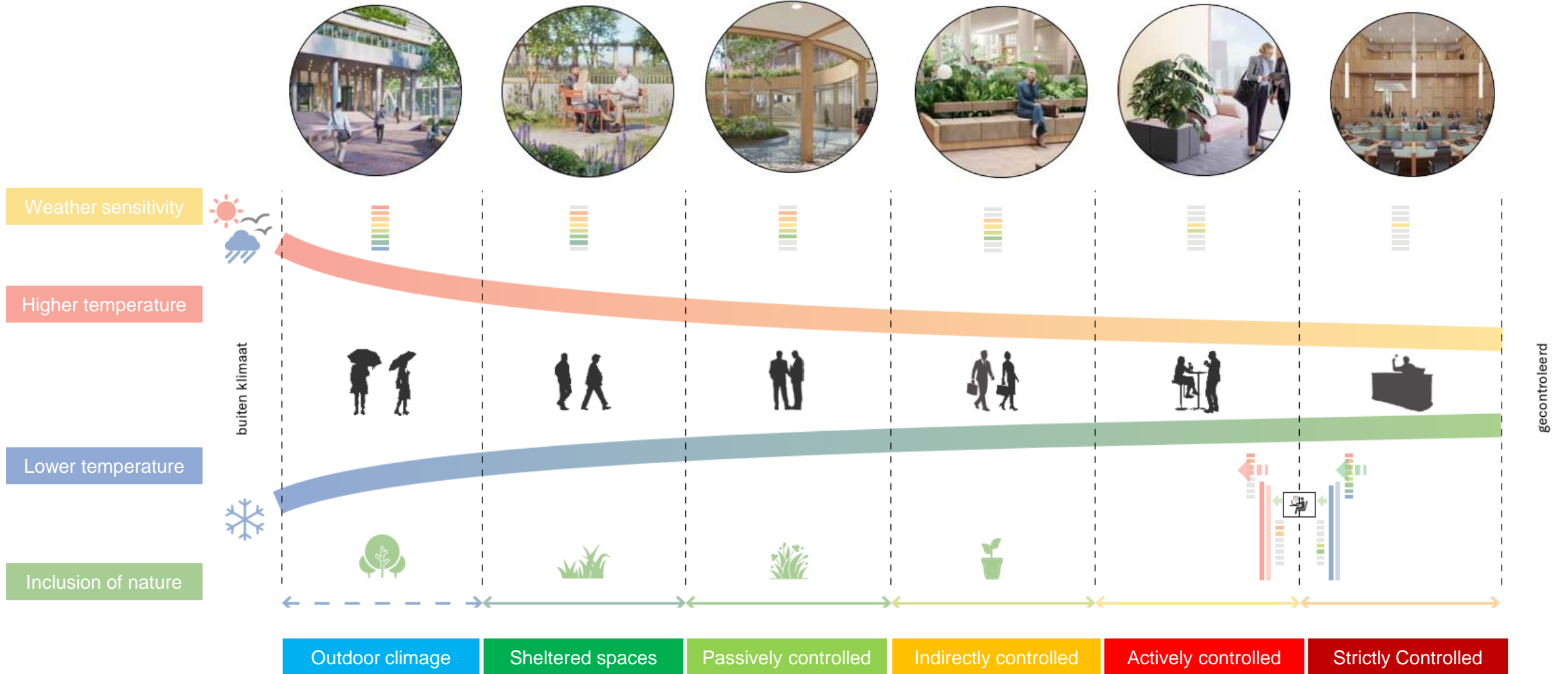


KARRES
BRANDS

abt

Paleis van Justitie Den Haag







Traditioneel

Buiten klimaat

beschut



Installatie omvang:
100%

Energie gebruik verwarmen, koelen:
100%

Prijsvraag concept

Buiten klimaat

beschut



< 65%

< 50%





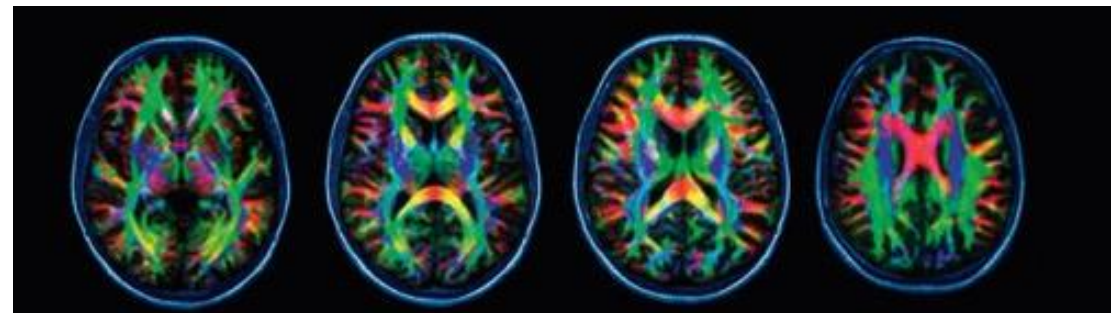
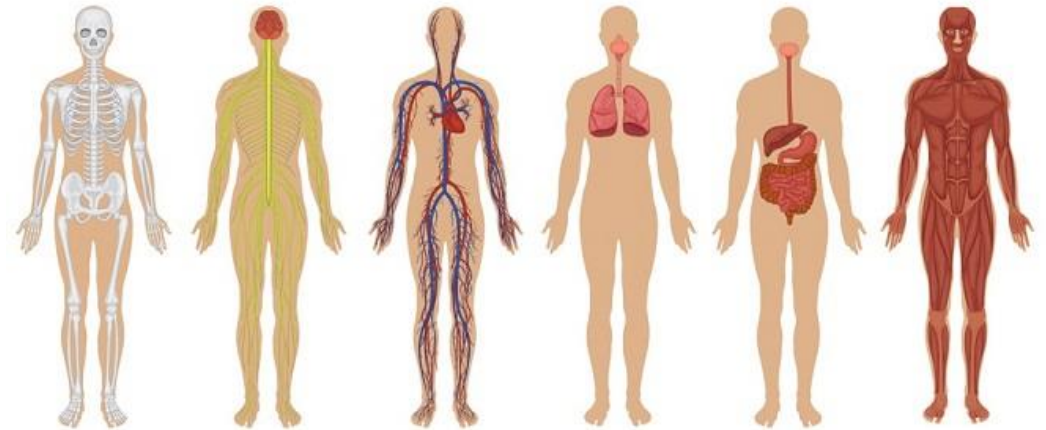
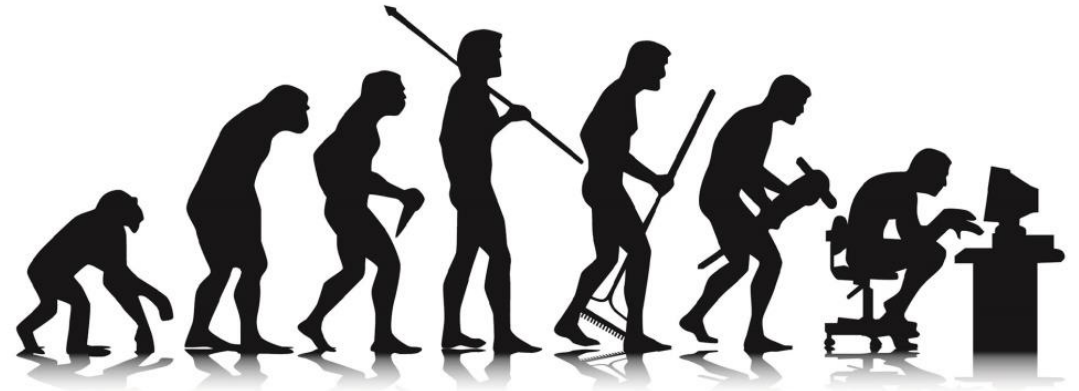


A field study: what effects does biophilic design have in an office space?

AN INTERDISCIPLINARY CHALLENGE

There are different areas of knowledge that are involved such as:

- Environmental psychology,
- Ergonomics,
- Movement theory,
- Physiology,
- Brain development





Biophilic Design

Biophilic design can positively affect human behaviours by influencing cognitive and psychological aspects while reducing 'Sick building syndrome'. Building physics and human related indicators relevant for each biophilic strategy are mapped and scored in this matrix.



Domain	Patterns	Factors	Health domain	Standards	Guidelines	Scientific articles	Tools	Rating %
Climate & ambience design	2. Non-visual connection with nature	2.1 Digital simulation of natural sounds	Cognitive					45
		2.2 Natural smelling plants or objects	Cognitive					37
		3. Non-rhythmic sensory stimuli	3.1 Sound	Cognitive				12
	3. Non-rhythmic sensory stimuli	3.2 Smell/Odors	Cognitive					17
		3.3 Vision	Cognitive					21
		4. Thermal and airflow variability	4.1 HVAC delivery range	Physiological				
	4.2 Variety of indoor climates		Physiological					70
	4.3 Airflow delivery management		Physiological					96
	5. Presence of water	5.1 Sound of water	Physiological					75
		5.3 Indoor humidity	Physiological					100
		6. Dynamic and diffuse light	6.1 Temperature and colour of the light control	Cognitive				
	6.2 Luminance ratio		Cognitive					100
	6.3 Daylight		Cognitive					100
	6.4 Comfort of lighting		Cognitive					100
	7. Connection with natural systems	7.1 Integration of natural processes of the outdoors	Physiological					8
7.2 Daylight factor		Physiological					100	
7.3 Connection with nature/water		Cognitive					41	

Category	Item	Health domain	Standards	Guidelines	Scientific articles	Tools	Rating %	
Materials	1. Visual connection with nature	1.4 Handmade of digital depiction	Physiological				33	
	5. Presence of water	5.2 Body/picture of water	Cognitive				21	
		8. Biomorphic forms and patterns	8.1 Textured surface mimicking natural forms	Cognitive				12
			8.2 Variety of textured surface	Physiological				12
	8. Biomorphic forms and patterns	8.3 Quantity of biomorphic furniture	Physiological				17	
		9. Material connection with nature	9.1 Materials	Physiological				12
	9.2 Theory of colour		Physiological				8	
	10. Complexity & order	10.1 Hierarchy of measures	Physiological				0	
		10.2 Art installation	Cognitive				0	
		10.3 Proportion applied to design	Physiological				0	
Space design	1. Visual connection with nature	1.1 Surface of indoor green area/view to green area	Physiological				37	
		1.2 Surface of outdoor green area	Physiological				37	
		1.3 Window ratio to opaque area	Cognitive				25	
		1.4 Handmade of digital depiction	Cognitive				33	
	2. Non-visual connection with nature	2.3 Incooperability of variety of pets in the space	Physiological				4	
		11. Prospects	11.1 Open views	Physiological				12
			11.2 Partition heights	Physiological				12
	11.3 Open floorplans		Physiological				17	
	12. Refuge	12.1 Transitory spaces	Physiological				12	
		12.2 Integration of refuge spaces	Physiological				0	
		12.3 Integration of arcades & covered walkways or porches indoor and outdoor	Physiological				0	
	13. Mystery	13.1 Triggering paths	Physiological				17	
		13.2 Hidden areas	Physiological				12	
	14. Risk/peril	14.1 Height	Cognitive				12	
14.2 Risk features		Physiological				12		

Case study: ABT Delft office

- Questionnaire to occupants-> how is the comfort level in the office?
- IAQ monitoring study> are the environmental parameters satisfying?
- What about odours, visual connection with nature?
- How can we monitor physiological data of our occupants?

We want to assess the impact of biophilic strategies on these 3 main domains



COGNITIVE FUNCTIONALITY & PERFORMANCE

Cognitive functioning encompasses our **mental agility** and **memory**, and our ability to think, learn and output either logically or **creatively**.



PSYCHOLOGICAL HEALTH & WELLBEING

Psychological responses encompass our adaptability, alertness, **attention**, concentration, **emotion** and **mood**.

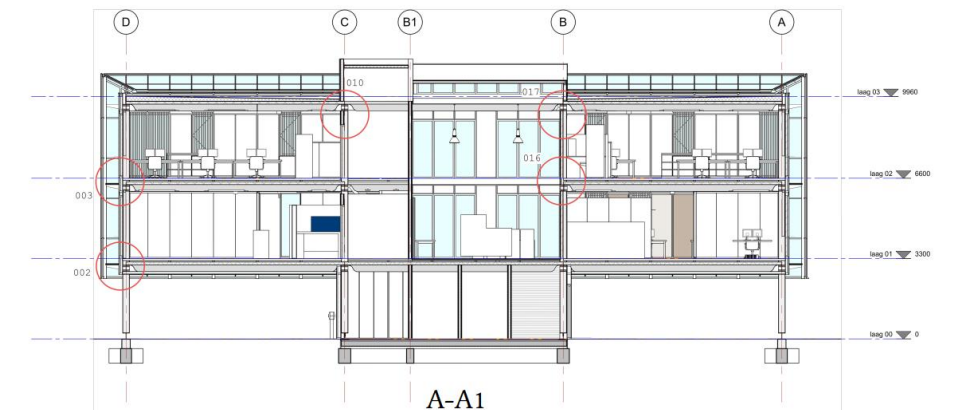


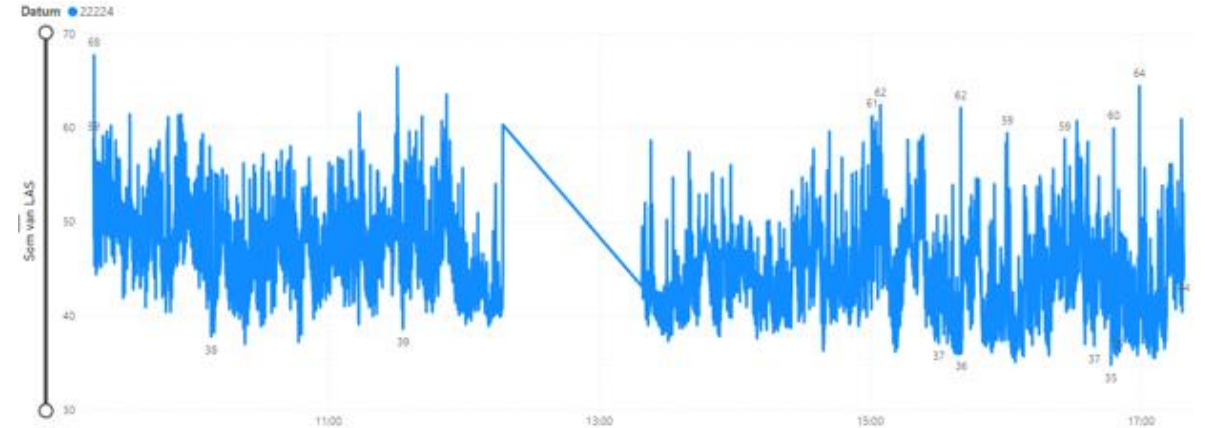
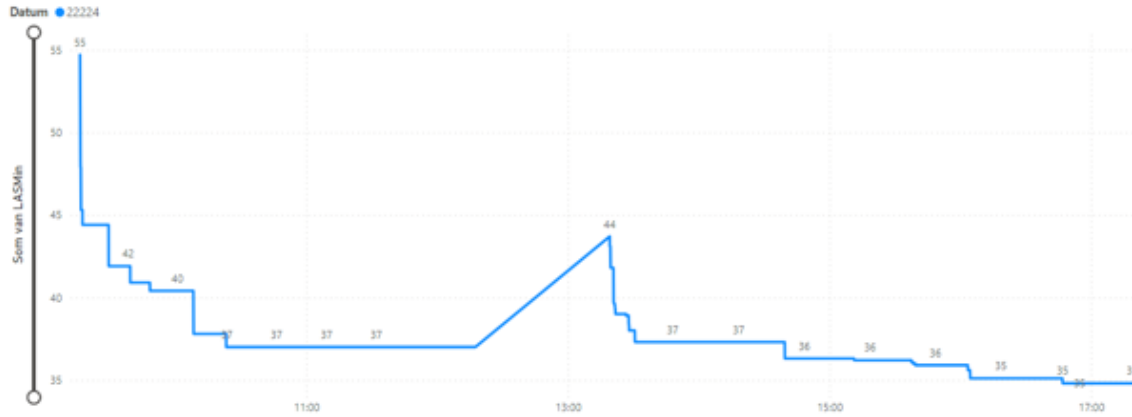
PHYSIOLOGICAL HEALTH & WELLBEING

Physiological responses encompass our aural, musculoskeletal, **respiratory**, circadian systems and overall **physical comfort**.

Case study: ABT Delft office

- **Perceived comfort and wellbeing:** Questionnaire to occupants-> how is the comfort level in the office?
- **Environmental data:** IAQ monitoring study> are the environmental parameters satisfying?
- **Connection with nature:** What about odours, visual connection with nature?
- **Physiological wellbeing:** How can we monitor physiological data of our occupants?





LASMin

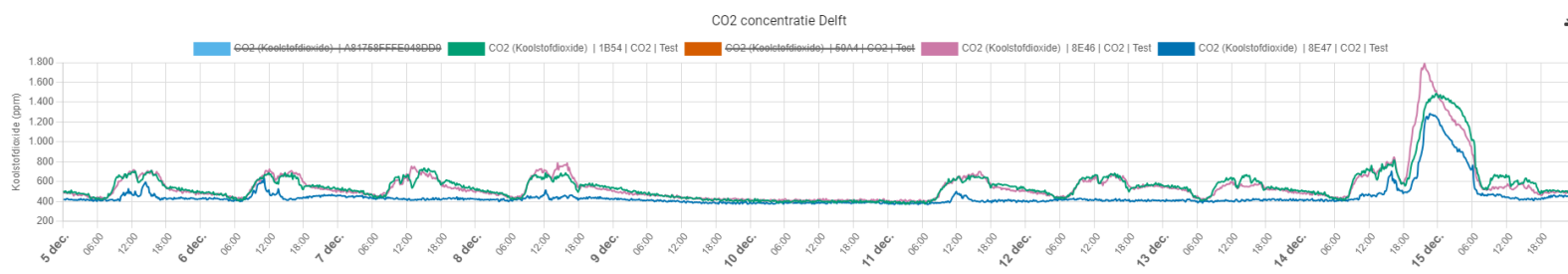
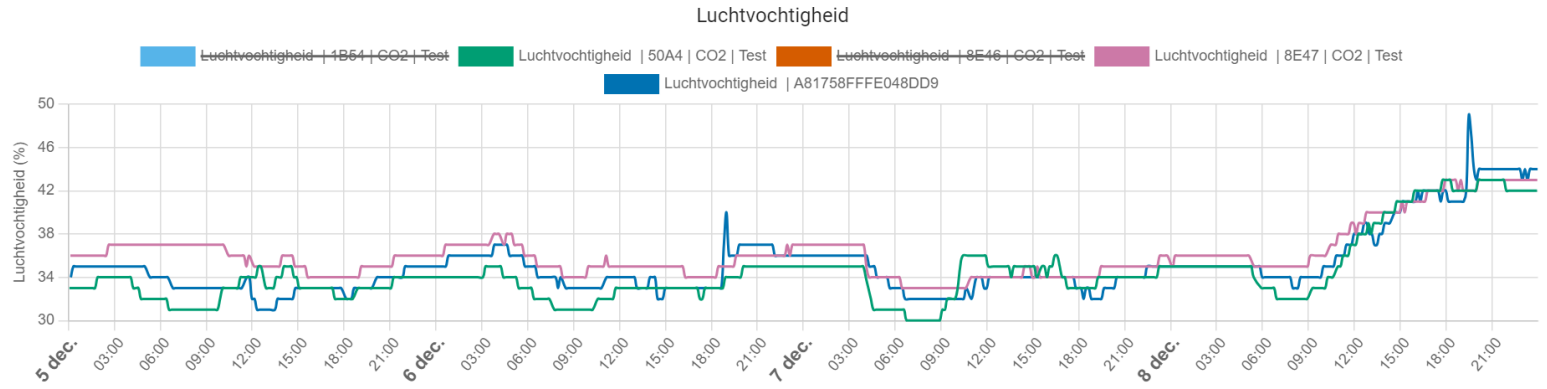
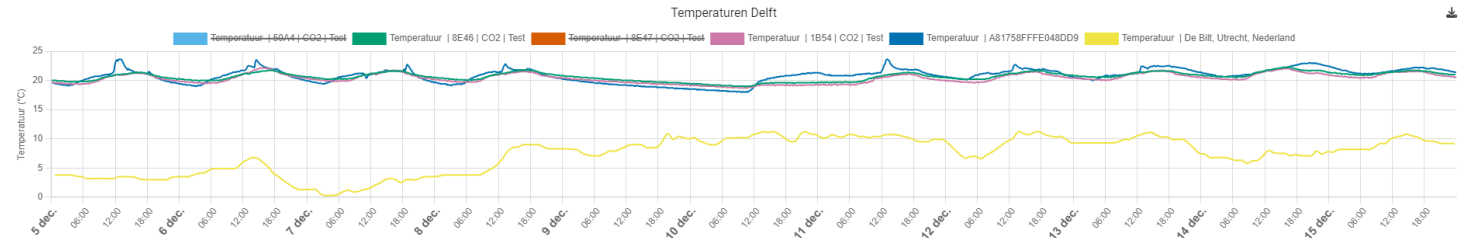
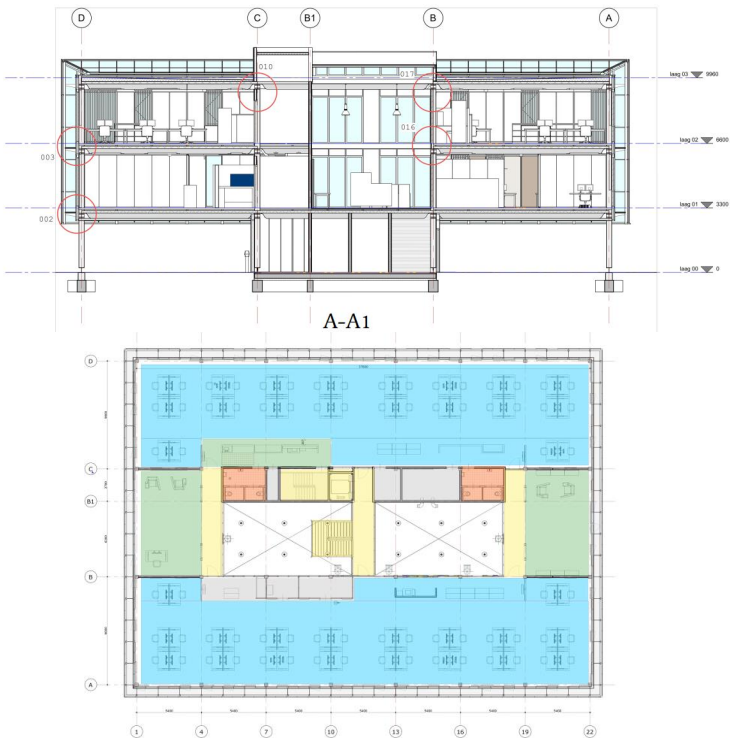


LASMax

- Sound level pressure monitored through a UMIK microphone
- Excluding the lunch break
- Peaks are at 68 db, mainly due to noise from people speaking
- Lowest at 35 db
- Noise sources are pantry (coffee machine), ventilation fans, people speaking

Office monitoring Through SENSI:

- Average humidity is 45%, which is within office threshold;
- Temperature fluctuates within 19-21 degrees
- CO₂ levels < 800 ppm at all times, some peaks in canteen



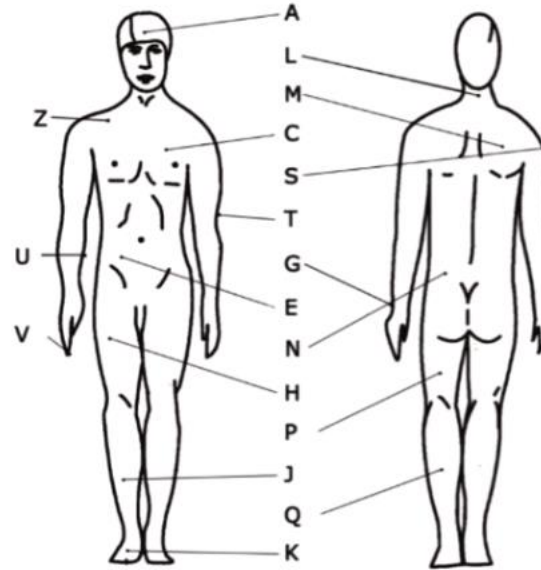
Physiological testing with skin temperature
ibuttons – to measure local comfort

We have located the ibuttons on 3 positions
per tester:

- Chest
- Hand
- Chloting

- Hearbit x 3s → to measure stress levels
and relaxation

-> Working with Maastrich University department of
Science and nutrition



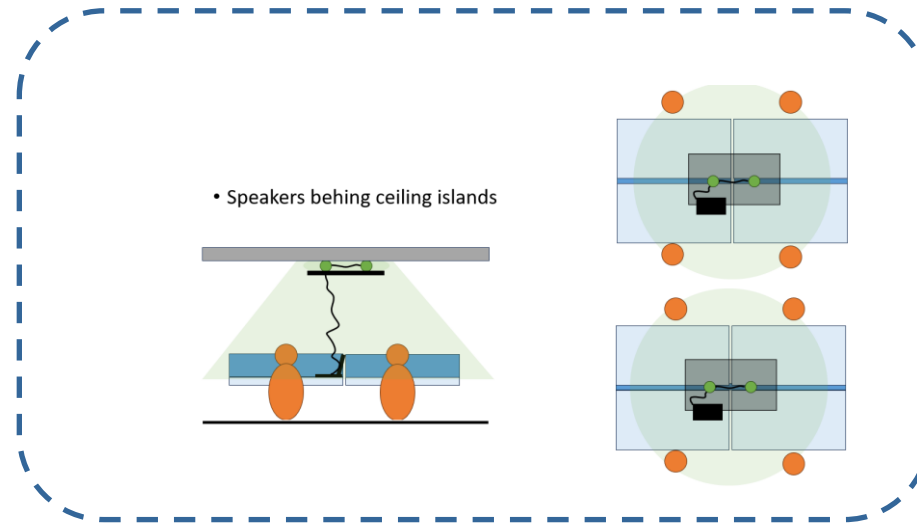
Skin Temperature sensor



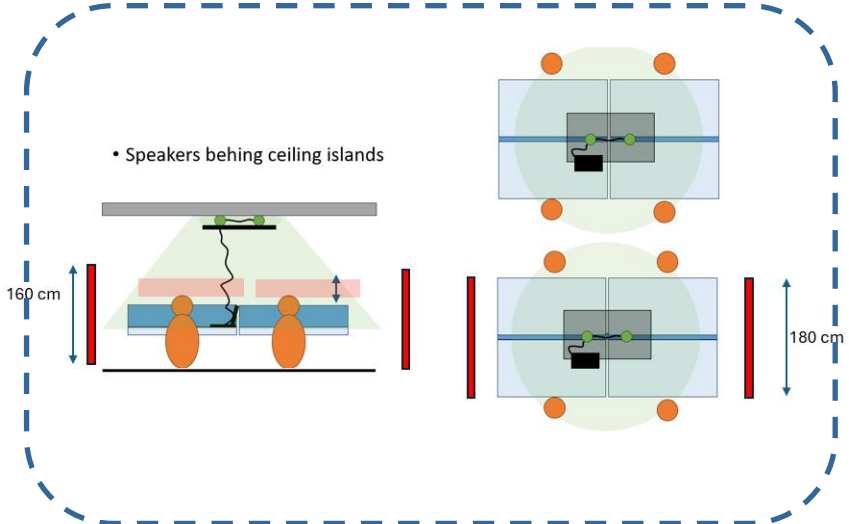
Fitbit watch Sense 2

Biophilic strategies:

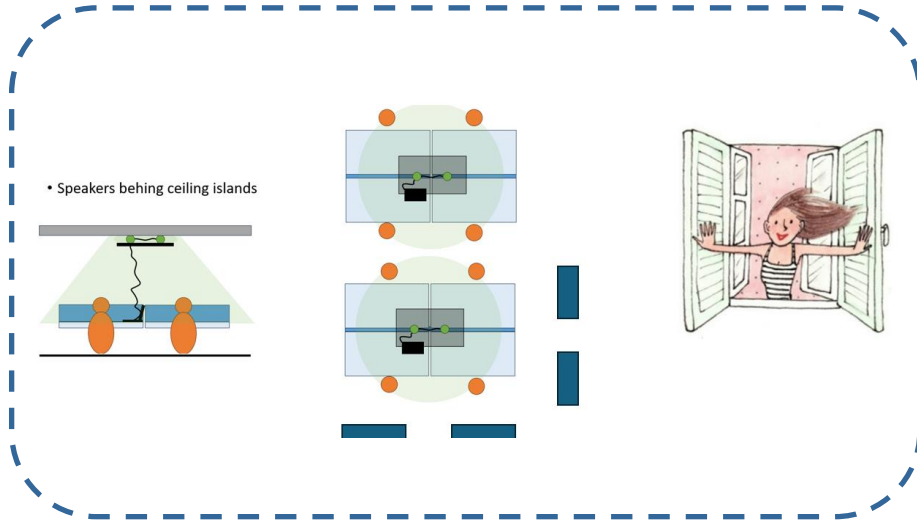
- **Week 0** – Briefing meeting
- - Baseline health metrics monitoring
- **Week 1**- Sound masking option
- **Week 2**- Natural ventilation
- **Week 3** - Locate plants by the side of the desks
- **Week 4** – Immersive space



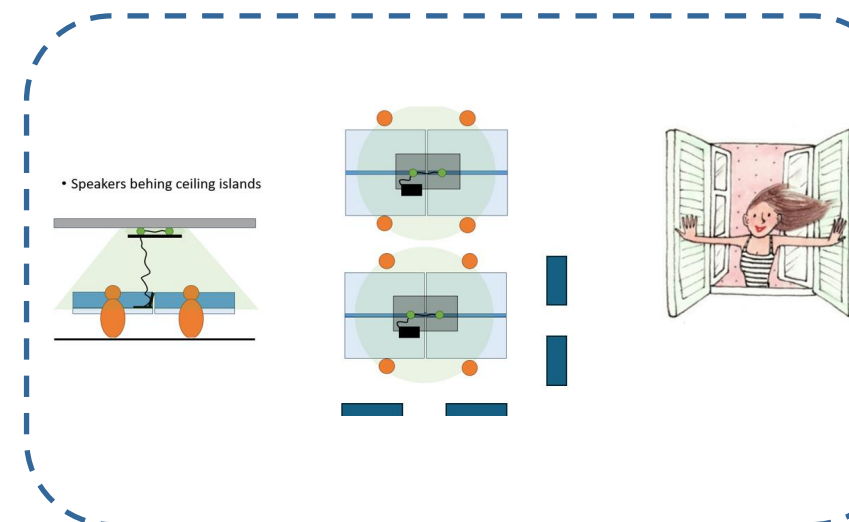
Option 1- Sound masking



Option 2- Natural ventilation



Option 3- Visual connection with greenery



Option 4- Immersive week

Sound Masking Curve

An effective sound masking system is engineered to play a specific spectrum that does the following:

- Masks out critical frequencies of speech without adding unnecessary noise at higher frequencies.
- Is tuned to make sure there are no tonal components (jump from one frequency to the next), which helps minimise the perception of the sound.
- Takes into account the existing ambient noise level within the space. Rather than ‘adding on’ sound, it works out what the existing spectrum is and fills the gaps to bring it up to the desired curve. Be tuned in each individual location..

Figure 5 - Ideal sound masking curve and typical office ambient noise

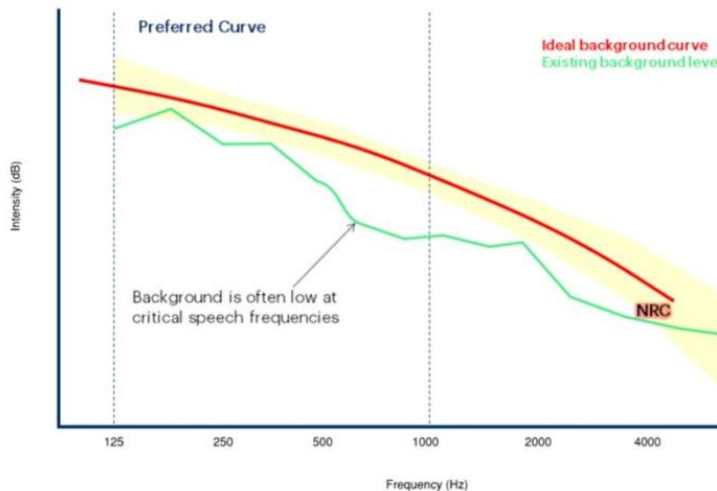
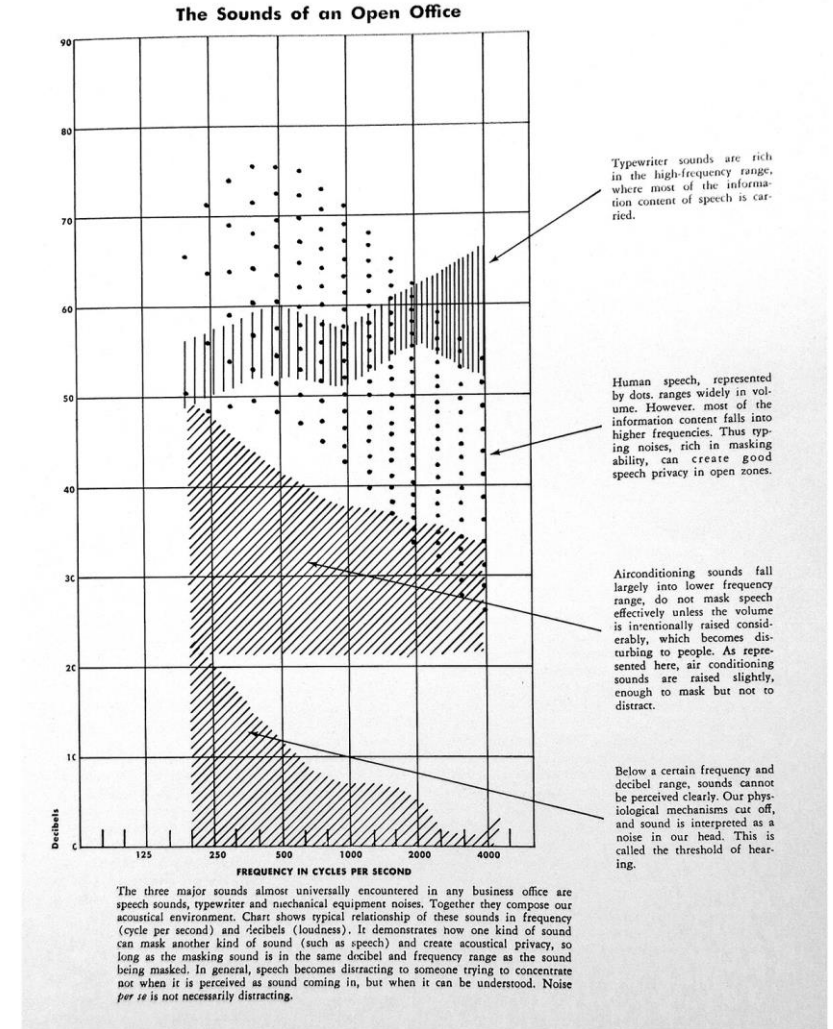
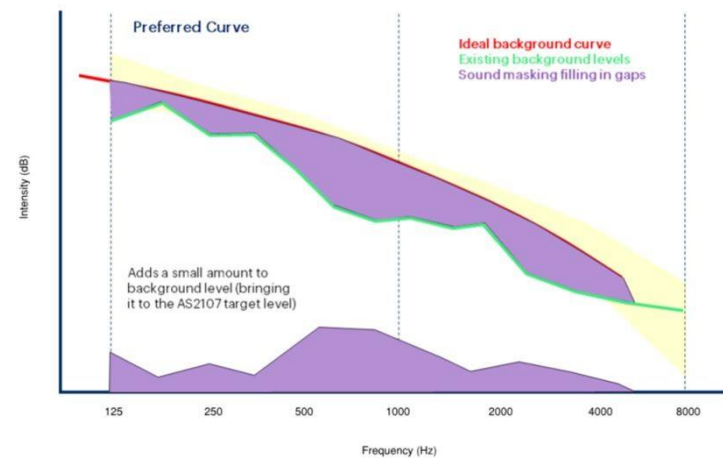


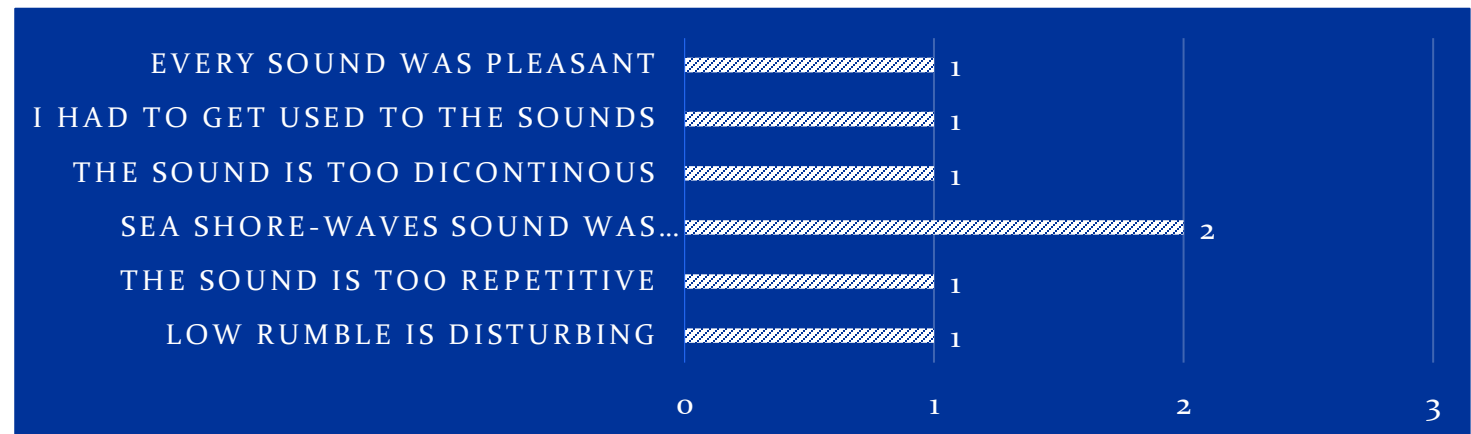
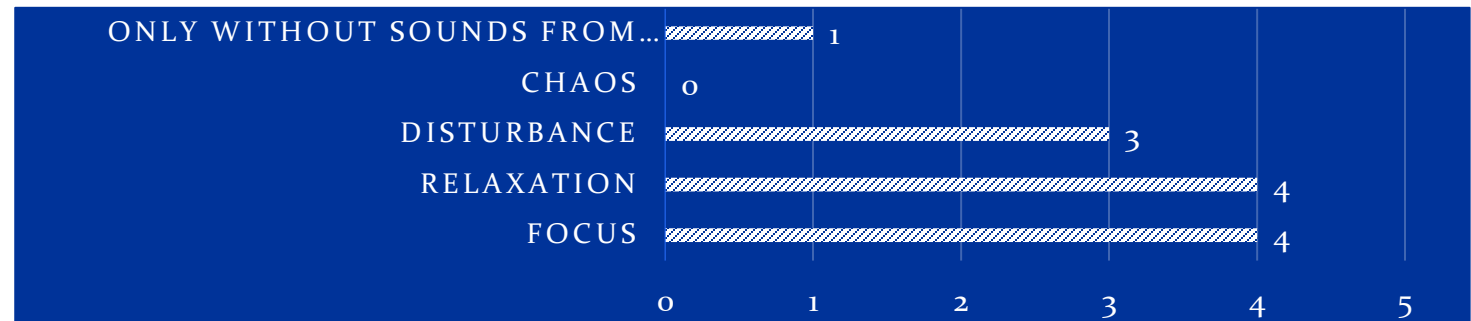
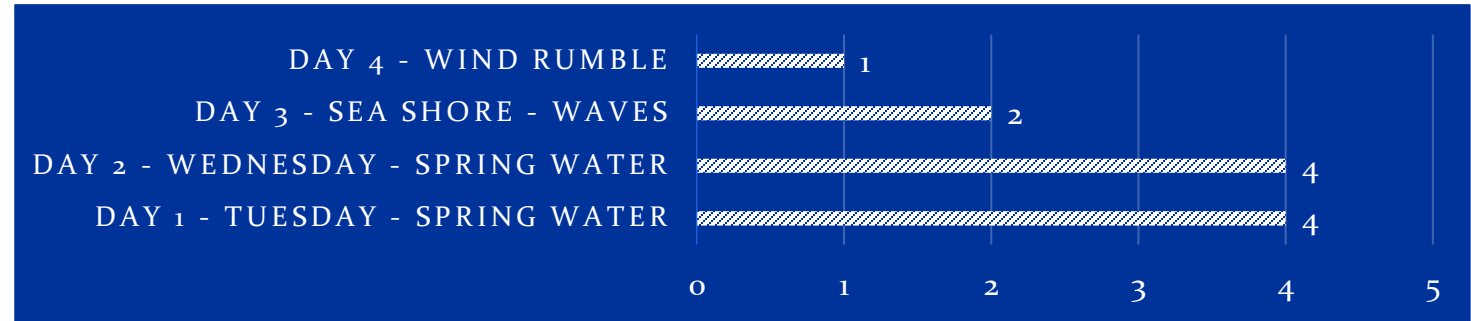
Figure 6 - Sound Masking tuned frequency levels



Tuning the office sound masking and the architectonics of office work
Joeri Bruyninckx

Survey field study

- Which sound masking type do you prefer?
- Do you think the sounds were stimulating?
- Which sound was unpleasant?



 Placeholder



 Placeholder