

De kracht van interieurontwerp als strategie voor een thermische comfortabele woonbeleving

Hanne Franssen
Master interieurarchitectuur
Universiteit Hasselt – faculteit Architectuur & Kunst
Masterscriptie 2023-2024
Promotor: Prof. Dr. Ir. Arch. Griet Verbeeck
Studiobegeleiders: Prof. Arch. Asli Çeçek, Arch. Najiw Zemmouri

Seminarie: Circulair Bouwen
Masterstudio: Wonen

Voor u ligt de scriptie 'De kracht van interieurontwerp als strategie voor een thermisch comfortabele woonbeleving'. De scriptie werd geschreven in het kader van de masteropleiding Interieurarchitectuur binnen de Universiteit Hasselt.

Graag wil ik van de gelegenheid gebruik maken om mijn promotor, Griet Verbeeck, te bedanken voor haar deskundige ondersteuning en de opbouwende feedback tijdens begeleidingen bij het schrijven van deze masterscriptie. Hiernaast wil ik ook mijn studiobegeleiders, Asli Çeçek en Najiw Zemmouri, bedanken voor de goede begeleiding om mijn masterproject tot een goed eindresultaat te brengen.

Verder wil ik mijn ouders en mijn vriend Stef bedanken voor hun onvoorwaardelijke steun en bemoedigende woorden die er steeds weer voor zorgden dat ik de moed niet verloor. Niet enkel bij het schrijven van mijn masterthesis, maar elke dag tijdens mijn vier-jaar lange opleiding.

Ten slotte wil ik u graag meenemen in mijn verhaal over het creëren van een thermisch comfortabele woonbeleving en wens ik u veel plezier bij het lezen van deze scriptie.

De onderzoeksvraag in deze masterscriptie luidt: 'Hoe kan interieurontwerp als strategie ingezet worden om een woning te renoveren met aandacht voor thermische beleving en comfort met zo weinig mogelijk aanvullende installaties?'

In deze scriptie wordt door middel van literatuuronderzoek en toepasselijke casestudies een praktijkgericht en wetenschappelijk onderbouwd antwoord gezocht op de centrale onderzoeksvraag.

In deze tijd van klimaatverandering en energiebewustwording verdient thermisch comfort verdieping en daarom wordt er in deze scriptie hier aandacht aan besteed. Meer bepaald in de context van hoe interieurontwerp ingezet kan worden met een positieve milieu-impact als bondgenoot.

Op de reis naar inzichten en toepasselijke oplossingen wordt in het eerste deel van de literatuurstudie dieper ingegaan op het begrip thermisch comfort, hoe de mens thermisch comfort ervaart en wat de invloed is van interieurontwerp op thermisch comfort en energieverbruik. In het tweede deel van de scriptie worden oplossingen besproken met een positieve impact op zowel thermisch comfort als het verminderen van energieverbruik en wordt de veelbelovende benadering van energie-sufficiëntie in detail besproken.

Vervolgens worden er drie spraakmakende cases geanalyseerd en bestudeerd. Enkele positieve elementen en toepassingen uit hun ontwerpfilosofie zijn weerhouden om als inspiratie en input te dienen voor het masterproject.

Door denken en doen één te laten worden in de benadering en strategie in het masterproject, is getracht een zo positief mogelijke bijdrage te leveren aan een flexibel en kwaliteitsvol woonproject waar het thermisch comfort en het welbevinden van de bewoners centraal staat met zo weinig mogelijk directe en indirecte milieu-impact.

Inhoudsopgave

Dankwoord.....	3
Abstract.....	5
1 Inleiding.....	9
2 Literatuurstudie.....	10
2.1. Thermisch comfort.....	11
2.1.1. Wat betekent comfort?.....	11
2.1.2. Wat betekent thermisch comfort?.....	11
2.1.3. Hoe kan thermisch comfort gemeten worden?.....	11
2.1.3.1. Het Fanger-model.....	11
2.1.3.2. Het adaptief comfortmodel.....	12
2.1.4. Olgayay's bioclimatic chart (OBC).....	13
2.1.5. Het bioklimatisch bouwconcept.....	14
2.1.5.1. Bioklimatische strategieën in de architectuur.....	15
2.2. Thermisch comfort en de mens.....	16
2.2.1. Hoe voelt de mens (fysisch) thermisch comfort?	16
2.2.2. Het effect van tijdverdrijf buiten onze thermische comfortzone op de mens.....	16
2.2.3. De mens geniet van thermische variatie.....	17
2.3. Thermische associatie met plaatsen.....	18
2.4. De invloed van interieurontwerp op thermisch comfort in een ruimte.....	21
2.4.1. Isolatie en ventilatie.....	21
2.4.2. Oriëntatie en zonwering.....	21
2.4.3. Thermische inertie.....	21
2.4.4. Materiaal- en kleurkeuze.....	21
2.4.5. Indeling van de ruimte en aanpasbare elementen.....	23
2.5. Oplossingen voor minder energieverbruik met oog op thermisch comfort.....	24
2.5.1. Een dynamisch adaptief binnenklimaat.....	24
2.5.2. Toepassing van lokale klimaatregeling.....	24
2.5.3. Energie-sufficiëntie in plaats van energie-efficiëntie.....	26
2.5.3.1. Verminderen van de energievraag.....	26
2.5.3.2. Aanpassen van de energievoorziening.....	26
2.5.3.3. Vervangen van het energieverbruik.....	27
2.6. Ruimtelijke ontwerpstrategieën voor energie-sufficiëntie en thermisch comfort	28
2.6.1. Groeperen van plaatsen.....	28
2.6.2. Flexibele plaatsen.....	28
2.6.3. Flexibele ruimtes.....	28
2.6.4. Linken van plaatsen.....	28
2.6.5. Migratie.....	29
3 Casestudie.....	30
3.1. Casestudie 1: Huis Verbiest.....	31

3.2. Casestudie 2: Naked House.....	36
3.3. Casestudie 3: Tentoonstellingen Philippe Rahm.....	41
3.3.1. 'The anthropocene Style' – San Francisco.....	41
3.3.2. 'Anthropocene furnishings at Biennale Interieur' - Kortrijk.....	44
4 Conclusie.....	46
5 masterproject.....	47
5.1. Gekozen project.....	48
5.2. Analyse van bestaande context van het gebouw.....	48
4.2.1. Thermische analyse.....	49
4.2.2. Analyse gebruikspatronen.....	53
5.3. Ontwerpstrategie.....	57
5.4. Uitwerking ontwerp.....	58
5.5. Conclusie.....	65
Figurenlijst.....	67
Bronnenlijst.....	70

Als men denkt aan thermisch comfort dan wordt er meteen gedacht aan het abstracte begrip van je thermisch aangenaam voelen in een ruimte. Meestal wordt de ruimte door middel van installaties, zoals radiatoren, airco-units, etc., verwarmd of gekoeld om het gestandaardiseerde neutrale comfort niveau te behalen. Maar het gaat om veel meer dan dat. Het gaat over plezier en thermische beleving in een ruimte, over het samenbrengen van individuen, hun welbevinden, etc.

Hoe kan interieurontwerp als strategie ingezet worden om een woning te renoveren met aandacht voor thermische beleving en comfort met zo weinig mogelijk aanvullende installaties?

Om hier antwoord op te formuleren vanuit relevante theorie, heb ik een literatuurstudie uitgevoerd. Hier heb ik informatie verzameld uit artikels, publicaties, rapporten en online informatie om inzichten te vinden voor mijn onderzoeksvraag.

Als eerste wordt het technische aspect en de essentie van thermisch comfort besproken en hoe dit gemeten en beoordeeld kan worden, om zo een beter overzicht te krijgen van wat dit begrip inhoudt. In een volgende stap wordt er gekeken naar de relatie van thermisch comfort tot de mens en wordt er rekening gehouden met bijkomende elementen: thermische variatie, het thermoregulerend vermogen van mensen die bovendien ook genieten van thermische variatie en deze ook opzoeken. Dit leidt tot de vraag: 'Waarom al deze elementen ook niet toepassen in interieurontwerp in plaats van de gangbare handhaving van een constante binnentemperatuur die zwaar weegt op energieverbruik?'. Er zullen hiervoor oplossingen met een positieve impact op zowel thermisch comfort als op energieverbruik besproken worden, waaronder energiebewust gedrag stimuleren, een dynamisch adaptief binnenklimaat, lokale temperatuurregeling en de veelbelovende benadering van energie-sufficiëntie.

Na deze literatuurstudie worden drie spraakmakende en toepasselijke casestudies geanalyseerd en vergeleken. Hun ontwerpfilosofie wordt besproken ter versterking van de bevindingen uit de literatuurstudie en ter inspiratie en ondersteuning van de gekozen strategieën in het masterproject.

Tenslotte heb ik door deze studie inspiratie en uitgangspunten gevonden om een krachtige benadering en eigen strategie uit te werken met focus op thermisch comfort met interieurontwerp als bondgenoot om mijn masterproject te creëren. Dit masterproject wordt op het einde van deze thesis besproken.

2 Literatuurstudie

2.1. Thermisch comfort

2.1.1. Wat betekent comfort?

Het begrip “comfort” verwijst naar “een situatie waarbij de toestand van de mens als aangenaam wordt ervaren; een staat van welzijn, en die ook gekenmerkt wordt door de afwezigheid van onaangenaamheden. Het is een staat van zijn waarin de mens geen moeite hoeft te doen om zich goed te voelen.” (Wikipedia, 2016) Er zijn 3 verschillende soorten comfort: fysiek comfort, bijvoorbeeld een warm deken, psychisch comfort, bijvoorbeeld iemand voelt zich in een bepaalde situatie begrepen en ondersteund, en functioneel comfort, bijvoorbeeld een comfortabele zetel. Over het algemeen wordt comfort gezien als een positieve toestand die de kwaliteit van leven verbetert, alsook de gezondheid en de ontwikkeling van de mens zelf. (Wikipedia, 2016)

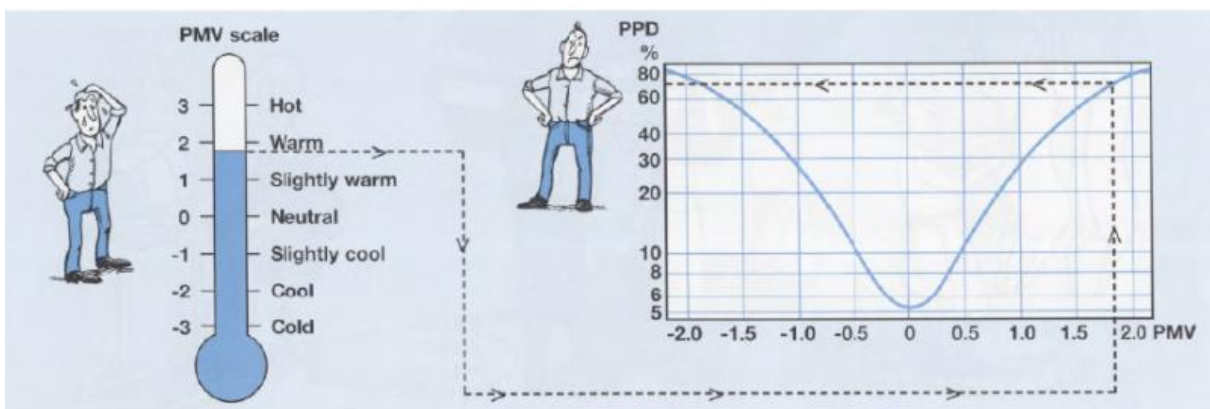
2.1.2. Wat betekent thermisch comfort?

Het begrip “thermisch comfort” verwijst naar “de mate waarin men tevreden is over het thermisch binnenklimaat van een gebouw: niet te warm, niet te koud, geen tocht of koude straling...”. (AGION, z.d.) Verschillende meetbare factoren beïnvloeden het thermisch comfort in een gebouw zoals de buitenomstandigheden, wind, zon en temperatuur, isolatie, de hoeveelheid en oriëntatie van ramen in een gebouw en de kwaliteit en capaciteit van HVAC-systemen. (RIVM, 2011) Ook individuele aspecten spelen een rol bij thermisch comfort, zoals leeftijd, activiteit, kleding, gezondheid, etc. (AGION, z.d.) Thermisch comfort is een belangrijk concept in de wereld van (interieur)architectuur. Het ontwerpen van een thermisch comfortabele omgeving is bedoeld om de tevredenheid en productiviteit van mensen te verbeteren. Hier bovenop heeft thermisch comfort veel invloed op het energieverbruik. (Kurvers & Leijten, 2011) Zoals in het volgend onderdeel beschreven, bestaan er verschillende richtlijnen die gebruikt worden om de parameters voor thermisch comfort te definiëren, te meten en te beoordelen.

2.1.3. Hoe kan thermisch comfort gemeten worden?

2.1.3.1 Het Fanger-model

Het “Fanger-model” is de meest bekende maar een strikte methode voor het beoordelen van thermisch comfort. Hiermee kan vrij objectief worden vastgesteld in welke mate de temperatuur in een ruimte als “te warm” of “te koud” wordt ervaren door de gemiddelde gebruiker. In dit model worden de comfortcriteria uitgedrukt in “Predicted Mean Vote” (PMV) en “Predicted Percentage of Dissatisfied” (PPD). (AGION, z.d.)



Figuur 1. Relatie tussen PMV en PPD (AGION, z.d.)

De “Predicted Mean Vote” (PMV), of de voorspelde gemiddelde waardering, geeft aan hoe de gemiddelde gebruiker het thermisch binnenklimaat ervaart. Hierbij spelen de omgeving en de persoon een belangrijke rol. (AGION, z.d.) Op de website van Ecophon (www.ecophon.com) worden deze parameters omschreven:

- Luchttemperatuur: is de temperatuur van de lucht in de ruimte maar die is niet overal doorheen de ruimte hetzelfde. Warme lucht stijgt namelijk en dit wil zeggen dat hoe hoger in de ruimte hoe warmer het is. Dit proces wordt stratificatie of gelaagdheid genoemd. De luchttemperatuur kan beïnvloed worden door passieve en mechanische verwarming en koeling.
- Gemiddelde stralingstemperatuur: is de gewogen gemiddelde temperatuur van alle blootgestelde oppervlakken in een ruimte. Elk object, zoals muren, kasten, etc., in de omgeving straalt warmte uit en wij als mens voelen de optelsom van al deze warmtes. Samen met de luchttemperatuur beïnvloedt de stralingstemperatuur de operationele temperatuur die de belangrijkste factor is van thermisch comfort.
- Relatieve luchtvochtigheid: is de maat voor de hoeveelheid waterdamp die de lucht bevat. Een te hoge (meer dan 70% relatieve luchtvochtigheid) of te lage luchtvochtigheid (minder dan 30% relatieve luchtvochtigheid) wordt als onaangenaam ervaren.
- Luchtsnelheid: bepaalt zowel de snelheid als de richting van de luchtstromen in de ruimte. Hoe sneller de lucht langs onze huid doorstroomt, hoe meer we zullen afkoelen. Hoe hoger de temperatuur is van de lucht, hoe minder we daar gevoelig voor zijn (vergelijk de wind in de zomer ten opzichte van de wind in de winter). Snelle schommelingen in de luchtsnelheid kunnen bovendien klachten over droogte veroorzaken.
- Warmteweerstand van de kleding (clo-waarde): verwijst naar de hoeveelheid isolatie die aan het menselijk lichaam is toegevoegd. Het dragen van meer kleding resulteert in een hogere clo-waarde en zorgt voor minder verlies van warmte via de huid. Hiermee wordt de waargenomen comforttemperatuur verlaagd.
- Activiteitsniveau van de gebruiker (metabolisme, met-waarde): beïnvloedt de hoeveelheid warmteproductie van het lichaam en ook de waarneming van een warme of koude omgeving. Iemand die een tijd stil heeft gezeten, heeft kouder dan iemand die actief bezig is.

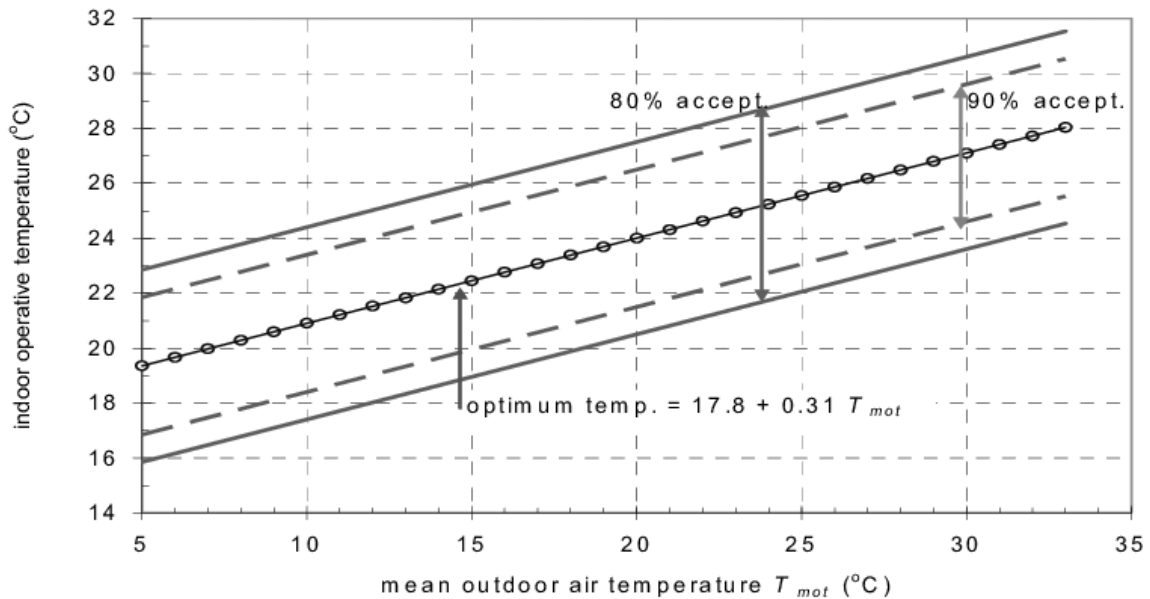
De PMV wordt uitgedrukt in een getal dat ligt tussen -3,0 en +3,0. Een PMV van 0,0 geeft aan dat de thermische omstandigheden als neutraal worden ervaren. Dit betekent dat gebruikers over het algemeen tevreden zijn over de temperatuur in een ruimte waarbij het niet te warm of te koud is.

Wanneer de PMV bekend is, kan ook de Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) worden bepaald. De PPD voorspelt het percentage gebruikers dat statistisch gezien ontevreden zal zijn met het thermisch comfort in een bepaalde ruimte omdat het niet haalbaar is om een optimaal binnenklimaat te creëren voor iedereen. Om deze reden wordt een percentage van 10% ‘ontevreden’ gebruikers als aanvaardbaar beschouwd. (AGION, z.d.)

2.1.3.2. Het adaptief comfortmodel

Een andere, minder strikte methode voor het beoordelen van het thermisch comfort is het adaptief comfortmodel. Dit model is wel enkel gevalideerd voor gebouwen met natuurlijke ventilatie, terwijl het PMV/PPD model leidend is voor gebouwen met een HVAC-systeem. (Pallubinsky et al., 2023) Het adaptief comfortmodel berust op het principe dat de thermische verwachtingen en voorkeuren van een individu bepaald worden door hun recente ervaringen met (buiten)temperaturen en diverse contextuele factoren. Deze factoren zijn: kamertemperatuur, vochtigheid, oppervlaktetemperatuur, luchtbeweging, tocht en blootstelling aan natuurlijk licht, evenals kleding, activiteitsniveaus, leeftijd, geslacht en culturele context. Bovendien erkent het ook dat de relatie tussen de bewoner en het gebouw/ de omgeving dynamisch van aard is. Dit betekent dat mensen zich goed kunnen aanpassen aan een breed scala van temperaturen, zolang ze enige controle behouden over hun omgeving en

daarbijkomend hun gedrag kunnen aanpassen om zich effectief te kunnen reguleren. Dit impliceert dat mensen een aanpassingsperiode doormaken waarin hun thermische percepties en sensaties kunnen veranderen om zo steeds een nieuw en breed scala aan comfortniveaus te bereiken. (Designing Buildings, 2023)



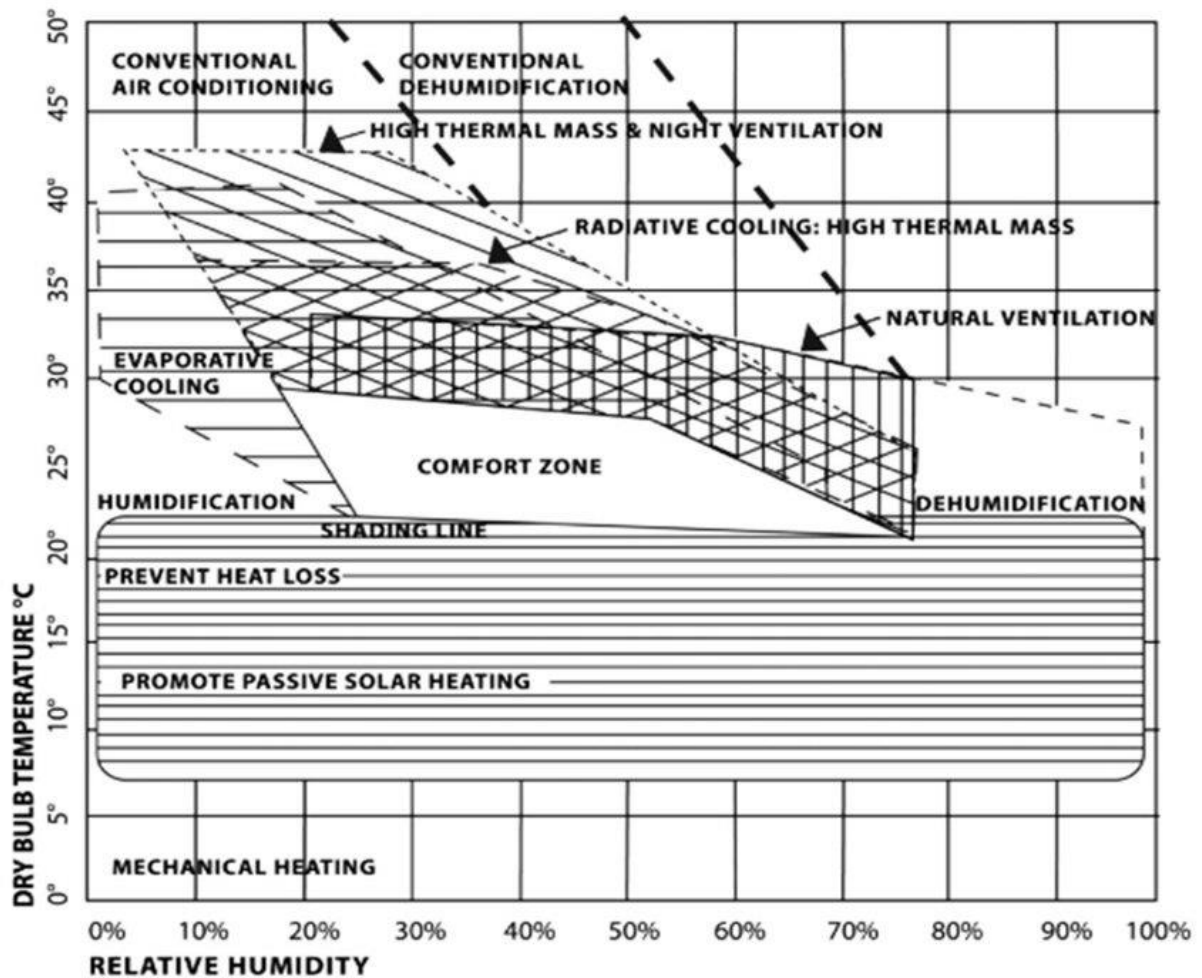
Figuur 2. Adaptief comfortmodel grafiek (De Dear, 2007)

Figuur 2 geeft de zones van acceptatie weer voor operationele binnentemperaturen in functie van de buitentemperatuur: als het buiten koud is, bijvoorbeeld 10°C, is de optimale binnentemperatuur circa 21°C, maar zal 90% een temperatuur tussen 18,2°C en 23,5°C aanvaarden, terwijl 80% zelfs een binnentemperatuur tussen 17,5°C en 24,5°C nog aanvaardbaar vindt. Naarmate de buitentemperatuur warmer is, zullen ook binnen warmere temperaturen aanvaard worden.

2.1.4. Olgayay's bioclimatic chart (OBC)

Door het ontwerpen van bioklimatologische gebouwen kunnen comfortabele binnenklimaten gecreëerd worden. Hiervoor kan "Olgayay's bioclimatic chart" gebruikt worden. Dit is "een grafische bioklimatologische grafiek die de comforttoestand en grenzen aangeeft waarbinnen een gemiddeld persoon zich comfortabel voelt." (Bughio et al., 2020) De verticale en horizontale assen op de grafiek (figuur 3) geven respectievelijk de drogeboltemperatuur en de relatieve vochtigheid weer. In het midden van de grafiek bevindt zich een comfortzone voor een gemiddeld persoon. De grafiek is opgedeeld in drie hoofdzones door middel van arceringslijnen. Boven de arceringslijn worden koelstrategieën gespecificeerd en onder de arceringslijn worden verwarmingsstrategieën aangegeven. Olgayay heeft strategieën voorgesteld om comfortabele omstandigheden te creëren in het geval van oncomfortabele buiten parameters. Deze strategieën omvatten het regelen van verdamping, zonwering, zonnestraling, luchtbeweging, airconditioning en verwarming. De lijnen boven de comfortzone geven koelstrategieën aan, waaronder natuurlijke ventilatie met variërende luchtsnelheden, radiatieve koeling met hoge thermische massa, verdampingskoeling en thermische massa met nachtventilatie. Daarnaast specificeert de grafiek ook de niveaus van relatieve vochtigheid: bevochtiging, ontvochtiging en conventionele bevochtiging. Onder de comfortzone worden verwarmingsstrategieën weergegeven, zoals het verminderen van warmteverliezen door goede isolatie, passieve zonneverwarming via zonnestraling en de zone die behoefte heeft aan mechanische verwarming. De bioklimatische grafiek toont aan welke luchtsnelheid en vochtigheidsniveaus nodig zijn om comfort te behouden wanneer de drogeboltemperatuur boven de comfortzone stijgt. Bij warme en droge omstandigheden wordt verdampingskoeling aanbevolen. Verder neutraliseren de

lijnen onder de comfortzone straling, waardoor de temperatuur wordt aangepast naar een niveau dat lager is dan de gegeven comfortzonetemperatuur. (Buglio et al., 2020)



Figuur 3. Qualitative bioclimatic chart (Katafygiotou & Serghides, 2014)

2.1.5. Het bioklimatisch bouwconcept

“Bioklimatologische architectuur is een manier om gebouwen te ontwerpen op basis van het lokale klimaat, met als doel thermisch comfort te garanderen met behulp van milieubronnen. Ze moeten ook opgaan in hun natuurlijke omgeving.” (Iberdrola, z.d.)

Dit principe zien we al veel terugkomen in de vernaculaire architectuur in verschillende culturen. Het voornaamste doel dat bioklimatische architectuur wil bereiken, is het ontwerpen van gezonde, comfortabele woningen voor de bewoners, met respect voor het milieu. Dit houdt in dat het van groot belang is om zowel het gebruik van vervuilende materialen te vermijden, als het welzijn van de lokale biodiversiteit te waarborgen, als efficiënt gebruik te maken van energie, bouwmaterialen, water en andere hulpbronnen. (Iberdrola, z.d.)

2.1.5.1. Bioklimatische strategieën in de architectuur

Op de webpagina van Iberdrola (www.iberdrola.com) worden vijf bioklimatische strategieën in de architectuur beschreven:

- Bioklimatisch, efficiënt ontwerp: gebouwen moeten zo ontworpen worden dat ze zich kunnen aanpassen aan het lokale klimaat om zo de energiekosten en de gebruikte hulpbronnen te beperken.
- Controle en slim gebruik van de ruimte: gebouwen en hun kamers moeten voldoende groot zijn om zo het energieverbruik te kunnen optimaliseren.
- Duurzame materialen: zoals hout, steen, natuurlijke vezels en gerecycleerde materialen beperken de impact van het gebouw.
- Gebruik van hernieuwbare energie: zonne-energie, geothermische, wind en water gebruiken om het verbruik te verminderen van de gebouwen.
- Gebruik van slimme materialen: glas dat automatisch donkerder wordt, tegels die de warmte van de zon opslaan, slimme materialen die zichzelf repareren om hun nuttige levensduur te verlengen, etc.

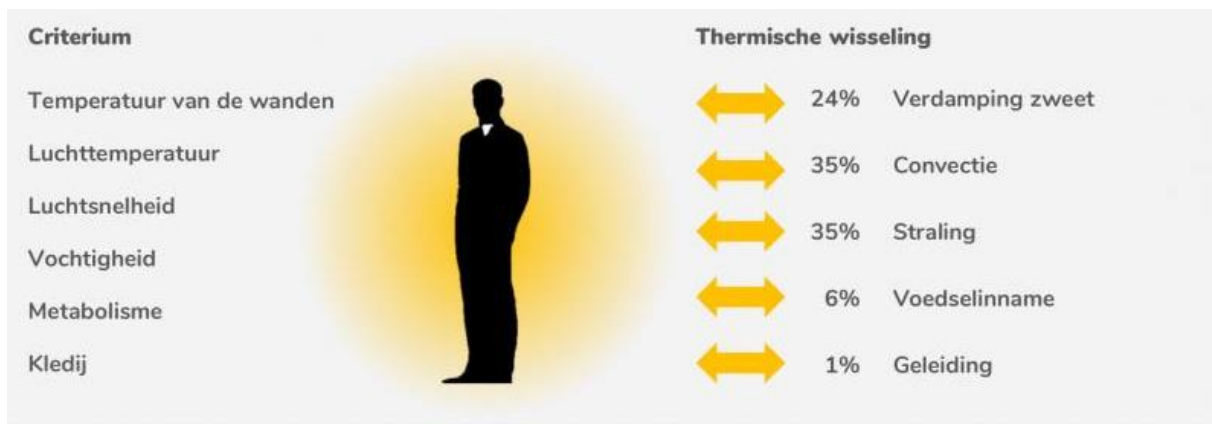
Bovenstaande studie geeft meer inzicht in het technische aspect van thermisch comfort en hoe dit gemeten en beoordeeld kan worden alsook de toegevoegde waarde van bioklimatische architectuur. Maar moet alles wel zo statisch benaderd worden? Kunnen we ook op een andere manier thermisch comfort benaderen? Om dit te onderzoeken, gaan we inzoomen op de invloed van thermisch comfort op de mens en wat het belang is van een variërende binnentemperatuur op aspecten zoals gezondheid, thermoregulerend vermogen, etc. Ook wordt beschreven dat de mens geniet van thermische variatie en deze vaak opzoekt. Waarom deze temperatuurbeleving niet ook toepassen in een interieurontwerp in plaats van de gangbare handhaving van een constante binnentemperatuur?

2.2. Thermisch comfort en de mens

2.2.1. Hoe voelt de mens (fysisch) thermisch comfort?

De warmte-uitwisseling tussen de mens en zijn omgeving, zoals af te lezen op onderstaande figuur 4, vindt op volgende manieren plaats:

- 24% Verdamping van water op het huidoppervlak van het lichaam van de mens
- 35% Convectie
- 35% Straling
- 6% Voedselinname
- 1% Geleiding



Figuur 4. Warmte-uitwisseling tussen het menselijk lichaam en zijn omgeving (Leefmilieu Brussel, z.d.)

De ervaring van thermisch comfort is subjectief en kan worden beïnvloed door verschillende factoren: omgevingsomstandigheden zoals temperatuur, vocht, tocht, straling, etc., maar ook door kleding, activiteit, leeftijd, gezondheidstoestand en individuele voorkeuren. (AGION, z.d.)

Mensen ervaren thermisch comfort door zintuiglijke waarneming (vooral tast). Via ons zenuwstelsel merken we of delen van ons lichaam warmer of kouder worden in een bepaalde situatie. Ons lichaam kan zich goed aanpassen aan verschillende thermische omstandigheden via metabolische strategieën. Door bijvoorbeeld te gaan zweten om zo af te koelen bij een warme thermische omgeving, of door te rillen om zo warmte te produceren bij een koude thermische omgeving. Bovendien kunnen we ook kleding aan- of uittrekken om ons thermisch comfort te verbeteren of ons verplaatsen naar een andere ruimte die een comfortabelere temperatuur heeft, etc. (Heschong, 1973)

2.2.2. Het effect van tijdverdrijf buiten onze thermische comfortzone op de mens

De thermische buitenomgeving varieert over het algemeen behoorlijk zowel tijdens de seizoenen, als overdag en s' nachts. Snelle weersveranderingen met schommelingen in luchtdruk, wind, zonnestraling en neerslag kunnen grote veranderingen in de thermische perceptie van onze omgeving teweegbrengen.

Het menselijk thermo-regulerend systeem heeft een grote plasticiteit. Door ons regulerend systeem kunnen we ons makkelijk aanpassen aan een breed scala van thermische omgevingen, maar wel binnen bepaalde grenzen die telkens door individuele kenmerken worden beïnvloed. De kenmerken van een persoon hangen af van de leeftijd, het geslacht, de etniciteit, het fitnessniveau, het dieet, eventuele medicatie en de gezondheidsstatus. Bovendien beïnvloeden de bijkomende parameters, zoals thermische stimulus, het type blootstelling, de intensiteit, de duur en de activiteit die wordt uitgevoerd, de thermo-regulatierepons van de mens. Tijdens een storing in het thermisch evenwicht, verbruikt het lichaam energie om op te warmen of geeft het lichaam warmte af om af te koelen om de balans te herstellen. (Pallubinsky et al., 2023)

Pallubinsky et al. (2023) stellen dat wij als mens in staat zijn om ons tijdens die thermische variatie te reguleren, maar dat we, ondanks ons adaptief vermogen, onze binnenomgeving toch ontwerpen en bouwen als een gestandaardiseerde neutrale thermische zone. Het binnenmilieu is in verloop van tijd onze primaire habitat geworden waaraan we het meest zijn aangepast, en zijn we niet meer gewoon aan de fluctuerende buitenwereld. Ze suggereren dat meer blootstelling aan natuurlijke variërende thermische omstandigheden en seizoensgebonden veranderingen van de omgeving, dus buiten de thermische comfortzone, het potentieel heeft om ons thermo-regulerend vermogen te vergroten. Bovendien verbetert dit het thermisch comfort, maakt ons uiteindelijk meer weerbaar tegen thermische uitdagingen zoals hittegolven en koude periodes en verbetert zelfs onze metabole en cardiovasculaire gezondheid.

2.2.3. De mens geniet van thermische variatie

De mens geniet van de (extreme) koude of hitte van opgezochte plaatsen. We gaan graag op vakantie, naar een sauna, etc. om zo een bepaalde thermische omgeving bewust op te zoeken. In de winter kiezen sommigen ervoor om bijvoorbeeld naar een vakantiebestemming met veel zon en hoge temperaturen te gaan omdat ze de koude even moe zijn. Heschong (1973) beschrijft dat we als mens genieten van variatie in temperatuur. Vaak hebben deze plaatsen ook hun tegenovergestelde bij de hand, bijvoorbeeld de sauna en het ijsbad. Dit heeft twee redenen:

De eerste reden is psychologisch. Omdat de twee tegenovergestelde thermische omgevingen vlak bij elkaar liggen, geeft dit ons zekerheid dat we tussen de twee kunnen afwisselen om op deze manier een thermische balans te kunnen behouden. Bovendien kan van een extreem hete temperatuur naar heel koude temperatuur gaan, onze gezondheid, ons immuunsysteem, en onze weerstand tegen koude versterken.

De tweede reden is esthetisch. We genieten meer van een thermische plaats als het contrast tussen beide thermische uitersten duidelijk aanwezig is. Dit contrast hoeft niet altijd direct of visueel aanwezig te zijn, het kan ook een herinnering zijn die het gevoel versterkt, zoals genieten van de warmte van de open haard terwijl we terugdenken aan de koude sneeuw. Een ander toepasselijk voorbeeld zijn de Islamitische tuinen die dienen als een koude oase in een bloedhete woestijn. (Heschong, 1973)



Figuur 5. Schets de geheime tuin Marrakesh (Smith, T.S., z.d.)

2.3. Thermische associatie met plaatsen

Het bieden van schutting of het creëren van een gunstig microklimaat is een van de meest fundamentele functies van een gebouw. Dit kunnen plekken zijn waar we elke dag gebruik van maken, maar ook plekken waar we enkel bij speciale gelegenheden naartoe gaan of zelfs nog nooit geweest zijn maar wel over kunnen fantaseren, zoals een berghut in de sneeuw. Hieronder vinden we drie voorbeelden van plaatsen die een thermische functie hebben, die vroeger courant werden toegepast maar nu vaak hun thermische functie verloren hebben:

Het eerste voorbeeld is het hemelbed dat een gevoel van beschutting geeft en bovendien de tocht tegenhoudt en onze lichaamswarmte vasthoudt.

Het volgende voorbeeld is de open haard die dient als een warm tussengebied in de koude ruimte waar de familie kan samenkomen.



Figuur 6. Hemelbed met groene gordijnen (Sheraton, T., 1805-1806)

Figuur 7. Vrouw en kind voor de open haard (Blake, W., 1794)

Ten slotte de Amerikaanse verandaschommel die nu vooral esthetisch gebruikt wordt maar deze was vroeger zelfs een thermische noodzaak om afkoeling te bieden.

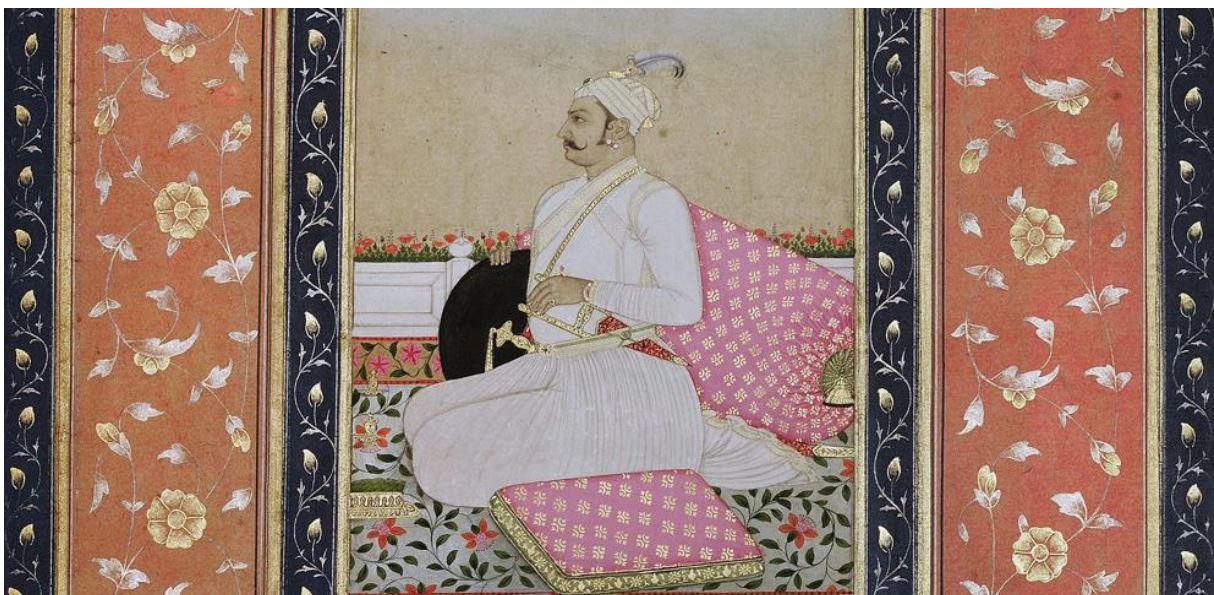


Figuur 8. Verandaschommel (The hydrangea farmhouse, 2019)

Om plekken te beschrijven die ons een gevoel van thermisch comfort bieden, gebruiken we woorden zoals knus en gezellig of luchtig en verfrissend. Dit gevoel van welbevinden zet ons ook weer verder aan om over die specifieke plek na te denken. (Heschong, 1973)

We hebben een voorwerp nodig om onze genegenheid op te focussen, iets waarop we onze aandacht kunnen vestigen, zoals de kachel die de bron is voor alle warmte in de ruimte.

The Mughals of India bijvoorbeeld gebruikten tapijten op de vloeren en tegen de muren als isolator in de koude winter. De tapijten hebben hier zowel een thermische als esthetische functie. Bovendien wordt op deze manier het seizoensgevoel extra versterkt door ze in de zomermaanden weg te halen en ze in de wintermaanden weer toe te voegen. (Heschong, 1973)



Figuur 9. De Mughal-keizer Muhammad Shah (r. 1720-48) op een grijs tapijt met groene scrollende wijnstokken en roze bloesems (Staatliche Museen zu Berlin, z.d.)

Maar Heschong (1973) beschrijft dat wanneer het thermisch comfort een constante toestand is, constant in tijd en ruimte, het thermisch comfort zodanig abstract wordt dat het potentieel om genegenheid te focussen, verloren gaat. Want als niets specifiek verantwoordelijk blijkt te zijn voor ons thermisch welzijn, zoals verborgen vloerverwarming, wie of wat moeten we dan bedanken?

Het thermisch comfort van een plaats is niet alleen iets dat mensen aantrekt, maar het is ook een ervaring om te delen met anderen. Het is een eenvoudig lichamelijk genot. Door je samen goed te voelen en daar ook bewust van te zijn, ontstaat een bepaalde sociale band. Het delen van een aangename thermische ervaring kan dus een manier zijn om de vriendschap te versterken. In Noord-India maken ze gebruik van een bijzonder meubelstuk, namelijk een grote binnenschommel voor twee tot drie personen, om samen van de thermische beleving te genieten. (Heschong, 1973)



Figuur 10. Deccani miniatuur schilderij van Raga Hindola (The Untold Story of India's Seats and Chairs Museum of Design, z.d.)

Het bieden van een comfortabel binnenklimaat in gebouwen gaat veel verder dan enkel het reguleren van de binnentemperatuur. Het gaat ook om het creëren en ontwerpen van ruimtes die ons omarmen, ons met elkaar verbinden en een thuisgevoel bieden. Een thermisch object fysiek hieraan toevoegen, versterkt de associatie met en het genot in die ruimte. Het is een essentieel aspect van (interieur-) architectuur, om zowel ons fysieke welzijn als emotionele welzijn te bevorderen. Om dit te kunnen bereiken, is het van groot belang dat we een doordachte interieurstrategie toepassen waarbij we ook aandacht hebben voor de verschillende parameters die het thermisch comfort in een ruimte kunnen beïnvloeden.

2.4. De invloed van interieurontwerp op thermisch comfort in een ruimte

Het interieur van een gebouw vormt de fysieke omgeving waarin we dagelijks zowel leven, slapen, als werken. Onze thermische comfortbeleving in het gebouw wordt dan ook rechtstreeks beïnvloed door het ontwerp zelf dat de thermische parameters van de ruimte bepaalt. Een goed doordacht ontwerp kan bijdragen aan een aangename en comfortabele binnenomgeving.

2.4.1. Isolatie en ventilatie

Een gebouw dat goed geïsoleerd is, kan de temperatuur, luchtvochtigheid en luchtkwaliteit doorheen de ruimtes positief beïnvloeden. Goede isolatie van wanden, vloeren en plafonds voorkomt warmteverlies in de winter waardoor je woning warmer blijft en voorkomt warmteoverdracht in de zomer waardoor je woning koeler blijft. Doordat er dus geen warmte-uitwisseling plaatsvindt met de buitenlucht, wordt er energie bespaard omdat de woning minder bijverwarmd of gekoeld moet worden. Bovendien helpt isolatie ook bij het voorkomen van vocht in de woning dat zou kunnen leiden tot vochtproblemen en schimmelvorming. (Viridi Air, 2023)

De ventilatie zorgt voor verse lucht en een gelijkmatige temperatuurverspreiding doorheen het gebouw. Het interieurontwerp kan een natuurlijke ventilatie bevorderen door strategisch geplaatste ramen, deuren en ventilatieopeningen die thermische trek creëren voor in de zomermaanden.

2.4.2. Oriëntatie en zonwering

Het interieurontwerp kan rekening houden met de oriëntatie van een gebouw ten opzichte van de zon. Bovendien kan een strategische plaatsing van ramen en zonwering, zoals gordijnen, jaloezieën, zonneschermen, etc. ook veel invloed hebben op het thermisch comfort in een woning. Het gebruik van zonwering kan helpen bij het reguleren van hoeveel natuurlijk licht en warmte een ruimte zal binnenkomen, waardoor oververhitting voorkomen kan worden. Zo daalt de behoefte aan verkoeling, die kan resulteren in een verlaagd energieverbruik. Zonwering verbetert ook bijkomend het visueel comfort door het verminderen van fel binnenvallend zonlicht dat verblinding kan veroorzaken. (Verano, 2023)

2.4.3. Thermische inertie

Het gebruik van materialen met een goede thermische inertie of traagheid, zoals beton of baksteen, kan helpen bij het stabiliseren van de binnentemperatuur in het gebouw en zo het thermisch comfort verbeteren. Het is dus belangrijk om woonruimtes waar mensen langdurig aanwezig zijn en ruimtes die veel zonlicht binnenkrijgen doorheen de dag te voorzien van materialen met thermisch inerte materialen. Dit kan gaan over de basisbouwmaterialen zoals isolatie of gevelbekleding tot de afwerkingsmaterialen in het interieur of het materiaal van de meubels zelf. Deze materialen zullen overdag traag opwarmen en houden de warmte goed vast om deze 's nachts langzaam terug af te geven. (Ecomat, z.d.)

2.4.4. Materiaal- en kleurkeuze

De keuze van materialen voor vloeren, muren, ramen en meubels kan de warmteabsorptie en -afgifte beïnvloeden. Materialen met een hoge thermische massa, zoals beton en kalksteen, kunnen veel warmte opslaan en geleidelijk afgeven. Hierdoor wordt het warmteverlies aanzienlijk verminderd. (Lievence, 2021)

In onderstaande tabel figuur 11 worden verschillende materialen weergegeven met hun bijhorende warmte absorberende eigenschappen.

Substance	Specific Heat (Btu/lb-°F)	Density (lbs/cu ft)	Heat Capacity (Btu/cu ft-°F)
Water	1.0	62.4	62.4
Wood, oak	0.57	47	26.8
Expanded polyurethane	0.38	1.5	0.57
Wool, fabric	0.32	6.9	2.2
Air	0.24	0.075	0.018
Brick	0.20	123	25
Concrete	0.156	144	22
Steel	0.12	489	59

Figuur 11. Tabel met energieabsorptiepercentages verschillende materialen (Archdaily, 2019)

De kleuren in een ruimte bepalen onze stemming en onze gezondheid in een woning. Hierdoor is het dus van belang dat er slimme keuzes gemaakt worden bij selecteren van een kleur op een bepaalde plaats. Het gebruik van donkere oppervlakken in een ruimte, zoals zwarte muren, zal zorgen voor meer warmte opname omdat ze meer licht uit de omgeving absorberen waardoor de ruimte ook warmer wordt. Bovendien zorgen donkere kleuren ervoor dat een ruimte kleiner, lager en intiemer lijkt. Als er meer lichte kleuren, zoals wit, gebruikt worden zal de ruimte koeler aanvoelen omdat ze het licht reflecteren en dus minder licht absorberen. Het gebruik van lichte kleuren laat de kamer groter en hoger lijken. Ook materialen met een hoge reflectiewaarde, glanzende oppervlakken, kunnen het zonlicht weerkaatsen en zo oververhitting van de ruimte voorkomen. (Interieurdesigner, z.d.; sienceaq, z.d.) Bovendien kunnen kleuren de gevoelstemperatuur beïnvloeden in een ruimte en hebben ze ook een psychologisch effect hebben op hoe mensen thermisch comfort ervaren. Warme kleuren, zoals rood, oranje en geel kunnen het gevoel van warmte verhogen en koele kleuren, zoals blauw, groen en paars kunnen een gevoel van koelte geven, terwijl de temperatuur in de ruimte hetzelfde is. Om wille hiervan kunnen we de warme kleuren het best toepassen in ruimtes in het Noorden of het Oosten (ook omwille van weinig inval van zonlicht). De koude kleuren kunnen het beste worden toegepast in het Zuiden of het Westen. (Interieurdesigner, z.d.)



Figuur 12: effect van kleuren (eigen diagram) gebaseerd op informatie van bron: Weber. (z.d.). *Hoe kleuren invloed hebben op jouw welzijn in huis*. Weber. <https://www.belgium.weber/nl/blog/tips/hoe-kleuren-Invloed-hebben-op-jouw-welzijn-huis>

2.4.5. Indeling van de ruimte en aanpasbare elementen

Een doordacht ontworpen ruimtelijke indeling kan functionele zones creëren die rekening houden met verschillende activiteiten en gebruikspatronen van de bewoners. Ook de verhoudingen en proporties van de ruimte kunnen van invloed zijn op hoe warmte zich verspreidt en wordt vastgehouden. Een ruimte met een hoog plafond kan bijvoorbeeld meer warmte verzamelen dan een ruimte met een lager plafond, maar de ruimte met het hoge plafond is wel moeilijker te verwarmen dan met het lage plafond. Bovendien kunnen aanpasbare elementen in het interieurontwerp, zoals schuifbare panelen, raamopeningen, etc. de gebruiker in staat stellen om hun thermisch comfort zelf te beheren, te regelen en te controleren.

Zoals in dit hoofdstuk besproken, kennen we nu de aspecten waarmee rekening gehouden moet worden in een interieur om het thermisch comfort positief te beïnvloeden. Maar in de actuele problematiek van klimaatverandering, moet er in interieurarchitectuur ook stilgestaan worden bij het verminderen van energieverbruik. Hoe zouden we dit bijkomend in onze strategie kunnen opnemen met oog op het comfort voor de bewoner?

2.5. Oplossingen voor minder energieverbruik met oog op thermisch comfort

We leven in een tijd waarin er veel energie wordt verbruikt en CO₂ wordt uitgestoten om onze woningen te voorzien van een constant en comfortabel binnenmilieu. We kunnen stellen dat in de loop der tijden gebouwen zich hebben ontwikkeld om de bewoners bijna volledig af te schermen van de buitenomstandigheden. Omdat er een enorme hoeveelheid energie en middelen nodig zijn om dit constant thermisch comfort doorheen het hele jaar aan te houden, zullen oplossingen gezocht moeten worden om het energieverbruik te reduceren.

2.5.1 Een dynamisch adaptief binnenklimaat

Een dynamisch binnenklimaat omvat een breed scala aan temperaturen, waarbij de binnentemperatuur vrij kan fluctueren en langzaam wordt aangepast aan zowel de seizoensgebonden als de dag- en nachtgebonden veranderingen in de buitenomstandigheden. Zo zal het temperatuurbereik lager zijn in de winter en zal het geleidelijk stijgen naar de zomermaanden toe, bijvoorbeeld van 19-22°C (winter) naar 24-27°C (zomer). Het is belangrijk dat de verandering in het temperatuurbereik een juiste snelheid heeft om zo een geleidelijke fysiologische en gedragsmatige aanpassing (en dus perceptie en productiviteit) mogelijk te maken. (Pallubinsky et al., 2023)

2.5.2. Toepassing van lokale klimaatregeling

De toepassing van lokale klimaatregeling in de nabijheid van de bewoner is voordeliger dan klimaatregeling van een hele ruimte. Zo kunnen er bredere omgevingstemperatuur-bereiken en minder strikte instelpunten worden toegepast. Pallubinsky et al. (2023) stellen vast dat dit de mogelijkheid biedt voor extra energiebesparing en dat ook de tevredenheid van de bewoner verbetert door de individuele regeling. Op deze manier kan de stimulatie van het menselijke thermo-regulerend systeem worden behouden, terwijl het thermisch comfort wordt verzekerd door middel van lokale verkoeling. Koeling door middel van een circulatieventilator in combinatie met natuurlijke ventilatie is hier een voorbeeld van. (Pallubinsky et al., 2023)

We kunnen ook een kijkje nemen in het verleden want daar maakten ze vaak gebruik van lokale warmtebronnen. Men maakte bijvoorbeeld veel gebruik van stralingswarmtebronnen, zoals haarden en kachels, die enkel specifieke delen van een kamer opwarmden, wat resulteerde in comfortabele microklimaten. (De Decker, 2015) De open haard was bijvoorbeeld niet enkel een plek om zich aan te verwarmen, het was ook een plek van ontmoeten en samenkomen. De haard diende als aangename thermische plaats, maar ook als een aangenaam moment met de familie. Ook maakte men gebruik van isolerend meubilair, zoals kapstoelen en kamerschermen. Bovendien werd er ook gebruik gemaakt van draagbare verwarmingssystemen die specifieke lichaamsdelen verwarmden, zoals voetkachels en warmwaterkruiken, om het persoonlijk comfort te versterken. (De Decker, 2015)

Japan is een goed voorbeeld van een land waar ze in de winter gebruik maken van zeer lokale manieren om het lichaam te verwarmen. Zo is er de “Kairo”, zie figuur 13, een klein zakje dat je in je jaszakken stopt of tussen lagen kleding draagt waarin warme houtskoolkolven zitten. Een ander voorwerp dat vaak gebruikt wordt is de “Hibachi”, zie figuur 14. Dit is een kleine pot met houtskool om de handen te verwarmen en wordt van kamer naar kamer meegenomen. Het laatste voorbeeld is de “Kotatsu”, zie figuur 15. Dit meubel is een voetverwarmer die lijkt op een lage tafel met een dekbed eraan vast dat rondom het lichaam wordt getrokken om zo de warmte vast te houden. (Heschong, 1973)



Figuur 13. Kairo (Kodama, 2019).

Figuur 14. Hibachi (Tamamura, 1890)

Figuur 15. Kotatsu (Katsushika, z.d.)

2.5.3. Energie-sufficiëntie in plaats van energie-efficiëntie

Bosserez en Verbeek (2020) stellen dat de focus op energie-efficiëntie bij grotere (onderbezette) eengezinswoningen drie nadelen heeft. Omdat energie-efficiëntie ten eerste wordt gemeten als kWh per vierkante meter vloeroppervlakte, wordt de grootte van woningen hier niet meegerekend. Hierdoor verbruiken grote woningen, die op papier efficiënt lijken, in werkelijkheid meer energie dan kleinere woningen.

Ten tweede worden energiezuinige woningen ontworpen met een gestandaardiseerd constant comfortniveau, zonder rekening te houden met variaties in bezetting en grootte. Dit kan leiden tot overmatige verwarming en koeling, vooral in onderbezette woningen.

Ten slotte negeert energie-efficiëntie sociale aspecten van wonen en beschouwt bewoners als passieve gebruikers. Dit zorgt ervoor dat bestaand 'zuinig' gedrag genegeerd wordt, zoals het verschil tussen warme en koude ruimtes of het migreren tussen binnen- en buitenruimtes. Dalende energieprijzen kunnen bewoners aanzetten tot minder zuinig gedrag, waardoor de potentie om energiekosten te verminderen door het doordacht verwarmen van ruimtes, verloren gaat.

Omdat we ons enkel focussen op energie-efficiëntie, negeren we het potentieel dat zich bevindt in het ontwerp en in bewonersgedrag, dat kan leiden tot een hoger energieverbruik en grotere milieu-impact dan wenselijk, inclusief de impact van materialen die nodig zijn voor renovatie. (Bosserez & Verbeek, 2020)

Een opkomende benadering voor het beheren van energieverbruik is energie-sufficiëntie. *“Energie-sufficiëntie is een toestand waar in voldoende mate voorzien wordt in de energie- en comfortnoden van de bewoner zonder dat de milieulimieten overschreden worden.”* (Bosserez & Verbeek, 2020) In tegenstelling tot energie-efficiëntie richt energie-sufficiëntie zich niet alleen op het verminderen van energie-input, maar heroverweegt het ook de energiedienst zelf op basis van individuele behoeften. Er worden drie scenario's voorgesteld om energie-sufficiëntie te bereiken: het verminderen van de energievraag, het aanpassen van de energievoorziening en het vervangen van het energieverbruik. Terwijl een focus op energie-efficiëntie vooral gericht is op het verbeteren van apparaten, kan denken vanuit energie-sufficiëntie nieuwe oplossingen genereren die het energieverbruik aanzienlijk verminderen zonder te moeten inleveren op het comfort. (Bosserez & Verbeek, 2020) Drie voorgestelde scenario's worden hieronder verder toegelicht.

2.5.3.1. Verminderen van de energievraag

In grote eengezinswoningen is vaak te zien dat de bewoners slechts een deel van de bestaande ruimtes gebruiken. Deze gebruikte delen van de ruimtes liggen verspreid doorheen de woning met ertussen ook veel onbenutte ruimte. Omdat er vaak een centraal klimaatsysteem voorzien is in een woning, leidt dit overschot aan onbenutte ruimte tot onnutig verbruik. Als oplossing voor dit probleem, kunnen we de energievraag verminderen door in de woning een compacter woonvolume te ontwerpen. Dit woonvolume wordt afgestemd op de noden van de bewoners en wordt ontworpen met minder onbenutte ruimte. (Bosserez & Verbeek, 2020)

2.5.3.2. Aanpassen van de energievoorziening

Aangezien de energienoden van de bewoners eigenlijk dynamisch zijn, kunnen we comfort en energie voorzien waar en wanneer het nodig is. De bewoner kan bijvoorbeeld een plek langer bezetten dan een andere of kan ergens langer verblijven in de zomer dan in de winter. Bovendien kunnen de comfortnoden in deze plaatsen onderling variëren, bijvoorbeeld een ruimte waar het warm is in de winter maar koel is in de zomer. Hieruit kunnen we stellen dat de nood aan energie om het comfort te optimaliseren in elke plaats geen constante is, maar eigenlijk varieert in tijd en ruimte. (Bosserez & Verbeek, 2020)

2.5.3.3. Vervangen van het energieverbruik

Het vervangen van het energieverbruik start vanuit de verschillende handelingen die de bewoners ondernemen om hun thermisch comfort te reguleren naar hun individuele voorkeuren, zoals bijvoorbeeld het openen van ramen om frisse lucht binnen te krijgen of het aantrekken van een extra laag kleren op een koude dag. Door acties van deze aard uit te voeren, kunnen we de nood aan actieve energie beperken. Hierin speelt het ontwerpen van het interieur een grote rol. Door passieve aanpassingen te doen, kunnen we actieve energie beperken, maar als we er niet bewust mee omgaan in ons ontwerp kunnen we dus ook het verbruik doen stijgen. Een voorbeeld hiervan is een groot en open grondplan ontwerpen waardoor alle aaneengesloten ruimtes mee opwarmen en er veel warmte en dus ook energie onnutig verloren gaat. (Bosserez & Verbeeck, 2020)

Tegenwoordig zijn energie-efficiëntie en thermisch comfort van cruciaal belang voor woningen. Om deze reden moeten we een balans zien te vinden tussen het verminderen van energieverbruik en het waarborgen van een thermisch aangename leefomgeving voor de bewoners. Het streven naar een dynamisch binnenklimaat, waarbij lokale klimaatregeling wordt toegepast en verwarmings- of verkoelingsmethoden uit het verleden worden heroverwogen, kan helpen om zowel energie te besparen als het comfort te maximaliseren. Energie-sufficiëntie biedt een veelbelovende benadering door te streven naar voldoende energievoorziening zonder de milieulimieten te overschrijden. Het aanmoedigen van bewoners om bewuster met energie om te gaan en het inzetten van ruimtelijke ontwerpstrategieën, zoals compactere en flexibele woonvolumes, groeperen van bepaalde plaatsen en functies, etc., kunnen ervoor zorgen dat we een weg in kunnen slaan naar comfortabelere én tevens duurzamere woonomgevingen.

2.6. Ruimtelijke ontwerpstrategieën voor energie-sufficiëntie en thermisch comfort

Door gebruik te maken van verschillende ruimtelijke ontwerpstrategieën voor het interieur, die hieronder overlopen worden, kunnen woningen ontworpen worden die niet alleen energie-sufficiënt zijn, maar die ook het thermisch comfort en welzijn van de bewoners kan maximaliseren.

Deze strategieën vertrekken vanuit het concept 'placemaking'. *"Placemaking is een ontwerpconcept dat het gedrag en de belevingen van bewoners centraal stelt in het ontwerpproces, vanuit de vaststelling dat bewoners hun omgeving eerder zien als een verzameling van plaatsen dan als een groepering van ruimtes."* (Bosserez & Verbeek, 2020) Het interieur moet als een plaats dienen waar de bewoners graag verblijven.

2.6.1. Groeperen van plaatsen

Door het groeperen van plaatsen in een bestaande ruimte kunnen we de energievraag in een woning verminderen. Hierdoor kunnen we met energie lokaal werken en enkel energie gebruiken waar nodig, in plaats van altijd en overal. Om dit principe te kunnen toepassen, wordt er eerst gekeken naar de huidige plaatsbezetting, naar de duur, de frequentie, de periode en de handelingen, om die plaatsen vervolgens te herorganiseren met bijhorende energienoden. (Bosserez & Verbeek, 2020)

2.6.2. Flexibele plaatsen

Flexibele plaatsen bieden verschillende thermische comfortniveaus in een woning waar bewoners naar wens kunnen migreren. Zo kan bijvoorbeeld een grote hoge ruimte een plek zijn die voor verkoeling zorgt tijdens de zomermaanden, terwijl een compacte lage ruimte voor meer warmte zorgt in de wintermaanden. (Bosserez & Verbeek, 2020)

2.6.3. Flexibele ruimtes

Flexibele ruimtes stellen bewoners in staat om de indeling van een ruimte aan te passen aan hun veranderende noden en comfortniveaus. Een goed voorbeeld om dit te kunnen bereiken is het gebruik van beweegbare wanden. Hierdoor kunnen de bewoners in de winter verwarmde plaatsen afscheiden van de rest en in de zomer juist een open grondplan creëren voor meer verkoeling en ventilatie. Bovendien kan er ook een flexibele verbinding tussen noord- en zuidgeoriënteerde ruimtes worden voorzien. Op deze manier kunnen de bewoners een te warme zuidkant natuurlijk koelen door deze te verbinden met de noordkant of de noordzijde afsluiten als het te koud wordt in de wintermaanden. (Bosserez & Verbeek, 2020)

2.6.4. Linken van plaatsen

Het linken van plaatsen houdt in dat er een open, gesloten of flexibele connectie gecreëerd wordt tussen gegroepeerde plaatsen. Een goed voorbeeld is het gebruik maken van wandkasten of tussenruimtes zoals gangen om een gesloten connectie te creëren tussen plaatsen die verwarmd of verkoeld worden. (Bosserez & Verbeek, 2020)

2.6.5. Migratie

Migratie is een concept dat de bewoners in staat stelt om zich doorheen de woning te verplaatsen en zo zelf de gewenste thermische omstandigheden op te zoeken. Een voorbeeld van migreren in een woning is het verplaatsen van het Noorden naar het Zuiden in de wintermaanden en andersom in de zomermaanden. Door deze strategie toe te passen wordt er minder energie verbruikt omdat we ons begeven naar een plaats in de woning die al voorzien is van de juiste thermische omstandigheden. (Bosserez & Verbeeck, 2020)

Om mijn onderzoek te ondersteunen met praktische toepassingen, heb ik drie casestudies geanalyseerd en bestudeerd die relevante inzichten geven over de kracht van een doordacht interieurontwerp waar duurzaamheid en innovatie voorop staan. Bijkomend hebben de drie cases mij op hun eigen manier inspiratie geboden voor mijn masterproef met hun strategieën en verschillende aanpak om een project te benaderen met focus op het evenwicht tussen (interieur)ontwerp, energieverbruik en thermische beleving

3.1. Casestudie 1: Huis Verbiest

Dit project, gelegen in Molenbeek, te Brussel, is een transformatie van een pakhuis van bijna 1000m² naar een eengezinswoning en met gemeenschappelijk kunstenaar geïnspireerd door de klimaatmarsen in Brussel. Architect en bewoner Harold Fallon van AgwA stelt met deze case de gewoontes van de architectuurpraktijk en de klimaateffecten ervan in vraag. Tijdens de verbouwing had de architect als doel om zo veel mogelijk van het originele gebouw te behouden om zo nieuw ontstaan afval te vermijden en bijkomend het potentieel van de plek intact te houden. Ondanks zijn doel om zo weinig mogelijk afbraakwerk uit te voeren, werden op de begane grond toch delen van de betonnen structuur verwijderd om plaats te maken voor een tuin. Door deze ingreep ontstond extra groene ruimte in de stad en werd de tuin de toegang van het huis. (AgwA, z.d.; Ertas, z.d.)



Figuur 16: Toegang huis Vebiest (Malaud, z.d.)

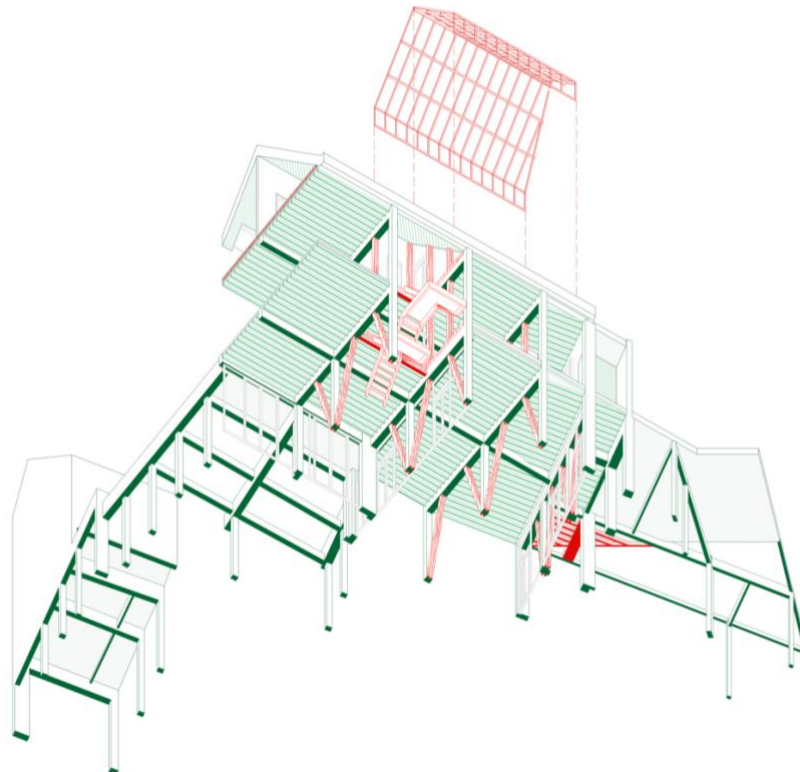
Bijkomend werd er ingezet op hergebruik van verschillende materialen. Zo werden de oude dakpannen en terrastegels gerecupereerd uit de bestaande constructie van het pand. Leuningen, tegels en stenen uit de lopende werkzaamheden aan het “Palais des Expositions” te Charleroi werden hergebruikt. Ten slotte werden siertegels, die in de eerste helft van de eeuw deels geproduceerd geworden zijn in Chimay, gerecupereerd uit een oud project in Hanzinelle. (AgwA, z.d.)

Een belangrijk ontwerpprincipe voor deze renovatie was om geen extra beton of staal toe te voegen aan het project omdat deze materialen een grote impact hebben op het milieu. Omwille hiervan heeft het architecten team AgwA ervoor gekozen om houten diagonale balken toe te voegen, die rusten op de fundering, als extra ondersteuning van het bestaande betonnen frame. Zo onderging de inkomhal een transformatie van een herinnering aan het industriële en robuuste verleden van het pand naar

een gastvrije en warme entree. De 'houten benen', die iconisch zijn voor het project, bepalen ook de toon van de circulatieruimten die ruw zijn in hun materialiteit. (Degavre, z.d.; Ertas, z.d.)



Figuur 17: 'Houten benen' constructie huis Verbiest (Malaud, z.d.)



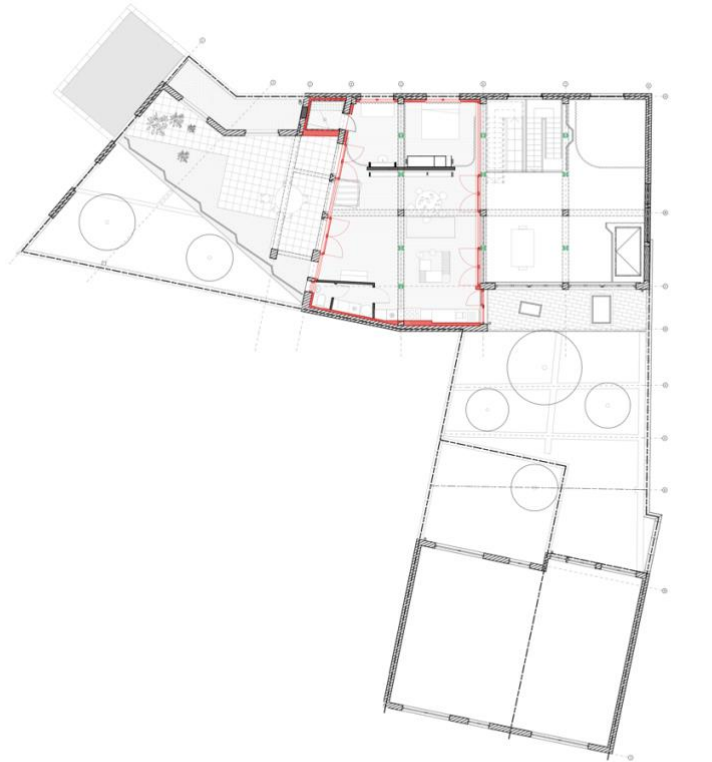
Figuur 18: Anaxometrie huis Verbiest (Agwa, z.d.)

Na een aantal berekeningen bleek dat de grijze energie, de energie die wordt verbruikt bij het produceren en installeren van isolatiematerialen, van de isolatiewerken de winst van verwarmingsenergie op lange termijn kan verminderen. Daarom hebben de architecten ervoor gekozen om de verwarmde oppervlakken te halveren. Zo werden de woon- en slaapvertrekken op de eerste verdieping met hennep geïsoleerd evenals de slaap- en badkamers van de kinderen op de tweede verdieping. Bovendien wordt de gekozen hennepisolatie lokaal geproduceerd en heeft daardoor één van de laagste koolstofvoetafdrukken.

De rest van het huis wordt niet verwarmd, waardoor het gezin in de winter compacter moet wonen, en hiermee teruggrijpt naar vroeger toen er beperkte toegang was tot kunstmatige energiebronnen. Ondanks dat de middelen om ruimtes te verwarmen toen minder geavanceerd waren en meer werk vereisten dan de dag van vandaag, werd er toch een manier gevonden om een balans te vinden tussen een comfortabele woonomgeving en het energieverbruik. (AgwA, z.d.; Ertas, z.d.)

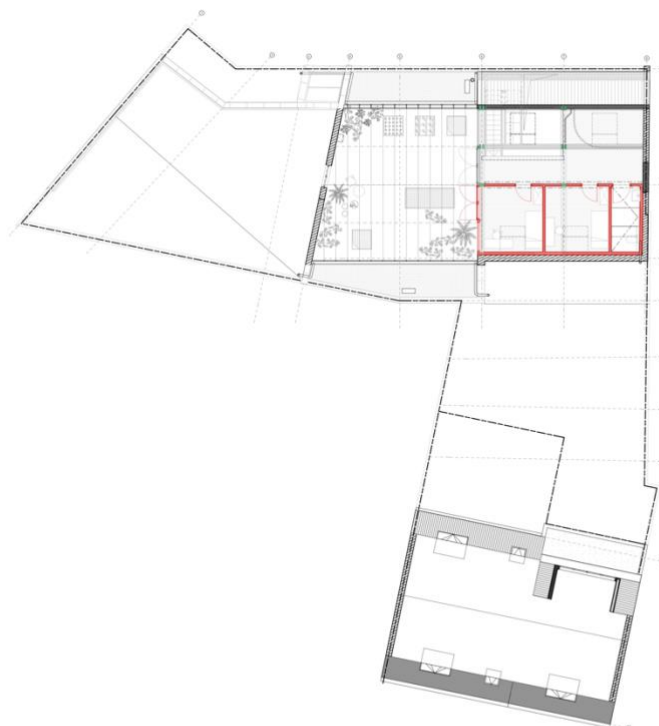


Figuur 19: Perspectiefsnede huis Verbiest (AgwA, z.d.)



AgwA
woning en atelier Verbiest
Plan +1

0 1 5m



AgwA
woning en atelier Verbiest
Plan +2

0 1 5m

Figuur 20: Grondplan +1 huis Verbiest (AgwA, z.d.)
Figuur 21: Grondplan +2 huis Verbiest (AgwA, z.d.)

Dit duurzaam ontwerp induceert een nieuwe levensstijl, verandert het dagelijks ruimtegebruik en daagt de gestandaardiseerde constante comforttemperatuur uit. De woning heeft verschillende ruimtes die seizoensgebonden zijn, waaronder een bureau, een extra zitkamer en een wintertuin, die mee veranderen in de winter en zomer. De serre op het dak is warm in de zomer, terwijl de ruimte op de gelijkvloerse verdieping in de winter als koelkast fungeert. In de wintermaanden heb je een dikke trui nodig als je je beweegt van de ene naar de andere verwarmde ruimte. De massieve structuur van het originele gebouw zorgt voor een goede thermische inertie in de herfst waardoor de warmte goed wordt vastgehouden en zorgt voor een aangename koelte in de lente. Vergelijkbare variërende klimaten waren vroeger ook aanwezig in oude woningen, maar tegenwoordig zijn ze steeds minder gebruikelijk voor woningen. Dit doet ons nadenken over de huidige isolatie-normen en regels die worden opgelegd. (Archiweek U, z.d.; De Grote Verbouwing, z.d.; Ertas, z.d.)



Figuur 22: Tweede verdieping huis Verbiest (Malaud, z.d.)

In project 'Verbiest' gaat het niet enkel om het gebouw zelf en het resultaat van de renovatie, maar om het met hun eigen woorden te zeggen: *"Het gaat ook om het proces waarin diepgaande veranderingen in het project plaatsvinden, met als doel de milieu-impact te verminderen, zowel de productie als het werk opnieuw te lokaliseren, constructieve reflexen in vraag te stellen en ten slotte de resulterende architectuur te verrijken."* (AgwA, z.d.)

3.2. Casestudie 2: Naked House

Het Naked House met een bebouwde oppervlakte van 183m², gelegen in Kawagoe, te Japan, werd in 2000 voltooid door de beroemde Japanse architect Shigeru Ban. De woning kreeg zijn naam 'het Naakte Huis' vanwege de transparantie van interieur en exterieur. Het huis bevindt zich aan de rivier Shingashi en is omringd door rijstvelden voorzien van kassen. Shigeru Ban ontwierp deze woning rond het concept dat verschillende generaties, twee kinderen, twee ouders en de grootmoeder van een van de ouders, samenleven in een uniek ontwerp als een 'verenigd gezin'. De familie wou dat er één open leefruimte gecreëerd zou worden met focus op gezinseenheid. Omwille hiervan is het gebouw ontworpen als één enkele gemeenschappelijke ruimte, die dubbel in hoogte is, waarin de privéruimtes tot een minimum beperkt worden. Op deze manier wordt een gedeelde sfeer voor individuele activiteiten bevorderd. De privéruimtes voor ieder gezinslid worden georganiseerd door vier mobiele slaapkamer units die doorheen de woning verplaatst kunnen worden. Door het open en neutrale grondplan van de schuur, kan er zo telkens een gewenste schikking van de boxen georganiseerd worden afhankelijk van de behoefte van hun gebruik. (Archeyes, 2016; Architectura Viva, z.d.; Gemazz, 2013)

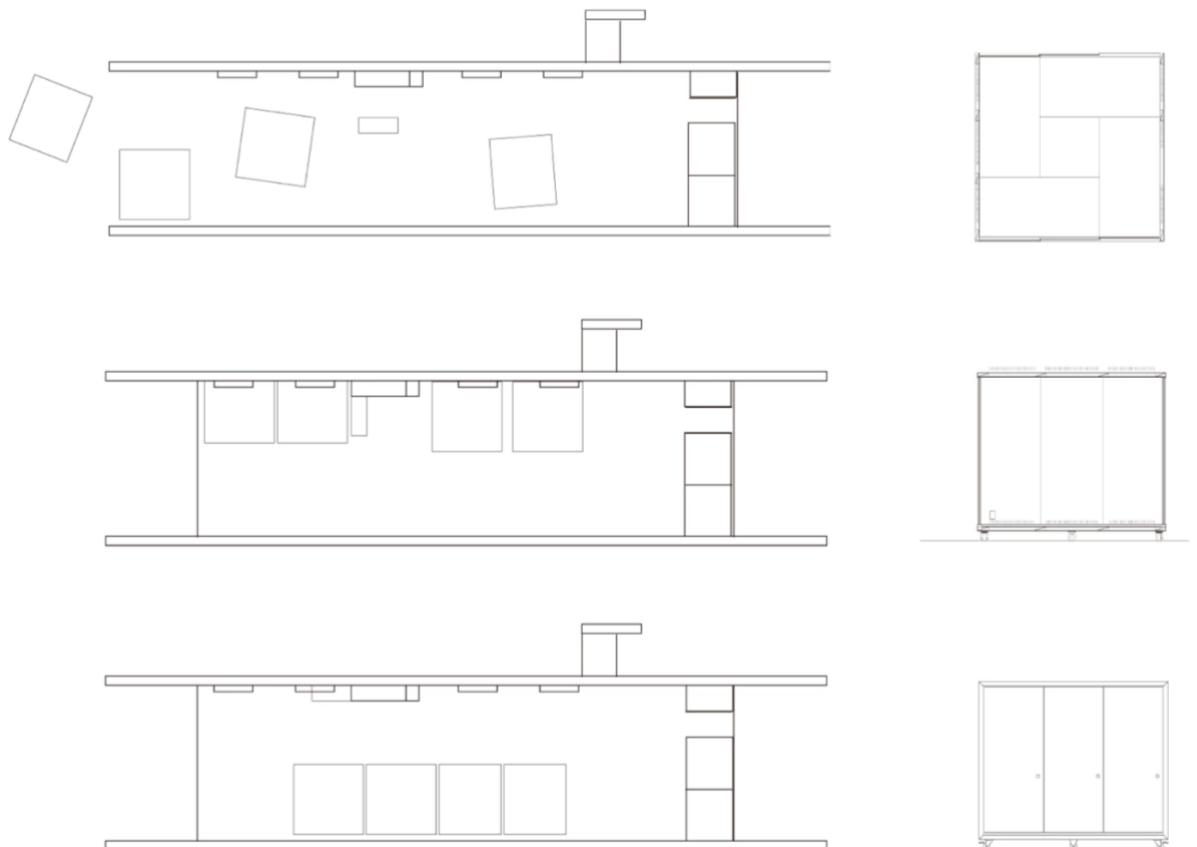


Figuur 23: Mobiel meubilair van het Naked House (Hirai, z.d.)

Om de units te verwarmen of te koelen, kunnen ze tegen de muren van het huis geplaatst worden of voor de verwarmings- of airconditioningseenheden. Op deze manier kan er zo warme of koele lucht doorheen stromen. Ze kunnen ook alle vier naast elkaar worden gepositioneerd en hun schuifdeuren kunnen opengedaan worden om een groter volume te creëren. Ze kunnen ook naar buiten, op het terras, worden verplaatst, via een groot raam aan de westelijke gevel, voor een volledige gebruik van de binnenruimte. Bovendien kunnen ze ook dienen als een extra tussenruimte voor de kinderen om bovenop te spelen. Om het gewicht van de units te beperken en de beweging ervan bijkomend te optimaliseren, zijn ze alle vier klein in omvang en hebben ze geen extra aanvulling of opslagruimte. (Archeyes, 2016; Architectura Viva, z.d.)

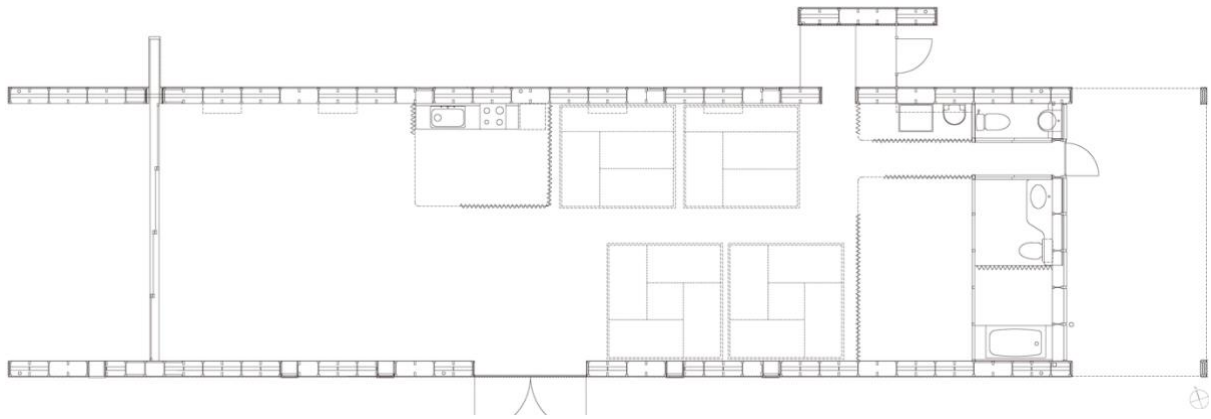


Figuur 24: Bovenaanzicht interieur van het Naked House (Ban, z.d.)



Figuur 25: Opstellingen mobiel meubilair van het Naked House (Ban, z.d.)

Aan de andere kant van het huis, rechts op het grondplan figuur 26 hieronder, bevinden zich de badkamer, wasruimte en kleedkamer die samengevoegd zijn in één zone. Daarbij wordt alle kleding van de familieleden samen opgeslagen om het gebruik van kasten, die de beweging van de units zouden belemmeren, te verminderen. De keuken, gescheiden van de gemeenschappelijke woonkamer door middel van een gordijn, en de badkamers zijn de enige ruimtes met een vaste locatie. (Arquitectura Viva, z.d.; Gemazz, 2013)



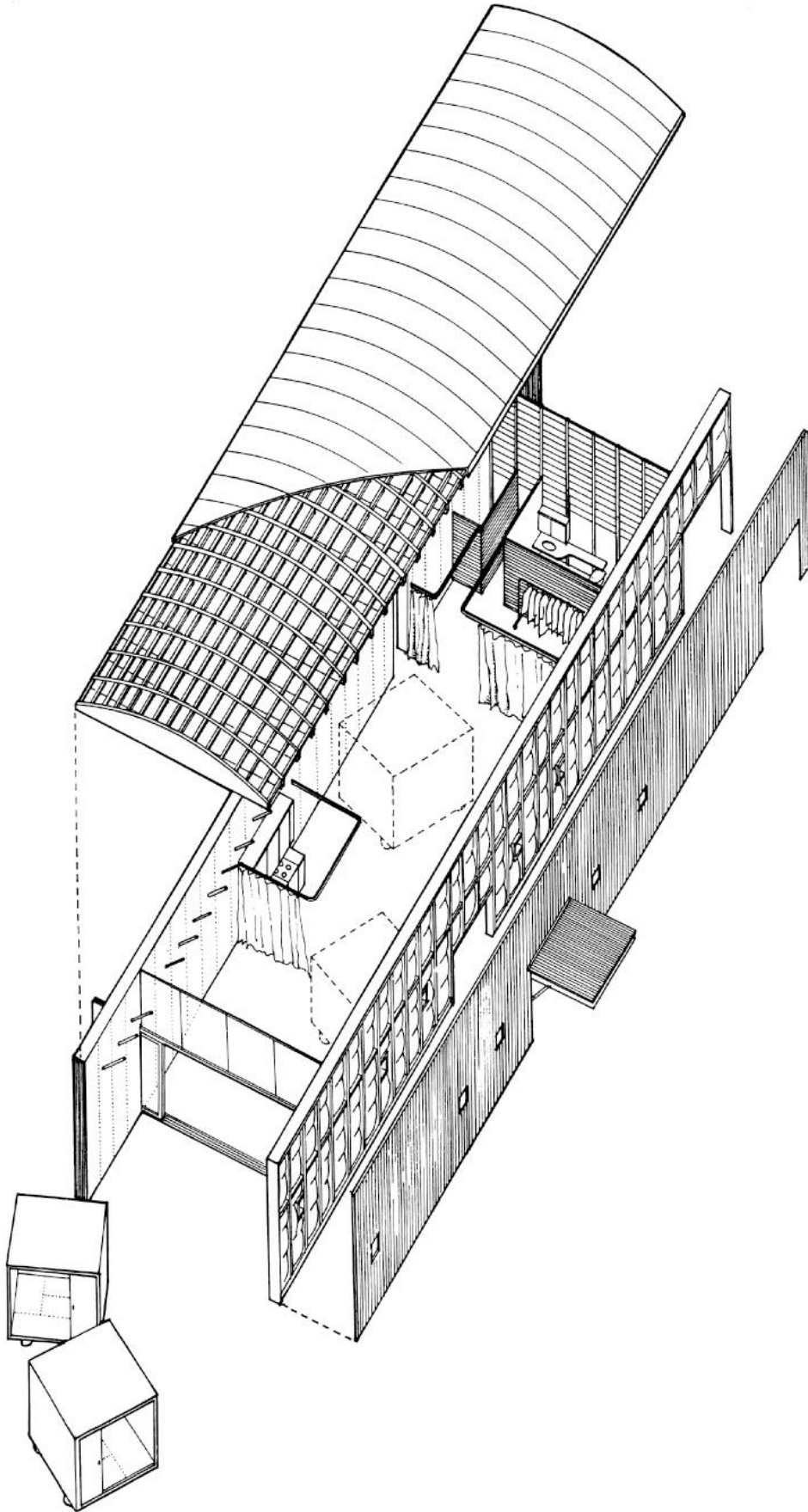
Figuur 26: Grondplan van het Naked House (Ban, z.d.)

Met een uiterlijk dat vergelijkbaar is met de kassen in de nabije omgeving, is een semi-transparante behuizing ontworpen om de privacy van het gezin te beschermen. De buitenkant van het houten frame van de structuur is bekleed met twee vellen golfvezelversterkte kunststoffen en een dak met staalplaat. De binnengevel is bedekt met nylon bevestigd met klittenband voor gemakkelijke reiniging. De uitdaging voor de architect was het vinden van thermische isolatie die de doortringing van het licht niet zou belemmeren. Hij besloot de holte tussen de twee vlakken te vullen met polystyrene scherven, die in Japan worden gebruikt om fruit te verpakken. De enige vereiste om dit product geschikt te maken als thermische isolator, was het verzadigen ervan met een vloeistof voor de brandbestendig. Bovendien moest het in transparante vinylzakken omsloten worden die aan de houten structuur genageld zouden worden. Door de slimme en natuurlijke inzet van de verfijnde en gelaagde combinatie van alledaagse materialen, resulteerde dit in een hoog comfort en in efficiënte omgevingsprestaties.

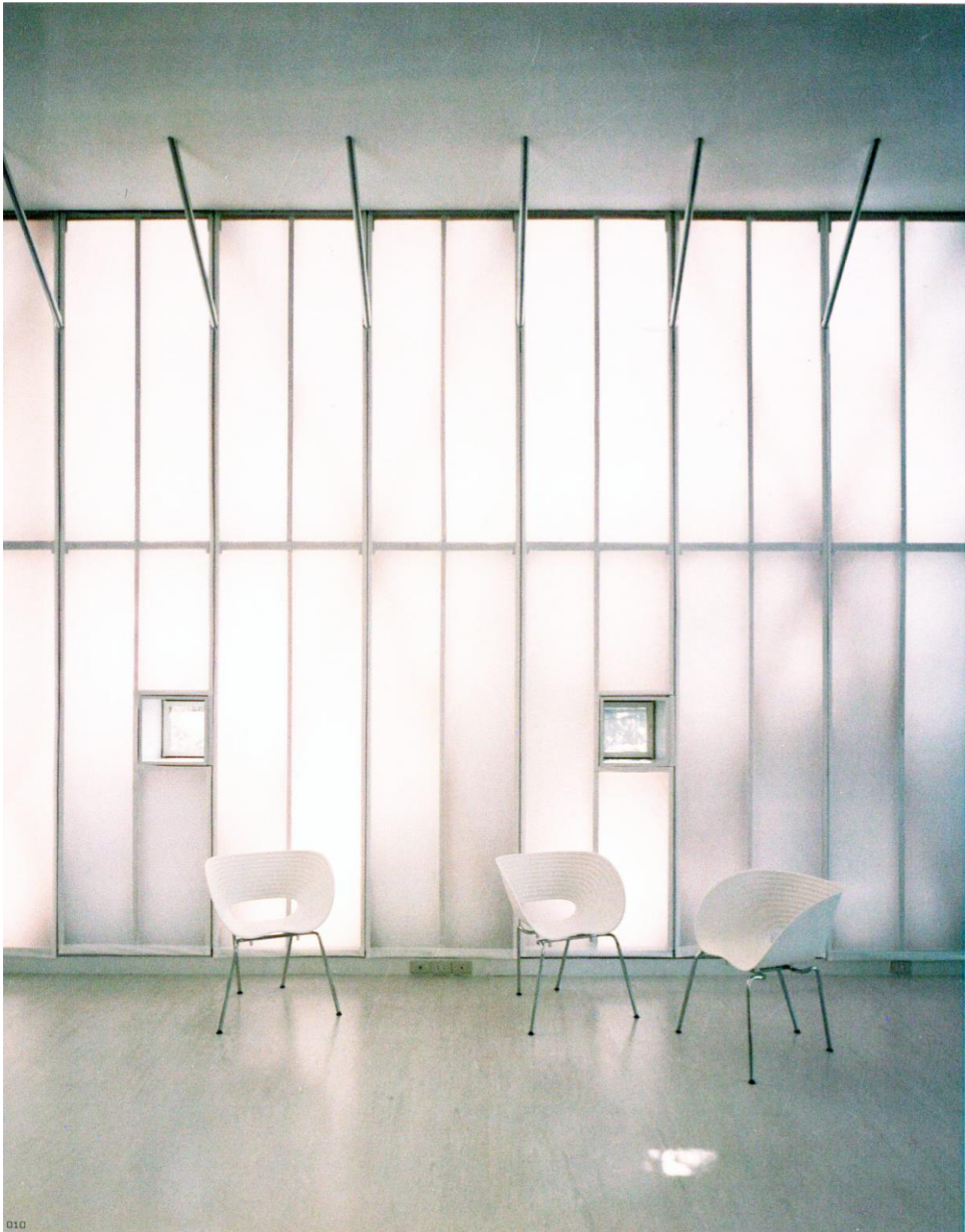
Het interieur geniet overal van hetzelfde diffuus, melkwitte licht, dat kenmerkend is voor oude huizen met shoji-schermen van rijstpapier. De enige uitzondering hierop zijn de beweegbare units, omdat deze gebouwd zijn uit bruin golfkarton en zo de zachte lichtkwaliteit wat tegenhouden. (Craven, 2018; Gemazzz, 2013)



Figuur 27: Buitengevel van het Naked House (Hirai, z.d.)



Figuur 28: Isometrie van het Naked House (Ban, z.d.)



010
Figuur 29: Muren van het Naked House (Ban, z.d.)

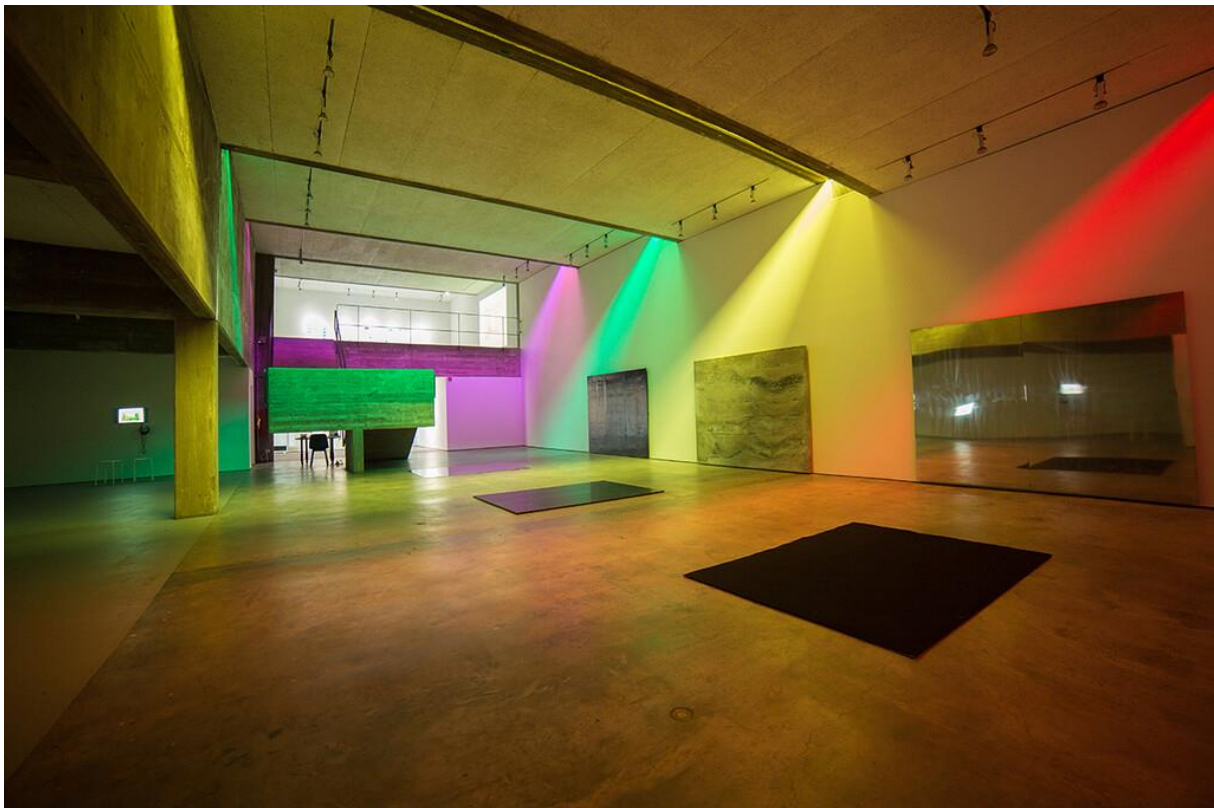
In de cultuur van Japan wordt het traditionele Japanse huis niet als een permanente woning beschouwd, maar eerder als een tijdelijke plek waar de bewoners verblijven totdat hun situatie verandert. Het Naked House is met een gelijkaardig principe ontworpen: *“een enkele ruimte die de loop van de tijd beschrijft als water in een rivier die nooit stilstaat en ontelbare vormen aanneemt”*. (Gemazzz, 2013)

3.3 Casestudie 3: Tentoonstellingen Philippe Rahm

Philippe Rahm, een naam die internationaal bekend en toonaangevend is in de wereld van duurzaamheid, is een Zwitserse architect wiens architectuur uitstrekt van fysiologisch tot meteorologisch. Hij is gekend voor zijn gedachtegang dat we niet langer gewoon ruimtes moeten ontwerpen, maar wel temperaturen en atmosferen moeten creëren in een gebouw. (Rahm, z.d.)

3.3.1. 'The Anthropocene Style' – San Francisco

Met deze experimentele tentoonstelling, in het San Francisco Art Institute in de Verenigde Staten, wil Philippe Rahm met zijn interieurontwerp 'Fabrics' duidelijk maken dat er een heroverweging moet worden gedaan over hoe we binnenruimtes ontwerpen vanwege huidige klimaatveranderingen. Hij pleit voor een benadering die meer aandacht heeft voor de klimaatgerelateerde aspecten van een ruimte in plaats van puur functionele aanpak. Hij laat hier het belang zien van een interieurontwerp dat hoofdzakelijk zowel klimaat, sfeer, als fysiologie bij materiaalselectie in het achterhoofd neemt. Want volgens Rahm kan interieurontwerp een sterke bondgenoot van het milieu zijn. Zo zet hij aan tot nadenken over hoe oppervlakken in een ruimte ons thermisch comfort kunnen beïnvloeden. (Walker, z.d.)



Figuur 30: Uitzicht op Philippe Rahm: The Anthropocene Style (David, 2018)

Sinds de eerste helft van de 19^{de} eeuw, toen de mens begon met het verbranden van kolen en fossiele brandstoffen voor industriële energie, heeft de opwarming van de aarde diepgaande gevolgen gehad voor de ecosystemen. Archeologen beschouwen dit als het Antropoceen-tijdperk, waarin menselijke activiteiten de belangrijkste oorzaak zijn van geologische veranderingen. Bijna de helft van de broeikasgasuitstoot is afkomstig van verwarming en airconditioning, waterverwarming en bouwprocessen. Daarom stelt Rahm, via deze tentoonstelling, de esthetische criteria voor het kiezen van één materiaal boven een andere in vraag. Zo benadrukt Rahm dat in deze tijd de fysieke eigenschappen zoals de optische, thermische of akoestische absorptie of reflectie, porositeit,

ondoorlaatbaarheid met betrekking tot lucht- of waterdamp, de thermische geleidbaarheid, de snelheid van de warmteabsorptie en de snelheid van de warmteafgifte van een materiaal de bovenhand moeten krijgen bij het beslissen van welke materialen het meest geschikt zijn. (Rahm, z.d.; Walker, z.d.)

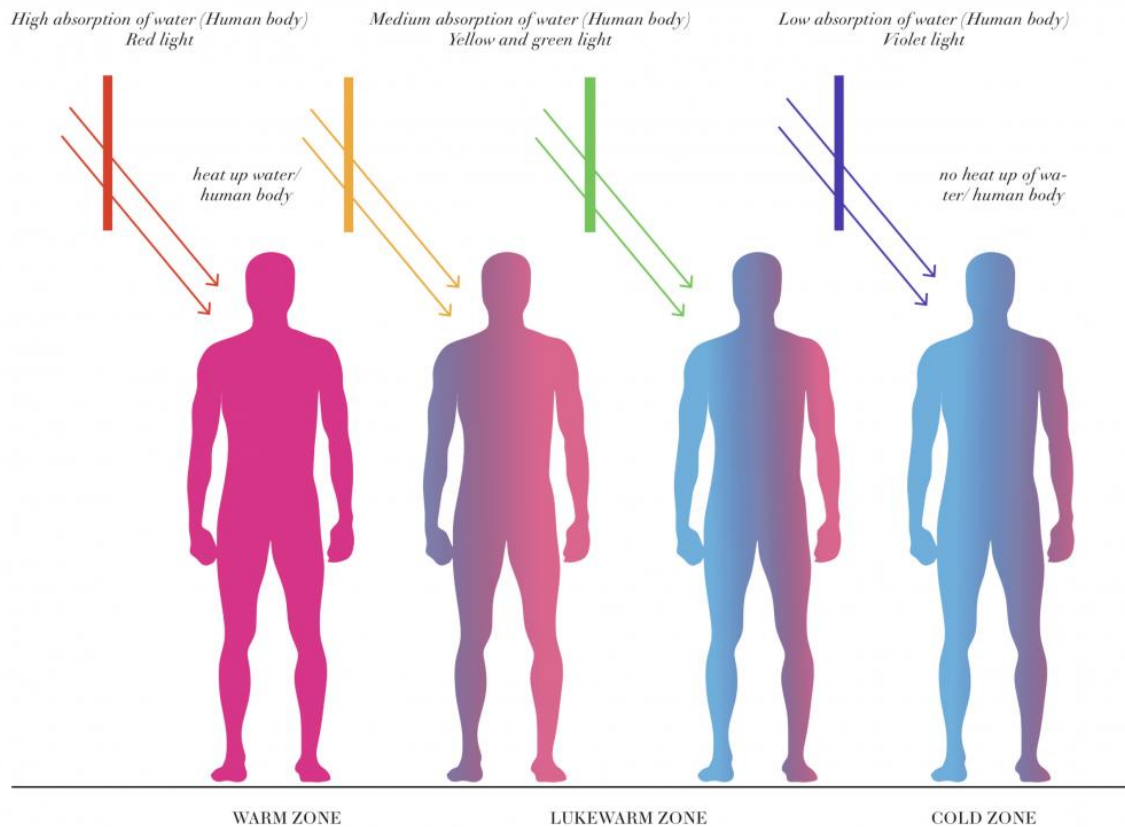
De emissieve tapijten, de buigzame tapijten en het spectraal licht, die hier gebruikt zijn voor het interieurontwerp van deze tentoonstelling, werden niet enkel gekozen vanwege hun decoratieve aspecten, maar ook vanwege hun interactie met menselijke lichaamswarmte. Er zijn drie "kamers" gebouwd, elk gericht op verschillende klimatologische omstandigheden. (Walker, z.d.)

In het hogere deel van de ruimte wordt rood licht gebruikt dat warmte absorbeert, omdat convectiestromen een koelere omgeving creëren. Ook wordt er in dit deel een wollen tapijt gebruikt dat een warm gevoel aan de voeten geeft en aluminium wandtapijten die warmteverlies voorkomen door onze lichaamswarmte rechtstreeks terug te kaatsen naar de huid. (Walker, z.d.)



Figuur 31: Uitzicht op The Anthropocene Style (Philippe Rahm architectes, 2018)

Aan de andere kant van de ruimte, bij het lagere plafond, wordt getoond hoe we gebouwen in warmere klimaten moeten benaderen. Blauw licht, waarvan onze huid geen warmte absorbeert, en rubberen wandtapijten, die de warmte van het lichaam absorberen en koelen, worden hier gebruikt. Het gebruikte aluminium tapijt trekt letterlijk warmte weg van het menselijk lichaam, waardoor het een verfrissend gevoel geeft. (Walker, z.d.)



Figuur 32: Warmtestudie voor Philippe Rahm's Spectral Curtain (Philippe Rahm architectes, 2017)

De traditionele missie van decoratie en interieurontwerp om comfort en verlichting te bieden in koude en donkere interieurs, ging verloren met de komst van de centrale verwarming, de elektrische verlichting en de airconditioning. Rahm stelt vast dat hierdoor ontwerpers aanmoedigd werden om de witte minimalistische stijl van de late 20e eeuw, zonder ornament of decoratie, te omarmen en af te stappen van zware decoratie, zoals het gebruik van lambrisering, vloertapijten, spiegels, kroonluchters, etc. of zoals eerder beschreven het verhaal van wandtapijten als isolator in de wintermaanden. (Rahm, z.d.; Walker, z.d.)

Deze verschuiving in stijl is een jammere zaak omdat deze decoratieve elementen vroeger niet slechts als 'sieraad' dienden, maar een duidelijk praktisch doel hadden. Zo werden er bijvoorbeeld in Noord-Europa vloertapijten gelegd om de geleiding van koude uit bodems of niet-geïsoleerde vloeren tegen te gaan. Bovendien werden er wandtapijten en houten lambriseringen aan het metselwerk van de muren opgehangen om de overdracht van warmte van het lichaam naar deze koude oppervlakken te blokkeren. Verder werden er in de koude wintermaanden open haarden, kachels en brasero's ingezet die zeer effectief waren. Tegen de tocht, die door raam- en deurkozijnen naar binnen kwam, werden gordijnen gehangen en schermen opgezet om de zithoek rond de haard bijkomend te beschermen. Zware fluwelen gordijnen werden gebruikt om de slechte thermische isolatie van enkele beglazing tegen te gaan. Spiegels, vergulding en kroonluchters, die reflecterende eigenschappen hebben, werden gebruikt om licht door de ruimte te verspreiden en het zwak winterdaglicht of nachtelijk kaarslicht te versterken. (Rahm, z.d.)

De kernboodschap van deze tentoonstelling is in Rahm's eigen woorden: "Door afstand te doen van de dominantie van energie-verslindende industriële tijdperktechnieken, moeten we de oude decoratieve strategieën heroverwegen en hun relevantie en efficiëntie analyseren, hun tekortkomingen tegengaan om ze te verbeteren en ze naar de huidige normen te brengen". (Rahm, z.d.)

3.3.2. 'Anthropocene furnishings at Biennale Interieur' – Kortrijk

Voor de 25e Biennale Interieur in het jaar 2016 te Kortrijk, België introduceerden de architecten van Philippe Rahm architectes zeven decoratieve meubels in de Antropoceenstijl. Rahm stelt deze meubels, ontworpen voor gematigde en continentale klimaten, tentoon met als doel het interieurcomfort te verbeteren door gebruik te maken van specifieke fysieke eigenschappen van materialen. Het vloertapijt bijvoorbeeld is gemaakt van materialen met een zeer lage warmteopname om geen warmte van het menselijk lichaam te absorberen bij contact. Het gordijn heeft een lage warmte-uitstraling om te voorkomen dat de koude straling van ramen het interieur binnenkomt. De hoogreflecterende spiegel reflecteert niet alleen het zichtbare spectrum, maar ook het infrarood waardoor warmte van het menselijk lichaam wordt teruggekaatst. Het wandtapijt, dat gemaakt is van de best presterende thermische isolatiematerialen, voorkomt koude geleiding van buitenmuren naar de binnenlucht. Het convectieve dempingsscherm, geplaatst voor buitendeuren, minimaliseert luchtstromingen. De lamp beperkt het lichtspectrum, nog zichtbaar voor het menselijk oog, om het energieverbruik te verminderen. Omdat hete lucht stijgt en koude lucht daalt, maakt de Buoyant-stoel het mogelijk voor de gebruiker om de hogere en dus warmere luchtlagen in huis te bereiken. De materialen van deze zeven decoratieve meubelstukken in werden zorgvuldig geselecteerd op basis van hun optimale prestaties voor hun specifieke taken. (Rahm, z.d.)



Figuur 33: Installatieweergave tijdens Biennale Interieur, Kortrijk (Philippe Rahm architectes, 2016)



Figuur 34: Installatieweergave tijdens Biënnale Interieur, Kortrijk (Vercruyssen, 2016)

In dit onderzoek werd een antwoord gezocht en gevonden op de onderzoeksvraag door dieper in te gaan op thermisch comfort en na te gaan hoe de mens dit ervaart, hoe hij van thermische variatie geniet en het belang van thermische plaatsen en ornamenten. Hierdoor werd inzicht en kennis vergaard voor een veelbelovende benadering voor thermisch comfort die afwijkt van de gangbare constante binnentemperatuur.

Om deze benadering vorm te kunnen geven, werd de invloed van het interieurontwerp op thermisch comfort onderzocht rekening houdend met technische aspecten zoals isolatie, natuurlijke ventilatie, zonwering, thermische massa maar ook met materiaalkeuze, kleurgebruik en het inzetten van aanpasbare elementen. Ook oplossingen met een positieve impact op zowel thermisch comfort als minder energieverbruik werden bestudeerd om de nieuwe benadering te versterken. Door het stimuleren van energiebewust gedrag, een dynamisch adaptief binnenklimaat en lokale temperatuurregeling, maar ook het toepassen van ruimtelijke ontwerpstrategieën, kunnen woningen ontworpen worden die de thermische comfortbeleving van de bewoner maximaliseren. Dit in combinatie met het toepassen van energie-sufficiëntie als strategie resulteerde in praktische mogelijkheden voor een dynamische benadering van thermisch comfort. Deze kennis wordt zoveel mogelijk meegenomen en toegepast in het masterontwerp.

Door drie spraakmakende toepasselijke cases en hun ontwerpfilosofie te bestuderen en te analyseren, heb ik inspiratie en ondersteuning voor antwoorden gevonden op mijn onderzoeksvraag.

In de eerste case 'Huis Verbiest', werd ik getriggerd door het verminderen van milieu-impact door zoveel mogelijk het origineel gebouw te behouden met zoveel mogelijk hergebruik van materialen. Hij heeft slim ingezet op energie bewustwording, seizoensgebonden gebruik van ruimtes en afwijking van een gestandaardiseerde constante temperatuur.

Bij de volgende case 'Naked House', zijn volgende elementen mij bijgebleven: isolatie gebruiken uit lokaal beschikbare materialen, mobiele units voor ruimtelijke flexibiliteit en het realiseren van een dynamisch adaptief binnenklimaat. Het stimuleren van familiegevoel en verbondenheid in de woning vond ik erg sterk in zijn aanpak.

De Anthropocene benadering van architect Philippe Rahm, met aandacht voor klimaat gerelateerde aspecten van een ruimte in plaats van een zuiver functionele aanpak, heeft mij niet onberoerd gelaten. Deze case heeft me gemotiveerd om het gebruik van decoratieve elementen, die een ruimte thermisch positief kunnen beïnvloeden, ook te heroverwegen. Materiaal- en kleurkeuze op basis van optimale thermische eigenschappen en de interactie ervan met menselijke lichaamswarmte, is een interessante benadering om mee te nemen in het ontwerp.

Om af te sluiten neem ik u nu graag mee naar mijn masterproject waar ik heb getracht om denken en doen één te laten worden met een interieurontwerp waar ik met energie-sufficiëntie als bondgenoot een praktisch antwoord heb willen geven op de onderzoeksvraag. Hiermee wil ik een zo positief mogelijke bijdrage leveren aan een weldoordacht, flexibel en kwaliteitsvol woonproject waar het thermisch comfort en welbevinden van de bewoners centraal staat met zo weinig mogelijk directe en indirecte milieu-impact.

5 Masterproject

5.1. Gekozen project

Ik heb ervoor gekozen om een bestaande residentiële woning te renoveren voor mijn masterproef. De woonst is een vrijstaande bungalowwoning uit de jaren '70 (1972) gelegen in Riemst, België. Een renovatieproject in het thema van thermisch comfort gaat niet zonder uitdagingen omdat je vastzit aan bestaande bouwelementen waardoor je het comfort nooit volledig optimaal kan realiseren zoals bij een nieuwbouwwoning het geval is. Toch heb ik deze keuze gemaakt en ben ik de uitdaging aangegaan om met een doordachte interieurstrategie de woning thermisch comfortabel te maken en heb ik hierdoor een oude woning een tweede leven kunnen geven.



Figuur 34: Woning toegang straatkant (eigen foto)

5.2. Analyse van bestaande context van het gebouw

Aangezien de woning van de jaren '70 is en energielabel E heeft, voldoet deze niet aan de huidige normen en zal er veel verbeterd moeten worden. De buitenmuren op het gelijkvloers zijn opgebouwd uit 10cm baksteen, 10cm luchtspouw, 9cm ytong blok en 1cm afwerking en er is geen muurisolatie voorzien. De oude ramen in de woning werden reeds vervangen door dubbel hoogrendementsglas. De tussenvloer naar de zolder is voorzien van 4cm isolatie. Het dak zelf is niet geïsoleerd. De vloer van het gelijkvloers is voorzien van minimale isolatie, namelijk 4cm. De buitenmuren van de kelder zijn opgebouwd uit 10cm cementblokken, 10cm luchtspouw en 9cm assenbetonblokken. Ook hier is geen muurisolatie voorzien. De vloer van de kelder is gebouwd op volle grond en is niet voorzien van isolatie. De eerste stap van de verbouwing zal bestaan uit het verbeteren van de thermische inertie van het bestaande gebouw. De aanpassingen zullen aan de binnenkant gebeuren om het originele uitzicht en het karakter van het gebouw zo goed mogelijk te behouden.

De woning wordt centraal verwarmd met stookolie. Aangezien interieurontwerp als thermische strategie ingezet zal worden met zo weinig mogelijk aanvullende installaties, zal de centrale verwarming verwijderd worden en zullen alternatieven gebruikt worden om de woning van thermisch comfort te voorzien.

5.2.1. Thermische analyse

Vooraleer de ontwerpfase te beginnen, werd er eerst een analyse gemaakt van de huidige situatie van het gebouw. Eerst is er een thermische analyse gemaakt die de huidige kwaliteiten in kaart brengt en een goede inschatting geeft van wat de thermische behoefte en energienoden zijn per ruimte en inzicht geeft in hoe deze verbeterd kunnen worden.

Uit de eerste analyse, zie figuur 35, kan er afgeleid worden dat in de winter, de eerste slaapkamer, de veranda, deels de keuken en deels de hobbyruimte kouder worden ervaren. In de eerste kamer, die naar het Noorden georiënteerd is, kan het in de winter te koud worden waardoor er extra bij verwarmd zou moeten worden in de avond voor het slapengaan.

De tweede analyse, zie figuur 36, geeft de zomersituatie weer en hieruit blijkt dat de leefruimte, het bureau, de veranda, deels de keuken en deels de hobbykamer op dit moment als warm of te warm worden ervaren. Vooral de leefruimte en het bureau, die naar het Zuiden georiënteerd zijn, krijgen het meeste zon en geraken tijdens een hittegolf vaak oververhit. Op dit moment wordt er veel gebruik gemaakt van de rolluiken, die langs de buitenzijde werden toegevoegd, om deze oververhitting tegen te gaan en zijn de ramen in deze twee ruimtes van een spiegelfolie voorzien.

Het toilet, de badkamer en de hobbykamer, die centraal in de woning liggen, zijn redelijk stabiel doorheen alle seizoenen waardoor ze als aangenaam ervaren worden. Dit geldt ook voor de tweede slaapkamer.

De meeste ruimtes worden ook seizoengebonden verkozen door hun verschillende thermische kwaliteiten, zie figuur 37. In de winter gaat de thermische voorkeur uit naar zowel de leefruimte als deels de keuken. Ook het bureau is in de winter een aangename ruimte. De keuken en de veranda worden verkozen om te zitten/ tijd door te brengen in de lente. De veranda is ook in de herfst aangenaam om te verblijven. In de zomer zijn de hobbyruimte en de eerste slaapkamer thermisch het meest comfortabel. Voor de overige ruimtes wordt er geen uitdrukkelijke voorkeur uitgesproken aangezien deze aangenaam zijn doorheen heel het jaar.

Voor het ontwerp van de masterproef zal er rekening gehouden worden met deze resultaten en waar nodig een slimme en energiebesparende oplossing gezocht worden voor de thermische behoefte en energienoden.



Figuur 35: thermische analyse 1 (eigen plan)

Bestaand grondplan 0
Thermische analyse gebruiksruimte
Winter

Legende:

Blauw: koud/ te koud

Paars: aangenaam

Geel: circulatie



Figuur 36: thermische analyse 2 (eigen plan)

Bestaand grondplan 0
Thermische analyse gebruiksruimte
Zomer

Legende:

Rood: warm/ te warm

Paars: aangenaam

Geel: circulatie



Figuur 37: thermische analyse 3 (eigen plan)

Bestaand grondplan 0
 Thermische voorkeur ruimtes
 Vier seizoenen

Legende:

Bruin: winter

Groen: lente

Roze: zomer

Oranje: herfst

Grijs: geen voorkeur (heel het jaar stabiel)

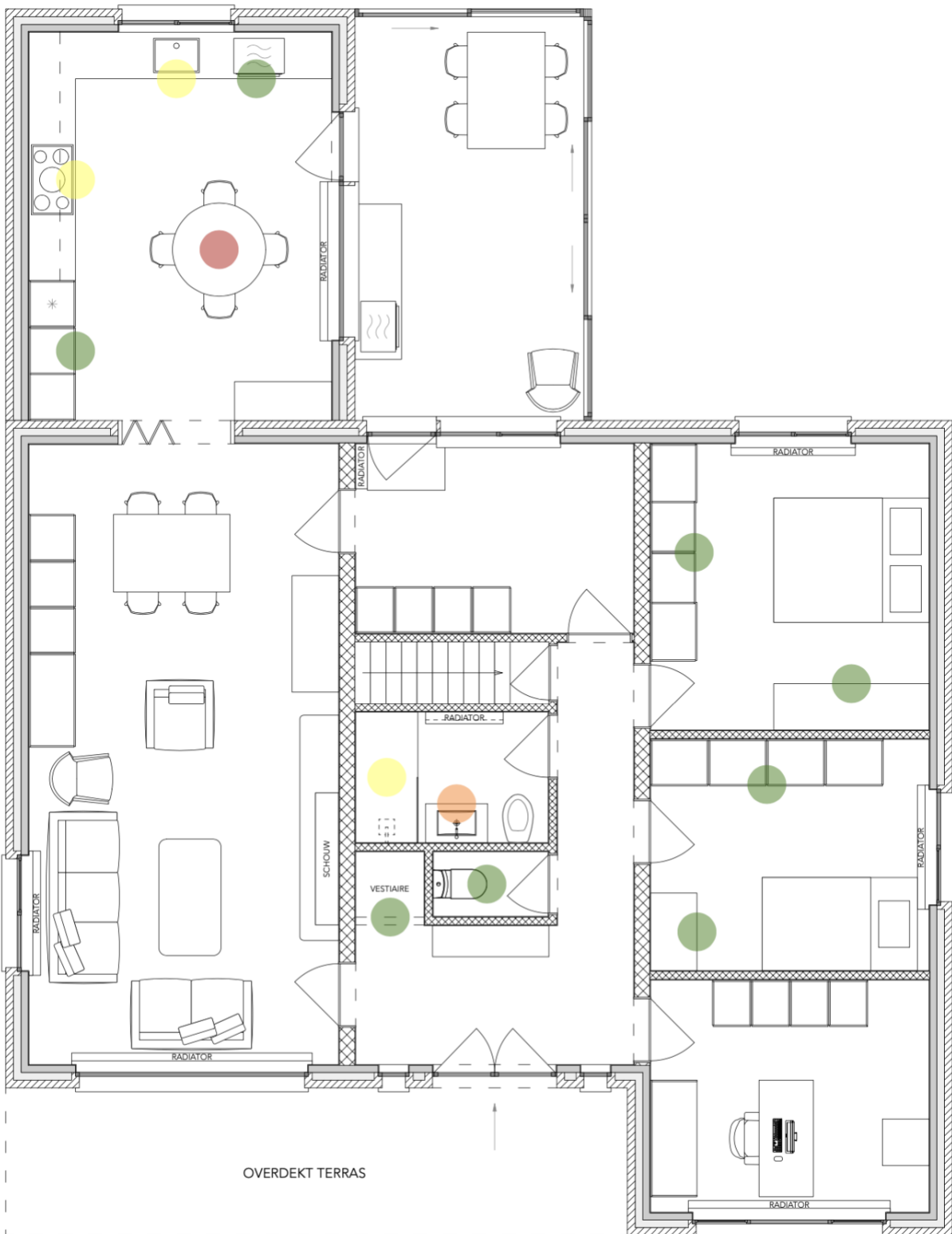
5.2.2. Analyse gebruikspatronen

Vervolgens is er een analyse van de gebruikspatronen gemaakt die een beter inzicht geeft in hoe vaak de huidige ruimtes gebruikt worden en hoelang er een bepaalde functie gebruikt wordt in die ruimte tijdens verschillende dagdelen. Zo kan er een betere inschatting gemaakt worden welke thermische kwaliteiten waar en wanneer nodig zijn.

De analyse in figuren 38, 39 en 40, geeft een beter zicht op hoe vaak de huidige ruimtes gebruikt worden en hoelang er een bepaalde functie gebruikt wordt in die ruimte. Door de gebruikspatronen van de verschillende dagdelen te bestuderen, kunnen we beter inschatten welke thermische kwaliteiten waar en wanneer nodig zijn.

Op deze analyses is te zien dat de langstdurende stilstanden (+60 min) gebeuren in de zithoek van de leefruimte, het eetgedeelte van de keuken, tijdens het slapen in de slaapkamers en (in de lentemaanden) de zithoek van de veranda. Op sommige plaatsen is de stilstand maar voor korte duur of dient een plaatst slechts als circulatieruimte. Op deze plaatsen stellen we uiteraard minder thermische eisen dan op de plaatsen waar er voor een langere periode stilstand plaatsvindt.

Tijdens het ontwerpen van de masterproef moet er rekening gehouden worden met deze stilstanden om zo slimme en energie-sufficiënte oplossingen te creëren om de ruimtes, waar en wanneer nodig, met juiste de thermische eigenschappen te voorzien.

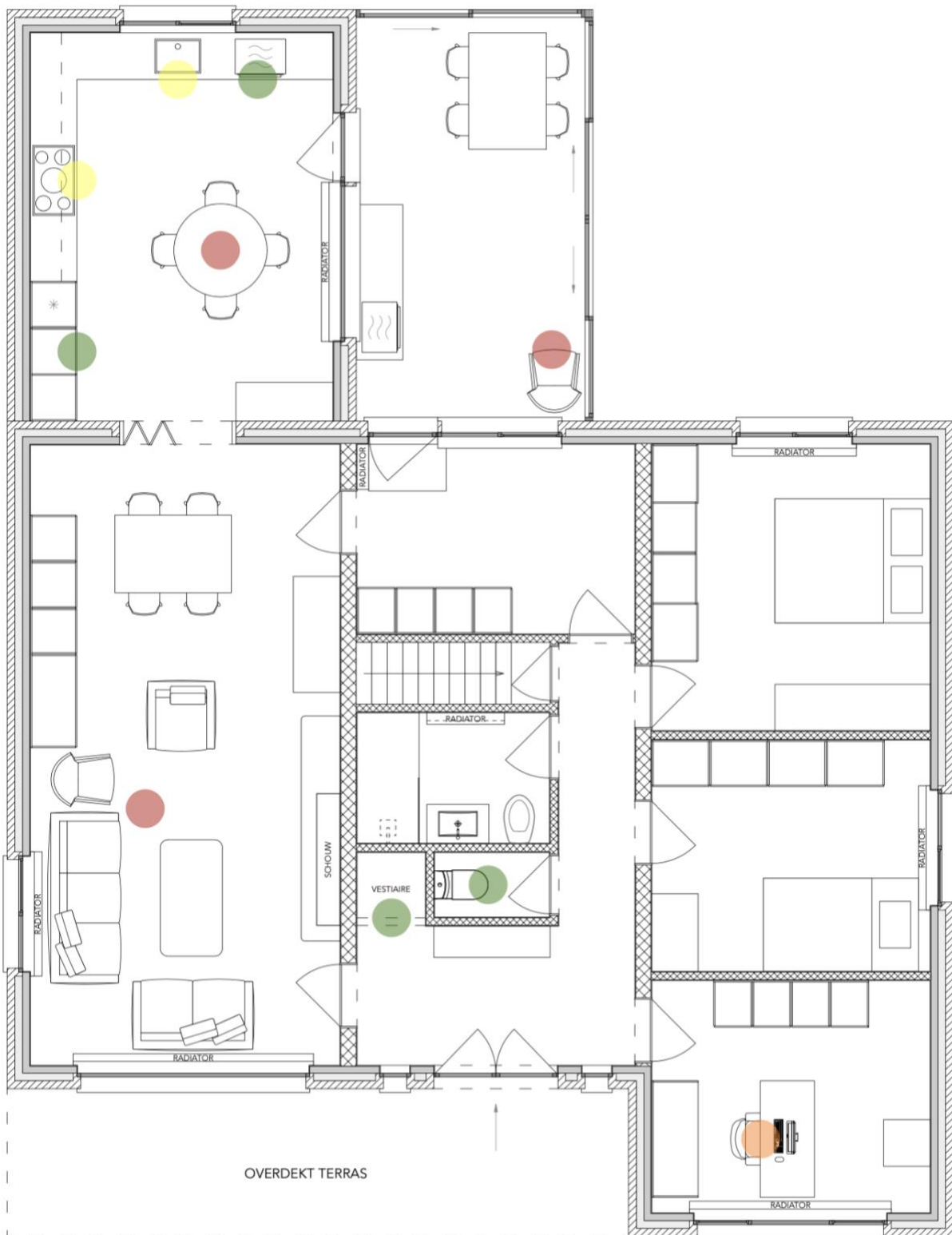


Figuur 38: analyse gebruikspatronen 1 (eigen plan)

Bestaand grondplan 0
Analyse gebruikspatronen
Ochtend 7u-11u

Legende:

- Groen: 1-5 min
- Geel: 5-25 min
- Oranje: 25-60 min
- Rood: +60 min



Figuur 39: analyse gebruikspatronen 2 (eigen plan)

Bestaand grondplan 0
Analyse gebruikspatronen
Middag 11u-17u

Legende:

Groen: 1-5 min

Geel: 5-25 min

Oranje: 25-60 min

Rood: +60 min



Figuur 40: analyse gebruikspatronen 3 (eigen plan)

Bestaand grondplan 0
Analyse gebruikspatronen
Avond 17u-22u

Legende:

Groen: 1-5 min

Geel: 5-25 min

Oranje: 25-60 min

Rood: +60 min

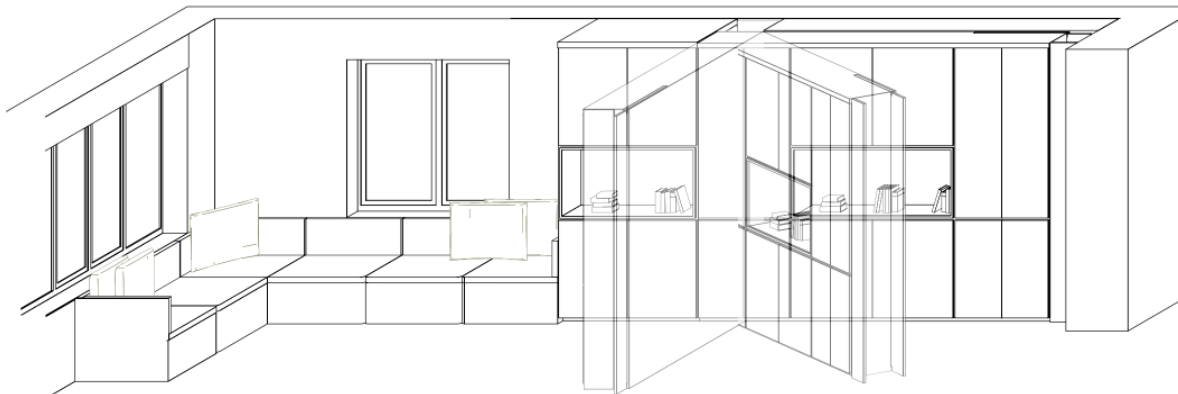
5.3. Ontwerpstrategie

In mijn ontwerp wil ik laten zien dat interieurontwerp daadwerkelijk als strategie ingezet kan worden om een thermisch comfortabele woonbeleving te creëren. Een belangrijk onderdeel van de gekozen benadering draait rond het realiseren van een adaptief binnenklimaat waarbij zowel lokale temperatuurregeling wordt toegepast, enkel waar en wanneer dat nodig is, alsook natuurlijke ventilatie. Daarom wordt de aanwezige centrale verwarming in de woning verwijderd.

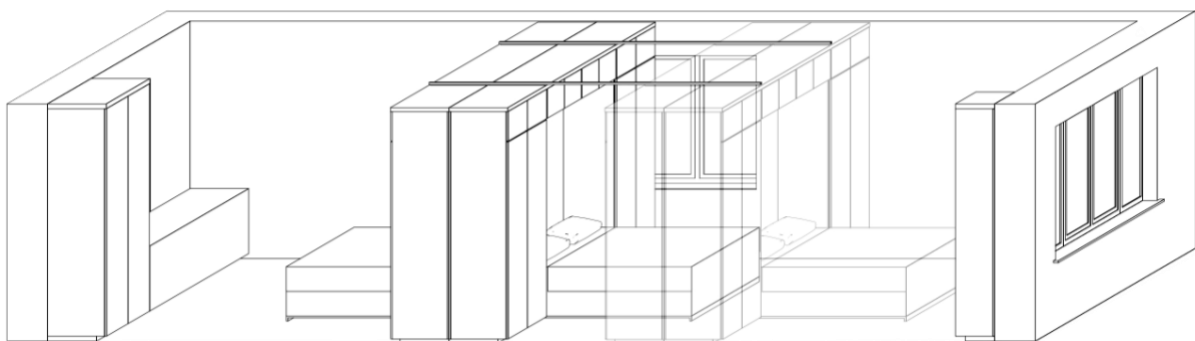
De belangrijkste strategie die ik heb toegepast is het gebruik van flexibele ruimtes in de woning hetgeen de bewoner toelaat om zelf verschillende thermische omstandigheden te creëren naargelang zijn behoefte. Dit concept wordt bekomen door 2 verschuifbare kastsystemen te ontwerpen die seizoensgebonden zijn. Op deze manier komen er nieuwe ruimtes tot stand, door natuurlijke ventilatie, kleur- en materiaalgebruik en het toevoegen van extra thermische elementen, zoals een wandtapijt. Zo worden op een alternatieve manier verschillende thermische niveaus per seizoen behaald zonder gebruik te maken van standaard verwarming of koeling.

Een bijkomend concept dat is toegepast in het ontwerp is dat van de migratiestrategie. Door verschillende plaatsen met verschillende functies te voorzien, kan de bewoner zich doorheen de woning verplaatsen om zo telkens de juiste thermische omstandigheden op te zoeken voor een bepaalde functie of activiteit die deze persoon wilt uitvoeren.

Ten slotte wordt er ook veel aandacht besteed aan materiaal- en kleurkeuze die op basis van hun optimale thermische eigenschappen en de interactie ervan met menselijke lichaamswarmte worden gekozen. Bijkomend worden in sommige ruimtes decoratieve elementen toegepast die het thermisch comfort in een ruimte positief kunnen beïnvloeden.

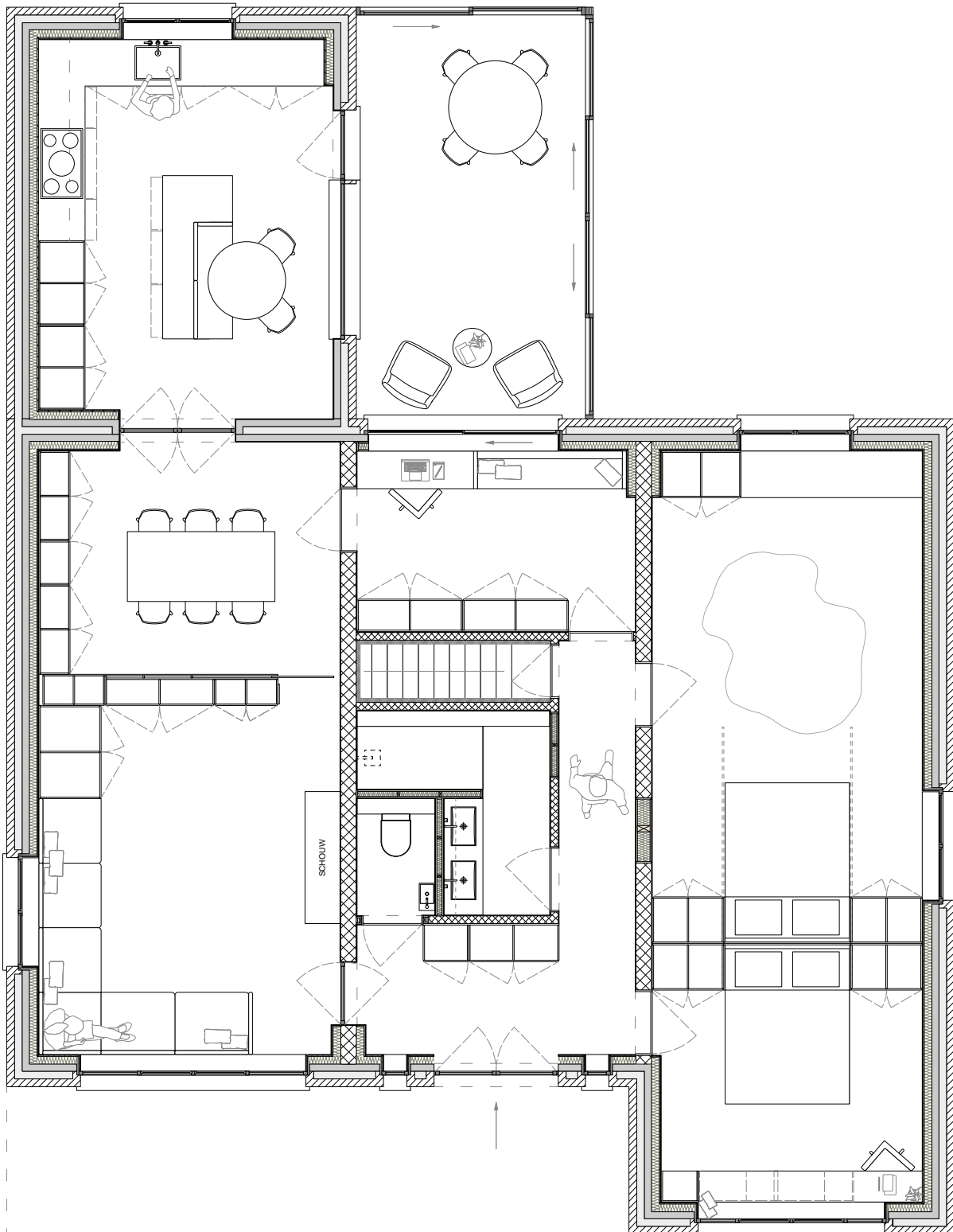


Figuur 41: beweging kastensysteem leefruimte (eigen beeld)



Figuur 42: beweging kastensysteem slaapvertrekken

5.4. Uitwerking ontwerp



Figuur 43: grondplan 0 winter situatie (eigen plan)

Grondplan 0
Winter

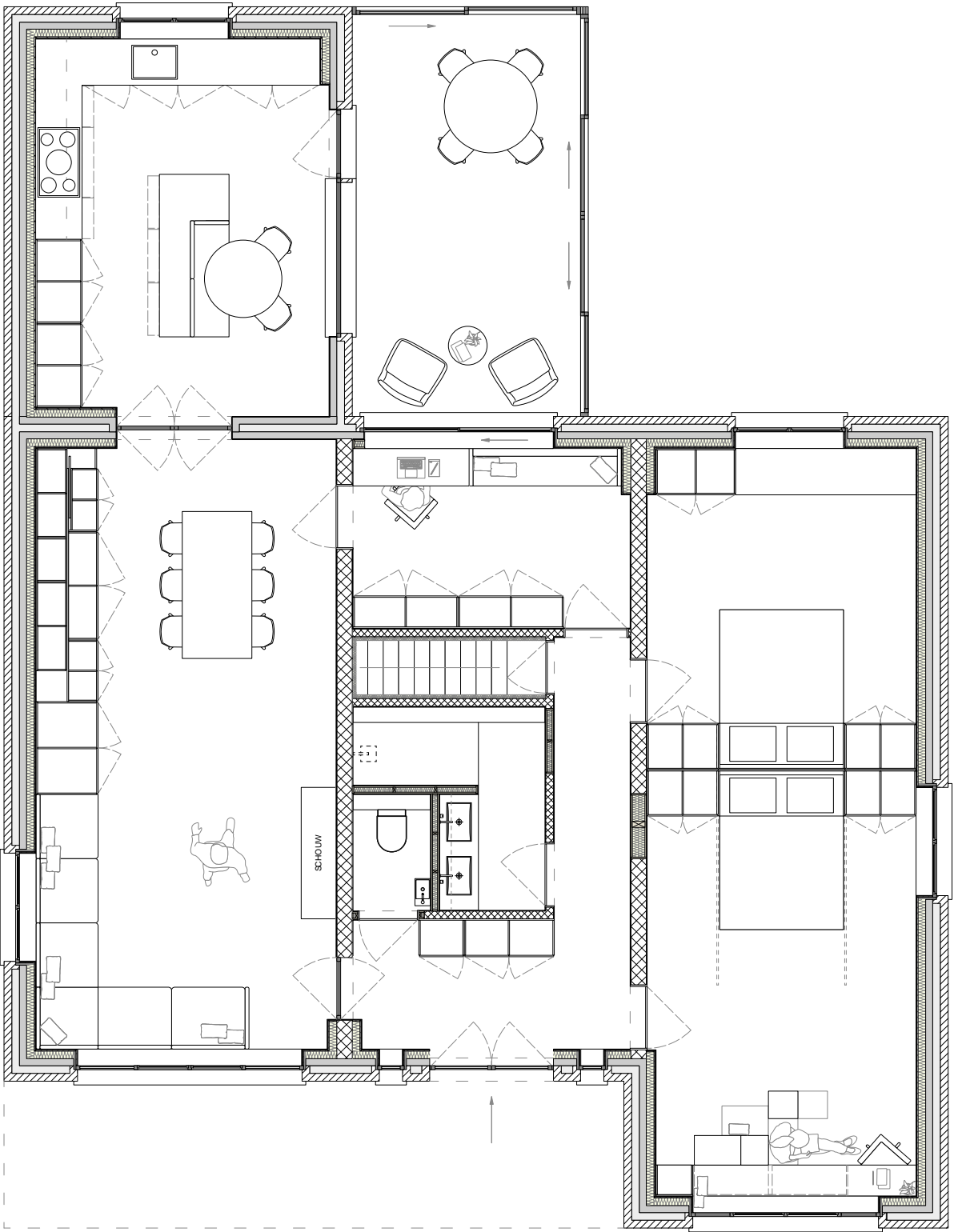
De eerste stap die genomen is, is het verbeteren van de thermische inertie van het gebouw door te isoleren aan de binnenkant. Ook worden de tussenvloer naar de kelder en de tussenvloer naar de zolder extra geïsoleerd. Het isolatiemateriaal dat gebruikt is, is hennep enerzijds omdat het lokaal geproduceerd wordt en anderzijds omdat het een duurzaam materiaal is.

In figuur 41 wordt de wintersituatie in de woning voorgesteld. In het linkergedeelte van de woning bevindt zich het publieke deel. Allereerst komen we via de hal uit in de leefruimte die door het draaiend kastensysteem in twee kleinere ruimtes verdeeld kan worden. Het voorste deel van de leefruimte, dat in het zuidelijk punt van de woning gelegen is, krijgt veel zonlicht doorheen de dag door de grote glaspartijen. Aangezien de thermische inertie van de buitenmuren verbeterd is, houdt de ruimte lang deze warmtewinst vast en voelt deze doorheen de dag aangenaam aan. In de avond wordt de ruimte verwarmd door middel van de haard. Om deze warmte niet te verliezen, kan de schuifdeur van de kast dichtgeschoven worden.

Het tweede deel van de leefruimte, het eetgedeelte, is voorzien van een donker en warm kleurenpalet en eveneens van een wand- en vloertapijt als extra isolator om de gevoelstemperatuur van de bewoner positief te beïnvloeden in afwezigheid van een directe warmtebron. De keuken wordt door een lokale warmtebron, de AGA Electric Control, verwarmd. (Classic cookers, z.d.) Dit systeem combineert koken en verwarmen en beide kunnen apart van elkaar worden ingesteld. Bovendien kan de verwarming van het fornuis afgestemd worden op de persoonlijke wensen van de gebruiker. De aanliggende veranda buffert bijkomstig de koude buitentemperatuur naar de keuken.

In de middelste zone van het grondplan zijn de badkamer en het toilet terug te vinden. Op de thermische analyse is te zien dat deze zone doorheen het jaar redelijk stabiel blijft. Toch is er gekozen om een extra stralingspaneel in de badkamer te voorzien, aangezien dit de warmste plek in de woning moet zijn omdat we ons hier naast douchen, ook omkleden. De bovenste ruimte in de middelzone blijft ook redelijk stabiel doorheen het jaar en ook hier wordt deze ruimte gebufferd tegen koude buitentemperaturen door de aanliggende veranda. Deze ruimte is een multifunctionele ruimte, en is aangenaam in alle seizoenen. De ruimte vormt de ideale plek om naar toe te migreren voor flexibiliteit en het uitoefenen van een bepaalde activiteit die een andere thermische situatie vergt ten opzichte van andere ruimtes.

Het slaapgedeelte van de woning bevindt zich aan de rechterkant op het grondplan. Beide slaapvertrekken bevinden zich in een grote ruimte die in twee wordt gedeeld door het beweegbaar kastensysteem. Bovendien liggen beiden in thermische probleemzones. De voorste kamer wordt te warm in de zomer en de achterste is te koud in de winter. Door het kastensysteem flexibel in te zetten in de ruimte, stelt dit de gebruiker in staat om zelf de ruimtes in te delen en zijn thermische voorkeur te bepalen. In de wintersituatie wordt de kast bij voorkeur naar voren verplaatst om de voorste kamer een kleiner volume te geven. Dit laat toe om optimaal de warmtewinsten, van de warmte van zon op de ramen, te benutten. De achterste kamer wordt groter gemaakt en verder weg van de noordgevel verplaatst. Door deze verplaatsing geniet dit slaapvertrek nu ook van ochtendzon door een tweede raam, terwijl dit vertrek anders nooit zon zou krijgen in de winter. Ten slotte worden er in de achterste kamer warme kleuren gebruikt en worden er decoratieve elementen, zoals wand- en vloertapijt gebruikt als extra isolator. De extra gordijnen langs het bed dienen om warmte vast te houden en werden toegevoegd om het thermisch comfort van de bewoner te verhogen. Deze elementen worden in de zomer weggehaald om op deze manier bewust het seizoensgevoel in zomer en winter te versterken.

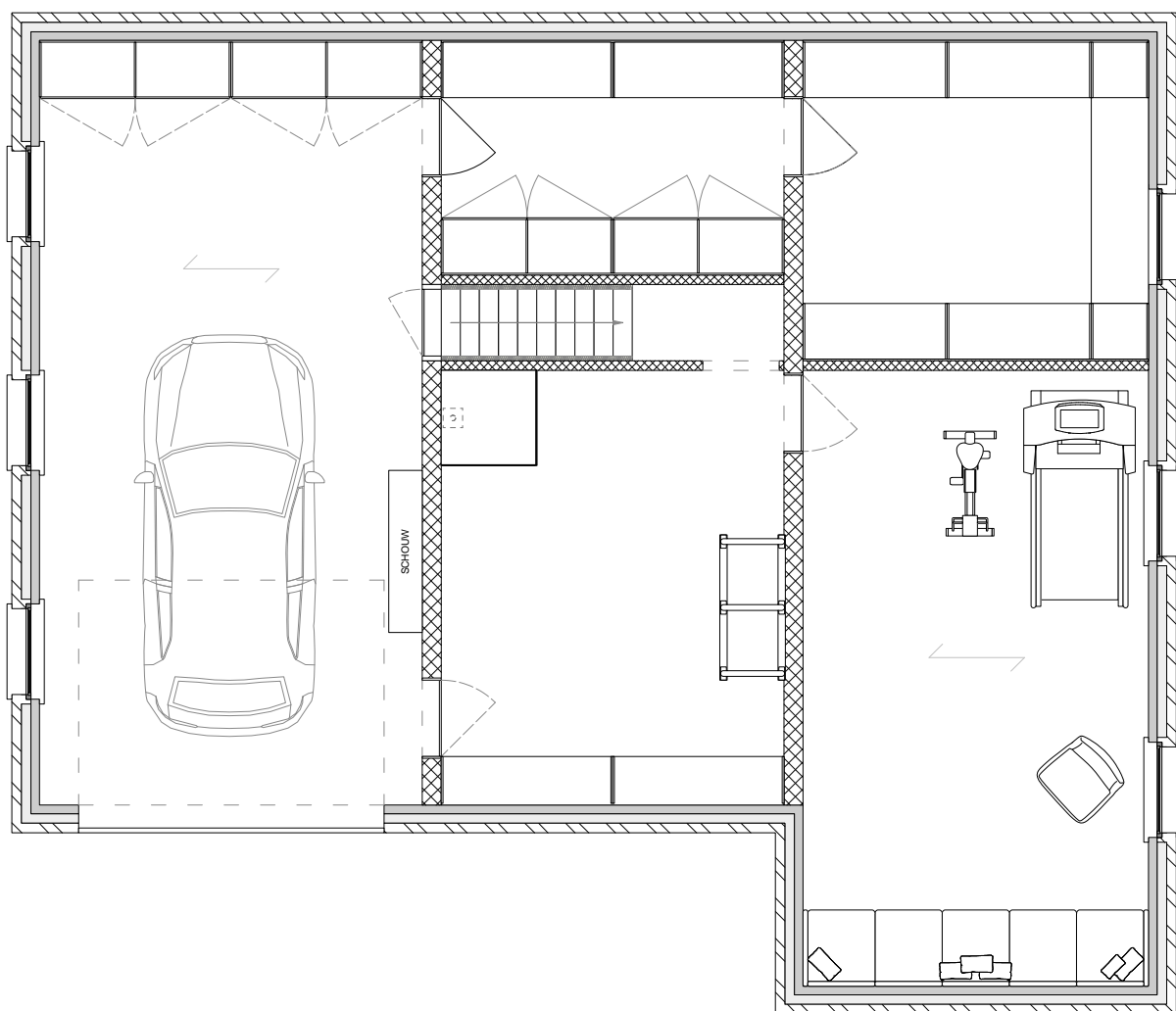


Figuur 44: grondplan 0 zomer situatie (eigen plan)

Grondplan 0
Zomer

In de zomermaanden wordt het kastensysteem in de leefruimte volledig weggeschoven naar de linkerkant op het grondplan, figuur 42, en vormt een naadloos geheel in de ruimte. Op deze manier wordt er een grote ruimte gecreëerd die voorzien kan worden van thermische trek door het raam in de leefruimte en het tegenovergestelde raam in de keuken tegen elkaar open te zetten. Dit zorgt voor een aangename luchtdoorstroming die de ruimte bijkomend kan afkoelen.

In de slaapvertrekken is de situatie omgekeerd en is de voorste kamer de grote kamer geworden en de achterste de kleine kamer. De voorste kamer heeft door de kasten te verplaatsen nu twee ramen waardoor men de kamer op natuurlijke wijze kan ventileren en van meer luchtdoorstroom kan voorzien. Aangezien deze kamer in de zomer te warm zou kunnen aanvoelen, wordt het meubel aan het grote raam aan de voorkant van lichte en koele kleuren voorzien om te zorgen voor minder warmteabsorptie van het zonlicht. De bewoner kan door middel van het dynamisch en flexibel zitmeubel bovendien genieten van de aangename thermische beleving van de ochtendzon en een 'zen' momentje nemen voor zichzelf.



Figuur 45: grondplan -1 (eigen plan)

Grondplan -1

De kelderverdieping wordt gebruikt voor opslag en als sportruimte. In het voorste deel rechts op het grondplan, figuur 45, is het heel koel in de zomer en dit biedt een ideale oplossing om tijdens de hittegolf naar deze ruimte te migreren. De kelder is reeds voorzien van ramen waardoor natuurlijk licht kan invallen en er ook natuurlijk geventileerd kan worden.



Figuur 46: zomer situatie leefruimte (eigen beeld)



Figuur 47: winter situatie leefruimte (eigen beeld)



Figuur 48: winter situatie leefruimte (eigen beeld)

Op de 3D-beelden, figuren 44, 45 en 46 is het verschil in ruimte- en kleurgebruik tussen de zomer- en wintersituatie van de leefruimte goed in beeld gebracht. In de zomer worden er koele en lichte kleuren gebruikt om minder zonnewarmte te absorberen. In de winter is dit het tegenovergestelde en wordt bijkomend gebruik gemaakt van tapijten. De kussens van het zitgedeelte kunnen ook gewijzigd worden in beide seizoenen. Zo wordt in de winter gebruik gemaakt van warme wol en in de zomer van koele katoen als materiaal voor de (zit)kussens.

Op de volgende 3D-beelden, figuren 47 en 48, is het verschil in ruimte- en kleurgebruik tussen de zomer- en wintersituatie van de slaapvertrekken weergegeven. In de zomer worden er koele en lichte kleuren gebruikt om minder zonnewarmte te absorberen. Ook is het dynamisch zitmeubel te zien dat bijvoorbeeld gebruikt kan worden om van de ochtendzon te genieten of het biedt een aangename plek om te gaan zitten voor een 'ik' momentje. In de wintersituatie is het gebruik van seizoengebonden elementen in beeld gebracht, namelijk het wand- en vloertapijt en de gordijnen die de bewoner tijdens het slapen omsluiten om zo extra warmte vast te houden. Ook hier wordt gebruik gemaakt van een warm kleurenpalet.



Figuur 49: beeld zomer slaapvertrek 2 (eigen beeld)



Figuur 50: beeld winter slaapvertrek 1 (eigen beeld)

5.5. Conclusie

Ondanks de grote uitdaging om een bestaande woning te renoveren naar een thermisch comfortabele woning zonder centrale verwarming, ben ik tevreden met de gemaakte keuzes en benaderingen voor het ontwerp en de aanpassingen die ik gemaakt heb. Om het karakter van de woning te behouden was het regelmatig wikken en wegen en zoeken naar een compromis om de ruimtes in de verschillende seizoenen toch comfortabel te krijgen ondanks dat de oriëntatie, de ligging en indeling van de ruimtes verre van optimaal waren. Dit was een project waar zowel de ontwerper als de woning eerst uit de comfortzone moesten gaan om nadien des te meer te genieten van de nieuwe comfortabele situatie.

Figurenlijst

Agentschap voor Infrastructuur in het Onderwijs. (z.d.). *Relatie tussen PMV en PPD* (Foto). AGION. Geraadpleegd op 17 maart 2024, van <https://www.agion.be/hoe-kan-men-thermisch-comfort-meten>

De Dear, R. (2007). *Het adaptieve comfortmodel dat wordt gebruikt in ASHRAE Std.55:2004*. (Grafiek). Researchgate. Geraadpleegd op 9 april 2024, van https://www.researchgate.net/publication/228717629_ADAPTIVE_COMFORT_APPLICATIONS_IN_AUSTRALIA_AND_IMPACTS_ON_BUILDING_ENERGY_CONSUMPTION#pf3

Katafygiotou, M.C. en Serghides, D.K. (2014). Bioclimatic chart analysis in three climate zones in Cyprus. *Indoor and Built Environment*, 24(6) 746-760. 10.1177/1420326X14526909.

Leefmilieu Brussel. (z.d.). *Warmte-uitwisseling tussen het menselijk lichaam en zijn omgeving* (Foto). Gids duurzame gebouwen. Geraadpleegd op 17 maart 2024, van <https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/thermisch-comfort-verzekeren/begrippen>

Smith, T.S. (z.d.). *Schets geheime tuin Marrakesh* (Schets). Tom Stuart-Smith. Geraadpleegd op 9 april 2024, van <https://www.tomstuartsmith.co.uk/projects/le-jardin-secret-marrakech-2>

Sheraton, T. (1805-1806). *Hemelbed met groene gordijnen* (Print). NYPL Digital Collections. Geraadpleegd op 9 april 2024, van <https://digitalcollections.nypl.org/items/510d47dd-e63d-a3d9-e040-e00a18064a99>

Blake, W. (1794). *Vrouw en kind voor de open haard* (Print). NYPL Digital Collections. Geraadpleegd op 9 april 2024, van <https://digitalcollections.nypl.org/items/510d47db-b623-a3d9-e040-e00a18064a99>

The hydrangea farmhouse. (2019). *Verandaschommel* (Foto). The hydrangea farmhouse. Geraadpleegd op 9 april 2024, van <https://hydrangeafarmhouse.com/easy-porch-curtains/>

Staatliche museen zu Berlin. (z.d.). *De Mughal-keizer Muhammad Shah (r. 1720-48) op een grijs tapijt met groene scrollende wijnstokken en roze bloesems* (Schilderij). SMB museum. Geraadpleegd op 9 april 2024, van <https://www.smb.museum/en/exhibitions/detail/pictures-of-comfort-and-design-carpets-in-indian-miniature-painting/>

The Untold Story of India's Seats and Chairs Museum of Design. (z.d.). *Deccani miniatuur schilderij van Raga Hindola* (Schilderij). Arts & Culture. Geraadpleegd op 9 april 2024, van https://artsandculture.google.com/story/AgWhE_B1vhUNIA?hl=en

Archdaily. (2019). *Tabel met energieabsorptiepercentages verschillende materialen* (Schema). Archdaily. Geraadpleegd op 9 april 2024, van <https://www.archdaily.com/900418/how-to-implement-passive-solar-design-in-your-architecture-projects>

Weber. (z.d.). *Hoe kleuren invloed hebben op jouw welzijn in huis*. Weber. <https://www.belgium.weber.nl/blog/tips/hoe-kleuren-Invloed-hebben-op-jouw-welzijn-huis>

Kodama, R. (2019). *Kairo* (Foto). All about Japan. Geraadpleegd op 9 april 2024, van <https://allabout-japan.com/en/article/6262/>

Tamamura, K. (1890). *An Informal Afternoon Tea* (Foto). Alamy. Geraadpleegd op 9 april 2024, van <https://www.alamy.com/1890s-japan-japanese-women-in-kimono-two-women-in-kimono-are-seated-on-tatami-rice-mats-a-hibachi-a-tea-pot-and-two-cups-are-in-front-of-them-original-text-an-informal-afternoon-tea-albumen-photograph-sourced-by-kozaburo-tamamura-1856-1923-1890s-for-japan-described-and-illustrated-by-the-japanese-shogun-edition-edited-by-captain-f-brinkley-published-in-1897-by-j-b-millet-company-boston-massachusetts-usa-19th-century-vintage-albumen-photograph-image265040705.html>

Katsushika, H. (z.d.). *Schilderij met twee geliefden rond de kotatsu* (Foto). Paléo-energétique. Geraadpleegd op 9 april 2024, van <https://paleo-energetique.org/en/paleoinventions/le-kotatsu/>

Malaut, S. (z.d.). *Toetreding huis Verbiest* (Foto). AgwA. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van http://www.agwa.be/en/projects/1718_verbiest/201/#&gid=1&pid=3

Malaut, S. (z.d.). *'Houten benen' constructie huis Verbiest* (Foto). AgwA. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van http://www.agwa.be/en/projects/1718_verbiest/201/#&gid=1&pid=4

AgwA. (z.d.). *Huis Verbiest* (Anaxometrie tekening). AgwA. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van http://www.agwa.be/en/projects/1718_verbiest/201/#&gid=1&pid=21

AgwA. (z.d.). *Perspectiefsnede huis Verbiest* (Perspectiefsnede). AgwA. Geraadpleegd op 7 Mei 2024, van http://www.agwa.be/en/projects/1718_verbiest/201/#&gid=1&pid=22

AgwA. (z.d.). *Grondplan +1 huis Verbiest* (Plan). AgwA. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van http://www.agwa.be/en/projects/1718_verbiest/201/#&gid=1&pid=19

Agwa. (z.d.). *Grondplan +2 huis Verbiest* (Plan). AgwA. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van http://www.agwa.be/en/projects/1718_verbiest/201/#&gid=1&pid=20

Malaut, S. (z.d.). *Tweede verdieping huis Verbiest* (Foto). AgwA. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van http://www.agwa.be/en/projects/1718_verbiest/201/#&gid=1&pid=17

Hirai, H. (z.d.). *Mobile Furniture of the Naked House* (Foto). Archeyes. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van <https://archeyes.com/naked-house-shigeru-ban/#jip-carousel-2825>

Ban, S. (z.d.). *Bovenaanzicht interieur van het Naked House* (Foto). Shigeru Ban Architects. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van <https://shigerubanarchitects.com/works/timber-and-bamboo/naked-house/>

Ban, S. (z.d.). *Naked House Shigeru Ban Archeyes* (Foto). Archeyes. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van <https://archeyes.com/naked-house-shigeru-ban/#jip-carousel-26832>

Ban, S. (z.d.). *Grondplan van het Naked House* (Foto). Architectura Viva. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van <https://arquitecturaviva.com/works/naked-house-2#lg=1&slide=6>

Hirai, H. (z.d.). *Exterior* (Foto). Archeyes. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van <https://archeyes.com/naked-house-shigeru-ban/#jip-carousel-2835>

Ban, S. (z.d.). *Isometric* (Isometrie tekening). Archeyes. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van <https://archeyes.com/naked-house-shigeru-ban/#jip-carousel-2820>

Ban, S. (z.d.). *Muren van het Naked House* (Foto). Shigeru Ban Architects. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van <https://shigerubanarchitects.com/works/timber-and-bamboo/naked-house/>

David, M. (2018). *View of Philippe Rahm: The Anthropocene Style, Walter and McBean Galleries, San Francisco Art Institute, 2018*. (Foto). E-flux Education. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van <https://www.e-flux.com/announcements/194636/philippe-rahmthe-anthropocene-style/#:~:text=Thisexhibitionprovidesatesting,bodyheatandexternaltemperatures.>

Philippe Rahm architects. (2018). *View of The Anthropocene Style, an exhibition by Philippe Rahm architectes at the San Francisco Art Institute, 2018*. (Foto). Archive Pin-Up magazine. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van <https://archive.pinupmagazine.org/articles/philippe-rahm>

Philippe Rahm architects. (2017). *Heat study for Philippe Rahm's Spectral Curtain at the San Francisco Art Institute (2017)* (Foto). Archive Pin-Up magazine. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van <https://archive.pinupmagazine.org/articles/philippe-rahm-the-anthropocene-style-impact-of-climate-change-on-architecture-interior-design-essay#29>

Philippe Rahm architects. (2016). *Installation view during Biennale Intérieur, Kortrijk, Belgium (2016)* (Foto). Archive Pin-Up magazine. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van <https://archive.pinupmagazine.org/articles/philippe-rahm-the-anthropocene-style-impact-of-climate-change-on-architecture-interior-design-essay#29>

Vercruyssen, F. (2016). *"The Anthropocene Style" by Swiss architect Philippe Rahm is a proposal on how given climate change we can in future live using less energy. Insulating curtains and carpets lower heating costs and there's a luminaire that saves energy by only providing light visible to us* (Foto). Stylepark. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van <https://www.stylepark.com/en/news/25th-biennale-interieur-in-kortrijk>

Bronnenlijst

Agentschap voor Infrastructuur in het Onderwijs. (z.d.). *Hoe kan men thermisch comfort meten*. AGION. <https://www.agion.be/hoe-kan-men-thermisch-comfort-meten>

Agentschap voor Infrastructuur in het Onderwijs. (z.d.). *Thermisch comfort*. AGION. <https://www.agion.be/thermisch-comfort>

AgwA. (z.d.). *1718_Verbiest*. AgwA. http://www.agwa.be/en/projects/1718_verbiest/201/

Archeyes. (2016). *The Naked House by Shigeru Ban Architects: A Pioneering Design*. Archeyes. <https://archeyes.com/naked-house-shigeru-ban/>

Archiweek U. (z.d.). *Huis Verbiest*. Archiweek Urban Brussels. <https://archiweek.urban.brussels/nl/event/huis-verbiest>

Arquitectura Viva. (z.d.). *Naked House, Kawagoe*. AV. <https://arquitecturaviva.com/works/naked-house-2>

Bosserez, A., Verbeek, G. (november-december 2020). Energetisch renoveren – focus op de woning of op de bewoners? *Energie*, 117, 17-21.

Bughio, M., Scheutze, T., Mahar, W.A. (2020). Comparative Analysis of Indoor Environmental Quality of Architectural Campus Buildings' Lecture Halls and its' Perception by Building Users, in Karachi, Pakistan. *Sustainability*, 12(7), 1-29. 10.3390/su12072995

Classic Cookers. (z.d.). *AGA Electric Control: Het beste van twee werelden*. Classic Cookers. <https://classiccookers.nl/?p=extra>

Craven, J. (2018). *Japanese House Designs of Shigeru Ban*. ThoughtCo. <https://www.thoughtco.com/interiors-japanese-houses-of-shigeru-ban-177319>

De Decker, K. (11 februari 2015). *Restoring the Old Way of Warming: Heating People, not Places*. Low-tech Magazine. <https://solar.lowtechmagazine.com/2015/02/restoring-the-old-way-of-warming-heating-people-not-places/>

De Grote Verbouwing. (z.d.). *Verbiest*. De Grote Verbouwing. <https://degroteverbouwing.eu/nl/bouwstenen/verbiest/>

Degavre, É. (2023). *De kracht van een houten been*. Brussels Architecture Prize. <https://brusselsarchitectureprize.be/nl/project/verbiest/>

Designing Buildings. (17 augustus 2023). *Adaptive thermal comfort*. Designing Buildings. https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Adaptive_thermal_comfort

Ecomat. (z.d.). *Inertie thermisch*. Ecomat. <https://ecomat.be/kennisbank/detail/inertie>

Ecophon Saint-Gobain. (z.d.). *Thermisch comfort*. Ecophon. <https://www.ecophon.com/nl/about-ecophon/functional-demands/thermal-comfort/>

Ertas, H. (z.d.). *Woning en atelier Verbiest*. Vlaams Architectuur Instituut.
<https://www.vai.be/gebouwen/eensgezinswoning/verbiest>

Gemazzz. (2013). *Naked House*. Architectuur. <https://architectuur.com/architecture/naked-house>

Heschong, L. (1973). *Thermal delight in architecture* (Masterproef, Massachusetts Institute of Technology). MIT Libraries. <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/74711/06192672-MIT.pdf>

Iberdrola. (z.d.). *Bioklimatologische architectuur, gebouwen die het milieu respecteren*. Iberdrola.
<https://www.iberdrola.com/innovation/bioclimate-architecture-passivhaus>

Interieurdesigner. (z.d.) *Tip: zo breng je meer ruimtegevoel met kleur*. Interieurdesigner.
<https://www.interieurdesigner.be/interieurtips/kleuradvies/ruimtelijk-effect-kleuren>
Kurvers, S.R., Leijten, J.L. (november 2011). Thermisch comfort in gebouwen. *Klimaatontwerp*, 1-251, 1-24.

Lievense, A. (2021). *Wat is thermische massa en thermische massa activering?* Betonhuis.
<https://betonhuis.nl/betonhuis/wat-thermische-massa-en-thermische-massa-activering>

Pallubinsky, H., Kramer, R., & Van Marken Lichtenbelt, W. D. (2023). Establishing resilience in times of climate change—a perspective on humans and buildings. *Climatic Change*, 176(135), 1-19.
10.1007/s10584-023-03614-0

Philippe Rahm Architectes. (z.d.). *About Philippe Rahm architectes*. Philippe Rahm.
<http://www.philipperahm.com/data/about.html>

Rahm, P. (z.d.). *The Anthropocene style: towards a new decorative reality*. Archive Pin-Up magazine.
<https://archive.pinupmagazine.org/articles/philippe-rahm-the-anthropocene-style-impact-of-climate-change-on-architecture-interior-design-essay#29>

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (17 februari 2011). *Thermisch comfort*. RIVM.
<https://www.rivm.nl/binnenmilieu/thermisch-comfort>

TH wetenschap. (z.d.). *Welke kleuren absorberen meer warmte?* Scienceaq.
<https://nl.scienceaq.com/Chemie/100713210.html>

Verano. (2023). *Zonwering voor energiebesparing, comfort en bescherming*. Verano.
<https://verano.nl/inspiration/zonwering-voor-energiebesparing-comfort-en-bescherming>

Viridi Air. (2023). *Isoleren en het effect op het binnenklimaat*. Viridi Air.
<https://www.viridiar.nl/blog/isoleren-en-het-effect-op-het-binnenklimaat/>

Walker, A. T. (z.d.). *Philippe Rahm's holistic décor in the age of climate change*. Archive Pin-Up magazine. <https://archive.pinupmagazine.org/articles/philippe-rahm>

Weber. (z.d.). *Hoe kleuren invloed hebben op jouw welzijn in huis*. Weber.
<https://www.belgium.weber.nl/blog/tips/hoe-kleuren-Invloed-hebben-op-jouw-welzijn-huis>

Wikipedia. (14 november 2016). *Comfort (kwaliteit)*. Wikipedia.
[https://nl.wikipedia.org/wiki/Comfort_\(kwaliteit\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Comfort_(kwaliteit))

