

Eline Vermeulen

# Architectuur toegepast bij dementie

*Zorgwijk voor dementerende ouderen met een gezond binnenklimaat*





## Architectuur toegepast bij dementie

Zorgwijk voor dementerende ouderen met een gezond binnenklimaat



Eline Vermeulen

# Architectuur toegepast bij dementie

*Zorgwijk voor dementerende ouderen met een gezond binnenklimaat*

# ARCHITECTUUR TOEGEPAST BIJ DEMENTIE

*Een zorgwijk voor dementerende ouderen met een  
gezond binnenklimaat*

Afstudeerverslag Architectural Engineering  
(2012-2013) & Building Technology (2013-2014)  
Faculteit Bouwkunde  
Technische Universiteit Delft  
Delft

Mentoren

Ir. J.F. Engels  
Prof. Dr. Ir. A. van Timmeren  
Ir. T.C. Homans  
Dr. G.J. Hordijk  
Dr. Ir. P.J.W. van den Engel

**E.A.F. Vermeulen**

Student nummer 1363956  
E.A.F.Vermeulen@student.tudelft.nl  
Eline.Vermeulen@ziggo.nl  
www.ElineVermeulen.nl  
+31640980497

Delft, april 2014







Voor mijn beide oma's

## 0.0 Inhoudsopgave

1.0	Introductie	13
2.0	Zorgcomplex voor dementerende ouderen	17
2.1	Uitleg Dementie	18
2.2	Zorgen voor een goede leefomgeving	20
2.3	Binnenklimaat eisen	22
2.3.1	Thermisch comfort	23
2.3.2	Binnenlucht kwaliteit	24
2.3.3	Visueel comfort	25
2.3.4	Akoestisch comfort	26
2.4	Analyse zorgcomplexen	27
2.4.1	De Hogeweyk in Weesp	27
2.4.2	Boswijk in Vught	31
2.4.3	De Rietvinck in Amsterdam	34
2.4.4	Vergelijking analyses	37
2.5	Subconclusie	39
2.5.1	Verbeter punten	39
2.5.2	Conclusie	40
3.0	Healing environment	43
3.1	Uitleg Healing Environment	44
3.2	Healing Environment creëren	45
3.3	Analyse Healing Environments	47
3.4.1	La Valence, Maastricht	47
3.4.2	Sinai Centrum, Amstelveen	49
3.3	Subconclusie	51
4.0	Groen en ventilatie	53
4.1	Groen en dementie	54
4.2	Groen als bijdrage in bouwfysica	56
4.3	Analyse gebouwen met passieve ruimtes	59
4.3.1	Uitleg werking kas	59
4.3.2	Instituut voor bos- en natuuronderzoek in Wageningen	60
4.3.3	Science Park in Gelsenkirchen	64
4.3.4	Mont-Cenis in Herne-Sodingen	66
4.3.5	FinanzIT in Hannover	69
4.3.6	Vergelijking analyses	71
4.3.7	CAPSOL	73
4.4	Analyse overige gebouwen	75
4.4.1	Ecoboulevard of Vallecas in Madrid	75
4.4.2	Park Klingenberg in Venlo	77

4.4.3 Sportpark Mercator in Amsterdam	79
4.5 Subconclusie	81
5.5.1 Verbeter punten	81
5.5.2 Conclusie	83
5.0 Locatie Scheveningen	85
6.0 Conclusie architectuur	89
7.0 Verantwoording architectuur	95
7.1 Varianten studie	96
7.2 De zorgwijk	102
7.3 Herkenningspunten	105
7.4 Straten, pleinen en tuinen	114
7.5 Woningen	120
7.6 Klimaat	132
8.0 Licht	141
8.1 Functie van het oog	142
8.1.1 Het zicht	142
8.1.2 Het circadiaan ritme	144
8.2 Veroudering van het oog door veroudering en dementie	146
8.3 Verandering van het ritme door veroudering en dementie	150
8.4 Meten van licht	153
8.4.1 Daglichtfactor	153
8.4.2 Luminantie	157
8.5 Enquête zorgcomplexen	159
8.6 Analyse zorgcomplexen	165
8.6.1 Algemene informatie woningen	165
8.6.2 Verlichtingssterkte en daglichtfactor	169
8.6.3 Luminantie	180
8.7 Architectuur voor slechtzienden & blinden	183
8.8 Subconclusie	186
9.0 Zonneschoorsteen	189
9.1 Natuurlijke ventilatie	190
9.2 Werking zonneschoorsteen	193
9.3 Effect van uitvoering spouw op ventilatie	196
9.4 Effect van gedraaide schoorsteen op ventilatie	198
9.5 Zonneschoorsteen in combinatie met wind	200
9.6 Warmtebehoefte	202
9.6.1 Warmtewinst	202
9.6.2 Warmteverlies	205
9.7 Subconclusie	206

<b>10.0 Onderzoek bouwfysica tav licht</b>	207
10.1 Lichtstudie Dialux	208
10.1.1. Ronde en rechte woonkamers	209
10.1.2. Ronde en rechte slaapkamers	213
10.1.3. Daglichtfactor	217
10.1.4. Discussie en conclusie	218
10.2 Modelonderzoek licht	223
10.2.1. Verlichtingsterkte en daglichtfactor	224
10.2.2. Luminantie	225
10.2.3. Discussie en conclusie	228
10.3 Vergelijking modelonderzoek met Dialux	229
10.4 Subconclusie	231
<b>11.0 Onderzoek bouwfysica tav ventilatie</b>	233
11.1 Zonneschoorsteen rekenmodel	234
11.1.1. Opzet van het rekenmodel	234
11.1.2. Resultaten van het rekenmodel	240
11.2 Modelonderzoek ventilatie	249
11.2.1. Modelonderzoek verloop temperatuur zonneschoorsteen	251
11.2.2. Modelonderzoek zonneschoorsteen variant 1	252
11.2.3. Modelonderzoek zonneschoorsteen variant 2	254
11.2.4. Modelonderzoek zonneschoorsteen met wind, zonder zon	257
11.2.5. Modelonderzoek zonneschoorsteen met wind, met zon	258
11.2.6. Conclusie modelonderzoek	265
11.3 Vergelijking rekenmodel met modelonderzoek	268
11.4 Subconclusie	261
<b>12.0 Conclusie en verantwoording bouwfysica</b>	271
<b>13.0 Literatuurlijst</b>	279
13.1 Bronvermelding	280
13.2 Verantwoording afbeeldingen	283
<b>14.0 Appendix</b>	285
14.1 Uitkomsten Capsol	286
14.2 Toe te passen planten op geveltuinen	290
14.3 Toe te passen planten binnen	292
14.4 Vergelijking begroeide gevel systemen	293
14.5 Meetplan licht	295
14.6 Meetgegevens van de zorgcomplexen tav licht	299
14.7 Vragenlijst mbt licht voor mentaal gezonde ouderen	306
14.8 Meetresultaten in schaalmodel tav licht	308
14.9 Resultaten rekenmodel ronde woonkamer	311
14.10 Resultaten rekenmodel ronde slaapkamer	318
14.11 Resultaten rekenmodel van het schaalmodel	321
14.12 Resultaten modelonderzoek ventilatie	324

***Ik denk dat architectuur vooral invloed heeft op  
niveau van het individu***

Stefan Benisch

## **1.0 Introductie**

*Dit hoofdstuk laat de relevantie van het onderzoek zien en mijn visie hierin.*

Dit onderzoeksrapport is tot stand gekomen voor de richting Architectural Engineering (aE) en Building Technology (BT) van de faculteit bouwkunde aan de TU Delft. Bij aE kiest elke student zijn eigen afstudeeronderwerp. Vervolgens wordt vanuit een technisch onderzoek een ontwerp gemaakt. Ik ben geïnteresseerd in de belevingswereld van dementerenden en hoe hiervoor een bijpassend ontwerp kan worden gemaakt. Dit ontwerp past qua architectuur bij dementerenden, maar ook qua bouw fysieke aspecten. In de architectuurrichting aE ligt de technische nadruk op hoe met toepassing van groen het binnenklimaat kan worden beheerst. Met deze achtergrond is een ontwerp gemaakt, wat vervolgens in de tweede afstudeerrichting (BT) is getoetst aan bouw fysieke eisen en is geoptimaliseerd. Tijdens aE is het architectonische ontwerp beoordeeld (hoofdstukken 2 t/m 7) en tijdens BT wordt licht voor dementie en ventilatie door middel van een zonneshoorsteen beoordeeld (hoofdstuk 8 t/m 13).

*Dit onderzoeksrapport gaat over een zorgcomplex voor dementerende ouderen met een gezond binnenklimaat.*

Bij het ontwerp van een gebouw spelen verschillende partijen een rol. De architect, constructeur, bouwadviseur, verhuurder en de gebruiker. Naar mijn mening is de gebruiker de belangrijkste partij, hun belangen moeten voorop gesteld worden. Zij zijn immers diegenen die actief gebruik maken van het gebouw. Het gebouw moet dus ontworpen worden voor de gebruiker, in dit geval zijn dit oudere met dementie.

Dementie is een ernstige hersenaandoening waarbij geleidelijk het geheugen wordt aangetast. Deze aandoening is onomkeerbaar. De kans dat iemand in zijn leven dementie krijgt is 20 procent, voor vrouwen ligt dit percentage zelfs op 30 procent. Hoe ouder, hoe groter de kans op het syndroom dementie. Boven de 90 jaar is dat maar liefst ruim 40 procent. Nederland telt op dit moment 235.000 mensen met dementie. Door de vergrijzing en het ouder worden van de bevolking zal dit aantal in de toekomst explosief stijgen: in 2050 zullen ruim een half miljoen mensen lijden aan dementie. Ook op jongere leeftijd kunnen mensen dementie krijgen. Naar schatting zijn er in Nederland 12.000 mensen met dementie die niet ouder zijn dan 65 jaar.

We hebben dus te maken met een explosieve groei

van mensen met dementie, waaronder het gros van de mensen boven 65 jaar. Dit betekent dat er een nieuwe bouwopgave komt: bouwen voor mensen met dementie.

Dementerende oudere voelen anders, ervaren anders en uiten zich anders. Als een dementerende zich niet prettig voelt dan zal hij/zij dat niet kunnen overbrengen. Hierdoor ontstaan gedragsproblemen die uit de omgeving voortkomen. Onder de omgeving vallen de hulpverleners, de letterlijke omgeving (de bouw en interieur) en de bouw fysieke omgeving (het binnenklimaat).

Het is dus, onder andere, van groot belang om voor een gezond binnenklimaat te zorgen. Hierdoor voelt de dementerende zich prettiger en worden gedragsproblemen voorkomen. Met een gezond binnenklimaat wordt hier de temperatuur, lucht kwaliteit, akoestiek en licht bedoeld.

De luchtkwaliteit is een belangrijk aspect van een gezond binnenklimaat. Wanneer er meerdere mensen in een kleinschalige ruimte zitten, zal bij onvoldoende ventilatie de kwaliteit van de lucht snel verslechteren. Door het inzetten van groen wordt de lucht gekoeld, worden er giftige stoffen uit de lucht gehaald en wordt de luchtvochtigheid verbeterd.

Een ander aspect van een gezond binnenklimaat is temperatuur. Groen beïnvloedt de temperatuur van een ruimte. Bij hoge binnentemperaturen kan door het inzetten van groen de temperatuur een aantal graden dalen.

Dan is er akoestiek. Planten absorberen, reflecteren en buigen geluid af. Dit varieert met de frequentie waarmee het geluid wordt gegenereerd en de fysieke eigenschappen van de kamer. Daarnaast speelt het type van de plant, de grootte, de vorm, de aarde, de plantenbakken, etc. mee op de geluidsreductie mogelijkheden van planten.

Groen op gevels en daken, en omgevingsgroen dragen positief bij aan het binnenklimaat. Door groen op gevels toe te passen wordt de afkoeling door de wind beperkt en zorgt het voor een vermindering van de warmtelast in de ruimte.

Omgevingsgroen leidt de wind om, zodat deze niet direct op de gevel staat. Daarnaast zorgt omgevingsgroen ervoor dat de vervuilde lucht omgeleid wordt zodat er geen clusters schadelijke stoffen neerdalen op ongunstige plekken.

Planten veranderen per seizoen. In de zomer hebben ze bladeren of een kleur, terwijl ze in de winter kaal zijn. Dit natuurlijk verschijnsel van planten helpt de dementerende in het besef van tijd.

Om de woning natuurlijk te ventileren wordt gebruik gemaakt van een zonneshoorsteen. Een zonneshoorsteen is gebaseerd op stack-ventilatie. De zonneshoorsteen maakt maximaal gebruik van zonenergie. In typische warme zomerdagen bestaat er een klein temperatuur verschil tussen binnen en buiten. Als gevolg daarvan zijn de thermische druk en daarmee de ventilatie in een conventionele schoorsteen onvoldoende. Bij het gebruik van een zonneshoorsteen kan er voldoende temperatuur verschil worden gecreëerd door het maximaliseren van de zoninstraling. De gecombineerde straling en convectie in een zonneshoorsteen resulteren in aanzienlijke luchtbeweging en hierdoor wordt de ventilatie verbeterd. Een zonneshoorsteen werkt daarom ook op warme, windstille dagen wanneer alleen drukverschil niet voldoende is, vanwege de geringe temperatuurverschillen tussen binnen en buiten.

Een zonneshoorsteen bestaat uit een glasplaat op het zuiden gericht, een luchtspouw met daarachter een absorberende plaat, en toevoer en afvoer openingen aan de onder en bovenkant van de zonneshoorsteen. De uitvoering van de verschillende aspecten heeft een grote invloed op de werking van de zonneshoorsteen. Hoe hoger de zonneshoorsteen hoe meer er ventileert wordt. Ook het absorberende vermogen van de plaat op het noorden heeft invloed op het ventilatiedebiet. Hoe meer de plaat absorbeert, hoe hoger het ventilatiedebiet is. De luchtspouw mag niet te breed zijn want dan is er kans dat de lucht in het midden van de spouw omlaag stroomt.

Een aantal factoren beïnvloeden het ontwerp van de zonneshoorsteen; de locatie, klimaat, oriëntatie van het gebouw, grote van het gebouw, interne warmte-lasten.

Het versterken van het bioritme van dementerenden is een belangrijk aspect. De biologische klok van de mens wordt gevormd door een kleine kern in de hersenen; de suprachiasmatische kern (SCN). Als de biologische klok goed functioneert dan worden verschillende lichaamsprocessen gesynchroniseerd in een ritme van ongeveer 24 uur (circadiaan). Voorbeelden van

deze lichaamsprocessen zijn hormoonspiegels, lichaamstemperatuur, alertheid, urineproductie en -samenstelling, slaap/waak ritme, stemming, prestatie, etc. Door deze lichaamsprocessen in een 24 uur ritme aan te sturen zorgen we ervoor dat we ons kunnen aanpassen aan de dagelijkse veranderingen in onze omgeving, veroorzaakt door de draaiing van de aarde. In de biologische klok van de mens zitten een aantal genen, zoals Periode, Klok en Cryptochrome, die samen het dagelijkse ritme van slapen en waken regisseren. Licht en donker zijn de belangrijkste stimuli om de biologische klok te synchroniseren aan de 24-uurs ritmiek van de aarde [Aries, p.12].

Door dementerenden bloot te stellen aan hoge lichtsterktes wordt het bioritme versterkt, en zal ook onrustig gedrag of gedragsproblemen worden voorkomen.

Het is duidelijk dat dementerenden te weinig buiten komen. Terwijl dit eigenlijk wel noodzakelijk is. Behalve dat buiten komen het bioritme versterkt, reageren dementerenden goed op prikkels van buitenaf. Het is daarom nodig dat er altijd een stukje natuur in de buurt is van de dementerenden waar gewandeld kan worden. Hierdoor worden de primaire prikkels gestimuleerd (voelen, ruiken, horen en zien).

Een locatie als Scheveningen is hiervoor ideaal. Het geluid van de zee dient als een natuurlijke snoezelruimte, er kunnen rustige wandelingen over de duinen worden gemaakt, of het bekijken van voorbijgangers op de boulevard. Voor elk type dementerenden is er een plekje in de nabije omgeving wat bij hun past.

Naast dat Scheveningen goed doet aan de belevingswereld van de dementerenden, is het een uitstekende locatie om natuurlijke ventilatie te stimuleren. Het zeeklimaat zorgt dat er altijd wind is, die optimaal gebruikt kan worden. Daarnaast is er de mogelijkheid om door in het duin te bouwen een energieneutrale woning te creëren.





*Het vooruitzicht dat je tenslotte zult vergeten wat je allemaal bent vergeten en dat je dit dan ook niet zult missen, is geen troost, want het betekent dat je uiteindelijk zelf, als persoon gewist wordt*

Douwe Draaisma, 2001

## 2.0 Dementie

*Doordat er tegenwoordig meer inzichten zijn over hoe de hersenen van dementerenden werken kunnen we achterhalen waar complex gedrag kan liggen en hoe hiermee professioneel kan worden omgegaan, ook in de architectuur. Dit hoofdstuk laat zien wat dementie is en hoe hiermee om moet worden gegaan in de architectuur.*

*Dit hoofdstuk is geschreven voor de master Architectural Engineering.*



## 2.1 Uitleg Dementie

Dementie betekent in het Latijn letterlijk ont-geesting, ontdaan van geest. Dementie houdt een, niet aangeboren, blijvend verlies van functies van het verstand in. Het bewustzijn blijft echter intact. Dementie kenmerkt zich door een geleidelijke achteruitgang van het geestelijk functioneren. Het is een aandoening die bestaat uit meerdere stoornissen, waarbij het geheugenverlies meestal voorop staat.

Dementie is een verzamelnaam voor ruim vijftig ziektes. Vormen van dementie zijn onder andere de ziekte van Alzheimer, vasculaire dementie, frontotemporale dementie en Lewy body dementie. De meest voorkomende vorm van dementie is Alzheimer (70%), gevolgd door vasculaire dementie (16%) [Alzheimer Nederland, p.1].

Om te kunnen inspelen op de behoefte van dementerende moet het gedachtegoed van de dementerende in beeld worden gebracht. Hiervoor worden de hersenen opgedeeld in 4 niveau's. Elk niveau doet er één jaar over om aangelegd te worden in het babybrein. Het laatste niveau, is pas na het 21ste jaar klaar.

Het eerste, en meest simpele niveau in de hersenen, is het niveau van de ongerichte bewegingen en van de enkelvoudige prikkel die binnenkomt [Plaats van der, p.2].

Op het tweede niveau worden al veel prikkels samengevoegd tot bijvoorbeeld coördineren van handelingen. Een belangrijke taak op dit niveau is het afwegen en ordenen van binnenkomende prikkels [Plaats van der, p.2]. Dit is nodig om beeld te krijgen op de situatie. Een mens kan namelijk niet alle prikkels uit zijn omgeving opnemen, dan wordt het een chaos.

Op het derde niveau komen de emoties die bij de binnenkomende prikkels horen bewust aan bod [Plaats van der, p.2]. De betrokkenen weet nu bewust wat hij voelt en kan bedenken wat hij met de emoties wil gaan doen.

Op het vierde niveau komen allerlei hersenfuncties samen en kan iemand overgaan tot bewust plannen, bewust keuzes maken, verantwoordelijkheid nemen, besef van tijd hebben, kritiek kunnen geven en verdragen [Plaats van der, p.2].

Vooral de functies op niveau 1 hebben een duidelijke plek in de hersenen. De functies op niveau 2 beslaan

bepaalde gebieden van de hersenen. Op niveau 3 en 4 liggen zoveel functies gemoeid dat daar eigenlijk de verbindingen binnen de hersenen liggen. Dit betekent dat bij vrijwel iedere hersenbeschadiging, dus ook dementie, deze hogere niveau's aangetast zijn. [Plaats van der, p.2].

Mensen met dementie handelen dan ook meer onbewust, reflexmatig en impulsief (de eerste twee niveaus van de hersenen). Mensen krijgen het moeilijker met denken, het inschatten van situaties en het plannen. Daardoor komen meer complexe handelingen ook in gevaar, zoals zelf koken.

Daarnaast hebben de meeste mensen in de loop van hun ziekteproces gedrags- en stemmingsproblemen. Deze kunnen rechtstreeks gevolg zijn van de hersenschade, waardoor men bijvoorbeeld de eigen impulsen niet meer in de hand kan houden (dit gebeurt op niveau 3 van de hersenen). Maar gedrags- en stemmingsproblemen zijn vaak ook te begrijpen als een teken dat men zijn situatie niet goed aankan [Stroobants, p.233]. Men kan zichzelf niet goed duidelijk maken aan anderen en wordt de gehele dag misbegrepen, of men snapt niet waarom anderen bepaalde dingen doen. Elke persoon reageert hier anders op.

Zoals eerder gezegd is dementie een progressieve ziekte. Dit betekent dat de structuur en chemische eigenschappen van de hersenen steeds verder beschadigt. De mate waarin een persoon in staat is om te onthouden, te begrijpen, te communiceren en te redeneren zal geleidelijk afnemen. Dementerende doorlopen 3 stadia: het bedreigde ik, het verdwaalde ik en het verzonken ik [Verdult, p. 40-42].

Het bedreigde ik, is het eerste stadium. De dementerende is zich bewust van zijn of haar toestand [Verdult, p. 40]. Aanvankelijk heeft de dementerende de neiging om de eerste verschijnselen te verbergen, hierdoor komt de diagnose dementie voor de familieleden vaak als een abrupte verrassing. Het meedoen met groepsgesprekken, het aankleden, het coördineren van handeling gaat in deze fase steeds moeilijker. Doordat de dementerende niet weet wat haar of hem te wachten staat, gaat deze fase vaak gepaard met angst [Verdult, p. 40].

In het tweede stadium, het verdwaalde ik, kan de

dementerende minder goed onderscheid maken tussen vroeger en nu [Verdult, p. 41]. Ze bevinden zich steeds meer in het verleden en herkennen hedendaagse dingen niet meer. Dit geeft een gevoel van controle verlies wat gepaard gaat met paniek en ontredde. Een veel voorkomend probleem in dit stadium is het verdwalen, omdat de aanwijzingen van buitenaf niet meer herkend worden [Verdult, p. 42].

In dit stadium is structurerend werken belangrijk. Externe vormstructuren maken de wereld herkenbaar. Door het gebruik van symboolstructuren kunnen herkenbare betekenissen duidelijk worden gemaakt. Daarnaast kan door middel van rituelen een leefomgeving duidelijk worden gemaakt. Een ritueel is een vast geformaliseerd handelingspatroon, dat voor dementerende bij een bepaalde situatie hoort [Verdult, p. 42].

In het laatste stadium, het verzonken ik, komt de dementerende steeds meer in een geïsoleerd bestaan [Verdult, p. 43]. Hij reageert niet meer op prikkels van buitenaf en het is onmogelijk om gevoelens van deze patiënt af te lezen. Toch is het belangrijk om contact te blijven leggen. Het besef van ruimte, tijd en eigen lichaam er niet meer.

Dementerende mensen ervaren dus wel degelijk hun achteruitgang. Deze achteruitgang wordt door Reisberg beschreven in zeven stadia, waarbij elk stadium wordt afgezet tegen de leeftijd van aanleren [Verdult, p. 44]. Volgens Reisberg nemen cognitieve, handelings- en motorische vaardigheden bij dementerende af in de omgekeerde volgorde van de kinderlijke ontwikkeling. Zoals eerder vermeld worden de vier niveaus van de hersenen per jaar aangemaakt. Niveau 4 is pas na het 21ste jaar klaar. Het is dus vanzelfsprekend dat dit niveau als eerste afneemt (bewust plannen, keuzes maken, alle ingewikkelde functies). Daarna neemt elk niveau af, totdat de dementerende naarmate de tijd vordert meer en meer functioneert op kinderlijk niveau. Dit proces wordt retrogenese genoemd. Het stadium, verzonken ik, kan als eindstadium worden gezien. De dementerende gaat hier terug naar een soort foetalehouding, de beginfase van de mens.

Een dementerende in de eerste fase, de bedreigde ik, herinnert zijn verleden. Hij kan zich mensen, gebeurtenissen, situaties, en de bijbehorende emoties voor de geest halen. Er is voor hem duidelijk dat dit in het verleden is gebeurd. In een verder stadium is dit besef er niet meer. Ervaringen uit het verleden en de daarbij behorende gevoelens kunnen in het heden

geproduceerd worden, net zo levendig als ze toen plaatsvonden. Ze worden niet alleen voor de geest geroepen, maar worden tevens opnieuw beleefd. Dit proces wordt ook wel reminiscentie genoemd [Verdult, p. 45]. De dementerende gaat in dit stadium steeds meer in het verleden leven, dan in het heden. Deze verandering treedt op in het tweede stadium, het verdwaalde ik.

Aanvankelijk lijken dementerende hun "oude" rol op te pakken. Vrouwen gaan meestal terug naar het zorgen voor hun kinderen, en mannen gaan terug naar hun werksituatie. Het is belangrijk dat er wordt meegegaan in deze beleefwereld. Realiteitsoriëntatie helpt niet, maar verwacht ze alleen maar.

Voor de dementerende is het van belang dat ze betekenis kunnen geven aan prikkels. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie soorten groepen dementerenden op grond van de behoefte van prikkels: zen-dementerende, de dolers en de evenwichtzoekers [Plaats van der, p.6,7]. Zen-dementerende zijn mensen die bijna de hele dag staren en vrijwel bewegingloos zijn. Deze dementerende hebben baat bij zo min mogelijk prikkels [Plaats van der, p.6]. De dolers en evenwichtzoekers hebben daarentegen behoefte aan veel prikkels. Bij te weinig prikkels gaan dolers opzoek naar prikkels, deze dolers lopen dan ook vaak de hele dag. Evenwichtzoekers kunnen of mogen niet lopen, en gaan daarom vaak zelf prikkels produceren [Plaats van der, p.6]. Dit wordt gedaan door te gaan roepen, op de tafel te tikken of te gaan kloppen.

Voor dolers is het van belang dat een aantrekkelijk loopcircuit aanwezig is, met prettige hoekjes (met rustige muziek, film, etc.) en stoelen [Plaats van der, p.7]. Hierdoor kunnen zij even uitrusten en wordt de kans op vallen verminderd.

## 2.2 Zorgen voor een goede leefomgeving

Stress komt vaak voort vanuit de omgeving. Indien er al een ziekte is, kunnen de bijbehorende ziekteverschijnselen verslechteren door stress. Het lijkt dan alsof de ziekte zelf erger wordt maar eigenlijk ligt de oorzaak van in de omgeving. Men wordt op deze momenten dan onnodig behandeld met medicijnen. Het is dus erg belangrijk dat er wordt gezorgd voor een goede omgeving. Vooral bij hersenziektes is dit van belang. Gedragsproblemen ontstaan niet zomaar in het brein. Dementerende die gedragsproblemen veroorzaken zijn vastgelopen in hun eigen beleving en in contact met de omgeving. Er zit hun vaak iets dwars, wat ze niet meer kunnen overbrengen op de omgeving, en proberen op deze manier dit kwijt te raken.

Het functioneren van een dementerende kan door de omgeving gunstig of ongunstig beïnvloedt worden. Een gunstige omgeving geeft minder probleemgedrag, een ongunstige omgeving juist meer. Er zijn een aantal richtlijnen voor een gunstige omgeving voor dementerende.

De dementerende mag geen dwang of overmacht voelen [Plaats van der, p.4]. Als de dementerende wordt gedwongen tot een bepaald gedrag, ontstaat weerstand en dus gedragsproblemen en vluchtgedrag. Zoals vermeld in hoofdstuk 2.1 herkent de dementerende in het tweede stadium de huidige omgeving steeds minder. De omgeving van de dementerende moet daarom herkenbaar vormgegeven worden. Er moeten herkenbare objecten staan, en de inrichting moet enigszins ouderwets zijn. Dit komt overeen met herinneringen uit het verleden. Doordat de meeste objecten bekend voorkomen, zal de dementerende zich eerder prettig voelen in zijn omgeving.

Daarnaast is het van belang dat het gebouw leesbaar is voor de dementerende. Er moeten herkenningspunten worden geïntroduceerd, de zogenoemde landmarks [Dieren van, p.21]. Deze landmarks kunnen opgevat worden als symboolstructuren die bij een bepaalde plaats horen, in plaats van bij een bepaalde handeling. Dementerende zoeken via voorwerpen [Verdult, p. 44]. Zij volgen een weg dan ook door van het ene referentiepunt naar het volgende te lopen. Bij de plaatsing van deuren moet worden opgelet.

Bij twee deuren recht tegenover elkaar, zullen de dementerende van de deur waar ze uit lopen, rechtstreeks de deur openen die tegenover hun staat. Met slaapkamers kan dit vervelende en genante situaties opleveren.

Door functies te scheiden worden rituelen gecreëerd. De dementerende heeft houvast aan deze steeds terugkerende structuur. De woonkamer wordt overdag gebruikt en het 'leven' representeert, terwijl de slaapkamer alleen 's avonds wordt gebruikt en slapen representeert. Het scheiden van functies zorgt er ook voor dat steeds één prikkel centraal staat [Dieren van, p.20]. Wanneer een ruimte een dubbele betekenis heeft, verdwijnt de herkenbaarheid van de ruimte. Een toilet bevat daarom alleen een toilet en bevat niet tegelijkertijd een douche. Hierdoor wordt de aandacht gevestigd op het naar de toilet gaan.

Voor dementerende is het verwarrend als ze niet zien waar een prikkel vandaan komt [Dieren van, p.80]. Een leesstoel wordt bijvoorbeeld nooit met de rug naar een deur toe geplaatst. Er wordt dan niet gezien wanneer iemand binnenkomt, terwijl wel door deze persoon geluid wordt veroorzaakt, die dan door de dementerende niet kan worden geplaatst.

Zoals we eerder hebben gezien wordt er onderscheid gemaakt in dementerende op grond van de behoefte aan prikkels. In een woning moeten daarom verschillende omgevingen zijn met betrekking tot de hoeveelheid prikkels. Een zen-dementerende heeft behoefte aan minder prikkels (een snoezelruimte), terwijl dolers juist veel prikkels willen.

Bij het toedienen van prikkels moet er met bepaalde dingen rekening gehouden worden. Gezonde personen hebben een filter die het aantal prikkels dat we opmerken beperken. Zonder deze filter worden we overdonderd door een teveel aan prikkels. Ondermeer door een verminderde gewenning en een grote afleidbaarheid, gaat deze filter bij dementie net minder efficiënt werken [Stroobants, p.249]. Hierdoor worden mensen gevoeliger voor illusies. Iedereen heeft wel eens gehad dat een stoel met daarover kleding in het duister aan wordt aangezien alsof er een persoon op die stoel zit. Voor personen met dementie is dit extra belastend, omdat zij de interpretaties onvoldoende cognitief kunnen corrigeren [Stroobants,

p.249]. Een omgeving moet dus zo worden ingericht dat de zintuigelijke waarneming wordt ondersteund en ambiguïteit wordt vermeden.

Het gebruik van contrast in een inrichting is nodig. Als een badkamer bekleed is met witte tegels en vervolgens een witte douche, wasbak, etc. kan er door de dementerende geen onderscheid gemaakt worden tussen voorwerpen en omgeving. Er moet duidelijk contrast worden gemaakt tussen deze twee aspecten. Ook contrast tussen vloer en muur zorgt ervoor dat het looppad duidelijker wordt. Contrast op een looppad wordt niet aanbevolen omdat de dementerende dit kan ervaren als een gat in de vloer, en dus niet verder durft te lopen.

Het gebruik van licht is een belangrijk onderdeel van de omgeving. Ten eerste is veel licht belangrijk voor het uitvoeren van taken, zoals lezen. Dementerende ouderen hebben veel meer licht nodig dan gewone mensen. Daarnaast zal een hoger lichtniveau zorgen dat de dementerende actiever worden. Maar ook het bioritme van de dementerende is afhankelijk van het daglicht in een ruimte. Ouderen in het algemeen, hebben een afnemend besef van tijd en ruimte. Bij dementerenden treedt dit sneller op en is het van belang dat veel daglicht naar binnen komt, om het bioritme in stand te houden. De meestvoorkomende reden dat voor opname van dementerende patiënt in een verpleeghuis is de nachtelijke onrust. De dementerende heeft dan geen besef meer dat het nacht is.

Het contact met groen heeft een stressreducerende en herstellende waarde. Daarnaast geeft een natuurlijke omgeving de mogelijkheid tot bezinning en heeft het een positieve invloed op de lichaamsbeweging van de mens. Daarnaast worden door een tuin of park de primaire prikkels gestimuleerd; zien, voelen, horen en ruiken. Maar het is ook mogelijk om de natuur te imiteren in de architectuur [Dieren van, p.19]. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan het maken van zachte, organische vormen die in de natuur veel voorkomen.

Binnen het contact met de natuurlijke omgeving hoort ook het contact met dieren [Enders - Slegen, p.29]. Wanneer dieren in of nabij een instelling zijn, voelt de oudere zich nuttig, geliefd en nodig, doordat ze nog voor een ander levend wezen kunnen zorgen. Creatieve vaardigheden kunnen zeer lang behouden

blijven, vooral muzikale vaardigheden [Swaab, p.86]. Een professionele pianiste die aan het dementeren was, kon geen gesproken of geschreven teksten of geschreven muziek niet meer onthouden. Maar ze was nog steeds in staat nieuwe, onbekende muziek die zij te horen kreeg te onthouden en te reproduceren. En in een later stadium speelde ze nog steeds haar bekende melodieën [Swaab, p.86].

## 2.3 Binnenklimaat eisen

Het milieu is de omgeving waarin we leven. Dit omvat ook het milieu binnenshuis; het binnenmilieu. De kwaliteit van het binnenmilieu gaat om alle factoren die zowel zintuigelijk of fysiologisch invloed hebben op de mens. Er wordt hier uitgegaan van zaken zoals temperatuur, kwaliteit van de lucht, verlichting en akoestiek. In Nederland verblijven we ongeveer 70% van onze tijd binnenshuis [NVMM, p.1]. Het is daarom erg belangrijk dat er wordt gezorgd voor een gezond binnenmilieu. Veel mensen denken dat het binnenmilieu schoner is dan het buitenmilieu [NVMM, p.2]. Het tegendeel is echter waar.

De zintuigen spelen een cruciale rol in de waarneming van de omgeving. Zelfs met perfect functioneren van de zintuigen, nemen we niet alles waar van de omgeving. Dit zintuigelijk functioneren verandert bovendien met de leeftijd. Ook dementie tast de visuele waarneming aan [Stroobants, p.249]. Mensen met dementie staan erom bekend dat ze extra gevoelig zijn voor veranderingen aan het milieu. Ouderen met dementie kunnen vaak niet het verband leggen tussen het ervaren van discomfort en de temperatuur van de omgeving [Hoof, e.a., p.3]. Dit kan resulteren in gedragsproblemen, zoals frustratie, boosheid, vluchtgedrag maar ook aan- en uitkleden. We moeten er dus als architect vanuit gaan dat onze eigen waarneming anders is dan de waarneming van de personen voor wie we een leefomgeving creëren, in dit geval dementerende. Dit is een extra reden om veel aandacht aan het binnenklimaat voor dementerenden te besteden.

### 2.3.1 Thermisch comfort

Thermisch comfort wordt gedefinieerd als de geestestoestand die de tevredenheid met de thermische omgeving uitdrukt [Hoof, e.a., p.2]. Een van de meest bekende modellen om het thermische comfort te bepalen is het PMV (Predicted Mean Vote) model van Fanger (1970). Dit model gaat uit van de energie balans voor de mens in een stationaire situatie. Fanger werkte met vooral mannelijke studenten, tussen de 20 en 30 jaar. Dit model is gevalideerd voor ouderen door 128 oudere testpersonen [Hoofd, e.a., p.2]. Gezonde ouderen ervaren het binnenklimaat niet anders dan jongeren. Het verschil is terug te halen op model parameters. Oudere personen hebben een lager activiteitsniveau, en dus een lager metabolisme, wat de hoofdreden is waarom oudere personen een hogere temperatuur aangenamer vinden.

Een andere manier om het thermisch comfort te bepalen gaat aan de hand van thermische receptoren op de huid en in de hypothalamus (deel van de hersenen wat een cruciale rol speelt in de temperatuurregeling). Het thermische comfort wordt nu gedefinieerd als het minimale aantal nerveuze signalen van deze receptoren. Dit is voor dementerenden een betere manier om thermisch comfort te berekenen. Het model van Fanger gaat uit van een 'geestestoestand', terwijl dementerenden zich niet meer kunnen uiten, waardoor dit model niet hanteerbaar is voor deze doelgroep.

Om een comfortabel klimaat te verkrijgen voor dementerende moeten dus zo min mogelijk prikkels binnenkomen.

In ruimtes, waar mensen zich zonder kleren aan bevinden (badkamer en slaapkamer), moet een aangename temperatuur hebben. De temperatuur van de toilet moet in de winter minimaal 18 °C zijn, in de douche, bad en kleedruimte moet dit minimaal 24 °C zijn [College bouw, p.13].

Op beveiligde afdelingen is tijdens de gemiddelde zomeromstandigheden de maximale binnenluchttemperatuur, tijdens het etmaal begrensd op 25,5 °C, in de winter is de minimale binnenluchttemperatuur begrensd op 21 °C [College bouw, p.13]. Langdurige blootstelling aan te hoge temperaturen in de zomer kan leiden tot gezondheidsproblemen zoals hoofdpijn, vermoeidheid en duizeligheid. Behalve dat dit tot lichamelijke klachten kan leiden, kan dit ook leiden tot het spontaan uitkleden van dementerenden om zich beter

te kunnen aanpassen aan de situatie.

Gebruik van thermostaten wordt afgeraden bij dementerenden. Het vertraagd reageren van het systeem zorgt ervoor dat de dementerende denkt dat het systeem kapot is. Hierdoor staat de thermostaat bijvoorbeeld de hele dag op de hoogste stand, wat in extreme binnentemperaturen resulteert. Daarnaast kunnen dementerenden de kleine letters op de thermostaat knop niet meer lezen, en zullen dus altijd voor de extremen gaan (of heel warm, of heel koud).

### 2.3.2 Binnenluchtkwaliteit

Bij de ademhaling produceren mensen en planten vocht. Dit geldt ook bij het koken, drogen van was, schoonmaken, douchen en afwassen. Bij een hoge luchtvochtigheid van meer dan 70% groeien huisstofmijten en schimmels uitstekend [NVMM, 2]. Huisstofmijten en schimmels produceren stoffen (allergenen) die astmatische klachten kunnen veroorzaken. Bij een lage luchtvochtigheid van 30-40% is er sprake van neus, keel en oog klachten. Vanuit de praktijk wordt er een relatieve vochtigheid van 45% aanbevolen in de verblijfsruimten [College bouw, p.14].

Als in de winter de temperatuur te hoog wordt gezet (rond de 24 °C) kan er worden geklaagd over 'droge' lucht en luchtvochtigheid. Verlaging van deze temperatuur naar 21-22 °C kan deze klachten verminderen. In de zomer schommelt de temperatuur tussen de 20 en 24 °C.

Mechanische bevochtiging heeft het risico in zich van microbiële groei in filters en luchttoevoerkanalen (waaronder legionellabesmetting). Om dit te minimaliseren moet de bevochtiging van de lucht gescheiden worden met stoom.

Een te hoge luchtvochtigheid leiden tot astmatische klachten. Het is daarom van belang dat er goed geventileerd wordt. Vanuit het bouwbesluit zijn hier een aantal eisen voor vastgesteld. Een verblijfsruimte heeft een capaciteit van tenminste 13 dm<sup>3</sup>/s, een keuken van 21 dm<sup>3</sup>/s, het toilet van 7 dm<sup>3</sup>/s en de badkamer van ten minste 14 dm<sup>3</sup>/s.

Hierbij geldt dat ventilatie systemen en air-conditioners, etc stil moeten zijn. Als in een badkamer het licht wordt aangedaan, maar vervolgens ook het afzuigstelsel aanslaat wat geluid maakt, wordt dit door de dementerende niet begrepen omdat hij immers het licht heeft aangemaakt, geen ventilatiesysteem.

De positie van de aanvoeropeningen hebben extra aandacht nodig. Er mag geen tocht, of luchtstroom ontstaan waardoor gordijnen bewegen, papier van tafel waait, etc. Dit kan bij mensen met dementie leiden tot achterdocht, angst voor insluipers en geesten [Hoof, e.a., p.4]. Het bouwbesluit zegt hierover dat in een verblijfsruimte de luchtsnelheid maximaal 0,2 m/s mag zijn.

Bij te openen ramen moet rekening mee gehouden worden dat mensen er niet door naar buiten kunnen klimmen. Ventilatie openingen bevinden zich binnen handbereik, zodat risico op vallen verminderd wordt.

Het goed ventileren zorgt er ook voor dat alle onaangename geuren verwijderd worden. Het toedienen van fijne geuren, zoals bloemen, gebak in de oven, zorgt voor een prettige omgeving. Ook kan de geur van eten helpen met de dag-oriëntatie, en het meer innemen van eten.



### 2.3.3 Visueel comfort

Licht is nodig om goed te kunnen zien, en goed de dagelijks taken te kunnen uitvoeren. Maar licht is ook van belang voor stemming en gedrag, en de regeling van de hormoonhuishouding en het dag-nacht ritme [Hoof, e.a., p.4]. Licht ontvangst via de ogen is de belangrijkste stimulans voor het synchroneren van de biologische klok, die in het SCN (hypothalamische supra-chiasmatische kern) ligt [Someren, p.1].

Naarmate men ouder wordt gaat het oog achteruit, en komt er dus minder licht binnen. Daarnaast hebben ouderen een hogere lichtbehoefte als jongeren (figuur 2.1).

Na 50 jarige leeftijd worden verblinding en lage niveaus van licht problematisch. Mensen hebben meer contrast nodig voor goed zicht, en hebben moeite met waarnemen van patronen. Is er veel voldoende licht dan verhoogt de waarneming van contrasten en dus de leesbaarheid van de omgeving. Na 70 jaar, worden fijne details moeilijk om te zien, en kleur en diepte worden moeilijker waarneembaar [Hoof, e.a. p.5]. Hiernaast zijn er uiteraard ook ziektes die het zicht kunnen beïnvloeden, zoals staar.

Door dementie kunnen specifieke problemen met het zicht, waaronder minder scherp zien, last van verblinding, verminderde onderscheiding van beweging en ruimtelijke contrastgevoeligheid, eerder optreden dan normaal [Hoof, e.a., p.4]. Deze problemen zijn bekend bij mensen die normaal gesproken geen problemen aan de ogen hebben.

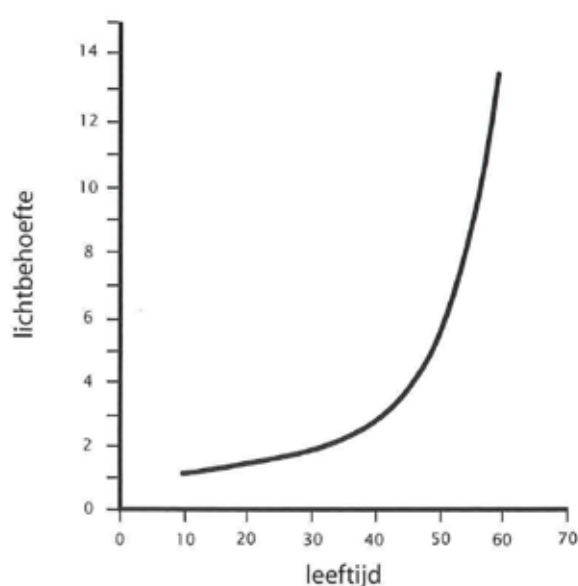
Het licht wat een woning inkomt moet consistent zijn, waardoor verblinding door ramen en lichten worden vermeden, en toegang tot natuurlijk licht moet aanwezig zijn. Consistente lichtbronnen helpen met het voorkomen van verwarrende schaduwen, voorkomen van afleiding en vermindert het aantal hallucinaties [Hoof, e.a. p.5]. Bovendien zijn te abrupte overgangen in lichtniveaus te vermijden. Met het ouder worden kunnen de ogen zich moeilijker aanpassen van donker naar licht en omgekeerd. Om de ogen goed te laten wennen aan nieuwe omgevingen mag de luminantie verhouding niet hoger zijn als 1:3 [Aarts, p. 2].

Een algemene regel die aangenomen kan worden voor dementerende is dat een verblijfsgebied moet minimaal 5 keer van het vloeroppervlakte daglicht hebben. Hieronder worden drie eisen ten behoeve van verlichtingssterkte met elkaar vergeleken

Functie	TNO	J. van Hoof	J. de Lep- eleire et.al
woonkamer algemeen	min. 450 lux	200-300 lux	min 155 lux
woonkamer nabij stoel	1200 lux	1000-2500 lux	775 lux
lezen	1500-4000 lux	500-1000 lux	775 lux
fijnere handwerken	2400-6000 lux	500-1000 lux	
eettafel	tot 4000 lux	500-1000 lux	310 lux
keuken	300-800 lux	300-500 lux	
eten bereiden		> 1000 lux	1000-2500 lux
gang	300-800 lux	100-200 lux	310 lux
slaapkamer	300-800 lux	100-300 lux	
badkamer	300-800 lux	> 200 lux	310 lux
's nachts	tot 800 lux	50-80 lux	77.5 lux

Tabel 2.1. Eisen t.b.v. licht voor verschillende ruimtes en taken

De aanbevolen kleurtemperatuur van de lichtbronnen is tussen de 2700 en 3000 K [Hoof, e.a., p.4].



Figuur 2.1. Verband tussen leeftijd en lichtbehoefte

### 2.3.4 Akoestisch comfort

Met het verouderen wordt de kans op gehoorproblemen groter, maar het gehoor wordt niet aangetast door dementie. Personen met dementie kunnen het wel moeilijk krijgen om de prikkels te selecteren en te interpreteren. Al het achtergrondgeluid komt evenredig binnen, waardoor mensen hard kunnen gaan praten. Achtergrondgeluid beïnvloedt negatief het kunnen volgen van conversaties. De spraakverstaanbaarheid van ouderen is een kwart lager dan bij jongeren: een verschil ter grootte van een 5dB toename in omgevingsgeluid [Hoof, e.a., p.4].

Het gehoor wordt vanaf het 40ste levensjaar aangetast. Hoge frequenties worden het eerst niet meer hoorbaar, met een lagere gevoeligheid voor de lage frequenties [Hoofd e.a. p.6]. De geluiden gaan meer in elkaar op. Dit is vaak niet meteen merkbaar is normale conversaties. Maar zodra er veel achtergrondgeluid aanwezig is, wordt dit vervelend.

In het geval van dementie kan het verlies aan het gehoor moeilijk worden gecompenseerd door liplezen, het aandachtig luisteren of extrapolatie van zinsdelen. Beperking van achtergrond geluiden wordt dan leidend, mede ook omdat gehoorapparaten het achtergrond geluid versterken [Hoof, e.a., p.4].

Het bouwbesluit stelt dat een constructie van een verblijfruimte, die grenst aan buitenlucht en die gevoelig is voor industrie-, weg- of spoorweglawaai, een minimale karakteristieke geluidswering heeft van 20 dB[A].

Met absorberende materialen en aankleding kan ingewerkt worden op contactgeluiden en luchtgeluiden. Hierbij zijn de muren, het plafond en de vloeren het uitgangspunt. Het is uit hygiënisch oogpunt soms niet mogelijk om tapijt toe te passen op een vloer. Bij een keuze voor een harde vloer moet extra aandacht besteed worden aan het beperken van galm. Het plafond is minstens net zo belangrijk als de vloer. Een akoestisch plafond via geluidsabsorberende plafondtegels of het aanbrengen van een oneffen structuur blijkt een efficiënte maatregel [Stroobants, p.258].

Een ruimte mag niet zo 'droog' worden dat het voeren van een gesprek of het luisteren van muziek moeilijk wordt. Dit wordt uitgedrukt in nagalmtijd. Een uitstekende nagalmtijd in een ruimte is 0.4 sec.

Het aanbrengen van bekende geluiden, kan het achtergrond geluid maskeren. Denk hierbij aan muziek of natuurgeluiden.

## 2.4 Analyse zorgcomplexen

Er wordt gekeken naar zorgcomplexen die gebruik maken van kleinschalig wonen. Hieronder verstaat men het bieden van zorg aan groepen mensen die in een normale eengezinswoning wonen. Daarbij gaat het om huizen die meestal alleen en soms gegroepeerd zijn. Er worden hier drie verschillende projecten besproken. Het eerste complex is vormgegeven als een wijk met meerdere gemeenschappelijke buitenruimtes, bij het tweede complex zijn de woningen geclusterd rond één binnenplein, en bij het derde project zijn de woningen gestapeld.

### 2.4.1 De Hogeweyk in Weesp

*Er is voor verpleeghuis de Hogeweyk gekozen omdat deze is vormgegeven als een wijk. De ouderen hebben hier een maximaal gevoel van vrijheid.*



Figuur 2.2. De Hogeweyk

Architect:  
Molenaar&Bol&vanDielen

Oplevering:  
2009

Bruto vloeroppervlakte:  
12.000 m<sup>2</sup>



Figuur 2.3. Situatie van het complex de Hogeweyk

0 40 60

Verpleeghuis Hogeweyk in Weesp is een onderdeel van de Vivium zorggroep. In Hogeweyk liggen 23 woningen voor dementerende ouderen bij elkaar. Het uitgangspunt is continuering van de leefstijl van de bewoner. De insteek is dat de bewoners ondanks hun dementie het leven kunnen voortzetten op de manier die ze gewend zijn, in huiselijke sfeer en in alle vrijheid [Kluijtmans, p.3]. Er is daarom in Hogeweyk gebruik gemaakt van zeven verschillende leefstijlen.

Het zorgcomplex is gepositioneerd in Weesp. Het complex ligt in een stedelijke omgeving en is ingesloten door vier wegen, waarvan één dukke weg. Er zijn parkplekken aanwezig in de omgeving, niet op het complex zelf. En er bevindt zich een bushalte op ongeveer 400 meter afstand.

Het zorgcomplex Hogeweyk is geen zorggebouw, maar een zorgwijk. Met eigen straten, pleinen, platsoentjes en onder meer een theater, een restaurant, een café, een supermarkt, een muzieklokaal, een kapper en zelfs

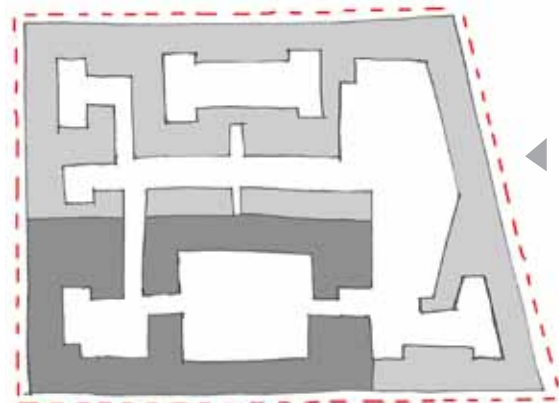
een reisbureau is in Hogeweyk het echte leven zoveel mogelijk nagebootst. De bewoners kunnen zich dan ook vrij bewegen in de Hogeweyk. De enige restrictie die ze hebben is dat ze niet zelfstandig het terrein mogen verlaten, dit kan alleen via een beveiligde poort (figuur 2.4).

Op basis van een vragenlijst aan de bewoner en een gesprek met familieleden wordt bekeken welke leefstijl het best bij de dementerende oudere aansluit: de stadse, de ambachtelijke, de Indische, de huiselijke, de Gooische, de culturele of de christelijke leefstijl [Kluijtmans, p.3,4]. De woningen van de verschillende leefstijlen zijn allemaal verschillend ingericht. Dit is relevant voor de mensen met ernstige dementie, want het betekent meer vertrouwde objecten, maar ook geuren en klanken [Verhaest, p.1]. Er zijn dus veel meer bekende prikkels in de leefstijl gespecificeerde woning dan bij een gemengde woning.

Bij elke woning moet aangebeld worden. De zorgverlener kijkt dan of een van de bewoners zelf de woning opendoet. Is dit niet zo dan pas doet de zorgverlener open.

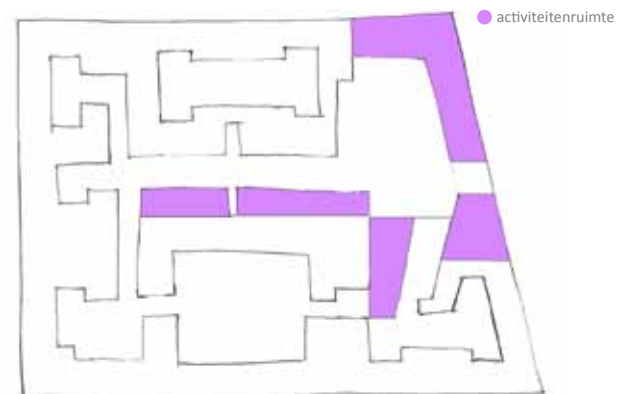
Standaard aan alle woningen is dat de woonkamer door middel van één of twee gang(en) verbonden is met 3 of 6 slaapkamers. Wanneer de bewoner de woonkamer verlaat komt hij automatisch terecht in een van de twee gangen waaraan de slaapkamers bevinden. De grote van de woonkamer is afhankelijk van de leefstijl, tussen 65 m<sup>2</sup> en 92 m<sup>2</sup> (terwijl de bouwnorm 45 m<sup>2</sup> is) [Verhaest, p.3]. De woonkamer heeft ramen aan twee zijden, hierdoor komt er voldoende licht binnen. Er is echter geen zonwering aanwezig, hierdoor zullen in de zomer de gordijnen vaak gesloten zijn. De slaapkamers zijn 13 m<sup>2</sup>. Er is hier gekozen voor gemeenschappelijke badkamers, er zijn twee badkamers aanwezig per woning (zie figuur 2.6). Overdag worden de slaapkamers niet gebruikt, tenzij de oudere ziek is. Er wordt hierdoor een duidelijke scheiding gecreëerd tussen het slapen en wonen.

De woonkamers zijn, afhankelijk van de leefstijl verschillend aangekleed. Bij aankleding van de woonkamers is er veel gebruik gemaakt van contrast. Er is donker meubilair gebruikt die goed afsteekt tegen (voornamelijk) witte muren. Ook de vloeren zijn donkerder dan de muren. Hierdoor zijn afscheidingen duidelijker en wordt de ruimte overzichtelijker.



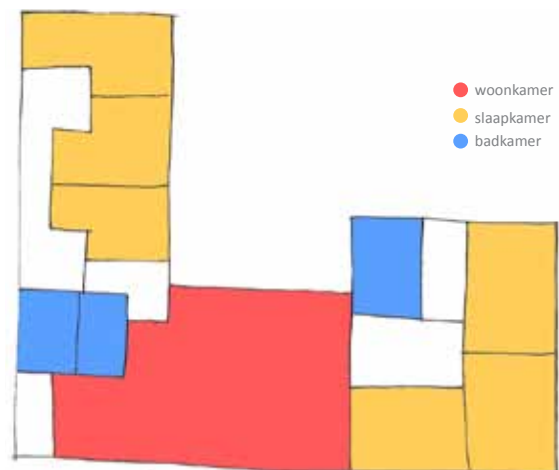
Figuur 2.4. Complex

0 10 20



Figuur 2.5. Kantoren en gemeenschappelijke functies

0 10 20



Figuur 2.6. Indeling woning

0 2.5 5



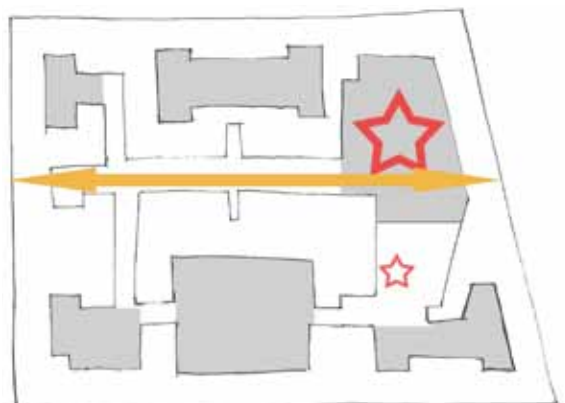
Figuur 2.7. Gemeenschappelijke tuinen en pleinen

0 10 20



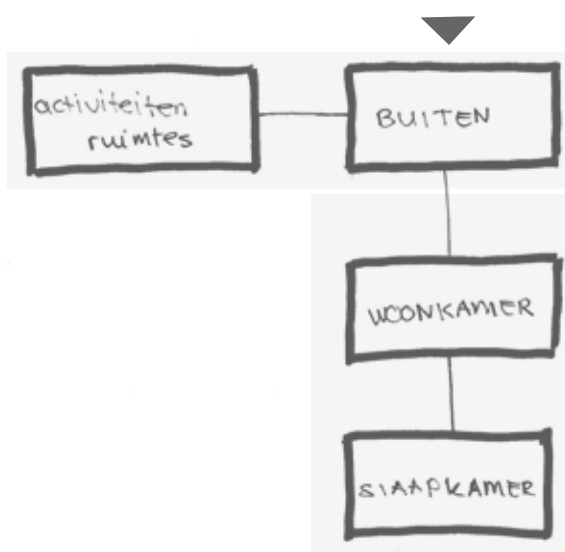
Figuur 2.8. Indeling van de tuinen

0 10 20



Figuur 2.9. Helderheid door as en herkenningspunten

0 10 20



Figuur 2.10. Organisatie van de Hogeweyk. De grijze gebieden geven de ruimtes aan waar de dementerende zelfstandig kan komen.

In elke woning kookt en wast men zelf af. De oudere wordt door middel van geur geprikkeld en hierdoor zal hij/zij sneller zin hebben in eten, en dus vanzelfsprekend ook meer eten. Verder bevat de woning ook een eigen wasmachine. Waardoor alles in huis samen met de oudere kan worden gedaan.

Elke woning heeft een eigen thermostaat [Verheest, p.4]. De temperatuur kan, door iedereen, handmatig worden aangepast per wooneenheid.

Een aantal woningen bevinden zich op de eerste verdieping (figuur 2.4, het donkere gebied). Ook hier hebben de bewoners maximale bewegingsvrijheid. Dit wordt gegarandeerd door een lift te installeren die automatisch naar boven of naar beneden gaat zodra er iemand in staat [Kluijtmans, p.22]. De bewoner hoeft dus geen knoppen in te drukken. Er kan geen misverstand ontstaan en bewoners hoeven niet na te denken dus wordt de kans op verwarring verminderd.

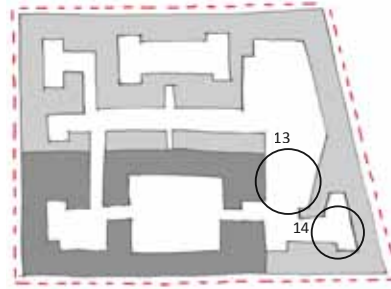
Zodra de oudere buiten de woning stapt bevindt hij/zij zich ook echt buiten. Alles is aangekleed als een echte straat, zo hebben de straten allemaal een naam met een naambordje. De pleinen en tuinen zijn ingericht in een speciale leefstijl, zodat ook buiten mensen hun eigen plekje kunnen opzoeken (figuur 2.8). Er zijn in totaal 5 tuinen en een groot plein; het theater plein (figuur 2.7).

De tuinen verschillen in grootte, ze liggen tussen de 170 m<sup>2</sup> en 980 m<sup>2</sup> in. Het theater plein is de grootste plek met 1100 m<sup>2</sup> groot, en kan worden beschouwd als het centrum van de wijk.

De boulevard en de passage zijn belangrijke herkenningspunten in Hogeweyk (figuur 2.9). De boulevard snijdt het terrein in twee helften en herbergt enkele belangrijke gemeenschapsvoorzieningen. Deze kan worden gezien als de winkelstraat in een stad. De boulevard sluit aan op het centrum van de wijk, het theaterplein. De passage is het overdekte binnenplein waar alle voorzieningen liggen die ook door andere bewoners van de gemeente Weesp gebruikt kunnen worden. Alle wegen komen uiteindelijk uit op de boulevard, en dus bij het theaterplein en de passage. Dementerende kunnen rustig rondwalen en uiteindelijk bij bekende delen terug komen.

De Hogeweyk heeft een actief verenigingsleven. Zo zijn er verschillende creatieve en culturele verenigingen die plaatsvinden in de Bonte Hof, een aantal muziekverenigingen die plaatsvinden in de Mozartzaal en een aantal gezelligheidsverenigingen die plaatsvinden in het café [Vivium, p.31].

De snoezelverenigingen hebben een eigen ruimte aan de Boulevard. Hiernaast bevinden zich ook een kapper en een fysiotherapeut aan de boulevard.



Figuur 2.11. Inrichting woonkamer leefstijl ambachtelijk



Figuur 2.12. Inrichting woonkamer leefstijl stads



Figuur 2.13. Passage



Figuur 2.14. Inrichting tuintje

## 2.4.2 Boswijk in Vught

Er is voor het verzorgingstehuis Boswijk gekozen omdat hier de woningen rond één binnenplein zijn geschakeld. De ouderen zijn echter wel vrij om over het gehele gebied te lopen.

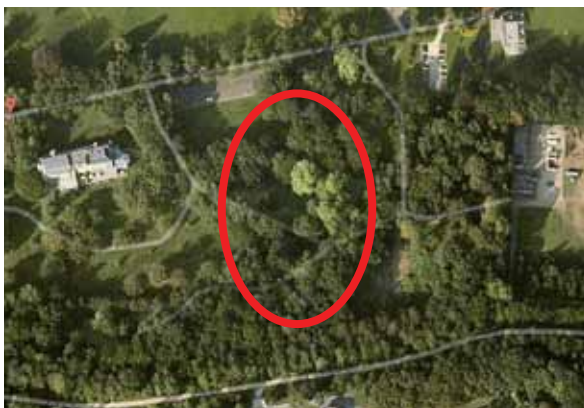


Figuur 2.15. Boswijk

Architect:  
EGM Architecten

Oplevering:  
2009

Bruto vloeroppervlakte:  
8.043 m<sup>2</sup>

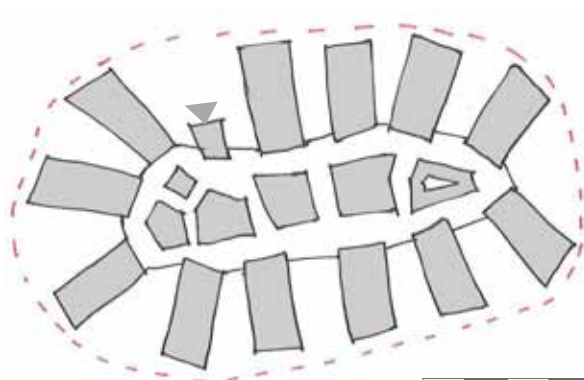


Figuur 2.16. Situatie van het complex Boswijk

0 40 60

Twaalf woongroepen liggen als zelfstandige huizen in het bos, ze worden verbonden door een gemeenschappelijk gebied onder een groot dak. De insteek bij dit project is de gedachte dat dementerende extreem reageren op prikkels van buitenaf. Door het realiseren van het volledige programma op de begane grond is er optimaal contact met de rustgevende groene omgeving van park en bos.

Verpleeghuis Boswijk is gepositioneerd in Vught. Het gebouw ligt in een groene bosrijke omgeving, met één rustige weg langs het gebouw. Er is mogelijkheid tot parkeren op het complex zelf en op ongeveer 900 meter afstand bevindt zich een bushalte.



Figuur 2.17. Complex

0 20 40

Op dit moment zijn er in Boswijk vijf leefsfieren zodanig ingericht dat de bewoner kenmerken terugvindt die hem/haar aan vroeger doen herinneren. De verschillende leefstijlen zijn; middenstanders, stads, dorps, overheid en welstand [Van Neynsegroep, p.2]. Daarmee wordt de bewoners een gevoel van veiligheid en geborgenheid gegeven, waardoor ze zich sneller thuis voelen op hun nieuwe locatie.

Men komt via de binnenstraat eerst in de woonkamer terecht. Deze is 90 m<sup>2</sup> groot en ingedeeld in twee delen. In een deel wordt gekookt en in het andere deel staat een zittafel. Aan elke woonkamer zit een klein terras, waar de oudere bij goed weer buiten kan zitten. Vanuit de woonkamer komt men terecht in een gang waar 12 kamer aan liggen, waarvan 10 slaapkamers (15 m<sup>2</sup>) (figuur 2.19). Er is hier gekozen voor gemeenschappelijke badkamers. Vanuit de slaapkamer kan de oudere naar buiten. Hier bevindt zich een klein tuintje wat de oudere zelf kan inrichten en verzorgen. Daarnaast start hier een pad dat door een het grasveld langs het gebouw loopt.

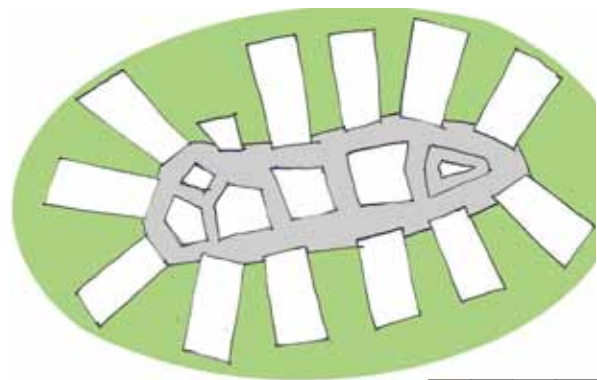
De woningen zijn warm aangekleed. Er is veel gebruik gemaakt van wat donkere kleuren, bij zowel de muren als de vloeren. Het nadeel hieraan is dat er weinig licht gereflecteerd wordt en dat de ruimtes dus vrij donker zijn. Ook lijkt het meubilair weg te vallen tegen de donkere muren.

Zodra de oudere de woning verlaat via de woonkamer bevindt zij zich niet buiten, maar in een kunstmatige buitenruimte. Er is gebruik gemaakt van baksteen aan de gemeenschappelijke ruimtes en er liggen tegels op de vloer. Om het gevoel te versterken dat men zich buiten bevindt, is het overdekte middengebied voorzien van een minimum aan installaties [Van Neynsegroep, p.2]. Hierdoor varieert het klimaat en wordt de belevenis van 'buiten' versterkt. Deze belevenis wordt extra versterkt doordat het overdekte binnenplein dezelfde tegels heeft als diegene die buiten liggen. Hierdoor wordt de scheiding tussen binnen en buiten vervaagd.

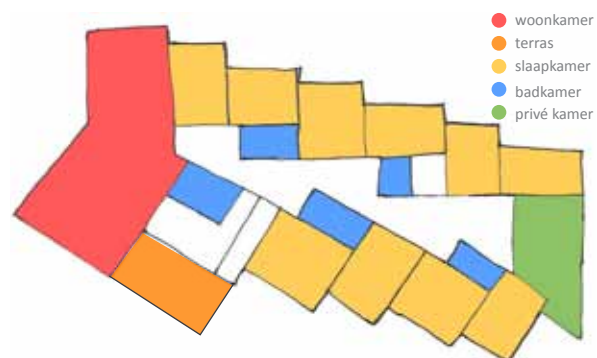
Toch voelt de ruimte niet aan als buiten. Dit komt doordat er duidelijk zicht naar buiten is door grote glasoppervlaktes. Er is mogelijkheid om van de overdekte binnenruimte, naar de 'echte' buitenruimte te gaan.

Een voordeel van het overdekte middengebied is dat de oudere elk moment van het jaar uit zijn woning kan en zich toch in een gemeenschappelijk, bruisend gebied bevindt.

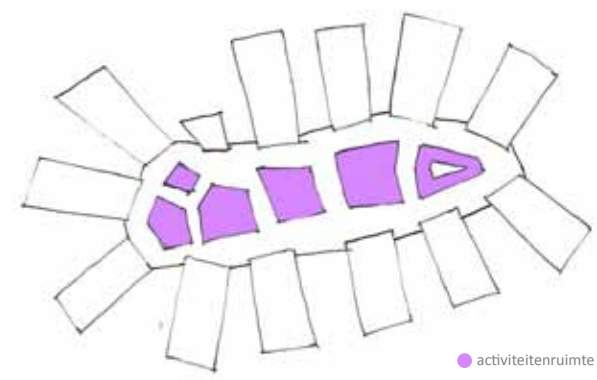
De kantoren, het servicebureau en de werkruimten voor de twee vaste verpleeghuisartsen en andere (para-) medici, alsook de andere faciliteiten, zoals de winkel het restaurant, de snoezelkamers/wellness centrum, een stilteruimte, multifunctionele activiteitenruimten, de rolstoelenservice, de kapper en een beautycentrum bevinden zich, als ware zij winkeltjes, in dit als een ronde straat ontworpen middengebied (figuur 2.20).



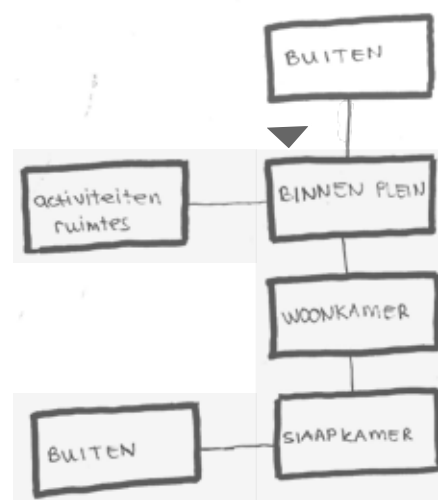
Figuur 2.18. Gemeenschappelijke tuinen en pleinen



Figuur 2.19. Indeling woning

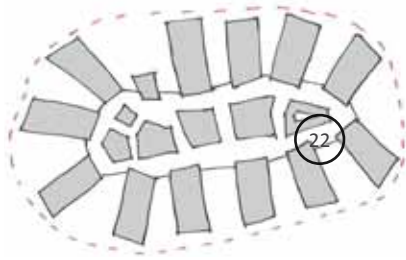


Figuur 2.20. Gemeenschappelijke ruimtes



Figuur 2.21. Organisatie van de Boswijk. De grijze gebieden geven de ruimtes aan waar de dementerende zelfstandig kan komen.





Eris in de binnenruimte geen duidelijk herkenningspunt. Doordat de woningen allemaal hetzelfde in de binnenruimte liggen is elke voordeur hetzelfde. De uitstraling van de verschillende gemeenschappelijke delen in de overdekte binnenruimte geeft ook geen houdvast, als herkenningspunt voor de dementerende. Ook buiten bevinden zich geen herkenningspunten.

Bij dit zorgcomplex is gebruik gemaakt van warmte / koude opslag in de bodem [Van Neynselgroep, p.2].



Figuur 2.22. Overdekte binnenruimte



Figuur 2.23. Inrichting woonkamer



Figuur 2.24.

### 2.4.3 De Rietvinck in Amsterdam

Er is voor het zorgcomplex de Rietvinck gekozen omdat dit een compleet andere opzet is als de vorige twee zorginstellingen. Hier wordt er gebruik gemaakt van gesloten afdelingen waar de dementerende verbijft.



Figuur 2.25. De Rietvinck

Architect:  
Marc Prosman Architecten

Oplevering (na verbouwing):  
2007

Bruto vloeroppervlakte:  
5.700 m<sup>2</sup>

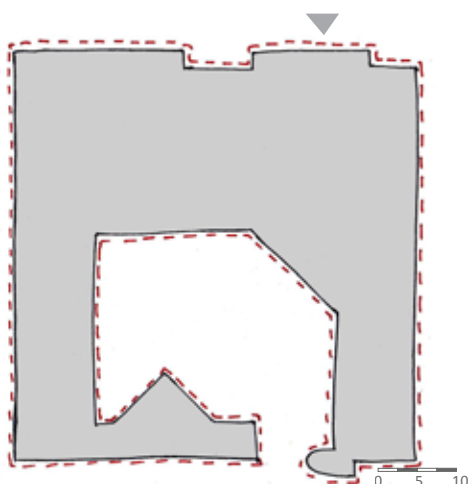
De Rietvinck is oorspronkelijk ontworpen door De Swaan in 1981. De zorginstelling is ontstaan door de inzet van actieve buurtbewoners uit stadswijk de Jordaan in Amsterdam. Het gebouw is onlangs gerenoveerd en uitgebreid. De renovatie bevatte een nieuwe woonlaag onder de dakkappen en de volledige herinrichting van het interieur.

De Rietvinck ligt aan de rand het centrum van Amsterdam. Het complex ligt in een woonwijk en is omsloten door vier relatief rustige wegen. Er is mogelijkheid tot parkeren in de omgeving en op ongeveer 200 meter afstand is een bus en tram halte.

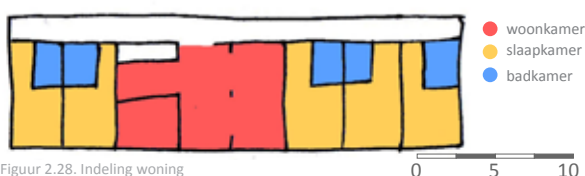


Figuur 2.26. Situatie complex de Rietvinck

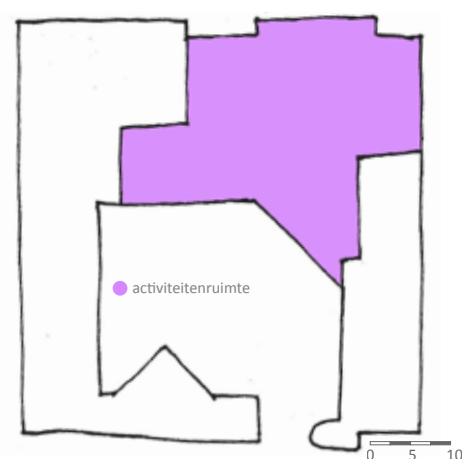
In totaal bezorgt de Rietvinck zorg aan 40 ouderen. Op de begane grond, derde en vierde etage van De Rietvinck zijn tweekamerwoningen gebouwd, elk met een rolstoeltoegankelijke badkamer en een keuken [Visser, p.2]. Op de eerste en tweede etage van De Rietvinck zijn zes kleinschalige groepswoningen, elk voor 6 à 7 ouderen. Een groep voert gezamenlijk de



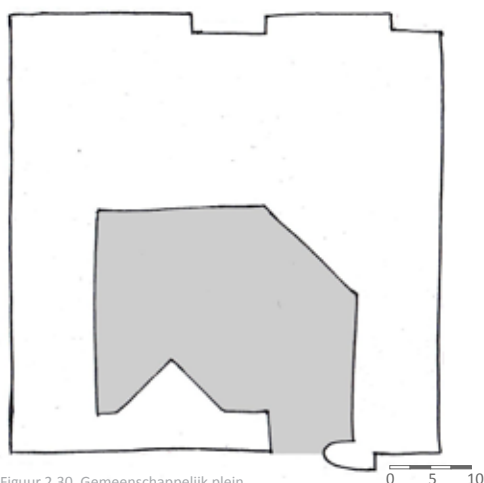
Figuur 2.27. Complex



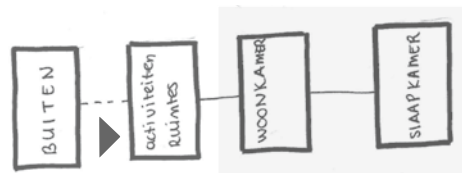
Figuur 2.28. Indeling woning



Figuur 2.29. Overige functies



Figuur 2.30. Gemeenschappelijk plein



Figuur 2.31. Organisatie van de Rietvinck. De grijze gebieden geven de ruimtes aan waar de dementerende zelfstandig kan komen.

huishouding en wordt begeleid door een klein team van medewerkers [Visser, p.2]. Bewoners hebben hun eigen, grote kamer met een rolstoeltoegankelijke toiletruimte. Er is in elke groepswooning een gemeenschappelijke woonkamer met grote keuken.

De afdelingen zijn opgedeeld in drie verschillende leefstijlen: klassiek Jordanees, modern en volkse chique. Elke leefstijl heeft een woonkamer, met een keuken. De oudere koken hier zelf. De woonkamers hebben grote ramen en veel daglicht. Vanuit het gebouw is er een continue relatie met de omgeving. Vanuit de huiskamers en appartementen ervaren de bewoners het leven op straat in de Amsterdamse binnenstad.

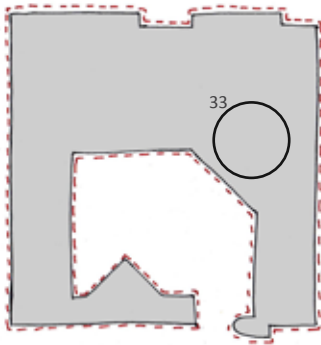
De woon- en slaapkamers liggen aan één gang. Dit is een vrij klassieke opzet van gesloten afdelingen. De slaapkamers hebben elk een eigen rolstoeltoegankelijke badkamer en zijn ongeveer 15 m<sup>2</sup> groot. De gangen liggen rondom de buitentuin, hierdoor krijgen de gangen voldoende licht.

Er is op de gang geen duidelijke herkenningspunt aanwezig. Dit is ook niet echt nodig omdat de dementerende niet kan verdwalen. De belevingswereld is dus ook niet groot.

Er is zowel in de woon- als in de slaapkamer duidelijk verschil tussen de vloer en muur. Er zijn lichte muren toegepast, met donkere vloeren. In de woonkamer staan lichte meubels, die enigszins wegvallen tegen de muren.

Het binnengebied, wat door het complex met zijn vorm wordt gecreëerd, is een tuin die openbaar toegankelijk is. De tuin is voor de dementerende alleen onder begeleiding toegankelijk vanaf de begane grond.

Op de begane grond van De Rietvinck zorgen verschillende faciliteiten voor een levendige bedoening. Er is een bar met biljart, een internetcafé, een ruimte voor de kapper en pedicure en een buurtrestaurant. Er zijn bovendien fysiotherapeuten, artsen, ergotherapeuten en andere (para)medische dienstverleners aanwezig. De activiteiten zijn vanaf buiten zichtbaar, hierdoor wordt er een connectie met de buurt gezocht.



Figuur 2.32. Inrichting woonkamer



Figuur 2.33. Inrichting slaapkamer




Figuur 2.34. Inrichting gemeenschappelijke ruimte

2.4.4 Vergelijking analyses

	De Hogeweyk	Boswijk	De Rietvink
<b>Complex</b>			
<b>Aantal verdiepingen</b>	1 a 2 verdiepingen	1 verdieping	3 a 4 verdiepingen
<b>Omgeving</b>	Stedelijk	Bosrijk	Stedelijk
<b>Afstand tot ov</b>	400 m	900 m	200 m
<b>wonen vs slapen</b>			
<b>Activiteit ruimtes</b>			
<b>buitenruimte / groen</b>			
<b>Aantal m2 buiten pp</b>	40 m <sup>2</sup>	22 m <sup>2</sup>	26 m <sup>2</sup>
<b>Aantal m2 woonkamer pp</b>	13 m <sup>2</sup>	9 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>
<b>Aantal m2 slaapkamer pp</b>	13 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>	19 m <sup>2</sup>
<b>Aantal m2 badkamer pp</b>	9 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>
<b>Aantal m2 activiteitsruimte pp</b>	5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>
<b>Aantal m2 buitenruimte pp</b>	40 m <sup>2</sup>	24 m <sup>2</sup>	n.v.

- afscherming
- complex
- woonkamer
- slaapkamer
- badkamer
- privé kamer
- activiteitsruimte
- buitenruimte groen
- plein

<b>wayfinding / landmarks</b>	 <p>A floor plan diagram of a residential unit. A central hallway is highlighted with a yellow line. Two red stars are placed in the hallway to indicate landmarks. The surrounding rooms are shown in grey.</p>	<p>Mensen kunnen ronddivalen. Er zijn geen duidelijke landmarks. Vanuit de slaapkamer komt met echter altijd slaapkamer toe. Er is geen mogelijkheid om in de woonkamer terecht.</p> <p>De bewoners knnen vanuit de woonkamer alleen door een rechte gang aan de slaapkamer toe. Er is geen mogelijkheid om te verdwalen.</p>
-------------------------------	---	---

## 2.5 Subconclusie

### 2.5.1 Verbeter punten analyses

Het wordt als prettig ervaren als elke patiënt een eigen badkamer heeft. Een bijkomend groot voordeel hieraan is dat de overdraagbaarheid van ziektes wordt voorkomen. Bij gemeenschappelijke badkamers kan dit problemen opleveren.

Bij dementerende ouderen is het gebruik van licht erg een belangrijk element, er moet hier wel gelet worden op dat er ook voldoende zonwering aanwezig is, zonder dat deze het zicht belemmert. Als dit niet het geval is betekent dit dat de dementerenden die binnen zitten niet naar buiten kunnen kijken, terwijl dit voor het bioritme en daglichttoetreding van groot belang is. Daarnaast heeft daglicht een positief effect op hoe actief de oudere is.

Bij de Boswijk kunnen de dementerende vanuit de slaapkamer naar buiten. De slaapkamer wordt hier ook gebruikt als eigen kleine woonkamer. Hierdoor is er geen duidelijk dag ritme meer, wat verwarrend kan werken voor de dementerende. Deze groep oudere hebben een duidelijk ritme nodig. Door het slapen en wonen niet meer duidelijk te scheiden, kan tijdens de slaap uren de verwarring ontstaan over het slapen gaan.

De overdekte binnenruimte die bij verpleeghuis Boswijk is gecreëerd heeft zowel positieve als negatieve factoren. Door de aankleding oogt de ruimte als buiten. Maar desonanks wordt de drempel binnen/buiten als groot ervaren. De scheiding binnen en buiten is gemaakt door een glazen wand. In deze glazen wand zitten (glazen) deuren waardoor men naar buiten kan. Deze deuren vallen niet genoeg op in de glazen wand, waardoor het dus niet altijd duidelijk zal zijn voor de dementerende waar en hoe men buiten kan komen.

Bij complex de Rietvinck heeft de oudere niet zelfstandig de kans om naar buiten te gaan. De ouderen zullen hierdoor minder contact hebben met de omgeving en ook veel minder vaak buiten komen. Het zou beter zijn om een buitenruimte te creëren per verdieping. Hierdoor kan de dementerende naar buiten, waardoor het bioritme beter gestimuleerd wordt. Daarnaast geeft contact met groen een rustgevend en stress

reducerend effect (zie hoofdstuk 3.1). Daarnaast bevordert het contact met buiten, zoals de Hogeweyk en Boswijk, de motoriek. Bij deze twee complexen is de drempel van binnen naar buiten lager als die van de Rietvinck, en zal de bewoner vaker naar buiten gaan om te wandelen, etc.

Bij de Rietvinck wordt verschillende vloerbedekking met contrastverschillen toegepast bij de gemeenschappelijke ruimtes. Het is duidelijker voor dementerenden om één soort vloerbedekking te gebruiken. Hierdoor ontstaat geen verwarring.

## 2.5.2 Conclusie

Dementie doorloopt 3 stadia; het bedreigde ik, het verdwaalde ik en het verzonken ik. In de eerste fase weet de dementerende niet wat hem of haar te wachten staat, dit gaat gepaard met angst. In het tweede stadium raakt de dementerende steeds meer in paniek, omdat zij de hedendaagse dingen niet meer als zodanig herkent. In het laatste en derde stadium reageert de dementerende niet meer op prikkels, het besef van ruimte, tijd en eigen lichaam is er nu niet meer.

Het is voor dementerende belangrijk dat er een gezond klimaat wordt gecreëerd vanaf het eerste stadium. Een gezonde omgeving zorgt ervoor dat gedragsproblemen worden vermindert.

Dementerenden hebben helderheid en duidelijkheid nodig. Landmarks kunnen hierbij worden ingezet, om herkenbare punten te creëren (figuur 2.35). Ook zijn randen van de kamer belangrijk, deze zorgen dat de kamer of ruimte goed te lezen is. Met gebruik van contrast kan de leesbaarheid van de ruimte worden vergroot (figuur 2.42). Contrast op de vloer werkt verwarrend, maar contrast van de vloer naar de wand werkt verhelderend.

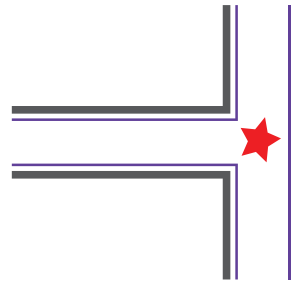
Voor de dementerenden is het belangrijk dat er gezorgd wordt voor een duidelijke routine, waarbij de scheiding tussen wonen en slapen de belangrijkste is (figuur 2.36).

In een organisatie is het maken van verschillende soorten ruimtes aangeraden.

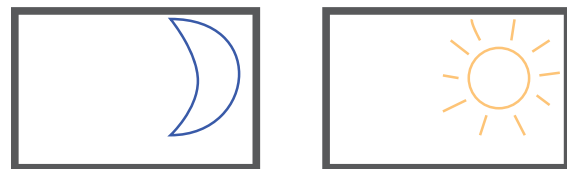
Het maken van verschillende ruimtes helpt de oudere actief te houden (figuur 2.37). Bij de Hogeweyck wordt bijvoorbeeld samen gekookt, gewassen, etc. Het is hierbij wel van belang dat elke ruimte een duidelijke functie heeft. Het maken van twee functies in een ruimte wordt niet aangeraden. Hierdoor kunnen signalen verkeerd worden opgevat door de oudere.

Door het creëren van verschillende inrichtingen van ruimtes geeft men de dementerenden helderheid. Dit wordt meestal gedaan aan de hand van leefgroepen. De grootte van de woonkamer hangt af van het soort leefgroep.

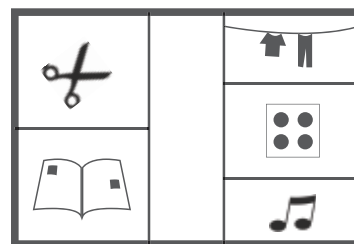
Ruimtes met verschil in prikkels zorgen ervoor dat elk type dementerende zijn of haar plek kan vinden in



Figuur 2.35. Landmarks creëren



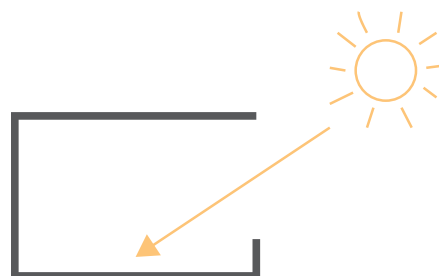
Figuur 2.36. Duidelijke routine creëren



Figuur 2.37. Meerdere functies binnen een woning

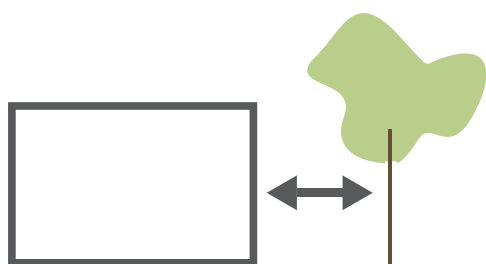


Figuur 2.38. Ruimtes met veel en weinig prikkels creëren

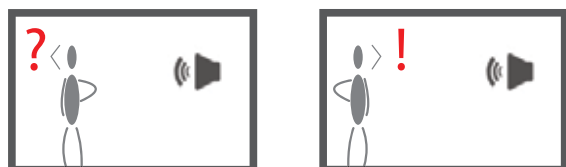


Figuur 2.39. Veel daglicht toetreding





Figuur 2.40. Connectie met groen



Figuur 2.41. Betekening geven aan prikkels



Figuur 2.42. Gebruik van contrast in een ruimte

de woning (figuur 2.38). Zen-dementerende hebben zo min mogelijk prikkels nodig, terwijl dolers en evenwichtzoekers behoefte hebben aan veel prikkels.

Dementerende hebben een verslechterd bioritme, zij hebben minder besef van tijd. Het gebruik van daglicht in een ruimte wordt daarom hoog aanbevolen (figuur 2.39). Hierdoor wordt het bioritme versterkt en door veel licht hebben oudere een hoger actief niveau. Ouderen hebben ongeveer 1000 lux nodig om activiteiten te kunnen uitvoeren.

Daarnaast wordt er veel waarde gehecht aan groen in de omgeving (figuur 2.40). Ook groen helpt het bioritme te versterken. In de winter bevatten de bomen geen bladeren terwijl dit in de zomer wel zo is. Volgens de healing environment geeft uitzicht en relatie met groen een positief effect op het welbevinden van de mens. Het imiteren van groen kan dit effect ook al hebben.

Het is belangrijk dat er ter alle tijden betekenis gegeven kan worden aan prikkels (figuur 2.41). Als dit niet het geval is zal de dementerende niet weten waar bijvoorbeeld het geluid vandaan komt, en in paniek raken.

Het achtergrond geluid in een ruimte moet zolaag mogelijk gehouden worden. De spraakverstaanbaarheid van ouderen is namelijk een kwart lager dan bij jongeren: een verschil ter grootte van een 5dB toename in omgevingsgeluid.

Hiernaast zijn er ook klimaattechnische eisen die ervoor zorgen dat er een gezond binnenklimaat wordt bereikt.

De temperatuur op beveiligde afdelingen ligt tussen de 22 en 25,5 °C. De temperatuur op de toilet mag 18 °C zijn, en de temperatuur in de badkamer en verkleedruimtes is minimaal 24 °C. Bij deze temperaturen moet erop worden gelet dat de lucht niet te droog wordt. Er wordt een relatieve vochtigheid van 45% aanbevolen in verblijfsruimtes.

Om ervoor te zorgen dat een ruimte niet te vochtig wordt moet er goed worden geventileerd, anders ontstaan er gezondheidsklachten. Een verblijfsruimte heeft een capaciteit van tenminste 13 dm<sup>3</sup>/s, een keuken van 21 dm<sup>3</sup>/s, het toilet van 7 dm<sup>3</sup>/s en de badkamer van ten minste 14 dm<sup>3</sup>/s. Bij het ventileren moet tocht worden voorkomen. Dit kan door dementerenden worden opgevat als geesten of iets dergelijk. In de verblijfsruimte mag de lichtsnelheid maximaal 0,2 m/s zijn.



*I believe in God, only I spell it Nature.*

Frank Lloyd Wright, 1966

## 3.0 Healing Environment

*Een healing environment moet er voor zorgen dat de patiënt beter in staat is om zelf, of door hulpmiddelen, te genezen. Hier wordt beschreven aan de hand van literatuur wat een healing environment is en hoe deze kan worden gemaakt. Dit hoofdstuk is geschreven voor de master Architectural Engineering.*



### 3.1 Uitleg Healing Environment

Een healing Environment is een omgeving die psychologisch ondersteunend is. De term healing is hier enigszins misleidend. De term healing suggereert dat de omgeving zelf geneest. Dit is echter niet het geval. Een healing environment moet er voor zorgen dat de patiënt beter in staat is om zelf, of door hulpmiddelen, te genezen.

Daarnaast betekent healing niet alleen dat het omgevingen gaat die een positieve bijdragen leveren aan het genezingsproces. Er zijn veel zorginstellingen waar het niet altijd gaat om 'cure', maar ook om 'care', en daarmee dus het welbevinden van het patiënten [Mens, p. 32]. Het concept van healing environment houdt dus in dat de fysieke omgeving het genezingsproces van patiënten kan versnellen en het welbevinden vergroten.

Het idee van een healing environment is al lang bekend en in de loop van de eeuwen werd er al (onbewust) gebruik van gemaakt. Zo waren de kloosters de plekken om te genezen. Het belangrijkste aspect van de plattgrond van deze kloosters zijn de tuinen. De tuin refereerde aan de tuin van Eden uit de Genesis. Patiënten lagen in kleine cellen met een of twee bedden die beide aan een raam geplaatst waren om te profiteren van de helende werking van de tuin [Berg van den, p.10].

Vanaf de 19e eeuw, de 'romantiek', ontstaat er aandacht voor de positieve invloed van natuur op de gezondheid. De zorg van zieken gaat uit van de eenheid van lichaam en geest; het psychische en spiritueel welzijn van patiënten draagt bij aan het fysieke herstel. In het begin van de 20ste eeuw wordt nog volop gebruik gemaakt van de helende krachten van de natuur. Frisse lucht en zonlicht werden gezien als de belangrijkste factoren van het genezingsproces. In de tweede helft van de 20ste eeuw verflauwt de aandacht voor de natuur in de gezondheidszorg door toenemende kennis van de medische wetenschap en technologie. In de jaren 90 verscheen in Amerika dan ook de eerste kritiek op de klinische, kille en onpersoonlijke sfeer van ziekenhuizen door patiënten en verzorgers [Berg van den, p.11]. Een patiënt, genaamd Angelica Thieriot, is door een zodanig traumatiserende ziekenhuis ervaring gegaan dat ze de stichting Planetree heeft opgezet. Planetree is een non-profit organisatie die streeft naar de transformatie van ziekenhuissettings in healing environments [Berg van den, p.11-12]. Ook in Nederland is sinds 2003 de stichting Planetree opgezet.

De laatste jaren neemt het besef van de helende werking van een juiste vormgeving en inrichting van gebouwen en groene ruimte van zorginstellingen weer toe.



Figuur 3.1. Schema Planetree

## 3.2 Healing environment creëren

Zoals eerder vermeld houdt het concept van healing environment in dat de fysieke omgeving het genezingsproces van patiënten kan versnellen en het welbevinden kan vergroten.

De bovenstaande definitie roept de vraag op welke aspecten van de fysieke omgeving dit van toepassing is.

Als eerste zijn er de architecturale kenmerken van een instelling. Dit zijn de permanente aspecten van een gebouw (bijvoorbeeld de locaties van de ramen, kamergrote en ruimtelijke indeling). Daarnaast kennen gebouwen minder permanente aspecten, de vormgeving van het interieur (bijvoorbeeld kleurgebruik, meubels en kunst). Als laatste zijn er ook nog de meer 'ongrijpbare' aspecten van de omgeving, de 'ambient' kenmerken (bijvoorbeeld licht geluid en geur). Al deze kenmerken kunnen invloed hebben op de gezondheid en het welbevinden van de patiënt. [Mens, p.32].

Deze invloed kan op een directe manier plaatsvinden maar ook op een indirecte manier. Bij de directe manier heeft de omgeving direct effect op de gezondheid van de patiënt. Hierbij kan worden gedacht aan het verschil tussen een kamer met vloerbedekking en vinyl. De kamer met vloerbedekking bevat meer micro-organismen en kan daardoor voor meer luchtweg infecties zorgen dan een kamer met vinyl [Mens, p.33]. Bij invloed van een indirecte manier wordt er via zintuiglijke waarneming, allerlei psychologisch processen bij de mens geprikkeld. Deze kunnen cognitief en emotioneel van aard zijn [Mens, p.33]. Planten in een ziekenhuiskamer kunnen bijvoorbeeld zorgen dat deze kamer huiselijk aanvoelt. Dit kan tot stressreductie leiden, wat vervolgens kan bijdragen aan een versneld herstel.

Hieronder word gekeken naar resultaten van studies die zijn uitgevoerd op omgevingsaspecten.

Invallend zonlicht lijkt grotendeels positieve aspecten te hebben op de ligduur, mortaliteit en het ervaren van stress en pijn. Echter, voor een specifieke patiëntenpopulatie met een specifieke soort van depressie, heeft blootstelling aan zonlicht een negatief effect [Mens, p.34].

De aanwezigheid van ramen helpt IC-patiënten grip te krijgen op de realiteit. De aanwezigheid van het raam draagt bij aan het herstel, patiënten zijn minder verward, hebben minder vaak een delirium en hallucineren minder [Mens, p.34].

Bij de aanwezigheid van een raam, komt ook het uitzicht kijken. Onderzoek heeft uitgewezen dat patiënten die uitzicht hebben op bomen een kortere ligduur hebben en minder gebruik maken van medicijnen dan patiënten die uitzicht hebben op een blinde muur. [Mens, p.34]. Hierbij moet wel de kanttekening worden geplaatst dat uitzicht op een afbeelding met een boom hetzelfde effect geeft.

Deze kanttekening geldt ook voor het gebruik van groen in het interieur. Bij het gebruik van groen door middel van parken en tuinen zijn wel positieve effecten bekend. De natuurlijke wereld stimuleert oefening en beweging door te verleiden om naar buiten te gaan. Andere voordelen zijn zintuiglijke stimulatie, plezier, afleiding en verlaagde bloeddruk. Onderzoek heeft aangetoond dat de fysiologische voordelen van naar buiten gaan zijn het verbeteren van eetlust, slaappatroon, posturale systeem, mobiliteit en coördinatie. Psychologische voordelen zijn verbetering van de oriëntatie, stemming, het geheugen en motivatie. Natuur en het buiten zijn vermindert ook stress, agitatie en agressie [Chalfont, p.41].

Het niet goed kunnen oriënteren in een gebouw is een belangrijke stress veroorzaker gebleken. Een gebouw moet daarom altijd een duidelijke lay-out hebben met voldoende oriëntatiepunten [Mens, p.34].

Zorginstelling kunnen grote hoeveelheid geluiden op hoge geluidsniveaus produceren. Blootstelling aan veel en te harde geluiden kan een nadelig effect hebben op de gezondheid van de mens. Daarnaast blijken patiënten in goed geïsoleerde kamers, waar dus weinig tot geen achtergrond geluiden zijn, minder medicijnen te gebruiken [Mens, p.34].

Muziek wordt vaak ingezet in de vorm van therapie. Dit is vaak muziek die in overeenstemming met de patiënt uitgezocht wordt. Uit onderzoek blijkt dat muziek positieve effecten heeft. Hieruit kan er geconcludeerd worden dat muziek een interessante variabele is om stress te reduceren [Mens, p.34].

Geur kan ook worden ingezet om bij te dragen aan een positieve sfeer. De nare ziekenhuis geur wordt niet als prettig ervaren. Het maskeren hiervan kan positief werken [Mens, p.35].

### 3.3 Analyse Healing Environments

Hieronder worden een aantal gebouwen geanalyseerd waar Healing Environment is gerealiseerd. In het eerste project is een binnentuin gecreëerd in tegenstelling tot het tweede project waar de tuin buiten ligt.

#### 3.3.1 La Valence Maastricht

*Er is gekozen voor La Valence in Maastricht omdat hier door middel van overdekte ruimtes tuinen worden gecreëerd waar de patiënt zelfstandig gebruik van kan maken.*



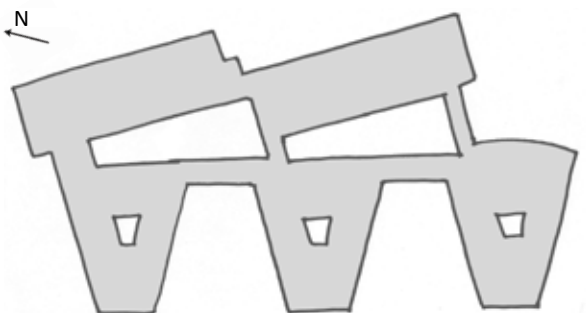
Figuur 3.2. La Valence

Architect:	Oplevering:	Functie:	Bruto vloeroppervlakte
Architecten aan de Maas	2007	Verpleeghuis	6000 m <sup>2</sup>



Figuur 3.3. Situatie La Valence

0 40 60



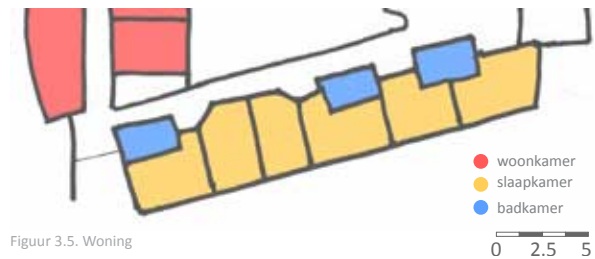
Figuur 3.4. Complex

0 10 20

In La Valence staat wonen centraal. Het verpleeghuis telt 3 lagen, waar 130 bewoners wonen. Een belangrijk motief van La Valence was het voorkomen van een institutionele sfeer [Mens, p.108]. Er is hierom dan ook gekozen voor kleine groepen van 6 tot 8 bewoners, die samen een woonkamer delen. Voor echtparen, waarvan één van beide voor verpleeghuiszorg is geïndiceerd, zijn 24 zorgwoningen (90 m<sup>2</sup>) gerealiseerd.

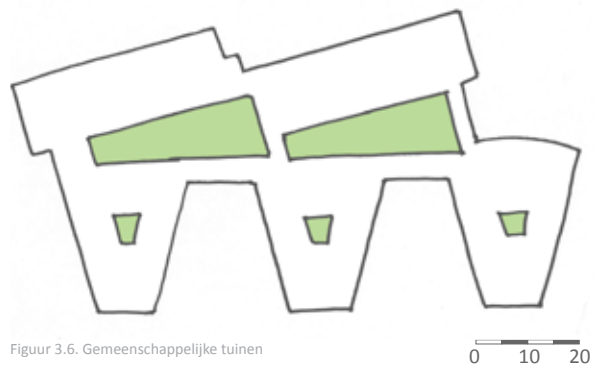
Het gebouw heeft drie driehoekige vleugels die gekoppeld worden door twee overdekte atria, die ten opzichte van elkaar verspringen. De atria bevatten loopbruggen, open trappen en glazen liften. Hierdoor wordt het atria erg transparant gehouden, met veel lichtinval. De atria zijn echt het kloppend hart van het gebouw. Aan de atria bevinden zich dus ook de gemeenschappelijke woonkamers. De éénpersoonskamers bevinden zich aan de buitenzijde van de driehoeken en zijn bereikbaar vanuit de gangen

die in de punt van de driehoek bij het noodtrappenhuis uitkomen. Tussen de gangen is steeds een kleine tuin gecreëerd. De andere kant van de atria wordt in beslag genomen door twee bouwblokken die net als de patio's ten opzichte van elkaar verspringen. Op de begane grond, aan de zijde van de atria, zijn gemeenschappelijke voorzieningen ondergebracht. Aan de buitenzijde bevinden zich kantoren en de logistieke afdeling. De bovenste etages huisvestigen de 24 zorgwoningen.



Figuur 3.5. Woning

De bewoners hebben de mogelijkheid om op eigen kamers, eigen spullen mee te nemen. In de gemeenschappelijke woonkamers is voor meubilair gezorgd, aangezien eigen meubilair minder geschikt kan zijn (geen goede zithouding) [Mens, p.109]. Op de verdieping voor de somatische patiënten kunnen de patiënten zelf het licht, de gordijnen en de deuren bedienen.

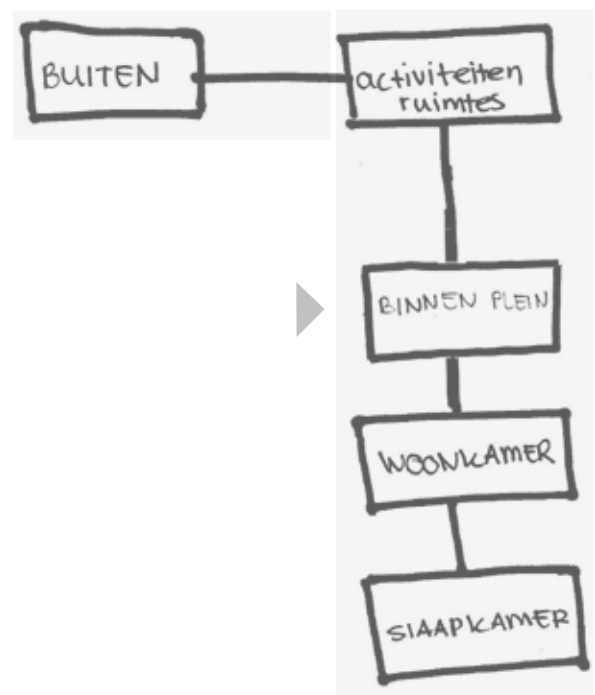


Figuur 3.6. Gemeenschappelijke tuinen

Elke individuele kamer heeft een eigen huisnummer en een deurbel. De bijzondere ruimtes, zoals de bibliotheek en de muziekkamer, zijn door middel van passende belettering en gravures op de glazen deuren aangegeven. Hiermee wordt er geprobeerd de leesbaarheid van het gebouw te vergroten, zodat mensen hier niet de weg kwijt raken [Architecten aan de Maas p.20].

La Valence beschikt ook over een snoezelruimte. In deze snoezelruimte staat een bubbelbad met lichte gordijnen, verlicht door middel van led-verlichting. De bewoner kan, geassisteerd door mantelzorgers of het personeel, gebruik maken van dit bubbelbad [Architecten aan de Maas, p.21].

Kunst speelt in La Valence een grote rol. De bewoners kunnen zelf een persoonlijke stempel op de inrichting van het complex zetten. Dit gebeurt door schilderijen of hebbedingetjes bij de ingang van het complex. Bij de ingang is ook een boomstam met een sculptuur waarin de contouren van een vier te herkennen zijn [Mens, p.109].



Figuur 3.7. Organisatie van La Valence. De grijze gebieden geven de ruimtes aan waar de patiënten zelfstandig kunnen komen.

Het ventilatie systeem, de verlichting en de verwarming zijn per gebouwdeel opgedeeld. In het verpleeghuisdeel van La Valence is gebruik gemaakt van betonkernactivering, hierdoor is een installatiezone overbodig geworden. Daarnaast maakt het gebouw gebruik van warmte- koude opslag in de bodem, met laag temperatuur gestuurde verwarming. Tergelijkertijd koelen en verwarmen is echter niet mogelijk [Architecten aan de Maas, p.23].

De zonwering wordt door middel van sensoren aangestuurd. Er wordt ook regenwater infiltratie toegepast op eigen terrein.



### 3.3.2 Sinai Centrum in Amstelveen

*Er is gekozen voor het Sinai Centrum in Amstelveen omdat het doet denken aan een klooster tuin. De tuin is erg rustig ontworpen in vergelijking met La Valence.*



Figuur 3.8. Het Sinai Centrum

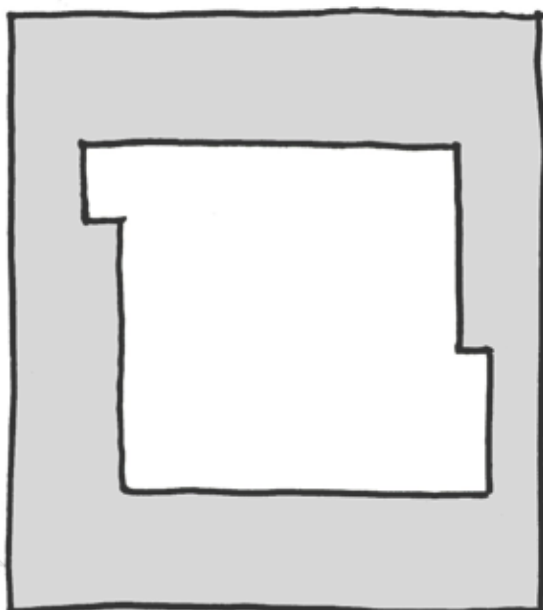
Architect:	Oplevering:	Functie:	Bruto vloeroppervlakte
Greiner Van Goor Huijten Architecten	2006	Joodse zorginstelling	3650 m <sup>2</sup>



Figuur 3.9. Situatie het Sinai Centrum

0 40 60

Het Sinai centrum is een zorginstelling bestemd voor mensen met een psychiatrische of verstandelijke handicap en mensen met een langdurige hulpvraag. Deze instelling is uitsluitend bedoeld voor de joodse medemens. Het Sinai centrum huisvest 63 bewoners, en is opgezet rond een binnentuin. Er zijn groepswoningen voor 6 patiënten, daarnaast zijn er individuele woningen en eenpersoonsappartementen voor volwassenen en ouderen met een grote mate van zelfstandigheid [Mens, p.25].



Figuur 3.10. Complex

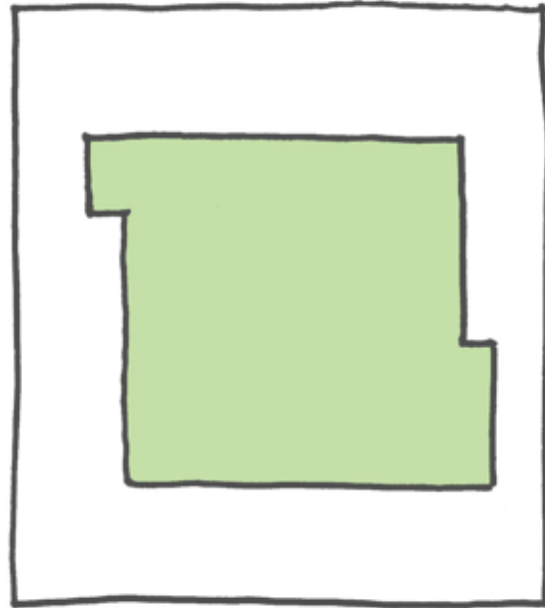
0 5 10

Het complex bestaat uit vier losstaande gebouwen die op de begane grond zijn verbonden door een omgaande gevel. De verdiepingen worden ontsloten door middel van een galerij die uitzicht biedt op de binnentuin. De schuine kappen verspringen aan de tuinzijde en zorgen daarmee voor voldoende daglichttoetreding in de binnengangen [Mens, p.25].

Ook hier is de tuin het hart van het gebouw. De aan de binnenzijde gelegen woningen hebben een kleine eigen tuin, terwijl het middengedeelte toegankelijk is voor de overige patiënten en de medewerkers [Beekum van, p.51].

De gevels vallen op door het gebruik van natuurlijke

materialen. In het interieur is veel blank hout toegepast wat volgens de opdrachtgever een helende werking heeft [Mens, p.25]. Daarnaast refereren de gebruikte materialen aan de binnenstad van Jeruzalem.



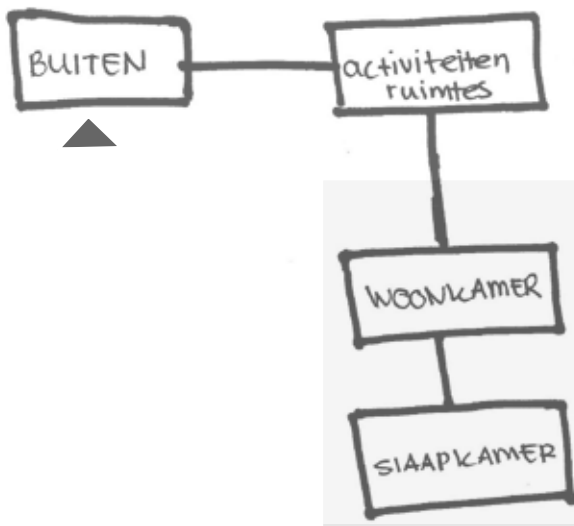
Figuur 3.11. Gemeenschappelijke tuin

0 5 10



Figuur 3.12. Ontwerp van de tuin

0 10 20



Figuur 3.14. Organisatie van het Sinai Centrum. De grijze gebieden geven de ruimtes aan waar de patiënten zelfstandig kunnen komen.



Figuur 3.13. Woning

0 5 10

### 3.4 Subconclusie

De healing environment beweging heeft twee belangrijke factoren; daglicht en groen. Daarnaast zijn oriëntatie, temperatuur, akoestiek en muziek ook belangrijke factoren.

Veel zonlicht in de kamer heeft een positief effect op het welbevinden van dementerenden. Ze krijgen hierdoor meer grip op tijd. Uit de Healing Environment beweging komt dat invallend zonlicht positieve effecten heeft op de ligduur, mortaliteit en zonlicht reduceert stress en pijn. Daarnaast zorgt zonlicht ook om meer grip te krijgen op de realiteit. Hetzelfde geldt voor een goede relatie met groen binnen het gebouw. Bij invallend zonlicht hoort ook een raam en dus uitzicht. Uitzicht op bomen bevordert de ligduur en vermindert het gebruik van medicijnen.

In rustige kamers, zonder blootstelling aan veel en te harde geluiden, gebruiken patiënten minder medicijnen en is de ligduur korter.

Muziek wordt vaak ingezet in de vorm van therapie. We hebben in hoofdstuk 2 gezien dat het muzikaal gehoor van een dementerende oudere het langst intact blijft. Therapie in de vorm van muziek kan bij deze doelgroep dus goed aanslaan.

Bij de healing environment kunnen ook kanttekeningen worden geplaatst. Zo is bewezen dat een afbeelding van groen hetzelfde effect heeft als letterlijk uitzicht op groen.

De gezondheidscentra's La Valence in Maastricht en het Sinai Centrum in Amstelveen maken beide gebruik van een healing environment.

Bij La Valence zijn er binnentuinen gemaakt. Hieraan liggen alle gemeenschappelijke woonkamers. Bij het Sinai centrum liggen ook de gemeenschappelijke woonkamers steeds aan de tuin. Dit is een tuin die is omsloten door bouwblokken. Er is geen overkapping zoals bij La Valence.



*Wij verblijven zo graag in de vrije natuur  
omdat deze geen mening over ons heeft.*

Friedrich Nietzsche

## **4.0 Groen en ventilatie**

*In Nederland verblijven we ongeveer 70% van onze tijd binnenshuis, voor dementerende is dit nog meer. Het is daarom van belang een zo gezond mogelijk binnen klimaat te creëren. In dit hoofdstuk wordt beschreven aan de hand van literatuur hoe goed geventileerd kan worden met behulp van groen. Dit hoofdstuk is geschreven voor de master Architectural Engineering.*



## 4.1 Groen en dementie

Sinds het begin van de tijd hebben mensen de natuur opgezocht om zijn helende eigenschappen. Niet alleen omdat planten de basis zijn voor alle medicijnen, maar ook voor zijn therapeutische eigenschappen. Zoals in hoofdstuk 3 is vermeld draagt groen bij aan de gezondheid en welzijn van de mens.

Contact met natuur is vooral belangrijk voor mensen die ziek en/of gehandicapt zijn. Mensen die hun zelfstandigheid kwijt zijn, kunnen alleen maar naar buiten met hulp. Hierdoor krijgen ze niet voldoende beweging, frisse lucht, zon en sociale interactie.

Dementerende vallen ook in deze categorie. Het verlies in de contact met de natuur wordt verloren als mensen vanuit een thuis situatie opgenomen worden op een gesloten afdeling. Omdat we mensen graag een veilige en betrouwbare omgeving willen geven, sluiten we vaak, onbedoeld, mensen binnen op [Chalfont, p. 41]. Terwijl een buitomgeving niet altijd een onveilige en onbetrouwbare omgeving betekend. In een veilige en betrouwbare omgeving kunnen dementerende zelfstandig de buitenlucht in.

Hieronder wordt omschreven wat een dementievriendelijke tuin inhoudt. Voor het beste succes van een tuin moet deze gelijk bij het ontwerp worden meegenomen en niet achteraf. Immers, zicht, microklimaat, toegang, onderdak, connectie met binnen en connectie tot de maatschappij zijn grotendeels afhankelijk van de oriëntatie van het gebouw ten opzichte van de omgeving, maar ook ten opzichte van de zon en wind [Chalfont, p. 25].

De vorm van het gebouw moet ervoor zorgen dat er rechtstreeks contact is met de tuin vanuit de gemeenschappelijke ruimte. Door rechtstreeks contact met de gemeenschappelijke ruimte, zien de dementerende de tuin liggen, en weten ze dus dat hij aanwezig is. Hierdoor zullen ze sneller geneigd zijn om gebruik te maken van deze tuin.

Als er een terras of balkon met een zit-gebied voor grote groepen van mensen, dicht bij de uitgang van de woonkamer is, wordt de buitenruimte meer ervaren door de dementerende en dus meer gebruikt [Marquardt, p. 85]. Een middel om dementerende dicht bij de woning te houden is door richting te veranderen. Hierdoor wordt de buitenruimte bij de woonkamer getrokken, en iedereen die naar buiten

gaat blijft in gezichtsveld. Zowel voor personeel als voor de medebewoners, niemand “verdwijnt”. Hierdoor wordt de drempel om naar buiten te gaan minder hoog.

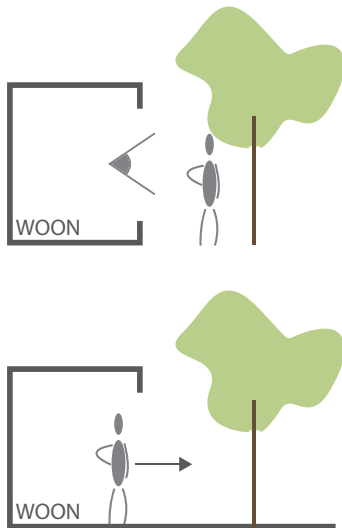
Zoals vermeld is het belangrijk om ramen en/of glazen deuren naar de buitenruimte te hebben. Hierdoor zien de dementerende de tuin en weten ze dat er een tuin aanwezig is waar ze heen kunnen gaan. Dit gedeelte van de woning wordt een “randruimte” genoemd. Het idee dat een randruimte een levendige plaats is, was 30 jaar geleden ontwikkeld door Alexander et al in het boek *A Pattern Language*. Hierin staat: “Wanneer het goed wordt gemaakt, is zo’n rand een verbindingen tussen twee gebieden: het verhoogt de connectie tussen binnen en buiten, bevordert de vorming van groepen die de grens overschrijden, stimuleert beweging die begint aan de ene kant en eindigt op de andere kant, en laat beweging aan beide kanten toe, of juist op de grens zelf.” [Chalfont, p. 343].

Een randruimte is belangrijk om mensen naar buiten te trekken. Door zo’n ruimte ontstaat er overlap tussen binnen en buiten. Het vergemakkelijkt contact met de natuur en sociale betrokkenheid.

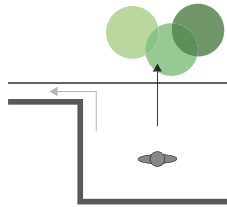
Vaak zijn simpele acties ook al voldoende om bewoners attent te maken op de tuin. Zoals de zitplekken in de woonkamer te richten richting het raam en dus de tuin. Hierdoor wordt sociale interactie versterkt, mensen hebben iets om over te praten. De bewoner wordt daarnaast steeds met buiten geconfronteerd en zal eerder zelfstandig naar buiten lopen.

Zorg in de tuin ervoor dat er plekken zijn om beschermd en overdekt in de schaduw of uit de wind in de zon of juist een plek die zowel in de zon als in de wind, te zitten. Ook zijn overdekte wandelpaden en ingangen belangrijk, zodat de tuin ook gebruikt kan worden bij slechte weersomstandigheden.

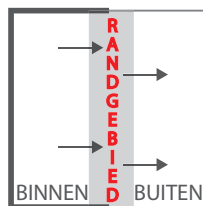
In de tuin zijn verschillende plekken die verschillende functies waarborgen, hierdoor kunnen de dementerende het plekje opzoeken wat het beste bij hun aansluit. Deze plekken die horen aan te sluiten op activiteiten van het dagelijks leven, zoals was ophangen, tuinieren, knutselen in de schuur, aanvegen van het pad of grasmaaien. Dit zijn activiteiten die oudere thuis ook deden, en dus fijn vinden om nu ook



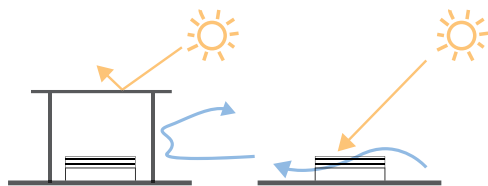
Figuur 4.1. Uitzicht en gemakkelijke toegang tot groen voor dementerenden. De toegang tot groen moet bij het zicht naar groen zijn.



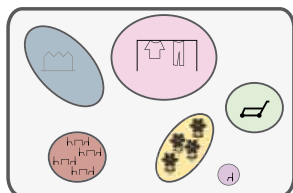
Figuur 4.2. De buitenruimte dicht bij de woning houden



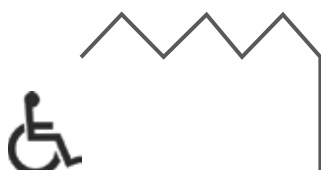
Figuur 4.3. Maak een levendig randgebied.



Figuur 4.4. Maak verschillen plekken met prikkelarme en prikkelrijke stimuli van wind en zon



Figuur 4.5. Maak plekken met verschillende functies in de tuin



Figuur 4.6. Maak de gehele tuin rolstoel toegankelijk.

te kunnen doen. Daarnaast wordt er zo voor gezorgd dat de dementerende de tuin zelf doen onderhouden. Een kas in de tuin wordt aanbevolen, omdat de bewoners hier zelf fruit, kruiden en groente kunnen verbouwen. Door deze zichtbaar te maken vanuit de keuken, waar deze producten in gebruikt worden, wordt de connectie met de kas sneller gelegd.

Een tuin moet toelaten om ergens met een groep te zitten of op een kleinere plek terug te kunnen trekken. Zorg voor zitplekken die permanent in de tuin blijven staan, en zitplekken die verschoven kunnen worden. Het integreren van seizoensgebonden planten (zoals aardbeien, rabarber) is vaak erg nuttig. Mensen kunnen deze zelf voorbereiden om te eten.

De stimuli van de natuur in combinatie met sociale interactie helpt dementerende om ervaringen uit het verleden te herinneren en deze herinneren op te roepen. Het delen van herinneringen helpt de dementerenden het heden en het verleden te onderscheiden [Chalfont, p. 41].

Hiernaast zijn natuurlijk ook technische aspecten die een tuin dementie-vriendelijk maken. Alles moet makkelijk te bereiken zijn, bloembakken om in te tuinieren moeten dus verhoogd zijn, zodat er is een zittende of staande toestand getuiniert kan worden. De tuin moet volledig rolstoeltoegankelijk zijn, dit is uiteraard belangrijk voor oudere die in een rolstoel zitten, maar ook voor oudere die nog (redelijk) goed kunnen lopen. Door alles op het niveau te maken waarom de dementerende zich constant bevindt, is de drempel naar buiten weggenomen. Een drempel zelf, kan voor de dementerende al worden gezien als een berg die beklommen moet worden.

Eengoed uitgevoerde tuin zorgt voor lichaamsbeweging, voldoende zonlicht, zintuigelijke stimulans, bevorderen van het dagelijks ritme, bezinning, beter humeur, beter slaapritme, vermindert agressie. Een tuin zorgt voor geestelijke verbondenheid met het leven via de toegang tot de levende wereld.

## 4.2 Groen als bijdrage in de bouwfysica

De algemene trend van de verwachte klimaatverandering is het extremer worden van weersomstandigheden, zoals neerslag, storm, hitte droogte en de daarmee ook de luchtvervuiling. Dit heeft gevolgen voor de bebouwde omgeving in de vorm van verhoging van de temperatuur, verslechtering van waterhuishouding en luchtkwaliteit, en de verhoging van het energie gebruik [Klimaatgroen, p.4]. Dit heeft directe invloed op het menselijk welbevinden en het comfort in het gebouw.

Het begrip 'groen' wordt in dit rapport breed opgevat. Tot dit begrip behoren alle natuurlijke plekken en elementen, zoals (binnen)tuinen, groene daken, groene gevels, planten en vijvers. De kleur groen wordt buiten beschouwing gelaten.

Groen kan een bijdragen leveren aan het verlagen van de lucht- en oppervlakte temperaturen, opwarming door gevelinstraling, afkoeling door wind beperken, wateroverlast verminderen en de luchtkwaliteit verbeteren [Klimaatgroen, p.8]. Daarnaast kan groen ook de identiteit en de uitstraling van het gebouw versterken.

Behalve bovenstaande voordelen heeft groen ook een positief psychologisch aspect op de mens. Zo vermindert het stress, verhoogt het de pijntolerantie bij patiënten, stimuleert groen om te bewegen, verbeterd het de concentratie en bevordert groen het maken van sociale contacten (zie voorgaande hoofdstuk).

Alle functies die beïnvloedt worden door groen (luchtkwaliteit, energiebesparingen waterhuishouding) zullen hieronder worden beschreven.

### Fijnstof

Buitenlucht is meestal schoner dan binnenlucht, en daarom kan met behulp van ventilatie de kwaliteit van de binnenlucht worden verbeterd. Echter door klimaatveranderingen gaat de kwaliteit van de buitenlucht achteruit. Door de hitte kunnen luchtvervuilende stoffen ontstaan, neemt de luchtvochtigheid af en de luchttemperatuur toe [Klimaatgroen, p.6]. Dit heeft als gevolg dat de kwaliteit van de ingelaten ventilatie lucht erg achteruit gaat.

In natuurlijk geventileerde gebouwen, met ventilatie via ramen of gevelroosters, is de penetratie van

luchtverontreinigingen in het interieur 100%. In mechanisch geventileerde gebouwen wordt een deel van de luchtverontreinigingen in de luchtfilters van het ventilatiesysteem verwijderd, hoewel dit in veel gevallen maar een klein deel is omdat de gebruikelijke luchtfilters nauwelijks fijn stof en gasvormige verontreinigingen afvangen [Bronsema, p.47].

Een van die vervuilende stoffen is fijnstof. Tot fijnstof worden in de lucht zwevende deeltjes kleiner dan 10 micrometer gerekend [Wageningen UR, p.1]. Hoe kleiner het deeltje, hoe meer schade het kan aanrichten voor de gezondheid van de mens. De deeltjes dringen diep in de ademen door, kunnen daar neerslaan en worden dan niet weer uitgeademd.

Om zo min mogelijk infiltratie van de vervuilende stoffen in het binnenklimaat te hebben moeten de gebouwen een zo goed mogelijke dichtheid van de gevel hebben [Bronsema, p.52].

Ook groen kan fijnstof reduceren in het binnenklimaat door filtering en verdunning.

Fijnstof wordt niet opgenomen in de bladeren, maar slaat neer op de bladeren en takken. Als de stoffen eenmaal gefixeerd zijn op de stam of het blad, dan zullen bij regenbuien de stoffen naar de bodem verdwijnen, waar ze afgebroken worden in de humuslaag [Brochure Wageningen UR, 2006]. Overall waar lucht met deeltjes lang een ruw plakkerig oppervlakte komt, wordt de luchtstroom vertraagd en vallen de deeltjes als het ware neer [Pronk, p.67]. Grotere deeltjes (PM10) zullen sneller neervallen en worden eerder uitgefilterd dan kleinere deeltjes (PM1) [Pronk, p.67].

De luchtstroom kan ook om bladeren heen gaan. De deeltjes in de lucht gaan met de luchtstroom mee, maar als de afbuiging erg plotseling is, gaan ook veel deeltjes rechtdoor. Grotere en zwaardere deeltjes kunnen deze plotselinge afbuiging van de lucht niet aan en botsen hierdoor vaker op het blad of een ander aanwezig oppervlakte [Pronk, p.67]. Langwerpige en dunne oppervlakten buigen de lucht veel abrupter af. Naaldbomen die het gehele jaar door groen blijven zijn dus uitermate geschikt voor het filteren van fijnstof.

Om een goede filtering te behouden moet de luchtbeweging rondom een beplanting in stand worden gehouden. Als de wind tot stilstand komt, hoopt de vervuiling zich juist op voor de beplanting.



De beplanting moet dus voldoende open zijn aan de overheersende windzijde, ongeveer 25 tot 30 % [Pronk, p. 69].

Voor een optimale filterende werking vlakbij drukke wegen, in de berm, zijn de planten dicht bij de grond van belang, zoals grassen en lage struiken die de uitlaatgassen direct aan de bron kunnen filteren. Wat verder van de wegen af, (50-100 meter) telt vooral de grootte van het blad oppervlak [Wageningen UR, p.4]. Daarnaast kan groen via de bladeren schadelijke gassen zoals, NO<sub>x</sub> (stikstof) en ozon (O<sub>3</sub>) opnemen. Het blad neemt gassen door de huidmondjes op. De plant verwerkt die intern om tot biomassa. Bomen met platte en brede bladeren zijn bij uitstek geschikt voor opname van gassen [Pronk, p.69]. Bij een juiste toepassing geven bomen 15 tot 20% reductie van fijn stof, 10% minder stikstofoxide en 8% minder ozon.

### Temperatuur en bevochtigen

Groen kan ook de temperatuur van de ventilatielucht verbeteren. Dit kan door beschaduwning en verdamping van planten.

Het water dat een plant nodig heeft wordt opgenomen door de wortels naar de bovengrondse delen van een plant. Een klein deel van het opgenomen water blijft in de plant (ongeveer 1%). De rest van het water transpireert vanaf de bladeren in de atmosfeer [Peeters, p.52].

Door de verdamping van water, warmteopslagcapaciteit en de fotosynthese van een plant, onttrekt de plant warmte uit de omgeving. Hierdoor ontstaat een koeffect, die zeker op warme dagen nuttig is en hiermee 90% van de inkomende warmte verbruikt [Peeters, p.53]. Van de inkomende warmte wordt ongeveer 5 tot 20% gebruikt voor de fotosynthese van een plant, 20-40% verdampt, 5-30% gereflecteerd, 10-50% in warmte omgezet en 5-30% wordt doorgelaten [Peeters, p.53].

Ondanks dat de verdamping van planten onder verschillende omstandigheden anders is, kan er worden vastgesteld dat een gemiddelde plant ongeveer 4 liter water per m<sup>2</sup> per dag kan verdampen. Dit kan de lucht enkele graden doen koelen.

### Energetische waarde

Groen kan een bijdrage leveren aan de vermindering van de warmtelast in de vorm van dak- en gevelgroen maar ook als windgeleiding door omgevingsgroen [Toepassing Functioneel Groen, p.8].

Door de vertraging van de wind wordt de afgestraalde

warmte van een gevel of dak minder snel afgevoerd en wordt ook de infiltratie door kieren en openingen vermindert. Een dikke begroeiing van de gevel van ca. 35 cm kan de warmteafgifte verminderen. De warmte isolatie die dan kan worden bespaard varieert van 6 tot 36%. Dit komt doordat er een extra laag vrijwel stilstaande lucht wordt gecreëerd tussen de beplanting en de gevel [Peeters, p.33].

Groen heeft hiernaast ook een positief effect op de koellast. Groen kan de temperatuur laten dalen door beschaduwning en verdamping. Dakgroen kan tot 90% besparen op koelenergie, en beschaduwning van de gevel kan tot 40 % besparing opleveren (indien groen kunstmatige zonwering vervangt) [Peeters, p.34].

### Akoestiek

Onderzoek van Peter Costa, aan de South Bank University in Londen wijst uit dat planten een akoestisch voordeel bieden in het binnenklimaat [Freeman]. In dit onderzoek heeft Costa de absorptie coëfficiënt van een aantal planten vergeleken met bouwmaterialen (zie tabel 5.1). Hoe hoger de absorptie coëfficiënt is hoe beter het materiaal geluid absorbeert. Het normale spraakgebied valt tussen 500 en 2000 Hz en een coëfficiënt van 0.25 betekend dat een kwart van het geluid geabsorbeerd wordt.

We zien in de tabel dat planten beter werken bij hoge frequenties dan bij lage frequenties. Bij lage frequenties buigen planten het geluid af en absorberen zij geluid. Dit komt doordat de bladgrootte klein is in vergelijking tot de golflengte van geluid [Freeman]. Planten met veel kleine bladeren zijn dus nuttig om geluid te absorberen en af te buigen.

Uit het onderzoek kwam verder dat planten beter werken in akoestisch levende ruimtes [Freeman]. Dit zijn ruimtes met harde oppervlaktes, zoals blootgesteld beton en stenen vloeren.

Het verspreiden van planten rondom een ruimte is beter dan de planten te clusteren op een plek [Freeman]. Hierdoor wordt er meer oppervlakte blootgesteld aan geluid en zal het effect dus groter zijn. Daarbij dragen planten in hoeken beter bij dan in het middelpunt van een ruimte. Dit komt omdat het geluid door de muren dan recht in het gebladerte wordt weerkaatst [Freeman].

### Regenwater

Uit onderzoek blijkt dat 80 tot 100% van het regenwater dat op straat terecht komt, wordt afgevoerd in het riool. Bij gebruik van daktuinen kan dit worden

gereduceerd tot 30%. Daarnaast wordt de rest door verdamping weer in de lucht gebracht [Peeters, p.31]. Hierdoor wordt de hoeveelheid water in het rioolstelsel verminderd, waardoor minder kans is op overstromingen en verstoppingen bij hevige regenval. Door het gebruik van verticaal groen lang gevels kan ook regenwater worden opgevangen. Het water stroomt dan via de buitenkant van de bladeren af. In de meeste gevallen wordt het water opgevangen aan de voet van de plant. Bij een groene gevel met een groeidoek hangt dit af van het absorberend vermogen, maar wordt ook vaak water opgevangen door een lekgoot of regenwaterput [Peeters, p.31].

Plantensoort	Frequentie (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Ficus benamina	0.06	0.06	0.10	0.19	0.22	0.57
Howea forsteriana	0.21	0.11	0.09	0.22	0.11	0.08
Dracaena fragrans	0.13	0.14	0.12	0.12	0.16	0.11
Spathiphyllum wallisii	0.09	0.07	0.08	0.13	0.22	0.44
Dracaena marginata	0.13	0.03	0.16	0.08	0.14	0.47
Schefflera arboricola	-	0.13	0.06	0.22	0.23	0.47
Philodendron scandens	-	0.23	0.22	0.29	0.34	0.72
Vergelijkingen						
Boomschors	0.05	0.1	0.26	0.46	0.73	0.88
Hoogpolig tapijt	0.15	0.25	0.50	0.60	0.70	0.70
Gipspaat	0.30	0.15	0.10	0.05	0.04	0.05
Nieuw sneeuw, 100 mm	0.45	0.75	0.90	0.95	0.95	0.95

Tabel 4.1. Absorptie coëfficiënt van verschillende planten en materialen. [bron: Freeman]

## 4.3 Analyse gebouwen met passieve ruimtes

*Hieronder worden een aantal gebouwen geanalyseerd waar een passieve ruimte wordt toegevoegd aan het gebouw. Er wordt hier gekeken hoe hiermee wordt omgegaan in het klimaatsysteem. De gebouwen zijn in te delen in 4 typologieën; een kas tussen een gebouw, naast een gebouw, over een gebouw en een gebouw met alleen een glazen dak. Hierdoor is er een variatie van toepassingen van 'kassen'.*

*Alle vier de gebouwen staan in dezelfde klimatologische zone (Nederland en Duitsland). De gebouwen worden geanalyseerd op oriëntatie, ventilatie, temperatuur, akoestiek en watergebruik.*

### 4.3.1. Uitleg werking kas

Het gebruik van een kas is al jaren een bekend fenomeen in de tuinsector. Er worden tegenwoordig steeds meer voordelen gehaald uit het gebruik van een kas.

In 1975 was er nog 100% aardgas en elektriciteit nodig voor het creëren van 1 krat tomaten en 1 hand vol bloemen. In 2000 was dit percentage al gezakt naar 50%. Daarnaast is er een flinke toename in het gebruik van duurzame energiebronnen: zonne-energie, zonnewarmte en aardwarmte. In 2012 kunnen 20% van alle woningen voorzien worden van elektriciteit opgewekt door de kassenbouw. Dit staat gelijk aan wat 5 elektriciteitscentrales kunnen leveren. In 2025 wordt verwacht dat er nog maar 25% aardgas en elektriciteit nodig is voor het creëren van 1 krat tomaten en 1 hand vol bloemen, en evenveel gebruik wordt gemaakt van de duurzame energiebronnen en biobrandstoffen.

Kassen worden steeds meer ingezet om energie op te slaan en ergens anders te gebruiken.

Een kas kan een groot voordeel bieden als deze wordt geschakeld aan een gebouw, de kas wordt hier dan een bufferzone tussen buiten en binnen. In de winter functioneert de kas als een warmteschild, waardoor het warmteverlies uit de woning beperkt blijft. Daarnaast is nu ook natuurlijke ventilatie mogelijk, doordat de lucht in de kas door de zon verwarmd wordt en benut om het gebouw te ventileren waardoor energie wordt bespaard.

In de zomer wordt de kas afgesloten van het gebouw en zorgt het ervoor dat de warme lucht van de kas niet binnen komt. Met eventuele aardbuizen kan verse koele lucht het gebouw in geblazen worden zonder dat ramen opgezet hoeven te worden, en dus warme lucht naar binnen brengen.

Het aantal uren per jaar dat de temperatuur in de tussenzon comfortabel is, is veel meer dan bij lucht direct van buiten.

### 4.3.2. Instituut voor bos- en natuuronderzoek in Wageningen

*Er is gekozen voor het IBN omdat dit gebouw gebruik maakt van hele simpele methodes om het binnenklimaat onder controle te houden. Daarnaast heeft dit gebouw geen alternatieve middelen nodig om het binnenklimaat te beheersen, alles wordt geregeld met de kassen.*



Figuur 4.7. Instituut bos- en natuuronderzoek

Architect:	Oplevering:	Functie:	Bruto vloeroppervlakte:
Stefan Behnisch	1998	Kantoor en laboratorium	10.000 m <sup>2</sup>

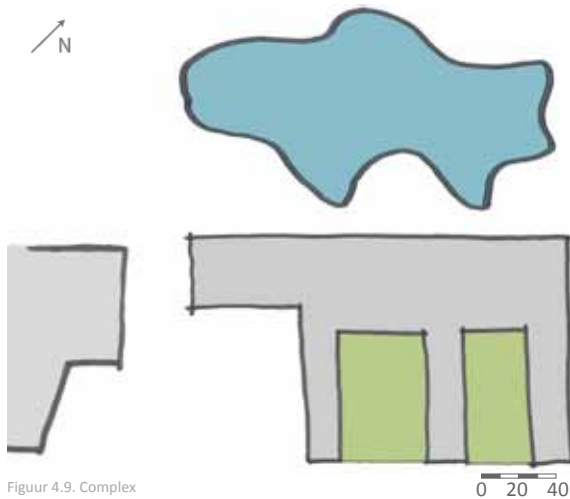
Het gebouw heeft een kamvorm, zoals een E. Tussen de kamotten liggen twee overdekte binnentuinen van samen ongeveer 2000 m<sup>2</sup> groot en 14 meter hoog. Deze binnentuinen bevatten water partijen en zijn met hun glazen gevel op het zuiden gericht.

De laboratoria (4000 m<sup>2</sup>) bevinden zich in de strook aan de Noord kant van het gebouw en de kantoren bevinden zich langs de binnentuinen in de kamotten. Uit de vleugel aan de westzijde steekt een twee-laagse bibliotheek. Tot slot herbergt het gebouw nog een conferentiezaal en bedrijfsrestaurant op de begane grond [Koster, p.10].

De kantoorruimten (6000 m<sup>2</sup>) langs de tuinen hebben een galerij aan de tuinzijde. Deze galerij is transparant gehouden door gebruik te maken van roostervloeren en van touw gevlochten borstweringsnetten.



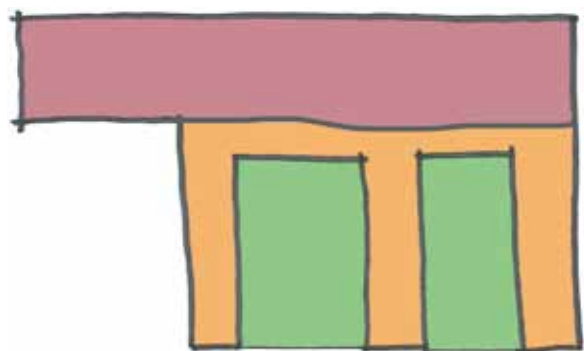
Figuur 4.8. Situatie IBN



Figuur 4.9. Complex

IBN is op te delen in drie klimaatzones (figuur 4.10); een tussen klimaat, een binnenklimaat natuurlijk geventileerd en een binnenklimaat mechanisch geventileerd. De kas is afgesloten door middel van enkel glas en werkt hierdoor als een tussen klimaat. De kantoren kunnen het klimaat zelf regelen, zij maken hierbij gebruik van de kas. De laboratoria (de rug van de kam) worden, evenals de bibliotheek, de vergaderzalen en het restaurant mechanisch geventileerd. Dit is nodig omdat hier meer controle nodig is over de ventilatie.

De overdekte tuinen zijn de longen van het gebouw. Ze spelen een belangrijke rol in de klimaatbeheersing. Er zijn twee verschillende tuinen in de atria aangelegd (figuur 4.11): een tuin met inheemse planten en een tuin met savanneachtige planten (zoals ficussen), die een droog klimaat nodig hebben [Koster, p.22]. Beide tuinen zijn tevens voorzien van waterpartijen, looppaden en zitplekken.



Figuur 4.10. Klimaatzones

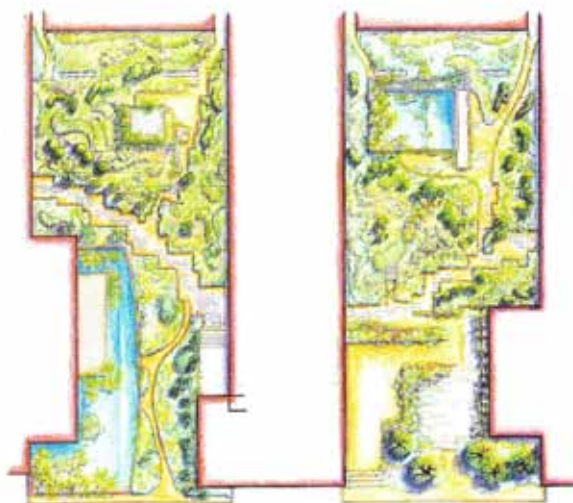
- Mechanisch geventileerd
- Natuurlijk geventileerd
- Tussen klimaat

Om overmatige opwarming te voorkomen in de zomer bevindt zich zonwering onder de kasdaken en aan de binnenzijde van de zuidgevel (figuur 4.12 a). Deze doeken hebben een open structuur zodat voldoende daglicht binnenkomt en het de opstijgende warme lucht doorlaat zodat deze via de dakramen kan verdwijnen. Daarnaast kan de zonwering ook in een tussenstand gezet worden. De zonwering wordt dan maar voor de helft uitgerold. De dakramen openen automatisch wanneer de binnentemperatuur boven de 21 graden uitkomt [Koster, p.15]. Daarnaast kunnen er grote taatsramen in de noordgevel open gezet worden. Het openen van de dakramen en de taatsramen wordt door middel van een centraal geregeld systeem geregeld [Crone, p.44]. Door natuurlijke trek wordt verse lucht via de kruipruimte van de laboratoriumvleugel aangezogen (figuur 4.12 b).

De vijver in de kas draagt tenslotte bij aan de koeling. Door verdamping van gemiddeld 6000 liter water per dag kan een koelvermogen van ongeveer 20 kWh worden gerealiseerd (figuur 4.12 c), dit is genoeg om de temperatuur van de lucht enkele graden te doen dalen [Crone, p.44.].

De grond van de kas neemt naast het water ook warmte op. Deze is van aarde en helpt zo om de oververhitting van de kassen te voorkomen (figuur 4.12 d).

De kantoren worden vanuit de tuinen voorzien van verse lucht door het openen van de ramen en deuren aan de tuinzijde (figuur 4.12 e) [Jones, p.31]. In de zomernachten moeten de ramen open blijven om de



Figuur 4.11. Inrichting tuinen

kantoren te kunnen koelen.

Daarnaast wordt het warmteaccumulerend vermogen van de betonnen vloeren en plafonds benut om de kantoorvertrekken koel te houden (figuur 4.12 f) [Jones, p.31]. Overdag neemt het beton een deel van de warmte op die wordt geproduceerd door het invallende zonlicht, de lichamen van de medewerkers en de kunstverlichting, computers en andere elektrische apparatuur. 's Nachts wordt deze warmte door middel van ventilatie naar buiten afgevoerd via ventilatieopeningen in de glaskappen (figuur 4.13 g), zodat de betonnenvloeren de volgende dag weer opnieuw warmte kunnen opnemen [Koster, p.17]. Dit is een van de belangrijkste redenen dat mechanische koeling onnodig is.

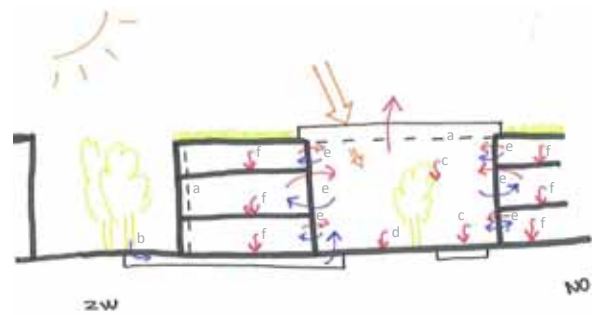
In de winter wordt van deze nachtkoeling geen gebruik gemaakt.

In de winter fungeren de tuinen als serres. Door de atriums wordt het geveleppervlak dat aan de koude buitenlucht wordt blootgesteld flink gereduceerd. Hierdoor blijft het energieverbruik voor verwarming laag en krijgen de werkvertrekken toch voldoende daglicht. Er komt verse lucht binnen via de kasdaken, de dakramen gaan nooit helemaal dicht [Crone, p.44]. De zon warmt de lucht in de binnentuinen op, voordat deze als ventilatielucht de kantoorruimte in stroomt (figuur 4.14 l). In de kantoren wordt bij verwarmd door middel van radiatoren (figuur 4.14 k). De gebruikte lucht wordt vervolgens afgezogen (ook in de atria) en via een warmewisselaar naar buiten geleid (figuur 4.14 m). De gewonnen warmte wordt weer gebruikt voor de verwarming van het gebouw.

's Nachts gaat de zonwering dicht om de warmte zoveel mogelijk binnen te houden (figuur 4.15 n). In de winter schommelt de tempratuur in de atriums tussen de 10 en 12° C [Koster, p. 15].

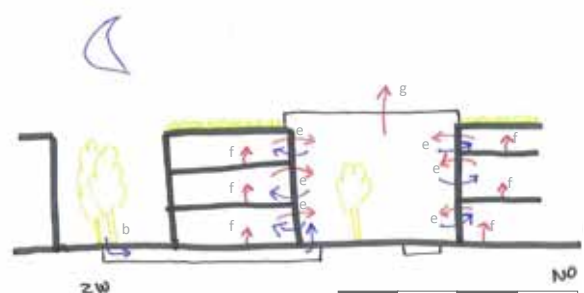
De wind komt voornamelijk uit het zuid westen. Bij het IBN staat aan het zuid westen een ander gebouw. Hierdoor wordt de wind geweerd en zal de warmte van de gevel in de winter minder snel worden afgevoerd (figuur 4.15 q) en wordt hierdoor ook de infiltratie door kieren en openingen verminderd. Hierdoor hoeft er minder verwarmd te worden

Dankzij de warmte-isolerende en zonwerende capaciteit van de twee overdekte binnentuinen is het mogelijk dat de buitengevels van het gebouw grotendeels uit glas bestaan zondar dat dit nadelige gevolgen heeft voor het energie gebruik [Koster, p.17].



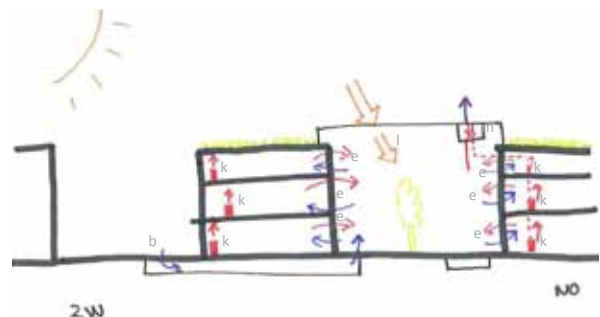
Figuur 4.12. Klimaatschema zomer - dag

0 10 20



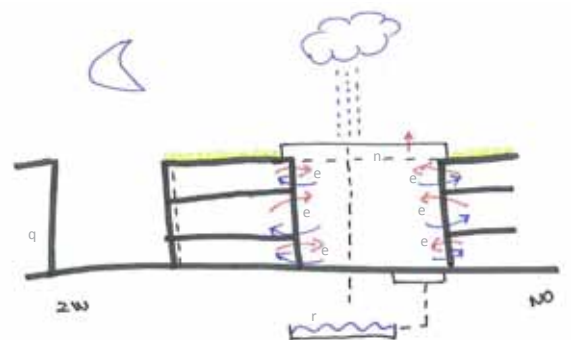
Figuur 4.13. Klimaatschema zomer - nacht

0 10 20



Figuur 4.14. Klimaatschema winter - dag

0 10 20



Figuur 4.15. Klimaatschema winter - nacht

0 10 20

De kantoorvleugels hebben volledig houten gevels met een bekleding van cementplaat. De laboratoria hebben een stenen gevel die aan de buitenzijde zijn voorzien van isolatiepleister.

Doordat het warmteaccumulerend vermogen van de betonnen vloeren en daken worden benut, zijn er geen gesloten plafonds toegepast. Om toch een goede akoestiek te verkrijgen binnen de kantoorruimtes zijn er eilandjes van mineraalplaat met katoen aangebracht [Crone, p.44].

De tuinen, met het groen en aarde samen met de houten gevelbekleding, werken ook mee aan het akoestiek in de binnen ruimte.

Op de daken ligt een sedum-bedekking (zogenaamd 'groen dak'). Het opgevangen regenwater wordt gebruikt voor de planten in de binnentuinen en het spoelen van de toiletten. Overtollig regenwater van het dak vloeit samen met het 'grijze rioolwater' in een aan de achterzijde van het complex gelegen 1,5 à 2 meter diep retentiebekken (r). Dit bekken maakt deel uit van het ecologische tuin- en landschapontwerp [Koster, p.23].

De sedum dakbedekking heeft ook als voordeel dat door de verdamping van water van het groen het in de zomer koel is. In de winter is er minder verwarming nodig omdat het dak dan isolerend werkt.

De kas is heel transparant gehouden waardoor de grenzen tussen buiten en binnen worden vervaag. Dit wordt versterkt doordat er grootte taatsramen open kunnen op het niveau van de begane grond. De kas wordt hierdoor (vooral in de zomer) ervaren als een buitenomgeving.

### 4.3.3. Science Park in Gelsenkirchen

Het volgende gebouw is het Science Park in Gelsenkirchen, Duitsland. Er is gekozen voor dit gebouw omdat het actief gebruik maakt van het water om de kas te koelen.



Figuur 4.16. Science Park

Architect:	Oplevering:	Functie:	Bruto vloeroppervlakte:
Kiessler + Partners	1995	Kantoor en laboratorium	27.200 m <sup>2</sup>

Het gebouw heeft een kamvorm, van 300 meter lang met 9 kampten. De kantoren en laboratoria zijn gepositioneerd op het oosten, de kas op het westen. Langs de binnen boulevard zijn ruimtes vrij die gehuurd kunnen worden door boekenwinkels, restaurants, etc. om de werkgevers te dienen en het publiek te trekken. Maar tot nu toe is maar 60% bezet, de overige ruimte wordt gebruikt voor tentoonstellingen [Dawson, p.32]. De negen kampten en de lange galerij zorgen voor 19.200 m<sup>2</sup> kantoren en laboratoria. De 'kas' is 3.000 m<sup>2</sup> groot.



Figuur 4.17. Situatie Science Park

0 40 60

Het Science Park is in te delen in 2 klimaat zones (figuur 4.19). De kas dient als buffer tussen buiten en binnen. Het klimaat van de kantoren en laboratoria zijn voornamelijk natuurlijk geregeld met buitenlucht. Er is geen duidelijke connectie tussen de twee klimaatzones.

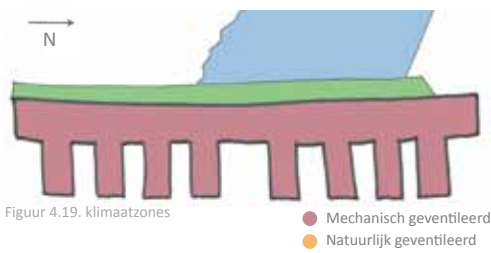
In de zomer kan een deel van de glazen panelen van 7 meter breed en 4,5 meter hoog langs het water open



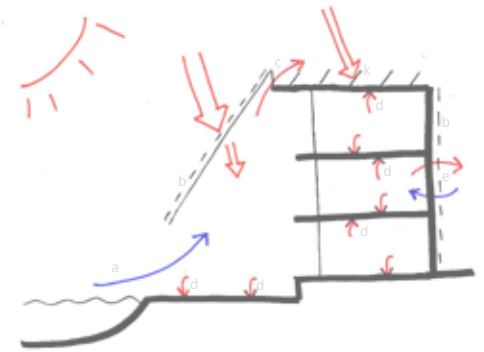
Figuur 4.18. Complex

0 10 20



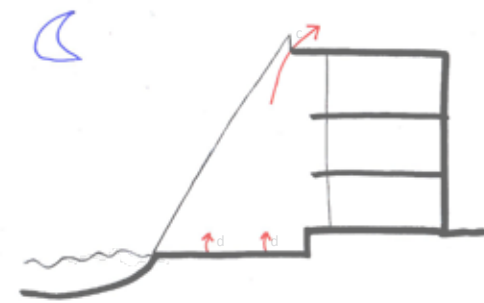


Figuur 4.19. Klimaatzones



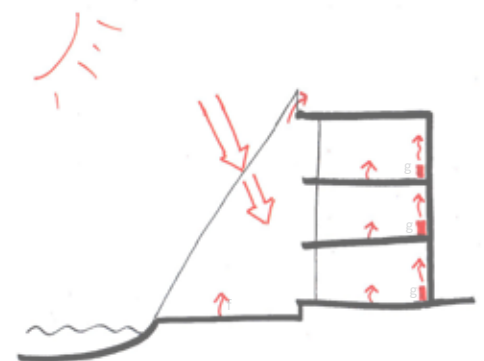
Figuur 4.20. Klimaatprogramma zomer - dag

0 5 10



Figuur 4.21. Klimaatprogramma zomer - nacht

0 5 10



Figuur 4.22. Klimaatprogramma winter - dag

0 5 10



Figuur 4.23. Klimaatprogramma winter - nacht

0 5 10

worden gezet en wordt er koude lucht langs het water gehaald (figuur 4.20 a), hierdoor kan 1 à 3 graden verkoeld worden [Dawson, p.34]. Aan de buitenkant van de glazen wand van de kas bevindt zich zonwering (figuur 4.20 b). De warme lucht wordt vervolgens boven aan de kas afgevoerd door middel van automatisch te openen ramen (figuur 4.20 c) [Dawson, p.34]. Daarnaast neemt de vloer ook een deel van de warmte op door het accumulerend vermogen van het beton (figuur 4.20 d).

Bij de kantoren en laboratoria bevindt zich de zonwering ook aan de buitenkant (figuur 4.20 b). In de kantoren wordt geventileerd door horizontale houten delen in de gevel en te openen ramen (figuur 4.20 e) [Strodthoff, p.427]. Het accumulerend vermogen van het beton neemt de overtollige warmte op (figuur 4.20 d).

In de winter blijft de glazen kap gesloten en is de kas een buffer tussen buiten en de kantoren. De kas wordt eventueel bij verwarmd door middel van vloerverwarming (figuur 4.22 f).

De kantoren en laboratoria worden verwarmd door middel van radiatoren (figuur 4.22 g). Het vreemde is dat de warme lucht uit de kas niet gebruikt wordt voor het ventileren van de kantoren. Terwijl deze opgewarmde lucht veel behaagelijker is dan de koude buitenlucht.

De kas ligt op de overwegende windrichting. In de winter betekent dit dat er minder stookkosten zullen zijn, omdat de wind voorkomt dat de afgestraalde warmte van het gebouw snel wordt afgevoerd.

Op dak van het Science Centre staan 1521 m<sup>2</sup> zonnecellen, in rijen van glazen panelen op het zuiden georiënteerd (k) [Strodthoff, p.426]. De zonnecellen produceren 140.000 kWh per jaar die wordt teruggevoerd aan het nationale net. Er wordt verwacht dat 150 ton koolstofdioxide uitstoot per jaar wordt vermeden.

Het kunstmatig aangelegd meer functioneert niet alleen voor koude lucht aan te voeren in de zomer maar ook als regenwater reservoir (figuur 4.23 m).

De kas wordt gebruikt als boulevard en is ook toegankelijk voor mensen die in de omgeving aan het wandelen zijn. De werknemers hebben dan ook hun eigen ingang waardoor het twee losse gebouwen lijken te worden.

De kas wordt door het transparante en grote te openen delen ervaren als een buitenomgeving.

### 4.3.4. Mont-Cenis Academy in Herne Sodingen

*Dit gebouw is gekozen omdat er hier een compleet glazen kas over het gebouw wordt heen geplaatst zonder dat er extreme opwarming ontstaat in de kas of in de gebouwen.*



Figuur 4.24. Mont-Cenis

Architect:	Oplevering:	Functie:	Bruto vloeroppervlakte:
Jourda & Perraudin Architects	1999	Academy met meerdere functies	6.500 m <sup>2</sup>

In de Academie Mont-Cenis op het voormalige terrein van de mijn Mont Cenis in Herne Sodingen zijn 3 gebouwen onder een 190.000 m<sup>3</sup> stolp geplaatst. De gebouwen bevatten een bibliotheek, een stadsdeelkantoor, een burgerzaal, een casino/restaurant, een academie, een hotel/wonen gedeelte en een administratie academie. Al deze functies bevatten ongeveer 6.500 m<sup>2</sup>.

De gebouwen zijn zo geplaatst dat maximale luchtstroom mogelijk is [Downey, p.200].

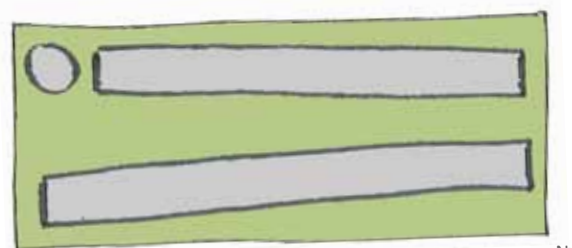


Figuur 4.25. Situatie Mont-Cenis

0 40 60

Het gebouw heeft 2 klimaatzones (figuur 4.27). De glazen stolp fungeert als een buffer tussen buiten en binnen. Het klimaat in de kantoren wordt natuurlijk geregeld door middel van te openen ramen.

In de zomer wordt eerst de warme buitenlucht door middel van ventilatoren door betonnen kanalen

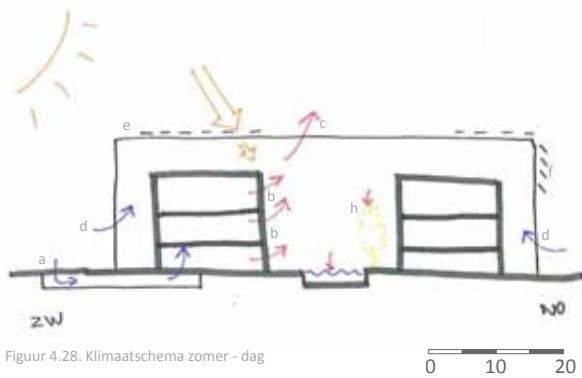


Figuur 4.26. Complex

0 20 40 N



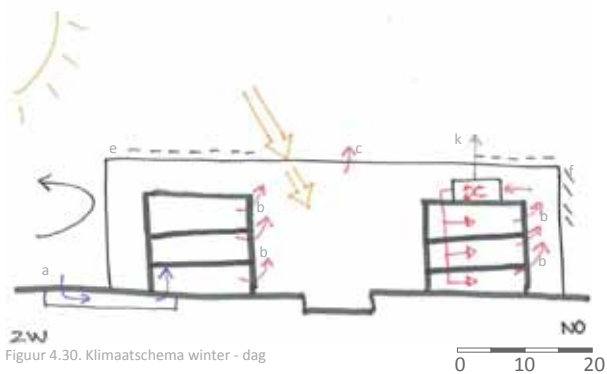
Figuur 4.27. Klimaatzones



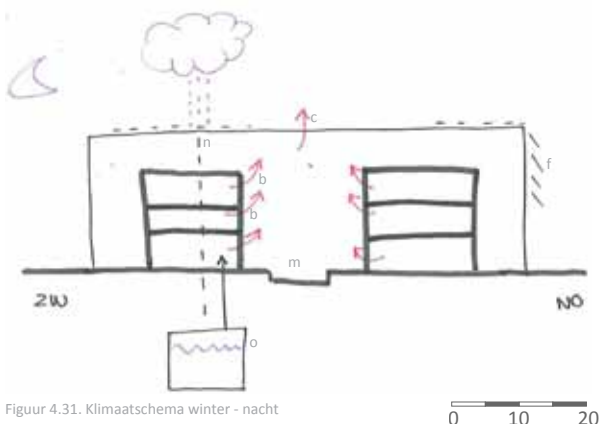
Figuur 4.28. Klimaatschema zomer - dag



Figuur 4.29. Klimaatschema zomer - nacht



Figuur 4.30. Klimaatschema winter - dag



Figuur 4.31. Klimaatschema winter - nacht

geleid van 1.8m x 1.8 m, die 10 meter onder de grond liggen (figuur 4.28 a) [Downey, p.204]. De lucht wordt hierdoor natuurlijk gekoeld. Dit beton neemt een deel van de warmte van de lucht over. Hierdoor wordt de lucht die de gebouwen in wordt geblazen behaagelijker. De gebouwen lozen de gebruikte lucht in de glazen hal (figuur 4.28 b). Deze warme lucht stijgt op en verlaat de kas door te openen dakelementen (figuur 4.28 c). Hierdoor ontstaat een kleine onderdruk die voldoende is om verse lucht door de louvres in de zijgevel van de glazen stulp naar binnen te zuigen (figuur 4.28 d).

Omdat het gehele dak van glas is dreigt de kas te erg op te warmen. In plaats van gewoon glas is daarom glas met geïntegreerde zonnecellen toegepast (figuur 4.28 e). Omdat er wel nog voldoende daglicht naar binnen moet komen is er gekozen om op 66% van het dakoppervlakte dit glas te gebruiken. De dichtheid aan zonnecellen is het grootst boven de gebouwen. Ook op de zuidgevel wordt glas met geïntegreerde zonnecellen toegepast (figuur 4.28 f), hier wordt een dichtheid van 53% aangehouden. [Melet, p.62]

Omdat toch meer als de helft van het dak en de zuidgevel bekleed is met zonnecellen moeten er aanvullende maatregelen voor de lichtinval worden genomen. Ter hoogte van de borstweringen zijn daarom aan de buitenzijde van de gebouwen wit geverfde houten planken aangebracht. Daarnaast wordt er gebruik gemaakt van holografisch-optische elementen die de daglicht opbrengst verhogen [Melet, p.62].

Voor de koeling wordt methaangas uit de voormalige mijn Mont Cenis gebruikt [Melet, p.66.]. Hiervoor werd dit gas in de atmosfeer geloosd. Daarnaast dragen de planten bij aan het koel vermogen (figuur 4.28 h). Het water wat geïntroduceerd is werkt nauwelijke mee in het klimaat. Dit komt omdat het water deels binnen en deels buiten ligt zonder thermische scheiding. Het is vooral uit esthetisch opzicht gebruikt.

In de winter wordt de koude buitenlucht ook door de onderaardse betonnen schacht gevoerd (figuur 4.30 a). Door het accumulerend vermogen van het beton en de omliggende aarde heeft het kanaal dan een hogere temperatuur dan de lucht en zal deze zo iets opwarmen. Wanneer de lucht warm genoeg is wordt deze gelijk de in gebouwen geblazen [Downey, p.203]. De warme lucht wordt vervolgens via een warmtewisselaar naar buiten geleid (figuur 4.30 k). De gewonnen warmte wordt weer gebruikt voor de verwarming van het gebouw [Downey, p.203].

De te openen delen in het dak blijven gesloten zodat een mediterraan klimaat heerst in de kas. Hierdoor worden de gebouwen in de kas beschermt van de koude buitenlucht.

In de winter wordt het water weggepompt (figuur 4.31 m). Dit wordt gedaan omdat er geen gebruik is gemaakt van een thermische scheiding. Het water gaat hierdoor bij lage temperaturen bevriezen, dus ook in de kas. Dit werkt uiteraard nadelig voor het klimaat.

In de lente en de herfst betrekken de gebouwen de verse lucht rechtstreeks uit de kas [Melet, p.66]. Dit is dan ook de tijd waarop dit soort kas het beste functioneert.

Zoals eerder vermeld is een deel het dak van de Mont Cenis Academy bekleed met glas met geïntegreerde zonnecellen. In totaal ligt er 10.000 m<sup>2</sup> aan zonnecellen die per jaar 750.000 kWh opleveren. Daarnaast reduceren deze zonnecellen jaarlijks 522 ton koolstofdioxide [Slatcher, online].

Het regenwater dat op het glazen dak valt wordt opgevangen door buisjes met een diameter van 10 cm en wordt afgevoerd langs de gevel achter de verticale kolommen (figuur 4.31 n). Het voordeel van deze kleine diameter is dat het regenwater helpt met het koelen van de kas. Zo stroomt het water langzamer en zal het dus meer warmte opnemen.

Het regenwater wordt opgeslagen in een ondergrondse opslag (figuur 4.31 o). Hier wordt het water gefilterd en gebruikt voor het bewateren van de planten in de kas [Melet, p.66]. Het gefilterde regenwater wordt ook gebruikt voor het schoonmaken van het glazen dak en het doorspoelen van de toiletten.

De akoestiek in de kas wordt geregeld door “absorptie wolken” die boven in de kas hangen [Downey, p.204]. Langs de buitenkant van de gebouwen lopen doorlopende houten dekken, deze hebben ook een positieve invloed op de akoestiek.

Door de kas over de gebouwen te plaatsten hoeven de gevels niet volledig geïsoleerd te zijn.

De binnengevels zijn hier uitgevoerd met ruwe, gebleekte houten gevelbekleding en minimaal geïsoleerd. De kolommen in de kas zijn samengesteld uit ruwe, op maat gehakte houten delen. Deze ondersteunen de even grove houten vakwerkliggers. Fijnere, hybride liggers van hout met een stalen onderspanning dragen het dak. [Downey, p.201]

### 4.3.5. FinanzIT in Hanover

Bij dit gebouw in Hanover wordt er gebruik gemaakt van een glazen dak over het gebouw. Ze maken hierbij gebruik van over- en onderdruk.



Figuur 4.32. FinanzIT

Architect:	Oplevering:	Functie:	Bruto vloeroppervlakte:
Hascher Jehle Architektur	1999	Kantoor	53.500 m <sup>2</sup>



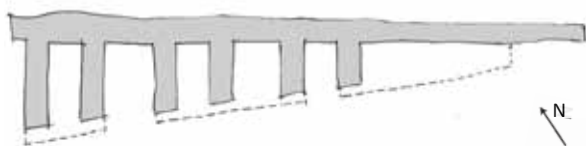
Figuur 4.33. Situatie FinanzIT

0 40 60

Het nieuwe dvg kantoor gebouw (nu Finanz IT) zorgt voor ruimtes onder drie grote, golf achtige glazen daken van ongeveer 380 meter lang.

Het gebouw is georiënteerd naar het landschap op het zuiden. Hierdoor wordt het park gescheiden van het 'estate' in het noorden.

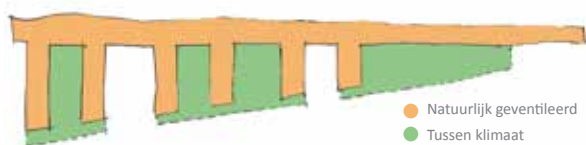
FinanzIT heeft de vorm van vingers, waardoor het gebouw het omliggende landschap omringt. Dit zorgt voor grote groene plekken die zich afwisselend onder een glazen dak of de buitenlucht bevinden.



Figuur 4.34. Complex

0 20 40

De kantoorruimtes zijn open naar het zuiden zodat zij direct contact hebben met de verschillende tuinen. The werknemers kunnen kiezen tussen drie verschillende werkomgevingen. De open kantoren hebben een communicatieve zone inclusief vergaderruimte en de bibliotheken. Verder zijn er 'werk eilanden'. Daarnaast enkelvoudige kantoren. De werkplekken zijn flexibel en er geldt een clean-desk-policy.



Figuur 4.35. Klimaatzones

Het gebouw heeft twee klimaat zones (figuur 4.35). Het gebouw zelf en het volume wat zich onder het

glazen dak bevind. Deze ruimte zal iets verschillen van buitentemperatuur.

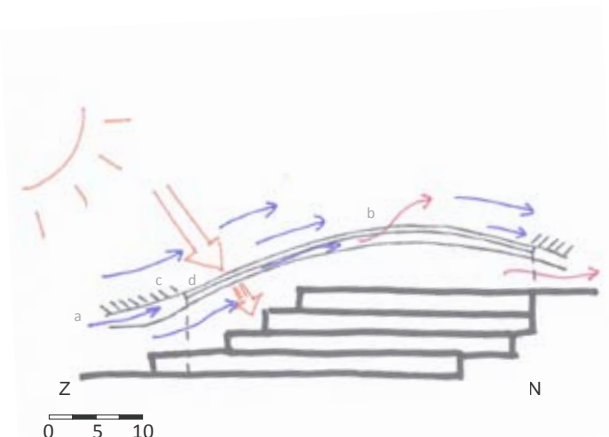
De drie grote glazen daken zijn in samenwerking met experts op het gebied van aerodynamica ontwikkeld. De daken zijn dubbel uitgevoerd, zodat er tussen de twee glazen lagen geventileerd kan worden [Hascher Jehle, online].

In de zomer zorgt de vorm van het dak samen met de glazen lammelen voor trek. Hierdoor wordt veel lucht tussen het dubbele dag geleid (figuur 4.36 a). Deze lucht wordt opgewarmd en op het hoogste punt door te openen schotten in het daksysteem afgevoerd (figuur 4.36 b). Hierdoor wordt er trek veroorzaakt en wordt het gebouw beschermd tegen oververhitting [Hascher Jehle, online].

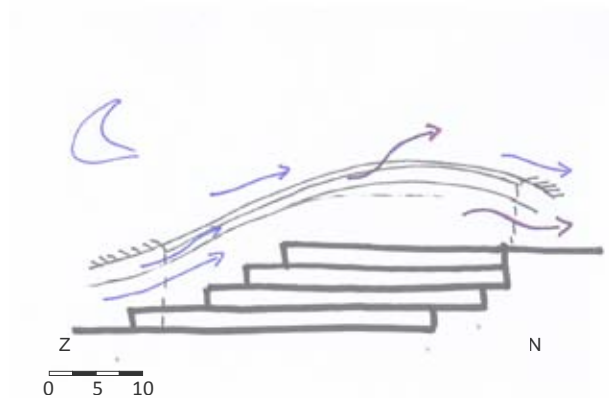
De glazen lamellen (figuur 4.36 c) en de beprunte glazen zonwerende elementen (figuur 4.36 d) aan het begin en einde van het glazen dak worden ook ingezet tegen oververhitting van het gebouw [Hascher Jehle, online]. 's Nachts blijven de schotten in de daksysteem open zodat er goed geventileerd kan worden met de koude nacht lucht (figuur 4.37)

In de winter blijven de schotten op het dak gesloten. Hierdoor wordt de lucht die zich in het dubbele dak bevind opgewarmd en dient zo als een passieve ruimte (figuur 4.38 e) die ervoor zorgt dat het gebouw niet direct in contact staat met de koude buitenlucht. Zo kunnen de kosten van verwarming worden geminimaliseerd.

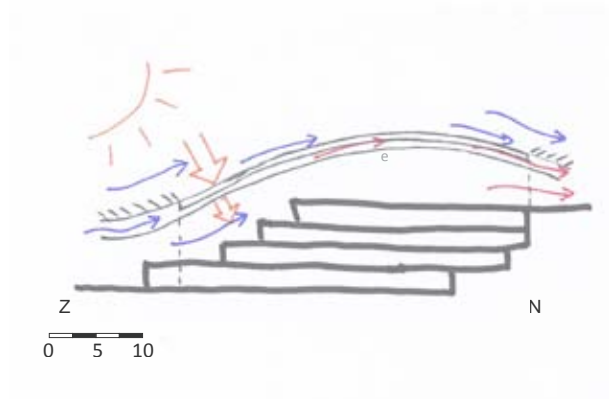
Het regenwater wordt opgevangen voordat de glazen lamellen beginnen. Hier wordt het waarschijnlijk afgevoerd langs de kolommen die het glazen dak ondersteunen. Als dit niet zou gebeuren ontstaat er bij een flinke regenbui een waterval aan het einde van het dak.



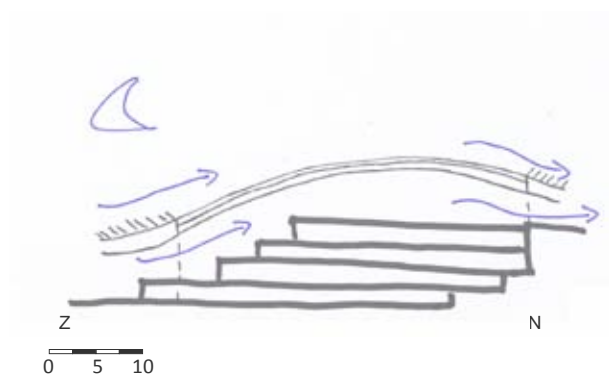
Figuur 4.36. Klimaatschema zomer - dag



Figuur 4.37. Klimaatschema zomer - nacht



Figuur 4.38. Klimaatschema winter - dag



Figuur 4.39. Klimaatschema winter - nacht

### 4.3.6 Vergelijking van de analyses

Typologie	IBN	Science Park	Mont-Cenis Academy	FinanzIT
Wind richting	ZW	WZW	WZW	WNW
Reden positie	gevel opp. verminderen door kas	kavel vorm, in combinatie met water Kas op westen houdt wind tegen voor het achterliggende gebouw	gebouwen gepositioneerd tav windrichtingen	Glazen dak opent naar het zuiden
Ratio kas (groen):kantoor	9 : 20	1 : 3.4	4:1	1:2
Gebruik wind in klimaat systeem	x	x	x	x
Gebruik groen in klimaat systeem	x	x	x	x
Gebruik water in klimaat systeem	x	x	x	x
Zonwering				
Te openen ramen				
Ratio te openen ramen:totaal glas kas	1:4	1:3	1:4	1:4
Betonkernactivering				
				n.v.t.

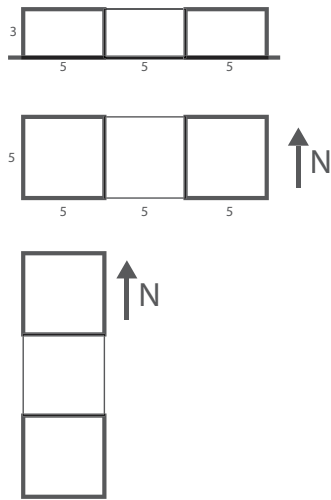
<p>Warmtewisselaar</p>	<p>x</p> 	 <p>zonnecellen</p>	<p>x</p>  <p>Zonnecellen</p>	<p>n.v.t.</p> 
<p>Wateropslag</p>	<p>x</p>  <p>mos sedum dak</p>	 <p>zonnecellen</p>		
<p>Positie kas</p>	 <p>wordt ervaren als buiten binnen tuin</p>	 <p>wordt ervaren als buiten boulevard</p>	 <p>binnen tuin</p>	 <p>Gebouw wordt ervaren als binnen Bescherming naar hemelkoepel</p>

Tabel 4.2. Vergelijking van de analyses

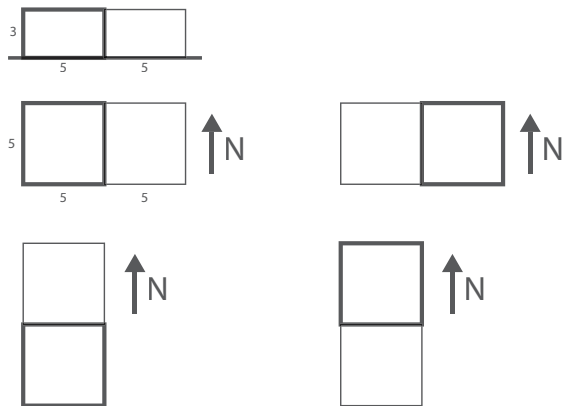


### 4.3.7 CAPSOL

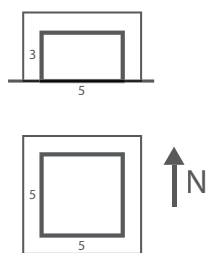
Variant 1



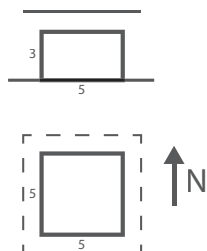
Variant 2



Variant 3



Variant 4



Figuur 4.40. Overzicht typologieën met verschil in oriëntatie

Uit bovenstaande analyses kunnen we vier typologieën onderscheiden: kas tussen een gebouw, kas naast een gebouw, kas over een gebouw en een gebouw met een glazen dak.

Deze vier typologieën zijn ingevoerd in het programma CAPSOL. CAPSOL is een uitgebreid hulpmiddel voor het optimaliseren van gebouw prestaties.

Hiermee gaan we de vier gebouw soorten vergelijken.

Het referentie gebouw is 5 m breed, 5 m lang en 3 meter hoog en is gemaakt van beton. Er wordt voor de rest geen waardes ingevoerd, aangezien voor de vergelijking deze waardes niks uitmaken.

Het volume van de kas is bij de eerste twee varianten hetzelfde. Bij variant 3 is de kas twee keer zo groot als hiervoor. De afmetingen van de gebouwen zijn wel bij alle vier de varianten hetzelfde. De afmetingen en oriëntatie van de vier gebouwen staan hiernaast in diagramvorm (figuur 4.40). De gebouwen worden met verschillende oriëntatie ingevoerd.

De buitentemperaturen zijn ingevoerd door middel van een metingen van de Bilt. Deze staan hieronder weergegeven

Maand	Gemiddelde buiten temperatuur
Januari	0.7 °C
Februari	3.4 °C
Maart	2.8 °C
April	8.5 °C
Mei	14.0 °C
Juni	15.5 °C
Juli	16.7 °C
Augustus	16.1 °C
September	14.1 °C
Oktober	8.1 °C
November	6.6 °C
December	2.2 °C

Tabel 4.3. Ingevoerde gemiddelde buitentemperaturen per maand

De uitkomsten van het programma staan in appendix 14.1.

Bij variant 1, de kas tussen gebouw, liggen de temperaturen tussen binnen in het gebouw en binnen in de kas niet zover uit elkaar. Dit komt doordat de kas ingesloten wordt aan 2 kanten, en dus minder zon inval heeft. Daarnaast valt op dat deze variant

nauwelijks verschilt met het referentie gebouw. Deze variant zou het warmteverlies van de ruimtes aan de kas, in de winter moeten beperken. In dit schema ligt maar een klein oppervlakte aan de kas. In het echt zal het verschil in temperatuur in de winter groter zijn.

Er is nog een variant gemaakt van variant 1, waar meer gevel oppervlakte aan de kas ligt. We merken nu dat de temperaturen in het gebouw iets hoger liggen. We zien dus dat de hoeveelheid geveloppervlakte aan de kas inderdaad uitwerking heeft op de temperatuur binnen het gebouw.

Variant 1 heeft twee verschillende oriëntaties (zie figuur 4.40). Het is logisch dat de temperaturen bij de oriëntatie waar de kas op het noorden en zuiden ligt het meeste zal opwarmen. Dit zien we ook terug in de resultaten, het verschilt echter niet zo veel en is vooral terug te vinden in de kas. Het weinig verschil komt doordat er relatief weinig glasoppervlakte op het zuiden ligt, vergeleken met de gevel oppervlakte van het gebouw. Om dit te verifiëren is nog een variant gemaakt waarbij 2 keer zoveel glasoppervlakte op het zuiden en noorden is georiënteerd als de hoeveelheid oppervlakte van het gebouw. Deze temperaturen waren echter lager dan de oorspronkelijke waardes. Dit komt hoogstwaarschijnlijk omdat er ook meer glas oppervlakte op het noorden ligt, wat niet gunstig is.

Bij variant 2, de kas naast het gebouw, valt op dat de temperatuur tussen de kas en het gebouw wat meer verschilt. De kas heeft 3 vrije zijden en kan dus meer opwarmen als variant 1. Wat echter opvalt is dat de temperaturen tussen een kas op het oosten en een kas op het westen niet verschillen. Dit komt doordat de zon intensiteit bij deze twee oriëntaties nagenoeg hetzelfde is. Bij grotere volumes zal er een lichtelijk verschil opgemerkt worden.

Een kas op het noorden is de minst gunstigste variant omdat hier bij de koudste dagen de laagste temperatuur binnen het gebouw wordt gemeten. In de winter maakt het verschil tussen de overige oriëntaties weinig uit. In de zomer warmt de kas op het zuiden echter meer op dan de kas op het oosten of westen. Dit is ook logisch aangezien de zon intensiteit op het zuiden veel groter is.

Bij variant 3, kas over gebouw, maakt de oriëntatie geen verschil uit. Bij deze variant valt op dat er oververhitting optreedt in de zomer. Als de kas grote wordt worden de temperaturen in de ruimte lager. Een extra variant in CAPSOL verifiëert dit. We zien in de resultaten dat

de temperaturen binnen het gebouw hoger zijn als de temperaturen in de kas. Dit ligt hoogstwaarschijnlijk aan het beton wat hier is gebruikt. Dit houdt de warmte vast en warmt de ruimtes binnen het gebouw dus steeds meer op.

Bij variant 4, een glazen dak boven het gebouw, merken we op dat de temperatuur in de ruimte tussen het dak en het gebouw dezelfde temperaturen volgt als de buitentemperatuur. Het gebouw geeft in de winter zelfs lagere temperaturen dan het referentie gebouw. Dit lijkt te komen doordat het glazen dak de koude iets langer vasthoudt.

Als we de vier varianten onderling met elkaar vergelijken zien we dat bij variant 3 veel oververhitting optreedt. Deze variant past eigenlijk in geen enkele klimaatzone zonder aanpassingen. Dit is een goede toepassing als er zeer warme ruimtes gecreëerd moeten worden.

Variant 1 en 4 hebben de minste prestatie. Variant 1 zou verbeterd kunnen worden door geen glasoppervlakte aan het noorden toe te passen. Dan doet de kas meer in het klimaat. Zonder aanpassingen heeft variant 4 alleen maar negatieve invloed op de temperatuur van het gebouw.

Variant 2 functioneert het beste binnen ons klimaat; mediterraan klimaat. In de zomer is er geen oververhitting in de kas en in de winter worden de temperaturen aangenamer als buiten. Het is hierbij belangrijk dat de kas niet op het noorden gepositioneerd wordt. Klimaattechnisch maakt het weinig uit of de kas op het oosten, zuiden of westen gepositioneerd wordt. Dit zou af moeten hangen van de functie die in het gebouw komt.

## 4.4 Analyse overige gebouwen

Naast gebouwen met een passieve ruimte zijn er nog andere manieren om met groen het binnenklimaat te beheersen. Hieronder worden een drietal gebouwen / structuren besproken die groen inzetten om het klimaat te beheersen. Hier wordt vooral gekeken welke principes worden toegepast.

### 4.4.1 Ecoboulevard of Vallecas in Madrid

*Deze opstelling in Spanje zorgt ervoor dat de temperatuur op een openbaar plein flink gereduceerd wordt door constructies die gebruik maken van de verkoelende werking van het verdampen van groen. Daarnaast wordt met deze structuren elektriciteit opgewekt, die gebruikt wordt om de het geheel draaiende te houden.*



Figuur 4.41. Ecoboulevard

Architect:	Oplevering:	Functie:	Bruto vloeroppervlakte:
Ecosistema Urbano	2007	Openbare ruimte	25.000 m <sup>2</sup>

Op de boulevard van Vallecas zijn drie ‘lucht bomen’ geplaatst in het bestaande stedelijk plan. Deze ‘lucht bomen’, aangedreven door zonnecellen, zijn constructies waarbinnen de ruimtes vergelijkbaar zijn met die van bossen.

De ‘lucht bomen’ zijn gebouwd met verschillende industriële materialen, zoals gerecycled plastic, rubberen banden, etc.

De zonnecellen zorgen ervoor dat de constructie 100% zelf voorzienend is. Deze produceren genoeg energie om concerten en verlichting te voorzien. Het overschot aan energie wordt terug verkocht naar het

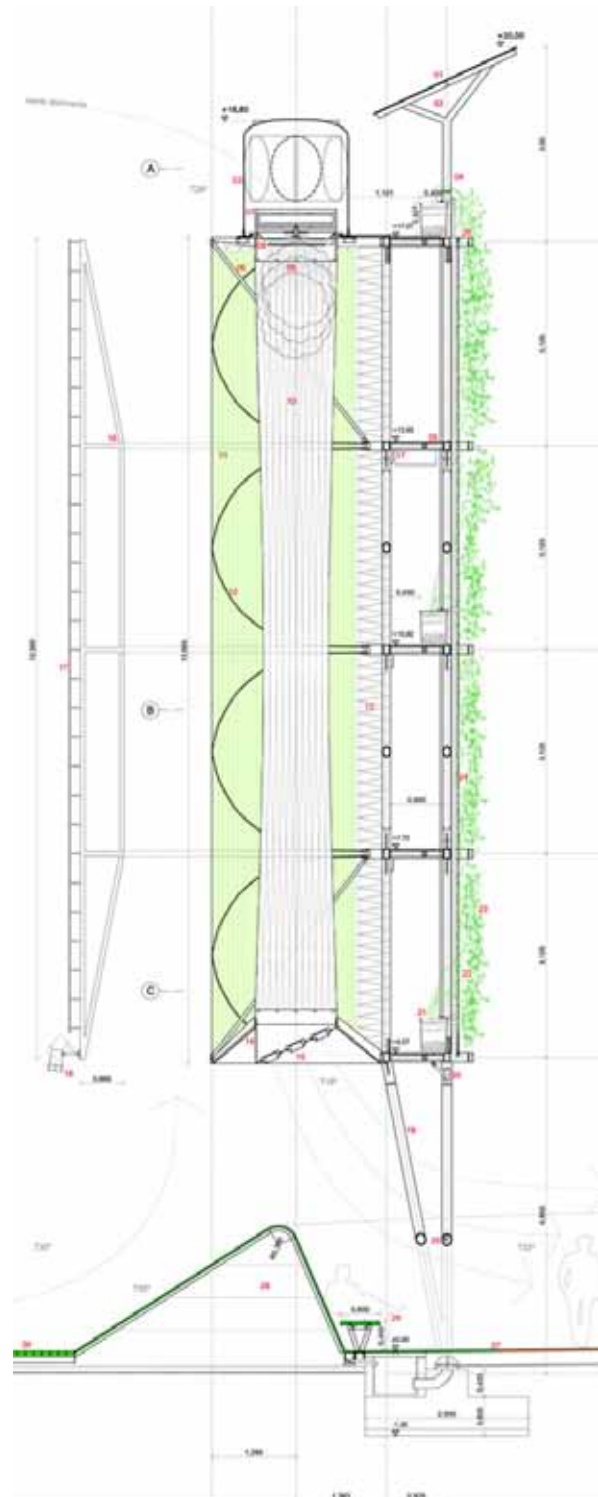
net, hiervan wordt het onderhoud van de boulevard gefinancierd.

De eerste twee ‘lucht bomen’ maken gebruik van een systeem dat waterverdamping van het groen gebruikt samen met het vermogen dat door de zonnecellen is gegenereerd [ArchDaily, online]. Dit zorgt ervoor dat de temperatuur binnen de constructie 8 a 10 °C koeler is dan de rest van de straat in de zomer.

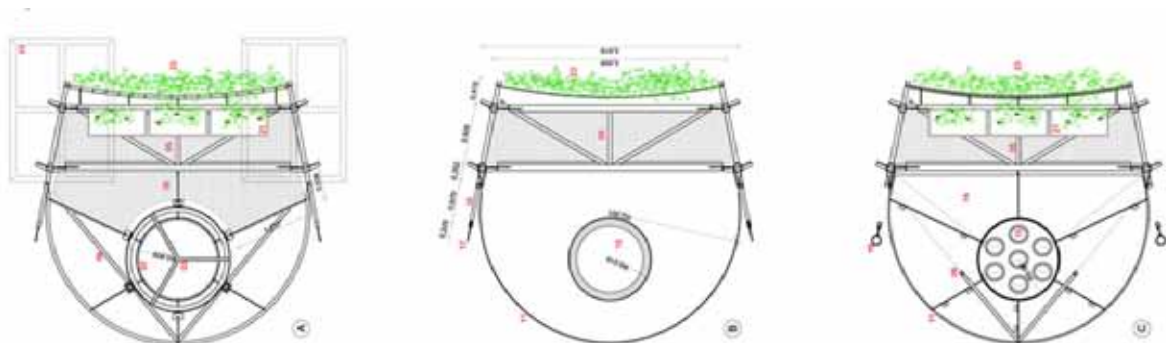
De laatste ‘lucht boom’ ziet er anders uit dan de rest. Deze ‘air tree’ is omringd door zilveren langwerpige buizen (figuur 4.42, 4.43). Deze buizen dienen als

natuurlijke airconditioning [ArchDaily, online]. Omdat het in de zuidelijke voorsteden van Madrid zelf warmer en droger is dan in het stedelijk centrum, hebben nieuwe wijken zoals Vallecas normaal gesproken weinig vegetatie, wat resulteert in slechte luchtkwaliteit en circulatie.

De air tree maakt gebruik van een systeem van bewortelde vegetatie en water verdamping. Dit koelt en circuleert de lucht. Planten aan de binnenkant van de air tree zorgen voor voldoende luchtvochtigheid, dit stijgt vervolgens door de cirkelvormige structuur. De buizen aan de buitenkant absorberen de warme lucht, die dan door een bevochtiger gaat, die de lucht koelt en daarna naar beneden stuurt [ArchDaily, online]. Het eindresultaat is dat natuurlijke verse lucht die wordt vrijgelaten in het midden van de langwerpige buizen, waardoor deze ruimte 8 a 10 °C koeler is dan de rest van de straat in de zomer.



Figuur 4.42. Langsdoorsnede Ecoboulevard



Figuur 4.43. Dwarsdoorsnede Ecoboulevard

## 4.4.2 Park Klingerberg in Venlo

Het park Klingerberg in is ontworpen op fijnstofreductie. Hierna is samen met de bewoners rond de tafel gezeten en op deze manier is het ideale ontwerp voor fijnstofreductie aangevuld met de wensen van de bewoners.

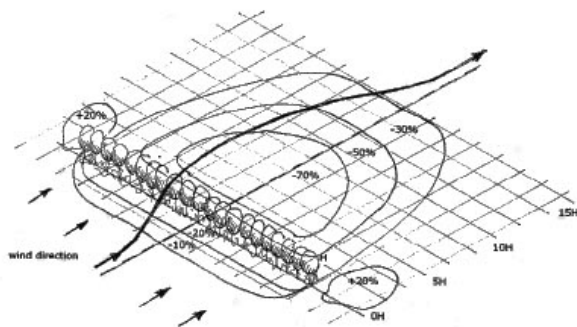


Figuur 4.44. Park Klingerberg

Uitvoerder:  
Gemeente Venlo & ES Consulting

Oplevering:  
2009

Bruto vloeroppervlakte:  
0.000 m<sup>2</sup>



Figuur 4.45. Schema belasting fijnstof

Met de komst van de nieuwe Rijksweg A73-Zuid is de oudere provinciale weg aan de westzijde van Blerick opgeheven. Hierdoor is er een royale open zone tussen de wijk Klingerberg en de nieuwe snelweg. Hier heeft de gemeente Venlo een nieuw park gepland. Het park Klingerberg in Venlo is mede aangelegd als zijnde luchtfilter tussen de nieuwe snelweg A73-Zuid en de wijk Klingerberg. Het sortiment van het park en de aangelegde groenstructuur zijn speciaal ingericht voor het opvangen van fijn stof.

Het bureau ES Consulting is gevraagd een groenstructuur te schetsen die optimaal is voor de verbetering van de luchtkwaliteit. Hierna is er met de bewoners om de tafel gezeten. Op deze manier is het optimale scenario met luchtgroen aangevuld met de wensen en dromen van de bewoners en kinderen.

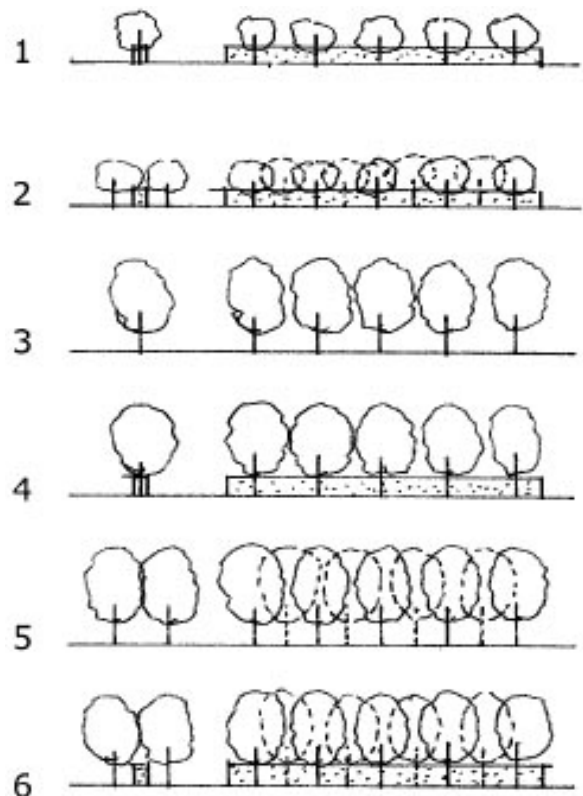
Het park Klingerberg is langgestrekt naar het noorden toe. Aan het westen bevindt zich de nieuwe snelweg en aan het oosten bevindt zich de wijk Klingerberg. De hoofdrichting van de wind in dit gebied komt uit zuid tot west.

Wat opvalt aan het plan (figuur 4.44) is dat er gebruik is gemaakt van twee groenstroken. De strook langs de autosnelweg is dicht beplant als

buffer tegen de luchtvervuiling van de snelweg [Wit de, p.6] Omdat deze groen structuur haaks op de windrichting staat, is het effect het grootst. Dit effect is tweedelig: als filter en als barrière voor de vervuilde lucht [Wit de, p.22]. Enerzijds filteren de bladeren de lucht, anderzijds stuurt de groenstructuur een deel van de vervuilde lucht naar hogere luchtlagen. Het is daarbij van belang dat de structuur voldoende porreus is. Een te dicht bladerdek bemoeilijkt immers de doorstroombaarheid en een te open structuur vermindert de filterwerking en de blokkade werking van het groen [Wit de, p.22]. Een ander aspect is dat de vervuilde lucht de ruimte moet hebben om weggestuurd te worden.

De combinatie van lage en hoge beplanting werkt effectief. Bomenrijen met een onderbegroeiing vormen een groene, doorlatende wand waarin veel fijnstof deeltjes achterblijven.

Het is ook belangrijk om op grotere afstand van de bron groenstructuren te plaatsen vanwege de vervuiling die daar nog neerslaat [Wit de, p.23]. Een deel van de lucht wordt immers door het groen langs de weg weggestuurd naar hogere luchtlagen en komt verder van de weg terecht. De concentratie van fijnstof is bij deze groenstructuur lager doordat de fijnstof onderweg vermening met schonere lucht heeft gehad.



Figuur 4.46. Toepassingen van groen element

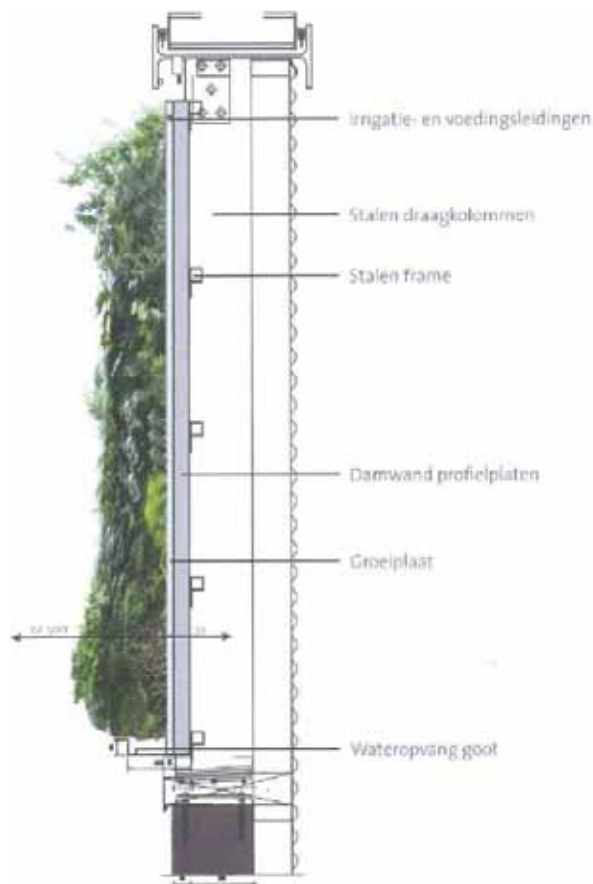
### 4.4.3 SportPlaza Mercator in Amsterdam

SportPlaza Mercator heeft 20.000 m<sup>2</sup> aan gevel die bekleed zijn met planten. Het toegepast systeem, de Wonderwall, zorgt er zelfs voor dat op overhellende vlakken planten bevestigd kunnen worden.



Figuur 4.47. SportPlaza Mercator

Architect: Venhoeven CS	Oplevering: 2006	Functie: Thermen- en sportcomplex	Bruto vloeroppervlakte: 7.100 m <sup>2</sup>
----------------------------	---------------------	--------------------------------------	---



SportPlaza Mercator ligt verdiept ten opzichte van het maaiveld en is bedekt met een groen schild van planten. Hierdoor ligt het als het ware verscholen in een groene heuvel.

De groene gevel is gerealiseerd door het begroeiingssysteem 'Wonderwall'. Dit systeem is door Copijn Utrecht B.V. Copijn brengt de planten aan in openingen in de buitenhuis van het systeem, pockets genaamd. Deze zakjes zijn uitsparingen in viltlagen en bliezen van kunstvezels. De viltlagen zijn mechanisch bevestigd op een kunststof plaat [Crone, p.54].

Achter de kunststof groeiplaten is een stalen beplating met damwandprofiel voor de stijfheid van het gehele buitenblad aangebracht. Deze damwanden zijn bevestigd op thermisch verzinkte stalen I-profielen, die hart op hart 1,8 m tegen het binnenblad van de gevel zijn aangebracht. De totale constructie van de gevel weegt ongeveer 100 kg/m<sup>2</sup> [Crone, p.57].

Er is een compleet net van druppelleidingen (16 mm) in de gevel aangebracht zodat de platen voldoende vocht en voeding krijgen [Crone, p.57]. Dit irrigatiesysteem is

computergestuurd en zorgt voor een volautomatische berekening en voeding. Met dit computergestuurd systeem wordt de duur en frequentie bepaalde van de bewatering. In totaal verbruikt het systeem ongeveer 3 liter water per m<sup>2</sup> per dag [Peeters, p.53]. Het systeem is op deze manier de hele dag vochtig. Het overtollig vocht wordt opgevangen door lekprofielen. Horizontale inkepingen in het groeidoek zorgen ervoor dat de planten kunnen groeien in plantzakjes [Peeters, p.59].

De keuze van de planten is afgestemd op de oriëntatie van de gevel. In totaal zijn voor Sportplaza Mercator 60 verschillende plantensoorten toegepast op 2000 m<sup>2</sup> gevel [Crone, p.57]. Zie appendix 14.2 voor planten die toegepast kunnen worden op geveltuinen en hun bijbehorende oriëntatie. Dit systeem heeft echter wel per jaar 30% nieuwe implant nodig, om de gevel de gewenste uitstraling te laten behouden [Peeters, p.59]. De helling van de gevel maakt volgens Copijn niet uit, zelfs vooroverhellende gevels zijn mogelijk. De wortels kunnen zich ontwikkelen tussen de vliezen. Als de wortels voldoende zijn ontwikkeld, zullen de heesters tot hun volle omvang kunnen groeien zonder uit de gevel te vallen [Crone, p.57].

De begroeide gevel haalt fijnstof uit de lucht en wordt gefilterd door de relatief grote bladoppervlakte-index. Uit onderzoek van Alterra van Wageningen UR blijkt dat 100 m<sup>2</sup> begroeid dak- of geveloppervlak per jaar ongeveer 100 gram fijnstof kan opnemen. Dit staat gelijk aan ca. 10.000 autokilometers.

Naast dit type van een begroeide gevel (wonderwall) zijn er nog diverse soorten. In het doctoraal thesis van dhr. M. A. Mir staan verschillende soorten begroeide gevels uitgewerkt. In appendix 14.4 staat een vergelijking van de verschillende soorten begroeide gevels.



## 4.5 Subconclusie

### 4.5.1 Verbeter punten



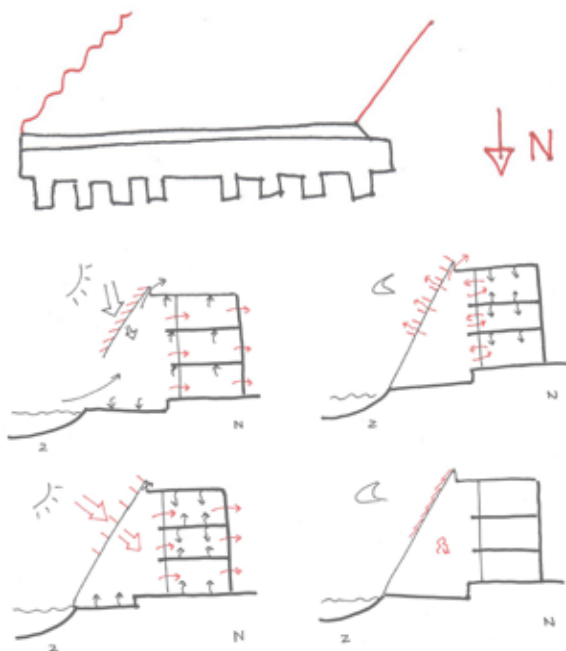
Figuur 4.49. Principe buitenzonwering en binnenzonwering

IBN, Wageningen.

De zonwering van IBN is gepositioneerd aan de binnenkant. Hiervoor zijn veel redenen te bedenken, zoals o.a. onderhoud. Klimaat technisch zou het echter beter zijn om de zonwering aan de buitenkant toe te passen. Bij buitenzonwering wordt al een groot deel van de zonnestralen gereflecteerd, voordat ze het glas bereiken. Een ander groot deel wordt door de zonwering geabsorbeerd, maar door convectie weer afgegeven aan de buitenlucht. De zonwarmte die wel binnenkomt bestaat grotendeels uit rechtstreeks doorgelaten straling.

Bij binnenzonwering wordt het deel van de zonninstraling dat geabsorbeerd wordt door de zonwering, weer afgegeven aan de binnenruimte. Dit gebeurt doordat de zonwering in temperatuur stijgt en deze convectief warmte gaat afvoeren aan de binnenruimte. Maar ook door warmte straling wordt constant warmte aan de binnen ruimte afgegeven.

Het zou dus klimaattechnisch beter voor IBN zijn om de zonwering aan de buitenkant toe te passen. Er kan hierbij ook worden gedacht aan vaste zonwering om het onderhoud hieraan te beperken. Het nadeel aan vaste zonwering is dat dit type zonwering niet zelf te beïnvloeden is.



Figuur 4.50. Voorstel voor verbetering Science Park ,Gelsenkirchen. Rood geeft de vernieuwingen aan

Science Park, Gelsenkirchen (D).

Het Science Park heeft een langwerpige vorm van 300 meter lang, de lange zijden liggen op het oosten en westen. Hierdoor ligt maar een klein gedeelte van de kantoren op het zuiden (de kop van het gebouw). Dit is een voordeel in het koelvermogen van de kantoren. De kantoren hebben wel last van laagstaande ochtend zon, wat niet functioneel is voor de functie kantoor.

De kas (de boulevard) ligt op het westen gepositioneerd. Hierdoor staat avond zon op de kas. Vanuit de uitkomsten van CAPSOL weten we dat de plaatsten van deze kas niet op het noorden moet liggen. Hij ligt hier op het westen, dit is een goede positie van de kas.

Dit gebouw maakt gebruik van de wind die over het water koelere lucht de boulevard in blaast. Hierdoor kan de lucht 1 a 3 graden koeler worden. Het water ligt echter maar voor een deel langs het gebouw. Daarnaast staat de gemiddelde windrichting de andere

kant op dan de positie van het water. Daarom wordt nu maar de helft (of nog minder) van de boulevard gekoeld door de koelere lucht over het water. Het zou beter zijn geweest om het water langs de gehele glas gevel te plaatsten. Als het gebouw en kwartslag gedraaid wordt, dan ligt de kas op het zuiden. Nu staat de gemiddelde windrichting ook over het water, en wordt de kas dus beter gekoeld (figuur 4.50).

De lucht uit de kas wordt niet gebruikt voor de ventilatie van de kantoren. Terwijl de lucht in de zomer een paar graden koeler is door het water, en de lucht in de winter warmer is door de buffer functie van de kas. 's Nachts verliest de kas veel warmte, in de zomer is dit geen probleem, maar in de winter wel. Er kunnen horizontale lamellen toegepast worden die 's avonds directe zoninstraling tegen houden en 's nachts gesloten worden. Zodat de uitstraling naar de hemel koepel verminderd kan worden (figuur 4.50).

Mont-Cenis Academy, Herne Sodingen (D).

Bij de Mont-Cenis academy maken ze gebruik van water. Helaas doet dit water niet zoveel in het microklimaat van de kas. De diepte van het wateroppervlakte bepaald in hoeverre dit meespeelt in het koelen van het binnenklimaat. Een groter wateroppervlakte wat ondiep is, zal minder doen dan een klein wateroppervlakte wat dieper is. Daarnaast ligt nu een deel van het water buiten de kas. In de winter wordt dit water weggepompt. Dit houdt in dat er een 'gat' overblijft waar eerst het water was. Hierdoor zal veel warmteverlies plaatsvinden.

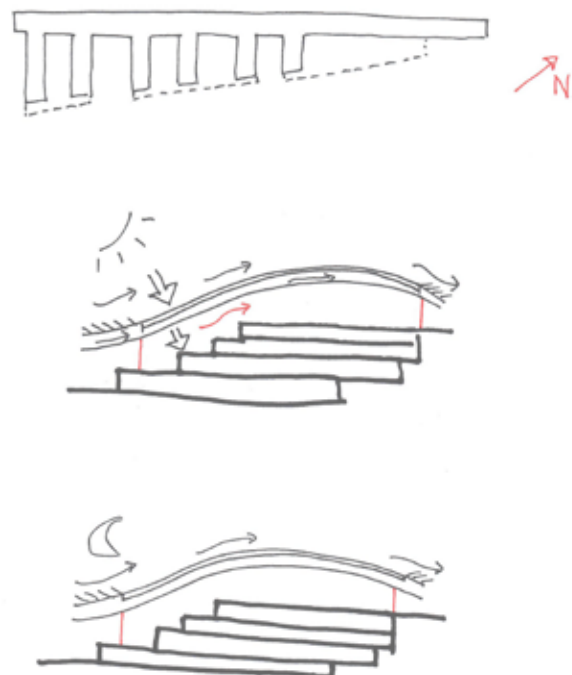
In de zomer wordt het in de kas erg warm. Dit is opgelost door 63% van het dak te bekleden met glas met geïntegreerde zonnecellen. Theoretisch zou dit zelfs 70 a 80% kunnen zijn. Dit heeft als voordeel dat de kas minder opwarmt. Maar dit zou ook kunnen worden verkregen door grotere glas oppervlaktes open te kunnen zetten. Aan de glazen gevels kunnen nu alleen 3 rijen glazen louvres open worden gezet. Als hier bijvoorbeeld grote taastdeuren/ramen (zoals bij IBN) open kunnen worden gezet zal de temperatuur in de kas ook dalen. En daarnaast hoeven er dan geen aanvullende maatregelen voor het daglicht te worden toegepast. Wat is de huidige situatie wel nodig was.

FinanzIT, Hannover (D).

Het FinanzIT gebouw maakt gebruik van de wind om over en onderdruk te creëren. De overheersende windrichting staat echter op de kopse kant van het gebouw. Het principe van het creëren van trek zou

beter werken als de wind loodrecht op het gebouw staat. Hiervoor moet het gebouw een kwartslag draaien.

In de winter wordt de koude buitenlucht onder de daken doorgevoerd. Dit is niet gunstig. De ideale situatie is dat de ruimte onder het dak opwarmt door de winter zon, en als een passieve ruimte gaat functioneren. Hierdoor wordt de warmtelast nog meer verminderd in de zomer. Dit kan gerealiseerd worden door ervoor te zorgen dat in de winter door schotten de ruimte tussen het dak en het gebouw te plaatsten waardoor het een passieve ruimte wordt.



Figuur 4.51. Voorstel verbetering FinanzIT, Hannover. Rood geeft de vernieuwingen aan.

## 4.5.2 Conclusie

Groen is een goed middel om een gezond binnenklimaat te bereiken.

Groen aan of op een gebouw kan ervoor zorgen dat de warmte last verminderd wordt. Gevel en dak groen kunnen ervoor zorgen dat de warmte last wordt verminderd door de vertraging van wind. Hierdoor wordt de afgestraalde warmte minder snel afgevoerd. Een begroeiing van de gevel van ca. 35 cm kan de warmteafgifte verminderen, hiermee kan 6 tot 36% isolatie worden bespaard.

Groen heeft hiernaast ook een positief effect op de koellast. Een gemiddelde plant kan ongeveer 4 liter water per m<sup>2</sup> per dag verdampen. Dit kan de lucht enkele graden koelen. Van het Instituut bos en natuuronderzoek in Wageningen weten we dat er 6000 liter water per dag nodig is om een koelvermogen van 20 kWh te realiseren. Dit betekent dat één plant per dag een koelvermogen heeft van 0.13 kWh. Er zijn dus 15000 planten nodig om het koelvermogen van 20 kWh te verkrijgen. Naast planten kan ook een grote waterpartij een ruimte koelen door verdamping (zie IBN Wageningen). Hierbij is de diepte meer van belang dan de grootte van het wateroppervlakte. Denk hierbij aan een diepte van ongeveer 5 meter.

Een waterpartij kan ook dienen om overheen te ventileren. De waterpartij bij het Science park in Gelsenkirchen is ongeveer 4800 m<sup>2</sup> groot. De wind die hier overheen wordt gevoerd koelt 1 a 3 graden af. Ook hier is de diepte van belang. Als de waterpartij niet diep genoeg is zal hij sneller opwarmen en zit er dus minder verschil tussen de buiten temperatuur en de temperatuur van het water.

Dakgroen kan tot 90% besparen op koelenergie, en beschaduwning van de gevel kan tot 40 % besparing opleveren (indien groen kunstmatige zonwering vervangt).

Dakgroen vangt tevens 70% van het regenwater op. Gevelgroen kan ook regenwater opvangen maar dit is minder effectief dan dakgroen.

Er zijn verschillende manieren om gevel groen toe te passen. Uit het schema van het doctoraal thesis van dhr. M. A. Mir (Zie appendix 14.4) weten we dat het living wall system het beste werkt t.a.v. isoleren, fijnstof uit de lucht halen, akoestiek, etc. Hieronder valt ook het type wonderwall dat onder andere toegepast is

bij Mercator in Amsterdam. Uit onderzoek van Alterra van Wageningen UR blijkt dat 100 m<sup>2</sup> begroeid dak- of geveloppervlak per jaar ongeveer 100 gram fijnstof kan opnemen. Bij Mercator betekent dit dat de 2.000 m<sup>2</sup> groene gevel ongeveer 2.000 kg fijnstof uit de lucht haalt per jaar.

Uit Klingerberg, een park in Venlo, weten we dat een groen structuur haaks op de windrichting het beste werkt om luchtvervuiling op te vangen. De groen structuur filtert enerzijds de vervuilde lucht, en anderzijds stuurt de groenstructuur een deel van de lucht naar hogere luchtlagen. Het duurt dan weer 15 keer de hoogte voordat het neerdaalt. Bomenrijen met een onderbegroeiing vormen een groene, doorlatende wand waarin veel fijnstof deeltjes achterblijven. Het is daarbij van belang dat de structuur voldoende porreus is.

Groen kan een akoestisch voordeel bieden in het binnenklimaat. Planten beter werken bij hoge frequenties dan bij lage frequenties. Planten werken beter in een akoestisch levende ruimte, dit betekent een ruimte met harde oppervlaktes. Daarom is bij Mont Cenis in Herne Sodingen nog aanvullende akoestische kussens nodig. Bij Mont Cenis bevinden zich veel harde materialen in de kas. Hierdoor wordt het groen niet zo goed, dat het zelfstandig het akoestisch probleem kan oplossen.

Het koelen of verwarmen door middel van een kas werkt goed in het Nederlandse klimaat. Het Nederlandse klimaat heeft gematigde zomers en winters. Uit CAPSOL halen we dat de kas naast een gebouw het beste werkt in ons klimaat (mediterrane klimaat). Belangrijk hierbij is dat de kas niet op het noorden is gepositioneerd. Er treedt geen oververhitting op in de zomer en in de winter dient de kas als een passieve ruimte die warmer is als de buitenlucht.

Een glazen stolp over een gebouw kan dienen om warme ruimtes te creëren. De temperaturen in de kas kunnen hierbij echter te hoog oplopen. Het zou verstandig zijn om aanvullende maatregelen te gebruiken, zodat de kas ook goed gekoeld kan worden op extreem hete dagen.

Een glazen dak over een gebouw kan goed werken in de winter. Er moet hierbij goed rekening gehouden dat de koude niet onder het dak blijft hangen. Bij het FinanzIT gebouw hebben ze dit opgelost door een

dubbel glazen dak toe te voegen en door met de vorm van het dak trek te creëren. Daarnaast kan hier ook op het hoogste punt schotten open gezet worden. Hierdoor kan de warme lucht die zich hier in de zomer verzamelt naar de buitenlucht ontsnappen.

Bij de gebouwen met een passieve ruimte wordt vaak gebruik gemaakt van de massa van het beton. Dit is een langzaam werkend systeem. Het duurt een paar uur voordat de massa op temperatuur is en dus een constante temperatuur uitzend in de winter. Dit werkt goed in woongebouwen, omdat men hier 's ochtends maar kort thuis is en pas weer tegen het einde van de middag thuis komen. Dan is de vloer dus op constante temperatuur. In gebouwen waar de temperatuur echter over de gehele dag constant moet zijn, zoals bij zorghuizen, werkt dit systeem niet goed. Het zal beter zijn om hier gebruik te maken van een snelreagerend systeem.

*Laat pijn uit het verleden wegspoelen als voetstappen op het strand.*

Tao Meng

## 5.0 Locatie Scheveningen

*Het is voor dementerende belangrijk dat er een goede locatie wordt gevonden om het zorgcomplex te ontwerpen. In dit hoofdstuk wordt besproken wat de eisen zijn voor de locatie en welke locatie hier het beste bij past.*



De locatie voor het zorgcentrum moet aan een aantal voorwaarden voldoen.

De locatie moet de grens opzoeken van drukte en rust. De locatie moet goed bereikbaar zijn met de auto, openbaar vervoer, en te voet. Er komen veel oudere op bezoek die slecht ter been zijn en niet ver kunnen lopen. De locatie moet ook rolstoeltoegankelijk zijn, voor zowel bewoners en bezoekers.

Vanaf de locatie moet daarom een rustige plek bij zee op loopafstand te bereiken zijn. Hetzelfde geldt voor de boulevard. Dit zijn twee plekken die tegelijkertijd veel en weinig prikkels afgeven. De boulevard is een plek die aanspreekt voor de dolers en evenwichtszoekers. Deze plek geeft constant verschillende prikkels af wat voor deze types dementerenden goed is. De zee daartegen geeft nauwelijks prikkels af, en kan gezien worden als een natuurlijke snoezelruimte. Deze plek trekt meer de zen-dementerenden.

Daarnaast moet de plek ook geen onbekende prikkels afgeven. Zo is een locatie bij de haven geen optie, omdat het geluid van de binnenkomende boten tot verwarring kan leiden bij de dementerende.

Er blijft daarom gekozen voor het stuk duin naast het Carlton Beach hotel. Het gebied is 3.1 hectare groot, en ligt op de scheiding van het drukke (boulevard) gebied en het rustige (duin) gebied (figuur 5.1). Het gebied ligt ingeklemd tussen het zwarte pad en het strand en zee. Het gebied loopt vrij steil omhoog, en het hoogste punt ligt op 18 meter boven het zeeniveau. Het profiel is te zien in figuur 5.3.

Het openbaar vervoer bevindt zich op 50 meter loopafstand, en er is mogelijkheid tot parkeren aan het zwarte pad. Maar het is verstandig om hiervoor rekening te houden met het ontwerp.

Dit stukje duin wordt niet gebruikt voor waterzuivering, er kan dus op gebouwd worden. Er is niet rekening gehouden met het bestemmingsplan van de gemeente Den - Haag.

In figuur 5.4 is de zonrichting te zien in de zomer en in figuur 5.5 is de zonrichting van de winter.

De gemiddelde windrichting staat op Zuid West gericht.

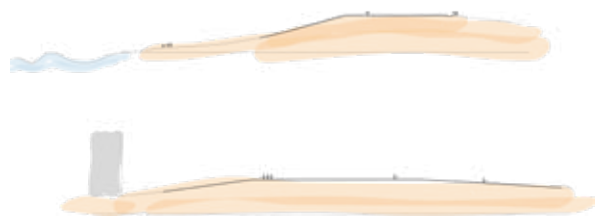
Figuur 5.7 t/m 5.10 zijn foto's van en naar de gekozen locatie toe.



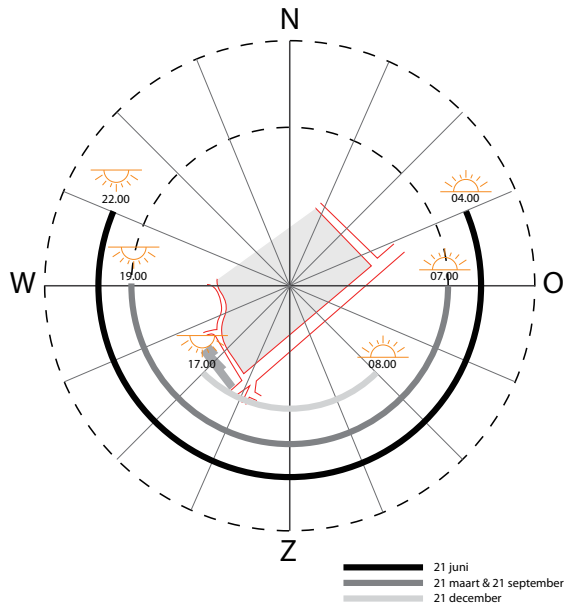
Figuur 5.1. Grens op druk en rustig



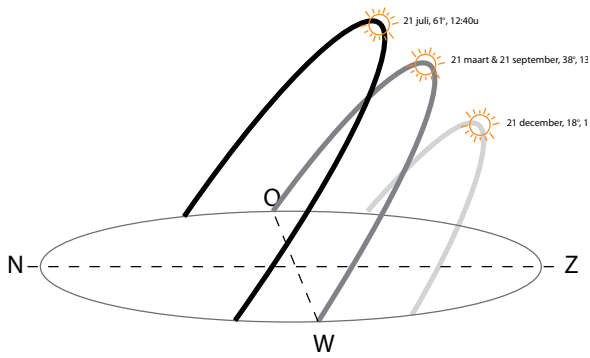
Figuur 5.2. Positie locatie



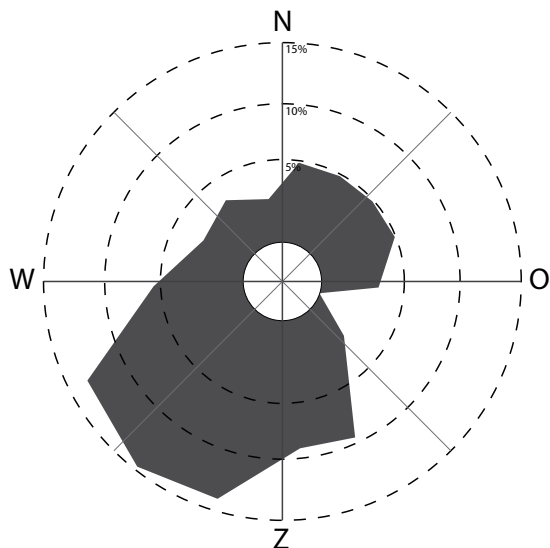
Figuur 5.3 Doorsnede van het gekozen gebied



Figuur 5.4. Zon op de locatie



Figuur 5.5. Rondgang van de zon



Figuur 5.6. Windrichting



Figuur 5.7. Foto locatie



Figuur 5.8. Foto locatie



Figuur 5.9. Foto locatie



Figuur 5.10. Foto locatie





## 6.0 Conclusie architectuur



Uit bovenstaande onderzoeken zijn uitgangspunten gekomen die worden meegenomen in het ontwerp. Hieronder staan deze uitgangspunten uitgelegd. In figuur 6.1 en 6.2 staan de uitgangspunten in diagramvorm weergegeven.

Een zorginstelling zoals de Hogeweyck (onderzocht in de categorie zorgwoningen) verminderd het afhankelijkheidsgevoel. Doordat de bewoners vrij kunnen rondlopen in de 'wijk' geeft het de dementerende een gevoel van vrijheid en vergroot het de zelfstandigheid. Dit is belangrijk omdat de dementerende, vooral in het eerste stadia; het 'bedreigde ik', het gevoel heeft alles te verliezen. Een opstelling als de Hogeweyck speelt hierop in, en zal dus sneller geaccepteerd worden door dementerenden. Hierdoor wordt het veiligheidsgevoel vergroot, en zal er minder angst en vluchtgedrag voorkomen.

Doordat de bewoners in principe vrij kunnen rondlopen moet het personeel zich de gehele dag onder de bewoners bevinden. De bewegingsruimte van de bewoner en van het personeel moet overeenkomen.

De zorgwijk moet een wijk op zichzelf worden, maar moet zich niet compleet afsluiten van zijn omgeving. Daarom wordt de aansluiting van de zorgwijk met Scheveningen op de van de Geverd Deynootweg en het zwarte pad geplaatst. Dit is de plek die het dichtsbij het openbaar vervoer ligt. Daarnaast is deze plek ook makkelijk te bereiken met de auto.

De locatie heeft een prachtig uitzicht op zee en duin gebied. Zicht hierop is een belangrijke factor om rekening mee te houden. Het uitzicht op zee geeft een rustgevend effect, wat voor een ruimte zonder prikkels, bijvoorbeeld een snoezelruimte, positief kan zijn. Daarnaast is uitzicht op zee voor het type zandementerenden erg goed. Dit type dementerenden heeft behoefte aan zo min mogelijk prikkels, wat de zee hen kan geven.

Dementerenden reageren goed op prikkels van buiten. Het is daarom van belang dat de drempel om naar buiten te gaan zo laag mogelijk wordt gehouden. Daarom is laagbouw aanbevolen. Maak het hierbij voor de dementerende zo makkelijk mogelijk en vanzelfsprekend om buiten te komen.

De helderheid en leesbaarheid van zo'n zorgwijk wordt uitgevoerd door een as met herkenningspunten te maken. Door gebruik te maken van een as, wordt ervoor gezorgd dat de dementerende altijd op deze

weg uitkomt. Om dit gevoel te versterken mogen twee zijwegen nooit recht tegen elkaar op de as aansluiten. Als dit wel het geval is, is de dementerende zich niet bewust op de as te zijn. De as wordt hierdoor geen herkenningspunt meer. Aan de as moeten ook herkenningspunten geplaatst worden. De bewoner kan zich dan beter oriënteren waar hij/zij is. Groen kan hierbij goed dienen als herkenningspunt. Zet planten bijvoorbeeld neer op plekken die belangrijk zijn. De leesbaarheid van een groene ruimte is afhankelijk van 3 soorten factoren: herkenbare patronen en routes, opvallende planten en doorkijkers (Abbu-Gazzeh, 1996).

In de woning betekend helderheid en leesbaarheid dat er scheiding tussen wonen en slapen aangebracht moet worden. Dementerenden hebben behoefte aan een duidelijke routine. De activiteit slapen moet daarom niet verward worden met de activiteit wakker zijn (wonen).

Voor dementerenden is het belangrijk dat ze nog dingen blijven herkennen. Daarom wordt aanbevolen de zorgwijk in te delen in verschillende leefgroepen. Dit heeft invloed op zowel de collectieve ruimtes in de wijk als verschil in woningen. De indeling en inrichting van een woning wordt dan ontworpen op een specifieke leefgroep, zoals bijvoorbeeld stads.

Elke dementerende heeft een andere hoeveelheid aan prikkels nodig. Er moet daarom in de collectieve ruimtes onderscheid gemaakt worden tussen de hoeveelheid prikkels. In de ene ruimte moeten meer prikkels worden afgegeven als in de andere.

Het gebruik van tuinen bij dementerenden heeft een positieve werking. Een tuin kan alle zintuigen prikkelen (zien, horen, voelen, ruiken, proeven, etc). Door het gebruik maken van bijvoorbeeld eetbare kruiden wordt bij de oudere de smaakpupillen geprikkeld.

Een tuin draagt ook bij aan het verminderen van de desoriëntatie in tijd en ruimte. Een tuin is seizoen gebonden. Hierdoor wordt het besef van tijd geprikkeld. Daarnaast wordt ook het contact met de realiteit vergroot. De tuin kan ook helpen in het onderhouden van het sociale contact, zodat sociaal isolement uitblijft. Met familie, medebewoners, vrienden, etc. kan er tijd worden doorgebracht in de tuin of op het terras. En de tuin kan daarbij helpen in het bieden van een thema om over te praten (bijvoorbeeld planten, dieren, etc). Als er hierbij gebruik wordt gemaakt

van oude bloemsoorten, zijn dit bloemen die de dementerenden herkennen. Dit schept zelfvertrouwen voor de dementerende.

Door de buitenruimte heeft men de mogelijkheid om meer te bewegen en men komt in aanraking met het zonlicht. Deze twee aspecten bevorderen de aanmaak van serotonine, een tekort hieraan veroorzaakt depressiviteit.

Het gebruik van dieren in de tuin zorgt ervoor dat de oudere wat heeft om voor te zorgen. Hierdoor voelt men zich geliefd, nuttig en nodig. Zorg er hierbij wel voor dat de dieren niet teveel overlast verzorgen, en let erop welke dieren toegepast worden. Geiten (vrouwelijk) en konijnen laten zich makkelijk aaien en verzorgen.

Het gebruik van muziek wordt ook erg aanbevolen. Muzikale vaardigheden blijven het langst bewaard in het geheugen. Therapie in de vorm van muziek kan de dementerende positief prikkelen. Hierbij kan een tuin met lichte achtergrond muziek ook aan bijdragen.

De oppervlaktes van de woonkamer hangt er af van de leefgroep. Een ambachtelijke leefstijl heeft een kleinere woonkamers als de gooiische leefstijl. De slaapkamer is ongeveer 15-20 m<sup>2</sup> groot, de badkamer ongeveer 8 m<sup>2</sup> en de woonkamer ligt tussen de 60 en 80 m<sup>2</sup>.

Zoals eerder vermeld doet groen het bioritme versterken door de seizoenen weer te geven. Zon- en daglicht kan het bioritme ook verbeteren.

Fel licht in de ochtenduren helpt het bioritme te herstellen. Toch moet de woonkamer 's avonds genoeg licht hebben voor het functioneren van de bewoners. Daarnaast zullen de bewoners bij een donkere woonkamer 's avonds eerder naar bed willen. Hierdoor dwalen ze 's nachts rond, waardoor de kans op vallen vergroot wordt. In het ideale geval wordt er 's ochtends een extra impuls licht gegeven.

Behalve het bevorderen van het bioritme heeft veel licht ook een functioneel aspect. Door dementie kunnen specifieke problemen optreden met het zicht, waaronder minder scherp zien, verminderde onderscheiding van beweging en ruimtelijke contrastgevoeligheid. Er moet rekening gehouden worden met hogere verlichtingssterktes als jongeren.

Het gebruik van groen is al eerder aanbevolen. Groen heeft een groot psychologisch effect. De healing

environment beweging heeft bewezen dat groen stress en pijn reduceert en de ligduur beperkt. Hetzelfde geldt voor zonlicht.

Naast het psychologisch aspect biedt groen ook voordeel op klimatologisch gebied.

Groen kan de lucht filteren van fijnstof, en kan de vervuilde lucht naar hogere luchtlagen sturen. Deze vallen weer neer na 15 keer de hoogte van het groen. Groen kan er ook voor zorgen dat wind gedoseerd wordt, dit kan voordeel bieden voor bepaalde ruimtes waar gedoseerd prikkels toegediend worden.

Het ventileren door groen zorgt ook voor een schonere lucht. Hiernaast doet het groen gelijk de lucht bevochtigen. In verblijfsruimtes wordt een relatieve vochtigheid van 45 % aanbevolen.

Er mag niet geventileerd worden door twee openingen die tegenoverelkaar staan. Hierdoor kan tocht ontstaat wat kan zorgen voor misbegrip en paniek bij dementerenden.

Het gebruik van een passieve zone kan een binnenklimaat positief beïnvloeden. In een snoezelruimte is het vaak warm, en daarom kan het toepassen van een glazen stolp over de ruimte positief werken. Door het toepassen van een glazen stolp warmt de ruimte hieronder erg op. Voor wonen is dit niet aanbevolen, voor een snoezelruimte wel. Het zou hierbij wel verstandig zijn om aanvullende maatregelen te gebruiken, zodat de passieve zone ook goed gekoeld kan worden op extreem hete dagen.

Voor de woonfunctie wordt een passieve ruimte op het zuiden, westen of oosten aanbevolen. Het betreft hier aan bufferzone aan een kant van het gebouw. De temperatuur in de woonfunctie ligt tussen de 21 en 25,5 °C.

Een plant kan door de verdamping van water 50 tot 90% van de warmte onttrekken uit de omgeving. Een plant kan per dag 4 liter water per m<sup>2</sup> verdampen, dit geeft een koelvermogen van 0.13 kWh.

Een begroeiing van de gevel van ca. 35 cm kan de warmtafgifte verminderen, hiermee kan 6 tot 36% isolatie worden bespaard. Dit komt doordat er een extra laag vrijwel stilstaande lucht wordt gecreëerd tussen de beplanting en de gevel.

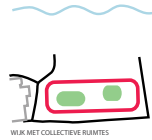
Het principe van een luchtlaag creëren die de isolatie verbeterd kan ook toegepast worden in het duinlandschap. In plaats van een gebouw direct in de duin te leggen kan er ook een systeem worden

bedacht waarbij een gebied met stilstaande lucht wordt gecreëerd dat de gevel extra isoleert.

Een groene toepassing op het dak kan 70% van het inkomend water opvangen. En heeft hiernaast ook als voordeel dat het groen het geluid van de regen op het dak dempt. Voor dementerenden is dit interessant omdat er nu geen onbekende prikkels worden afgegeven.

Groen kan een akoestisch voordeel bieden in het binnenklimaat. De spraakverstaanbaarheid van ouderen is een kwart lager dan bij jongere: een verschil ter grootte van een 5dB toename in omgevingsgeluid. Planten kunnen achtergrond geluid tot 70% reduceren.

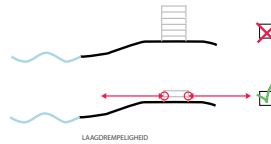
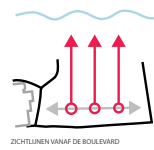
ORGANISATIE



HELDERHEID



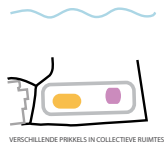
CONNECTIE MET OMGEVING



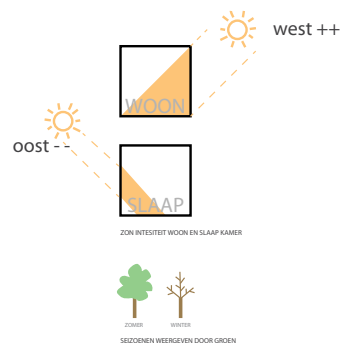
HERKENBAARHEID



SCHEIDING VAN PRIKKELS

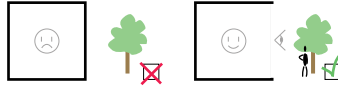


VERSTERKEN VAN BIORITME

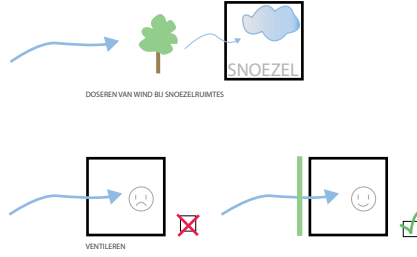


Figuur 6.1. Ontwerp uitgangspunten ten aanzien van architectuur

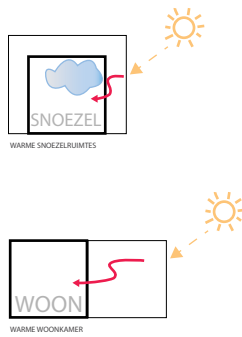
PSYCHOLOGISCH ASPECT



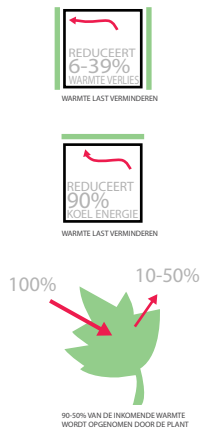
VENTILEREN



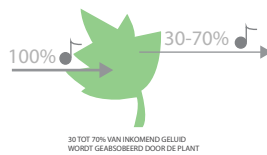
TEMPERATUUR



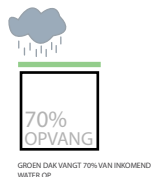
ENERGETISCHE WAARDE



AKOESTIEK



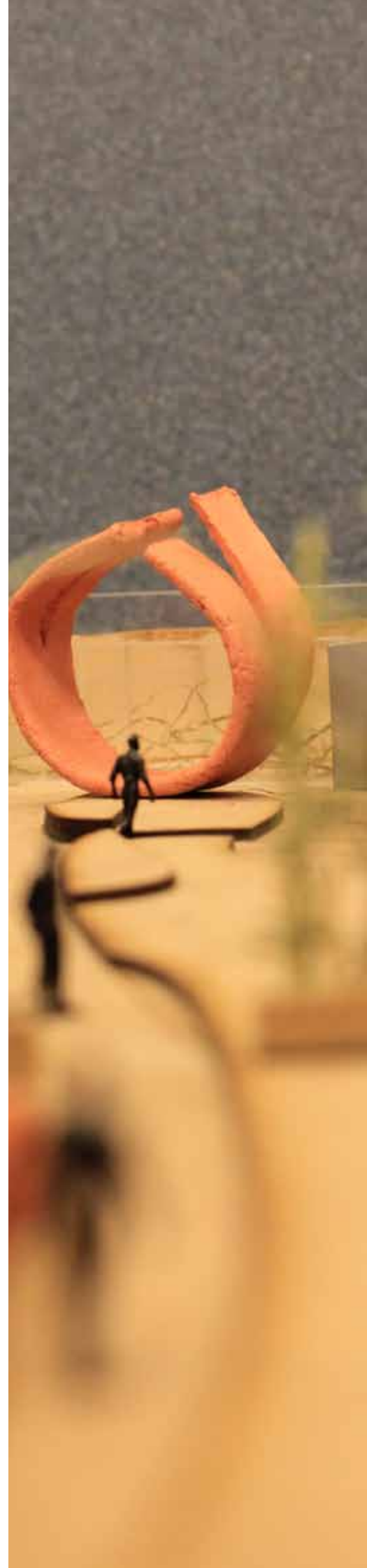
WATEROPVANG



Figuur 6.1. Ontwerp uitgangspunten ten aanzien van groen

## 7.0 Verantwoording van de architectuur

*Na het literatuur onderzoek in de master Architectural Engineering naar dementie en groen is een ontwerp gemaakt. Dit ontwerp wordt stap voor stap in dit hoofdstuk besproken. Er wordt begonnen bij de variantenstudies, waarna vervolgens de verschillende aspecten van het uiteindelijk ontwerp worden toegelicht.*



## 7.1 Variantenstudie

De opzet van het ontwerp wordt een afgesloten wijk. De bewoners kunnen zelfstandig hun woning in en uit, en kunnen zelfstandig buiten rondlopen zonder te verdwalen. Aan de hand van de overige uitgangspunten die in hoofdstuk 6 staan weergegeven zijn een drietal schetsontwerpen gemaakt voor de wijk. Deze drie schetsontwerpen zijn vervolgens aan de uitgangspunten getoetst.

Variant 1 is een zeer traditionele wijk. Het doel van dit ontwerp is om een goede afgesloten wijk te maken die veel uitzicht biedt op zee of duinlandschap. De wijk is afgesloten door de gebouwblokken. Door stukken weg te laten uit de bouwblokken wordt er gericht zicht gegeven naar zee of het duinlandschap.

Variant 2 is meer integraal met de locatie ontworpen. Het doel van dit ontwerp is om de locatie zoveel mogelijk te betrekken in het complex. Dit complex ligt dan ook verscholen in het duin. De woningen zijn in een half ronde vorm geplaatst waardoor er vanzelf tuinen aan de as ontstaan.

Variant 3 heeft optimaal uitzicht over de zee. Het doel van dit ontwerp is om vanuit de woning (woon & slaapkamer) zoveel mogelijk uitzicht te hebben over zee. De woning steekt hier het duinlandschap uit met een uitkraging.

Bij variant 1 is de afsluiting van de wijk gelijk duidelijk door de woonblokken, bij variant 2 en 3 is de afsluiting minder duidelijk en zorgt voor een iets grotere uitdaging.

Bij variant 3 is de as minder duidelijk als as, maar meer als onderdeel van het duinlandschap. Vanuit de woonkamer moet je door een gang naar boven waarna je je op de as bevindt. Deze variant is door de gang naar boven minder laagdrempelig als de overige varianten.

Bij variant 1 staan de woningen in direct contact met de as, terwijl bij variant 2 de woningen eerst in contact staan met een tuin voordat ze bij de as komen.

Variant 1 gaat de relatie met het duinlandschap niet aan. De bouwblokken worden hier op het duin geplaatst, en kunnen net zo goed midden in een woonwijk geplaatst worden. Terwijl varianten 2 en 3 juist wel de relatie aangaan met het duin door de woningen in het duin te plaatsten.

Variant 1 en 2 liggen in dezelfde richting waardoor

de woningen of op het westen of op het oosten zijn georiënteerd. Bij variant 3 ligt de woonkamer op het westen en de slaapkamers op het zuiden of noorden.

Bij variant 3 heeft de wind meer invloed op de openbare ruimtes. Doordat de woningen in het duin liggen blokeren deze geen wind en de bewoner zal zodra hij/zij buiten is daarom altijd vol in contact staan met de omgevingsfactoren, zoals zon en wind.

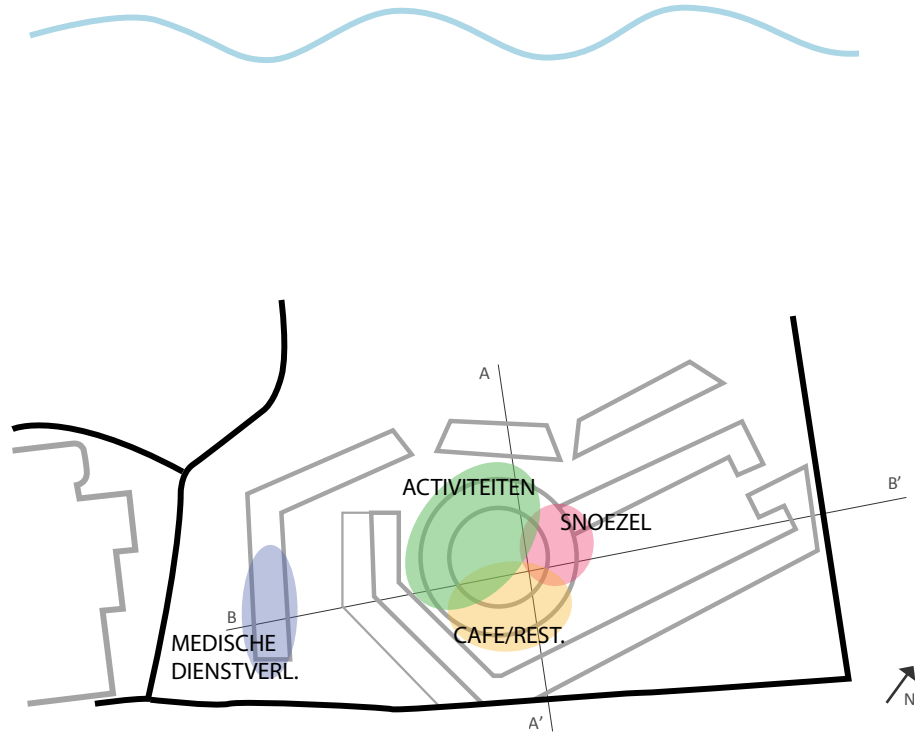
Bij variant 3 is het idee ontstaan om de woning te ventileren door stack-ventilatie. Het toegangsgebouw tot de woning warmt op en trekt de lucht uit de woning.

Na afwegingen ten aanzien van de uitgangspunten bij de varianten, is variant 1 afgefallen. Deze gaat geen relatie met de omgeving aan, wat wel noodzakelijk is. Variant 1 heeft wel duidelijke plekken die gericht zicht geven naar zee.

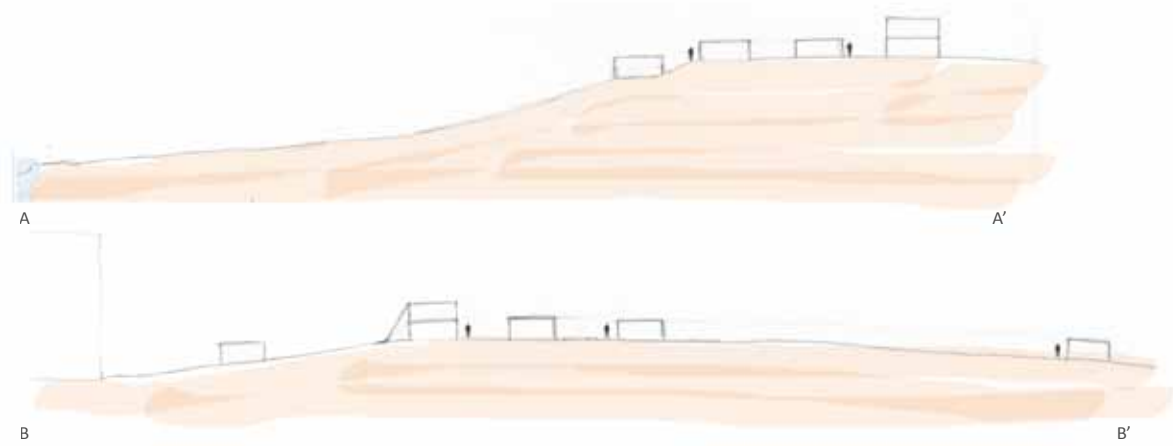
Bij variant 3 is de beperkte vrijheid doordat de bewoners niet gelijk buiten staan bij het verlaten van de woonkamer, maar zich in een gang die omhoog loopt, het grootste probleem. Daarnaast hebben de bewoners vanuit de woning alleen maar zicht op zee, dit heeft een rustgevend aspect maar er moet wel gezorgd worden voor voldoende afwisseling.

Bij variant 2 worden de tuinen gevormd door de vorm van de gebouwen. Hierdoor hebben de bewoners gelijk contact met de tuin als ze buitenkomen, maar ook vanuit binnen. De tuinen liggen daarnaast ook in direct contact met de hoofd as van de wijk. Variant 2 heeft de meeste realtie met de omgeving.

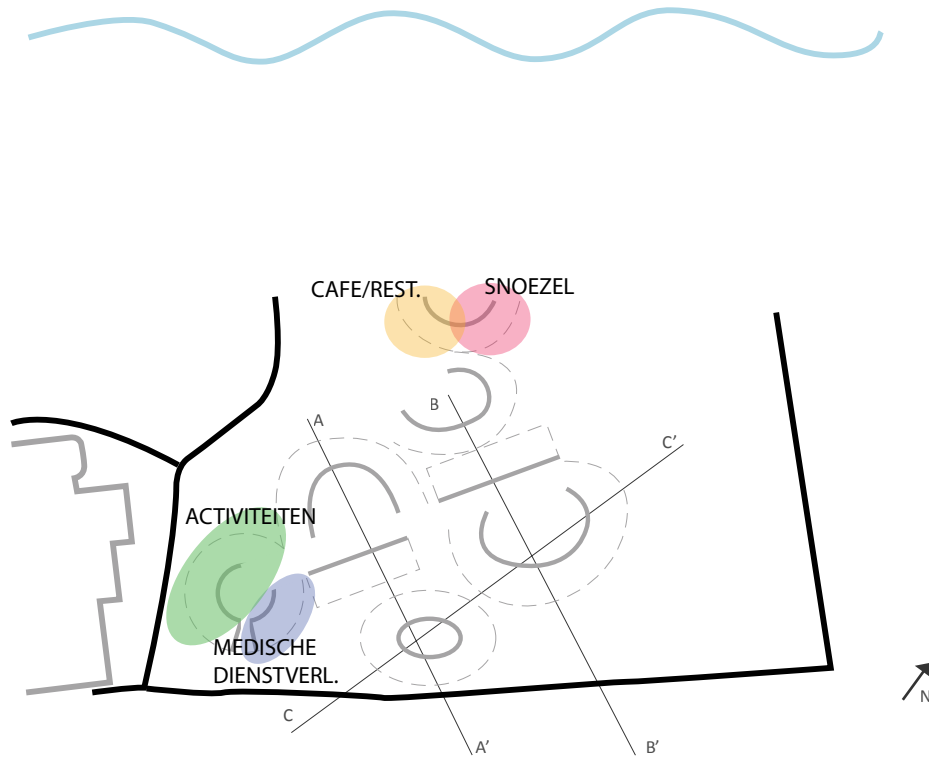




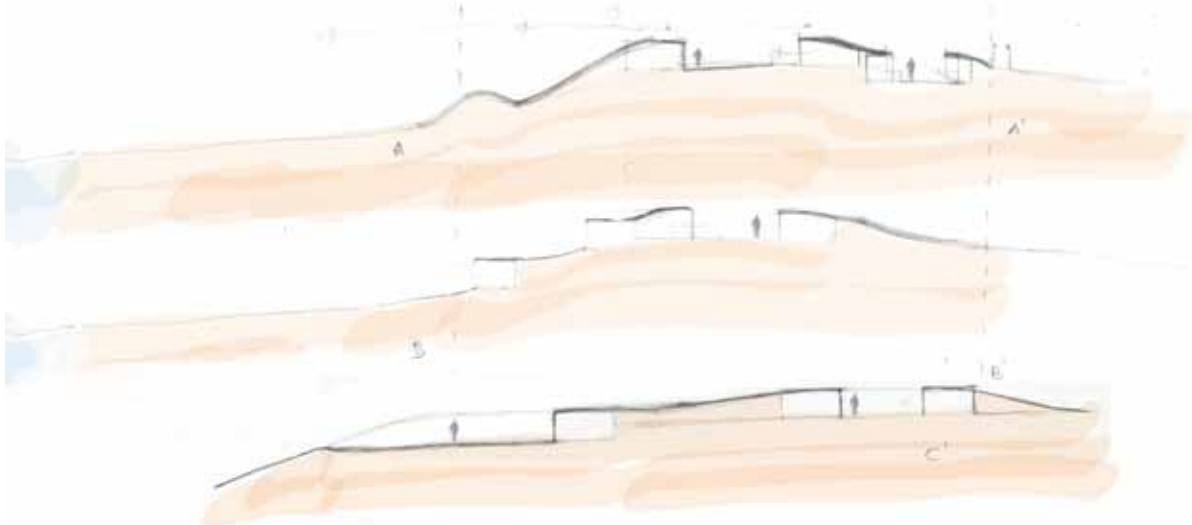
Figuur 7.1. Plattegrond variant 1 "traditionele wijk"



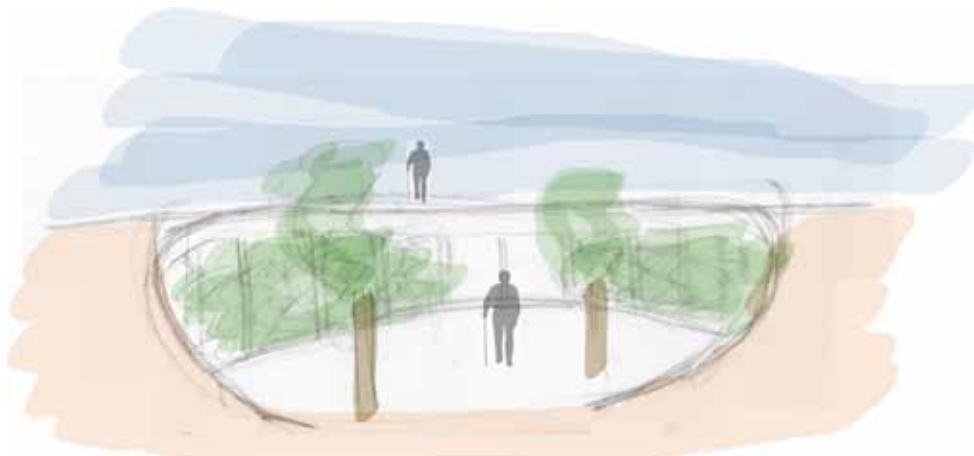
Figuur 7.2. Doorsnede variant 1 "traditionele wijk"



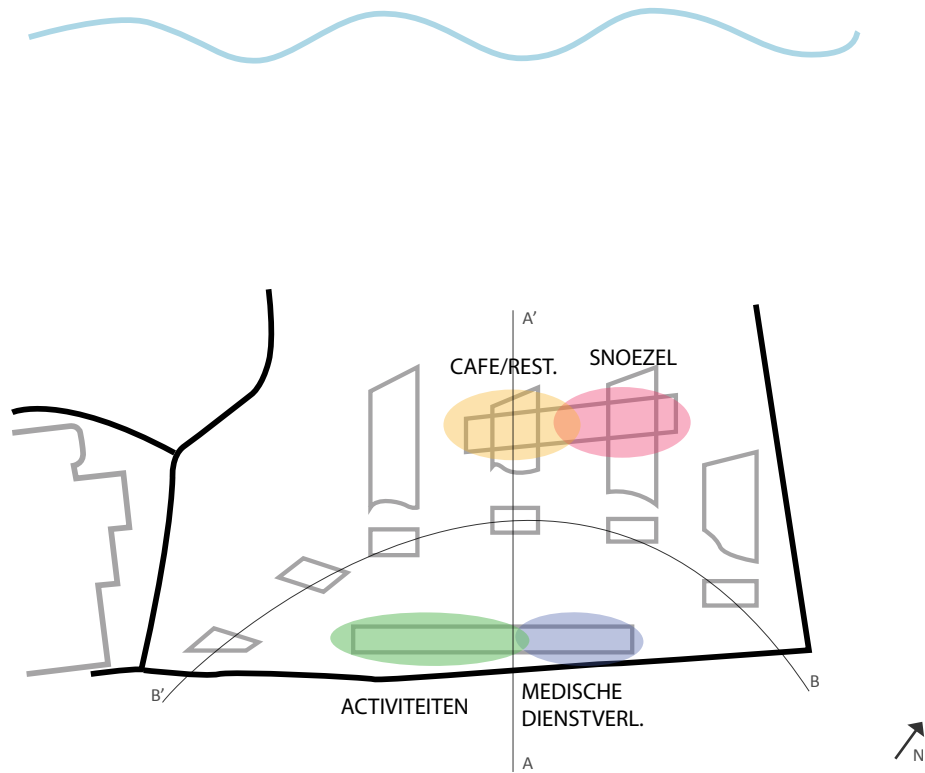
Figuur 7.3. Plattegrond variant 2 "integraal ontworpen wijk"



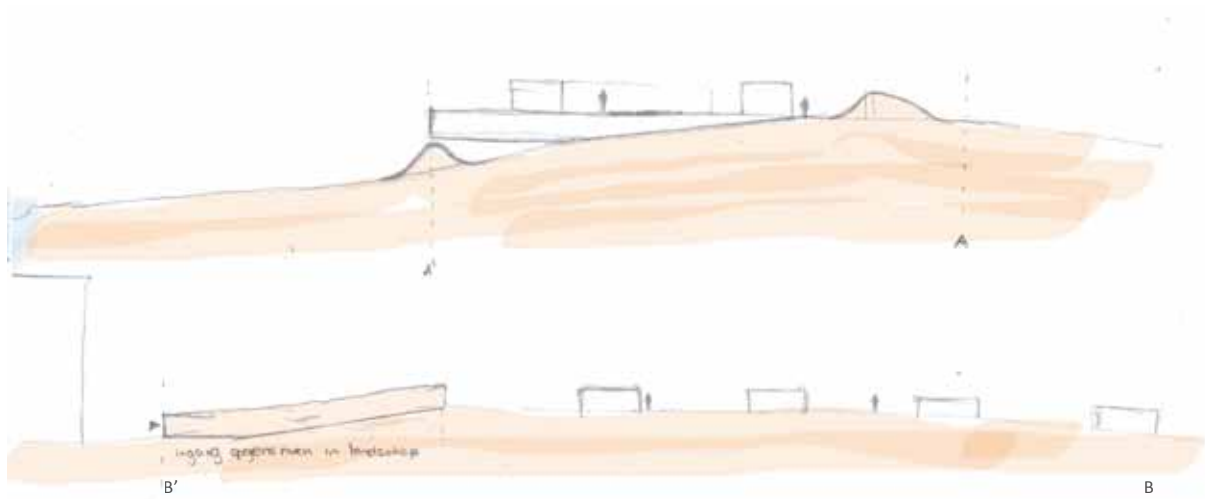
Figuur 7.4. Doorsnede variant 2 "integraal ontworpen wijk"



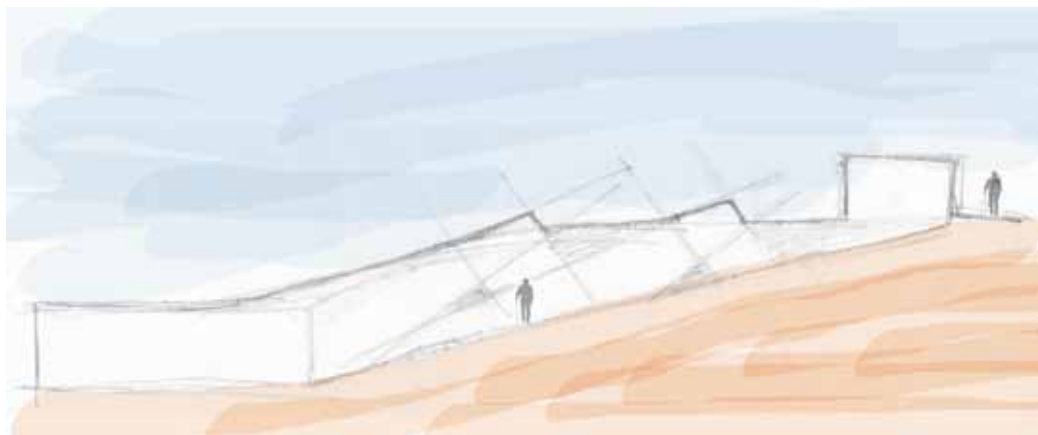
Figuur 7.5. Impressie variant 2 "integraal ontworpen wijk"



Figuur 7.6. Plattegrond variant 3 "optimaal uitzicht"



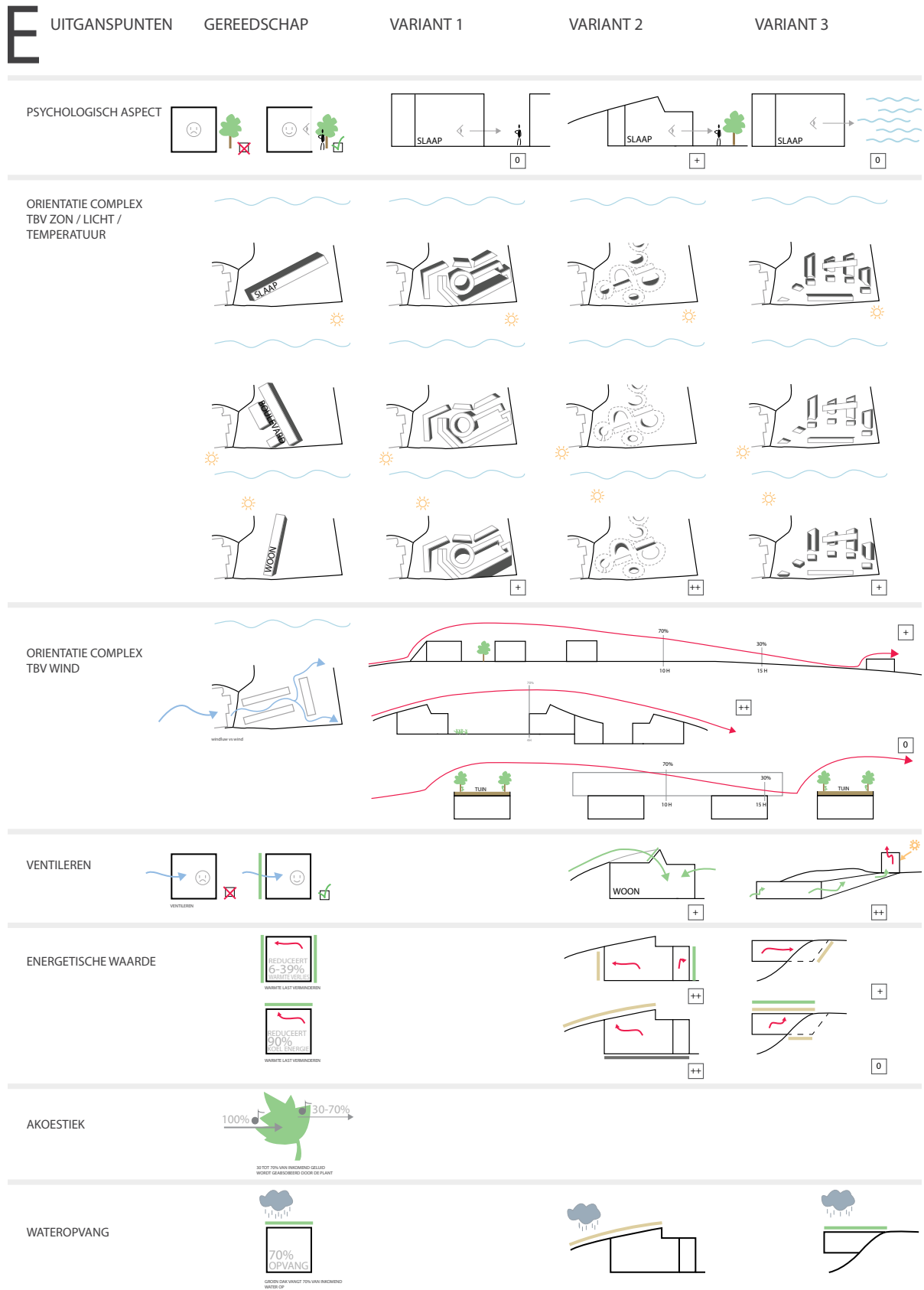
Figuur 7.7. Doorsnede variant 3 "optimaal uitzicht"



Figuur 7.8. Impressie variant 3 "optimaal uitzicht"



Figuur 7.9. Vergelijking van de varianten aan de architectuur uitgangspunten



Figuur 7.10. Vergelijking van de varianten aan de bouw fysieke uitgangspunten

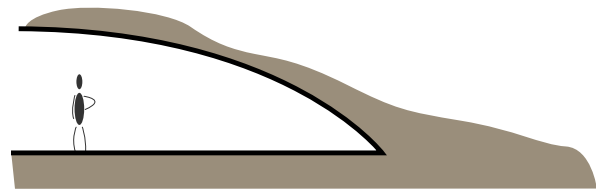
## 7.2 De zorgwijk

Belangrijk voor de wijk was dat de bewoners makkelijk en zelfstandig de woning uit kunnen lopen en zich dan in het duinlandschap bevinden. Het duin moet een belangrijke rol in het ontwerp krijgen. De duinen geven een mate van geborgenheid en rust. Het geeft plekken waar mensen zich kunnen terug trekken of juist open plekken waar ontmoetingen plaats kunnen vinden. Om het duinlandschap te behouden maar ook te kunnen wonen, zijn de woningen onder het duin geplaatst. Dit geeft ook een zekere mate van geborgenheid in de woning. En van buitenaf heeft de bewoner nauwelijks zicht op een woning, waardoor het lijkt alsof deze zich in een onaangetaast duinlandschap bevindt. Duinen kunnen ook handmatig gevormd worden waardoor er gericht zicht gegeven kan worden. Er kan hiermee bepaald worden wat gezien wordt van bepaalde punten. Deze zichtlijnen kunnen dienen als herkenningspunten.

Naast dat de bewoner zoveel mogelijk vrijheid heeft is het belangrijk dat het een afgesloten wijk wordt. Dit wordt gedaan door de woningen, wintertuinen (kassen) en het ophogen door duin.

Naast dat de zorgwijk de relatie met zijn omgeving moet aangaan is het ook belangrijk om de zorgwijk uit te voeren als een echte wijk of kleine stad. Een stad bestaat uit een aantal elementen. Een stad wordt gemaakt door straten, pleinen, parken en woningen. Daarnaast heeft elke stad een centrum waar zich kantoren en winkels bevinden. En in het centrum bevindt zich ook een groot herkenningspunt van de stad, zoals een kerk. Dit herkenningspunt is zichtbaar vanuit bijna alle hoeken van de stad en geeft het centrum aan. Een stad heeft naast het grote herkenningspunt ook allemaal kleine herkenningspunten, zoals overige opvallende gebouwen of kunstwerken.

De zorgwijk is uitgevoerd met dezelfde elementen, deze worden in onderstaande deelhoofdstukken toegelicht.



GEBORGENHEID

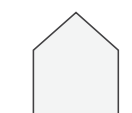


VERBORGEN WONINGEN, ALLEEN ZICHT OP DUIN



GERICHT ZICHT

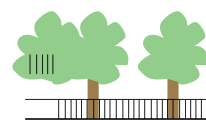
Figuur 7.11. Schematische opzet wijk



WONINGEN



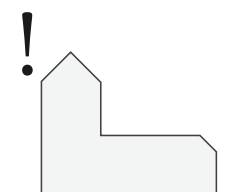
STRATEN



PARKEN



PLEINEN



HERKENNINGSPUNTEN

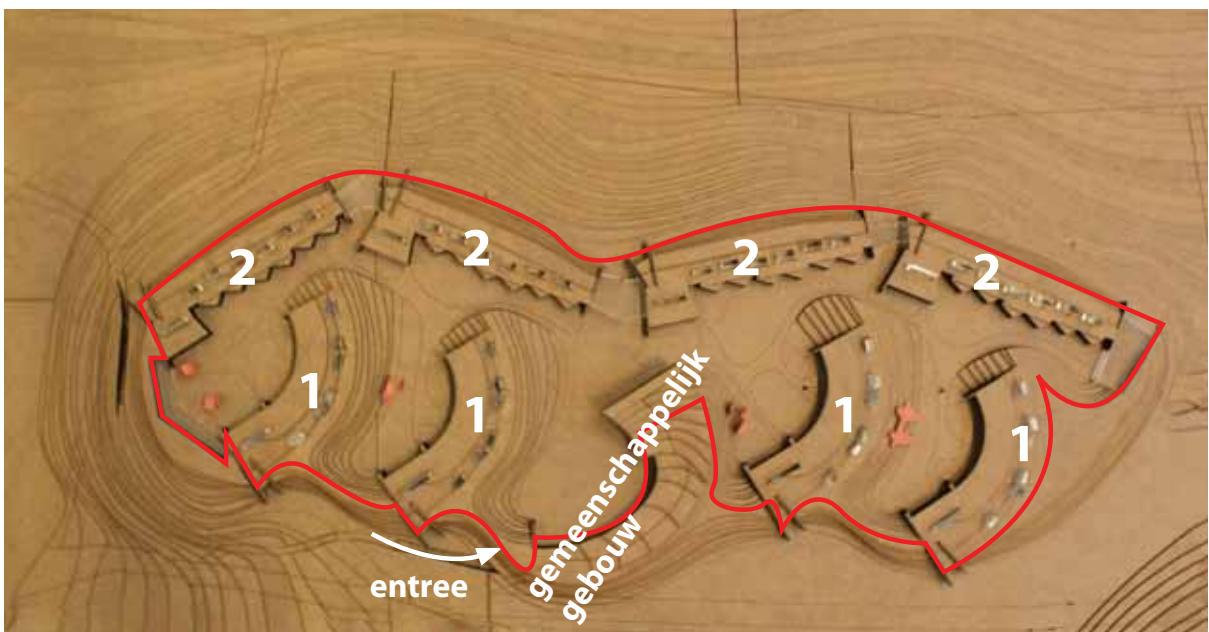


KANTOREN & WINKELS

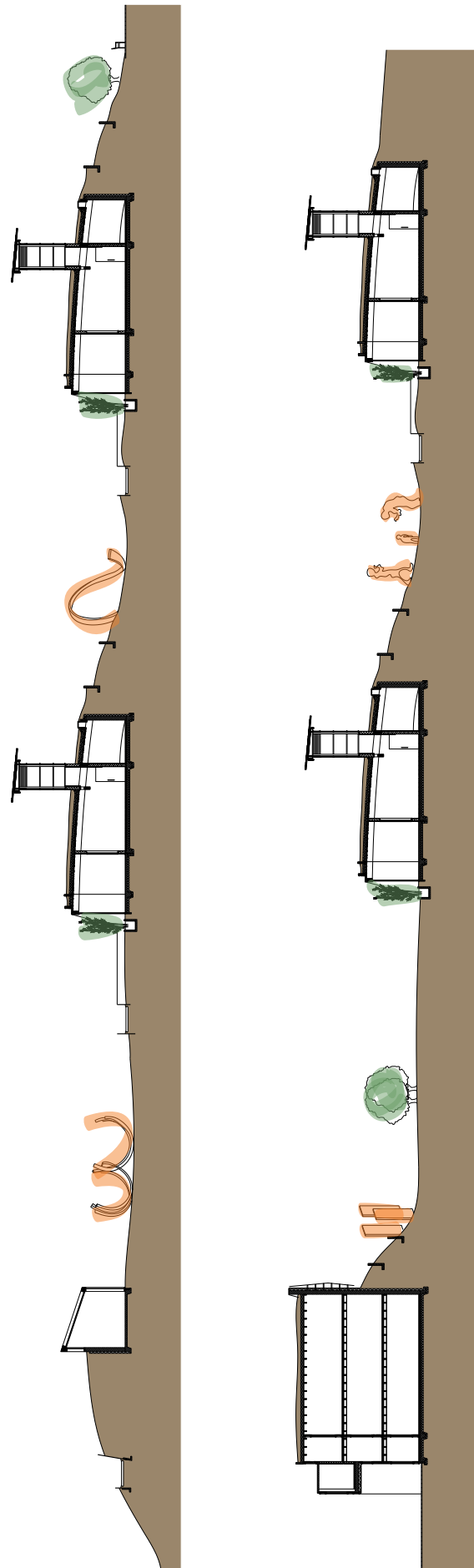
Figuur 7.12. Elementen van een stad



Figuur 7.13. De gehele wijk



Figuur 7.14. Indeling van de zorgwijk



Figuur 7.15. Langsdoorsnede wijk



## 7.3 Herkenningspunten

Een stad heeft een groot herkenningpunt, meestal in het centrum, en een aantal kleinere herkenningpunten. De zorgwijk heeft dit ook. Het grote herkenningpunt is het gemeenschappelijke gebouw. Daarnaast bevindt zich in elke duintuin één kleiner herkenningpunt. Behalve herkenningpunten in de wijk, zijn er ook herkenningpunten buiten de wijk. De route naar de wijk wordt vanaf de boulevard aangegeven.

Alle herkenningpunten zijn uitgevoerd van cortenstaal. Door alle herkenningpunten uit hetzelfde materiaal uit te voeren wordt er eenheid gecreëerd. Het verschil tussen de herkenningpunten komt tot uitdrukking in de vorm. Het materiaal cortenstaal is gekozen voor het ruwe karakter van het materiaal. Dit steekt af tegen het duinlandschap, en het materiaal van de woningen (beton en hout).

De zorgwijk is vanaf de boulevard en het zwarte pad bereikbaar. De route wordt aangeduid door cortenstalen platen. Deze beginnen al op het einde van de boulevard. Vervolgens wordt de route verder gezet in het duin landschap. De route verdwijnt her en der in het duin. De afscheiding wordt altijd gemaakt door de cortenstalen platen. Figuur 7.16 geeft referentiebeelden hiervan aan.

Op het einde van het duinpad (figuur 7.x) kan men kiezen uit twee richtingen; het pad volgen naar beneden, of het pad volgen naar boven. Bij het pad naar boven komt men bovenop het gemeenschappelijke gebouw uit, en heeft men wijds uitzicht over zee en het duinlandschap. Dit is toegankelijk voor iedereen van buitenaf. De bewoners van de zorgwijk kunnen hier niet zelfstandig komen, omdat het buiten de afscheiding van de wijk bevindt.

Als het pad naar beneden wordt gevolgd dan komt men in het gemeenschappelijke gebouw uit. Hier bevindt zich de toegang tot de zorgwijk. De bewoners van de zorgwijk kunnen hier niet voorbij, dit is de afscheiding van de zorgwijk.

Het gemeenschappelijke gebouw is het grote herkenningpunt van de wijk. Deze steekt boven alle andere gebouwen uit, en is vanaf de hele wijk zichtbaar. Cortenstaal komt hier terug in de gevelbekleding. Het gemeenschappelijke gebouw heeft één blinde gevel

die zich deels in het duin bevindt en deels erboven uitsteekt. Het gedeelte van de gevel die erboven uitsteekt wordt bekleed met cortenstaal. De andere gevel wordt zoveel mogelijk opengehouden, en uitgevoerd als een vliesgevel.

Op de begane grond van het gemeenschappelijke gebouw bevinden zich alle dienstverleningen voor de bewoners van de zorgwijk, zoals een supermarkt, verschillende gezelschapsverenigingen, een kapper, en de medische dienstverlening. Op de eerste verdieping bevinden zich kantoren, en op de tweede verdieping bevinden zich 4 hotelkamers waar familie eventueel kan overnachten en een restaurant. Het restaurant bevindt zich op het hoogste punt van de zorgwijk, en kijkt uit op zee.

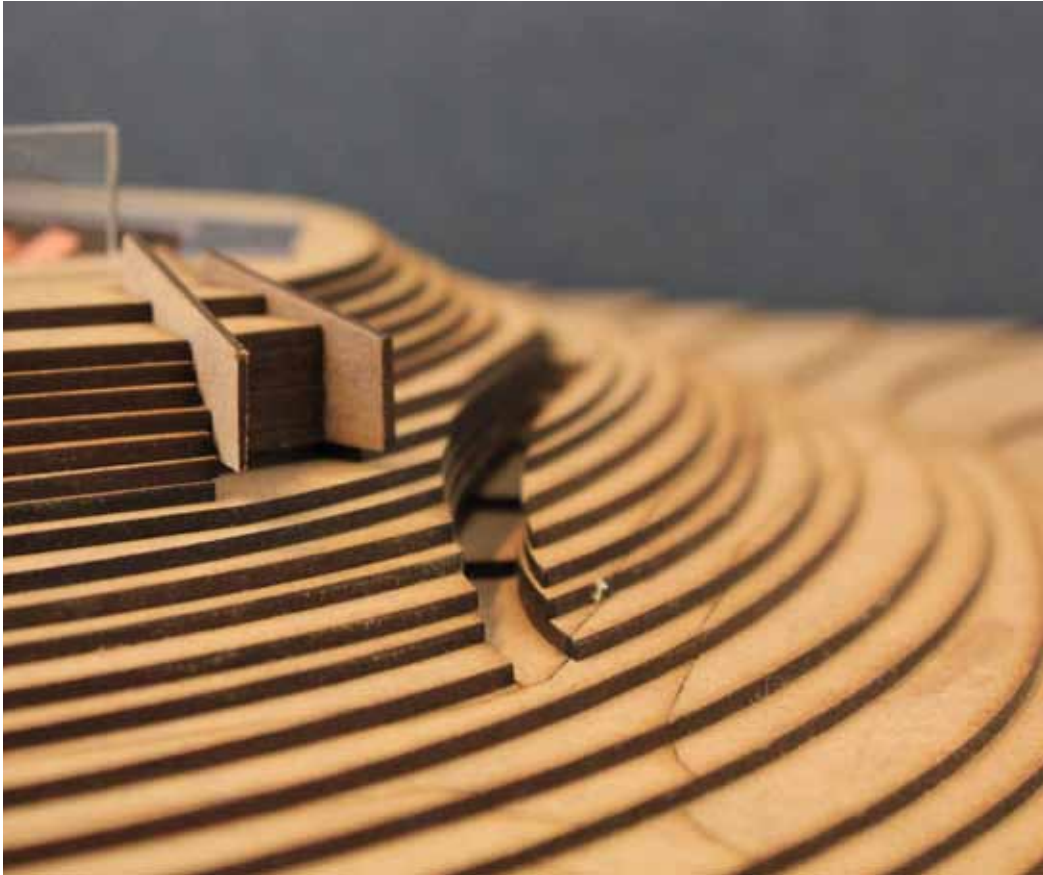
In het gemeenschappelijke gebouw bevinden zich geen trappen. Er loopt een hellingbaan langs de buitenkant van het gebouw, waarmee de bewoners zelfstandig of met hulp naar het restaurant kunnen lopen. Tijdens deze wandeling krijgen de bewoners steeds meer uitzicht van de omgeving. Daarnaast is het mogelijk om de met lift naar het restaurant te gaan.

De route in de wijk zijn geasfalteerde paden die door het natuurlijke duinlandschap lopen. Het is echter niet de bedoeling dat de bewoners zich verstappen en hierdoor ten val komen. De route in de wijk wordt daarom ook aangegeven door cortenstalen platen.

In elke duintuin (zie hoofdstuk 7.4) staat een kunstwerk van cortenstaal. Dit kunstwerk is een herkenningpunt voor de bewoner, geen enkel kunstwerk is dus hetzelfde. De woningen zijn ontworpen zodat vanaf elke kamer in de woning zicht is naar het herkenningpunt. Omdat de bewoner constant zicht heeft op dit herkenningpunt blijft dit in het onderbewustzijde hangen waardoor als de bewoner buiten rondloopt deze automatisch de goede richting oploopt (naar iets herkenbaars). De herkenningpunten in de duintuinen zijn groot en daarom snel zichtbaar vanuit de as van de zorgwijk.



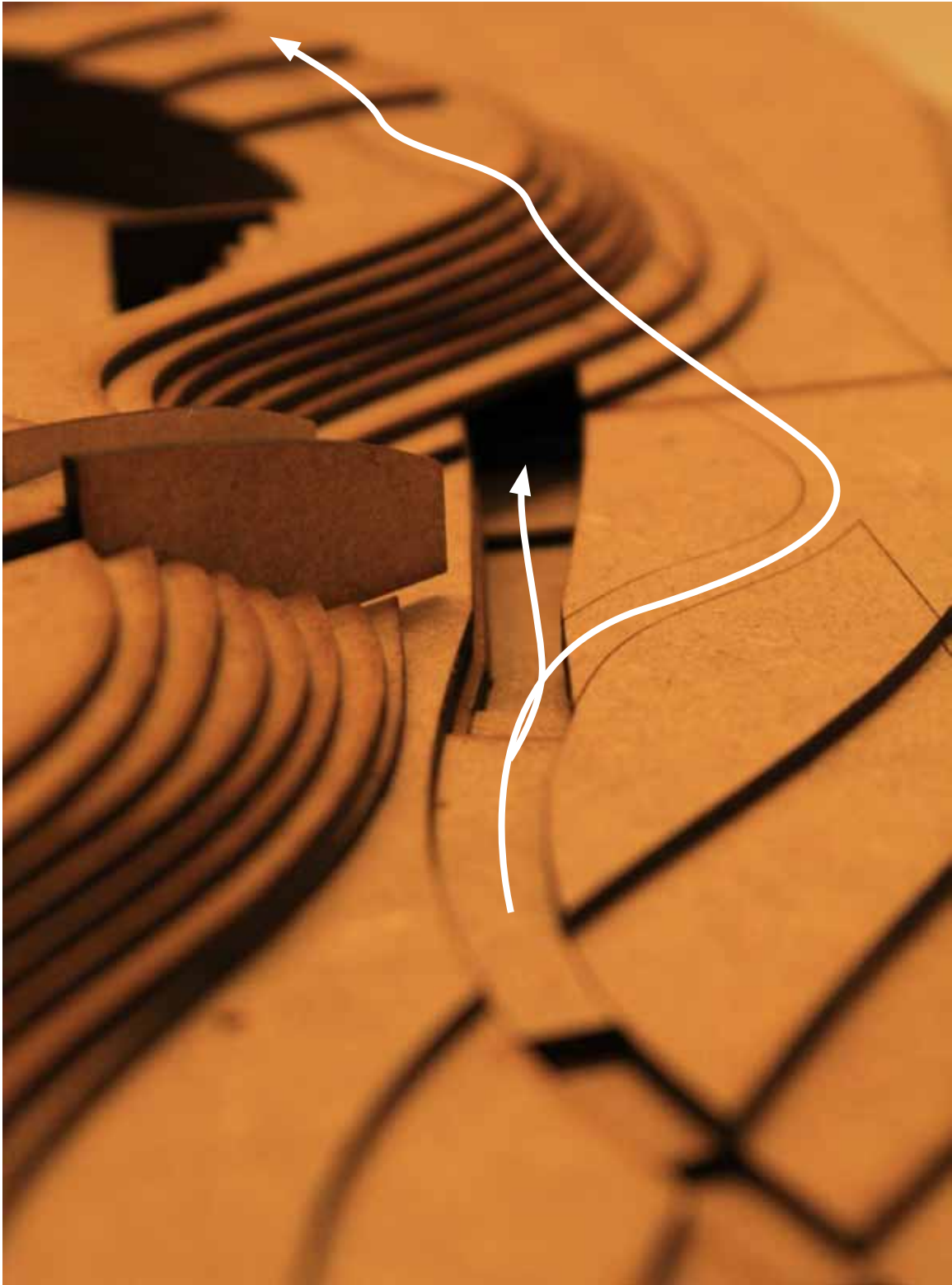
Figuur 7.16. Impressies cortenstalen platen



Figuur 7.17. Pad door het duin naar de zorgwijk



Figuur 7.18. Pad door het duin naar de zorgwijk



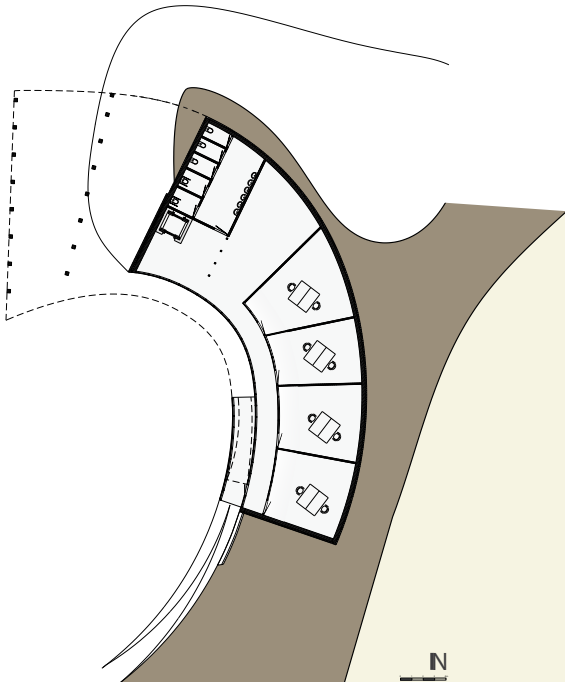
Figuur 7.19. Splitsing van het duinpad. Het pad naar boven geeft uitzicht over de zee, het pad naar beneden is de toegang tot de zorgwijk



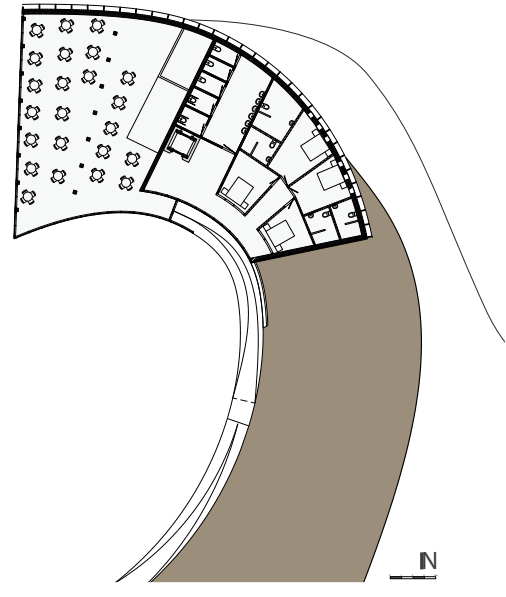
Figuur 7.20. Het grootste herkenningpunt; het gemeenschappelijke gebouw, en tevens het gebouw waardoor de bezoekers binnenkomen.



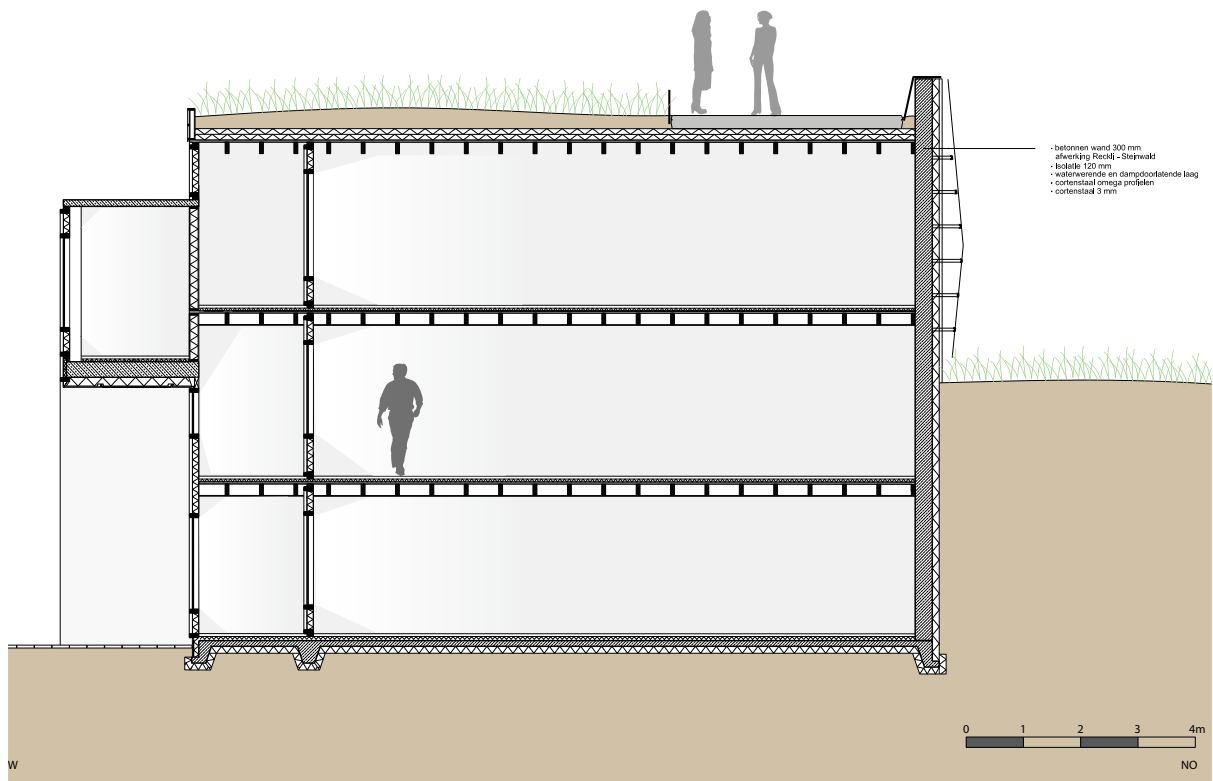
Figuur 7.21. Plattegrond begane grond van het gemeenschappelijk gebouw



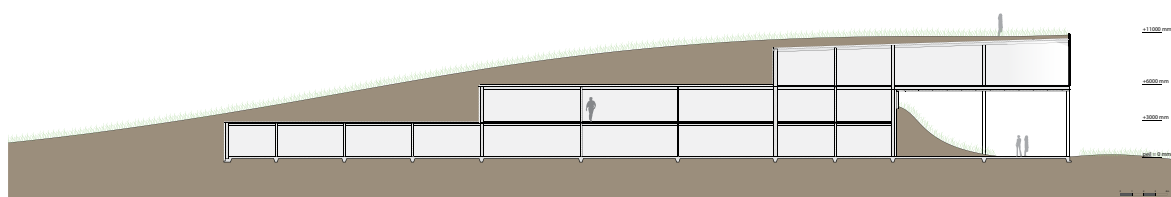
Figuur 7.22. Plattegrond 1<sup>e</sup> verdieping van het gemeenschappelijk gebouw



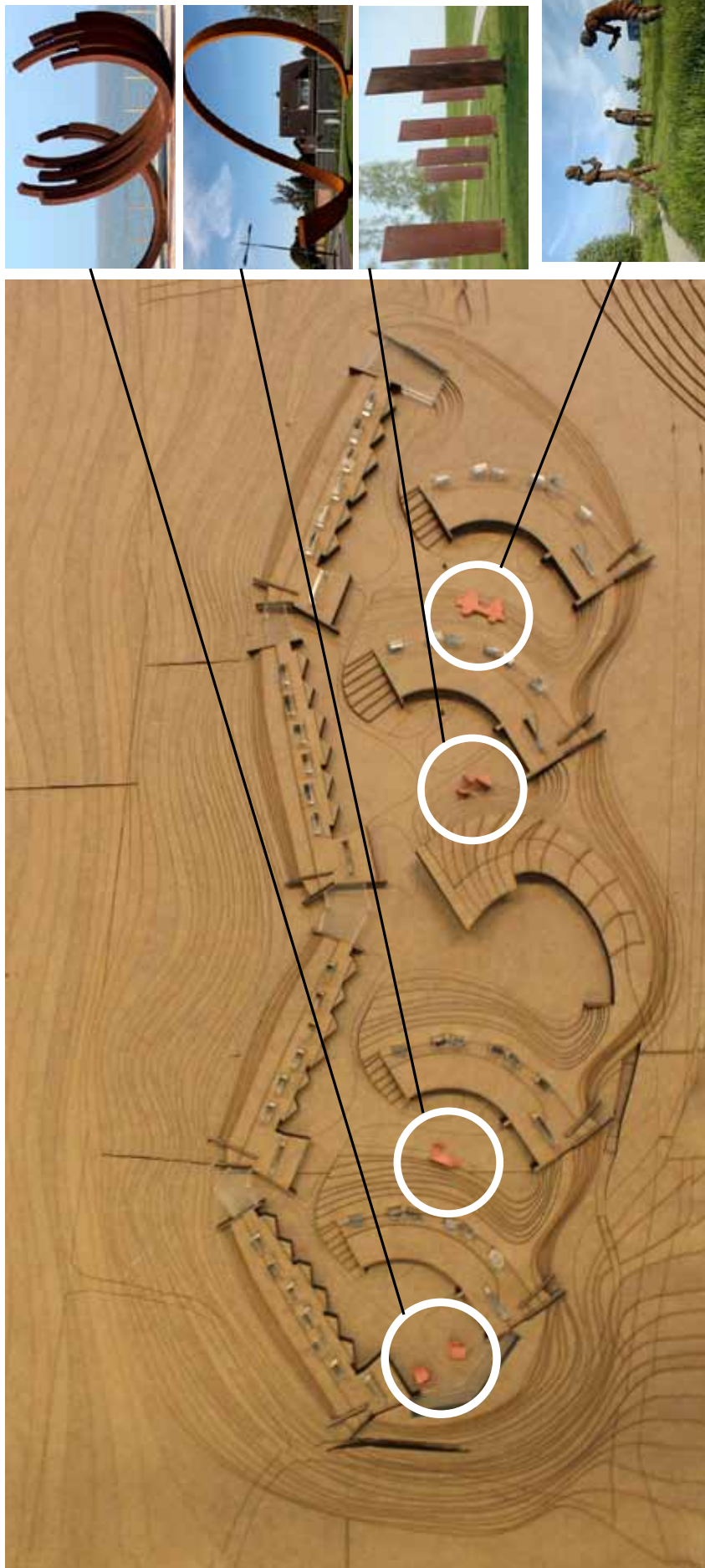
Figuur 7.23. Plattegrond 2<sup>e</sup> verdieping van het gemeenschappelijk gebouw



Figuur 7.24. Dwars doorsnede van het gemeenschappelijk gebouw



Figuur 7.25. Lengte doorsnede van het gemeenschappelijk gebouw



Figuur 7.26. Herkenningpunten in de duintuinen





Figuur 7.27. Zicht vanaf de hoofdstraat op een herkenningspunt.



Figuur 7.28. Zicht vanaf de hoofdstraat op een herkenningspunt.

## 7.4 Straten, pleinen en tuinen

Het gemeenschappelijke gebouw ligt aan een plein, dit is tevens het enige plein in de zorgwijk. Bij binnenkomst in de zorgwijk komt men vanuit het gemeenschappelijke gebouw op het plein terecht. Hier is voldoende ruimte om, bij goed weer, activiteiten uit te voeren met de bewoners.

Vanaf het plein komt men op de grote straat terecht (de as). De hoofdstraat is geasfalteerd en uitgevoerd als een duinpad. Om er echter voor te zorgen dat de bewoners niet van het pad af dwalen komt er een kleine opstand aan beide zijden van het pad. De zijstraten van de hoofdstraat worden bestraat zodat er een zichtbaar verschil is tussen de hoofdstraat en de zijstraten. Dit verschil mag niet teveel in contrast opvallen, dit kan voor een drempel zorgen waar de dementerenden niet voorbij durft.

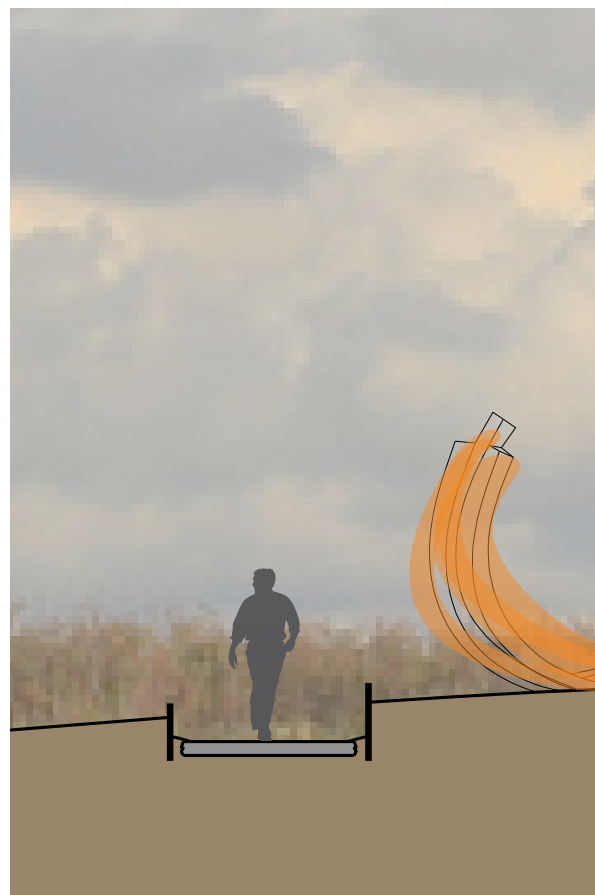
De hoofdstraat staat in verbinding met wintertuinen en duintuinen. De wintertuinen bevinden zich tussen de rechte woningen (zie hoofdstuk 7.5), en op beide einden van de straat. De wintertuinen zijn verscholen plekken die uitzicht geven op strand en zee. Ze zijn niet goed zichtbaar zijn vanaf de as, hierdoor worden de tuinen geschikt voor de bewoners om zich terug te trekken. In een tuin is het belangrijk dat er permanent zitplekken aanwezig zijn. Deze plekken zijn in de wintertuin gericht richting zee.

Mensen met dementie leven in het moment. Naarmate de dementie vordert wordt de zintuiglijke waarneming steeds belangrijker. Het gebruik van herkenbare platen helpt ervaringen en herinneringen uit het verleden op te roepen. Door het delen van deze herinneringen helpt het de dementerenden het heden en verleden te onderscheiden. De tuinen kunnen ingericht worden naar de verschillende leefgroepen. De planten en voorwerpen kunnen op de leefgroep worden aangepast. Hierdoor worden de herinneringen die de tuin oproept vergroot.

De tuin aan het eind van de straat is een tuin waar bewoners kruiden / groente en/of fruit kunnen verbouwen. De bewoner heeft hierdoor de mogelijkheid om zelf, actief met de tuin bezig te zijn. De verbouwden producten kunnen vervolgens ingezet worden bij het koken. Hiervoor moeten de kruiden / groente en fruit wel goed te bereikbaar zijn, verhoogde



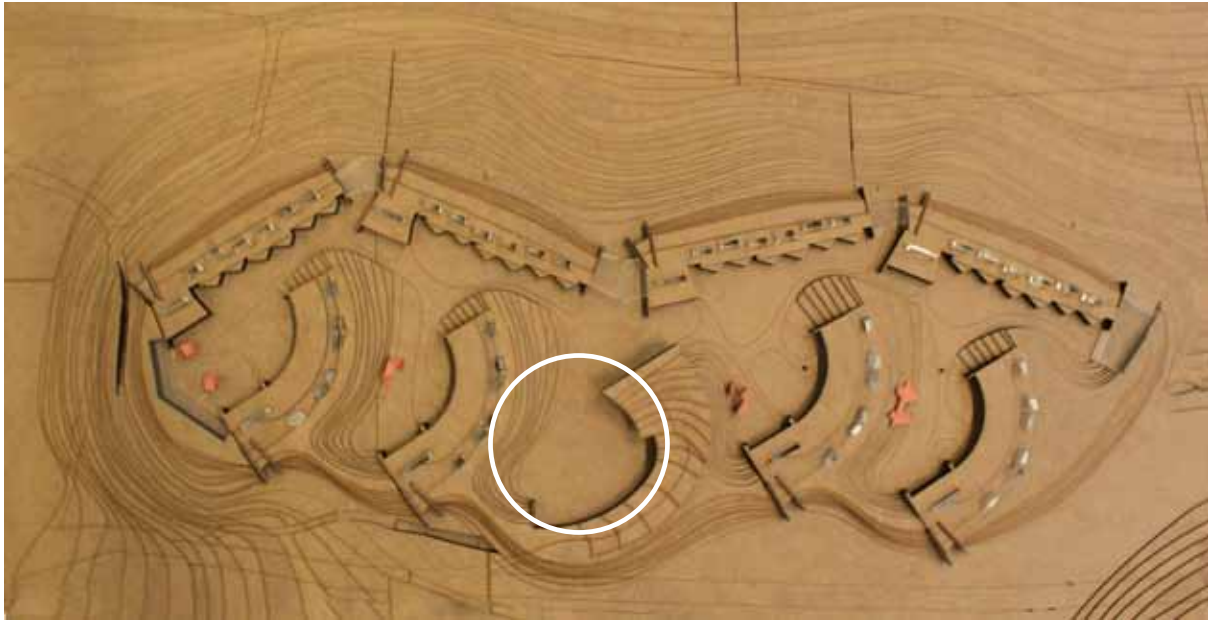
Figuur 7.29. Duinpad



Figuur 7.30. Doorsnede van het duinpad

bloembakken helpen hierbij.

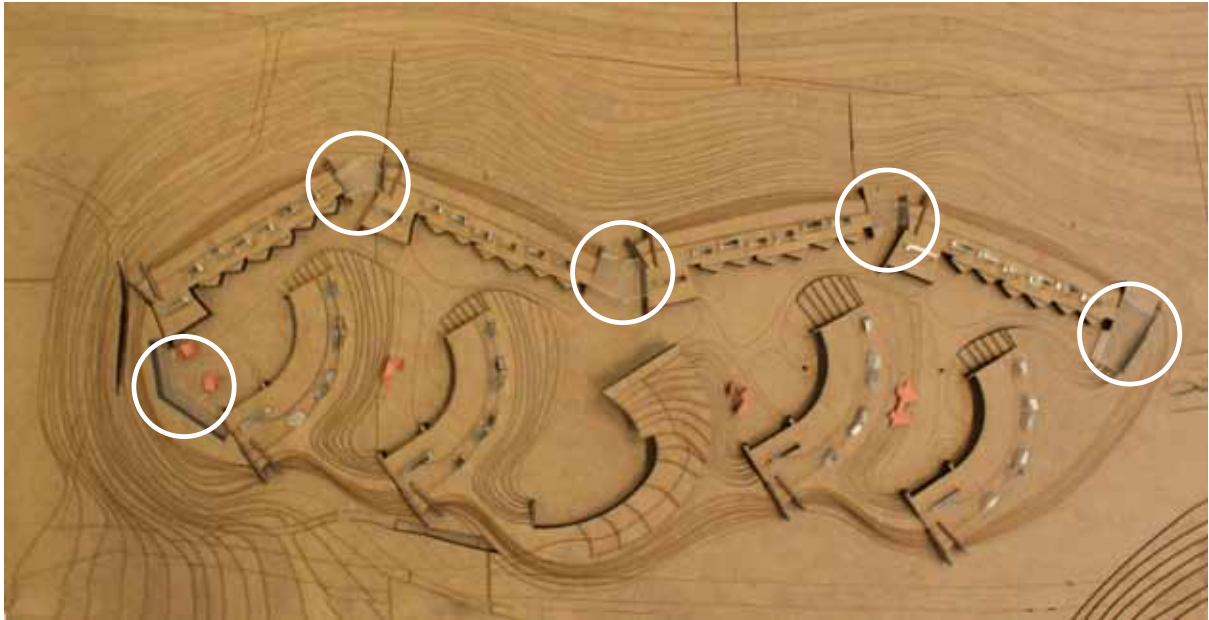
De duintuinen bevinden zich tussen de grote straat en de ronde woning. De tuinen worden zoveel mogelijk duin gehouden. Omdat het duinlandschap veranderd door de wind wordt het deels beplant, zodat het toch enigzins op zijn plaats blijft liggen. De planten die hiervoor worden gebruikt zijn planten die normaal gesproken ook in het duin terug te vinden zijn. Duindoorn, blauwbraam, duinviooltje, duinroosje, helm en nachtsilene zijn een aantal voorbeelden van zo'n planten (figuur 7.37). Daarnaast zijn bovenstaande planten niet giftig. De bewoners kunnen de besjes van de duindoorn en de blauwbraam gewoon opeten. Ook groeien bovenstaande planten in verschillende seizoenen. Hierdoor beleven de bewoners de seizoenen met hun zintuigen. Dit werkt beter als het ophangen van een kalender.



Figuur 7.31. Het plein in de zorgwijk



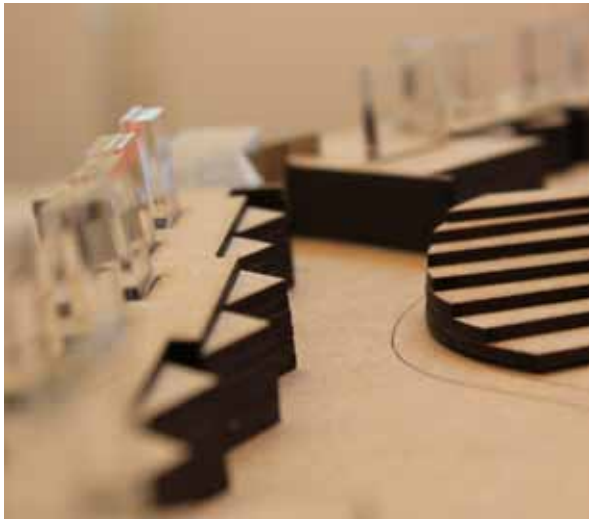
Figuur 7.32. De hoofdstraat in de zorgwijk



Figuur 7.33. De wintertuinen in de zorgwijk



Figuur 7.34. De duintuinen in de zorgwijk



Figuur 7.35. Impressie van de wintertuin



Figuur 7.36. Impressie van de duintuin

## DUINDOORN



In het najaar draagt de vrouwelijke duindoornstruik grote hoeveelheden oranje bessen. Aan het einde van het voorjaar krijgt de duindoorn smalle, grijsgroene bladeren. De besjes van de duindoorn zijn goed tegen de dorst en bevatten veel vitamine C. De bewoners mogen deze besjes dus eten.

## BLAUWBRAAM



De soort prefereert kalkrijke grond en open plaatsen met veel zon. Op vrijwel puur zand gedijt hij en brengt hij bloemen en vruchten voort. De bramen zijn niet giftig en kunnen gegeten worden.

## DUINVIOOLTJE



Het duinviooltje groeit op droge, vaak enigszins stuivende, voedselarme zandgrond in de duinen. In de herfst komt de paars/blauwe bloem tot groei.

## DUINROOSJE



De witte bloemen komen in het voorjaar tot bloei.

## HELM



De bloeitijd van helm ligt in de zomer maanden

## NACHTSILENE



Overdag heeft de plant wat verfromfaaide bloempjes en ziet eruit alsof hij uitgebloeid is. Aan het begin van de avond zie je allemaal witte sterretjes te voorschijn komen. De bloemen verspreiden een heerlijke geur. De nachtsilene groeit het beste op een noorderhelling met weinig zonlicht.

## 7.5 Woningen

De zorgwijk heeft twee type woningen. Type 1 is de 'land woning' ookwel ronde woning genoemd. Deze woning ligt aan de duintuin, is meer gericht omhoog en dus meer richting omgeving en natuur. Type 2 is een 'stad woning' ookwel rechte woning genoemd. Deze woning ligt direct aan de straat en is in tegenstelling tot de ronde woning meer gericht omlaag en naar de straat.

Beide woningen worden opgebouwd uit een aantal gemeenschappelijke aspecten. Beide woningen bestaan uit een kop en staart. In de kop bevindt zich de woonkamer, en in de staart liggen 6 slaapkamers. Er is gekozen om alle slaapkamers in één gang te plaatsten. Dit zorgt voor duidelijkheid voor de bewoners, waardoor er geen misbegrip ontstaat over waar de slaapkamer van de bewoner zich bevindt. Daarnaast ontstaat zo een duidelijke scheiding tussen wonen en slapen.

De woningen liggen in het duin geschoven waardoor een goot deel van de woningen onder het duin bevindt. De wanden die het duin tegenhouden worden uitgevoerd in beton. Beton heeft een sterke solide uitstraling, het is dragend en beschermd tegen de bedreiging van het duin. Het beton blijft vanuit binnen zichtbaar en heeft een ruwe structuur (Reckli afwerking van Steinwald).

De overige invulling van de woningen zijn van hout. Dit materiaal heeft in tegenstelling tot beton een zachte en warme uitstraling.

Omdat de bewoners baat hebben bij duidelijkheid en helderheid worden ze in de woning gemanipuleerd met licht. Mensen zijn instinctief aangetrokken tot licht, dit is een mechanisme om te overleven. Dit wordt ookwel het 'phototopism' genoemd. Door licht op de juiste plaats te plaatsten kan de weg van de mens begeleid worden. In de woningen bevindt zich boven elke deur van de woonkamer of van de slaapkamers een zonneschoorsteen. Hierdoor is er rond de deur een hogere verlichtingssterkte waardoor de bewoner automatisch hierheen getrokken wordt, en zich dus niet hoeft af te vragen waar de uitgang of toegang naar de kamer bevindt. Dit kan ook bereikt worden door een lichtstraat, er is echter gekozen voor

een zonneschoorsteen zodat de woningen hiermee tergelijktijd geventileerd kunnen worden. Dit zal in hoofdstuk 7.6 nader worden toegelicht.

De zonneschoorstenen steken 4 meter boven het duin uit. Hierdoor is vanuit het duin en vanuit het strand alleen de zonneschoorstenen te zien. Als 's nachts binnen het licht aan is, en buiten donker dan zijn de zonneschoorstenen lichttorens die boven het duin uitsteken.

De woningen zijn vormgegeven naar de herkenningpunten. Elke kamer heeft zicht op het herkenningpunt. De richting van de woning wordt benadrukt door de liggers die in het zicht blijven. Deze liggers zijn van hout en worden groter gemaakt dan dat eigenlijk nodig is, waardoor ze opvallende elementen in de ruimte zijn.

De zonneschoorsteen steekt door het plafond heen, waardoor hij meer de ruimte in komt. De bewoner wordt hierdoor de ruimte in getrokken.

In de woonkamer bevindt zich een groene wand tegenover de ingang. Dit samen met de zonneschoorsteen zorgt ervoor dat de bewoner eerst helemaal de woonkamer in wordt getrokken voordat hij/zij afslaat naar zijn/haar doel. Daarbij wordt de zonneschoorsteen aan een kant ondersteund door een aantal kolommen. Hierdoor is de bewoner eerder geneigd naar het woon/zit gedeelte van de woonkamer te gaan, dan naar het eet/keuken gedeelte. Het woon/zit gedeelte bevindt zich aan de gevel.

De ronde woning is bij het woon/zit gedeelte 4 meter hoog, met ramen die tot aan het plafond lopen. Hierdoor komt er veel licht de ruimte in, en hebben de bewoners ruim uitzicht over de omgeving. De rechte woning heeft panorama ramen en is 3 meter hoog. De bewoner heeft hier meer zicht op wat er op de straat gebeurt.

Aan de andere kant van de woonkamer bevindt zich de eettafel en de keuken. Daarnaast ligt hier ook een aparte kamer waar de bewoners eventueel met familie terug kunnen trekken. Dit is een snoezelruimte, waar rust op eerste plek staat. Een wand van de ruimte is volledig van groen. Volgens de healing environment heeft groen een positief effect op het psyche van de mens. Het reduceert onder andere depressie, pijn,



stress. De liggers zijn in deze ruimte niet in het zicht gelaten. Hierdoor voelt de ruimte rustiger aan. De afwerking van het plafond loopt echter niet totaan de gevel. Er is een kleine gleuf gelaten tussen de gevel en het plafond. Hierdoor ontstaat een zwarte rand aan het plafond die de vorm van de ruimte aangeeft. Deze persoonlijke ruimte is de enige ruimte die door de rug van het gebouw dringt, en uitzicht geeft op de andere kant.

Het plafond van de woonkamer is afgewerkt met houten strips van drie verschillende maten. Deze strips lopen van ligger tot ligger. Hierdoor krijgt het plafond een structuur, waardoor de rolstoelgebruikers (die vaak naar het plafond kijken) geen effen wit plafond zien. Daarbij is het door deze afwerking mogelijk om een strook tussen twee liggers te verlagen waardoor hierachter kabels en dergelijke kunnen worden weggewerkt.

Het plafond helpt ook in de akoestiek. Doordat ongeveer de helft van de muren van beton zijn, helpt het hout op het plafond om een lagere nagalmtijd, en dus een betere akoestiek, te krijgen.

De woningen hebben een houten gevelbekleding en benadrukken de richting van de woning. De ronde woning heeft horizontale gevelbekleding, de rechte woning horizontale gevelbekleding.

De slaapkamers zijn losse hokken die de gang in steken. Het deel van de slaapkamer wat zich buiten bevindt heeft dezelfde gevelbekleding als het deel van de slaapkamer wat binnen bevindt.

Doordat de slaapkamers gescheiden van elkaar staan worden deze ervaren als een eigen huis. Tussen de verschillende slaapkamers staat glas waardoor licht de gang in komt. Daarnaast wordt de gang verlicht door de zonnescorstenen die zich boven de deur van de slaapkamers bevinden en een lichtstraat aan de kant van de blinde wand van de gang. Deze wand is tevens van ruw beton, het licht wat erop valt, zal dit ruwe karakter benadrukken.

De ronde woning heeft een binnen/buiten ruimte voor de slaapkamers. Deze is te bereiken vanuit de gang of vanuit buiten. Door het verschil in beukmaken worden er kleinere persoonlijke plekken gecreëerd en grotere plekken waar met een groep mensen gezeten kan worden. In de winter kan deze ruimte door een glazen vouw wand worden afgesloten, zodat de ruimte het

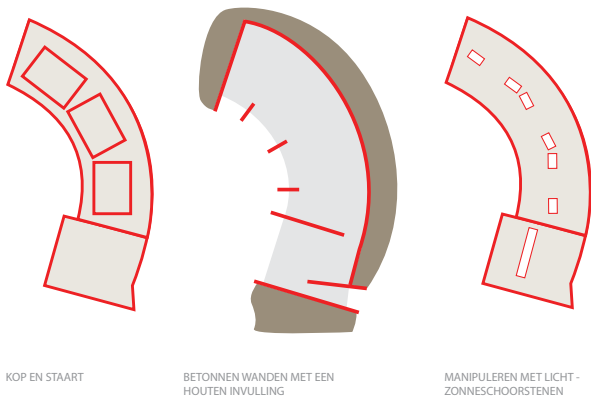
hele jaar te gebruiken is. Deze binnen/buiten ruimte kan in principe door de hele zorgwijk gebruikt worden, om toch een beetje privacy te creëren staan voor de vouw wand bamboe planten. Daarnaast zorgen de bamboe planten er ook voor dat de bewoners in de zomer beschut zitten.



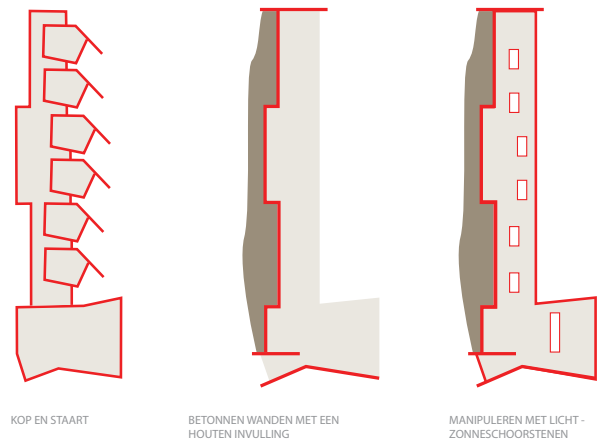
**'stad' woning (rechte woning, type 2)**  
gericht naar straat (omlaag)

**'land' woning (ronde woning, type 1)**  
gericht naar natuur (omhoog)

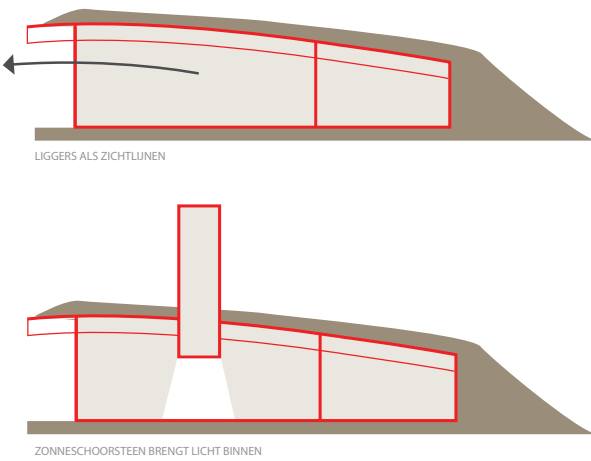
Figuur 7.38. Dwarsdoorsnede wijk. Met de verdeling van de twee type woningen



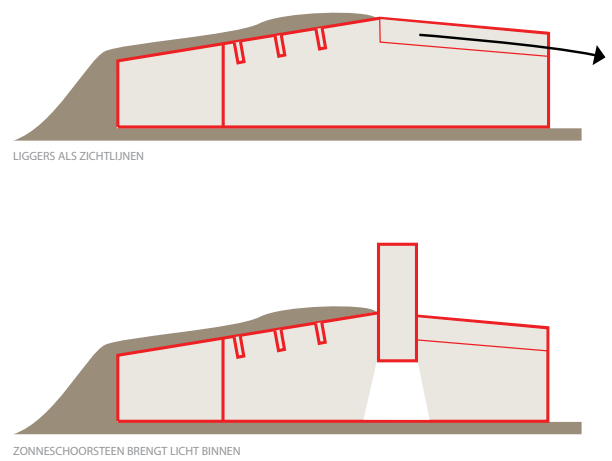
Figuur 7.39. Schematische opzet van de plattegrond van de ronde woning



Figuur 7.41. Schematische opzet van de plattegrond van de ronde woning



Figuur 7.40. Schematische opzet van de doorsnede van de ronde woning



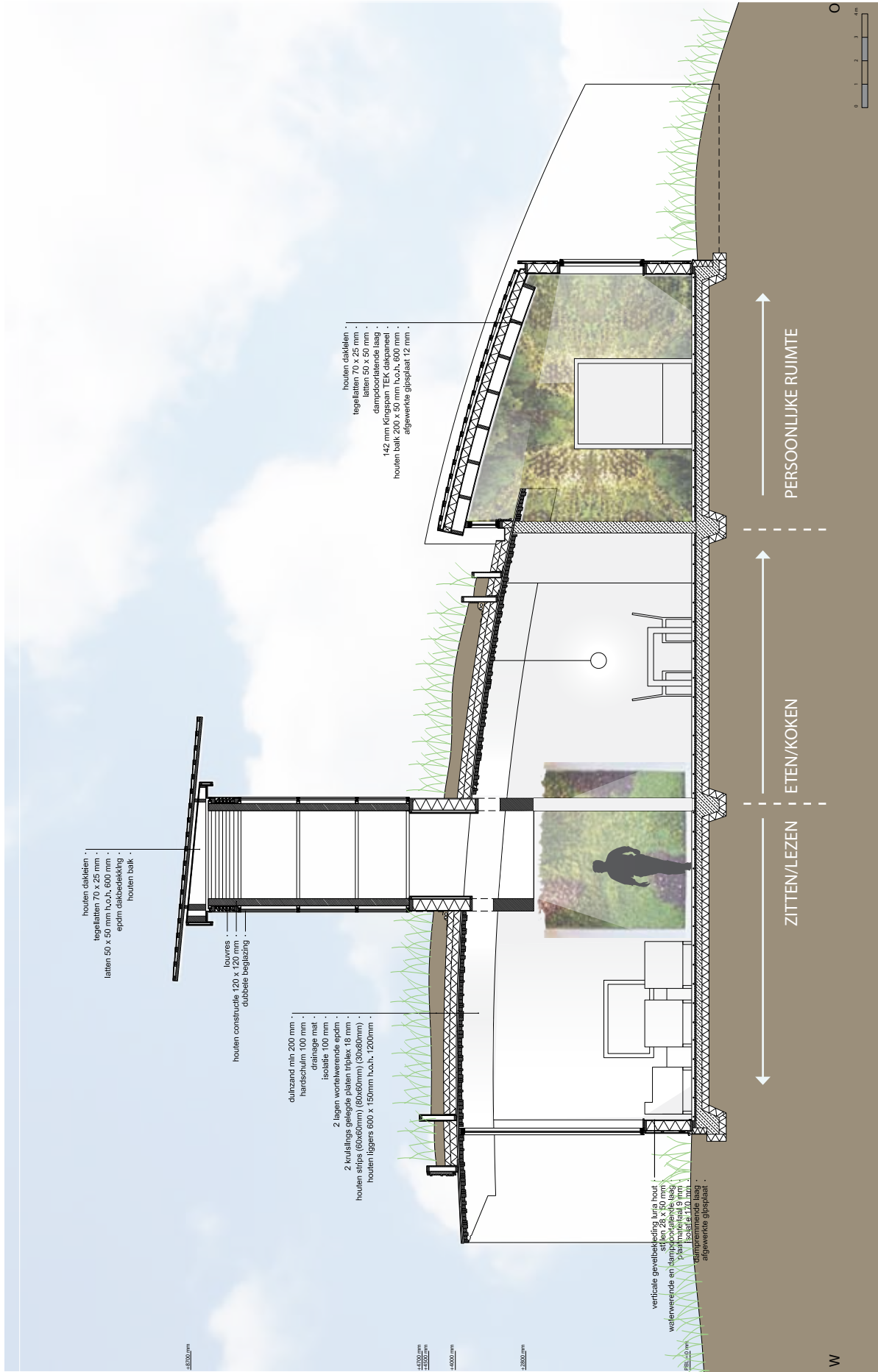
Figuur 9.42. Schematische opzet van de doorsnede van de rechte woning



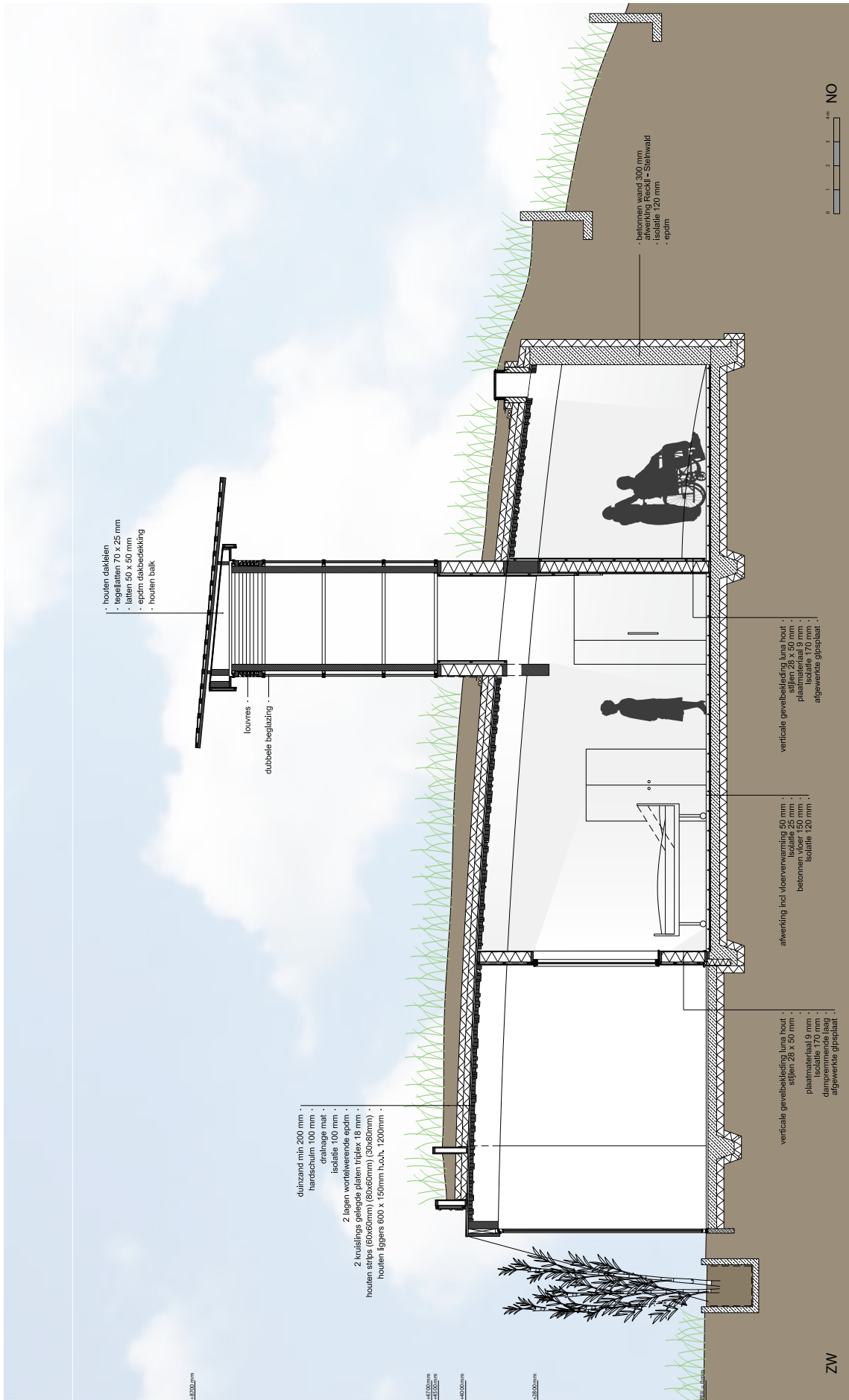
Figuur 7.43. Foto van de ronde woning



Figuur 7.44. Plattegrond van de ronde woning



Figuur 7.45: Doorsnede van de woonkamer van de ronde woning



Figuur 7.46. Doorsnede van de slaapkamer van de ronde woning

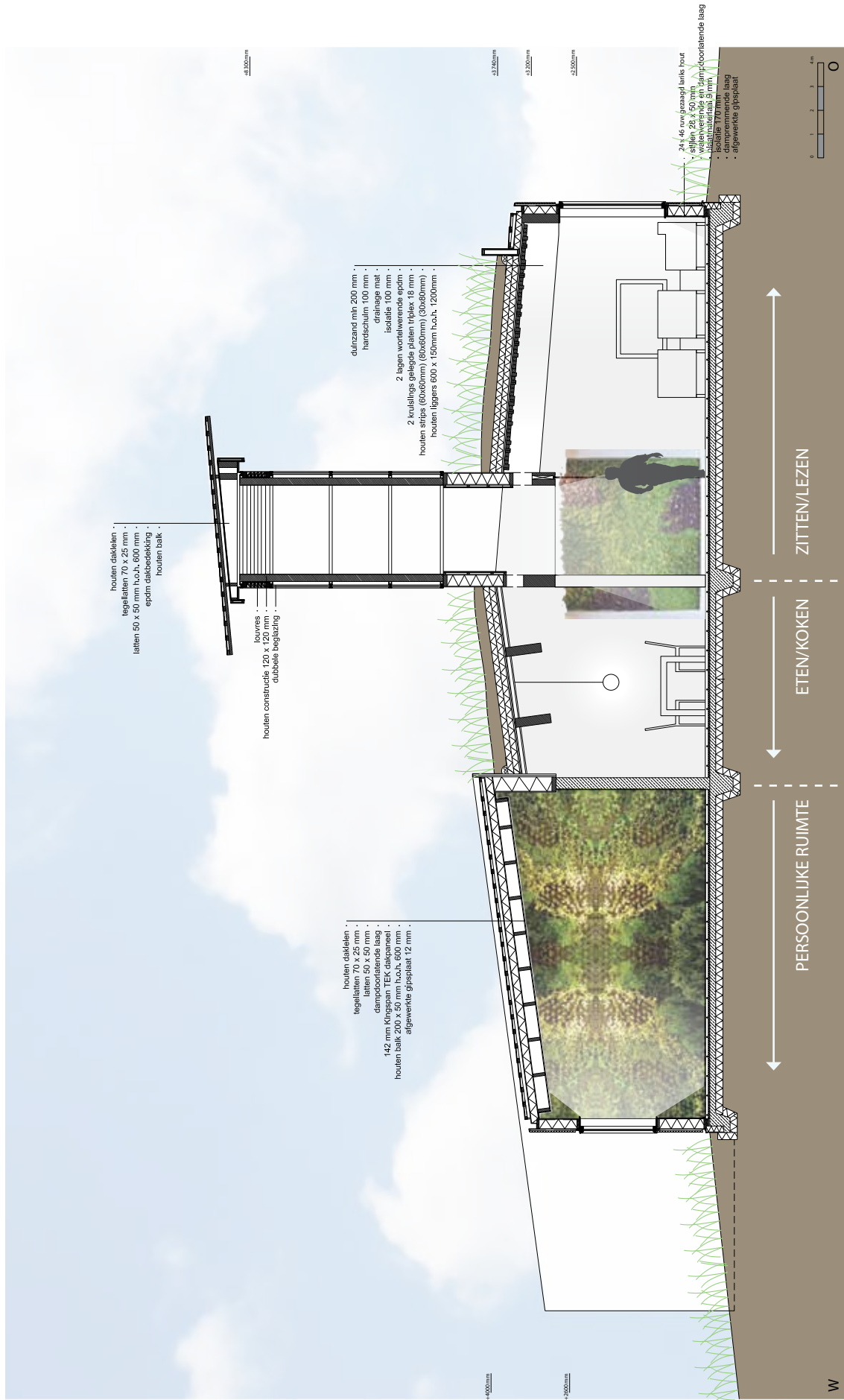


Figuur 7.47. Foto van de rechte woning

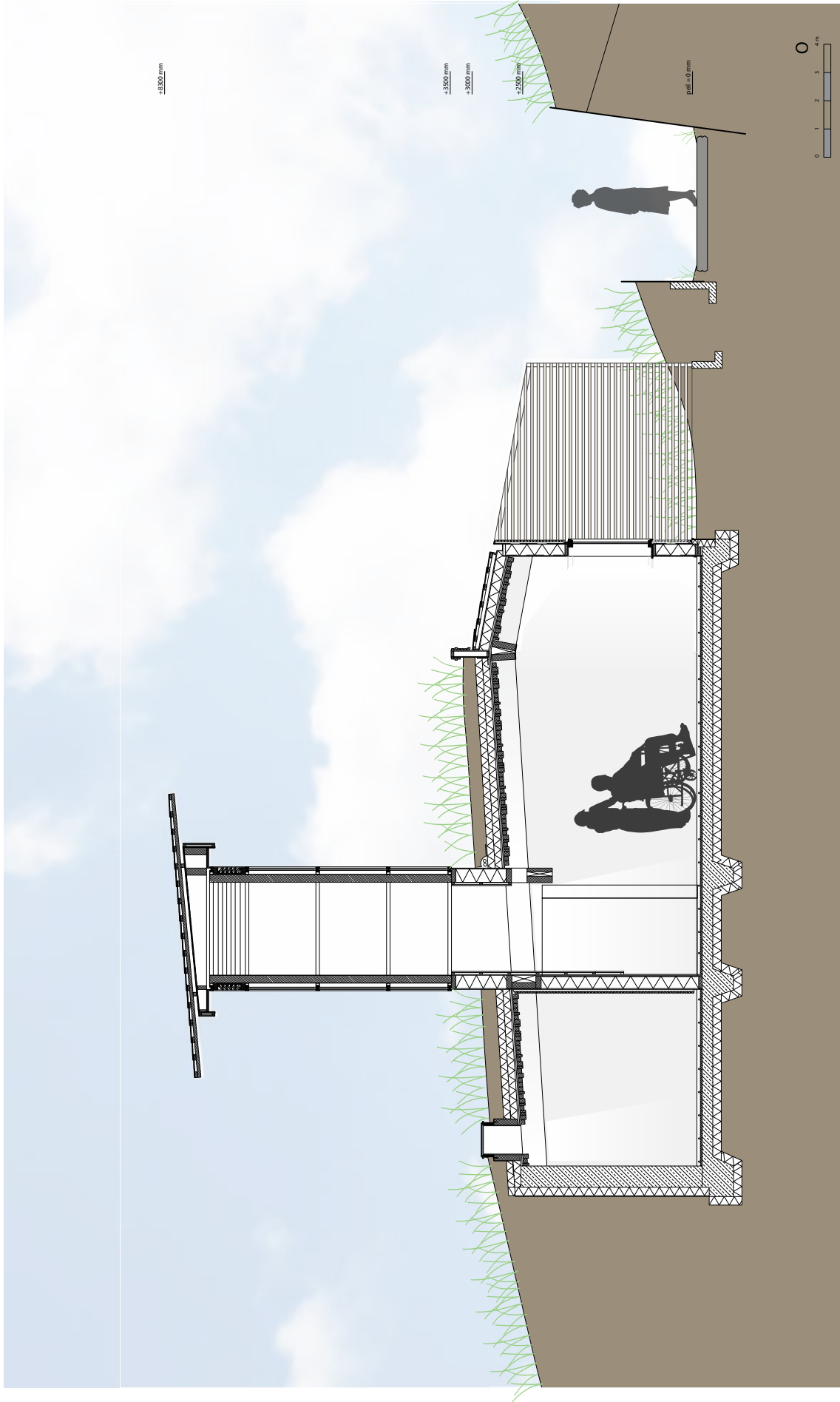




Figuur 7.48. Plattegrond van de rechte woning



Figuur 7.49. Doorsnede van de woonkamer van de rechte woning



Figuur 7.50. Doorsnede van de slaapkamer van de rechte woning

## 7.6 Klimaat

Zoals vermeld dient de zonneshoorsteen niet alleen voor het verhogen van de lichttoetreding. De zonneshoorsteen zorgt ervoor dat de onderliggende woningen worden geventileerd. Tijdens de master Architectural Engineering is alleen het principe van de zonneshoorsteen uitgewerkt. Tijdens de master Building Technology wordt dit ventilatie principe en de aannemens die ten aanzien van ventilatie zijn gedaan verder onderzocht.

De zonneshoorsteen maakt gebruik van stack-ventilatie. Door invallende zonnestraling warmt de zonneshoorsteen op, waardoor lucht stijgt. De lucht in de zonneshoorsteen wordt vervolgens vervangen door de lucht uit de woning. De zonneshoorsteen wordt afgewerkt met een schuin dak. Dit dak zorgt ervoor dat er geen regen de zonneshoorsteen invalt. Daarnaast zorgt het dak ervoor dat er geventileerd kan worden met wind bij een stralingsarme dag.

De afmetingen van de zonneshoorstenen komen voornamelijk uit architectonisch standpunt. De lengte van de zonneshoorsteen komt voort uit hoever de bewoners de woonkamer in geleid worden. De breedte is dezelfde breedte als de deur, en zorgt ervoor dat er voldoende lichttoetreding is. De zonneshoorsteen steekt 4 meter boven het duin uit. Hierdoor zijn vanuit het strand en het duin alleen de zonneshoorstenen zichtbaar die boven het duin uit steken.

Omdat elke zonneshoorsteen zich boven twee ruimtes bevindt word deze door een glazenplaat opgedeeld, waardoor de twee ruimtes niet met elkaar in contact staan.

Alle kamers worden verwarmd door vloerverwarming. Door de hoge ruimtes van de ronde woning is het voordeliger om vloerverwarmin toe te passen. Bij de overige verwarmingssystemen is het boven in de ruimte warmer dan op verblijfsniveau. Bij vloerverwarming is dit echter niet het geval, de hoogste temperatuur bevindt zich op vloerniveau. Hierdoor wordt er een aangename temperatuur in de verblijfszone gecreëerd.

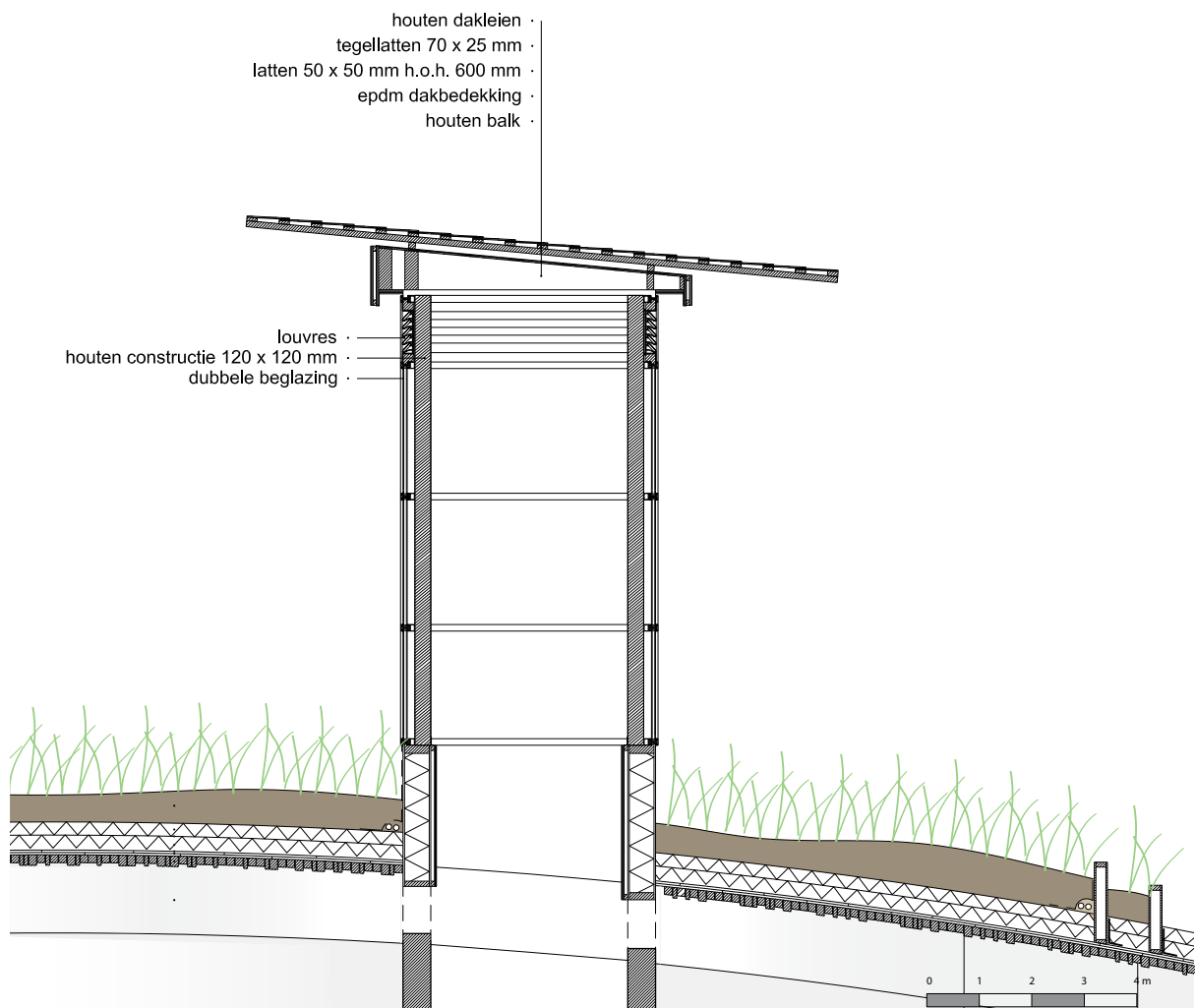
In de ronde woonkamer wordt de lucht aangevoerd via een ondergronds netwerk van kanalen. Op een bepaalde diepte is de temperatuur constant in Nederland, deze ligt hier rond de 10 a 11 graden. Door de lucht hierdoor aan te voeren is de lucht die de woonkamer binnenkomt altijd rond de 10 a 11 graden.

Dit betekent dat er in de zomer minder gekoeld hoeft te worden en in de winter minder bijverwarmd. Om de lucht op deze temperatuur te krijgen is een vrij groot oppervlakte van kanalen nodig.

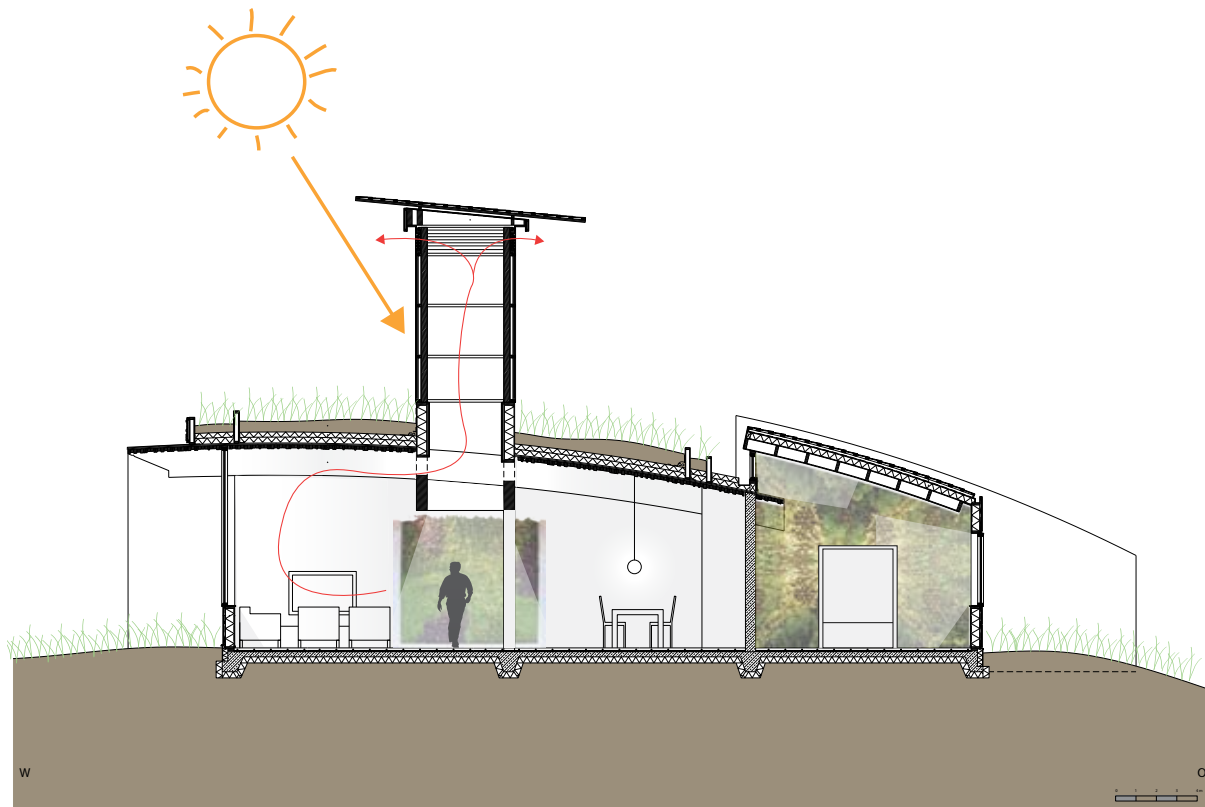
De lucht komt vervolgens de woonkamer binnen door de groene wand, die zich tegenover de deur van de woonkamer bevindt. Deze planten zorgen ervoor dat de lucht gezuiverd wordt. De lucht wordt onderaan de wand aangevoerd waarna deze zich verspreid naar boven. Onderaan de wand bevinden zich dan vooral ook de planten die de meeste giftige stoffen verwijderen (figuur 7.x).

In de slaapkamer van de ronde woning wordt de lucht toegevoerd via de binnen/buitenruimte. In de winter wordt de binnen/buiten ruimte afgesloten door een glazen vouwwand. De bamboe die voor de glazenwand staat verliest in november veel van zijn bladeren waardoor er vooral de dunne steel overblijft. Hierdoor kan de zon de binnen/buiten ruimte opwarmen. De lucht wordt door een ondergrondsnetwerk van kanalen in de binnen/buitenruimte geblazen. Deze wordt hier nog verder opgewarmd voordat de lucht de woning in de getrokken door de zonneshoorsteen. In de herfst en lente wordt er direct vanuit de binnen/buiten ruimte geventileerd, er wordt nu geen gebruik gemaakt van het ondergrondsnetwerk van kanalen. In de zomer word de glazen vouwwand helemaal opengezet. Hierdoor kan de binnen/buitenruimte maximaal geventileerd worden. Door de volle bamboe komt er minder zon binnen, waardoor de binnen/buiten ruimte minder opwarmt. Daarbij zuivert bamboe de lucht en wordt de lucht in de zomer gekoeld door schaduw en verdamping.

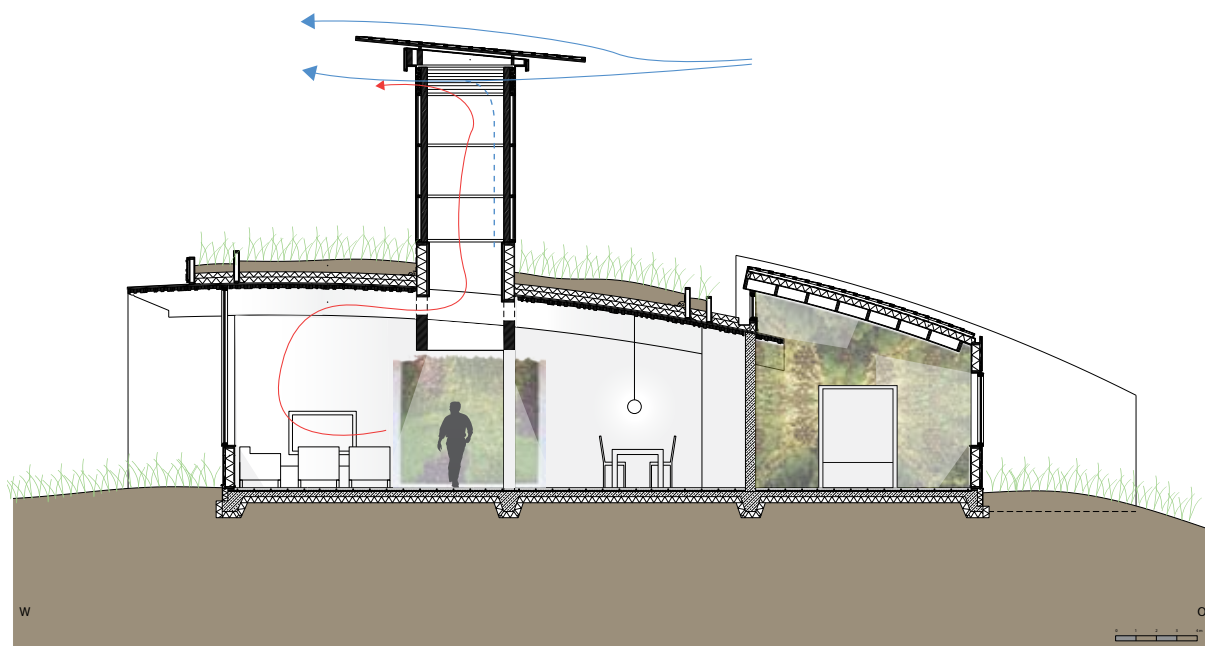
De lucht in de slaapkamer wordt nu direct vanuit het ondergronds netwerk aangevoerd, en vervolgens afgevoerd door de zonneshoorsteen.



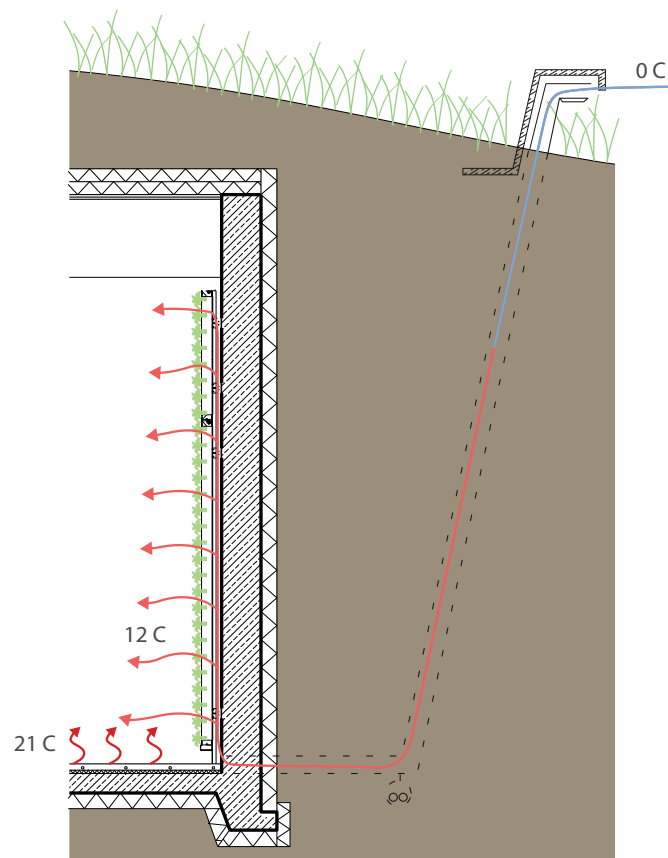
Figuur 7.51. Doorsnede van de zonneshoorsteen



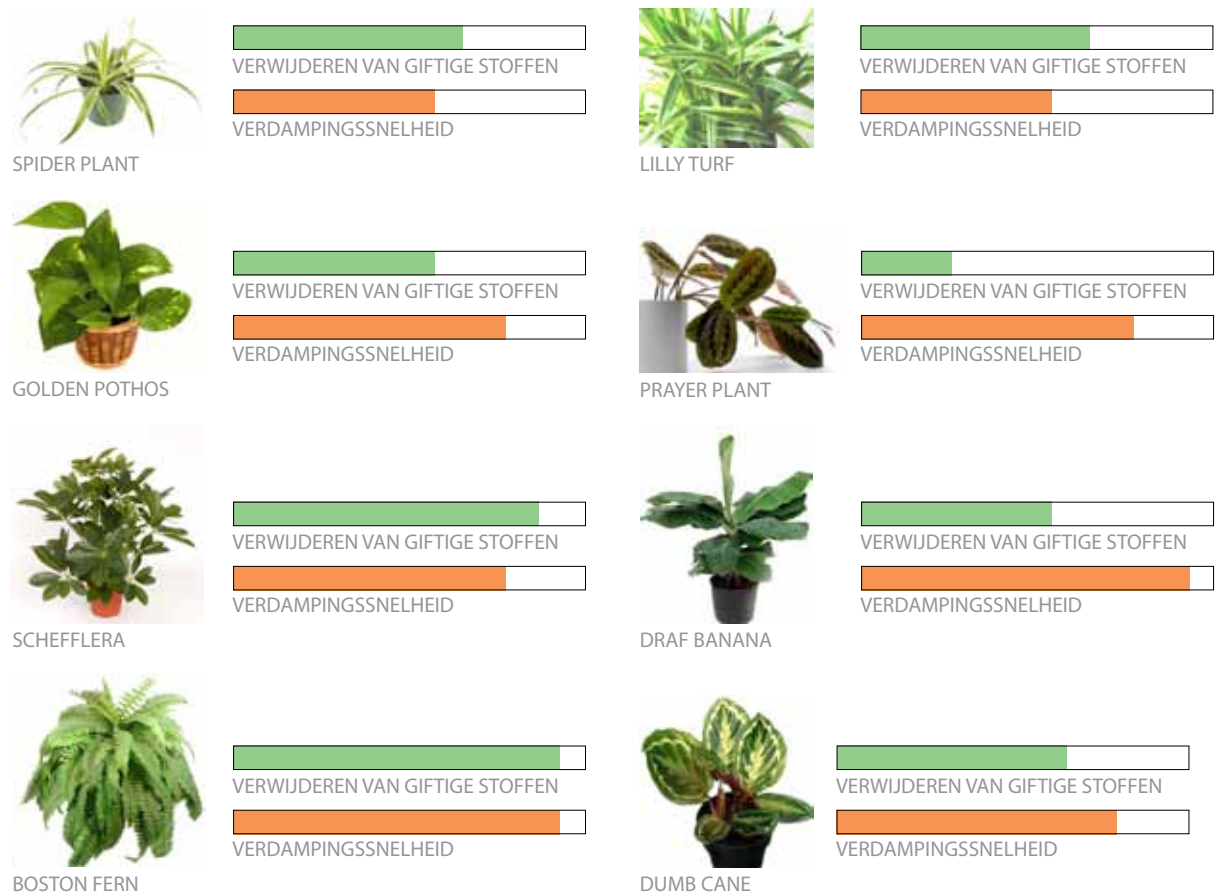
Figuur 7.52. Klimaatschema voor de ventilatie van de ronde woning op een stralingsrijke dag



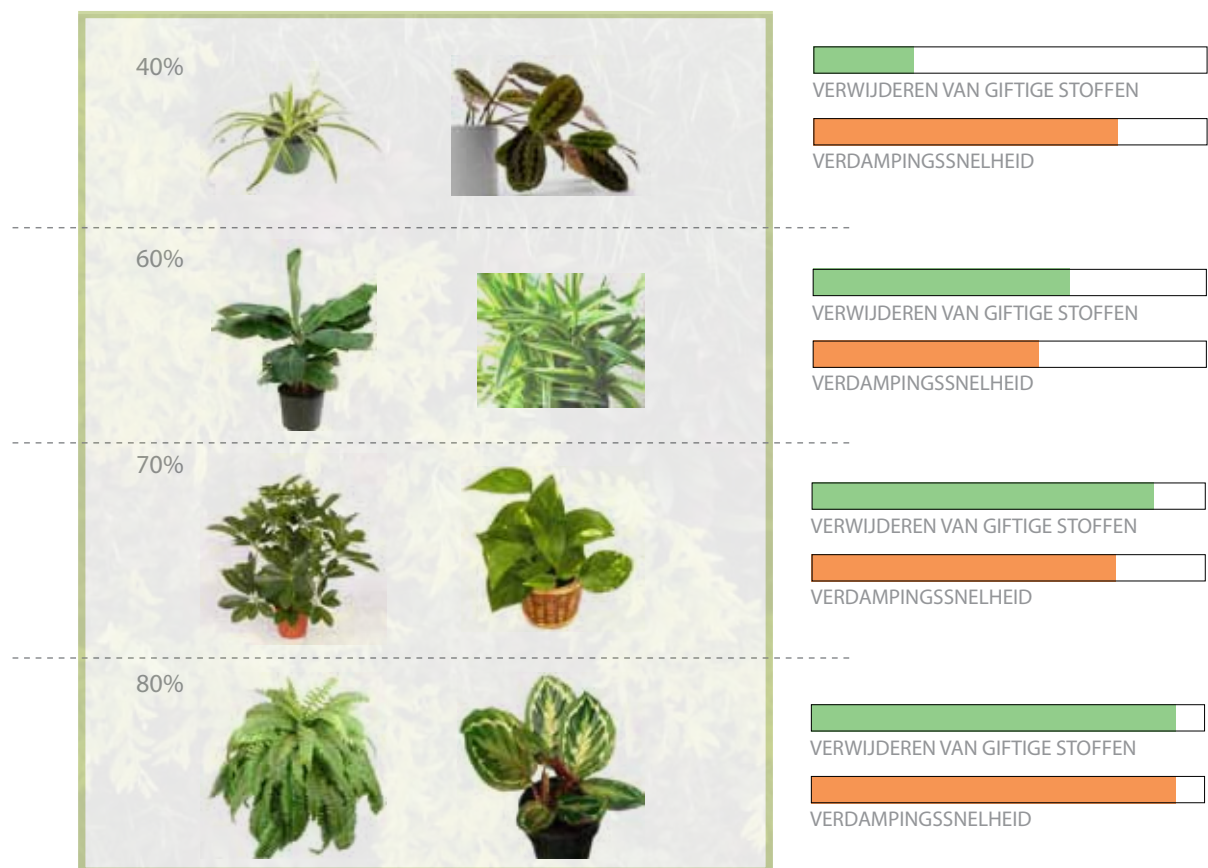
Figuur 7.53. Klimaatschema voor de ventilatie van de ronde woning op een stralingsarme dag



Figuur 7.54. Schema van de luchttoevoer via de groene wand in de woonkamers

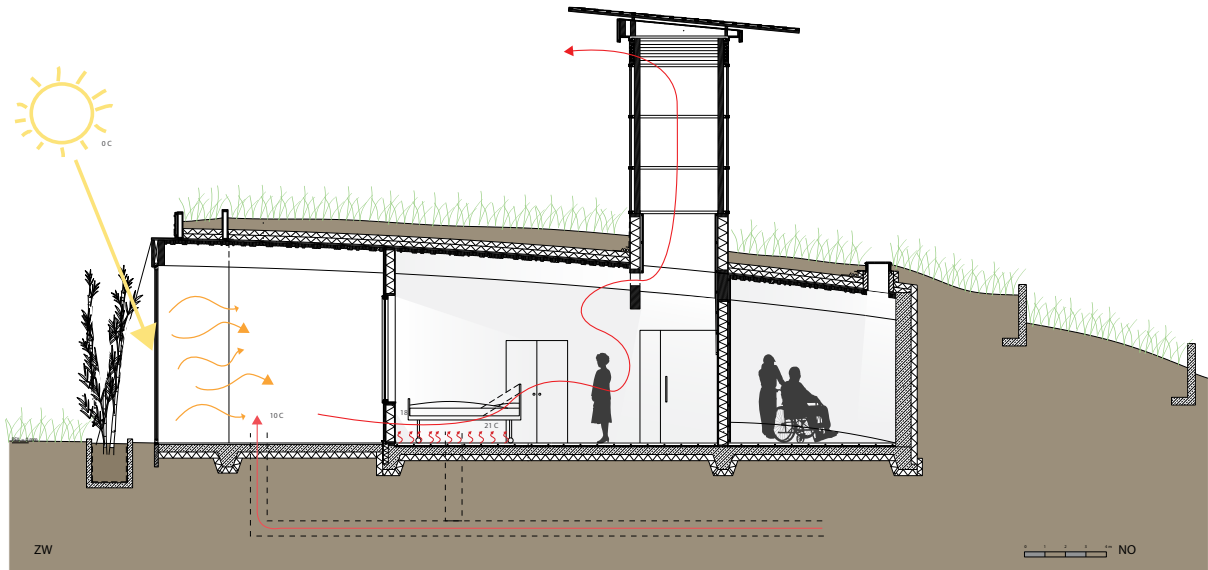


Figuur 7.55. Een aantal binnenplanten en hun eigenschappen ten aanzien van filtering en verdamping

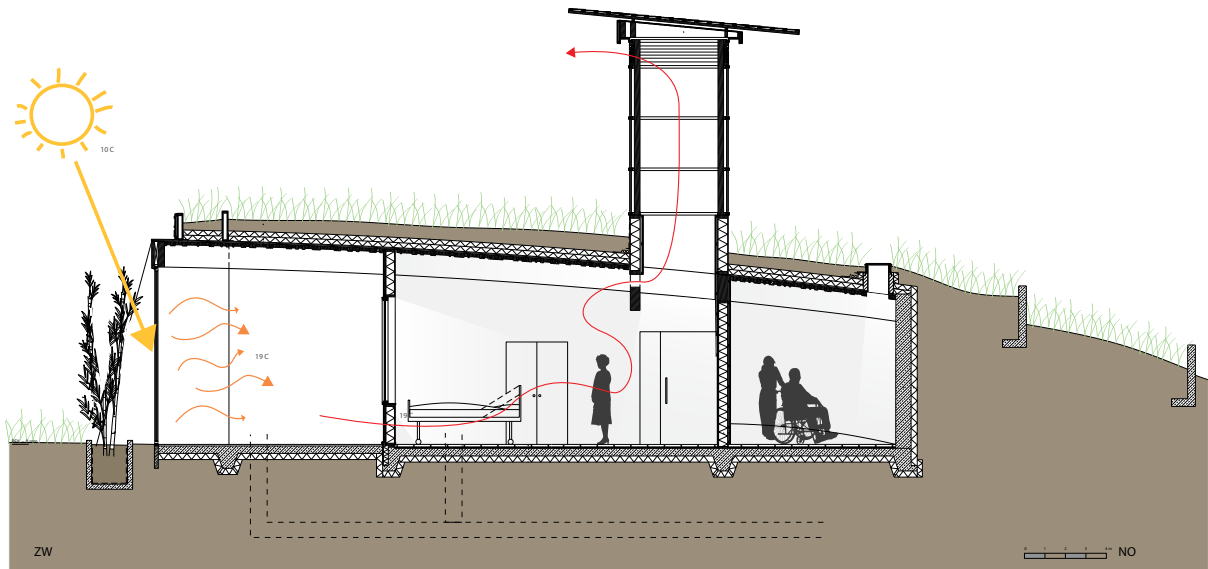


Figuur 7.56. De indeling van de groene wand in de woonkamer. Onderaan bevinden de platen die de lucht het beste filteren.

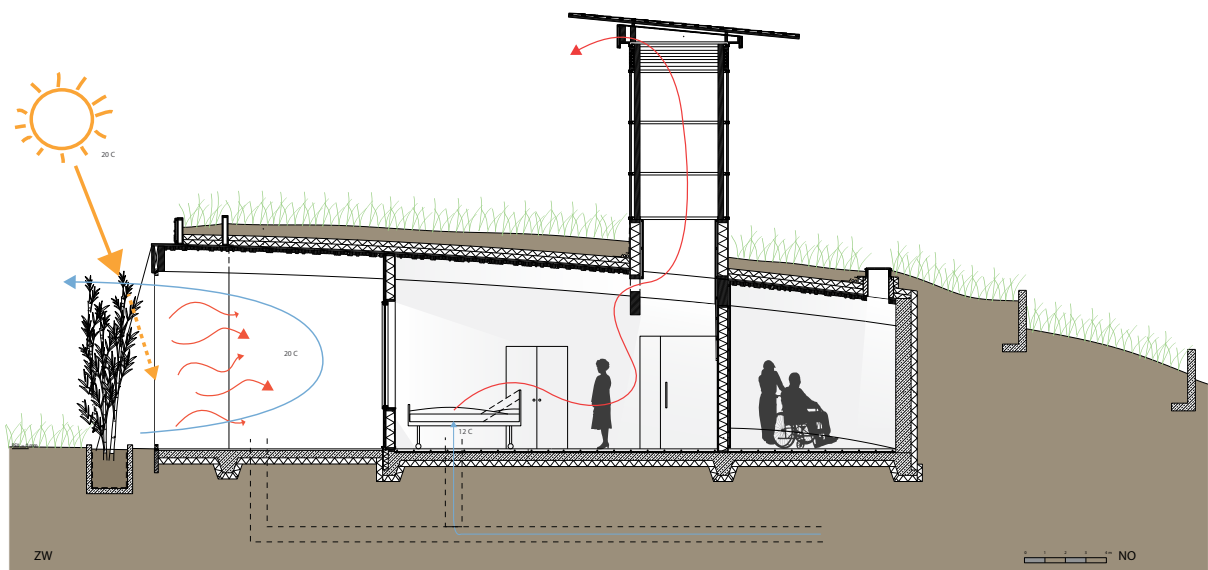




Figuur 7.57. Klimaatschema voor de ventilatie van de ronde slaapkamer in de winter



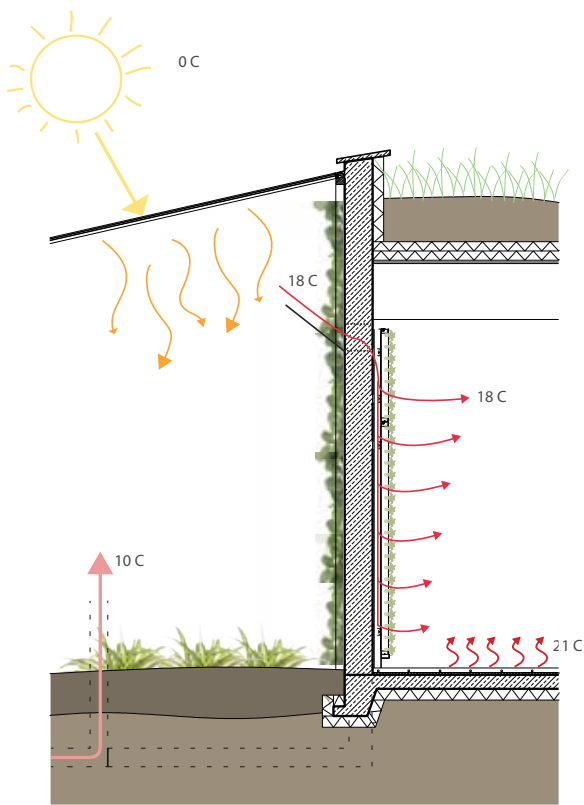
Figuur 7.58. Klimaatschema voor de ventilatie van de ronde slaapkamer in de herfst en lente



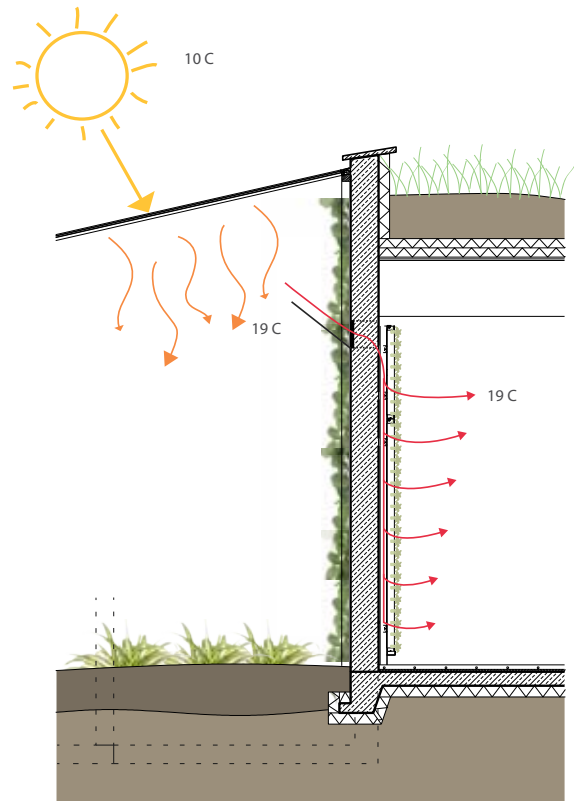
Figuur 7.59. Klimaatschema voor de ventilatie van de ronde slaapkamer in de zomer

De woonkamers van de rechte woningen staan in direct contact met de aanliggende kassen. Het ventilatieprincipe is hier nagenoeg hetzelfde als het ventilatieprincipe van de ronde slaapkamer. In de winter wordt de kas opgewarmd door de binnenkomende zonnestraling. De verse lucht in de kas wordt aangevoerd door het ondergrondse netwerk van kanalen. Vervolgens wordt de lucht vanuit de kas door de groene wand de woonkamer ingevoerd. In de herfst en lente wordt er geen gebruik gemaakt van het netwerk kanalen. In de zomer worden in het dak delen opengezet waardoor de kas geventileerd wordt. In de woonkamer wordt de lucht nu via de kanalen door de groene wand toegevoerd.

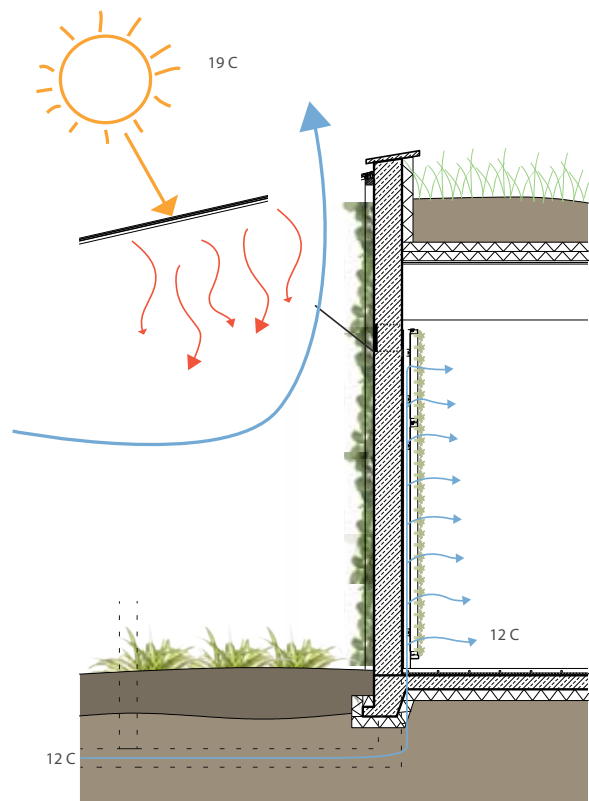
De slaapkamers van de rechte woning worden rechtstreeks geventileerd door de ondergrondse kanalen. De lucht wordt vervolgens afgevoerd volgens de zonneshoorsteen.



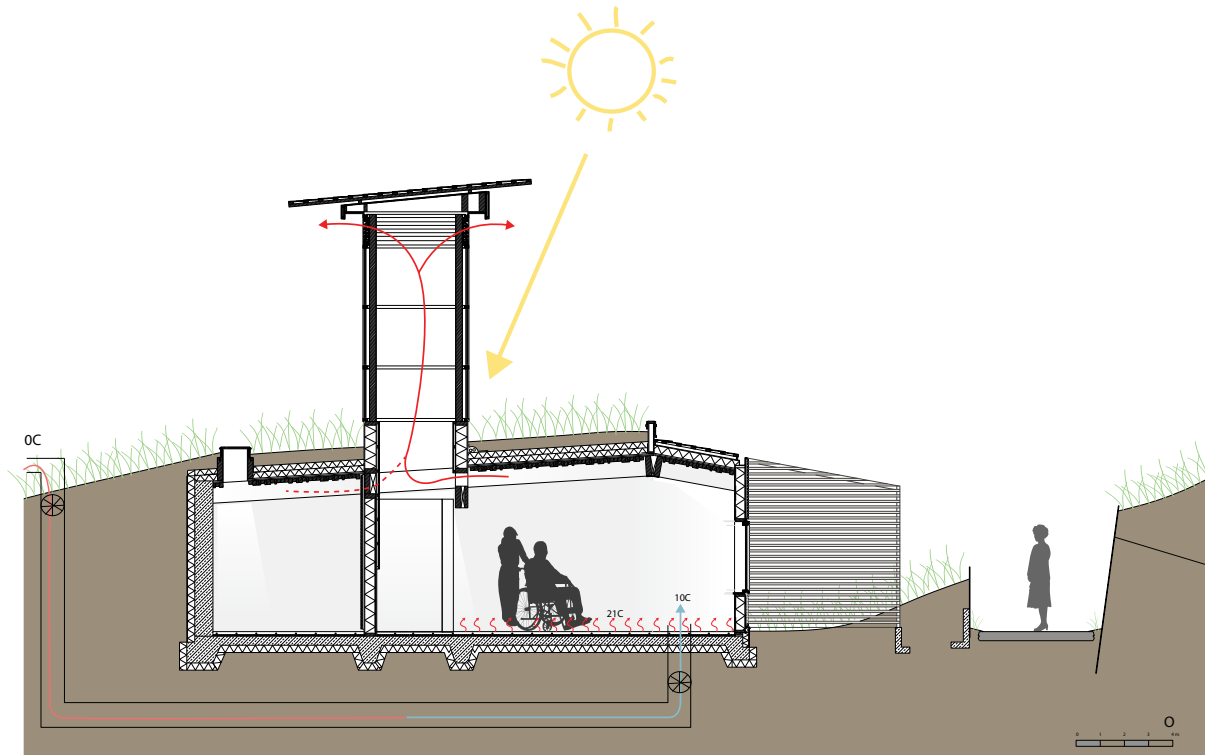
Figuur 7.60. Klimaatschema voor de ventilatie van de kas en de rechte woonkamer in de winter



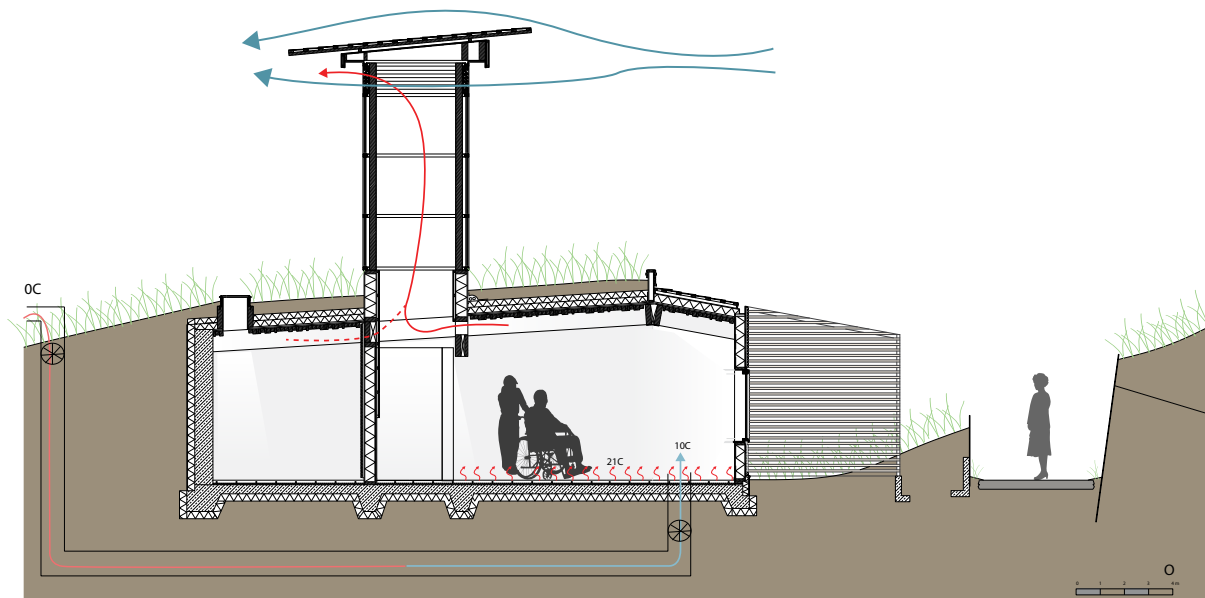
Figuur 7.61. Klimaatschema voor de ventilatie van de kas en de rechte woonkamer in de herfst en lente



Figuur 7.62. Klimaatschema voor de ventilatie van de kas en de rechte woonkamer in de zomer



Figuur 7.63. Klimaatschema voor de ventilatie van de rechte slaapkamer op een stralingsrijke dag



Figuur 7.64. Klimaatschema voor de ventilatie van de rechte slaapkamer op een stralingsarme dag

*Give light and people will find the way.*

Ella Bakker

## 8.0 Licht

*Licht zorgt ervoor dat we onze omgeving goed kunnen waarnemen. Het lichtniveau heeft een tweedelige functie hierin; visuele prestatie (een oogtaak goed te kunnen uitvoeren) en visueel comfort (sfeer in een ruimte). Voor dementerenden is het lichtniveau in een ruimte extra belangrijk. Dementerenden hebben vaker en sneller last van oogproblemen, waardoor het zicht belemmerd wordt.*

*Dit hoofdstuk is geschreven voor de master Building Technology.*



## 8.1 Functie van het oog

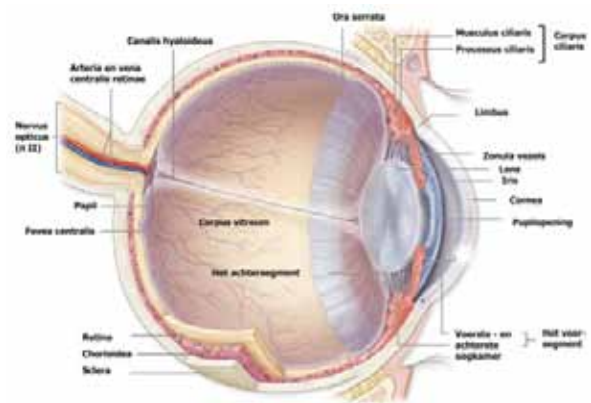
### 8.1.1. Het zicht

Het menselijk oog is een waarnemingsorgaan dat gebruik maakt van licht om een beeld door te geven naar de hersenen. Elektromagnetische straling met een golflengte tussen 380 nm (violet) en 780 nm (rood) is zichtbaar voor het menselijk oog. Het menselijk oog bestaat uit verschillende onderdelen (figuur 8.1). Elk van deze onderdelen hebben een aparte functie, deze zullen hieronder wordt toegelicht.

Het hoornvlies (de cornea) bevindt zich aan de voorkant van het oog. Dit is het doorzichtige deel van de harde oogrok (sclera), die de hele oogbol omvat. Door het hoornvlies valt het licht het oog binnen. Het hoornvlies absorbeert het schadelijk deel van het licht met een golflengte kleiner dan 295 nm (gamma-, röntgen- en een deel van de UV-straling). De lens absorbeert vervolgens de overige UV-straling. Alleen het zichtbare deel van het licht (380 nm tot 780 nm) wordt zo doorgelaten. Het hoornvlies zorgt voor ongeveer 70% van de breking van het licht [Gordon, p.19] en werkt als een lens, met een brekingssterkte tussen de 40 en 45 dioptrieën. Hierbij geldt hoe groter de dioptrieën, hoe sterker de lens.

De pupil is een kleine ronde opening waardoor we kijken, in de iris (regenboogvlies). De iris zorgt ervoor dat de juiste hoeveelheid licht in het oog valt. Door kleine spiertjes in de iris samen te trekken of juist te ontspannen wordt de pupil kleiner of groter. In fel licht wordt de pupil kleiner, in het donker wordt ze groter. De grootte van de pupil kan variëren van 3mm tot 7mm [Gordon, p.19].

De (oog)lens bevindt zich direct achter de pupil en de iris. De ooglenzen heeft een sterkte van ongeveer 20 dioptrieën en zorgt ervoor dat het beeld scherp op het netvlies wordt geprojecteerd. De ooglenzen zorgt voor ongeveer 30% van de breking van het licht. De sterkte van breking door de ooglenzen kan worden gevarieerd door samentrekking of ontspanning van de kringspieren, hierdoor kan het oog zich scherpstellen ofwel accommoderen. Om voorwerpen die zich dichtbij het oog bevinden scherp af te beelden wordt de lens boller, voor voorwerpen ver weg maakt de lens zich vlakker.



Figuur 8.1. Doorsnede van het menselijk oog

De voorste oogkamer ligt tussen het hoornvlies en de iris. Deze ruimte is gevuld met oogvocht of kamerwater, een heldere vloeistof. Dit wordt in de achterste oogkamer gemaakt. Deze ruimte ligt achter de iris, waar de lens is opgehangen. Het oogvocht wordt gemaakt door het straallichaam (corpus ciliare) en stroomt langs de ooglenzen door de pupil naar de voorste oogkamer [Gordon, p.18]. In de kamerhoek bevindt zich een netwerk van afvoerende kanaaltjes. Dit wordt het trabekelsysteem genoemd. Via dit systeem wordt het oogvocht afgevoerd naar de bloedbaan. Het oogvocht zorgt voor de aanvoer van voedingsstoffen en zuurstof. Ook de oogdruk wordt door de aanmaak en afvoer van het oogvocht bepaald.

Het netvlies (retina) is een lichtgevoelige laag aan de achterzijde van oog en speelt een belangrijke rol in het de adaptatie van het oog (meer hierover in hoofdstuk 4.5.2). In het netvlies bevinden zich zintuigcellen (fotoreceptoren) die het zichtbare licht opvangen en het via een fotochemische reactie omzetten in zenuwpijkkels, die vervolgens naar de hersenen gaan. Er zijn drie soorten fotoreceptoren: staafjes, kegeltjes en een recent ontdekte receptor. Deze laatste wordt meestal aangeduid als fotoreceptieve retinale ganglion cel (pRGCs) [Aries, p. 6].

Er bevinden zich ongeveer 6 miljoen kegeltjes in het menselijk oog. Kegeltjes dienen voor het dag-zien (fotopie) en concentreren zich in en rond het centrum van het netvlies; de gele vlek, met in het hart daarvan

de fovea. Er bestaan drie soorten kegeltjes; die gevoelig zijn voor rood, blauw of groen licht. Met de kegeltjes kunnen we recht voor ons uit details onderscheiden en kleuren zien, we noemen dit zicht 'fotopische visie' [Bakker, p.169]. Middenachter in het netvlies zitten de kegeltjes heel dicht op elkaar. Op deze plek bevindt zich ook de gele vlek (macula). In de macula bevindt zich 90 procent van het gezichtsvermogen.

Daarnaast bevinden zich ongeveer 120 miljoen staafjes in het menselijk oog. De staafjes dienen voor het schemer/nachtzien (scotopie), en detecteren dus licht op lage luminantieniveaus ( $<1\text{cd/m}^2$ ). De staafjes zitten vooral in de periferie van het netvlies in een brede band rond de fovea. Hierdoor heeft het oog een wijds zicht. Met de staafjes worden geen kleuren waargenomen. Deze monochrome visie wordt ook wel 'scotopische visie' genoemd [Bakker, p.169].

Rond  $1\text{ cd/m}^2$ , werken de kegeltjes en de staafjes samen, dit domein wordt 'mesopische visie' genoemd [Bakker, p.169].

De pRGCs voorzien diverse niet-visuele gebieden in het brein (waaronder de biologische klok) van lichtinformatie waardoor tal van lichaamsprocessen worden aangestuurd. Gemiddeld dient ongeveer 1% van alle fotoreceptoren op het netvlies voor het doorgeven van de niet-visuele effecten van licht. Deze fotoreceptoren liggen verspreid als een netwerk over het netvlies. De pRGCs in het onderste deel van het netvlies zijn gevoeliger voor melatonine onderdrukking dan het bovenste gedeelte.

Het glasvocht ofwel glasachtiglichaam (corpus vitreum) is een soort gelei dat de ruimte tussen de lens en het netvlies vult. Het glasvocht is omgeven door een dun vlies, maar bevat geen bloedvaten. Wel zitten er dunne vezels in die zorgen voor elasticiteit en stevigheid.

De oogzenuw (nervus opticus) is het eerste gedeelte van de oogzenuwbaan. De oogzenuw zit aan de achterkant van de oogbol. De plek waar de oogzenuw vast zit aan de oogbol heet de kop van de oogzenuw (papil). Op de plaats van de papil zit geen netvlies. Met dit gedeelte kunnen we dus niet zien. Het wordt daarom de blinde vlek genoemd.

In de oogzenuw zitten ruim 1 miljoen zenuwvezels. Per zenuwvezel worden tegelijkertijd verschillende signalen aan de hersenen doorgegeven. De oogzenuw loopt in de oogkas naar achteren en gaat door een opening in de schedelbasis naar de schedel toe.

Vrijwel direct daarna kruist een gedeelte van de zenuwvezels elkaar. Deze kruising wordt de chiasma opticum genoemd. Vanuit de kruising lopen van beide ogen alle signalen die uit het rechterdeel van het gezichtsveld komen via de linker oogzenuwbaan naar het zien centrum links (in de hersenen) en alle signalen uit het linker gezichtsveld van beide ogen gaan naar het zien centrum rechts [Gordon, p.21]. Dit betekent dat bij uitval van de zenuwbaan aan de linkerzijde (voorbij de kruising) met allebei de ogen niet meer in het rechter gezichtsveld wordt gezien. Omgekeerd zal bij een uitval rechts met beide ogen links niets meer worden gezien.

## 8.1.2. Het circadiaan ritme

Licht dat op het oog valt, zorgt er niet alleen voor dat mensen goed kunnen zien, maar helpt ook bij de aansturing van diverse lichaamsprocessen, aangestuurd door de biologische klok. Dit gebeurt door de retinale ganglion cellen.

De biologische klok van de mens wordt gevormd door een kleine kern in de hersenen; de suprachiasmatische kern (SCN). De biologische klok ligt in het onderdeel van de hersenen wat hypothalamus wordt genoemd. Als de biologische klok goed functioneert dan worden verschillende lichaamsprocessen gesynchroniseerd in een ritme van ongeveer 24 uur (circadiaan). Voorbeelden van deze lichaamsprocessen zijn hormoonspiegels, lichaamstemperatuur, alertheid, urineproductie en -samenstelling, slaap/waak ritme, stemming, prestatie, etc. Door deze lichaamsprocessen in een 24 uur ritme aan te sturen zorgen we ervoor dat we ons kunnen aanpassen aan de dagelijkse veranderingen in onze omgeving, veroorzaakt door de draaiing van de aarde.

In de biologische klok van de mens zitten een aantal genen, zoals Periode, Klok en Cryptochrome, die samen het dagelijkse ritme van slapen en waken regisseren. Deze genen worden periodiek aan en uit geschakeld door complexe feedback loops die beïnvloed worden door onze blootstelling aan licht, dat de SCN lijkt aan te voelen via gespecialiseerde neuronen; de retinale ganglion cellen (pRGCs) in het netvlies van het oog [Abbot, p. 896]. Deze hebben niets te maken met zicht, en zijn het meest gevoelig voor kortgolvig (blauw)licht, met een golflengte die ligt tussen 460 en 500 nm.

Aan de snelheid van het circadiaan ritme is niks te doen, het basis tempo van de cyclus is vastgesteld [Abbot, p. 896]. Het ritme kan wel verschillen per persoon, waardoor verschillende mensen op andere tijden van de dag alert zijn. Licht en donker zijn de belangrijkste stimuli om de biologische klok te synchroniseren aan de 24-uurs ritmiek van de aarde [Aries, p.12].

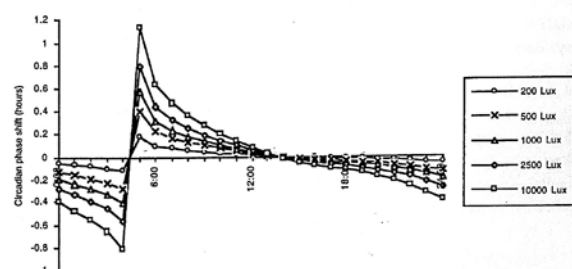
De circadiaan ritmes stoppen niet bij een afwezigheid van licht. Experimenten tonen aan dat circadiaan ritmes nog steeds plaatsvinden, maar ze 1.1 uur langzamer gaan lopen in elk 24 uur [Baker, p.181]. Licht zorgt er dus voor dat het ritme versneld wordt zodat het samenvalt met het 24-uur dagelijks ritme.

Het hormoon melatonine is de belangrijkste output

van de SCN. Bovendien kan melatonine feedback geven op de SCN via melatonine-receptoren, en is zo dus betrokken bij de regulatie van het circadiaan ritme. Een melatonine-receptor valt onder een biologisch belangrijke klasse van receptoren die signalen kunnen ontvangen van de buitenkant van hun membraan, en een respons geven aan de binnenkant van hun membraan. De receptor aan de binnenkant van het membraan activeert een G-proteïne, die vervolgens een cascade van andere reacties in gang zet en zo een verandering elders in de cel bewerkstelligt.

Het hormoon melatonine wordt geproduceerd in de epifyse (endocriene klier van de hersenen), en wordt in een met de tijd van de dag variërende hoeveelheid aan het bloed en het hersenvocht afgegeven. De epifyse is veel gevoeliger voor licht in de ochtend uren dan in de avond uren (figuur 8.2). Bij de piek (rond 4 uur) kan zelfs lage intensiteit licht resulteren in een melatonine-onderdrukking, en dus een positieve verschuiving van het circadiaan ritme. Naarmate de dag vordert, neemt deze gevoeligheid geleidelijk af, zodat hogere en hogere lichtintensiteiten (en / of langer van duur) nodig zijn om hetzelfde effect te bereiken. Om 14.00 is er een snijpunt, waarna blootstelling aan licht een tegengesteld effect heeft, en het circadiaan ritme weer vertraagd [Baker, p.181].

Melatonine helpt het herstellen van de biologische klok, na bijvoorbeeld een jetlag. Melatonine-onderdrukking vindt plaats wanneer men wordt blootgesteld aan een hoge dosis helder licht of aan een lage dosis blauw licht [Aries, p.13]. Neemt de blootstelling aan licht af, dan komt de natuurlijke productie van melatonine weer op gang. Voor het lichaam is dit het signaal om de dag-activiteiten te verminderen en zich voor te bereiden op de nacht. Bij blootstelling aan (zon) licht, zorgt de aanmaak van cortisol voor verhoging van de lichaamstemperatuur, verbetering van de



Figuur 8.2. Kronauer's model over de menselijke gevoeligheid van blootstelling aan licht in relatie tot verschuiving in het circadiane ritme.



stemming en vitaliteit. Als in de avond de lichtprikkel wordt weggenomen, dan wordt de productie van het hormoon melatonine gestimuleerd, wat leidt tot verminderde alertheid, verhoogde slaperigheid en verlaagde lichaamstemperatuur.

Naast het herstellen van de biologische klok, helpt licht ook bij de verbetering van de stemming. Bij zonsondergang verslechtert de stemming, dit fenomeen wordt ook wel 'sundown syndrome' genoemd.

## 8.2 Veranderingen aan het oog door veroudering en dementie

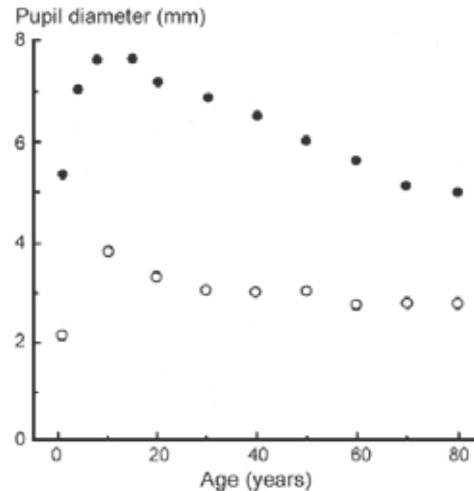
Volgens het Nation Health Interview draagt 95% van mensen boven de 65 jaar een bril/lenzen, of heeft een bril/lenzen nodig om goed te kunnen blijven zien. Daarbij gaf 45% van de mensen boven de 85 jaar aan dat de bril/lenzen niet alle zichtproblemen oplossen [Onal, Bavbek, p.43].

Door veroudering vinden er vele veranderprocessen in het oog plaats, die niet zijn op te lossen met een bril of lenzen. Dit vindt plaats op bijna alle onderdelen van het oog. Er worden veranderprocessen in het oog besproken die onderdeel zijn van het normale verouderproces, maar ook een aantal ziektes met betrekking tot het oog waarbij verhoogde kans op is bij ouderen.

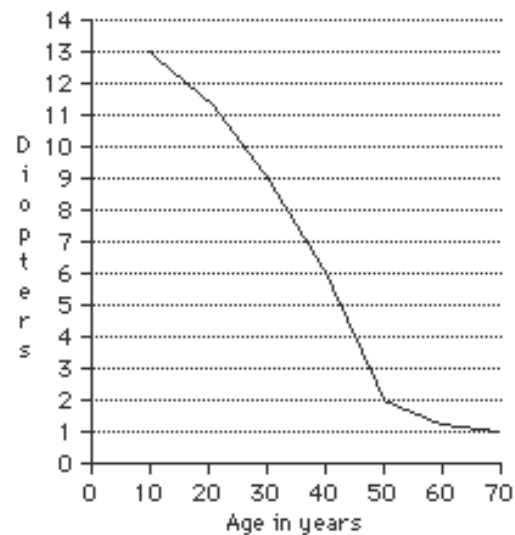
De doorzichtigheid van het hoornvlies is van groot belang voor de functie van het oog. Bij verschillende oogaandoeningen wordt de cornea ondoorzichtig waardoor het zien slechter wordt. De verslechtering van de verstrooiing van het licht zorgt ervoor dat het beeld op het netvlies verslechtert, door het verminderen van verschil in helderheid bij de rand van het beeld, waardoor de omvang van ruimtelijke frequenties verminderen. Daarnaast verslechtert de verstrooiing van het licht het beeld ook qua kleur, door het toevoegen van golflengten van het ene gebied naar het andere, waardoor het kleurenverschil aan de rand van het beeld vermindert [Boyce, p.431]. Terwijl bij sommige ouderdomsverschijnselen met betrekking tot het oog het versterken van de luminantie van het licht helpt, is dit hierbij niet het geval [Boyce, p.431].

Op oudere leeftijd vindt er een afname van de pupildiameter plaats (figuur 8.3). De pupil komt dat niet meer is zijn grootste en kleinste toestand [Boyce, p.429]. De maximale toestand neemt hierbij meer af dan de minimale toestand, wat betekent dat de oudere sneller slecht zicht heeft in donkere ruimtes.

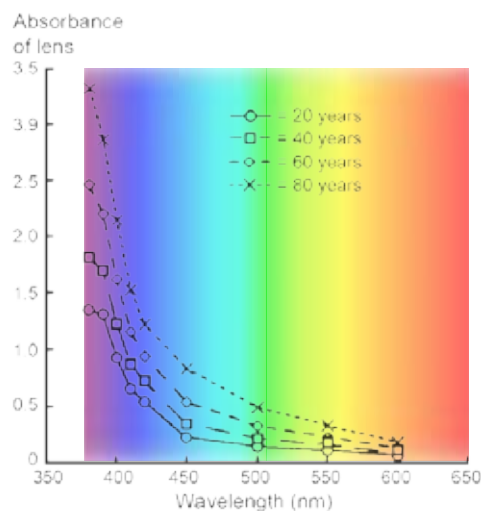
Een ander veranderproces van het ouder worden is de verdikking, vergeling en verstarring van de lens. Het boller worden van de lens wordt steeds moeilijker en hierdoor gaat het zicht van dichtbij achteruit. Een normaal oog staat in rust ingesteld op oneindig. Om op minder dan 6 meter (optisch oneindig) afstand



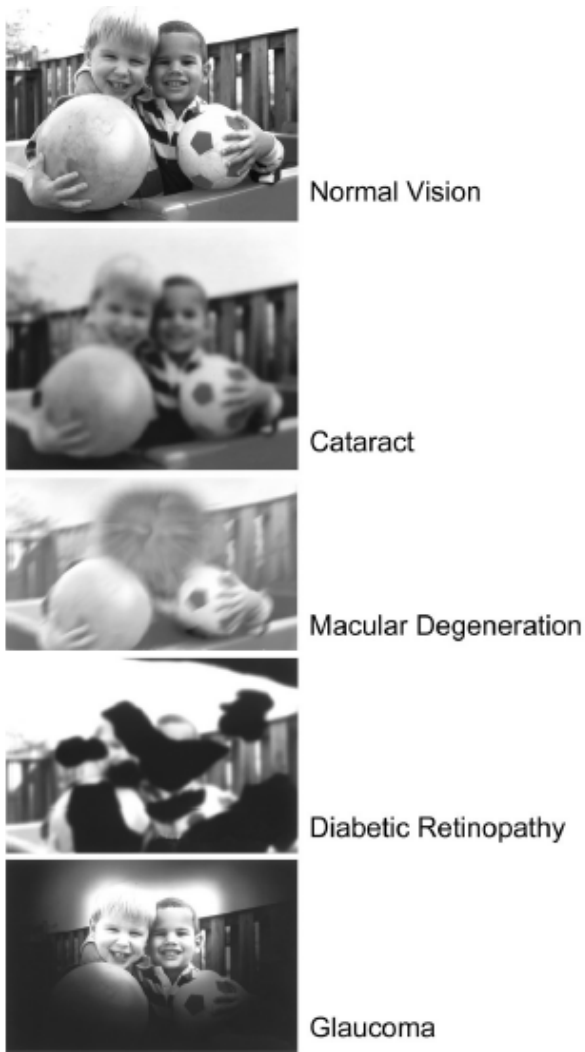
Figuur 8.3. Maximum en minimum pupildiameters als functie van de leeftijd



Figuur 8.4. Afname dioptrie met leeftijd



Figuur 8.5. Spectrale absorptie van de lens uitgezet tegen de golflengte voor verschillende leeftijden

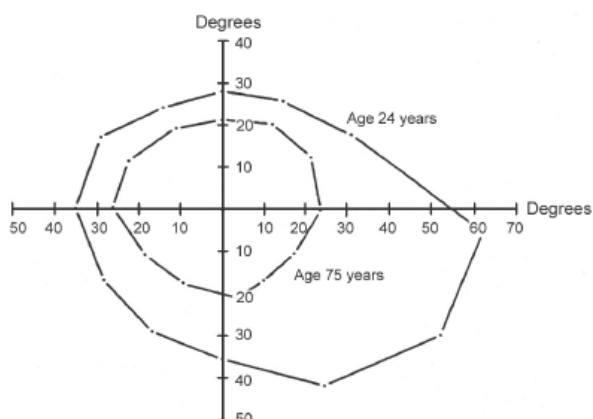


Figuur 8.6. Beelden van hoe het zicht eruit ziet voor personen met normaal zicht, cataract, maculaire degeneratie, diabetische retinopathie, en glaucoom

scherp te zien moet het accommoderen, met het ouder worden neemt dit vermogen af (figuur 8.4). Na het 42e levensjaar is het accommodatievermogen in het algemeen onvoldoende om het benodigde verschil tussen veraf (6 m) en dichtbij (30 cm, normaal leesafstand) te overbruggen [Onal, Bavbek, p.44]. Dat betekent dat vanaf het 42ste levensjaar een leesbril nodig is.

De lens kan hiernaast ook troebel worden (vergelijking van de lens). Hierdoor worden de lagere golflengtes meer geabsorbeerd door de lens, en komen hierdoor dus niet meer aan op het netvlies (figuur 8.5) [Boyce, p.430]. De spectrale absorptie van de lens varieert met de pupilgrootte, kleine pupilgroottes leiden tot grotere absorptie [Boyce, p.430]. De vertroebeling van de lens wordt ookwel staar (cataract) genoemd (figuur 8.5). Meer licht kan de toenemende absorptie verhelpen, maar als de verstrooiing van het licht hoog is, dan zal de daaruitvloeiende verslechtering in het luminantie contrast in het netvlies het zicht verminderen [Boyce, p.435].

De ogen worden op oudere leeftijd vaak waterig, omdat het oogvocht minder goed gereguleerd kan worden. Het kan ook voorkomen dat afvoer van het vocht in het oog verstopt zit. Dit verhoogt de oogdruk zo erg dat de oogzenuw kapot gedrukt kan worden. Dit wordt glaucoom genoemd (figuur 8.6). Als glaucoom zich ontwikkelt leidt het tot verminderde contrastgevoeligheid, slecht nachtzicht, en vertraagde aanpassing van het oog. De resolutie van details wordt pas in de laatste fase beïnvloedt. Glaucoom wordt 5 keer zoveel gevonden bij dementerende als bij gezonde ouderen [Wu, et al. p. 628]. Het versterken van licht helpt niet bij deze ziekte omdat zodra glaucoom zichtbaar is het netvlies beschadigd is [Boyce, p.436].



Figuur 8.7. Het gezichtsveld van een 24jarige ten opzichte van een 75 jarige.

Ook vindt er biochemische en anatomische aftakeling van het netvlies plaats. Hierdoor kunnen signalen minder goed naar de hersenen doorgegeven worden. Behalve veranderingen in de optische elementen van het oog, ondervinden de fotoreceptoren ook ouderdomsverschijnselen. De dichtheid van de staafjes en kegeltjes nemen af. Ook het aantal fotoreceptieve retinale ganglion cellen en het aantal neuronen in de visuele cortex nemen af met de leeftijd. Hierdoor wordt het zicht minder scherp. Doordat er veranderingen in neuronen plaatsvinden is het niet mogelijk dat het zicht, door bijvoorbeeld toevoeging van fel licht, terug gaat naar de oorspronkelijke staat [Boyce, p.432].

Het centrum van het netvlies, de gele vlek, gaat in kwaliteit en uiterlijk door de jaren heen achteruit en zorgt ervoor dat mensen een donkere vlek of een waas zien (figuur 8.6). Deze achteruitgang van het oog komt het meeste voor bij oudere en wordt macula degeneratie (MD) genoemd. Omdat het zicht buiten de gele vlek niet is aangetast, is de mogelijkheid om zich te oriënteren in een ruimte en de weg te vinden, nauwelijks aangetast [Boyce, p.435].

Het versterken van licht zal mensen in een vroeg stadium van MD helpen met dagelijkse taken, zoals lezen. Desondanks, als de ziekte verslechtert zal een toenemende hoeveelheid licht niet meer effectief zijn. Vergroten van het beeld helpt wel in alle stadia van de ziekte.

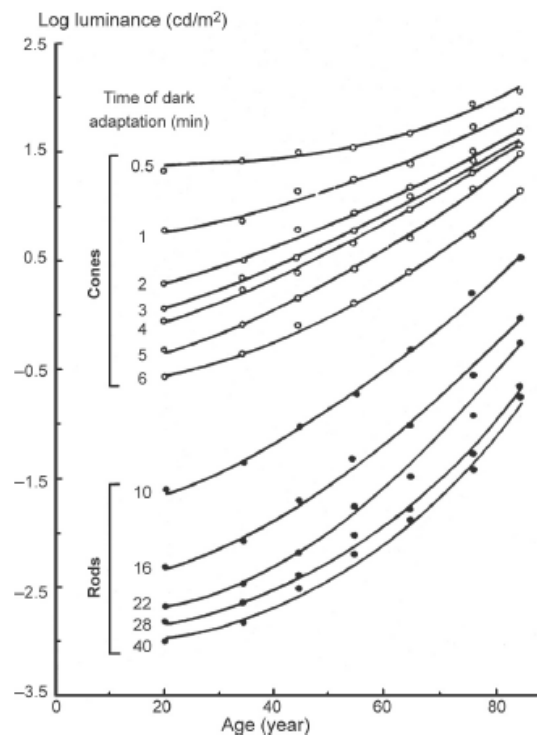
Ten gevolge van suikerziekte kunnen er beschadigingen optreden aan de bloedvaten. Deze afwijkingen kunnen aanwezig zijn zonder dat het gezichtsvermogen is aangetast. Men noemt deze netvliesafwijkingen een diabetische retinopathie. Of er problemen met het zicht optreden hangt af van waar op het netvlies de veranderingen optreden. Met name afwijkingen in de macula (gele plek) geven klachten van verminderd zicht.

Ouderen hebben last van een flink verkleind gezichtsveld (figuur 8.7). Ten opzichte van een 24 jarige ziet een 75 jarige tot meer als de helft minder.

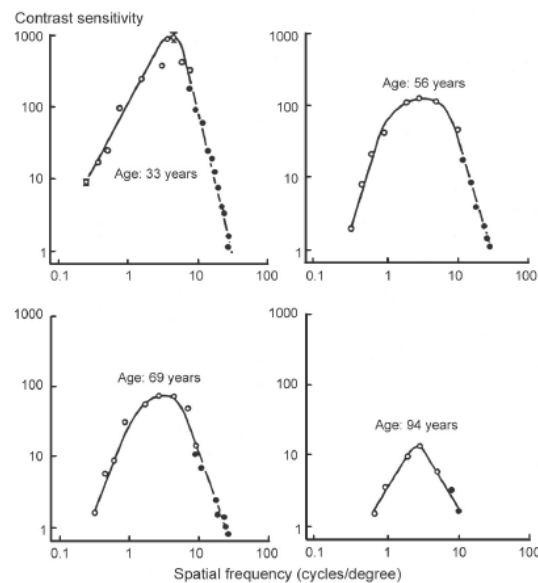
Figuur 8.7 geeft aan dat oudere meer tijd nodig hebben om te wennen aan donker. De oudere werden eerst blootgesteld aan 5100 cd/m<sup>2</sup> en vervolgens aan verschillende luminanties. Een twintigjarige doet er 40 minuten over om te wennen aan een luminantieniveau van 0.001 cd/m<sup>2</sup>, een tachtigjarige doet er 40 min over om aan een luminantieniveau van 0.1 cd/m<sup>2</sup> te wennen. Een tachtigjarige ziet een luminantieniveau van 0.001 cd/m<sup>2</sup> niet meer.

Ook contrastgevoeligheid vermindert naarmate men ouder wordt (figuur 8.9). Vanwege het vertraagd aanpassen en de contrast gevoeligheid, is verblindend een groot probleem voor ouderen. "Spatial frequency" zegt iets over de afstand tot een object van het oog kan staan totdat het net niet onscherp wordt. Bij een klein getal bij de 'spatial frequency' is een object dus alleen goed zichtbaar dichtbij het oog.

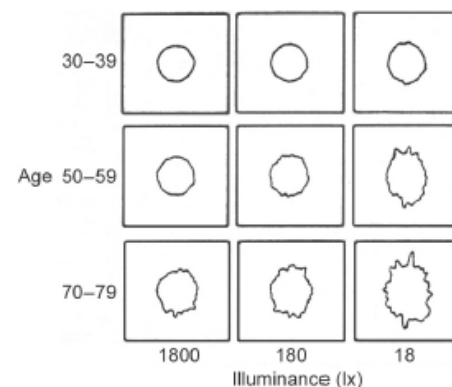
Een groot getal van de 'contrast sensitivity' geeft aan hoeveel contrast er wordt gezien. Een 33 jarige ziet op een kleine afstand van het oog meer contrast dan,



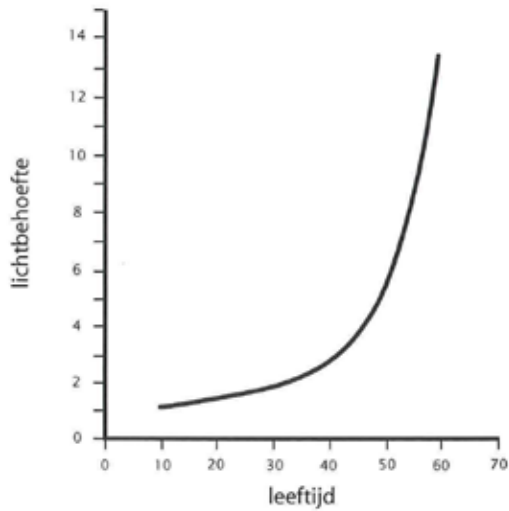
Figuur 8.8. Het drempelwaarde van luminantie na verschillende aanpassingen na donkere periodes als gevolg van blootstelling aan een luminantie van 5100 cd/m<sup>2</sup>, voor mensen van verschillende leeftijden



Figuur 8.9. De contrast gevoeligheid voor vier verschillende leeftijden. Open cirkels zijn voor zicht dichtbij, dichte cirkels voor zicht veraf.



Figuur 8.10. De gemiddelde verdeling van de fouten op de Farnsworth-Munsell 100 hue test als een functie van de verlichtingssterkte en leeftijd.



Figuur 8.11. Verband tussen leeftijd en vereiste lichthoeveelheid

bijvoorbeeld, een 56 jarige.

Ouderen hebben een verslechterd kleuronderscheidend vermogen vooral in lagere verlichtingssterktes met korte-golflengte kegeltes (figuur 8.10) [Boyce, p.439]. Het kleuronderscheiden vermogen bij full-spectrum lampen is iets hoger dan bij gewone TL-verlichting en halogeenverlichting [Aries, p.9].

Het gevolg van al deze verouderingsprocessen aan het oog is dat ouderen een verhoogde lichtbehoefte krijgen (figuur 8.11). Vanaf het 40ste levensjaar gaat het zicht hard achteruit. Er is te discussieren over de steilheid van de grafiek, aangezien deze uit 1951 afkomstig is. Ondanks dat is het duidelijk dat naar mate men ouder wordt er lichtbehoefte nodig is.

## 8.3 Verandering van het ritme door veroudering en dementie

Door veroudering worden veel aspecten van het circadiaan ritme verstoord. Bij ouderen worden de circadiane ritmes instabiel en vertonen zij een verminderde amplitude [Someren, p.2]. Ouderen klagen dan vooral over een verstoord slaap - waak ritme. Deze stoornis heeft invloed op 80% van ouderen boven de 65 jaar [Wu, et.al, p.624].

Stoornissen in het circadiaan ritme, vooral sundowning en nachtelijke onrust, kunnen erg pijnlijk zijn voor dementerende, maar ook voor hun mantelzorgers.

Bovendien is de circadiane stoornis, in plaats van de cognitive stoornis, de belangrijkste reden voor opname in een zorginstelling. De slapeloosheid 's nachts zorgt ervoor dat de dementerende gaat dwalen, waardoor gevaarlijke situaties kunnen ontstaan.

Bovendien dragen de circadiane ritmestoornissen sterk bij aan de cognitive achteruitgang. Verbetering van de circadiane ritmestoornissen kan daarom niet alleen de slaapproblemen verlichten maar ook de progressie van dementie vertragen [Wu et al, p.625, Antoniadis, p.35].

Het patroon van dag/nacht ritme verandert naarmate men ouder wordt. Ouderen gaan eerder naar bed en worden eerder wakker. De ritmische niveaus van veel hormonen (bijv. cortisol, melatonine, testosteron afscheiding, etc.) worden beïnvloed bij ouderen, en in het bijzonder bij dementerenden [Someren, p.2]. Een eerdere timing van meerdere endogene ritmes, waaronder die van de lichaamstemperatuur en melatonine, wordt gevonden tijdens de veroudering [Wu, p.624]. Dit is in overeenstemming met het vroeger naar bed gaan en het eerder wakker worden bij ouderen. Ouderen worden wakker op een tijd wanneer hun relatieve melatonine niveau hoger is.

Omdat het circadiaan systeem de basis is van het slaap-waak ritme, worden veranderingen in het circadiaan ritme door veroudering vaak geassocieerd met leeftijdsgebonden slaapproblemen, zoals vermindering van de nachtelijk slaapkwaliteit en een afname van alertheid overdag.

Een verstoring in het slaap-waak ritme kan leiden tot cognitive stoornissen (stoornis die het geheugen aantast, bv dementie) bij ouderen en dementerende [Wu, p.624, Antoniadis, et al. p.35]. Vooral overbodig

slapen overdag geeft, zelfs bij gezonde ouderen, een verhoogd risico op een cognitive stoornis.

Een verstoord slaap-waak ritme komt vaker voor bij ouderen met dementie. Slaapverstoring bij dementerende wordt gekenmerkt door een toename in zowel de frequentie en de duur van het 's nachts wakker worden en de dutjes overdag [Wu, p.624]. Studies tonen aan dat een verhoogde neiging tot dutten overdag niet alleen gebeurt bij gevorderde dementie, maar ook licht dementerende ouderen, en een sterke relatie heeft met cognitive stoornissen [Wu, et.al, p.624]. Daarnaast heeft 45% van de opgenomen dementerende ouderen last van ongepaste rusteloosheid in de late middag uren, genaamd 'sundowning' [Lovell, p.8]. Onderzoek van Bliwise toonde aan dat stemmingswisselingen relatie hebben met seizoensvariatie. In de wintermaanden hebben meer mensen en vooral ouderen een slechtere stemming [Lovell, p.8]. Deze relatie werd ook gevonden in het onderzoek van Campbell et al (1987), en Wu et al (2007). Sundowning wordt beschouwd als een chronologische verstoring gerelateerd aan een fase verschuiving van minimale lichaamstemperatuur bij ouderen met dementie. Gezonde oudere mensen raken hun minimale lichaamstemperatuur rond 3 a 5 uur 's nachts, maar de minimale lichaamstemperatuur van Alzheimer patiënten doet zich pas veel later voor, zelfs pas in de middag [Abbot, p. 897].

Circadiane ritme stoornissen tijdens veroudering en dementie zijn te wijten aan veranderingen in het circadiane systeem, zoals storingen in de centrale biologische klok, de SCN, veranderingen in de epifyse, melatonine afscheiding en melatonine ontvangst, en een verminderde bijdrage van melatonine aan de SCN [Wu, p.625].

Het gebied van de SCN die informatie ontvangt van de retina wordt gekenmerkt door vasoactieve intestinale peptide (VIP) neuronen [Wu, p.625]. Deze neuronen zorgen voor communicatie tussen de verschillende hersencellen in de SCN en het synchroniseren van de SCN op het 24 uren ritme van onze omgeving.

In het resterende gebied van de SCN bevinden zich vasopressine neuronen [Wu, p.625]. Vasopressine

(ADH) is een belangrijke neuropeptide van de SCN neuronen, die niet alleen het ritme moduleert in de SCN, maar is tevens ook de belangrijkste SCN productie die het circadiaan ritme aanstuurt in andere hersengebieden.

Het ADH neuron reguleert o.a. de lichaamstemperatuur en is mogelijk betrokken bij de vorming van herinneringen.

Door veroudering dalen de circadiane fluctuaties van de ADH neuronen vanaf 50 jaar. De VIP neuronen vertonen geen daling bij vrouwen tussen de 10 en 91 jaar. Terwijl dit bij mannen wel het geval is, na het 40ste levensjaar, vindt er een drastische daling plaats van het VIP neuron [Wu, p.625].

De leeftijdsgerelateerde afname van het aantal ADH neuronen in de SCN dient zich eerder en dramatischer aan bij dementie. Bij vrouwelijke personen met vroege dementie (d.w.z. onder de 65 jaar) is er een significante afname van het VIP neuron gevonden in vergelijking met vrouwelijke leeftijdsgenoten [Wu, p.625].

In de SCN van dementerenden, neemt de dichtheid van vasopressine en neurotensin neuronen af, wat een verminderde activiteit van de SCN geeft bij dementie [Antoniadis, et al. p.25].

Het totale aantal van ADH mRNA (mRNA dient om 2 processen met elkaar te verbinden) was drie keer lager bij Alzheimer patiënten dan in leeftijdsgenoten van hetzelfde geslacht, en daarbij werd er geen duidelijk dagritme van ADH mRNA waargenomen bij Alzheimer patiënten. Omdat ADH het ritme moduleert, betekent de afname van ADH dat het ritme niet goed gesynchroniseerd wordt op het dagritme [Wu, p.625].

Melatonine wordt voornamelijk geproduceerd in de epifyse van de hersenen op een circadiaan manier met een nachtelijk piek, die onder besturing staat van de SCN. Zoals eerder vermeld wordt melatonine afgegeven aan het bloed en het hersenvocht.

Met een verminderd circadiaan ritme, daalt het melatonine niveau vanaf het 40ste levensjaar. De amplitude van het melatonine niveau bij personen tussen de 41 en 53 jaar is slechts 60% van het niveau van personen tussen de 21 en 25 jaar.

Bij Alzheimer patiënten komt de afname van het melatonine niveau nog sterker tot uitdrukking. Een studie van Wu, et al toont aan dat het melatonine niveau in het hersenvocht 1/5 is van het niveau bij gezonde leeftijdsgenoten.

Daarnaast kwam uit de studie van Wu et al, dat het melatonine niveau in het hersenvocht afneemt met de

progressie van Alzheimer. Zelfs bij personen waar die cognitief nog intact waren maar neuropathologisch de eerste verschijnselen van Alzheimer toonde (grijze vlekken op de hersenen) werd aangetoond dat het melatonine niveau in het hersenvocht lager was dan bij gezonde leeftijdsgenoten.

De studie van Wu et al geeft aan dat bij dementerenden het dagelijks melatonine ritme verdwijnt en het nachtelijke melatonine niveau afneemt.

De epifyse zelf toont geen verouderingsverschijnselen. De enige verklaring voor het verminderd afgeven van melatonine is dat de zenuwen worden beïnvloed door veroudering. Daarnaast toont de epifyse geen verschillen bij dementerende in relatie tot gezonde ouderen [Wu, et al p.626].

Wu et al geeft aan dat een functionele scheiding tussen de SCN en de epifyse vanaf het eerste Alzheimer stadium de verklaring is voor de veranderingen in de biologische klok en melatonine niveaus en dus ten grondslag ligt aan de circadiaan ritme stoornissen.

Het circadiane ritme van de mens wordt op een 24-uur cyclus gehouden door middel van 'zeitgeber' [Wu, et al p.629]. De belangrijkste 'zeitgeber' is het licht/donker stimulus. Licht wordt beschouwd als de grootste prikkel voor de SCN. Melatonine is daarnaast ook een grote 'zeitgeber' voor de SCN door middel van melatonine receptoren. Het toevoegen van melatonine helpt het verbeteren van slaapstoornissen en verbetert een vrijlopend circadiaan ritme ( met een periode langer dan 24 uur) bij blinden waar de SCN niet door middel van licht gesynchroniseerd kan worden.

Door de achteruitgang van de SCN als gevolg van veroudering en Alzheimer wordt de sterkte van de 'zeitgebers' (licht en melatonine) verlaagd. Ook kunnen deze 'zeitgebers' niet goed binnenkomen bij de biologische klok door aantasting van het zenuwstelsel. Vanwege meer dutten overdag en vaker en langer wakker zijn 's nachts, worden ouderen minder blootgesteld aan licht, en daarnaast zijn dit verminderde lichtniveau's, in vergelijking met jongeren. Jongeren en volwassenen bevinden zich 1,5 tot 2 uur in licht met meer dan 2000 lux. Bij ouderen is dit nog maar 1 uur. Dementerende, en vooral opgenomen dementerende, vangen meer dan de helft minder licht op als gezonde ouderen [Campbell et al. p.142]. Een onderzoek van Licht & Gezondheid geeft aan dat dit zelfs kan aflopen tot 1,6 minuten bij opgenomen dementerende ouderen. De dementerende ouderen zitten hier de

hele dag binnen, en omdat ze niet zelfstandig naar buiten kunnen worden ze nauwelijks blootgesteld aan hoge lichtniveau's.

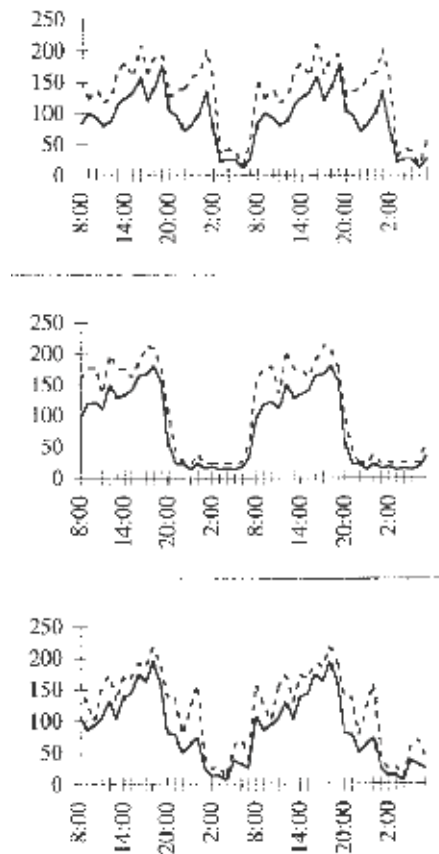
Daarnaast heeft veroudering in het oog als gevolg dat licht minder goed binnenkomt (zie hoofdstuk 8.2 "Veroudering van het oog door veroudering en dementie"). Het vermogen van de lens om licht door te laten neemt geleidelijk al tijdens veroudering. Staar en macula degeneratie komen vaak voor bij ouderen, macula degeneratie wordt geassocieerd met Alzheimer. Bovendien tonen het netvlies en de oogzenuw, die direct input leveren aan de SCN, veranderingen in cellen en weefsels (degeneratieve veranderingen) aan tijdens Alzheimer. Bij Alzheimer wordt glaucoom 5 keer zo veel aangetroffen als gezonde ouderen, wat ook gevolgen kan hebben voor de transmissie naar het circadiaan systeem.

Door al deze veranderingen aan het oog en het zenuwstelsel zijn dezelfde lichtniveau's als die van jongeren niet voldoende om de SCN op een 24-uurs cyclus te behouden. Bij blootstelling aan genoeg helder licht wordt de biologische klok gestimuleerd en zullen de slaapproblemen afnemen.

Er zijn meerdere onderzoeken uitgevoerd over hoeveel licht nodig is om de SCN in het 24-uurs ritme aan te sturen, en dus de slaapproblemen te verbeteren.

Onderzoeken van Van Someren (1997), Sloane et al (2007) en Riemersma tonen positieve resultaten aan blootstelling aan fel licht (>1000 lux). Bij alle drie de onderzoeken werd een verbeterd slaap-waak ritme geconstateerd. In figuur 8.12 zien we dat tijdens de lichtbehandeling duidelijk meer nachtrust plaatsvindt bij de dementerende. Daarnaast zien we een verminderde variabiliteit van het slaap/waak ritme. Na de behandeling zakt het ritme weer bijna geheel terug in het oude patroon voor de lichtbehandeling.

Van Hoof (2008) heeft daarnaast ook onderzoek gedaan over de kleurtemperatuur van het licht. Bij hetzelfde lichtniveau (1800 lux) blijkt dat bij de blootstelling aan koel wit licht (6500K) gedurende de dag, de onrust van de dementerende significant afnam. Dit effect werd niet gemeten bij warm wit licht (2700K). Hoge kleurtemperaturen van 17000K kunnen een tegengesteld effect hebben.



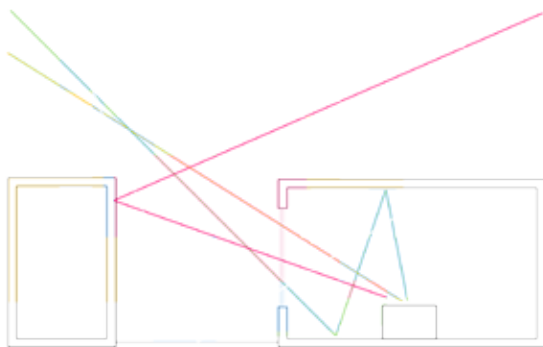
Figuur 8.12. Het gemiddelde activiteiten niveau weer over 24 uur voor (boven), tijdens (midden) en na(onder) de lichtbehandeling. De stippelde lijn is de standaard deviatie



## 8.4 Meten van licht

Licht zorgt ervoor dat we onze omgeving goed kunnen waarnemen. Het lichtniveau heeft een tweedelige functie hierin; visuele prestatie (een oogtaak goed te kunnen uitvoeren) en visueel comfort (sfeer in een ruimte). Licht is dus een zacht aspect om te meten. Er moet gekeken worden naar verlichtingssterkte, helderheidsverschillen, luminantie contrasten en de absolute luminantie waarde. Om een algemeen beeld van daglicht in een ruimte te krijgen voor zowel visuele prestaties als visueel comfort wordt de daglichtfactor berekend. De daglichtfactor en de luminantie kunnen aangeven of het licht visueel comfortabel is.

### 8.4.1. Daglichtfactor



Figuur 8.13. Bepaling van daglicht factor in een punt in een ruimte

De daglichtfactor is de ratio van de verlichtingssterkte binnen, in relatie tot de verlichtingssterkte op een horizontaal vlak buiten. Grafiek 8.1 geeft verschillende gemiddelde verlichtingssterkte op horizontaal vlak per maand, afhankelijk van daglichtfactor weer.

Elke plek in een ruimte heeft een andere verlichtingssterkte, en dus een andere daglichtfactor. Een plek in de ruimte krijgt het daglicht direct en via reflecties van de omgeving (figuur 8.13). De daglichtfactor in een ruimte wordt via onderstaande formule handmatig berekend:

$$DF = (d_h + d_{e,r}) C_r + d_{i,r}$$

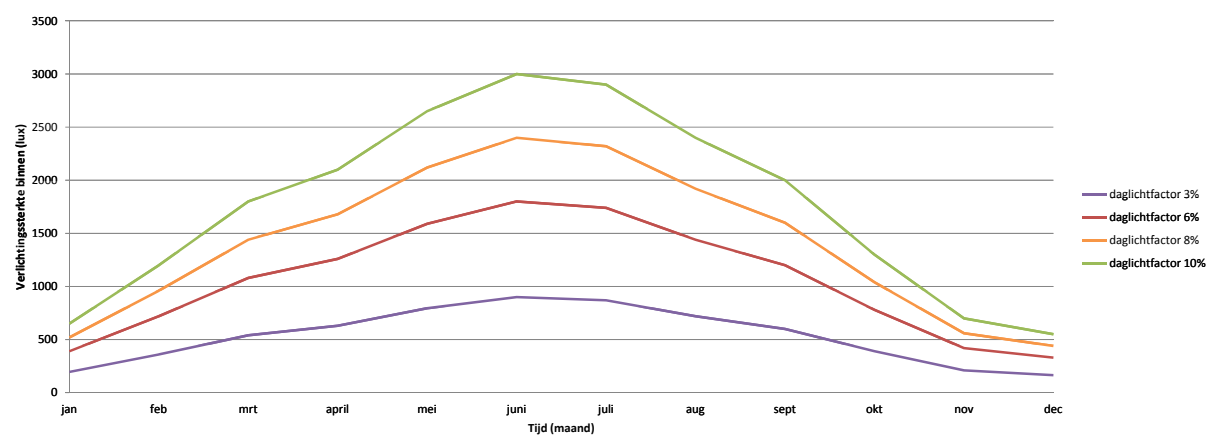
$d_h$  = hemelcomponent ●

$d_{e,r}$  = externe reflectie component ●

$C_r$  = reductiefactor t.g.v. vervuiling

$d_{i,r}$  = interne reflectie component ●

Bij het gebruik van de term daglichtfactor wordt van nu de daglichtfactor op een werkvlak (0,8 meter) bedoeld.



Grafiek 8.1. De relatie tussen verlichtingssterkte binnen en de verlichtingssterkte buiten per maand

Het percentage daglichtfactor in een ruimte zorgt ervoor hoe de ruimte wordt ervaren.

Gemiddelde daglichtfactor	Belevenis
<1 %	Erg donker
1-2 %	Donker
2-4 %	Matig licht
4-7 %	Redelijk licht
7-12 %	Licht
>12 %	Erg licht

Tabel 8.2. Ervaring van de daglichtfactor in een ruimte

De daglichtfactor in een ruimte hangt af van de plaats, grootte en vorm van het raam. Figuur 8.14 laat het verval van de daglichtfactor in een ruimte (7 x 4 meter) zien bij een verticaal raam (3 x 1,5 meter). De daglichtfactor gaat vrij snel achteruit, waardoor na 3,5 meter nauwelijks genoeg licht binnenkomt.

De positie van het raam in de gevel kan hier een belangrijke rol in spelen. Figuur 8.15 geeft de daglichtfactor in een ruimte (7 x 4 meter) met ramen op verschillende hoogtes. Een raam hoog in de ruimte geplaatst zorgt ervoor dat licht dieper de ruimte binnendringt, en zorgt voor een meer gelijkmatig verlichte ruimte. Terwijl een raam laag in de ruimte ervoor zorgt dat er veel licht op werkvlak niveau binnenkomt maar zeer snel afloopt, waardoor na 2 meter niet meer genoeg licht binnenkomt.

Het horizontale raam dat van muur tot muur loopt (figuur 8.15) brengt het daglicht dieper de ruimte in dan een raam dat niet van muur tot muur loopt (figuur 8.14). Dit komt doordat bij een raam van muur tot muur de interne reflecties op de muren een grotere rol gaan spelen, omdat daar nu meer daglicht op valt. Bij gebruik van twee bijvoorbeeld verticale ramen (figuur 8.16) is de daglichtfactor een stuk lager als horizontale ramen. Het daglicht komt ook een stuk minder diep de ruimte in.

Een raam in de gevel geeft een andere verdeling van het licht en dus een andere daglicht factor als een dakraam. In figuur 8.17.A wordt weergegeven hoe de daglichtfactor in een ruimte (7 x 4 meter) zich gedraagt bij een daklicht. We zien dat er een gelijkmatig verlichte ruimte ontstaat bij gebruik van meerdere daklichten (figuur 8.17.B).

Bij gebruik van lichtkoepels is de horizontale verlichtingssterkte maximaal door het loodrecht binnenvallen van het licht. Wanneer men onder

een lichtkoepel werkt, kan door de kleine hoek van inval en door schaduwwerking van het eigen hoofd hinder ontstaan. Worden één of meerdere koepels gecombineerd met ramen, dan verminderen deze storende verschijnselen en ontstaat een gunstige lichtverdeling in de ruimte (figuur 8.18.A).

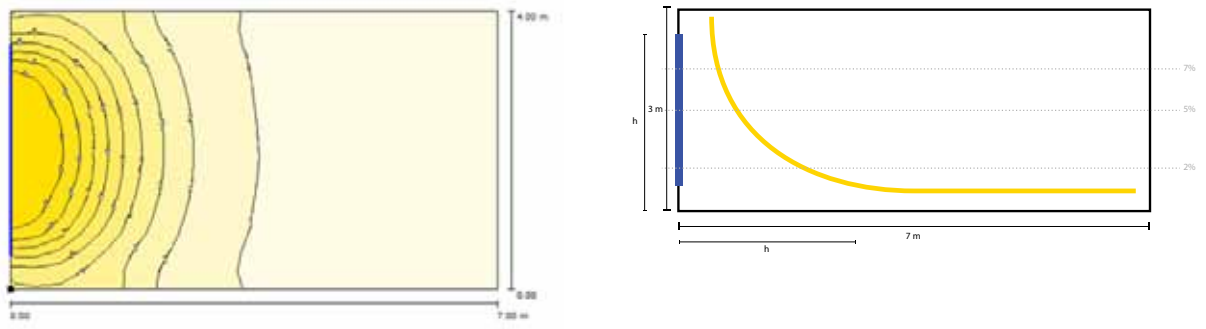
In een diepe ruimte zijn ramen aan een zijde niet genoeg. De combinatie met ramen in een andere zijde of een daklicht, kan hierin de optie zijn. Figuur 8.18 geeft enkele invloeden van toevoegingen weer. Een raam in het midden van de gevel met een raam boven in de gevel (figuur 8.18.C) zorgt ervoor dat de achterliggende ruimte een boost krijgt. Dit werkt alleen goed als de tussenliggende afstand niet te groot is. In figuur 8.18.C is de tussenliggende afstand 7 meter, wordt dit groter dan is het daglicht in de ruimte minder goed verdeeld en is de daglichtfactor in het midden van de ruimte onvoldoende.

Meerdere openingen in de gevel of het dak zorgen ervoor dat de ruimte evenredig verlicht wordt. Deze openingen mogen uiteraard niet te ver van elkaar af liggen. Deze afstand hangt af van de hoogte van de ruimte, de positie en grootte van de ramen.

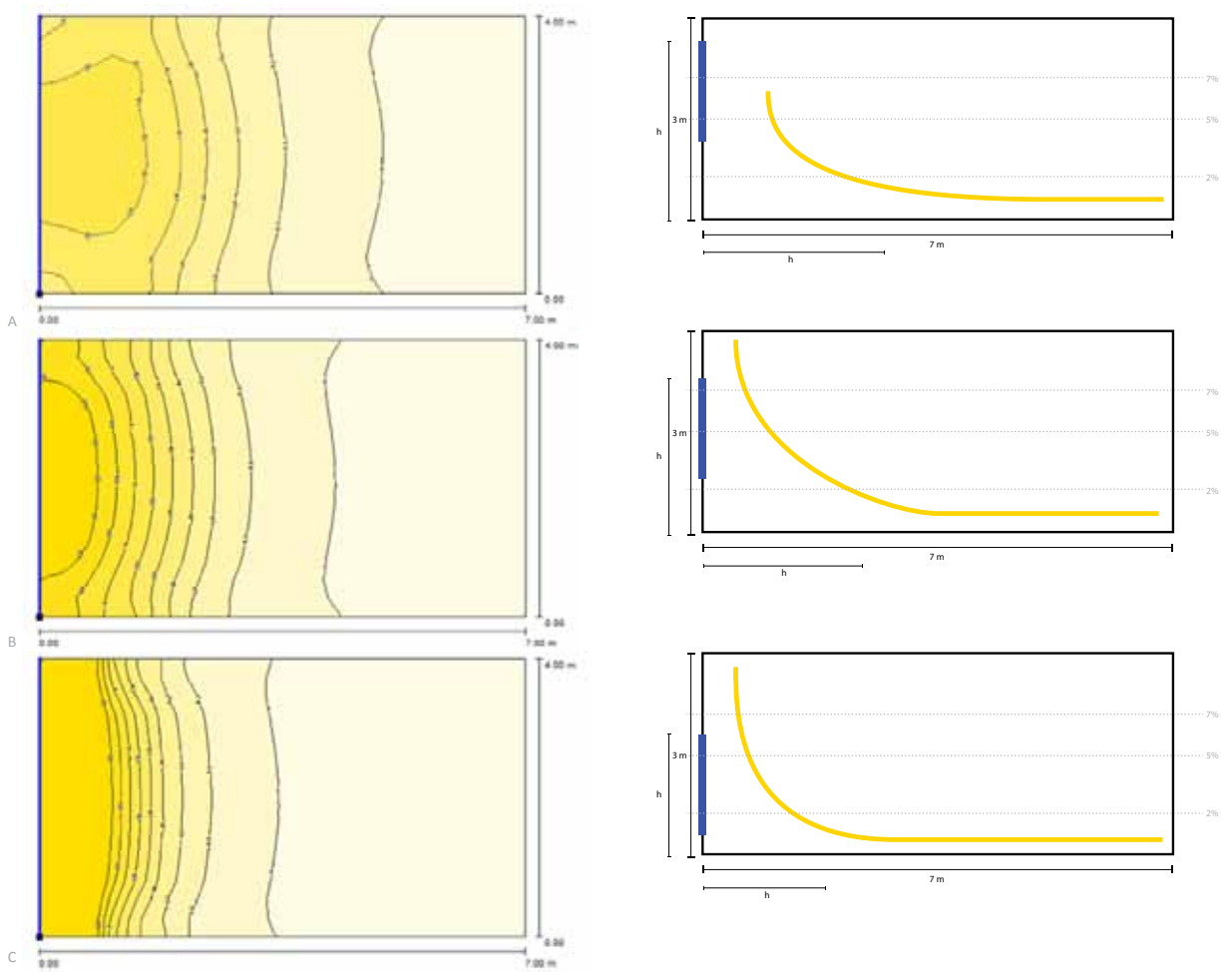
Voor ramen die hoger zijn dan 1,5 meter gelden de volgende algemene regels.

Bij een eenzijdige verlichte ruimte kan als algemene regel worden aangenomen dat een raam in het midden van een gevel, met een hoogte  $h$  meter tot aan de bovenzijde van het raam, ervoor zorgt dat het licht  $h$  meter de ruimte in komt. Voor een raam met dezelfde afmetingen dat hoger in de gevel zit brengt het licht dieper in de ruimte ( $>h$ ), en een raam met dezelfde afmetingen dat lager in de gevel zit brengt het licht minder diep de ruimte in ( $<h$ ).

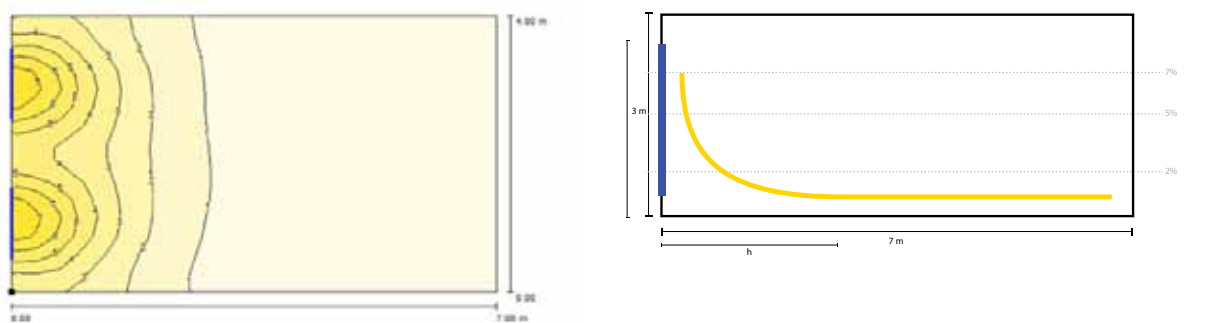
Voor een dakraam, met breedte  $b$  en lengte  $l$  is de algemene regel dat er maximaal  $l$  meter in de lengte en  $b$  meter in de breedte tussen twee daklichten mag zitten, om een evenredige lichtverdeling in de ruimte te hebben.



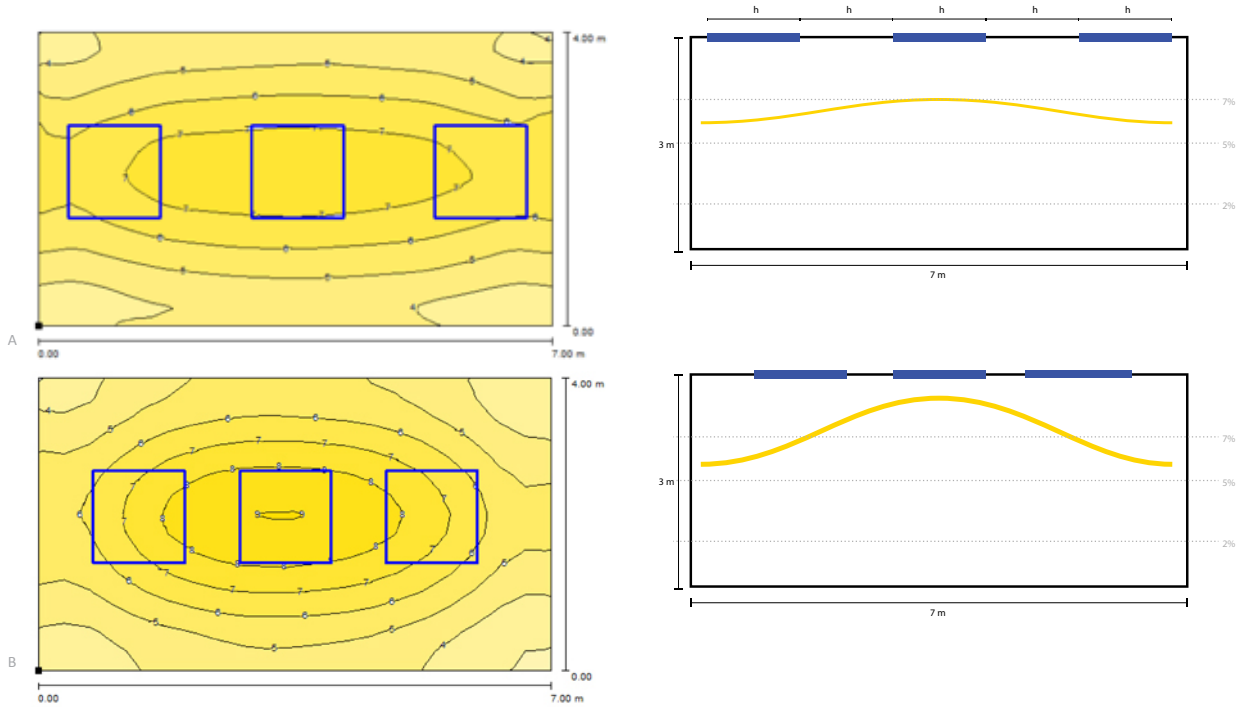
Figuur 8.14. Daglichtfactor in een ruimte, met een opening aan één gevel. Plattegrond en doorsnede



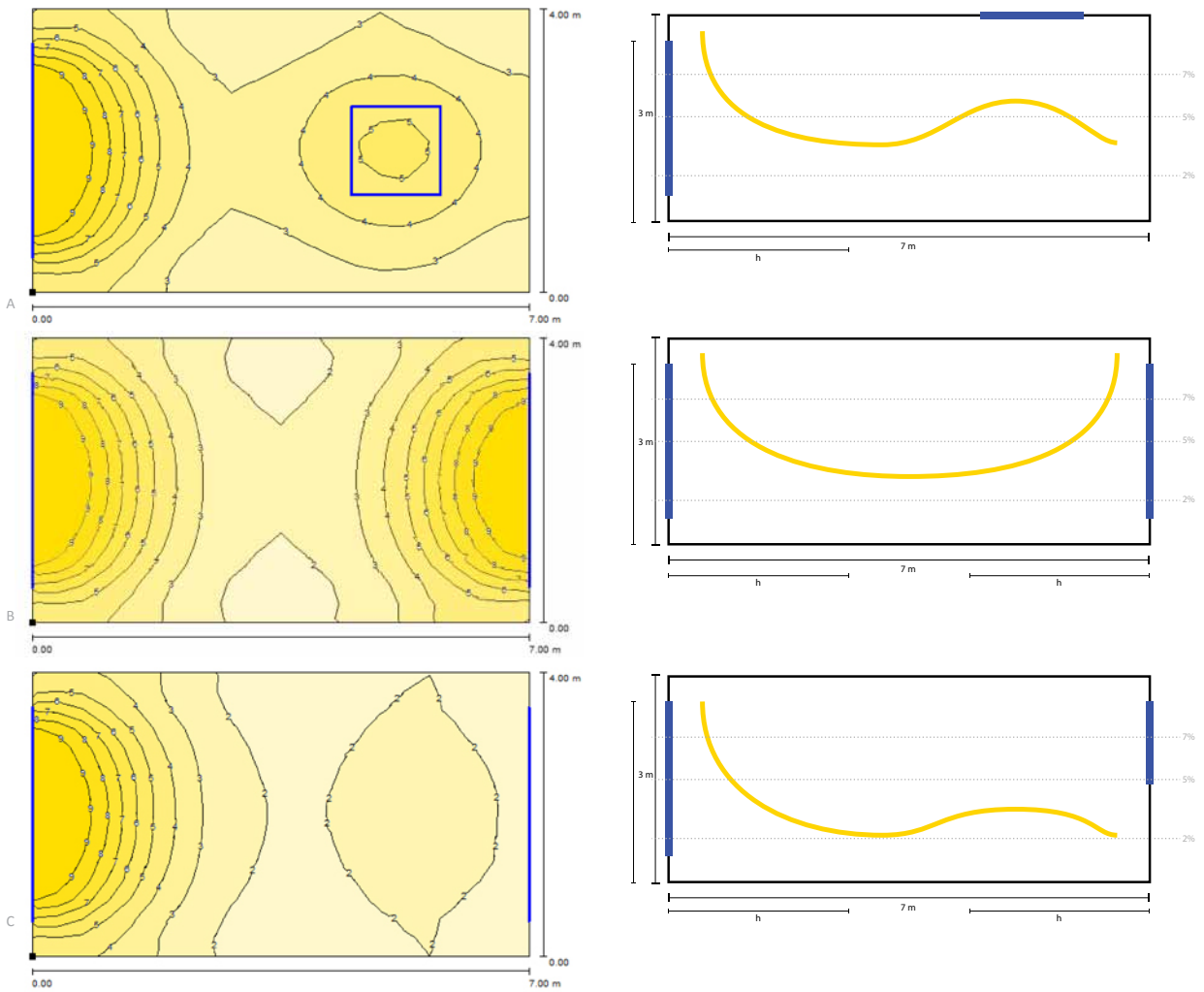
Figuur 8.15. Daglichtfactor in een ruimte, met een opening aan één gevel op verschillende hoogtes. Plattegrond en doorsnede



Figuur 8.16. Daglichtfactor in een ruimte, met een verticale opening in één gevel. Plattegrond en doorsnede



Figuur 8.17. Daglichtfactor in een ruimte verlicht door een daklicht. Plattgrond en doorsnede



Figuur 8.18. Daglichtfactor in een ruimte verlicht door een combinatie van ramen en daklichten. Plattgrond en doorsnede

## 8.4.2. Luminantie

Luminantie is een maat voor de intensiteit van uitgestraald of gereflecteerd licht in een bepaalde richting, gedeeld door de grootte van het oppervlak. Luminantie is niet te verwarren met helderheid. Helderheid is een subjectief begrip, bepaald door de omstandigheden van de waarnemer.

$$L(\theta) = I(\theta)/A \cdot \cos \theta$$

$L(\theta)$  = Totale luminantie [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]

$I(\theta)$  = Lichtsterkte die door de oppervlakte A in richting  $\theta$  wordt uitgestraald [ $\text{cd}$ ]

A = oppervlakte

$\cos \theta$  = invalhoek

De meeste oppervlakte stralen licht diffuus af, de luminantie wordt dan als volgt berekend:

$$L = \rho \cdot E / \pi$$

L = gereflecteerde luminantie [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]

$\rho$  = reflectiefactor oppervlakte

E = verlichtingssterkte [ $\text{lux}$ ]

Het menselijke visuele systeem beslaat een zeer groot interval (tabel 4.3). De visuele ervaring van daglicht verlichte ruimtes lijken nogal beperkt, aangezien de helderheden die zich kunnen voordoen slechts over 5 orders van grootte overspannen in het hele mecopisch en fotopische domein.

Om omtegaan met het feit dat de optische zenuwvezels alleen signalen met een beperkt bereik kunnen uitzenden, in vergelijking met het detecterende luminantie bereik, moet het oog zijn gevoeligheid aanpassen aan het werkelijke waargenomen gezichtsveld. Dit wordt gedaan door de pupil, die groter of kleiner wordt, of door het aanpassen van de retinale ganglioncellen [hoofdstuk 4.1]. Het oog stelt zich in op de gemiddelde waarde van de luminantie in het gezichtsveld. Hierdoor kunnen we de ruimtes om ons heen herkennen ondanks dat de luminanties constant veranderen. Het oog kan zich tot een factor van 3-4 aanpassen. Bij luminanties hoger dan  $5000 \text{ cd}/\text{m}^2$  is er sprake van absolute verblinding. Het netvlies wordt dan als het ware met licht overspoeld, en is aan de grens van zijn adaptievermogen.

Het aanpassen van het oog, bijvoorbeeld wanneer

men van een felle ruimte naar een donkere ruimte gaat, gebeurt niet gelijk maar heeft tijd nodig. Na 0.1 seconde is het oog in staat om een verschil in luminantieniveaus van factor 3 te overbruggen. Maar het kan ook 30 tot 60 min duren. Dit wordt ervaren wanneer men vanuit daglicht, een bioscoop inloopt waar de film al draait. Het oog ziet het scherm, maar de omgeving daaromheen niet; dit is een zwarte schaduw. Na 30 tot 60 min, gaat men ook meer details in de ruimte zien. Het aanpassen van donker naar licht gaat veel sneller, en is gebeurd in enkele minuten. Een voorbeeld hiervan is; bij het inrijden van een tunnel duurt het langer voor men voldoende is geadapteerd dan bij het uitrijden.

De gemiddelde daglichtfactor tussen ruimtes mag niet meer dan 3% verschillen. Dit voorkomt een te groot adaptatieniveau tussen de verschillende ruimtes.

Te grote luminantie verschillen in een ruimte kunnen leiden tot verblinding, terwijl te lage luminantie verhoudingen een visueel saaie omgeving kunnen creëren. De luminantie van een normale verlichte ruimte ligt rond de  $60\text{-}100 \text{ cd}/\text{m}^2$ .

De luminantie verschillen hangen af van het gedeelte van het visuele veld we beschouwen. In het panorama ( $60^\circ$ ) mogen meer luminantie verschillen plaatsvinden, dan in het visuele veld van  $30^\circ$ , het ergonama.

Volgens IESNA mogen de maximum luminantie verschillen 40:1 tussen elk punt in het gehele gezichtsveld ( $60^\circ$ ). De Nederlandse regelgeving (NEN3087) zegt echter dat het luminantie verschil tussen het gemiddelde luminantie niveau van de ruimte en het hoogste of laagste luminantie niveau niet groter mag zijn dan 30:1.

$$L_{(60)} = L_{\max(60)}/L_{\text{gem}(60)} < 30/1$$

Binnen het gezichtsveld van  $30^\circ$  mogen de luminantie verschillen minder groot zijn. De Nederlandse regelgeving (NEN3087) zegt hierover dat de luminantie verschillen niet groter dan 10:1 mogen zijn.

$$L_{(30)} = L_{\max(30)}/L_{\text{gem}(30)} < 10/1$$

Om de helderheid van een oppervlakte te vergroten kan een hogere reflectiefactor worden gebruikt. Toch zal dit niet altijd veel invloed hebben. Grafiek 8.2 geeft aan dat als de helderheid met een factor 5

wordt vergroot zullen de luminanties in een daglicht verlichte ruimte van  $100 \text{ cd/m}^2$ , slechts 1,5 keer hoger worden waargenomen. Dit komt doordat het oog de waargenomen helderheid constant houdt.

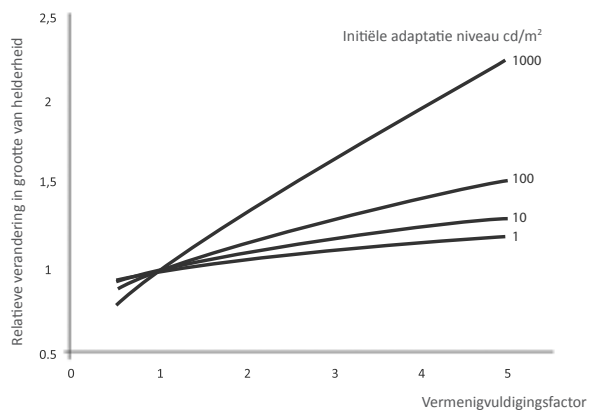
Voor een taak die op een horizontaal vlak moet worden uitgevoerd zijn de ramen minder zichtbaar. Het zicht is gefocust naar beneden.

Echter, in het dagelijks leven zijn we vaker bezig met taken die zich op een verticaal vlak bevinden. Het oriënteren in een ruimte gebeurt bijvoorbeeld op verticaal vlak. Hier zijn de gevolgen van architectonische ingrepen het meest prominent. De ramen zijn zichtbaar, maar ook het plafond e.d.

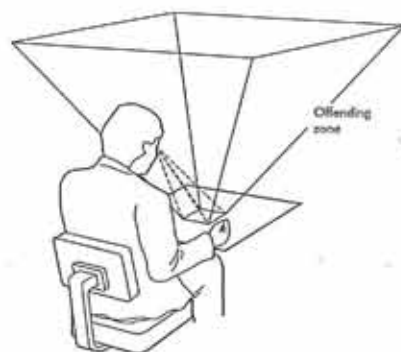
Taakverlichting kan soms zorgen voor vervelende effecten, zoals verblinding. Verblinding komt doordat de reflecties van een heldere bron op de taak voor hoge luminanties zorgen op een taak met een lage luminantie. Om dit te vermijden moet ervoor gezorgd worden dat geen lichtbron op de taak kan reflecteren. Dit legt beperkingen op aan de posities van de taak en de lichtbronnen. Figuur 8.19 laat zien waar idealiter geen lichtbronnen (natuurlijk en kunstmatig) mogen bevinden. De stralen worden eerst van het oog naar de taak gestuurd, om vervolgens terug gekeerd te worden naar het eerste oppervlakte dat wordt geraakt.

Luminantie	cd/m <sup>2</sup>
Fotoflits	$1,0 \cdot 10^8$
zon (horizon)	$4,3 \cdot 10^5$
wit papier in middag zon	$3,0 \cdot 10^4$
onbewolkte hemel (horizon)	$1,3 \cdot 10^4$
gemiddelde hemelkoepel	$6,0 \cdot 10^3$
wit papier in schaduw	$3,6 \cdot 10^3$
wit papier in een donkere en bewolkte dag	$2,0 \cdot 10^3$
volle maan (hoirzon)	$5,6 \cdot 10^2$
LED licht	$5,0 \cdot 10^0$
wit papier in volle maan	$6,0 \cdot 10^{-2}$
bewolkte nachterlijke hemel	$4,0 \cdot 10^{-4}$

Tabel 8.3. Reeks van waarneembare luminanties



Grafiek 8.2. Relatieve verandering in ervaring van helderheid tijdens het schalen van de luminantie door een constante factor voor het hele gezichtsveld. Het initiële adaptatie niveau is het niveau voordat de luminantie wordt verschaald.



Figuur 8.19. De zone waar idealiter geen lichtbronnen mogen bevinden bij een taakuitvoering

## 8.5 Enquête zorgcomplexen

In eerste instantie zou er een enquête afgenomen worden onder ouderen zonder een somatische stoornis, maar door miscommunicatie is de enquête afgenomen bij ouderen met een lichte somatische problematiek (licht dementerend). De zorgverleners hebben een aantal bewoners uitgezocht die nog goed antwoord kunnen geven op mijn vragen.

Oorspronkelijk zou de vragenlijst worden afgenomen in de vorm van een gesprek. Hierdoor kan dieper op de antwoorden worden ingegaan, om zo tot de kern van het antwoord te komen. Bij dementerende moet dit iets anders gedaan worden. Het antwoord kan voortkomen door iets wat ik heb gezegd o.i.d., en niet wat de bewoner vindt. Daarom zijn de vragen een aantal keer herhaald in het gesprek met verschillende vraagsettingen. Tussen dezelfde vragen wordt van onderwerp veranderd, zodat de bewoners ergens anders mee bezig zijn en aan ergens anders aan denken. Als op vraag telkens hetzelfde antwoord komt, kan dit antwoord worden gebruikt.

De enquête zijn afgenomen op 5 afdelingen in Glana te Geleen. Twee van deze afdelingen zijn kleinschalig, de rest zijn grootschaliger. Op de grotere afdelingen zijn twee woonkamers, met 18 slaapkamers.

Lutteraderhof, grootschalig (2 bewoners)

Op deze afdeling zijn twee bewoners uitgezocht, deze zitten bij elkaar aan de grote tafel in de woonkamer. De enquête is met beiden tegelijkertijd afgenomen. Het kunstlicht staat aan, en buiten is het erg bewolkt. Mevrouw A kijkt richting een groot raam met uitzicht op een binnentuin met een terras, planten en voederbakken voor de vogels. Mevrouw B leest in een magazine. Bij de vraag waar men het liefste zit wordt de huidige plek aangewezen. Dit is de vaste plek van de bewoners in de ruimte. Mevrouw A en mevrouw B kunnen goed met elkaar opschieten en vinden het erg gezellig met elkaar. Daarnaast wordt aangegeven dat de stoelen lekker zitten en dat de grote tafel als fijn wordt ervaren (er is plek voor 8 man aan de tafel). Er staan verschillende stoelen aan de tafel. Mevrouw A vindt het leuk om de vogels op en af te zien vliegen. Dit wordt vaak naar voren gehaald door mevrouw A in het gesprek. Mevrouw B lijkt richting de plaats waar mensen de woonkamer binnenkomen en waar de verpleging zich bevindt. Tijdens het gesprek

houdt mevrouw B goed in de gaten wat daar allemaal gebeurt. Dit wordt ook uitgebreid besproken.

Aan de tafel in de woonkamer wordt veel geknutseld volgens mevrouw A. De gemaakte tekeningen worden er snel bijgehaald, en uitgelegd. Ook dit wordt meerdere keren naar voren gehaald in het gesprek.

De ruimte wordt door mevrouw A als licht ervaren door de grote raampartijen (de redenatie is: het is licht, want er zijn veel ramen) en de witte gebouwen die de binnentuin omsluiten. Bij de vraag of ze niet liever aan de andere kant van de tafel zit wordt nee op beantwoord, want dan is het op en af vliegen van de vogels niet meer zichtbaar.

Mevrouw B vindt dat ze genoeg licht heeft om te lezen, en geen last heeft van verblinding op het blad. Tijdens de afname van de enquête wordt een magazine erbij gehaald door mevrouw B, en stukken voorgelezen. De kleine letters worden hier weggelaten, maar de koppen zijn goed te lezen door mevrouw B. Daarbij wordt er goed gelachen om de afbeeldingen die in het blad staan.

Mevrouw A en mevrouw B eten aan dezelfde tafel. Dan komen er echter meer mensen bij, ze zitten dan met z'n zessen.

Als er bezoek komt, komen die bij de tafel zitten. Ook gaan ze vaker naar beneden naar het café. Dit wordt vanuit het bezoek besloten.

Bij de vraag of ze zich ook wel eens even willen terug trekken wordt volmondig nee gezegd. Ze vinden het samen gezellig in de woonkamer, en ze hebben nooit ruzie. De vraag rust wordt hier geassocieerd met ruzie. Bij een iets ander geformuleerde vraag; dut u ook wel eens overdag, geven ze aan dat dit zeker gebeurt. Vooral als het koud is, dan zegt mevrouw A dat ze vaker dut. Na wat dieper wroeten en vragen herhalen wordt hiermee bedoelt, wanneer het buiten koud is. Dit betekend dus ook wanneer het buiten minder licht is. Ook het dutten wordt aan de vaste plek aan de tafel gedaan.

De ruimte zelf wordt niet als koud of warm ervaren, de temperatuur is goed. Mevrouw A geef aan dat als het buiten wat warmer is ze de grote pui openzetten en ze dan buiten zitten.

De televisie staat in dezelfde ruimte, in een hoek en 45 graden gedraaid ten opzichte van het raam. Voor de televisie staat geen zitje. De televisie staat tijdens

de afname aan en deze kan met volgens de bewoners goed zien. Ze kijken televisie vanuit hun eigen stoel. Mevrouw B zal zich moeten omdraaien om te televisie te zien, maar het belangrijkste is dat ze zich op haar eigen stoel bevindt.

Heimsteneraderhof, grootschalig (2 bewoners)

Op deze afdeling zijn twee bewoners uitgezocht, deze zitten bij elkaar in een hoek waar twee gangen op uitkomen. De enquête is met beiden tegelijkertijd afgenomen. Er is vanaf deze plek geen zicht naar buiten. Er bevindt zich kunstlicht (armaturen) boven de zitplek, deze is aan.

Bewoner C en D vinden dit een fijne plek. Ze hebben overzicht en zien iedereen die op de afdeling binnenkomt. Daarbij is het gezelschap leuk, en kunnen ze goed met elkaar 'babbelen'. Beide geven aan dat dit het leukste plekje is. Mevrouw C geeft meerdere keren aan dat het wel binnen is. Mevrouw C heeft veel gewandeld, en zou graag een relatie met buiten willen hebben vanuit de zitplek. Ze ziet hier alleen deuren en gangen. Mevrouw D sluit zich hierbij aan, maar noemt dit verder niet meer in het gesprek. Verderop in de gang bevindt zich een glazen wand, bij de vraag of mevrouw C soms liever daar zou zitten wordt nee gezegd. Het is op de huidige plek gezellig, en ze ziet iedereen binnenkomen. Toch haalt mevrouw C tijdens het gesprek meerdere op dat ze het jammer vindt dat ze geen zicht naar buiten heeft.

Lezen doen mevrouw C en D niet vaak. Daarvoor is het te druk op de huidige plek. Ze gaan hiervoor ook niet een andere plek opzoeken.

Als mevrouw C zich wilt terug trekken dan gaat ze een rondje lopen of gaat naar haar kamer. Mevrouw D heeft niet de behoefte om zich terug te trekken.

Als ze gaan eten gaat mevrouw C naar een andere eetkamer als mevrouw D. Mevrouw D geeft hierbij aan dat die ruimte is om alleen maar om te eten is, daarna komen ze terug op de zitplek en praten ze verder met elkaar.

Bezoek komt bij hun zitten of ze gaan naar de eigen kamer van de bewoner. Op de eigen kamer bevindt zich ook een televisie. Mevrouw C kijkt liever op haar eigen kamer tv, terwijl mevrouw D dit liever in de woonkamer doet. Beide geven wel aan dat ze niet vaak tv kijken.

Mevrouw C geeft aan dat ze 's middags vaak doet dutten, het is dan rustig. Mevrouw D geeft ook aan dat ze vaker smiddags dut om even bij te komen.

Bij de vraag of ze het koud of warm hebben, geeft



Figuur 8.20. Zicht naar buiten vanaf de eettafel bij Lutteraderhof



Figuur 8.21. Zicht naar de binnenkomst van de woonkamer vanaf de eettafel bij Lutteraderhof



Figuur 8.22. Zicht naar de gang richting slaapkamers bij Heimsteneraderhof



Figuur 8.23. Zicht naar de entree van afdeling Heimsteneraderhof



mevrouw C aan dat ze het een lekkere temperatuur vindt. Mevrouw D heeft het iets koud.

Biesenhof, grootschalig (2 bewoners)

Op deze afdeling heeft de verpleging 4 bewoners uitgezocht voor de enquête. De eerste bewoner zat niet lekker in haar vel, en gaf tijdens het gehele gesprek aan dat ze naar huis wilde. De afname van de enquête had hier geen zin. De tweede bewoner hoorde mij erg slecht, waardoor er geen gesprek mee mogelijk was. Ook hier is de enquête afgebroken. Bij de overige twee bewoners is het wel gelukt de enquête af te nemen.

Mevrouw E zit op haar eigen kamer, ze geeft niks om de gemeenschappelijke woonkamer. Op haar slaapkamer bevindt zich een raam, met lamellen ervoor, het kunstlicht is aan.

Mevrouw E leest niet veel omdat ze dan te veel licht moet aanmaken. Naarmate het gesprek vordert wordt het duidelijk dat er niet genoeg licht is voor haar om goed te kunnen lezen. Haar zus neemt de volgende keer een bureaulamp mee.

Mevrouw E gaat met bezoek ook naar haar eigen kamer. Hier is het rustiger en heeft ze privacy.

Mevrouw E gaat niet vaak naar buiten.

Mevrouw E kijkt wel vaak televisie. Deze is goed te zien vanuit haar bed.

Er staat een tafeltje in haar kamer, hier eet ze. Mevrouw E zit aan de tafel met zicht naar de deur, in plaats van zicht naar het raam. Dit geeft haar een gevoel van veiligheid, ze ziet dan wie binnenkomt. Mevrouw E heeft liever niet dat er een foto wordt gemaakt van haar slaapkamer.

Mevrouw F zit buiten, in een binnenhof, een sigaret te roken. Dit doet ze dagelijks, ook als het koud buiten is. Als ze binnen zit, zit ze in een van de woonkamers. Ze vindt het hier gezellig. Mevrouw F zegt dat ze niet dut overdag. Het gesprek gaat vooral over het buiten zijn.

Athos, kleinschalig (4 bewoners)

Mevrouw G is geïnterviewd in haar eigen slaapkamer. Het kunstlicht wordt aangedaan bij binnenkomst (het is een vrij donkere kamer). Ze brengt hier het meeste van haar tijd door, omdat hier haar eigen spulletjes staan. Mevrouw G zit dan op vaste plek, een stoel, loodrecht op het raam. Het bezoek wordt ook ontvangen op haar eigen kamer.

Mevrouw G geeft aan dat ze alles goed kan zien, ook bij het lezen. Maar toch komt tijdens het gesprek naar voren dat dit niet het geval is, ze leest niet meer. Dit komt hoogstwaarschijnlijk voort uit het ziektebeeld.

Mevrouw G kijkt graag naar buiten, vooral als ze bezoekers hoort langslopen op de parkeerplaatst. Ze weet zelfstandig op te noemen wat ze ziet als ze naar buiten kijkt, zonder ten tijde van de vraag naar buiten te kijken.

Mevrouw G geeft antwoord op de vragen, maar verteld zelf niet veel wat ze van de ruimte vindt.

Mevrouw H zit in de woonkamer aan de eettafel met haar rug naar het raam. Dit is haar vaste en favoriete plek, ze kan hiervandaan de hele ruimte overzien. Dit geeft haar een gevoel van veiligheid. Daarnaast zit mevrouw H graag op de stoelen in de woonkamer. Dit zijn vrij grote stoelen, die volgens mevrouw H erg lekker zitten. Daarbij kan ze dan naar buiten, naar de parkeerplaats kijken.

Bij de eettafel heeft mevrouw H zicht op de keuken, hier is 'het leven' gedurende de dag. Ook kan ze zich makkelijk omdraaien en naar buiten kijken. Dit doet ze geregeld tijdens het gesprek. Toch gaat mevrouw H niet graag naar buiten.

Mevrouw H heeft geen favoriet uitzicht. Beide uitzichten, de parkeerplaats en de tuin met een straat erlangs zijn leuk om naar te kijken.

Mevrouw H leest elke dag de krant, ook dit doet ze op haar vertrouwde plek aan de eettafel, en nooit bij de woonkamer.

Als er bezoek komt blijft ze in de woonkamer zitten, ze gaan zelden naar haar eigen kamer toe. In de woonkamer is het gezellig.

Mevrouw H geeft aan dat als ze indut, ze dit het liefst op de grote stoel in de woonkamer doet. Deze zit het lekkerst.

Meneer A wilt eigenlijk helemaal geen vragen beantwoorden. Hij hangt graag aan de ombouw bij de keuken. Volgens meneer A kan hij dan alles goed overzien en grapjes maken met de verpleging. Hij geeft geen antwoord op mijn indirecte vragen. Pas als ik hem uitleg waarom ik hem die vragen stel, en hem de directe vraag stel hoe hij hier het licht ervaart krijg ik antwoord. Meneer A vindt het een prettige ruimte, met voldoende licht. Maar meneer A gaat ook vaak naar buiten. In het half uur dat ik aanwezig ben geweest op de woonkamer is meneer A 7 keer op en neer naar buiten gelopen.

Meneer B zit in de woonkamer met zijn rug naar het raam. Als er wordt gevraagd of dat zijn favoriete plek is wordt gezegd van niet. Aan de eettafel wordt er gegeten en meneer B leest hier zijn krant, hier heeft hij voldoende licht voor, naar eigen zeggen.

Meneer B zijn favoriete plek is op de bank in de



Figuur 8.24. Zicht vanaf de keuken naar de woonkamer bij Athos



Figuur 8.28. Overzicht van de woonkamer bij zilverlinde 3



Figuur 8.25. Zicht bij binnenkomst bij zilverlinde 1



Figuur 8.29. Zicht vanaf de eettafel bij zilverlinde 5



Figuur 8.26. Zicht bij binnenkomst bij zilverlinde 1



Figuur 8.30. Ramen achter de eettafel bij zilverlinde 5



Figuur 8.27. Overzicht van de woonkamer bij zilverlinde 3



Figuur 8.31. Raam bij de woonkamer bij zilverlinde 5

woonkamer. Hij kan hier dan naar buiten kijken, richting de parkeerplaats en bezoek zien aankomen. Maar hij vindt het overal leuk om te zitten, als er maar mensen in de buurt zijn. Meneer B kijkt ook altijd vanaf de bank televisie. Dit doet hij nagenoeg nooit vanuit de stoelen. Volgens meneer B heeft dat ermee te maken dat de bank lekker zit, en ook naar buiten kan kijken. Meneer B heeft vanaf de bank goed zicht op de televisie.

Meneer B heeft niet de behoefte om zich overdag terug te trekken op zijn kamer. Als hij rust wilt dan dut hij op de bank in de woonkamer. Dit doet hij niet op een van de stoelen, alleen op de bank.

Met bezoek zit meneer B overal in de woonkamer. Hij gaat zelden naar zijn eigen kamer toe. Meneer B heeft een eigen hond die elke dag mee komt met bezoek. Meneer B vindt het dan ook fijn om buiten te wandelen, dit heeft hij altijd gedaan.

#### Zilverlinde 1, kleinschalig (3 bewoners)

Zilverlinde is een kleinschalig wooncomplex waar 5 woningen rondom een binnentuin liggen. De bewoners kunnen zelfstandig naar de binnentuin lopen.

Er is kunstlicht aan ten tijde van de afname, en er bevindt zich maar 1 raam in de ruimte.

Mevrouw I en J zitten buiten, en komen hier geregeld om te roken. Eenmaal binnen geven beide aan dat de bank toch de favoriete plek in de woonkamer is. Op de bank kijken mevrouw I en J televisie. Mevrouw I valt vaker op slaap in de bank. Dit komt volgens mevrouw I doordat het dan stil in de ruimte is. Mevrouw J heeft hier minder last van.

Met bezoek gaat mevrouw J vaker naar de kamer, het is hier rustiger en ze heeft hier meer privacy. Mevrouw I blijft liever in de woonkamer zitten.

Meneer C is het liefst bij de keuken. Hier kan hij alles en iedereen in de gaten houden. Meneer C leest aan de keukentafel graag de krant. Dit heeft volgens meneer C niks te maken dat het kunstlicht hier aan is, maar met dat het dan een stuk makkelijker is om de krant neer te leggen dan de krant vast te pakken op een stoel. Meneer C gaat niet graag naar zijn eigen kamer, als hij zich even wilt terug trekken gaat hij op de bank zitten en doet hij zijn ogen dicht. Meneer C houdt het liefst alles en iedereen in de gaten. Hij weet dan ook precies waar iedereen is.

Meneer C hoeft niet per se naar buiten te gaan, ook kijkt hij niet vaak door het raam.

Meneer C vindt niet dat de woonkamer te donker is (eigen ervaring is dat het een vrij donkere woonkamer

is).

#### Zilverlinde 2, kleinschalig (2 bewoners)

In de woning is kunstlicht aan, er bevinden zich 3 ramen in de ruimte, die allemaal verschillend georiënteerd zijn.

Mevrouw K zit op een stoel met haar rug naar een raam. Dit is haar favoriete plek. Volgens mevrouw K ligt dat aan de stoel. De stoel zit lekker, en mevrouw K komt makkelijk in en uit de stoel. Ook kan mevrouw K vanuit de stoel de toegang tot de woonkamer zien. Bij de vraag of ze het niet vervelend vindt dat ze niet naar buiten kan kijken, wijst mevrouw K me erop dat ze via een ander raam de straat op kan kijken. Mevrouw K geeft aan dat ze vaker voor het raam staat om naar buiten te kijken. Ze kijkt graag naar voorbij komend verkeer (voetgangers, fietsers, auto). Ze vindt het fijn om buiten te wandelen. Dit gebeurt vaak met bezoek. Mevrouw L zit in een rolstoel. Ze heeft regelmaat nodig en wordt daarom altijd op dezelfde plek neergezet bij de televisie, met de rug naar de deur. Dit vindt mevrouw L niet vervelend. De afname heeft plaatsgevonden aan de eettafel. Mevrouw L vindt het fijn mensen om haar heen te hebben. Tijdens de afname vraagt mevrouw L of ze overige bewoners nog in de woonkamer zijn, ze zit met haar rug naar de overige bewoners toe en ziet deze dus niet.

Mevrouw L komt graag buiten. Met bezoek gaat ze vaak wandelen of naar haar eigen kamer. Mevrouw L kijkt vanuit haar plek graag naar de straat kant.

Mevrouw L geeft aan dat ze het jammer vindt dat het kunstlicht overdag al aan is, ze heeft liever meer zon naar binnen. Kunstlicht hoort pas aan te zijn als het buiten donker is.

Mevrouw L leest graag en dat doet ze in de woonkamer op haar vaste plek. Vanuit deze plek kijkt ze ook televisie. Maar in de avond kijkt ze liever televisie vanuit haar eigen kamer, ze kan dan zelf bepalen wat ze kijkt.

Mevrouw L slaapt ('s avond) slecht, ze geeft aan dat ze daarom overdag niet dut.

#### Zilverlinde 3, kleinschalig (1 bewoner)

In de woning is kunstlicht aan, er bevinden zich 3 ramen in de ruimte, die allemaal verschillend georiënteerd zijn.

Mevrouw M zit in de woonkamer, in een luie stoel, naast de openhaard, tv te kijken. Dit is haar favoriete plek. De stoel zit lekker, en ze kan vanuit deze positie naar buiten kijken. Mevrouw M geeft hierbij aan dat ze

liever naar de straat kant met de mensen kijkt dan naar een groen bedekte muur waar verder niks gebeurt.

Mevrouw M leest graag de krant, dit doet ze op haar eigen stoel naast de haard. Ze geeft aan dat ze de krant goed kan lezen.

Als het 's avond is of als het koud wordt dan geeft mevrouw M aan dat ze vaker dut. Ook dit gebeurt in de stoel.

Zilverlinde 5, kleinschalig (1 bewoner)

Mevrouw N zit in de woonkamer, op de hoek van de eettafel. Het kunstlicht is aan in de woonkamer. Er bevinden zich twee ramen in de ruimte, met verschil in oriëntatie.

Mevrouw N zit altijd aan de hoek van de eettafel zodat ze zicht heeft op de gang en dus ziet wie eraan komt. Ze is bang dat visite haar anders niet kan vinden. Op deze plek leest ze ook graag, er liggen 3 boekjes voor haar. Ze geeft aan dat het lezen makkelijk gaat en er genoeg licht voor heeft. Televisie kijkt ze niet graag.

Bij bezoek blijft mevrouw N in de woonkamer.

Als mevrouw N zich wilt terug trekken gaat ze naar haar eigen kamer, daar staat een relaxstoel waar ze dan gebruik van maakt.

Mevrouw N heeft een duidelijke voorkeur voor het raam wat uitkijkt op de straat, daar is leven en dingen te zien. Een ander raam kijkt uit op een klein pad langs het gebouw, waar niemand loopt.

## CONCLUSIE

Wat opvalt uit de enquête is dat bij grootschalig wonen, de bewoners een kleine leefwereld hebben. De eigen stoel is hun eigen plek, deze is veilig. De leefwereld van deze bewoners is niet groter dan de omgeving om de stoel heen. De dementerenden hebben bij grootschalig wonen geen overzicht over de gehele woning. Ze hebben geen idee wat zich om de hoek bevindt. Daarom zullen ze ook minder snel hun leefwereld uitbreiden. Bij kleinschalig wonen is de leefomgeving de hele woonkamer, deze is kleiner en dus ook overzichtelijker. Bewoners staan vaker op en lopen rond. De bewoners hebben hier meer overzicht over de ruimte, en zijn dus minder angstig.

Uit de enquête komt dat het uitzicht, zowel naar binnen als naar buiten, voor de dementerenden erg belangrijk is zowel bij kleinschalig als bij grootschalig. Iedereen vindt het fijn om naar activiteit te kijken, in tegenstelling tot een uitzicht waar niks gebeurt. In de woonkamer is de keuken de plek waar alles gebeurt. Bij kleinschalig wonen vinden de bewoners het prettig

om overdag in de buurt van de keuken te zitten. Hier gebeurt vanalles.

Overzicht is ook een belangrijk aspect wat uit de enquête is gekomen. Een groot aantal mensen vinden het fijn om een ruimte te overzien, vooral de plek waar mensen (bezoekers) binnenkomen. De helft van de bewoners die zijn geïnterviewd kiezen een plek uit waar ze overzicht hebben.

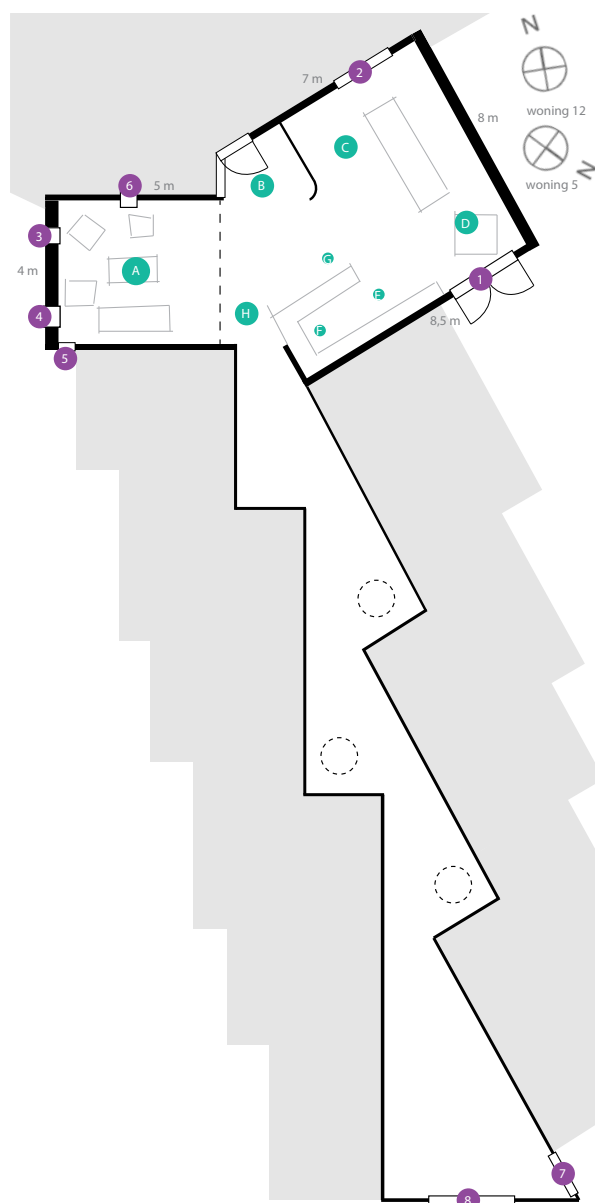
Ongeveer de helft van de bewoners trekt zich terug in een andere ruimte dan de woonkamer. De meeste bewoners vinden de gezelligheid van de woonkamer een belangrijk aspect. Ook al praat er niemand, hebben de bewoners toch graag andere mensen om zich heen. Als het koud is, meestal wordt hiermee bedoelt als het buiten koud is (dus in de winter), wordt er meer gedut overdag. In de winter is het een stuk minder licht buiten, waardoor ook minder licht naar binnen komt. Dit heeft invloed op het activiteitsniveau van de bewoners.

## 8.6 Analyse zorgcomplexen

Na de literatuurstudie hierboven is een lichtstudie gedaan in 3 verschillende zorgcomplexen; De Hogeweyk in Weesp, Boswijk in Vught en de Rietvink in Amsterdam. Deze zorgcomplexen zijn besproken in hoofdstuk 2.3. De onderzoeksvraag hierbij luidt: "Wat zijn de eisen met betrekking tot licht in zorgcomplexen en hoe komt dit tot uiting in de praktijk? "

Bij elk zorgcomplex wordt in twee woningen de lichtmetingen uitgevoerd. De metingen worden uitgevoerd in de woonkamer en in de gang, er wordt niet gemeten in de slaapkamers van de bewoners. Door middel van een grid wordt de verlichtingsterkte per ruimte gemeten. Daarna wordt met behulp van een luminantiecamera verschillende foto's gemaakt, in de situatie waarin de woningen worden aangetroffen, om te kijken hoe het contrast in de ruimte is. Het volledige meetplan is toegevoegd in bijlage x.

### 8.6.1. Algemene informatie woningen



Figuur 8.32. Positie de ramen en lampen in woning 5 en 12 Boswijk

Hier worden de gemeten woningen kort toegelicht. Uitgebreide informatie over de zorgcomplexen is te vinden in hoofdstuk 2.4.

#### BOSWIJK VUGHT

In de boswijk is gemeten aan twee woningen; woning 5 en 12. Beide woningen zijn opgedeeld in een eetgedeelte en woongedeelte. In praktijk wordt het eet gedeelte echter ook gebruikt als woongedeelte. Het woongedeelte wordt nauwelijks gebruikt.

Woning 5 is georiënteerd op OZO, en ligt op ongeveer 4 meter van woning 6. Het eetgedeelte van de woning heeft ramen aan twee zijden, waarvan één raam uitkijkt op de binnenplaats dus geen direct licht van buiten krijgt. Het zitgedeelte heeft meerdere kleine ramen aan 3 zijden.

Elk raam in de woning heeft lichtwering. Ramen 1 en 5 hebben donkere gordijnen, die enigzinds lichtdoorlatend zijn. Ramen 2,3,4,6 hebben donker rolgordijn met open structuur door middel van kleine gaatjes.

Het eetgedeelte van de woning heeft beige en bruine muren (50/50) met een beige vloer (linoleum), en in totaal 6.5 m<sup>2</sup> ramen (waarvan 4,4 m<sup>2</sup> naar buiten georiënteerd). Het zitgedeelte heeft twee beige muren en één bruine muur met een donkere vloer(laminaat), met totaal 2.5 m<sup>2</sup> ramen (waarvan 1.7 m<sup>2</sup> naar buiten georiënteerd). De gang heeft de kleuren licht beige en oranje, en heeft 3 dakramen.

In de woning wordt gebruikt gemaakt van verlichting door een diffuse lampenkap. De verlichting in de woning wordt handmatig in- en uit geschakeld. De bewoners kunnen zelf de lampen aan en uit doen, alhoewel dit niet vaak gebeurt. De positie van de vasten lampen is

te zien in afbeelding 4.32. Sfeer verlichting is hier niet meegenomen. Op 1 meter afstand van de lamp is de verlichtingssterkte van deze lamp gemeten. Lamp A is de grootste lamp van de woning en geeft ong. 780 lux af, lamp B bij de ingang geeft ong. 250 lux af. Lampen C & D geven ong. 650 lux af, en lampen E, F & G ong. 280 lux.

Woning 12 is georiënteerd op NNW en ligt op ongeveer 3 meter van woning 11. Het eetgedeelte van de woning heeft ramen aan twee zijden, waarvan één raam uitkijkt op de binnenplaats dus geen direct licht van buiten krijgt. Het zitgedeelte heeft meerdere kleine ramen aan 3 zijden.

Elk raam in de woning heeft lichtwering. Raam 1 heeft een donker gordijnen, die enigzins lichtdoorlatend zijn. Ramen 2,3,4,6 hebben donkere rolgordijnen met open structuur door middel van kleine gaatjes. Raam 5 heeft een licht gordijn met een open structuur door middel van kleine gaatjes.

Het eetgedeelte van de woning heeft beige en bruine muren (70/30) met een beige vloer (linoleum), en in totaal 6.5 m<sup>2</sup> ramen (waarvan 4,4 m<sup>2</sup> naar buiten georiënteerd). Het zitgedeelte heeft één beige muren en twee bruine muur met een donkere vloer(laminaat), met totaal 2.5 m<sup>2</sup> ramen (waarvan 1.7 m<sup>2</sup> naar buiten georiënteerd). De gang heeft de kleuren licht beige en bruin, en heeft 3 dakramen.

De verlichting in de woonkamer is hetzelfde als de verlichting in woonkamer 5.

#### HOGEWYCK VUGHT

In de Hogeweyck is gemeten aan twee woningen; woning 7 en 22.

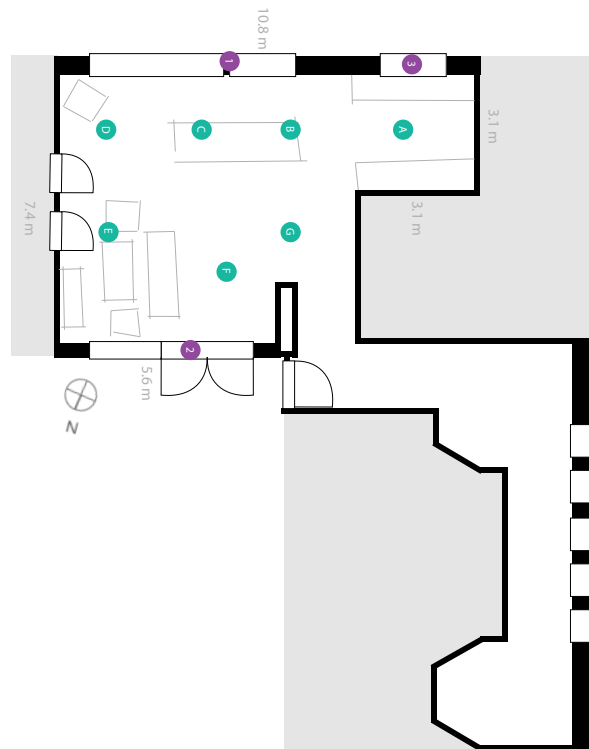
Woning 7 is georiënteerd op NNW. De woning heeft ramen aan twee zijden; 13 m<sup>2</sup> op de noordzijde, 11 m<sup>2</sup> op de zuidzijde. Aan de noordzijde bevindt zich een overstek, wat de lichttoetreding flink belemmert. Aan de zuidzijde bevinden zich bomen voor de ramen. Elk raam heeft lichtwering; gesloten bordeauxrode gordijnen.

De woning heeft lichte muren met een motief en een donkere vloer.

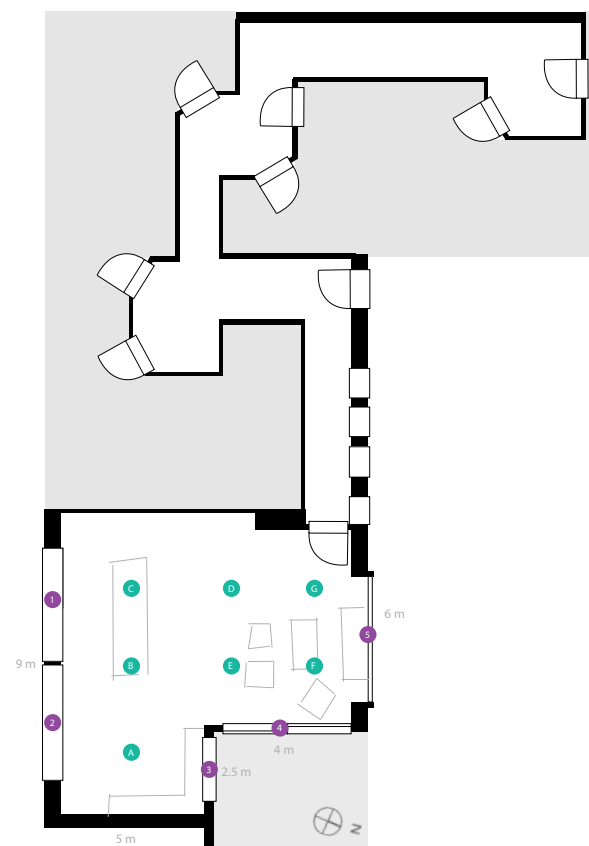
De verlichting in de woonkamer is aangegeven in figuur 8.33. De hanglampen boven de tafel (B & C) geven 140 lux af op 1 meter afstand. De overige armaturen in het plafond geven ong. 412 lux af.

De gang heeft een donkere vloer en lichte wanden. De gang wordt voorzien van daglicht, in combinatie met kunstlicht.

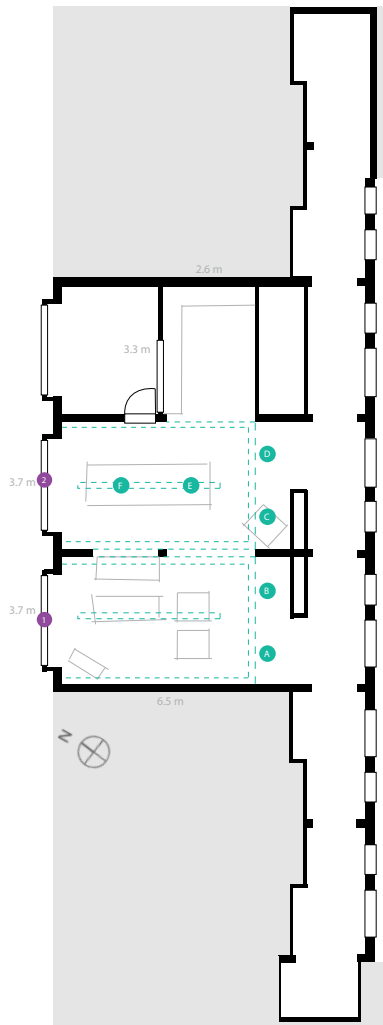
Woning 22 is georiënteerd op NNO. De woning bevindt



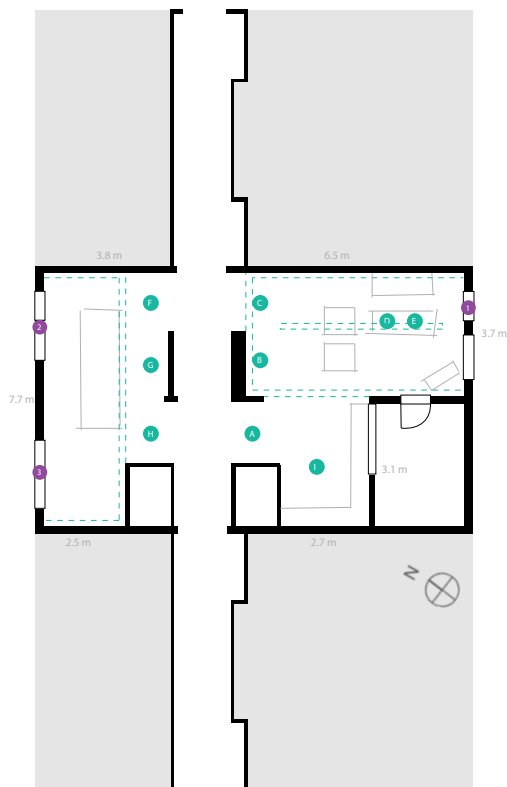
Figuur 8.33. Positie van de ramen en lampen in woning 7 Hogeweyck



Figuur 8.34. Positie van de ramen en lampen in woning 22 Hogeweyck



Figuur 8.35. Positie van de ramen en lampen in woning de Vlucht Rietvinck



Figuur 8.36. Positie van de ramen en lampen in woning de Halle Rietvinck

zich op de tweede verdieping en heeft ramen aan drie zijden; 12.4 m<sup>2</sup> aan de zuidzijde, 11 m<sup>2</sup> aan de oostzijde en 11.6 m<sup>2</sup> aan de noordzijde. Aan de zuid zijde bevinden zich bomen voor de ramen, wat de lichttoetreding belemmert. Elk raam heeft lichtwering; lichtelijk lichtdoorlatende bruine gordijnen.

De woning heeft lichte muren met een motief en een lichte vloer.

De verlichting in de woonkamer is aangegeven in figuur 8.34. De hanglampen boven de tafel (B & C) geven 260 lux af op 1 meter afstand. De overige armaturen in het plafond geven wisselende aantal lux af; tussen de 127 en 570 lux.

De gang heeft een donkere vloer en lichte wanden. De gang wordt voorzien van daglicht, in combinatie met kunstlicht.

#### RIETVINCK AMSTERDAM

In de Rietvinck is gemeten aan twee woningen; woning de Vlucht en woning de Halle.

Woning de Vlucht is georiënteerd op het zuiden. Alle ramen (19,2 m<sup>2</sup>) van de woning liggen op het zuiden. Elk raam heeft lichtwering; lichtdoorlatende lichte gordijnen. De ramen zijn ook voorzien van zonwering; een wit uitvalscherf.

De woonkamer heeft een donkere vloer en voornamelijk witte muren. De lange muur op het westen heeft donkerrood behang.

De verlichting is aangegeven in figuur 8.35. De woning wordt verlicht door armaturen, plafond lampen en indirecte verlichting. De hanglampen boven de tafel geven ongeveer 450 lux af op 1 meter onder de lamp. De armaturen geven ongeveer 270 lux af op 1 meter onder de lamp.

De gang heeft een donkere vloer en zowel een lichte als een donkere wand, en is voorzien van daglicht en kunstlicht.

Woning de Halle is opgedeeld in twee gedeeltes; een woongedeelte en een eetgedeelte. Het woongedeelte is georiënteerd op het zuiden, met 5 m<sup>2</sup> ramen. Hier bevindt zich ook een overstek wat het toedringen van het daglicht beperkt. Het eetgedeelte is georiënteerd op het noorden, met 7.3 m<sup>2</sup> ramen.

Elk raam heeft lichtwering; lichtdoorlatende lichte gordijnen. De ramen aan de zuidzijde zijn ook voorzien van zonwering; een wit uitvalscherf.

De woonkamer (zowel woongedeelte als eetgedeelte) heeft een donkere vloer en witte muren.

De verlichting is aangegeven in figuur 8.36. De woning wordt verlicht door armaturen, plafond lampen

en indirecte verlichting. De hanglampen boven de salontafel in het woongedeelte geven ongeveer 180 lux af op 1 meter onder de lamp. De armaturen in het woongedeelte geven ongeveer 1080 lux af op 1 meter onder de lamp, de armaturen in het eetgedeelte geven ongeveer 330 lux af op 1 meter onder de lamp.

De gang heeft een donkere vloer en lichte muren, en is voorzien van daglicht en kunstlicht.



## 8.6.2. Verlichtingssterkte en daglichtfactor

De verlichtingssterkte wordt aan de hand van een grid gemeten, dit geeft een goed inzicht in het totale verlichtingssterkte in de woonkamer op tafelniveau (0,8 meter). Met behulp van een handmatige digitale luxmeter wordt op verschillende meetpunten in de woonkamer de verlichtingssterkte gemeten, inclusief en exclusief kunstlicht. Om een goed beeld te krijgen van de omstandigheden meten we ten tijde van de meting per meetpunt, ook de lichtsterkte die van buiten naar binnen valt met een ISO-TECH Light Meter, model LX-101.

We gebruiken voor deze metingen twee verschillende luxmeters. Deze zijn niet exact even gevoelig. De handmatige digitale luxmeter geeft 12 lux hoger weer als de ISO-TECH Light Meter, model LX-101. Dit verschil is erg klein en wordt dus verwaarloosd.

De verlichtingssterkte van buiten wordt gemeten op verticaal vlak, om deze te converteren naar het horizontale vlak is een reductiefactor nodig:

$$E_{hor} = E_{vert} / 0.379$$

Hierdoor kunnen we de gemeten verlichtingsterkte op een horizontaal vlak buiten vergelijken met de binnenkomende verlichtingssterkte.

Aan de hand van de eisen uit de literatuur heb ik eigen eisen gesteld voor de verlichtingssterktes. Hieronder staan deze per functie beschreven.

Functie	Verlichtingssterkte	Daglichtfactor
woonkamer algemeen (lopen)	> 300 lux	> 3%
woonkamer algemeen (>75%)	> 500 lux	> 5%
woonkamer nabij stoel	>1000 lux	10%
lezen	> 500 lux	> 6%
fijnere handwerken	> 1000 lux	10%
eettafel	> 500 lux	> 5%
keuken	>500 lux	> 5%
eten bereiden	>800 lux	> 8%
gang	200 lux	> 2%
slaapkamer	300 lux	> 2%
badkamer	300 lux	> 2%
's nachts	> 50 lux	

Tabel 8.4. Eisen voor verlichtingssterkte en daglichtfactor bij verschillende functies

Er zijn geen maximale eisen vastgesteld aan de verschillende taken. Te veel licht is nooit erg, tenzij deze voor verblinding zorgt. Hiervoor wordt er gekeken naar de luminantie verhoudingen in een ruimte.

De eisen komen voornamelijk uit de eisen die J. van Hoof heeft opgesteld. De enige afwijking is dat er voor fijnere handwerken en de keuken een hogere verlichtingssterkte eis is vastgesteld. Voor fijnere handwerken is detail niveau nodig, waarbij hogere lichtsterkten helpen voor het detailonderscheidend vermogen.

Voor de keuken is een daglichteis van 500 lux vastgezet omdat de bezigheden in de keuken gelijk, of zelfs moeilijker zijn dan de bezigheden aan de eettafel. Daarom is de verlichtingssterkte eis in keuken gelijk aan de verlichtingssterkte eis bij de eettafel.

Bij zorgcomplexen staan de tafels vaak door de hele woonkamer heen, in plaats van gecentreerd op één plek, zoals de architect dit vaak heeft bedacht. In het ontwerp moet hier rekening mee gehouden worden. Daarom is hier gekozen voor een minimale verlichtingssterkte van 500 lux, met een daglichtfactor >5% wat moet gelden voor minimaal 75% van de woonkamer.

Bij de stoel in de woonkamer en bij fijnere handwerken kan met behulp van kunstlicht bijverlicht worden. Hierdoor ontstaat er extra taakverlichting.

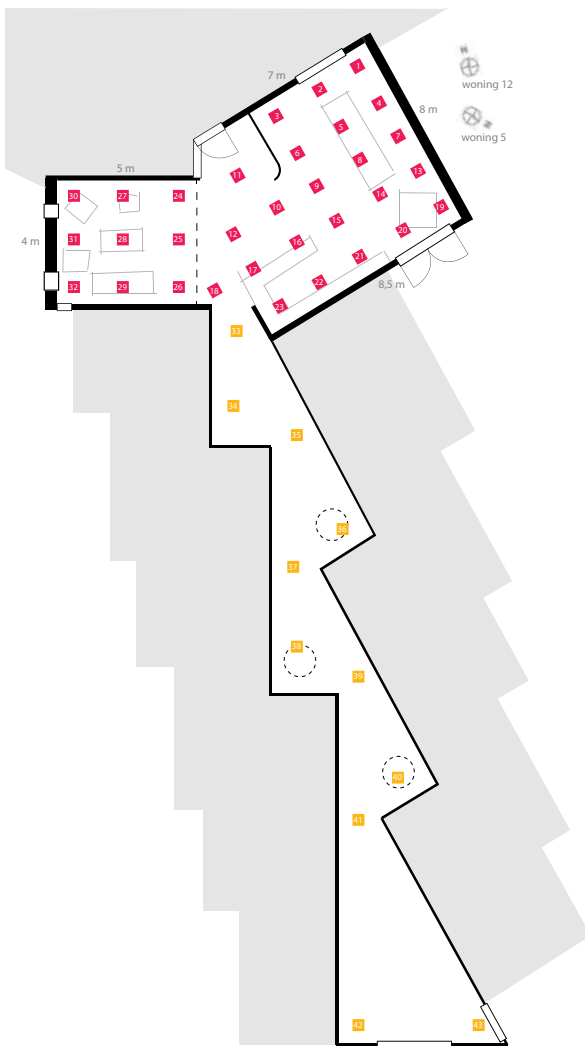
Bij een te hoge daglichtfactor kan verblinding optreden, hierdoor moet de eis van de daglichtfactor altijd in combinatie met de eisen voor de luminantie bekeken worden.

In het gehele gezichtsveld (60°) mag het luminantie verschil tussen het gemiddelde luminantie niveau van de ruimte en het hoogste of laagste luminantie niveau mag niet groter zijn dan 30:1. In het directe gezichtsveld (30°) mag het luminantie verschil niet groter zijn dan 10:1.

Bij het oudere oog gaat het accommoderen van de pupil achteruit, waardoor overgangen met een te hoog verschil in verlichtingssterkte vervelend worden. Er ontstaat dan verblinding of verduistering. Hierdoor mogen de overgangen tussen verschillende delen in een ruimte of tussen verschillende ruimtes onderling niet meer dan 3% in daglichtfactor verschillen. Ook dit geldt in combinatie met de eisen van de luminantie.

De volgende figuren geven de verlichtingssterktes op tafelblad in de woning weer op verschillende meetpunten, exclusief en inclusief kunstlicht. De metingen in Boswijk hebben plaatsgevonden bij een vrij zonnige dag. De metingen in Hogeweyck en Rietvinck op bewolkte dagen.

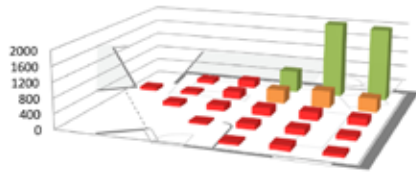
BOSWIJK WOONKAMER 5 en 12



Figuur 8.37. Grid van de lichtmetingen woning 5 en 12 Boswijk

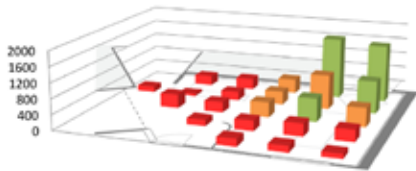
BOSWIJK WOONKAMER 5

Lichtverdeling woonkamer (eetgedeelte), exclusief kunstlicht



$E_{max}$	2318 lux
$E_{min}$	54 lux
$E_{gem}$	364 lux
$E_{500lux}$	13%
$E_{1000lux}$	8%

Lichtverdeling woonkamer (eetgedeelte), inclusief kunstlicht

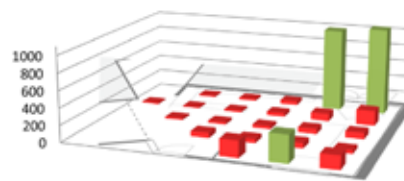


$E_{max}$	1510 lux
$E_{min}$	66 lux
$E_{gem}$	448 lux
$E_{500lux}$	26%
$E_{1000lux}$	8%

Figuur 8.38. Lichtverdeling van het eetgedeelte van de woonkamer in Boswijk 5. Exclusief en inclusief kunstlicht

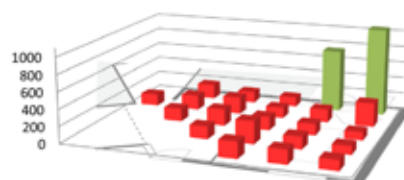
BOSWIJK WOONKAMER 12

Lichtverdeling woonkamer (eetgedeelte), exclusief kunstlicht



$E_{max}$	1040 lux
$E_{min}$	13 lux
$E_{gem}$	157 lux
$E_{500lux}$	8%
$E_{1000lux}$	4%

Lichtverdeling woonkamer (eetgedeelte), inclusief kunstlicht

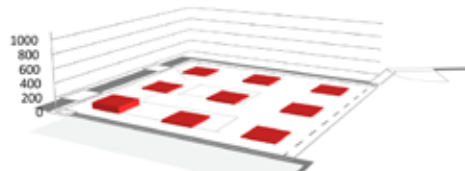


$E_{max}$	1062 lux
$E_{min}$	95 lux
$E_{gem}$	229 lux
$E_{500lux}$	8%
$E_{1000lux}$	4%

Figuur 8.40. Lichtverdeling van het eetgedeelte van de woonkamer in Boswijk 12. Exclusief en inclusief kunstlicht

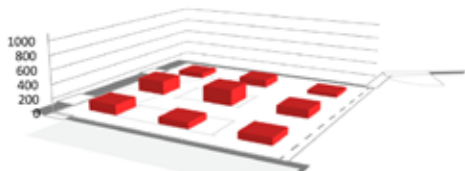
- <300 lux
- >300 lux
- >500 lux

Lichtverdeling woonkamer (zitgedeelte), exclusief kunstlicht



$E_{max}$	94 lux
$E_{min}$	16 lux
$E_{gem}$	31 lux
$E_{500lux}$	0%
$E_{1000lux}$	0%

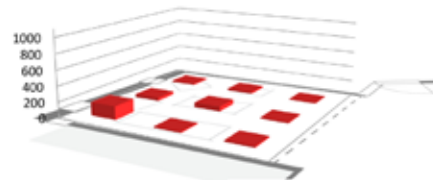
Lichtverdeling woonkamer (zitgedeelte), inclusief kunstlicht



$E_{max}$	236 lux
$E_{min}$	55 lux
$E_{gem}$	126 lux
$E_{500lux}$	0%
$E_{1000lux}$	0%

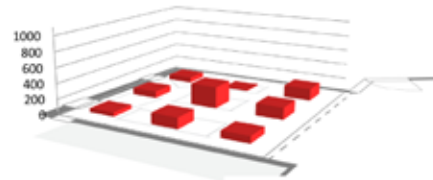
Figuur 8.39. Lichtverdeling van het zitgedeelte van de woonkamer in Boswijk 5. Exclusief en inclusief kunstlicht

Lichtverdeling woonkamer (zitgedeelte), exclusief kunstlicht



$E_{max}$	172 lux
$E_{min}$	11 lux
$E_{gem}$	41 lux
$E_{500lux}$	0%
$E_{1000lux}$	0%

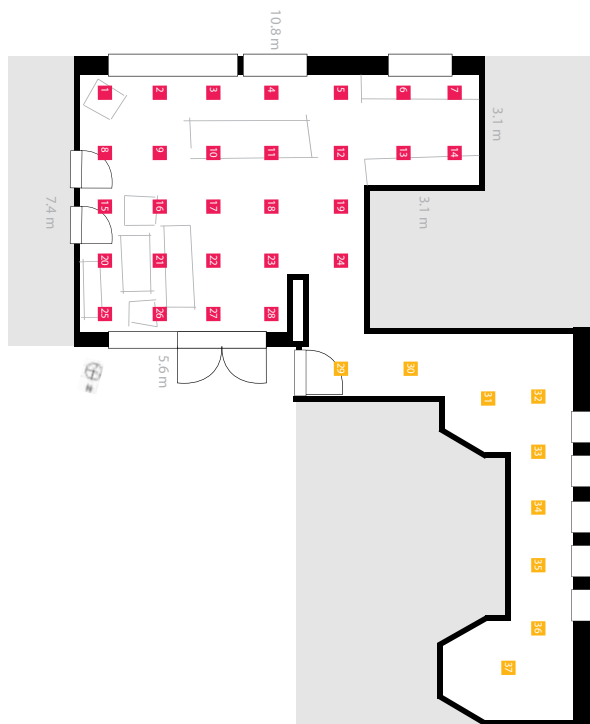
Lichtverdeling woonkamer (zitgedeelte), inclusief kunstlicht



$E_{max}$	280 lux
$E_{min}$	11 lux
$E_{gem}$	127 lux
$E_{500lux}$	0%
$E_{1000lux}$	0%

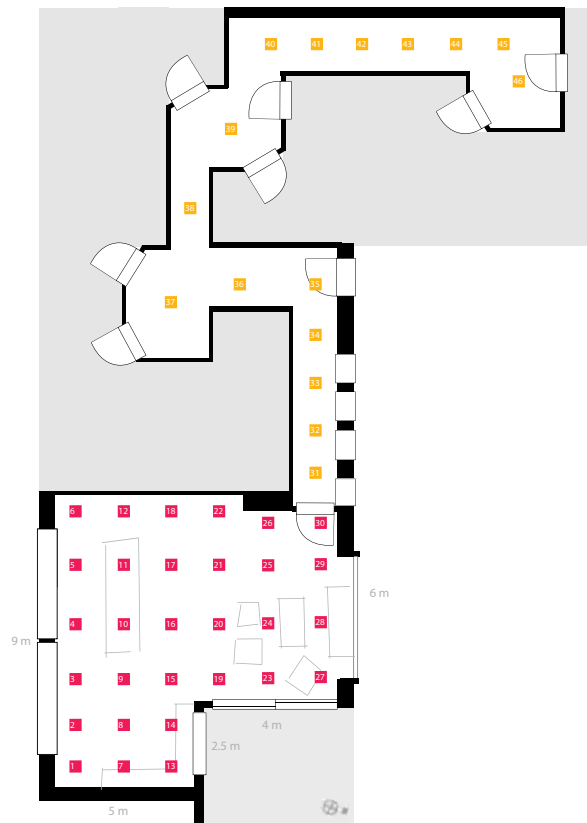
Figuur 8.41. Lichtverdeling van het zitgedeelte van de woonkamer in Boswijk 12. Exclusief en inclusief kunstlicht

HOGEWYCK WOONKAMER 7



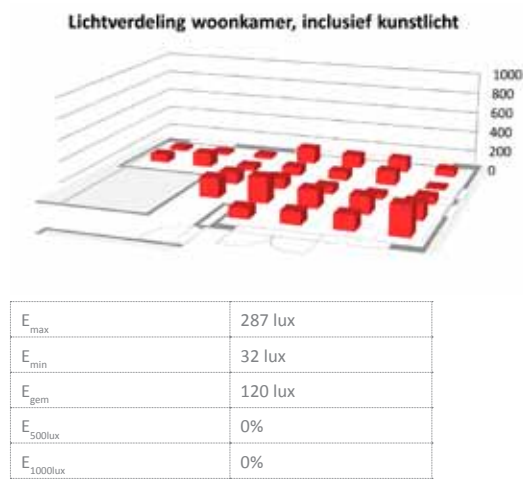
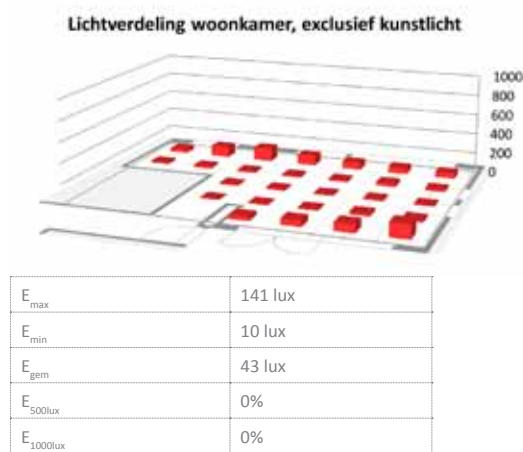
Figuur 8.42. Grid van de lichtmetingen in woning 7 Hogeweyck

HOGEWYCK WOONKAMER 22



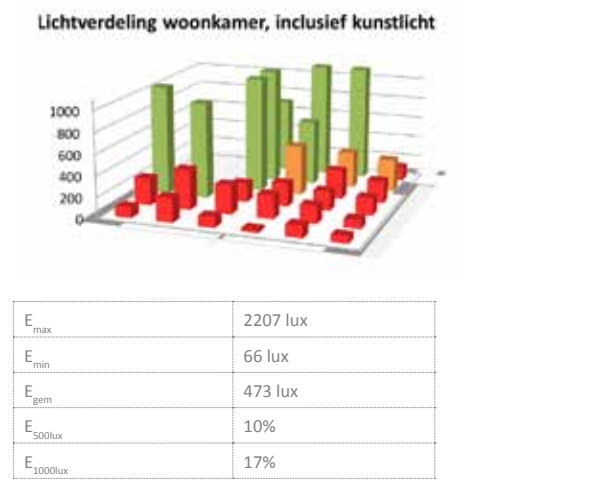
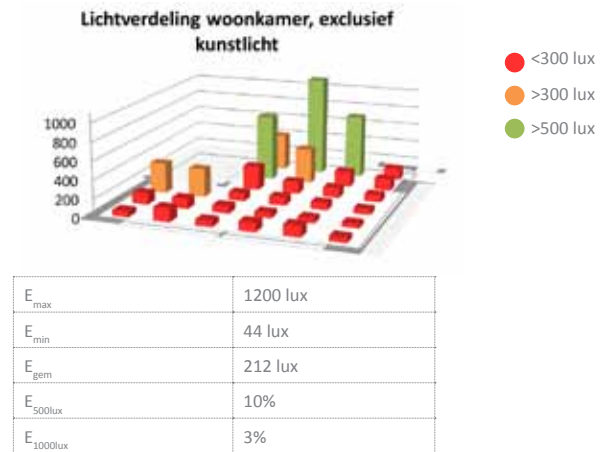
Figuur 8.43. Grid van de lichtmetingen in woning 22 Hogeweyck

HOGEWYCK WOONKAMER 7



Figuur 8.44. Lichtverdeling van de woonkamer in Hogeweyck 7. Exclusief en inclusief kunstlicht

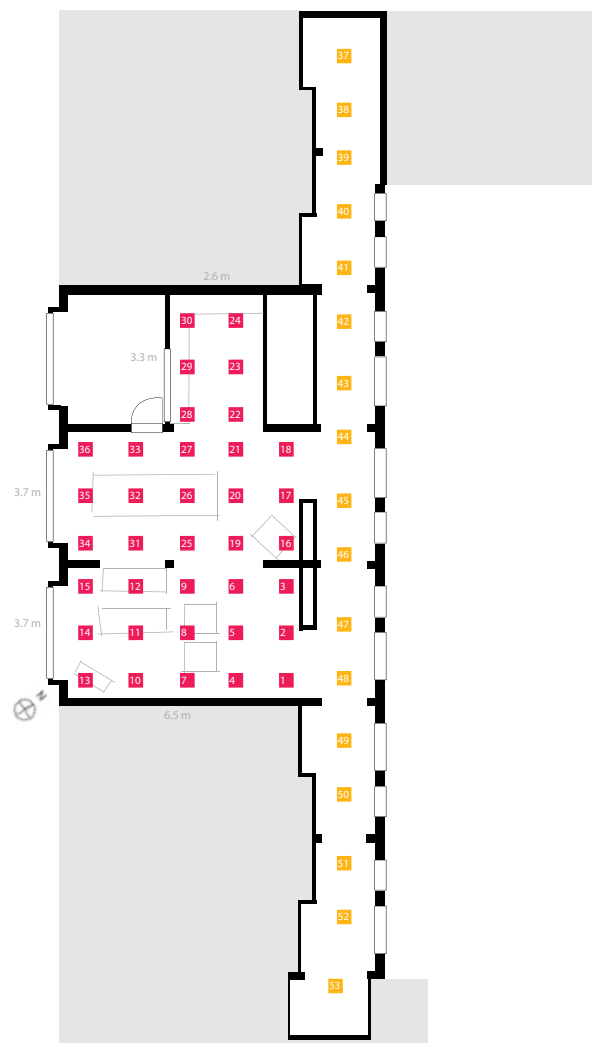
HOGEWYCK WOONKAMER 22



Figuur 8.45. Lichtverdeling van de woonkamer in Hogeweyck 22. Exclusief en inclusief kunstlicht

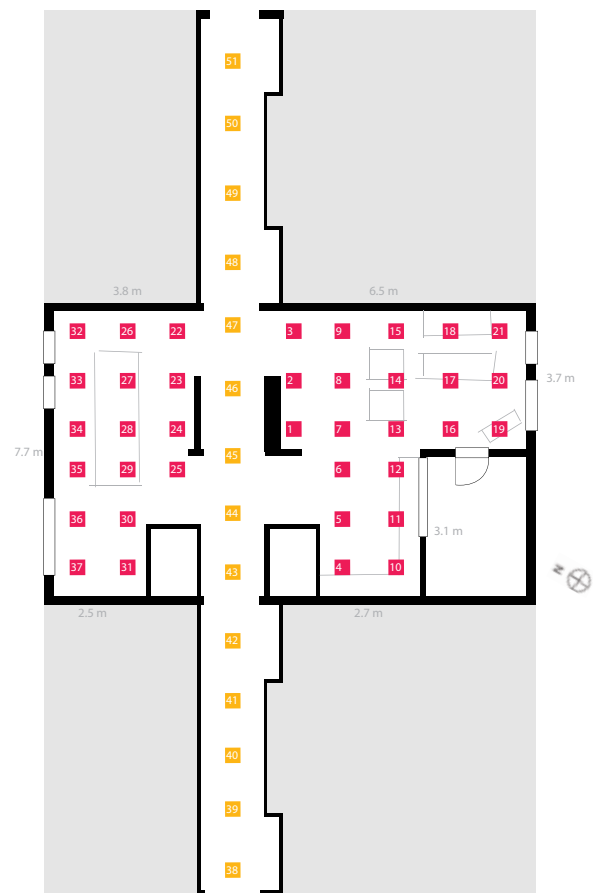
- <300 lux
- >300 lux
- >500 lux

RIETVINCK WOONKAMER DE VLUGT



Figuur 8.46. Grid van de lichtmetingen in woning de Vlucht te Rietvinck

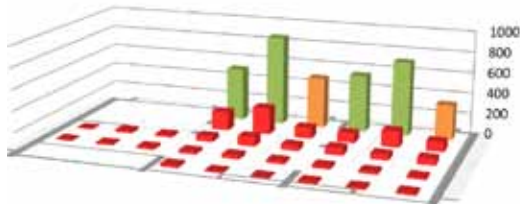
RIETVINCK WOONKAMER DE HALLE



Figuur 8.47. Grid van de lichtmetingen in woning de Halle te Rietvinck

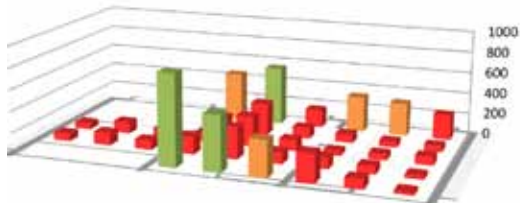
RIETVINCK WOONKAMER DE VLUGT

Lichtverdeling woonkamer, exclusief kunstlicht



$E_{max}$	860 lux
$E_{min}$	5 lux
$E_{gem}$	156 lux
$E_{500lux}$	8%
$E_{1000lux}$	0%

Lichtverdeling woonkamer, inclusief kunstlicht

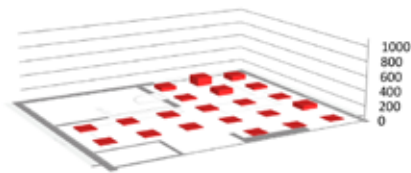


$E_{max}$	852 lux
$E_{min}$	31 lux
$E_{gem}$	197 lux
$E_{500lux}$	8%
$E_{1000lux}$	0%

Figuur 8.48. Lichtverdeling van de woonkamer in De Vlucht. Exclusief en inclusief kunstlicht

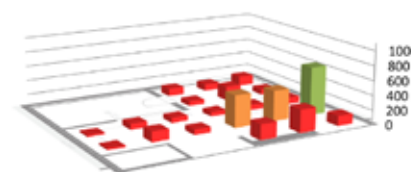
RIETVINCK WOONKAMER DE HALLE

Lichtverdeling woonkamer (woongedeelte), exclusief kunstlicht



$E_{max}$	123 lux
$E_{min}$	3 lux
$E_{gem}$	28 lux
$E_{500lux}$	0%
$E_{1000lux}$	0%

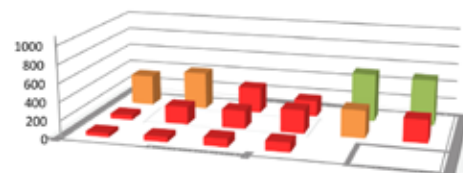
Lichtverdeling woonkamer (woongedeelte), inclusief kunstlicht



$E_{max}$	661 lux
$E_{min}$	24 lux
$E_{gem}$	166 lux
$E_{500lux}$	4%
$E_{1000lux}$	0%

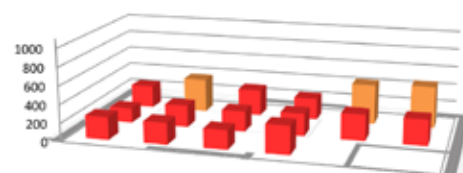
Figuur 8.49. Lichtverdeling in het woongedeelte van de woonkamer in De Halle. Exclusief en inclusief kunstlicht

Lichtverdeling woonkamer (eetgedeelte), exclusief kunstlicht



$E_{max}$	529 lux
$E_{min}$	45 lux
$E_{gem}$	239 lux
$E_{500lux}$	6%
$E_{1000lux}$	0%

Lichtverdeling woonkamer (eetgedeelte), inclusief kunstlicht



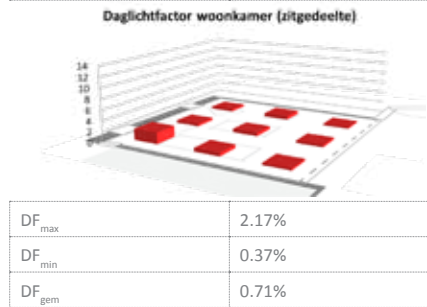
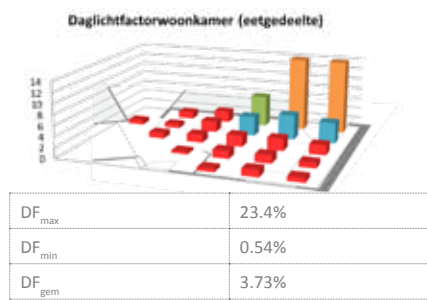
$E_{max}$	462 lux
$E_{min}$	163 lux
$E_{gem}$	281 lux
$E_{500lux}$	6%
$E_{1000lux}$	0%

Figuur 8.50. Lichtverdeling in het eetgedeelte van de woonkamer in De Halle. Exclusief en inclusief kunstlicht

- <300 lux
- >300 lux
- >500 lux

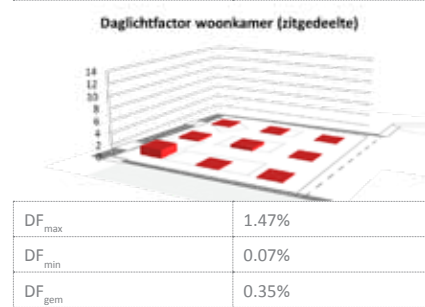
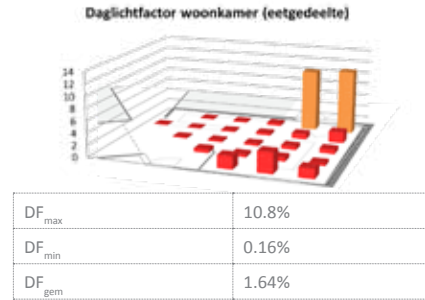


BOSWIJK WOONKAMER 5



Figuur 8.51. Daglichtfactor in de woonkamer 5 van Boswijk

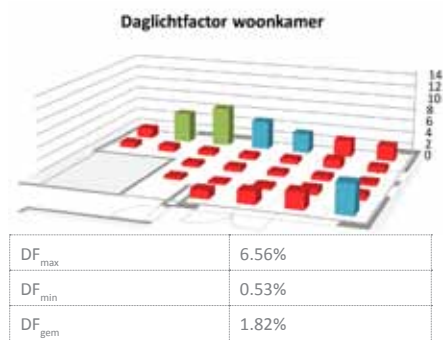
BOSWIJK WOONKAMER 12



Figuur 8.52. Daglichtfactor in de woonkamer 12 van Boswijk

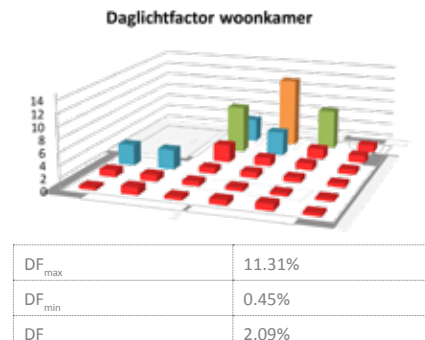
- < 3%
- 3 - 5%
- 5 - 10%
- > 10%

HOGEWYCK WOONKAMER 7



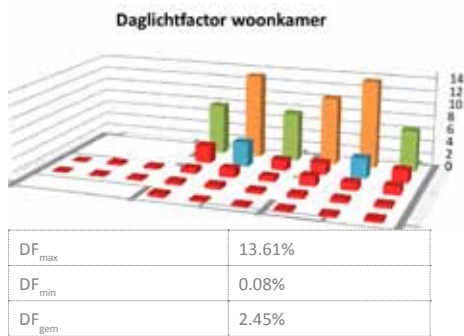
Figuur 4.53. Daglichtfactor in de woonkamer 7 van Hogewyck

HOGEWYCK WOONKAMER 22



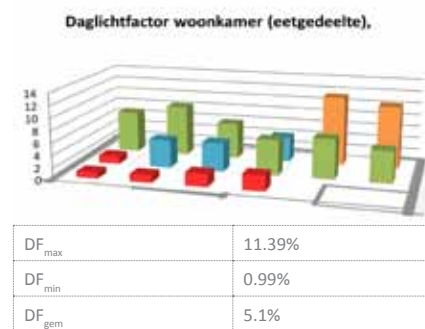
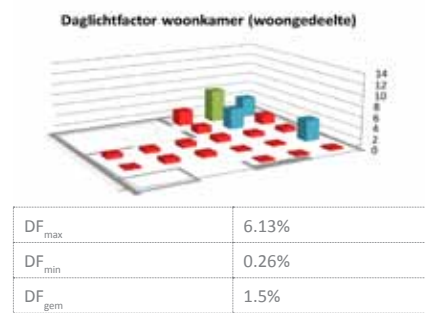
Figuur 4.54. Daglichtfactor in de woonkamer 22 van Hogewyck

RIETVINCK WOONKAMER DE VLUGHT



Figuur 8.55. Daglichtfactor in de woonkamer de Vlucht van Rietvinck

RIETVINCK WOONKAMER DE HALLE



Figuur 8.56. Daglichtfactor in de woonkamer de Halle van Rietvinck

Aan figuur 8.39 tot en met figuur 8.50 is te zien dat de gemiddelde verlichtingssterkte van de woningen zich ver onder de absolute minimale eis van 300 lux bevindt. Zelfs met kunstlicht aan wordt de eis vaak niet voldoende behaald. Daarnaast zijn er maar weinig punten die aan de eis van 500 lux voldoen. En er zijn maar sporadisch punten die 1000 lux halen, deze bevinden zich dan direct aan het raam.

De tabellen hieronder laten zien hoeveel meetpunten van de woningen voldoen aan de gestelde eisen.

Functie	Eis	Verlichtingssterkte exclusief kunstlicht					
		Boswijk		Hogeweyk		Rietvinck	
		5	12	7	22	Vlught	Halle
woonkamer algemeen (lopen)	min. 300 lux	18.8%	9.4%	0%	23.3%	19.4%	13.5%
woonkamer algemeen (>75%)	500 lux	9.4%	6.3%	0%	10%	11.1%	5.4%
woonkamer nabij stoel	1000-2500 lux	0%	0%	0%	0%	0%	0%
lezen	>500 lux	9.4%	6.3%	0%	10%	11.1%	5.4%
fijnere handwerken	> 1500 lux	6.3%	3.1%	0%	3.3%	0%	0%
eettafel	500-1000 lux	0%	0%	0%	0%	0%	0%
keuken	>500 lux	0%	0%	0%	0%	0%	0%
eten bereiden	>1000 lux	0%	0%	0%	0%	0%	0%
gang	200 lux	--	--	--	--	--	--
slaapkamer	300 lux	--	--	--	--	--	--
badkamer	300 lux	--	--	--	--	--	--
's nachts	> 50 lux	--	--	--	--	--	--

Tabel 8.5. Het percentage van de verlichtingssterktes dat voldoet aan de gestelde eisen exclusief kunstlicht

Functie	Eis	Verlichtingssterkte inclusief kunstlicht					
		Boswijk		Hogeweyk		Rietvinck	
		5	12	7	22	Vlught	Halle
woonkamer algemeen (lopen)	min. 300 lux	28.1%	6.3%	0%	36.7%	19.4%	18.9%
woonkamer algemeen (>75%)	500 lux	12.5%	6.3%	0%	26.7%	8.3%	2.7%
woonkamer nabij stoel	1000-2500 lux	0%	0%	0%	3.3%	0%	0%
lezen	>500 lux	12.5%	6.3%	0%	26.7%	8.3%	2.7%
fijnere handwerken	> 1500 lux	6.3%	3.1%	0%	6.7%	0%	0%
eettafel	500-1000 lux	0%	0%	0%	0%	0%	0%
keuken	>500 lux	0%	0%	0%	6.7	0%	0%
eten bereiden	>1000 lux	0%	0%	0%	3.3%	0%	0%
gang	200 lux	54.5%	63.6%	77.8%	68.8%	52.9%	7.1%
slaapkamer	300 lux	--	--	--	--	--	--
badkamer	300 lux	--	--	--	--	--	--
's nachts	> 50 lux	--	--	--	--	--	--

Tabel 8.6. Het percentage van de verlichtingssterktes dat voldoet aan de gestelde eisen inclusief kunstlicht

Van woning 7 van zorgcomplex Hogeweyk voldoen geen enkele meetpunten aan de gestelde eisen. Dit komt omdat er weinig licht de kamer binnenkomt, als gevolg van een overstel aan de noordzijde en bomen aan de zuid zijde van de woonkamer. Dit zien we terug in de daglichtfactor. De daglichtfactor is aan de zone direct langs het raam gemiddeld 2,7%, dit is erg laag voor direct langs een raam. Normaal gesproken ligt deze rond de 10-12%.

Hetzelfde zien we terug in woning de Halle in zorgcomplex de Rietvinck. Hier bevindt zich aan het noorden een overstek, waardoor de daglichtfactor aan de zone direct langs het raam 4,3% is. Doordat de woonkamer ramen aan één zijde heeft voldoen zonder kunstlicht geen enkel meetpunt aan de gestelde eisen, met kunstverlichting aan voldoet 14% van de meetpunten aan de gestelde eisen. Het meeste licht valt in het eetgedeelte van de woning (op het zuiden gericht) Hier voldoen 57% van de meetpunten aan de gestelde eisen.

Bij woning de Vlucht in zorgcomplex Rietvinck bevinden zich ook ramen aan één zijde. Deze woning is dan ook het minst diep van alle woningen (6,5 meter). Toch zien we aan de daglichtfactor dat 6,5 meter toch te diep is om het daglicht goed binnen te laten dringen. Bij de woningen in zorgcomplex de Boswijk bevinden zich ook aan twee zijde van de woonkamer ramen, ongeveer gepositioneerd op noord en zuid zijde. Één kant van deze woning grenst aan een binnengebied waar een aantal dakramen zo zijn gepositioneerd dat het licht op het binnenraam valt. Desondanks komt hier lang niet zoveel licht binnen als door het raam dat grenst aan buiten. Dit zien we terug in de daglichtfactor. Er komt hier nauwelijks meer licht binnen dan in het midden van de ruimte.

Woning 5 van zorgcomplex Boswijk heeft het raam naar buiten gepositioneerd op het zuiden, woning 12 op het noorden. Aan de hand van de verlichtingssterktes en de daglichtfactor zien we dat door het raam naar buiten op de zuid zijde meer licht de woning binnendringt, dan als deze op de noord zijde ligt (woning 12). Woning 5 heeft daarbij lichtere kleur muren als woning 12, maar tevens een donkerdere vloer. Ook valt op dat als het raam naar het binnenplein op het zuiden ligt, daar meer licht door naar binnen valt.

Woning 22 van zorgcomplex de Hogeweyk heeft ramen op de noord, zuid en oost zijde van de woning, en daarbij deze woning ligt op de eerste verdieping. Hier zijn minder belemmeringen aan de lichttoetreding, alleen aan de zuidzijde staan bomen. Dit is dan ook de



Figuur 8.57. De overdekte binnenruimte van Boswijk

woning die, in vergelijking met de andere woningen, het best presteert. Ondanks dat valt meer dan 77% van de meetpunten onder de gestelde eisen.

De gangen van de woningen voldoen over het algemeen meer aan de gestelde eis van minimaal 200 lux. Dit komt omdat 5 van de 6 gangen licht van buitenaf krijgen. Is dit niet het geval (woning de Halle in zorgcomplex de Rietvinck) dan voldoet de gang ook lang niet aan de gestelde eis.

Over het algemeen kunnen we concluderen dat geen enkele woning voldoet aan de gestelde eisen en dat alle kamers een snelle afname van de daglichtfactor vertonen. De woningen zijn 6,5 tot 9 meter diep. Dit is te diep om de ruimtes met alleen daglicht door ramen aan één zijde te verlichten. Als er ramen aan twee zijde gebruikt worden moet er voor gezorgd worden dat ten minste één raam volledig vrij is, en dus niet geblokkeerd wordt door bomen, een overstek o.i.d., wat de lichttoetreding vermindert.

De bewoners krijgen niet genoeg daglicht binnen om o.a. actief te blijven of een goed dag/nacht ritme te onderhouden. Daarvoor moeten ze in de huidige situatie minimaal 2 uur per dag naar buiten. In Hogeweyk is dit mogelijk, de vraag is of dit ook gerealiseerd wordt door alle bewoners. In boswijk kunnen de bewoners de woning verlaten, ze bevinden zich dan echter in een binnengebied, en niet direct buiten.

### 8.6.3. Luminantie

Om de luminantie verhoudingen te bekijken zijn met een gekalibreerde DSLR camera (Canon 300D) foto's gemaakt van de ramen en posities in de woning. De foto's zijn gemaakt in de situaties waarin de woningen zich normaal gesproken bevinden; dat is met kunstlicht aan.

De berekeningen voor de luminantieverhoudingen zijn gemaakt met het programma 'LMK2000 mobile advanced' van Techno Team Bildverarbeitung GmbH. Deze software converteert de genomen RAW-foto's van de gekalibreerde camera in luminantiefoto's, waarin de precieze luminantie niveau's worden gegeven voor geselecteerde gebieden in de afbeelding.

Zoals vermeld in hoofdstuk 8.5.2 zegt de Nederlandse regelgeving dat het luminantie verhouding tussen het gemiddelde luminantie niveau van de ruimte en het hoogste of laagste luminantie niveau, in het gehele gezichtsveld ( $60^\circ$ ), niet groter mag zijn dan 30:1.

De metingen zijn afgenomen onder een bewolkte hemelkoepel. Als de luminantie verhoudingen niet voldoen in deze situatie dan zullen ze een groot deel van het jaar hier niet aan voldoen.

Daarbij is de verlichtingssterkte buiten genoteerd voor referentie.

De luminantiefoto's van de zorgcomplexen staan op de bijgevoegde CD. Hieronder is één foto per woning geselecteerd, dit zijn de plekken die de woningen het meest respresenteren. De eerste cirkel vertegenwoordigt het algemene gezichtsveld ( $60^\circ$ ) de tweede cirkel het directe gezichtsveld ( $30^\circ$ ).

In zorgcomplex de Boswijk geeft bij de foto's die van het raam af zijn genomen de kunstverlichting de hoogste luminantie waarde. Hierdoor voldoen de luminantie verhoudingen in het gehele gezichtsveld niet. De hoogste waardes in het directe gezichtsveld ( $30^\circ$ ) komen vanaf het raam.

In de luminantie foto's van de Boswijk valt het verschil in luminantie tussen het raam naar het binnenplein en het raam naar buiten op. Het raam naar binnen heeft veel lagere luminantie niveau's dan het raam naar buiten gericht. Het is daarom logisch dat er ook een stuk minder licht binnen komt, zoals besproken in bij de verlichtingssterktes. Het verschil in oriëntatie is ook te merken. Het raam op het zuiden levert hogere luminantiewaardes op de tafel dan het raam op het

noorden.

De zitplek bij zorgcomplex Hogeweyk voldoet aan de eis 10:1. In het gehele gezichtsveld zorgt de kunstverlichting voor problemen. Woning 7 heeft een overstek op het zuiden. Er is duidelijk aan de foto te zien dat de luminantiewaardes hoger zijn bij het raam op het noorden dan het raam op het zuiden met overstek.

Zoals we bij de verlichtingssterkte hebben gezien komt het meeste licht binnen in woning 22 van zorgcomplex Hogeweyk. Bij de luminantie verhoudingen zien we ook dat deze het dichtst in de buurt komen om te voldoen aan de eisen voor de luminantie verhoudingen.

Dit geldt ook voor het eetgedeelte in woning de Halle van zorgcomplex de Rietvinck. Ook hier komen de luminantie verhoudingen het dichtst in de buurt van de gestelde eisen.

De woningen in zorgcomplex de Rietvinck komen aardig dicht in de buurt van de gestelde eisen voor het algehele gezichtsveld ( $60^\circ$ ). In het directe gezichtsveld echter niet.

De grafiek 8.3 en 8.4 geven de luminantie verhoudingen aan van de overzichtsfoto van de woningen. Bij zowel het panorama als het ergonama voldoet Hogeweyk 22 net aan de gestelde eis, en de rest voldoen niet aan de eisen.

HOGEWYK WONING 7



$L_{(60)} = L_{\max(60)} / L_{\text{gem}(60)}$	$816.6 / 18.25 = 45/1$	$> 30/1$
$L_{(30)} = L_{\max(30)} / L_{\text{gem}(30)}$	$746 / 13.53 = 55/1$	$> 10/1$

Figuur 8.58. Luminantie verhoudingen in het zorgcomplex Hogewyk vanaf de luie stoel

HOGEWYK WONING 22



$L_{(60)} = L_{\max(60)} / L_{\text{gem}(60)}$	$1951 / 122.8 = 19/1$	$< 30/1$
$L_{(30)} = L_{\max(30)} / L_{\text{gem}(30)}$	$1892 / 154.5 = 12/1$	$> 10/1$

Figuur 8.59. Luminantie verhoudingen in het zorgcomplex Hogewyk vanaf het zitgedeelte in de woonkamer

BOSWIJK WONING 5



$L_{(60)} = L_{\max(60)} / L_{\text{gem}(60)}$	$7853 / 64.51 = 121.7/1$	$> 30/1$
$L_{(30)} = L_{\max(30)} / L_{\text{gem}(30)}$	$7853 / 128.6 = 61.1/1$	$> 10/1$

Figuur 8.60. Luminantie verhoudingen in het zorgcomplex Boswijk achter in de woonkamer

BOSWIJK WONING 12



$L_{(60)} = L_{\max(60)} / L_{\text{gem}(60)}$	$2730 / 67.21 = 35.3/1$	$> 30/1$
$L_{(30)} = L_{\max(30)} / L_{\text{gem}(30)}$	$2370 / 201.3 = 11.8/1$	$> 10/1$

Figuur 8.61. Luminantie verhoudingen in het zorgcomplex Boswijk vanaf de eettafel

RIETVINCK DE VLUCHT



$L_{(60)} = L_{\max(60)} / L_{\text{gem}(60)}$	$765.1 / 18.47 = 41.4/1$	$> 30/1$
$L_{(30)} = L_{\max(30)} / L_{\text{gem}(30)}$	$765.1 / 29.43 = 26/1$	$> 10/1$

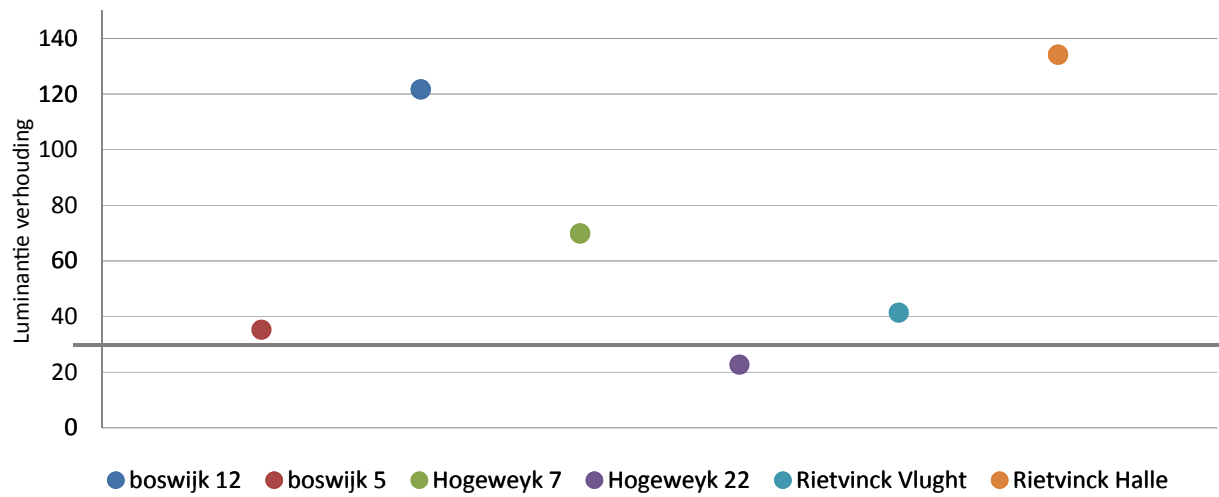
Figuur 8.62. Luminantie verhoudingen in het zorgcomplex De Rietvinck vanaf de kops kant van de eettafel

RIETVINCK DE HALLE

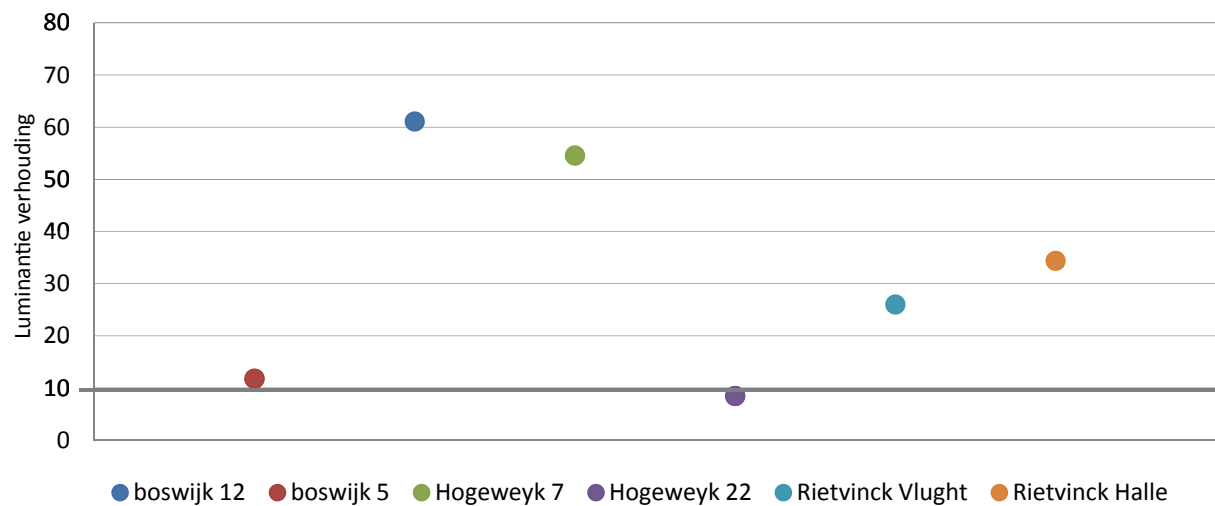


$L_{(60)} = L_{\max(60)} / L_{\text{gem}(60)}$	$1692 / 12.61 = 134.2/1$	$> 30/1$
$L_{(30)} = L_{\max(30)} / L_{\text{gem}(30)}$	$763.1 / 22.17 = 34.4/1$	$> 10/1$

Figuur 8.63. Luminantie verhoudingen in het zorgcomplex de Rietvinck vanaf achterin de woning



Grafiek 8.3. Luminantie verhoudingen in het panorama (60°) van de luminantiefoto's die achter in de ruimte zijn gemaakt



Grafiek 8.4. Luminantie verhoudingen in het ergorama (30°) van de luminantiefoto's die achter in de ruimte zijn gemaakt

## 8.7 Architectuur voor slechtzienden & blinden

Zoals eerder vermeld hebben dementerende last van slechter zicht. Om hiervoor een goede omgeving te creëren is het verstandig om ook te kijken naar de extremen hierin; slechtzienden en blinden. Dit hoofdstuk zal de richtlijnen in de bouw voor slechtziende en blinden kort beschrijven. Deze richtlijnen zijn echter niet allemaal direct over te nemen voor dementerende. De richtlijnen geven nieuwe inzichten die gebruikt kunnen worden voor dementerende.

Blindheid wordt gedefinieerd door de World Health Organization (WHO) als een gezichtsveld van maximaal 10 graden of een gezichtsscherpte van minder dan 1/20 in het beste oog, met de best mogelijke correctie (voor wat een goed ziende persoon kan waarnemen op een afstand van 20 meter, moet een blinde op een afstand van niet meer dan 1 meter staan).

In een architectonisch ontwerp zijn de bouwelementen die de ruimte definiëren (vloeren, plafonds en wanden) doorgaans beschouwd en opgevat als afzonderlijke elementen, en zijn vaak gemaakt van verschillende materialen. Een blind persoon vat al deze afzonderlijke elementen op als één geheel element [Heylighen, p.27].

In een grote open ruimte dienen voldoende oriëntatie punten aanwezig te zijn. Dit kunnen pilaren en/of bloembakken zijn, verschillend van vorm. Mensen die blind zijn geboren ervaren meubilair als een onderdeel van het grote geheel [Jacobs, p.4]. Hierbij maken zij dus geen onderscheid tussen vaste elementen (zoals muren) en beweegbare elementen (zoals banken).

Een orthogonaal assenstelsel heeft een voorkeur. Het is voor visueel gehandicapten immer moeilijk om zich in een cirkelvormige ruimte te oriënteren. Om zich te oriënteren in een ruimte wordt er meestal gebruik gemaakt van natuurlijke looplijnen (gidslijnen), zoals gevels, muren en relingen. Om natuurlijke looplijnen te creëren kan gewerkt worden met materiaal- en kleurcontrasten [Jacobs, p.4]. De grens tussen tapijt en betegeling kan een looplijn suggereren. Lopen op tapijt voelt anders aan, en geeft een ander geluid af als lopen op tegels.

Behalve ondersteuning van de oriëntatie met gebruik

van verschillende materialen, kan ook proprioceptieve waarneming worden gebruikt. Door bijvoorbeeld de toegang naar een gebouw een beetje omhoog te laten lopen ontstaat het gevoel ergens naar toe te lopen.

Bij gebruik van kleurcontrast is intensiteit het belangrijkste. Het verschil tussen lichtblauw en donkerblauw is gemakkelijker te herkennen als tussen rood en blauw als die kleuren van dezelfde intensiteit zijn. Dit kan gecontroleerd worden door de kleuren zwart-wit te maken (figuur 8.64). We zien dan dat lichtblauw en donkerblauw van elkaar verschillen, terwijl rood en blauw dat niet meer doen. Kies bij kleur gebruik altijd voor een maximaal helderheidscontrast [Jacobs, p.7]. Zodat wanneer er geen kleurverschillen worden waargenomen er in ieder geval helderheidsverschillen worden waargenomen. Ook dit is te controleren met het converteren naar zwart-wit. Goede contrasten zullen zwart-wit naar voren komen, zwakke contrasten blijven grijs.

Heldere kleuren lijken naar voren te komen, deze vallen op. De donkere kleuren daarentegen wijken uit naar achteren en worden door slechtziende vaak als een gat ervaren [Jacobs, p.7].

Bij een egaal ingerichte ruimte mist er structuur (figuur 4.65). Een ruimte krijgt structuur door middel van contrasten. De vloeren, muren en plafonds moeten goed van elkaar te onderscheiden zijn, dus geen doorlopende kleuren. Dit kan door gebruik van duidelijke contrasterende plinten. Ook contrasterende raam- en deurkozijnen kunnen helpen aan het toevoegen van structuur.

De wanden zijn liever niet helder wit, omdat wit teveel licht kan reflecteren wat als hinderlijk kan worden ervaren. Plafonds mogen wel een witte kleur hebben.

Deuren in een ruimte hebben bij voorkeur een lichtere kleur. Dit omdat een donkere deur erop kan wijzen dat de deur openstaat, maar dat het licht in de ruimte uit is. Het kozijn van de deur moet contrasteren met de deur zelf. Hetzelfde geldt voor de deurklink [Jordans, p.370].

Ook is contrast in de sanitaire ruimtes van groot belang. De sanitaire voorzieningen moeten goed contrasteren

met de vloer en wanden [Heylighen, p.25]. Dus bijvoorbeeld geen witte muren en een witte toilet.

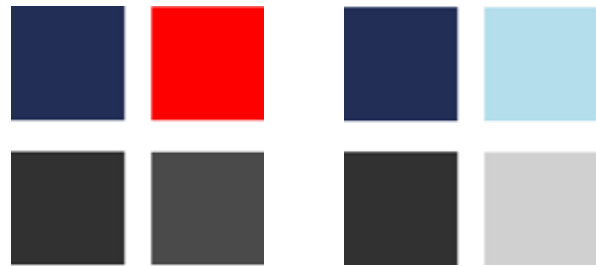
Pictogrammen, infoborden en klokken hangen het beste op 2 meter hoogte. Vermijd het gebruik van hoofdletters in hele teksten, maar gebruik kleine letters met duidelijke stokken en staarten. De stokken en staarten van letters vergemakkelijken de herkenning van een woord, nog voordat het woord gelezen wordt. Voor de afstand tussen de grootte van de letter wordt minstens 1:50 aangeraden [Jacobs, p.10].

Letters op elektronische systemen zijn niet makkelijk leesbaar voor visueel gehandicapten. Daarnaast zijn de roodoplichtende elektronische letters niet leesbaar. Goede kleurcontrasten zijn zwart-wit, blauw-wit en zwart-geel.

Details zoals belangrijke schakelaars, niveaoverschillen, bedieningsknoppen, relingen en de inrichting, zoals meubilair tegen de vloer, zijn belangrijke aspecten die moeten afsteken tegen de achtergrond voor een goede navigatie en oriëntatie van slechtzienden [Jordans, p.375].

Licht en verlichting is een belangrijk onderdeel. Bij gebruik van natuurlijk licht verdient de noordzijde van een gebouw de voorkeur. De zon zal hier namelijk minder verblinden. Daarnaast moet reflectie via grote raampartijen waar de zon op de vloer schijnt worden vermeden [Heylighen, p.27]. Deze schaduw geeft verwarring voor de slechtzienden. Voor het goed kunnen waarnemen van de grens tussen binnen en buiten lopen de ramen of glasvlakken niet tot op vloerniveau of wordt de begrenzing op een andere manier geaccentueerd. Een dicht vlak van 30 tot 40 cm boven de grond, bij deurpatrijzen, entrees en ramen scheidt de binnenwereld van de buitenwereld maar laat rolstoelgebruikers de mogelijkheid om naar buiten te kijken [Jordans, p.380].

Bij kunstlicht wordt er verschil gemaakt tussen 3 soorten verlichting. De basisverlichting is een gelijkmatige verlichting van de gehele ruimte vanaf het plafond. Accent verlichting zorgt ervoor dat er een accent wordt gelegd op een bepaald gedeelte van de ruimte (bijvoorbeeld een ontvangstplek). Werkverlichting zorgt voor plaatselijke versterking van de verlichting bij de werkplek. Voor basisverlichting is ten minste 300 lux nodig, voor werkverlichting is dat minimaal 1000 lux [Jacobs, p.15].



Figuur 8.64. Contrastverschillen werken alleen goed als ze ook verschil tonen in zwart-wit



Figuur 8.65. Egaal ingerichte ruimte



Daarnaast is een egale verlichting tot aan de wanden belangrijk. Normaal gesproken wordt bij de berekening van de verlichting een randzone, een zone van 60 cm langs de wanden, niet mee te nemen. Dit is wel wenselijk voor ouderen en/of slechtzienden, om een goed beeld van een ruimte te krijgen [Jordans, p.378].

Natuurlijk licht kan een visueel samenhangende kamer, voor een blinde opdelen in meerdere delen. Het deel van de ruimte wat beschenen wordt door zonlicht, is een geheel andere plaats als het deel in de schaduw. De warmte van de zon levert een heel andere haptische ervaring, en dus voor blinden een andere ruimte [Heylighen, p.27]. Het verschil in temperatuur wordt een haptische grens die een visueel samenhangende ruimte opdeelt in twee verschillende ruimtes. Dit wordt door Heylighen aangeduid als passief tasten.

Naast passief tasten, wordt er onderscheidt gemaakt tussen actief en dynamisch tasten. Bij actief tasten ontstaat er direct contact met het lichaam (meestal de handen) en het materiaal. Het hele lichaam bevat meer of mindere mate tastreceptoren.

Met dynamisch tasten wordt indirect voelen bedoeld. Dit gebeurt meestal door middel van een taststok.

In het algemeen geeft actieve tast vooral informatie voor de oriëntatie en passieve tast over de atmosfeer in een ruimte. Dynamische tast is een overgang tussen beide. Samen bepalen ze het gevoel van, voor en in een ruimte [Jordans, p.379].

Tast wordt ook gebruikt om het verschil tussen verschillende materialen te ontdekken. Elk type materiaal (ook van dezelfde groep) heeft een andere temperatuur [Heylighen, p.28]. Behalve de temperatuur van een materiaal, heeft elk materiaal ook een andere structuur. Dit verschil in materiaal kan door blinden ook als een scheiding worden gezien, waardoor de kamer wordt opgedeeld in meerdere ruimtes.

Elk materiaal heeft naast temperatuur en structuur, ook een ander geluid. Lopen op hout geeft een ander geluid dan lopen op beton. Ook praten in een ruimte met veel natuurlijke materialen geeft de ruimte een ander geluid als praten in een ruimte met veel geprefabriceerde ruimte. Natuurlijke materialen worden over het algemeen door blinden en slechtzienden als prettiger ervaren, omdat dit een zachter geluid geeft.

Bovenstaande tekst geeft inzicht hoe met een andere opvatting op zintuigen ontworpen kan worden.

De oriëntatie in een ruimte is voor zowel blinde en slechtziende personen hetzelfde als voor dementerende. In hoofdstuk 2 staat beschreven hoe er het beste ontworpen kan worden met betrekking tot oriëntatie voor een dementerende. Dus komen overeen met de oriëntatie voor slechtziende en blinde personen. Hetzelfde geldt voor de contrasten in een ruimte.

Het gebruik van 3 soorten kunstverlichting is een onderdeel wat ook goed aansluit bij dementerende. Door accent verlichting kan nadruk worden gelegd op belangrijke aspecten in een ruimte die voor dementerende belangrijk zijn. Zoals de deur waardoor ze de ruimte in en uit kunnen gaan, of de nadruk op de plaats van de toiletten.

Om een goede oriëntatie in de ruimte te krijgen is ook de verlichting van de rand gelijk langs de wand belangrijk. Dit geeft een duidelijk beeld waar de afscheiding tussen de vloer en wand zich bevindt, en hierdoor kunnen dementerenden de woning in een opzicht begrijpen.

Het verschil in haptische ervaring, waardoor een ruimte voor een blinde persoon wordt opgedeeld, kan door de een dementerende op eenzelfde manier worden opgevat. Dementerenden kunnen de relatie tussen de zon schijnt hier en dus is het warmer hier niet meer trekken. Het gevoel van de verandering in temperatuur (en dus haptische ervaring) kan voor de dementerende ook worden opgevat als een scheiding. Hetzelfde geldt voor verschil in geluid. Lopen op hout geeft een ander geluid als lopen op steen. Hierdoor kan een ruimte ook worden opgedeeld.

## 8.8 Subconclusie

Door veroudering gaat de werking van het oog achteruit. Het zicht in het donker gaat achteruit door de afname van pupil diameter. Daarnaast hebben ouderen meer moeite met het wennen aan abrupte veranderingen in luminantie. Het adapteren van het oog bij een abrupte verplaatsing van licht naar donker gaat erg achteruit waardoor het tot 40 min kan duren voordat een oudere wat ziet in het donker.

Door veroudering aan de lens gaat het zicht dichtbij en het scherp zien achteruit. Ook de lage golflengtes komen niet meer goed binnen door vergeling van de ooglenzen, waardoor blauw licht niet meer goed wordt gezien.

Door biomedische en anatomische aftakeling van het netvlies is het mogelijk dat de signalen niet meer goed worden doorgegeven naar de hersenen.

Het gevolg hiervan voor oudere is dat ze een verhoogde lichtbehoefte hebben. Vanaf het 40ste levensjaar gaat het zich er achteruit en zijn er hogere verlichtingssterktes nodig. Licht ervoor zorgt dat onze omgeving goed waarneembaar is. Wanneer er niet voldoende licht is om een oogtaak uit te voeren ontstaan klachten als vallen en struikelen, hoofdpijn, vermoeidheid, etc.

Naar aanleiding van literatuur onderzoek (hoofdstuk 2.3) zijn onderstaande eisen opgesteld voor dementerenden.

Funcie	Verlichtingssterkte	Daglichtfactor
woonkamer algemeen (lopen)	> 300 lux	> 3%
woonkamer algemeen (>75%)	> 500 lux	> 5%
woonkamer nabij stoel	>1000 lux	10%
lezen	> 500 lux	> 6%
fijnere handwerken	> 1500 lux	10%
eettafel	> 500 lux	> 5%
keuken	>500 lux	> 5%
eten bereiden	>800 lux	> 8%
gang	200 lux	> 2%
slaapkamer	300 lux	> 2%
badkamer	300 lux	> 2%
's nachts	> 50 lux	

Tabel 8.7. Eisen van de verlichtingssterkten en daglichtfactor bij verschillende eisen

Hierbij horen de luminantie contrasten in het ergorama niet hoger te zijn als 10:1 en in het panorama niet hoger als 30:1.

Het verschil tussen ouderen en dementerenden in de verlichtingssterkten, komt door het activiteiten niveau van ouderen en dementerenden. Ouderen zijn over het algemeen actiever dan dementerenden, doordat ze minder zelf kunnen ondernemen.

Voor mensen met dementie, die zijn opgenomen in een instelling, is het belangrijk dat deze instelling een 'thuis' gevoel geeft. Gezelligheid wordt geassocieerd met warm licht. Koel en blauw licht komt immers ook niet meer binnen door vergeling van de ooglenzen. In de woonkamer moet veel en helder licht zijn, terwijl in de slaapkamer taakgericht licht aanwezig moet zijn. De bewoner moet bij binnenkomst van de woonkamer zich niet gaan afvragen waarom allemaal vreemde mensen aanwezig zijn in zijn privé ruimte [Aarts, p.2].

Behalve dat de mens licht nodig heeft om zijn omgeving goed te kunnen zien is licht ook belangrijk voor het aansturen van verschillende processen en hormonen op een ritme van 24 uur (circadiaan). Het belangrijkste proces voor dementerenden is het slaap/waak ritme. Door dementie wordt dit ritme aangestast waardoor er nauwelijks een ritme te bekenen is (figuur 8.12). Dementerenden zijn daarom 's avonds vaak wakker en dutten overdag te veel. Om het circadiane ritme aan te sturen op het 24 uren ritme is licht de belangrijkste factor. Neemt de blootstelling aan licht af, dan komt de natuurlijke productie van melatonine weer op gang. Voor het lichaam is dit het signaal om de dag-activiteiten te verminderen en zich voor te bereiden op de nacht.

De biologische klok is vooral gevoelig voor blauw of fel licht. Zoals eerder vermeld komt blauw licht niet meer goed binnen door vergeling van de ooglenzen, het is daarom beter om fel licht te gebruiken voor de aansturing van de biologische klok. Met fel licht wordt een lichtniveau van 2000 lux of meer bedoeld. Dementerenden komen maar zeer gering in contact met deze hoge lichtniveau's doordat ze minder actief zijn en dus minder buiten komen. Daarnaast bevinden de meeste dementerenden zich op een afgesloten afdeling bevinden waarbij ze zelfstandig ook niet naar

buiten kunnen. Om een goed slaap/waak ritme te behouden is het van belang om minimaal 2 uur lang 2000 lux te ontvangen.

Lichtonderzoek bij 3 verschillende zorgcomplexen toont aan dat de lichtniveau's zeer laag zijn. De bewoners komen hier de hele dag niet aan de hoge lichtniveau's die dementerenden nodig hebben om actief te blijven en een gezond slaap/waak ritme te behouden.

De gemiddelde verlichtingssterkte van de woonkamers ligt rond de 200 lux, waarbij de maximale verlichtingssterkte (meestal direct langs het raam) nauwelijks boven de 1000 lux uit komt. Bij elke functie voldoet minder als 10% van de meetpunten aan de gestelde eisen uit tabel 4.7. Een enkele woning doet het iets beter met als uitschieter dat 23% van de meetpunten voldoet aan de eis (Zorgcomplex Hogeweyck woning 22). Dit is te weinig. De woningen waar relatief het meeste licht binnenkomt voldoen het beste aan de eisen voor de luminantie contrasten.

Hogeweyck met woning 22 voldoet het beste aan de eisen, dit komt omdat deze woning op 3 windrichtingen ramen heeft, waarvan twee niet geblokkeerd worden door bomen of een overstek. Bij de overige woningen werden de ramen of geblokkeerd door een overstek of door bomen die direct langs het raam stonden. Een ander probleem zijn eenzijdig verlichte woonkamers die te diep zijn, waardoor licht niet goed de gehele woonkamer kan binnen dringen. Waardoor alleen nabij de ramen het lichtniveau voldoet aan de gestelde eisen.

Voor zorgcomplexen moet er op gelet worden dat er niet te diepe kamers ontworpen worden die maar eenzijdig verlicht zijn. Ook moet er op worden gelet dat er niet te veel obstakels zijn die de lichttoetreding verhinderen, zoals bomen, overstekken of zelfs gordijnen die altijd dicht zijn.

Bij de inrichting in de woonkamer moet erop gelet worden dat de kunstverlichting geen onnodig contrast vormt in het gezichtsveld. Het is beter om de kunstverlichting in het plafond aan te brengen waardoor de bewoner niet in de lamp kan kijken.

Bij gebruik van natuurlijk licht moet erop worden gelet dat er geen ramen tot aan de vloer ontworpen worden. Dit geeft de dementerende ten eerste geen duidelijk overzicht van de ruimte, omdat er geen duidelijke afscheiding meer is. Voor de toetreding van daglicht is het wel mogelijk als de ramen tot aan het

plafond lopen. Hierdoor komt het daglicht veel verder de woning in. En dit geeft geen belemmeringen in het overzicht van de ruimte voor de dementerenden.

Met behulp van licht kan een ruimte ook opgedeeld worden. Dementerende kunnen niet goed meer relaties tussen twee dingen trekken. Dat in zonlicht de haptische ervaring anders is als in de schaduw kan ervoor zorgen dat een ruimte gevoelsmatig wordt opgedeeld.



*One may have a blazing hearth in one's soul and yet no one ever came to sit by it. Passers-by see only a wisp of light from the chimney and continue on their way.*

Vincent van Gogh (altered)

## 9.0 Zonneschoorsteen

*De zonneschoorsteen is een natuurlijk ventilatieprincipe wat gebaseerd is op stack-ventilatie. De drijvende kracht van de zonneschoorsteen is het verschil in temperatuur tussen binnenin de woning en buiten. Door het maximaliseren van zonstraling in de schoorsteen is het mogelijk om een gebouw volledig te ventileren.*

*Dit hoofdstuk is geschreven voor de master Building Technology.*



## 9.1 Natuurlijke ventilatie

Ventilatie is een belangrijk onderdeel van het binnenklimaat. Goede ventilatie zorgt voor afvoer van verontreinigingen, afvoer van warmte, afvoer van vocht, afvoer van minder frisse geurtjes en voor toevoer van verse lucht [VROM, p.3]. Verkeerd of onvoldoende ventileren zorgt voor een ongezonde atmosfeer in een woning. Vocht en schadelijke stoffen hopen zich op in de woning, waardoor deze een verzamelplaats wordt voor onder andere schimmels, huisstofmijt en gassen. Hierdoor kunnen gezondheidsklachten ontstaan, zoals benauwdheid, allergie, hoesten, hoofdpijn, ademhalingsproblemen en chronische verkoudheid. Ook neemt het concentratievermogen af.

Voor kinderen en ouderen is het extra belangrijk dat er goed geventileerd wordt. Jonge kinderen zijn extra gevoelig voor het krijgen van astma door een onvoldoende geventileerd huis. Ouderen zijn extra gevoelig voor alle gezondheidsproblemen die kunnen ontstaan door een ongezonde binnenlucht. Ouderen hebben daarnaast in de zomer ook meer last van warmte [VROM, p.4]. Met in de nacht extra ventileren is de woning af te koelen.

Ventilatie kan bereikt worden door natuurlijke en mechanische ventilatie. Natuurlijke ventilatie is een belangrijk duurzaamontwerp strategie dat al eeuwen bekend is bij de mensheid. Natuurlijke ventilatie groeit in populariteit door de voordelen ten opzicht van mechanische ventilatie, op het gebied van energiegebruik, economische- en milieuvordelen. Mechanische ventilatie verbruikt meer energie om te functioneren en wordt tegenwoordig on-duurzaam gevonden. Daarnaast worden mechanische ventilatie systemen geassocieerd met een hoge CO<sub>2</sub> uitstoot, wat een negatief aspect op het klimaat heeft. Daarom wordt natuurlijke ventilatie voorgesteld als een middel om energie te besparen en om luchtkwaliteit met voldoende thermisch comfort voor bewoners in gebouwen, kantoren en industrieruimtes [Khanal, R].

Natuurlijke ventilatie in gebouwen altijd veroorzaakt door een verschil in druk tussen een opening A en een opening B. Dit drukverschil kan voortkomen uit winddruk op een gevel of door temperatuur verschil.

De snelheid van de luchtstroming in een ruimte kan dan worden berekend met onderstaande formule:

$$v = \sqrt{(2 \times \Delta p / \rho)}$$

v = lichtsnelheid [m/s]

$\Delta p$  = drukverschil [Pa]

$\rho$  = dichtheid lucht 1,2 kg/m<sup>3</sup>

Natuurlijke ventilatie gedreven door wind gebeurt wanneer er wind op het gebouw slaat, die positieve druk aan de loefzijde creëert en negatieve druk aan de lijzijde van het gebouw creëert. Dit drukverschil fungeert als drijvende kracht voor de ventilatie en laat de lucht het gebouw in stromen door de loefopening en verlaat het gebouw via een opening in de lijzijde [Khanal, R]. Dit systeem wordt ookwel cross-ventilatie genoemd. Om het drukverschil tussen de gevels te berekenen wordt onderstaande formule gebruikt:

$$\Delta P_w = (c_{p,ww} - C_{p,wl}) \times \rho U^2 / 2$$

$c_{p,ww} > 0$

$C_{p,wl} < 0$

$\rho$  = dichtheid lucht 1,2 kg/m<sup>3</sup>

U = windsnelheid op hoogte h

Om het effect van wind te kunnen benaderen is er een methode ontwikkeld om de invloed van de wind te vereenvoudigen. De windsnelheid wordt gecorrigeerd aan de hand van terreincoëfficiënten. Deze zorgen ervoor dat de data van de wind (die gemeten wordt op 10 meter in een open veld) omgezet kan worden naar andere locaties.

$$U = U_{data} \times k \times h^a$$

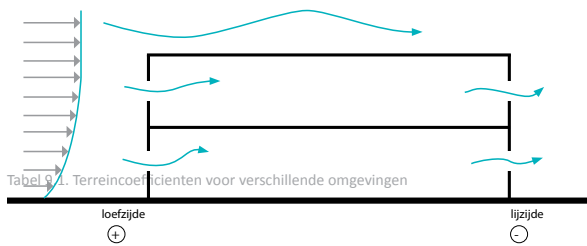
U = windsnelheid op hoogte h [m/s]

U<sub>data</sub> = windsnelheid van het weerstation (op 10 meter hoogte) [m/s]

k = terrein coëfficiënt

h = hoogte [m]

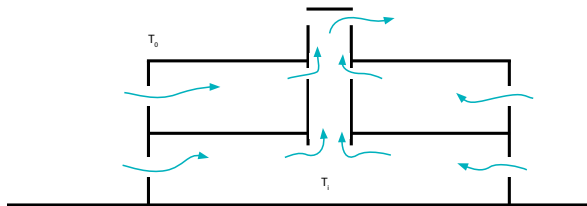
a = terrein coëfficiënt



Tabel 9.1. Terreincoefficienten voor verschillende omgevingen

Terrein	k	a
Open platteland	0.68	0.17
Land met wind obstakels	0.52	0.20
Stedelijk	0.35	0.25
Stad	0.21	0.33

Figuur 9.1 Natuurlijke ventilatie door drukverschil als gevolg van wind



Figuur 9.2 Natuurlijke ventilatie door drukverschil als gevolg van temperatuurverschil

De luchtstroom voor cross-ventilatie in een geïsoleerde ruimte te berekenen gaat volgens de volgende formule:

$$Q_w = C_d \times A \times U \times (\Delta C_p)^{0.5}$$

$Q_w$  = ventilatiedebiet als gevolg door wind [m<sup>3</sup>/s]

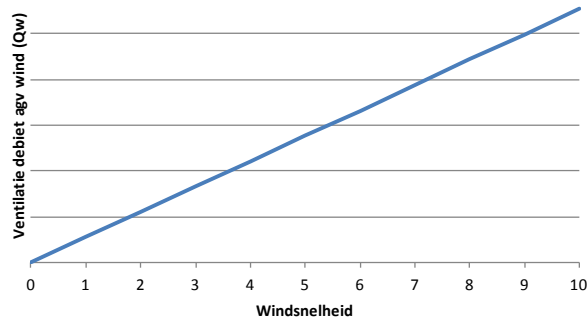
$C_d$  = 0.8 (turbulente stroming)

A = oppervlakte van de opening [m<sup>2</sup>]

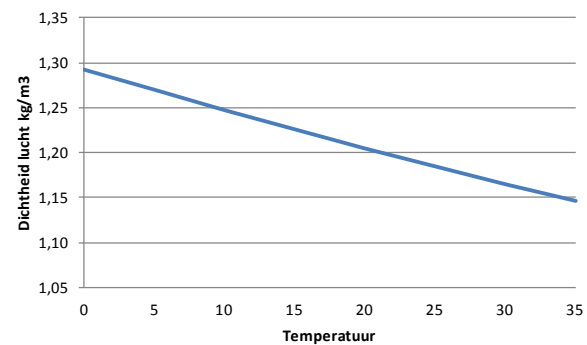
U = windsnelheid [m/s]

$\Delta C_p$  = winddruk coëfficiënt verschil

Bij verdubbeling van de windsnelheid wordt ook de luchtstroom verdubbeld (figuur 9.2).

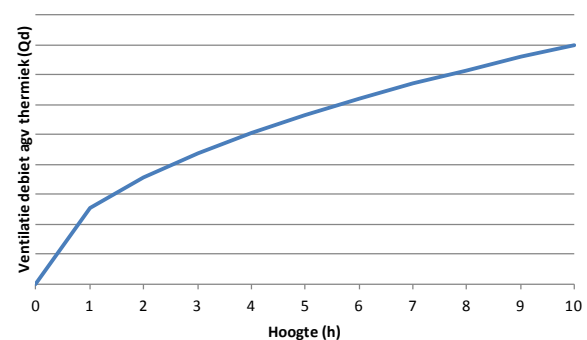


Figuur 9.3 De relatie tussen de dichtheid van lucht en temperatuur bij een constante druk.



Figuur 9.4 De relatie tussen het ventilatiedebiet en de windsnelheid

Deze manier van natuurlijke ventilatie is afhankelijk van de windrichting en de winddruk op de gevel. Wanneer de windrichting verandert, veranderen ook de winddrukcoëfficiënten. Hierdoor zakt de druk op de gevel en daarmee ook de luchtstroom voor de natuurlijke ventilatie. Hetzelfde geldt voor veranderingen in de luchtsnelheid.



Figuur 9.5 De relatie tussen het ventilatiedebiet en de hoogte tussen de (lucht)openingen.

Ventilatie door thermiek is gebaseerd op het principe dat warmere lucht stijgt en koude lucht daalt. Dit komt omdat warmere lucht een kleinere dichtheid heeft dan koude lucht (figuur 9.3). Daarnaast is de hoogte tussen de invoer en afvoer een belangrijk element. Hoe groter het verschil in hoogte is tussen de invoer en afvoer, samen met het verschil in temperatuur hoe hoger het ventilatiedebiet zal zijn.

Als de temperatuur binnen hoger is als buiten dan hebben de bovenste gedeeltes van het gebouw een hogere druk dan de lagere gedeeltes van het gebouw. Door openingen in deze drukgebieden te maken, zal de lucht door de lage opening binnenkomen en ontsnappen via de hoge opening [Bansal, N]. Als de binnentemperatuur lager is als de buitentemperatuur zal de luchtstroom de andere kant op plaatsvinden. Deze manier van ventileren kan zelfs plaatsvinden op warme en windstille dagen.

Ventileren door temperatuurverschil wordt ookwel stack-ventilatie genoemd.

Het drukverschil wat ontstaat door de temperatuur

verschillen is te berekenen met de volgende formule:

$$\Delta P_s = g \times h \times \rho \times (T_i - T_o / T_o)$$

De luchtstroom voor deze manier van ventileren kan worden berekend volgens de volgende formule:

$$Q_d = C_d \times A \times [h(T_{in} - T_{out})]^{1/2}$$

$Q_d$  = ventilatiedebiet als gevolg door thermiek [ $m^3/h$ ]

$h$  = verticale afstand tussen inlaat en uitlaat [m]

$T_{in}$  = binnentemperatuur

$T_{out}$  = buitentemperatuur

Ventileren gebeurt meestal door een serie van (lucht) openingen. Er wordt dan gebruik gemaakt van de equivalente oppervlakte, die berekend wordt aan de hand van onderstaande formule:

$$\frac{1}{A_e^2} = \frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_2^2} + \frac{1}{A_n^2} + \dots$$

Bij een serie openingen is de kleinste openingen de belangrijkste oppervlakte om rekening mee te houden.

Om te controleren of het uiteindelijk behaalde ventilatiedebiet wordt gedreven door thermiek of door wind wordt de volgende formule gebruikt:

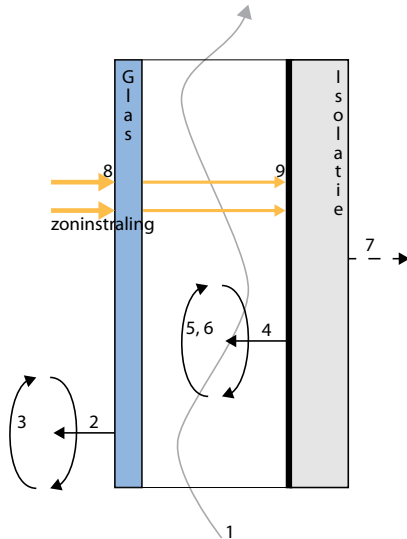
$$Q = Q_b \text{ for } (U/\sqrt{\Delta T}) < 0.26 \times (A_d/A_w) \times (h/\Delta C_p)^{1/2}$$

$$Q = Q_w \text{ for } (U/\sqrt{\Delta T}) > 0.26 \times (A_d/A_w) \times (h/\Delta C_p)^{1/2}$$

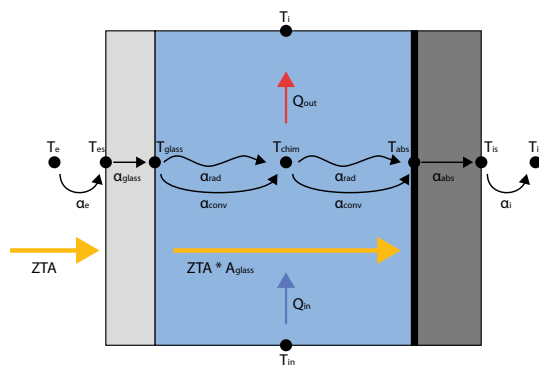
Hoewel beide van de drijvende krachten, wind en temperatuur, vrij verkrijgbaar zijn in de natuur, zijn ze moeilijk te controleren en geven dus grote uitdagingen in het ontwerp. Er zijn een aantal strategieën ontwikkeld om natuurlijke ventilatie te verbeteren. Dit rapport zal ingaan op ventilatie door temperatuur verschil, door het gebruik van een zonneshoorsteen.



## 9.2 Werking zonneschoorsteen



Figuur 9.6 Basis principe van de werking van een zonneschoorsteen



Figuur 9.7 Knooppunt model van een zonneschoorsteen

Een zonneschoorsteen is gebaseerd op stack-ventilatie. De zonneschoorsteen maakt maximaal gebruik van zonenergie. In typische warme zomerdagen bestaat er een klein temperatuur verschil tussen binnen en buiten. Als gevolg daarvan zijn de thermische druk en daarmee de ventilatie in een conventionele schoorsteen (waar gebruik wordt gemaakt van stack-ventilatie) onvoldoende. Bij het gebruik van een zonneschoorsteen kan er voldoende temperatuur verschil worden gecreëerd door het maximaliseren van de zoningstraling. De gecombineerde straling en convectie in een zonneschoorsteen resulteren in aanzienlijke luchtbevinging en hierdoor wordt de ventilatie verbeterd [Khanal, R]. Een zonneschoorsteen werkt daarom ook op warme, windstille dagen wanneer alleen drukverschil niet voldoende is, vanwege de geringe temperatuurverschillen tussen binnen en buiten.

Een zonneschoorsteen bestaat uit een glasplaat op het zuiden gericht, een luchtspouw met daarachter een absorberende plaat, en inlaat en uitlaat openingen aan de onder en bovenkant van de zonneschoorsteen. Een aantal factoren beïnvloeden het ontwerp; de locatie, klimaat, oriëntatie van het gebouw, grote van het gebouw, interne warmte-lasten.

Er zijn drie type zonneschoorstenen; passief, actief en hybride. Een passieve zonneschoorsteen ligt aan de buitenkant van het gebouw op een bezonde oriëntatie, en wordt gevoed door directe zoningstraling. Een actieve zonneschoorsteen ligt inpandig en wordt gevoed door zonnecellen. Het hybride systeem is een combinatie van passieve - en actieve zonneschoorstenen.

Het basisprincipe van een zonneschoorsteen is weergegeven in figuur 6.6. Zonstraling komt door het glas op de absorberende plaat terecht. De lucht in de schoorsteen wordt opgewarmt door convectie en straling afgegeven door de absorberende plaat. De afname van de dichtheid van de lucht zorgt ervoor dat de lucht stijgt, waarna het wordt vervangen door de lucht die vanaf onderaf wordt aangezogen vanuit de aangrenzende kamer. De snelheid waarmee de lucht wordt aangezogen hangt af van de opwaartse druk (dus het temperatuur verschil tussen zonneschoorsteen en kamer), de weerstand voor de lucht om door

de schoorsteen te stromen, en de weerstand voor verse lucht om de kamer in te komen [Harris, D]. Zonneschoorstenen worden veelal gebruikt voor koeling, maar soms ook voor verwarming, wanneer een ventilator wordt gebruikt om de verwarmde lucht het gebouw in te leiden.

De aspect ratio van de schoorsteen (schacht hoogte / spouw breedte), de ventilatie hoogte (hoogte tussen toevoer en afvoer opening), oppervlaktes van de openingen, thermische eigenschappen van het absorberend materiaal en de verdraaiing van de schoorsteen hebben het meeste effect op het ventilatie prestaties [Khanal, R].

De temperatuur van het glas en de absorberende plaat beïnvloeden de temperatuur van de lucht in de zonneschoorsteen, en hierdoor de luchtsnelheid. Hieronder staan een aantal formules om de (oppervlakte)temperaturen van de verschillende aspecten van de zonneschoorsteen te berekenen, met bijbehorende figuur 9.7 [Bokel, R].

$$T_{es} = A_g \Phi_{solar} + \alpha_i (T_e - T_{es}) = \alpha_g (T_{es} - T_{glass})$$

$$T_g = \alpha_g (T_{es} - T_g)$$

$$= \alpha_{conv} (T_g - T_{air}) + \alpha_{rad} (T_g - T_{abs})$$

$$T_{air} = \alpha_{conv} (T_g - T_{air}) \cdot S_{chim} + Q_{in} (\rho c) T_{fi}$$

$$= \alpha_{conv} (T_{air} - T_{abs}) S_{chim} + Q_{in} (\rho c) T_{fo}$$

$$T_{abs} = A_{abs} \Phi_{solar} \tau_{glass} + \alpha_{conv} (T_{air} - T_{abs}) + \alpha_{rad} (T_g - T_{abs})$$

$$= \alpha_{abs} (T_{abs} - T_{is})$$

$$T_{is} = \alpha_{abs} (T_{abs} - T_{is}) = \alpha_i (T_{is} - T_i)$$

$$T_{chim} = (T_{fi} + T_{fo}) / 2$$

Het debiet van de schoorsteen voor een ruimte met twee openingen met een gelijkmatige temperatuur verdeling wordt gegeven door:

$$Q = C_d \frac{p_{f,0} A_0}{\sqrt{1 + A_r}} \sqrt{\frac{2gL(T_f - T_r)}{T_r}}$$

$$v = Q / p_f A_i$$

De warmteoverdracht van het glas naar buiten wordt weergegeven door:

Stralingsoverdracht coëfficiënt

$$h_{rs} = \sigma \epsilon_g (T_g + T_s) (T_g^2 + T_s^2) (T_g - T_s) / (T_g - T_a)$$

Convectieoverdracht coëfficiënt

$$h = 5.7 + 3.8V$$

De warmteoverdracht tussen wand en glas wordt gegeven door:

Stralingsoverdracht coëfficiënt

$$h_{rwg} = \frac{\sigma (T_g^2 + T_w^2) (T_g + T_w)}{\frac{1}{\epsilon_g} + \frac{1}{\epsilon_w} - 1}$$

Convectiecoëfficiënt voor laminaire stroming ( $R_a < 10^9$ )

$$Nu = 0.68 + \frac{0.67 R_a^{\frac{1}{4}}}{[1 + (\frac{0.492}{Pr})^{9/16}]^{4/9}}$$

Convectiecoëfficiënt voor turbulente stroming ( $10^9 < R_a$ )

$$Nu = \{0.825 + \frac{0.387 R_a^{\frac{1}{4}}}{[1 + (\frac{0.492}{Pr})^{9/16}]^{8/27}}\}^2$$

De warmteoverdracht tussen wand en ruimte wordt gegeven door (conductie):

$$U_b = 1 / (\frac{1}{h_i} + \frac{\Delta w_{ins}}{k_{ins}})$$

De zonnestraling die wordt geabsorbeerd door het glas wordt weergegeven door:

$$S_1 = \alpha_i H$$

De zonnestraling die wordt geabsorbeerd door de absorber wordt weergegeven door:

$$S_2 = \tau \alpha_2 H$$

Deze formules zijn onderdeel van een dynamisch proces. Als de luchtsnelheid sneller gaat, dan worden de temperaturen ook lager.

De energiebalans van de zonneschoorsteen wordt geformuleerd door de volgende formule. Hierbij is de energieuitwisseling door glas, lucht en absorptiemateriaal als een-dimensioneel model beschouwd [Bassiouny, R].

$$\alpha_g A_g I + \alpha_{rw-g} A_w (T_w - T_g) = \alpha_{conv,g-a} A_g (T_g - T_{flow}) + U_{total} A_g (T_g - T_a)$$

De geometrie van de schoorsteen en het effect van verdraaiing hebben directe gevolgen op de temperatuur en de stroomstructuren in de schoorsteen, en spelen dus een belangrijke rol in de thermische prestatie van de zonneschoorsteen. De grootte van de opening heeft minder invloed op het debiet van de zonneschoorsteen dan bovenstaande aspecten [Baïouny, p.190].

In de volgende hoofdstukken wordt meer over de geometrie en de hoekverdraaiing van de zonneschoorsteen verteld.

### 9.3 Effect van de uitvoering van de zonneshoorsteen

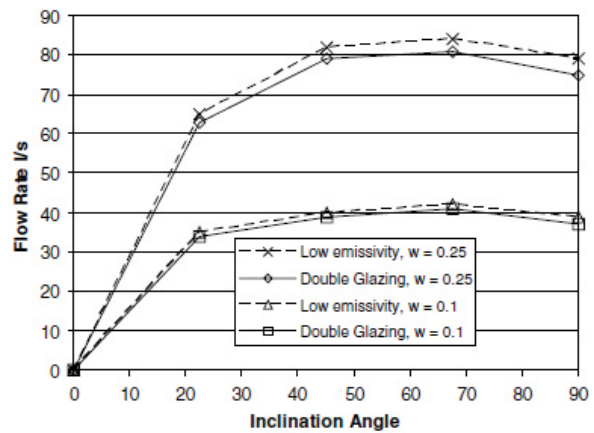
Harris, et al. (2007) heeft onderzoek gedaan naar wat de breedte van de spouw van een zonneshoorsteen moet zijn. Hij heeft onderzoek gedaan in Schotland op latitude 52, dit is vergelijkbaar met het nederlandse klimaat. De zonneshoorsteen is 3 meter hoog. Deze studie is uitgevoerd bij het slechte scenario, met zowel binnen als buiten 22 °C. De brede spouw van 0.25 meter geeft betere resultaten dan de 0.1 m spouw, met 0.25 het optimum. Met een nauwe spouw, kunnen aanzienlijke geleiding / convectie van de lucht optreden in de spouw naar het glas, waardoor vermindering van de prestaties optreedt [Harris, p.139].

Ramadan en Nader (2008) komen tot de conclusie dat de optimum van de spouwbreedte rond de 0.3 meter ligt. Dezelfde resultaten geven de onderzoeken van Miyazaki et al (2006), Ong en Chow (2003) en Chen et al (2003).

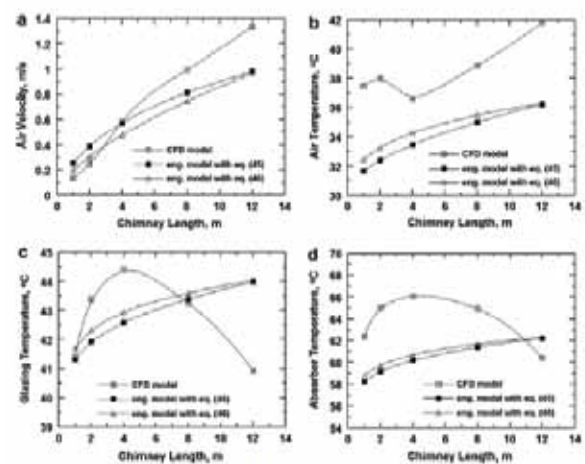
Wanneer een spouw breder is dan 0.5 meter stroomt de lucht langs de wanden omhoog door opwaartse druk, maar in de buurt van het midden van de schoorsteen stroomt de lucht neerwaarts [Gan, p.117]. Chen en Chow vonden dit verschijnsel van neerwaartse stroming bij spouwen groter dan 0.4 meter.

Om de zinstraling te maximaliseren moet de g-waarde van het glas zo hoog mogelijk zijn. Om het warmteverlies naar buiten te beperken is een lage U-waarde van het glas van belang [Bronsema, p.37].

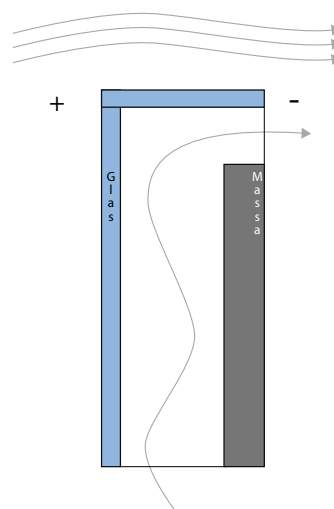
Harris, et al (2007) heeft met een spouw van 0.25 meter onderzocht welke glassoort het beste werkt. Aangezien het licht eerst door het glas moet voordat het bij de absorber is moeten de reflectieverliezen aan de buitenzijde en aan de binnenzijde van het glas, maar ook absorptieverliezen in het glas zelf, geminimaliseerd worden. De normale emissiviteit van glas bedraagt 0.89. Glas kan worden voorzien van een zogenaamde lage-emissiviteitcoating (Low-E) waardoor de emissiviteit lager kan zijn dan 0.04. Figuur 6.8 toont het effect van het gebruik van dubbele beglazing en glas met lage emissiviteit coating op de absorber. Lage emissiviteit coatings laten straling door om geabsorbeerd (hoge g-waarde) te worden, maar laten tegelijkertijd ook de langgolvlige infrarood straling niet door terug naar de omgeving (lage U-waarde). De absorber en de aangrenzende lucht houden hierdoor meer binnenkomende warmte



Figuur 9.8 Het effect van dubbele beglazing en lage emissiviteit.



Figuur 9.9 Gemiddelde luchtsnelheid (a), gemiddelde lucht temperatuur (b), gemiddelde temperatuur van het glas (c), gemiddelde temperatuur van de absorber (d) tegen verschillende lengtes van de schoorsteen



Figuur 9.10 Zonneshoorsteen met massa ipv absorber

vast. Uit figuur 9.8 kunnen we tevens zien dat dubbel beglazing of lage emissiviteit coating niet veel verschil uitmaakt. De maximale luchtstroom wordt in de studie van Harris (2007) verkregen met de lage emissiviteit coating en met een spouwbreedte van 0.25 meter. Het minimale debiet wordt verkregen door de dubbele beglazing en een spouwbreedte van 0.1 meter.

Deubener et al (2007) komt in zijn studie tot de conclusie dat een AR coating (hoge g-waarde) op het glas ervoor zorgt dat de verliezen als gevolg van reflectie geminimaliseerd worden, en dus een groter debiet verkregen wordt.

Gan et al (1998) heeft in zijn onderzoek de werking van de zonneschoorsteen in de winter onderzocht. Hij komt hier tot de conclusie dat bij lage waarden van de zonnearmte het type glas significant wordt. Dubbele beglazing zorgt hier ervoor dat de ventilatiesnelheid hoger is dan met enkele beglazing (enkelglas heeft een hogere U-waarde). Daarnaast heeft enkele beglazing veel last van condensatie aan de binnenkant. De condensatie op het glas vermindert het aantal zonnearmte dat op de absorber komt, en vermindert hierdoor de ventilatiesnelheid. Bij dubbelglas treedt condensatie op bij temperaturen die lager als  $-13^{\circ}\text{C}$  zijn. Bij gebruik van trippelglas is condensatie helemaal geen probleem meer. Ook wordt door het gebruik van trippelglas de ventilatiesnelheid groter, door een hogere U-waarde [Gan, p.1180].

De binnenwand (de absorber) moet de zonnearmte zo goed mogelijk absorberen en zo weinig mogelijk warmte door emissie verliezen. Deze eigenschappen worden uitgedrukt in de absorptiefactor ( $\alpha$ ) en de emissiefactor ( $\epsilon$ ). Bij gelijke golflengte ( $\lambda$ ) zijn deze aan elkaar gelijk. Een zonneschoorsteen moet worden voorzien van een absorber met een zo hoog mogelijke gemiddelde absorptiefactor in het spectrum  $\lambda < 3 \mu\text{m}$ , en een zo laag mogelijke emissiefactor in het spectrum  $\lambda > 3 \mu\text{m}$  [Bronsema, p.39]. Dit zijn voornamelijk materialen die ontwikkeld zijn voor thermische zonnecollectoren.

In plaats van een absorber kan ook thermische massa worden gebruikt (figuur 9.10). Een studie van Herrero en Celemin heeft aangetoond dat een 2 meter hoge betonwand, van 24 cm dikte en zwart geschilderd aan de binnenwand van de schoorsteen kan dienen als thermische massa. De resultaten gaven aan dat er nachtelijke ventilatie kan worden bereikt. Dit komt omdat de betonnen wand zijn maximale temperatuur 2 uur na de omgeving bereikt [Khanal, p.1814].

Om warmteverlies te beperken moeten de binnenwanden van een zonneschoorsteen goed worden geïsoleerd.

Sakonidou et al (2008) heeft onderzoek gedaan hoe verschillende lengtes van zonneschoorstenen de luchtsnelheid, luchttemperatuur, temperatuur van het glas en de temperatuur van de absorber beïnvloedt (figuur 9.9). Dit onderzoek is uitgevoerd in Griekenland, latitude  $41^{\circ}$  op 15 juli.

De algemene luchtsnelheid (en dus het debiet) neemt aanzienlijk toe met de schoorsteenlengte vanwege de hogere drukhoogte, maar ook door een groter verschil tussen de binnentemperatuur en de omgevingstemperatuur. Boven de 4 meter valt op dat de temperatuur van het glas en de absorber afnemen. Dit komt omdat er een overgang van laminaire naar turbulente stroming plaats vindt. Als dit gebeurt dan stijgt de warmtegeleidingscoëfficiënt, waardoor de wanden meer afkoelen [Sakonidou et al, p.90, Lee et al, p.618]. Dit heeft echter geen effect op het debiet van de schoorsteen.

De vorm en structuur van de opening hebben ook invloed op de luchtsnelheid en dus het ventilatie debiet. Een ronde vorm die de lucht goed gestroomlijnd afvoert heeft een lagere weerstandscoefficiënt dan bij een hoekige vorm, waarbij de weerstandscoefficiënt hoger is. Bij een hogere weerstandscoefficiënt is de luchtsnelheid lager dan bij een lagere weerstandscoefficiënt.

## 9.4 Effect van gedraaide zonneshoorsteen op ventilatie

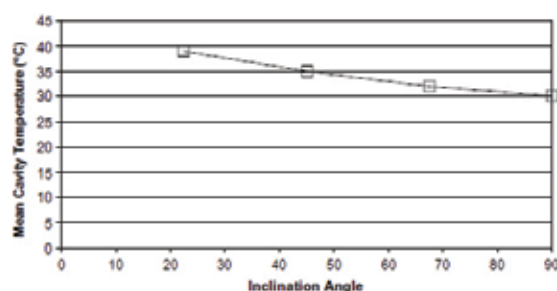
De kantelhoek van de zonneshoorsteen (ten opzichte van de verticale as) is belangrijk omdat de warme lucht in een gekantelde spouw een grotere convectie warmteoverdracht heeft naar het koelere oppervlakte van het glas, en zal hierdoor meer van zijn warmte verliezen, wat resulteert in een slechtere prestatie [Harris, p.137]. Daarnaast is de hoeveelheid zonnestraling afhankelijk van een bepaalde hellingshoek. Er zijn dus twee tegengestelde genomen aan het werk; een verslechtering van de prestaties, en de andere mogelijkheid om deze te verbeteren.

De voordelen van het uitlijnen van de zonneshoorsteen langs de dakhelling zijn dat erg grote collector-gebieden makkelijk te bereiken zijn, er zijn geen extra torens nodig en gemakkelijker te moderniseren [Harris, p.138]. Er zitten ook nadelen aan het uitlijnen van de zonneshoorsteen langs de dakhelling, namelijk: de schachthoogte wordt beperkt door de dakhoogte, warmteoverdracht tussen verwarmde lucht en glas groter is dan bij een verticaal oppervlak, en incorporatie van thermische massa kan moeilijker.

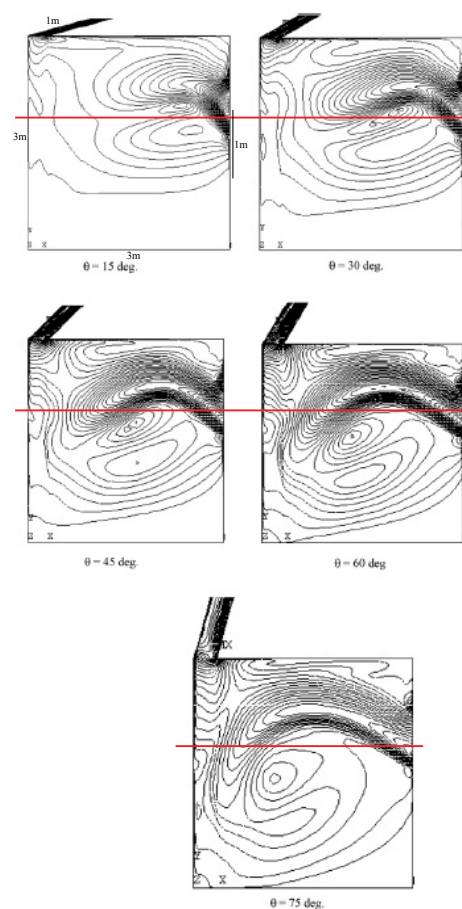
Harris et al (2007) heeft de zonneshoorsteen (latitude 52°, 15 juli, hoogte 3 m) die het beste debiet geeft qua schachtgeometrie (lage emissiviteit coating met een spouwbreedte van 0.25 m.) verder onderzocht met betrekking tot de kantelhoek van de schoorsteen.

Als de zonneshoorsteen een lage hellingshoek heeft dan warmt de spouw meer op omdat de zonintensiteit hier hoger is. Dit zien we terug in figuur 9.11. De spouw wordt het warmst op 22°. Maar tegelijkertijd heeft de lucht veel weerstand om door de spouw te stromen bij een lage hellingshoek van de schoorsteen (figuur 9.12). De lage hoekverdraaiing van 15° laat een hoge stromingsweerstand zien door plotselinge stroomcontractie aan de onderkant van de schoorsteen. Dit creëert een tegendruk die ervoor zorgt dat de inlaatstroom minder diep binnendringt in de schoorsteen [Bassiouny, p.194].

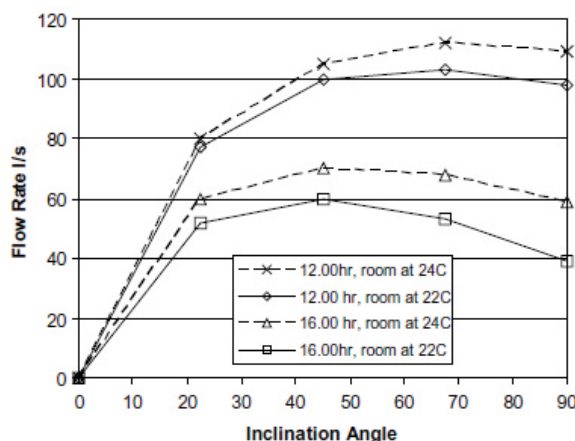
Zodra de hellingshoek toeneemt tot 30°, dringt de lucht de ruimte meer binnen via het raam. Bovendien laat de figuur zien dat de stroming het grootste gedeelte van de ruimte bevat na 45°. Dit is inclusief het bezette gebied (alles onder 1.8 m, de rode lijn in figuur 9.12). De optimale hellingshoek van de zonneshoorsteen om het grootste debiet op latitude 52° te krijgen is om



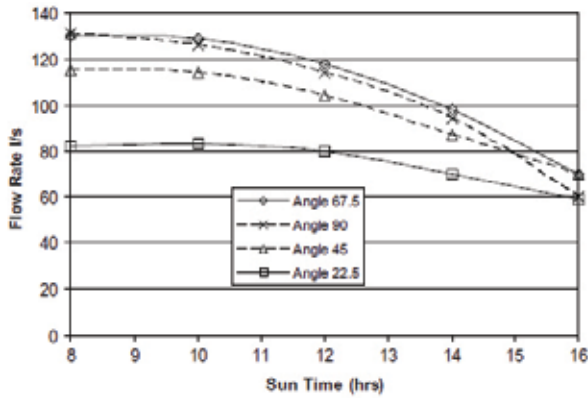
Figuur 9.11 Effect van de hoekverdraaiing op het debiet en op de temperatuur in de spouw.



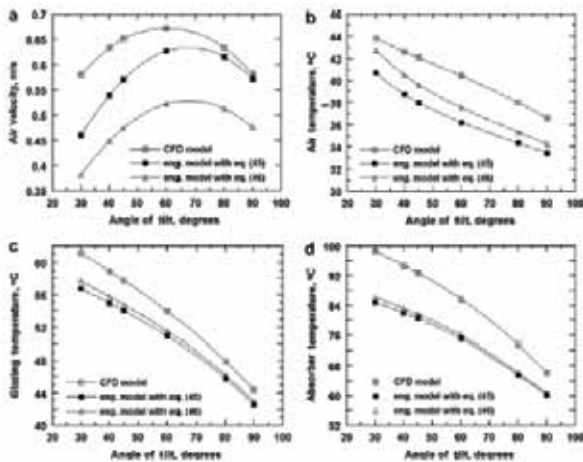
Figuur 9.12 Ruimtestroom bij verschillende kantelhoeken



Figuur 9.13 Effect van de hoekverdraaiing op het debiet en op de temperatuur in de spouw.



Figuur 9.14 De prestatie over 24 uur bij verschillende hoekverdraaiingen



Figuur 9.15 Gemiddelde luchtsnelheid (a), gemiddelde luchttemperatuur (b), gemiddelde temperatuur van het glas (c), gemiddelde temperatuur van de absorber (d) tegen verschillende hoekverdraaiingen van een schoorsteen met 4 m lengte.

12 uur 67.5° en om 16 uur 45° (figuur 6.13).

Hetzelfde zien we terug in een onderzoek van Sakonidou et al (2008), waar een zonneschoorsteen in In Griekenland is getest (latitude 41°, 15 juli, hoogte 4 m.). Figuur 9.15 laat zien dat de hoogste luchtsnelheid wordt bereikt met een hoekverdraaiing van ongeveer 60°, terwijl de hoogste luchttemperatuur wordt bereikt bij een hoekverdraaiing van 30°.

Sakonidou legt ook uit dat een meer verticale helling gunstig is voor het verlies van de warmteoverdracht door het glas en voor het luchtdebiet, omdat de warme lucht gemakkelijker recht omhoog stijgt. Voor een kleine zonneschoorsteen op een gezinswoning dak, zoals getest door Harris en Helwig, is het zeer waarschijnlijk inderdaad beter om zo veel mogelijk energie uit de zon te verkrijgen en op deze manier de efficiëntie te verhogen, omdat de afgelegde afstand van de lucht is kort en de invloeden van deze luchtstroom is dus kleiner op het ventilatie debiet.

Bassiony en Korah (2009) hebben het optimum gevonden bij een hoekverdraaiing tussen de 45° en 70° bij latitude 28.4° met een zonneschoorsteen n 1 meter hoog en een gevarieerde spouw van 0.1 meter tot 0.35 meter.

Chen et al (2003) toonden ook aan dat de luchtstroom een maximum bereikte bij een zonneschoorsteen met een hoek van ongeveer 45° voor een 200 mm gap en een 1,5 meter hoge zonneschoorsteen. De luchtstroom is ongeveer 45% hoger dan bij een verticale zonneschoorsteen onder identieke omstandigheden. De reden voor de verhoging in luchtstroomsnelheid is de relatief gelijkmatige luchtsnelheid in de schoorsteen, die het drukverlies in bij de toevoer en afvoer aanzienlijk vermindert vergeleken met de verticale schoorsteen.

## 9.5 Zonneschoorsteen in combinatie met wind

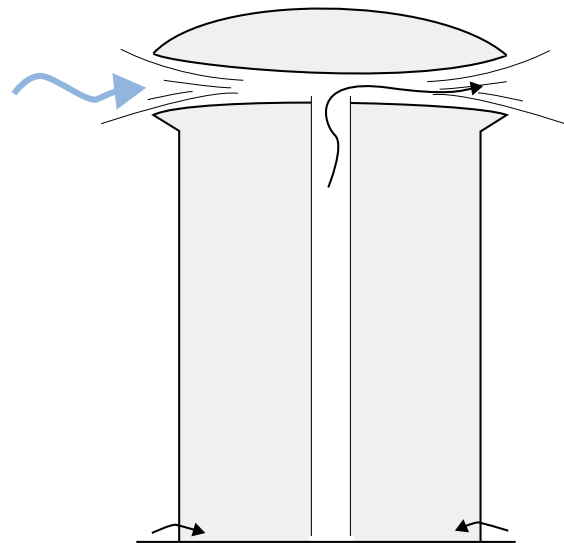
Zon en wind zijn de twee belangrijkste duurzaamste energiebronnen. Beide zorgen voor drukverschil waardoor geventileerd kan worden. Een gecombineerde wind-zonneschoorsteen is daarom een interessante combinatie. De zonenergie en de wind vullen elkaar hierin aan.

Een bekend systeem wat gebruikt maakt van zowel zonne- als windenergie is het venturi dak.

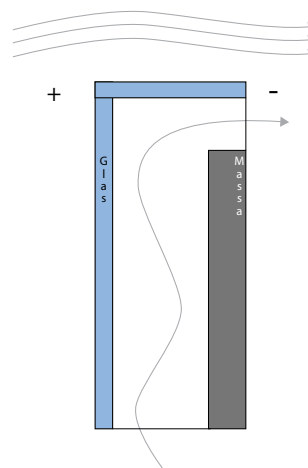
Het venturi dak zorgt voor extra ventilator door de wind langs de zonneschoorsteen te laten stromen. De verwarmde lucht uit de schoorsteen stijgt naar de koude buitenlucht en op deze manier ontstaat een warme luchtstroom. Wanneer er in het buitenklimaat wind staat zal de warme lucht sneller worden afgevoerd en kan de lucht in de schoorsteen ook sneller stromen. Een dak dat is vormgegeven als een omgekeerde vleugel veroorzaakt het Venturi-effect (figuur 9.16). Wanneer deze boven de uitlaat van de schoorsteen wordt geplaatst, wordt de afvoer lucht sneller verwijderd, en zal de gehele luchtstroom worden verhoogd. Het extra voordeel van het Venturi dak is dat de stilstand van de schoorsteen kan worden voorkomen, doordat er steeds geventileerd kan worden door middel van winddrukken. 'S nachts of met lage zon-energie in de winter, kan een natuurlijke luchtstroom nog steeds worden bereikt.

Een simpeler ontwerp komt van Nouanégué et al (2007). Deze gaat uit van een standaard zonneschoorsteen waarbij de opening aan de bovenkant van de zonneschoorsteen georiënteerd is tegen de hoofdwindrichting in (figuur 9.16). De schoorsteen zelf kan worden uitgevoerd als een normale zonneschoorsteen als een zonnecollector en energieopslagsysteem. De lucht wordt de woning uit gezogen naar buiten door trek in de zonneschoorsteen door de negatieve winddruk op de opening (het zogenaamde venturi-effect), die ervoor dat er gedwongen convectie in de schoorsteen plaatsvindt. Daarnaast wordt er ook geventileerd door de opwaartse kracht door het verwarmen van de massa (die hoofdstuk 9.2).

Het Sola-Boost systeem van Monodraught is een natuurlijk ventilatie systeem dat gebruik maakt van de

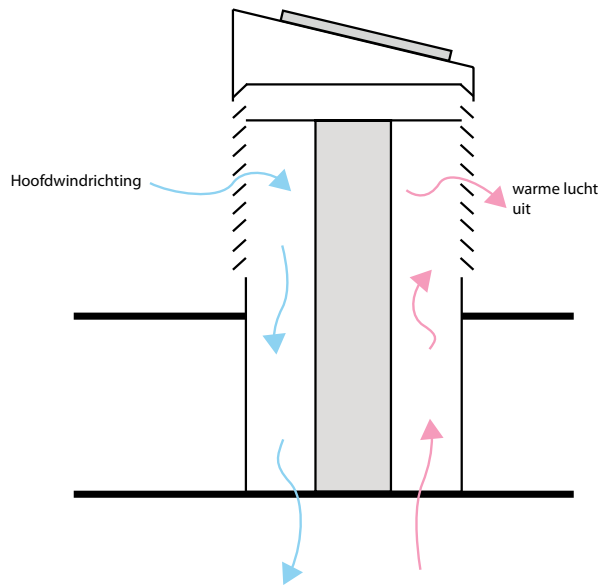


Figuur 9.16 Schema Venturi-dak

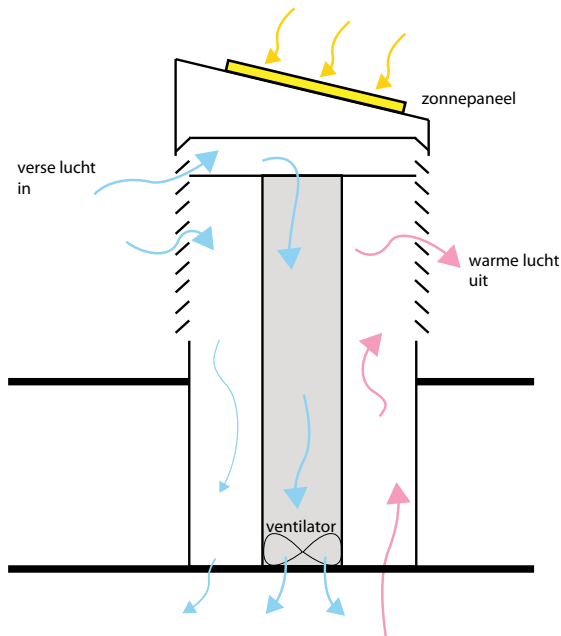


Figuur 9.17 Schema voorstelling gecombineerd wind-zonneschoorsteen





Figuur 9.18 Solar-Boost onder normale omstandigheden



Figuur 9.19 Solar-Boost op warme dagen

voordelen van zowel top-down ventilatie samen met stack-ventilatie en een zon-aangestuurde ventilator.

Onder normale weersomstandigheden verzorgt monodraught Sola-Boost natuurlijke ventilatie door wind te vangen door de louvres en vervolgens wordt deze verse lucht met behulp van gecompartmenteerde verticale openingen de ruimte in gebracht. Warme lucht wordt verdreven met behulp van natuurlijke energie van opwaartse druk en stack-ventilatie (figuur 9.18).

Op warme dagen is er meer ventilatie nodig om de warmte te woning uit krijgen. Het Sola-Boost systeem werkt op het simpele idee dat hoe feller de zon schijnt, hoe meer er geventileerd wordt. De zonne-energie, die wordt opvangen aan de top van het Sola-Boost systeem, wordt omgezet naar energie die de ventilator aandrijft (figuur 6.19). Hoe meer zonne-energie er is, hoe meer energie naar de ventilator gaat, en hoe meer er dus wordt geventileerd.

Er wordt  $110 \text{ dm}^3/\text{s}$  geventileerd door de opwaartse druk en stack-ventilatie. De ventilatie is hier gebaseerd op een externe windsnelheid van  $2 \text{ à } 3 \text{ m/s}$ . Onder de zomerzon kan er een extra  $35 \text{ dm}^3/\text{s}$  geventileerd worden [Monodraught, p.4].

Een bijkomend voordeel van het monodraught systeem is dat er nachtkoeling in de zomermaanden plaats kan vinden. Door de louvres 's nachts open te laten stroomt de koele nachtlucht naar beneden en wordt de overtollige warme lucht natuurlijk geventileerd door het stack-effect.

## 9.6 Warmtebehoefte

Er zijn meerdere factoren die invloed hebben om de temperatuur van een gebouw. Er komt zowel warmte binnen als dat het gebouw warmte verliest naar buiten. De netto warmtebehoefte van een ruimte of gebouw is het warmteverlies verminderd door de warmtewinst.

### 9.6.1 Warmtewinst

Allereerst wordt er warmte gecreëerd door de aanwezigheid mensen en apparatuur.

De mens heeft een gemiddelde lichaamstemperatuur van 37 °C en een gemiddelde huidoppervlakte temperatuur van 33 °C. Dit betekent dat de oppervlakte temperatuur van de mens nagenoeg altijd hoger is als de omgevingstemperatuur waardoor de mens nagenoeg altijd warmte afgeeft aan zijn omgeving. Dit wordt gedaan door convectie, straling en verdamping, volgens onderstaande formule:

$$Q_{mens} = q_{conv} + q_{str} + q_{verd}$$

$Q_{mens}$  = interne warmtelast door de mens [W]

$q_{conv}$  = warmtestroom door convectie [W]

$q_{str}$  = warmtestroom door straling [W]

$q_{cond}$  = warmtestroom door conductie [W]

$q_{verd}$  = warmtestroom door verdamping [W]

De hoeveelheid internewarmtelast die een persoon creëert hangt af van het activiteiten niveau van deze persoon. Hierbij wordt aangenomen dat de gemiddelde oppervlakte van de mens 1,8 m<sup>2</sup> is.

$$Q_{mens} = 85 + (20(I - 1))$$

$Q_{mens}$  = interne warmtelast door de mens [W]

I = energieniveau

Het energieniveau is opgedeeld in 4 basis activiteiten.

Activiteit	Energieniveau
Liggen	1
Zitten	2
Staan	3
Bewegen	4

Tabel 9.2. Het energieniveau van de mens aan de hand van 4 activiteiten

De interne warmtelast in een ruimte kan ook stijgen door gebruik van apparatuur en verlichting.

De interne warmtelast die geproduceerd wordt door apparatuur hangt af van het vermogen van het apparaat en of er personen aanwezig zijn in de ruimte. De interne warmtelast van de verlichting hangt daarnaast ook samen met of er personen aanwezig zijn in de ruimte, en de oppervlakte van de ruimte.

$$Q_{app} = (P_{app} + (p_{licht} \cdot A))\alpha$$

$Q_{app}$  = interne warmtelast door apparatuur en licht [W]

$P_{app}$  = vermogen van de apparatuur die aanstaat [W]

$p_{licht}$  = vermogen van de verlichting die aanstaat [W]

A = oppervlakte van de ruimte [m<sup>2</sup>]

$\alpha$  = mensen aanwezig (1) of niet aanwezig (0.25)

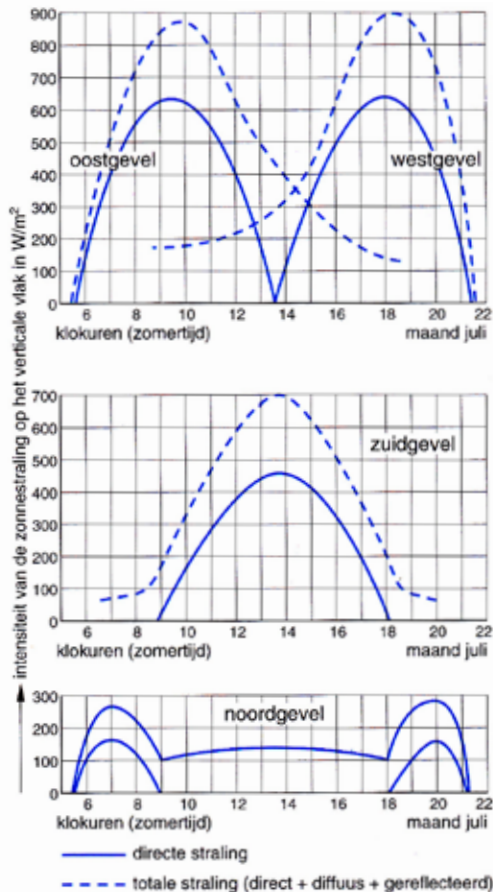
De totale interne warmtelast door de mensen, apparatuur en de verlichting wordt vervolgens:

$$Q_{totaal} = Q_{men} + Q_{app}$$

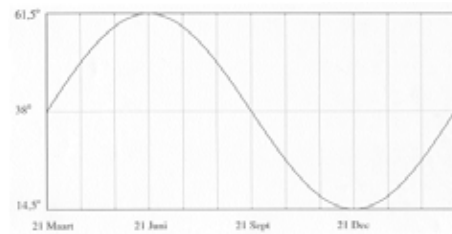
Naast warmtewinst door aanwezige mensen en apparatuur is er ook warmtewinst als gevolg van binnenkomende zonnenstraling. Deze komt voornamelijk binnen door glasoppervlakten. De hoeveelheid warmte die hierdoor binnenkomt hangt af van een aantal aspecten (tabel 6.x).

Glasoppervlakte	Hoe meer glasoppervlakte er is hoe meer zonnestraling de ruimte binnen kan komen.
Glastype	Hoe hoger de g waarde en ZTA waarde hoe meer zonne-energie er naar binnen komt. Hoe lager de U-waarde hoe minder warmtelies naar buiten.
Orientatie van het glas	Het verschil in orientatie zorgt ervoor dat de intensiteit op verschillende momenten anders is (figuur 9.20). De oost en west gevel hebben de hoogste intensiteit, en de noord gevel heeft de laagste intensiteit door de zonnestraling.
Hellingshoek van het glas	De optimale hellingshoek van het glas is afhankelijk van de orientatie hiervan. Op het zuiden is de optimale hellingshoek 45 graden, terwijl bij oost, west en noord de optimale hellingshoek 0 graden is ten opzichte van de horizontaal (figuur 9.23)
Aanwezigheid van zonwering	Zonwering zorgt ervoor dat er minder zonnestraling binnenkomt. Buitenzonwering blokkeert een groot deel van de binnenkomende zonnewarmte (figuur 9.22). Bij binnenzonwering komt een groot deel van de zonne-energie binnen door convectief warmteafgifte van de zonwering (figuur 9.22)
Obstakels	De aanwezigheid van obstakels (dakoverstekken, bomen, gebouwen, etc) voor een raam zorgen ervoor dat er minder straling door de zon op het raam valt, waardoor een kleiner deel van de straling in de ruimte komt.
Moment van de dag	Ook dit is afhankelijk van de orientatie en de tijd van het jaar. In de ochtenduren in de zomer is de intensiteit hoger op de oostgevel het hoogst is. Terwijl in de zomer op het midden van de dag de intensiteit op de zuidgevel het hoogst is (figuur 9.20).
Tijd van het jaar	In de zomer is de zonintensiteit hoger dan de winter, herfst en lente. Ook staat de zon op een andere positie ten aanzien van de horizon (figuur 9.21).
Type hemelkoepel	Een bewolkte hemelkoepel heeft een negatieve invloed op de intensiteit van de zonnestraling.

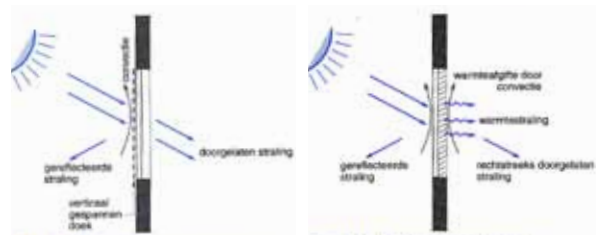
Tabel 9.3. Invloed van verschillende aspecten op de zontoetreding in een ruimte



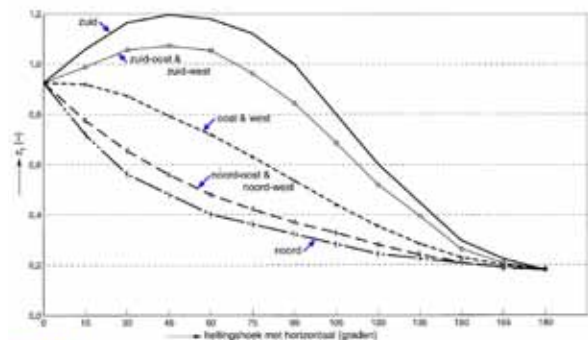
Figuur 9.20. Verloop over de dag van de intensiteit van de zonnestraling voor de maand juli voor vier orientaties



Figuur 9.21. Verloop van de positie van de zon voor een jaar ten aanzien van de horizon



Figuur 9.22. Werking van de buitenzonwering en binnenzonwering



Figuur 9.23. Invloed hellingshoek op de zonintensiteit die binnenkomt

De warmtelast die door de zonnestraling binnenkomt kan berekend worden aan de hand van onderstaande formule:

$$Q_{zon, or} = A_{glas, or} \cdot Q_{rad, or} \cdot g \cdot S$$

$Q_{zon, or}$  = warmtelast door zonnestraling voor gevel met oriëntatie x [W]

$A_{glas, or}$  = Glassoppervlakte in de gevel met oriëntatie x [m<sup>2</sup>]

$Q_{rad, or}$  = Warmtelast door straling op gevel met oriëntatie x [W/m<sup>2</sup>]

$g$  = g-waarde van het glas met oriëntatie x

$S$  = Deel van de invallende straling dat de zonwering niet tegen houdt.

De totale warmtelast in een ruimte wordt berekend door per oriëntatie de warmtelasten bij elkaar op te tellen.

$$Q_{tot} = Q_{zon, or1} + Q_{zon, or2} + \dots + Q_{zon, orx}$$

$Q_{tot}$  = De totale warmtelast door de zonnestraling [W]

$Q_{zon, orx}$  = de warmtelast door zonnestraling voor gevel met oriëntatie x [W]

## 9.6.2 Warmteverlies

Het grootste gedeelte van warmteverlies wordt veroorzaakt door straling (transmissie). Warmteverlies door transmissie treedt op door de gevels, ramen en deuren. Dit warmteverlies wordt berekend door middel van de U waarde van het materiaal en het oppervlakte van dat materiaal.

$$H_{trans} = A \cdot U$$

$H_{trans}$  = warmteverlies door transmissie [W/K]

A = oppervlakte van het materiaal [ $m^2$ ]

U = warmtedoorgangscoefficiënt (U-waarde) van het materiaal [W/ $m^2K$ ]

De U-waarde is de omgekeerde van de R - waarde (warmteweerstand). De warmteweerstand van een laag materiaal is afhankelijk van de thermische geleidbaarheid en de dikte van de laag.

$$U = 1/R$$

$$R = d/\lambda$$

R = Warmteweerstand [ $m^2K/W$ ]

d = dikte [m]

$\lambda$  = thermische geleidbaarheid van een materiaal [W/mk]

Daarnaast treedt er warmteverlies op door ventilatie. Meestal is de afgevoerde lucht warmer dan de aangevoerde lucht, wat als gevolg heeft dat ventilatie leidt tot warmteverlies.

$$H_{vent} = \rho \cdot c \cdot \frac{n}{3600} \cdot V$$

$H_{vent}$  = warmteverlies door ventilatie [W/K]

$\rho$  c = dichtheid lucht = 1,2 [kg/ $m^3$ ]

n = ventilatievoud [1/h]

V = volume van de ruimte [ $m^3$ ]

waarbij

$$n = v_{deb}/V$$

$v_{deb}$  = ventilatiedebiet [ $m^3/h$ ]

V = volume van de ruimte [ $m^3$ ]

Het totale warmteverlicht in een woning komt tot stand door de afzonderlijke warmteverliezen van transmissie en ventilatie bij elkaar op te tellen.

$$H_{tot} = H_{trans} + H_{vent}$$

De thermische massa van een gebouw is de capaciteit voor het opnemen en vasthouden van warmte/energie. De thermische massa zorgt ervoor dat ondanks wisselende buitentemperaturen de temperatuur in de ruimte stabiel blijft. Hoe hoger de thermische massa hoe trager de temperatuur in een ruimte stijgt of daalt. De thermische massa neemt warmte op als de temperatuur in de woning lager is dan de temperatuur van de massa, en warmte afgeven wanneer de temperatuur in de ruimte lager is als die van de massa. De thermische massa in een ruimte kan ervoor zorgen dat het langer duurt voordat een ruimte verwarmd of afgekoeld is.

De thermische massa van een materiaal laag wordt berekend volgens onderstaande formule:

$$M = \rho \cdot c \cdot d \cdot A$$

M = thermische massa [J/K]

$\rho$  = soortelijke dichtheid van het materiaal [kg/ $m^3$ ]

c = soortelijke warmte van het materiaal [J/kgK]

d = indringingsdiepte van het materiaal [m]

A = oppervlakte van het materiaal [ $m^2$ ]

## 9.7 Subconclusie

Natuurlijke ventilatie maakt gebruik van drukverschillen. Deze drukverschillen kunnen veroorzaakt worden door wind of thermiek. Bij ventilatie door wind geldt dat als de windsnelheid verdubbelt het ventilatiedebiet ook verdubbeld. Bij thermiek is vooral de hoogte tussen opening A en opening B van belang. Hoe groter deze afstand is, hoe meer er geventileerd wordt.

Een zonnesclootsteen maakt gebruik van thermiek. De zonnesclootsteen is ontworpen om maximaal gebruik te maken van zonne-energie. In typische warme zomerdagen bestaat er een klein temperatuurverschil tussen binnen en buiten. Zonder gebruik van extra zonne-energie is dit temperatuurverschil niet voldoende om thermische trek te creëren. Bij het gebruik van een zonnesclootsteen kan er voldoende temperatuurverschil worden gecreëerd door het maximaliseren van de zoninstraling in de zonnesclootsteen. Hierdoor stijgt de temperatuur in de zonnesclootsteen en is het temperatuurverschil groot genoeg om genoeg ventilatie te bereiken.

De uitvoer van de zonnesclootsteen heeft een groot effect op de hoeveelheid ventilatie. De zonnesclootsteen bestaat uit een glasplaat aan de zuidzijde met daarachter een spouw en een absorberende plaat aan de noordzijde.

Om de zoninstraling te maximaliseren moeten de reflectieverliezen aan de buitenzijde en aan de binnenzijde van het glas, maar ook absorptieverliezen in het glas zelf, geminimaliseerd worden. Het glas moet daarom een zo hoge g-waarde en een zo lage U-waarde hebben. Een lage-emissiviteitscoating (Low-E) kan hierbij een extra hulpmiddel zijn, deze laat straling door om geabsorbeerd (hoge g-waarde) te worden, maar laat tegelijkertijd ook de langgolvlige infrarood straling niet door terug naar de buiten (lage U-waarde).

Een te smalle of een te brede spouw kan ervoor zorgen dat het ventilatiedebiet van de zonnesclootsteen niet maximaal is. In een smalle spouw treedt geleiding / convectie op van de lucht naar het glas. Hierdoor wordt het ventilatiedebiet verminderd. Een te brede spouw kan ervoor zorgen dat in het midden van de spouw de lucht neerwaarts stroomt.

De binnenwand (de absorber) moet de zoninstraling

zo goed mogelijk absorberen en zo weinig mogelijk warmte door emitantie verliezen. Dit zijn materialen die voornamelijk worden gebruikt voor thermische zonnecollectoren.

De hoek verdraaiing van de zonnesclootsteen heeft invloed op de hoeveelheid zoninstraling. De optimale hoek van de zonnesclootsteen in Nederland zit tussen de 45 en 67.5 graden. Als de hoek van de zonnesclootsteen te laag wordt, dan heeft lucht een te hoge weerstand onderaan de zonnesclootsteen waardoor er minder geventileerd kan worden.

Een zonnesclootsteen werkt het beste met een groot temperatuurverschil. Hiervoor moet behalve de zonneclootsteen ook de interne warmtelast en de warmte verliezen worden berekend.

De interne warmtelast hangt af van de hoeveelheid personen aanwezig zijn in de ruimte, het activiteitsniveau van deze personen, het vermogen van de verlichting en de apparatuur die aanstaat.

Warmteverliezen in een ruimte worden veroorzaakt voor ventilatie en transmissie. Hoe meer er geventileerd wordt hoe meer warmteverlies er plaatsvindt. Warmteverlies voor transmissie hangt af van de materiaal eigenschappen in de ruimte.

Op bewolkte dagen waarbij de zonnesclootsteen niet genoeg temperatuurverschil kan creëren om ventilatie op gang te brengen kan wind een uitweg bieden. Daarnaast heeft ventileren door wind de mogelijkheid tot nachtventilatie waardoor de woning in de zomer 's nachts afgekoeld kan worden.

## 10.0 Onderzoek van de bouwfysica tav licht

*Ten aanzien van het afstuderen aan de master Building Technology is simulatie en modelonderzoek uitgevoerd op het ontwerp wat in hoofdstuk 9 is beschreven. De woonkamers en slaapkamers zijn gesimuleerd in Dialux en bekeken hoe deze presteren tav licht. Van de ronde woonkamer is een schaalmodel (schaal 1:10) gemaakt waarmee licht onderzoek is gedaan.*



## 10.1 Lichtstudie Dialux

De lichtsimulatie is gedaan aan de hand van Dialux, met dit programma kunnen ruimtes gesimuleerd worden ten aanzien van verlichtingssterkte en daglichtfactor.

De woonkamers en slaapkamers van beide woningen zijn ingevoerd in het programma Dialux (voor de ontwerpen van de woningen zie hoofdstuk 9). Door het programma te laten meten in 4 verschillende seizoenen en op 3 verschillende tijdstippen wordt er een goed beeld verkregen hoe de woning zich gedraagt ten aanzien van licht door het jaar heen.

Er is gesimuleerd op 21 maart, 21 juni, 21 september en 21 december om 08:00u, 12:00u en 17:00u. De simulaties zijn gedaan onder een bewolkte hemelkoepel, waarbij direct zonlicht niet wordt meegenomen. De verlichtingssterkten worden gemeten op werkblad niveau; 0,8 meter hoogte.

Hieronder staan nogmaals de eisen die zijn opgesteld aan de hand van hoofdstuk 2.3.

Functie	Verlichtingssterkte	Daglichtfactor
woonkamer algemeen (lopen)	> 300 lux	> 3%
woonkamer algemeen (>75%)	> 500 lux	> 5%
woonkamer nabij stoel	>1000 lux	10%
lezen	> 500 lux	> 6%
fijnere handwerken	> 1000 lux	10%
eettafel	> 500 lux	> 5%
keuken	>500 lux	> 5%
eten bereiden	>800 lux	> 8%
gang	200 lux	> 2%
slaapkamer	300 lux	> 2%
badkamer	300 lux	> 2%
's nachts	> 50 lux	

Tabel 10.1. Verlichtingssterkte en daglichtfactor eisen voor dementerenden bij verschillende eisen

De luminantie contrasten kunnen niet voldoende worden weergegeven in Dialux. Het programma geeft de luminantie van het raam niet aan, en een gemiddelde waarde van de luminantie verhoudingen in een ruimte kan niet worden weergegeven. Toch kan er aan de hand van de render uit Dialux gekeken of de ruimte gelijkmatig verlicht is.

De zonneshoorstenen zijn ingevoerd als dakramen. Alle glazen oppervlaktes hebben dezelfde eigenschappen, deze staan weergegeven in figuur 10.1. De eigenschappen van de wanden, de kolommen, het plafond en de vloer staan aangegeven in onderstaande figuren.

Figuur 10.1. Invoer materiaal eigenschappen glas

Figuur 10.2. Invoer materiaal eigenschappen houten wanden

Figuur 10.3. Invoer materiaal eigenschappen betonnen wanden

Figuur 10.4. Invoer materiaal eigenschappen plafond

Figuur 10.5. Invoer materiaal eigenschappen vloer



### 10.1.1 Ronde en rechte woonkamer

De invoer in Dialux is gesimplificeerd t.a.v. de ontworpen woning. De ronde woning heeft een gebogen dak, wat niet mogelijk is in dialux. De invoer in dialux is een rechtafopend dak. Daarnaast hebben beide woonkamers in het ontwerp liggers van 600 mm hoog met een h.o.h afstand van 1200 mm, ook dit is niet ingevoerd in dialux, door beperkingen van het programma. De ronde woonkamer is georiënteerd op het westen, de rechte woonkamer op het oosten.

De verlichtingssterktes van de ronde woonkamer op werkvlak staan weergegeven in figuur 4.10. De verlichtingssterktes van de rechte woonkamer in figuur 4.11.

De ronde woonkamer heeft een hoge ruimte (4 meter) met ramen die tot aan het plafond lopen, hierdoor komt er veel licht de woonkamer binnen. Vergeleken met de rechte woonkamer komt in de rechte woonkamer minder licht binnen. Dit ligt aan verschil in oriëntatie en vormgeving. De rechte woonkamer is 2,6 meter hoog, met panorama ramen.

De zonneshoornen bij beide woonkamers zorgt ervoor dat het licht dieper de kamer binnenkomt. Desondanks voldoet de ruimte achterin de woonkamers (de keuken) niet aan de gestelde eisen. De verlichtingssterkte komt hier nooit boven de 200 lux uit. Dit is veel te laag. De rest van de woonkamer voldoet wel aan de gestelde eisen, de minimale verlichtingssterkte is 300 lux met >75% 500 lux. Ook wordt op veel plaatsten >1000 lux behaald. De eettafel behaalt de eis niet, net zoals de keuken.

'S middags, vooral in juni, komt er erg veel licht binnen. Er is dan waarschijnlijk licht- of zonwering nodig om te hoge luminantie contrasten te voorkomen.

Daarbij valt bij de ronde woonkamer op dat de verlichtingssterkte vanuit de drie ramen in lijn van de zonneshoornen en de verlichtingssterkte zonneshoornen naar elkaar toe trekken. Terwijl het raam aan de andere kant van de ruimte, niet genoeg is om het licht diep naar binnen te brengen.

Tijdens het ontwerp is ervoor gekozen om de zijwanden van de rechte woonkamer schuin te plaatsten, om ondanks het verschil in hoogte, dezelfde verlichtingssterktes te krijgen als de hoge ronde woonkamer. Als we de twee muren van de ronde woonkamer (gemiddelde verlichtingssterkte van 478 lux en 928 lux) vergelijken van de twee muren van de rechte woonkamer (gemiddelde verlichtingssterkte van 380 lux en 674 lux) zien we dat dit niet helemaal

is gelukt.

Op juni 1200 zijn twee luminantie renders gemaakt van beide woonkamers; één naar het raam toe (figuur 10.6 en figuur 10.8) en één van het raam af (figuur 10.7 en figuur 10.9). Dit tijdstip is gekozen omdat de luminantie contrasten dan het grootst zijn.

In de render vanuit achter in de ruimte, is duidelijk te zien dat het een donkere ruimte is. Bij beide woonkamers hebben de kolommen ook een lage luminantie waarde, dit kan voor problemen gaan zorgen.

Voor de ronde woonkamer geldt:

$$L_{\text{kolommen}} = 9 \text{ cd/m}^2$$

$$L_{\text{max}} = 180 \text{ cd/m}^2$$

$$L_{\text{gem}} > 180/30 = 6 \text{ cd/m}^2$$

$L_{\text{kolommen}} > L_{\text{gem}}$  dus de kolommen voldoen net aan de eis 30/1.

Voor de rechte woonkamer geldt:

$$L_{\text{kolommen}} = 7 \text{ cd/m}^2$$

$$L_{\text{max}} = 200 \text{ cd/m}^2$$

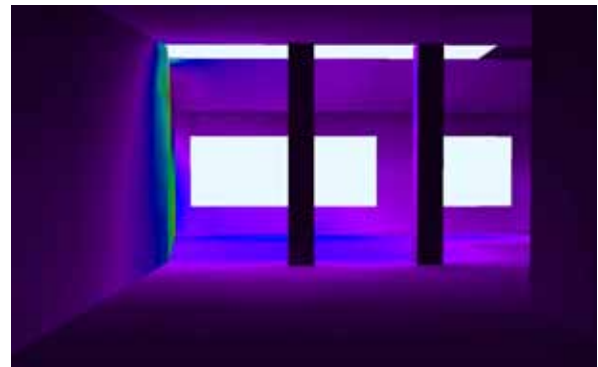
$$L_{\text{gem}} > 200/30 = 7 \text{ cd/m}^2$$

$L_{\text{kolommen}} = L_{\text{gem}}$  dus de kolommen voldoen net aan de eis 30/1.

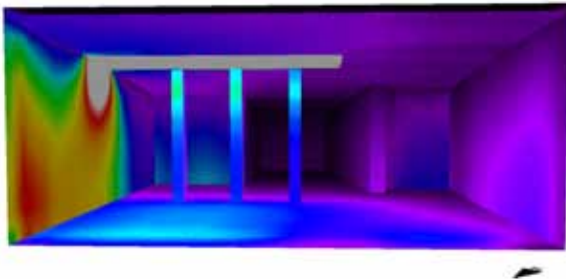
In de render vanuit het raam de ruimte in valt op dat de muur waar de zonneshoornen boven zit een stuk hogere luminantie waarde heeft dan de rechter muur. Zoals eerder vermeld lopen mensen automatisch naar het licht toe. Bij demeterende is het oriëntatie vermogen verminderd en vinden vaker niet meer hun weg in een ruimte. Daarom zijn de zonneshoornen boven de belangrijke deuren in een ruimte geplaatst, zodat de bewoner makkelijk de weg naar en uit de ruimte vindt. Op de luminantie render is te zien dat op de wand onder de zonneshoornen de luminantie hoog is, waardoor de deur als helder wordt ervaren en de bewoner hier makkelijker naar toe wordt getrokken. Ook van achterin de ruimte is de lichte vlek van de zonneshoornen te zien.



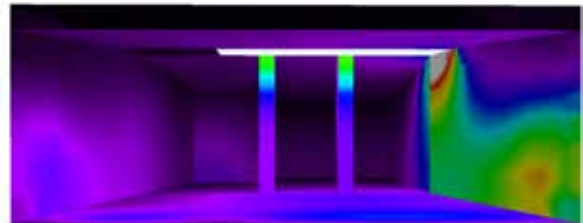
Figuur 10.6. Luminantie render vanuit de keuken naar de woonkamer van de ronde woonkamer



Figuur 10.8. Luminantie render vanuit de keuken naar de woonkamer van de rechte woonkamer

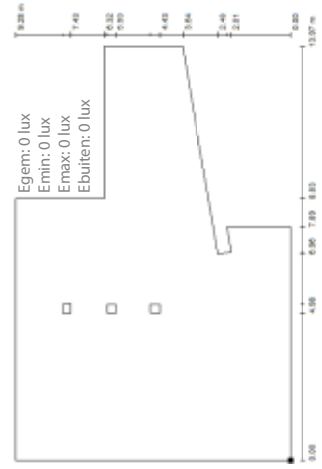
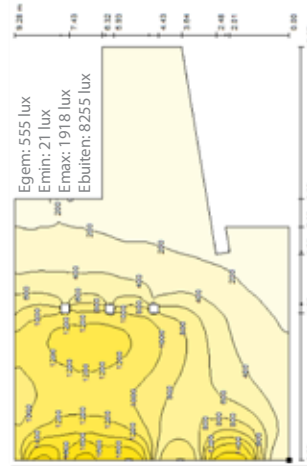
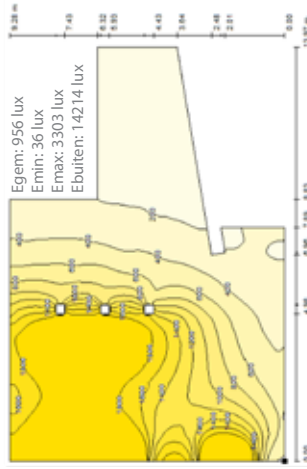
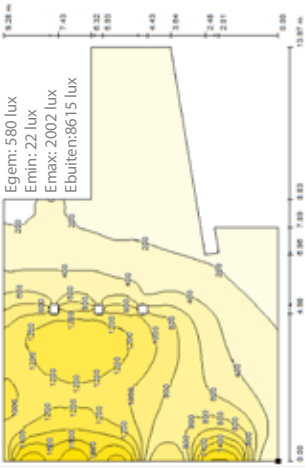


Figuur 10.7. Luminantie render vanuit de woonkamer naar de keuken van de ronde woonkamer

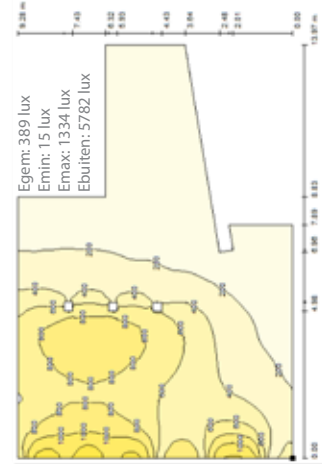
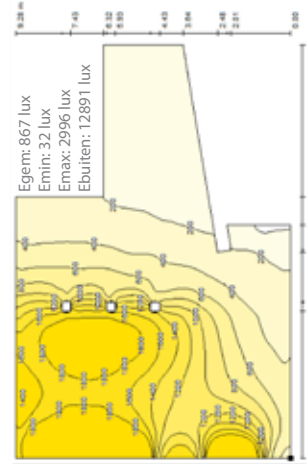
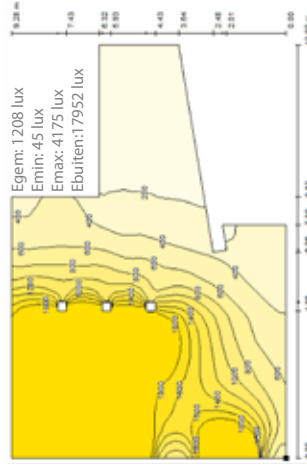
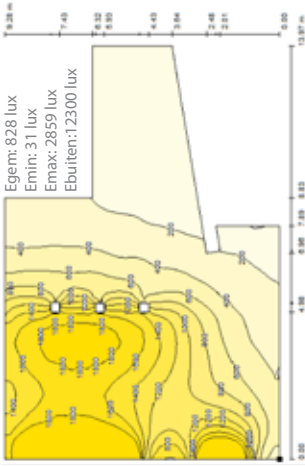


Figuur 10.9. Luminantie render vanuit de woonkamer naar de keuken van de rechte woonkamer

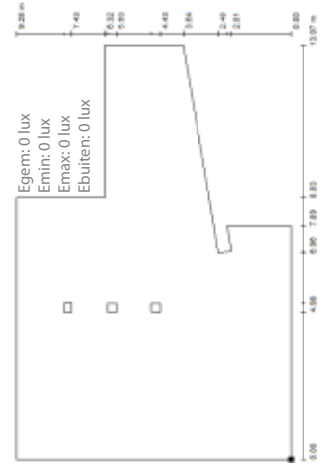
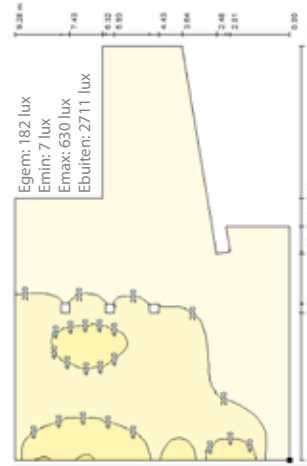
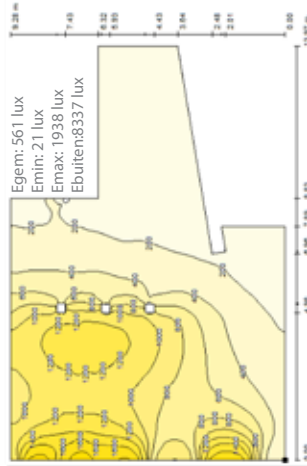
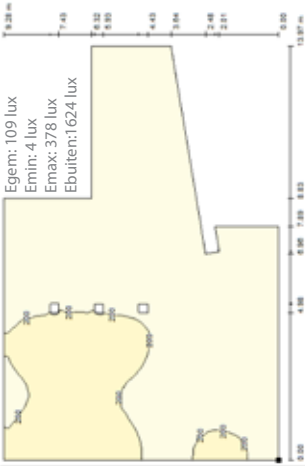
17:00



12:00



08:00



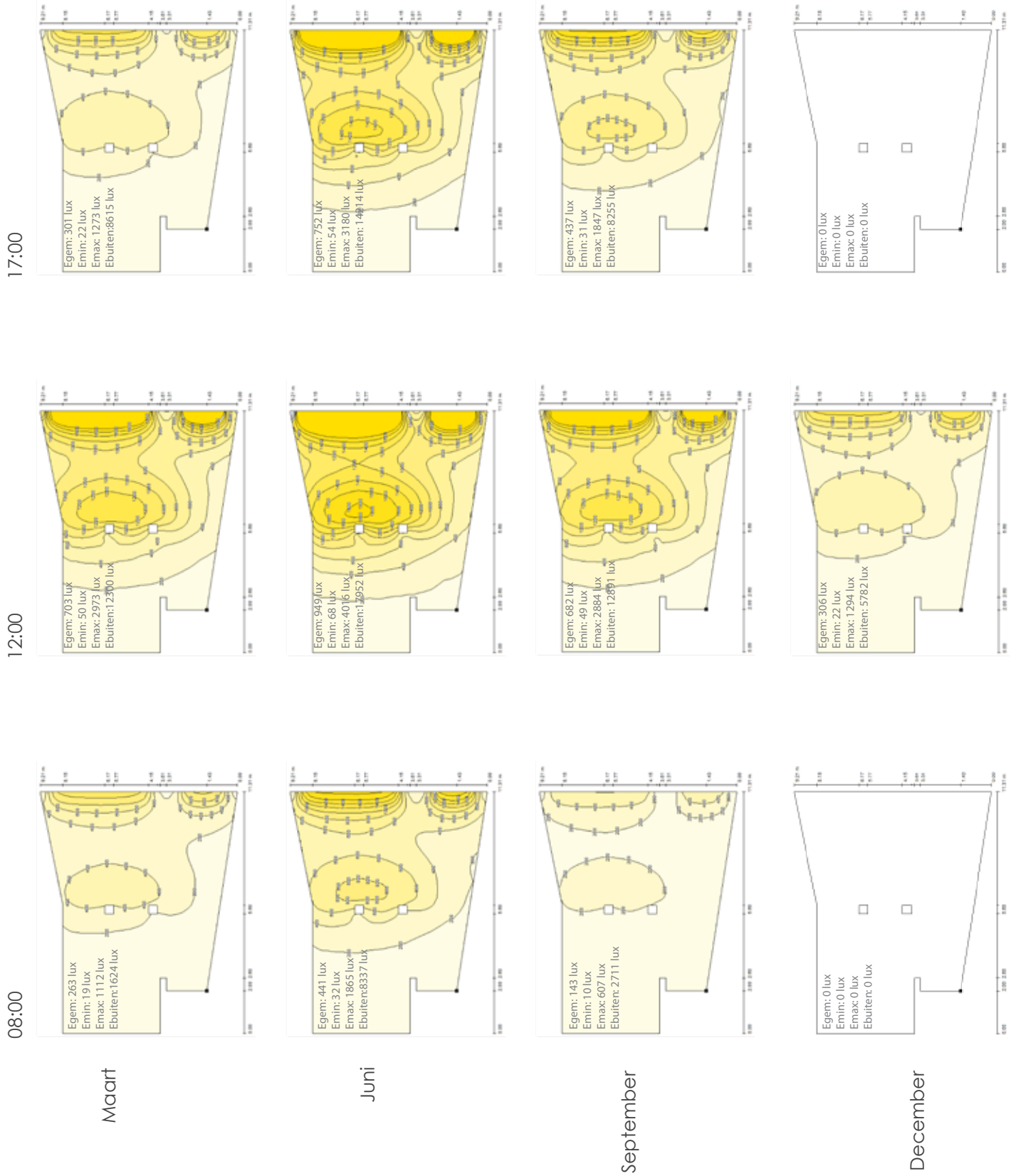
Maart

Juni

September

December

Figuur 10.10. Verlichtingssterkten van de ronde woonkamer op 4 seizoenen in de ochtend, middag en avond



Figuur 10.11. Verlichtingssterkten van de rechte woonkamer op 4 seizoenen in de ochtend, middag en avond

### 10.1.2 Ronde en rechte slaapkamers

De ronde slaapkamer heeft een groot overstek voor het raam. Dit is in Dialux gesimuleerd door een buitendecor toe te voegen. De oriëntatie van de slaapkamers variëren van west tot zuid-west. De slaapkamer georiënteerd op het westen is ingevoerd in Dialux. De rechte slaapkamer heeft een afscherming aan de oost zijde van de kamer door een open hekstructuur (zie hoofdstuk 9). In Dialux is dit ingevoerd aan de hand van een buitendecor.

Ook hier is de ronde kromming van het dak recht ingevoerd (bij de ronde slaapkamers), en zijn de liggers van 600 mm hoog met een h.o.h afstand van 1200 mm, niet ingevoerd.

De verlichtingssterktes over het jaar staan weergegeven in figuur 10.6 en 10.7.

Ondanks het overstek voldoet de slaapkamer aardig aan de eis van 300 lux. Deze wordt niet overal behaalt, maar wel op een groot gedeelte.

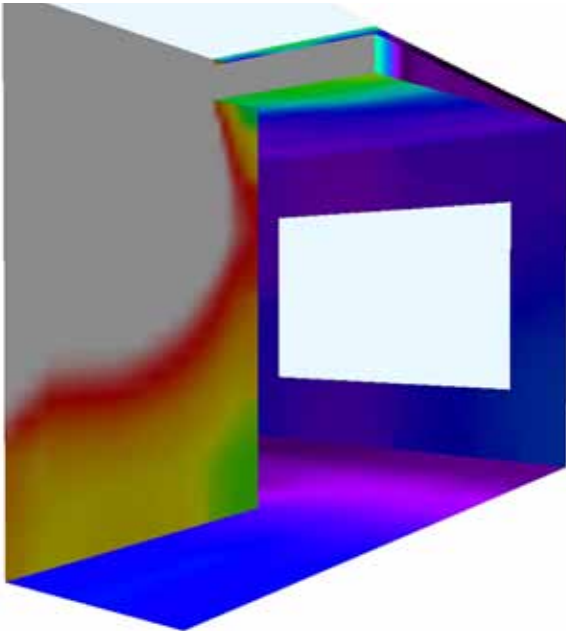
Voor de slaapkamers zijn echter de ochtend uren het belangrijkste, de rest van de dag worden de slaapkamer immers niet gebruikt. In de ochtend voldoen de ronde slaapkamers niet altijd aan de minimale eis van 300 lux, terwijl de rechte slaapkamers iets beter voldoen aan de eis.

De verlichtingssterkte komt vooral door de zonneshoorsteen en minder door het raam. Dit is ook logisch aangezien er een groot overstek voor het raam bevindt. De zonneshoorsteen zorgt ervoor dat het 'halletje' van de slaapkamer altijd als licht wordt ervaren. Veel lichter als de desbetreffende slaapkamer. Het licht komt daarbij de slaapkamer in, dus zelfs in de hoeken van de slaapkamer is de felle, lichte plek zichtbaar. Aan de luminantie renders (figuur 10.12 t/m 10.15) is te zien dat de lange muur (vanaf de zonneshoorsteen naar de slaapkamer) een belangrijke rol in speelt. De muur wordt verlicht door de zonneshoorsteen en heeft hierdoor een hogere luminantie. Dit zwakt af naarmate de muur meer de slaappedeelte in gaat. Toch is hier de luminatiewaarde nog hoger als de rest van de muur, en wordt dit dus als meer helder ervaren. Hierdoor zal de bewoner eerder de hoek omgaan (omdat mensen automatisch naar het licht toe lopen), en zullen zij de weg naar buiten makkelijk vinden.

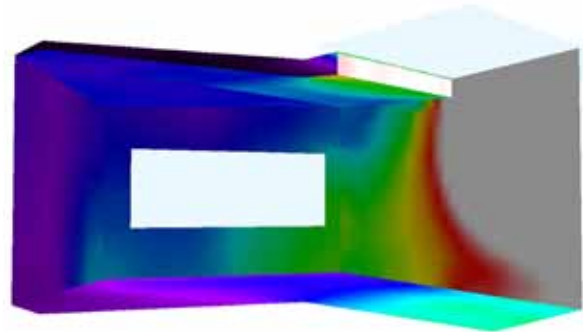
De luminantie contrasten voldoen niet helemaal voor de ronde slaapkamer. De hoogste waarde ligt rond 1400 cd/m<sup>2</sup> en 50% van de vloer van de slaapkamer

bevindt zich boven de  $(1400/30=)$  47 cd/m<sup>2</sup>. De wanden bevinden zich allemaal boven de 47 cd/m<sup>2</sup>.

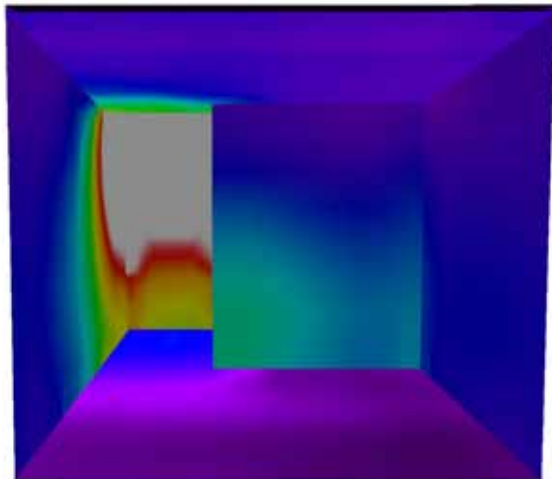
In de rechte slaapkamers voldoen de luminantie contrasten beter. De hoogste waarde ligt rond 1500 cd/m<sup>2</sup> en 90% van de vloer van de slaapkamer bevindt zich boven de  $(1500/30=)$  50 cd/m<sup>2</sup>. De wanden bevinden zich allemaal boven de 50 cd/m<sup>2</sup>. Hier zijn de luminantie waarde van het raam niet meegenomen, omdat dialux deze niet kan weergeven. Deze waarden zijn tot stand gekomen door de schaal van de onjuiste kleuren te veranderen, en hierdoor schattingen te maken.



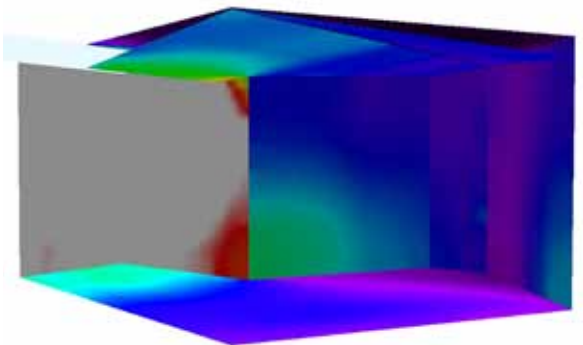
Figuur 10.12. Luminantie render vanuit de entree van de ronde slaapkamer



Figuur 10.14. Luminantie render vanuit de entree van de rechte slaapkamer



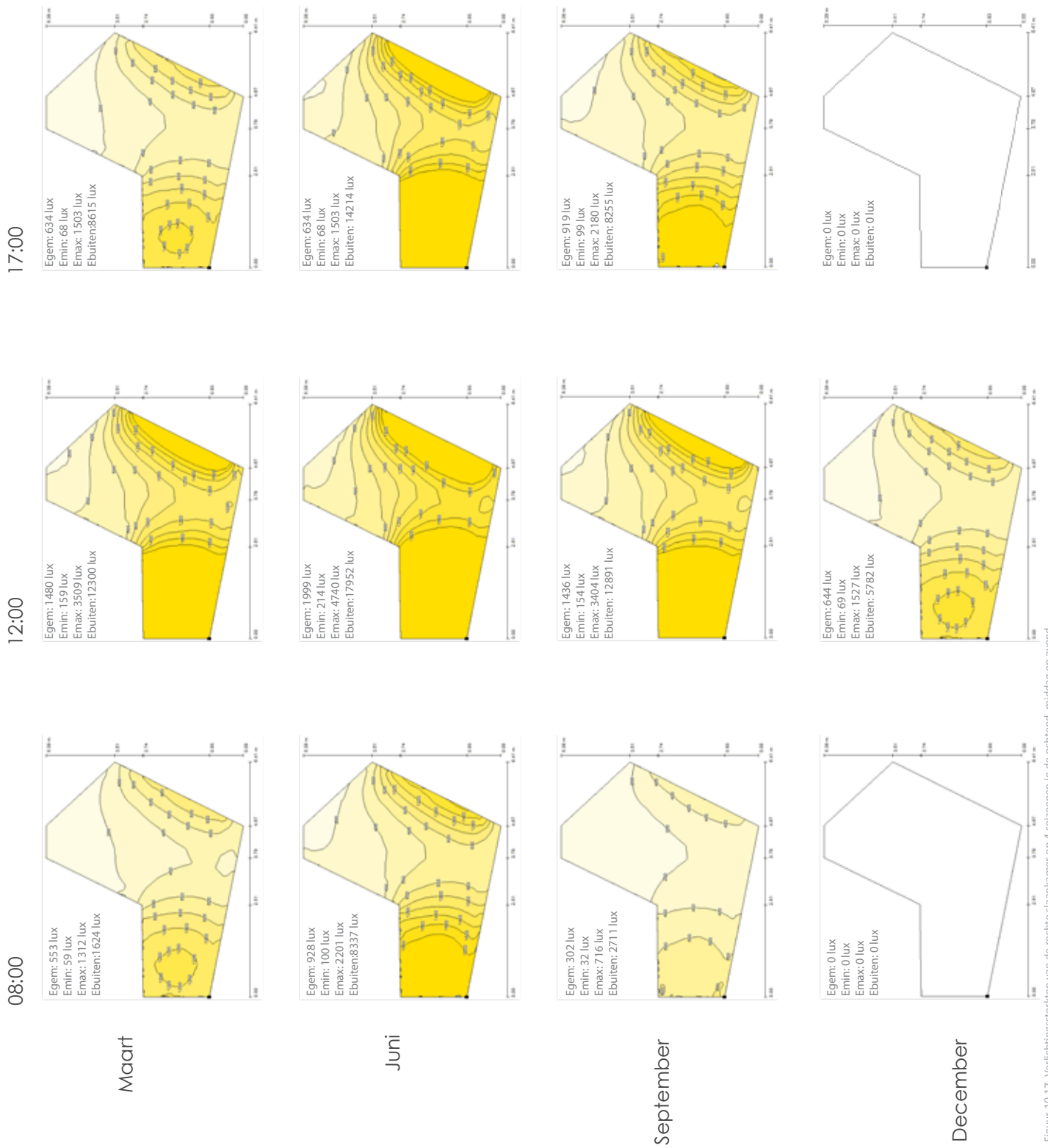
Figuur 10.13. Luminantie render vanuit het raam naar de entree van de ronde slaapkamer



Figuur 10.15. Luminantie render vanuit het raam naar de entree van de rechte slaapkamer



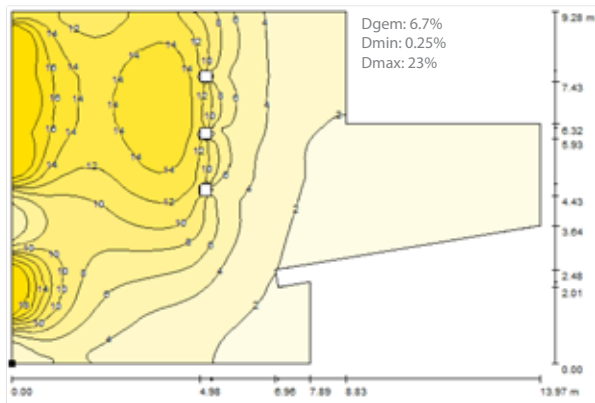
Figuur 10.16. Verlichtingssterkten van de ronde slaapkamer op 4 seizoenen in de ochtend, middag en avond



Figuur 10.17. Verlichtingssterkten van de rechte slaapkamer op 4 seizoenen in de ochtend, middag en avond



### 10.1.3 Daglichtfactor

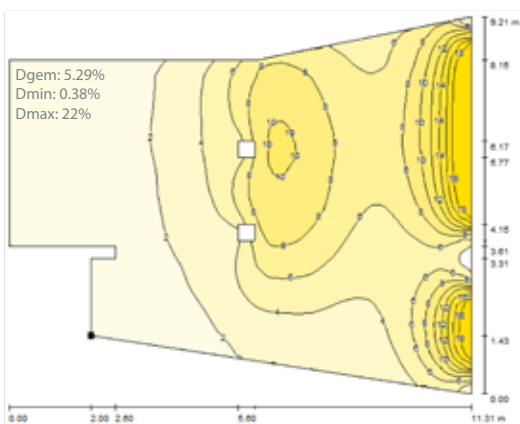


Figuur 10.18. Daglichtfactor van de ronde woonkamer

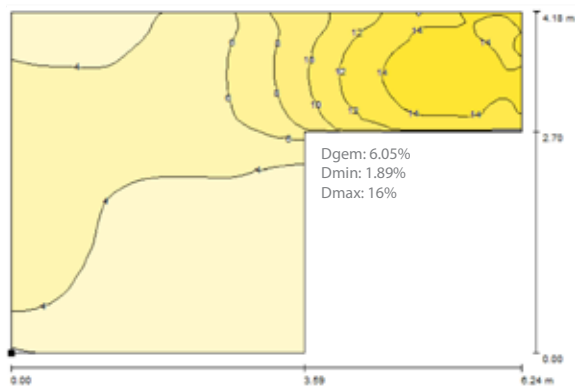
De daglichtfactor is onafhankelijk van de buiten omstandigheden. Aan de hand van de daglichtfactor kunnen we conclusies trekken die voor het gehele jaar gelden.

De daglichtfactor eis in de woonkamers wordt niet behaald. Achterin de woonkamer bevindt zich het probleem; het licht komt niet diep genoeg de woning in om het achterliggende gebied (de keuken) van voldoende licht te voorzien.

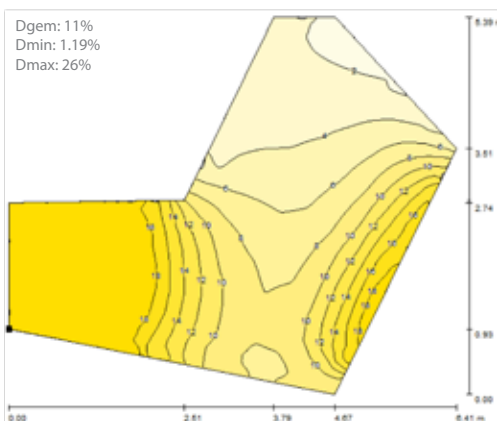
De slaapkamers voldoen wel aan de eis van een daglichtfactor van 2% of meer.



Figuur 10.19. Daglichtfactor van de rechte woonkamer



Figuur 10.20. Daglichtfactor van de ronde slaapkamer



Figuur 10.21. Daglichtfactor van de rechte slaapkamer

### 10.1.4 Discussie en conclusie

Hieronder staat ruw weergegeven of de gestelde eisen per functie of plek wordt behaald. Bij de verlichtingssterktes worden geen percentages genoemd van het aantal punten dat voldoet. Dit zou per uitgevoerd tijdstip en seizoen moeten gebeuren, en heeft dus geen toegevoegde waarde ten opzichte van de grafieken van de verlichtingssterktes.

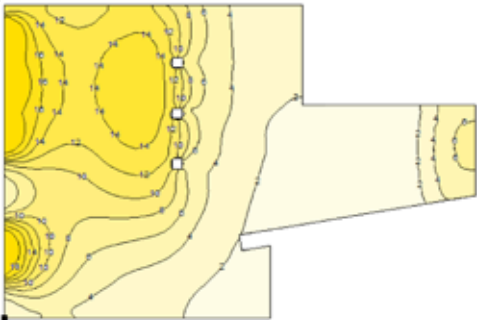
Bij de daglichtfactor worden wel percentages gegeven, hier is het mogelijk om in Dialux een waardegrafiek op te halen, die het mogelijk maakt om van de meetpunten in de woning de percentages van de daglichtfactor op te halen.

Functie	Verlichtingssterkte	Ronde woning	Rechte woning
woonkamer algemeen (lopen)	> 300 lux	x	x
woonkamer algemeen (>75%)	> 500 lux	x	x
woonkamer nabij stoel	>1000 lux	v	v
lezen	> 500 lux	v	v
fijnere handwerken	> 1500 lux	v	v
eettafel	> 500 lux	x	x
keuken	>500 lux	x	x
eten bereiden	>1000 lux	x	x
gang	200 lux	-	-
slaapkamer	300 lux	x	v
badkamer	300 lux	-	-
's nachts	> 50 lux	-	-

Tabel 10.2. Ruwe schating of de verschillende functies aan de verlichtingssterkte eisen voldoen per woonkamer

Functie	Daglichtfactor	Aantal % punten dat voldoet aan de eisen	
		Ronde woning	Rechte woning
woonkamer algemeen (lopen)	> 3%	66%	65%
woonkamer algemeen (>75%)	> 5%	50%	50%
woonkamer nabij stoel	> 10%	62%	21%
lezen	> 6%	82%	75%
fijnere handwerken	> 10%	62%	21%
eettafel	> 5%	0%	0%
keuken	> 5%	0%	0%
eten bereiden	> 8%	0%	0%
gang	> 2%	-	-
slaapkamer	> 2%	99%	99%
badkamer	> 2%	-	-
's nachts	-	-	-

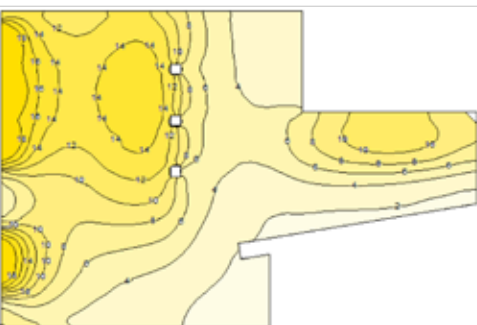
Tabel 10.3. Het aantal procent punten dat voldoet aan de gestelde daglichtfactor eisen voor de verschillende functies per woonkamer



Figuur 10.22. Daglichtfactor van de ronde woonkamer met een extra daklicht aan de korte kant van de keuken



Figuur 10.23. Daglichtfactor van de ronde woonkamer met een extra daklicht aan de lange schuine kant van de keuken



Figuur 10.24. Daglichtfactor van de ronde woonkamer met een extra daklicht aan de lange rechte kant van de keuken

Bovenstaande tabellen geven weer of de woningen voldoen aan de verlichtingssterktes of daglichtfactor. Het is niet de bedoeling dat elke functie 100% behaalt, dit hangt af van de functie. De woonkamer algemeen, eettafel, keuken en de slaapkamer moeten in de buurt komen van de 100%.

De ronde woning haalt hogere daglichtfactoren (en verlichtingssterkten) dan de rechte woning. In het zitgedeelte behaalt 82% van de meetpunten een daglichtfactor van 10% of hoger, terwijl dit in de rechte woning maar 21% is. Dit verschil komt grotendeels door de hoge ruimte met ramen die tot aan het plafond lopen.

De eettafels bereiken ook de eis van 500 lux of een daglichtfactor van 5% of hoger niet. Deze vallen in een daglichtfactor van 3%. Met kunstlicht wordt hoogstwaarschijnlijk de eis wel behaald, toch zou het beter zijn als deze eis wordt bereikt met daglicht.

Het grootste probleem in de ontworpen woningen is de keuken. Deze heeft een daglichtfactor van <2%, terwijl de eis stelt dat deze minimaal 5% moet zijn. Dit verschil is niet op te lossen met kunstlicht, daarnaast is het beter als het voor een groot deel op te lossen is met daglicht.

Om deze reden zijn er 3 verschillende daklichten toegevoegd in de keuken. Dit daklicht is op 3 verschillende plaatsen ingevoerd in Dialux. Alle daklichten zijn 1,2 meter breed, de lengte verschilt per daklicht.

Figuur 10.22 tot en met figuur 10.24 geven de daglichtfactor verdeling aan in de woonkamer met de extra daklichten.

Het aantal procent punten dat voldoet aan de eis voor de daglichtfactor staan weergegeven in tabel 10.4 t/m 10.6.

Het raam aan de korte zijde verbeterd de situatie nauwelijks. De licht komt niet diep de keuken in waardoor maar een klein deel een hogere daglichtfactor krijgt.

Het raam aan de rechte of schuine lange zijde in de keuken verbeterd de situatie wel aanzienlijk. Het raam aan de rechte zijde verbeterd de situatie iets meer als het raam aan de schuine zijde. Meer punten voldoen aan de eisen van de woonkamer, de eettafel, de keuken en de eis voor het bereiden van eten.

Daarnaast zien we dat de gestelde eis dat minimaal

Extra daklicht op aan korte zijde Functie	Daglichtfactor	Aantal % punten dat voldoet aan de eisen		
		Ronde woning (oud)	Ronde woning (nieuw)	Vershil tussen oud en nieuw
woonkamer algemeen (lopen)	> 3%	66%	67%	+1%
woonkamer algemeen (>75%)	> 5%	50%	51%	+1%
woonkamer nabij stoel	> 10%	62%	62%	
lezen	> 6%	82%	82%	
fijnere handwerken	> 10%	62%	62%	
eettafel	> 5%	0%	0%	
keuken	> 5%	0%	11%	+11%
eten bereiden	> 8%	0%	0%	
gang	> 2%	-	-	
slaapkamer	> 2%	99%	99%	
badkamer	> 2%	-	-	
's nachts	-	-	-	

Tabel 10.4. Het aantal procent punten dat voldoet aan de gestelde daglichtfactor eisen voor de verschillende functies van de ronde woonkamer met een extra daklicht in de keuken aan de korte zijde

Extra daklicht aan de lange schuine zijde Functie	Daglichtfactor	Aantal % punten dat voldoet aan de eisen		
		Ronde woning (oud)	Ronde woning (nieuw)	Vershil tussen oud en nieuw
woonkamer algemeen (lopen)	> 3%	66%	86%	+20%
woonkamer algemeen (>75%)	> 5%	50%	66%	+16%
woonkamer nabij stoel	> 10%	62%	62%	
lezen	> 6%	82%	82%	
fijnere handwerken	> 10%	62%	62%	
eettafel	> 5%	0%	45%	+45%
keuken	> 5%	0%	46%	+46%
eten bereiden	> 8%	0%	23%	+23%
gang	> 2%	-	-	
slaapkamer	> 2%	99%	99%	
badkamer	> 2%	-	-	
's nachts	-	-	-	

Tabel 10.5. Het aantal procent punten dat voldoet aan de gestelde daglichtfactor eisen voor de verschillende functies van de ronde woonkamer met een extra daklicht in de keuken aan de lange schuine zijde

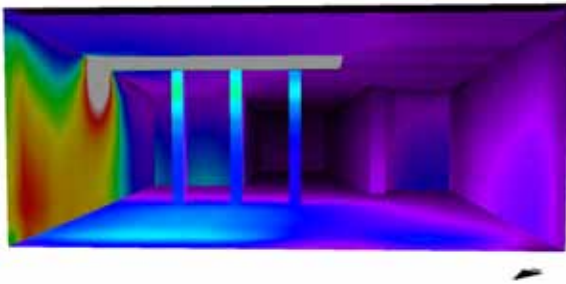
Extra daklicht aan de lange rechte zijde Functie	Daglichtfactor	Aantal % punten dat voldoet aan de eisen		
		Ronde woning (oud)	Ronde woning (nieuw)	Vershil tussen oud en nieuw
woonkamer algemeen (lopen)	> 3%	66%	87%	+21%
woonkamer algemeen (>75%)	> 5%	50%	70%	+20%
woonkamer nabij stoel	> 10%	62%	62%	
lezen	> 6%	82%	82%	
fijnere handwerken	> 10%	62%	62%	
eettafel	> 5%	0%	64%	+64%
keuken	> 5%	0%	59%	+59%
eten bereiden	> 8%	0%	33%	+33%
gang	> 2%	-	-	
slaapkamer	> 2%	99%	99%	
badkamer	> 2%	-	-	
's nachts	-	-	-	

Tabel 10.6. Het aantal procent punten dat voldoet aan de gestelde daglichtfactor eisen voor de verschillende functies van de ronde woonkamer met een extra daklicht in de keuken aan de lange rechte zijde

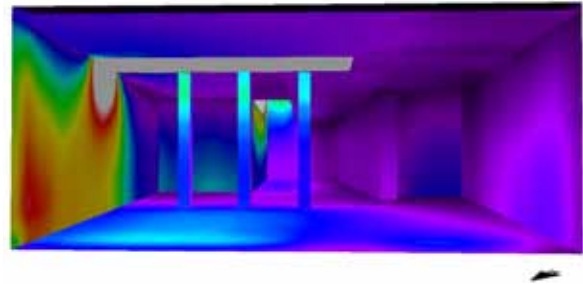
75% van de woonkamer een daglichtfactor van 5% of hoger moet hebben niet wordt behaald. Er wordt nu maximaal 70% bereikt.

Behalve het probleem dat de keuken veel te lage verlichtingssterkte, en dus daglichtfactor had, waren de luminanties in de woonkamer ook een probleem. Vooral bij het zicht naar en vanuit de keuken.

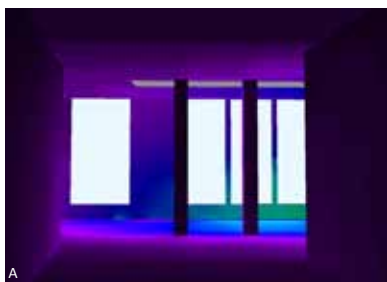
Figuur 10.26 geeft de luminantie renders aan bij het extra raam op de lange rechte zijde. De eerste render (figuur 10.25) geven de oude situatie, zonder daklicht in de keuken, aan. Met de toevoeging van het daklicht lijken de luminantie contrasten een stuk beter te worden. De donkere zwarte vlek in de keuken is nu verdwenen en heeft ongeveer dezelfde kleur als de rest van de woonkamer. De kolommen zijn iets minder donkerder, maar kunnen alsnog voor problemen in luminantie contrasten zorgen. Door ze wit te verven (figuur 10.27 C) zijn ze in het kleurenpalet van de rest van de woonkamer. Waardoor er minder contrast is.



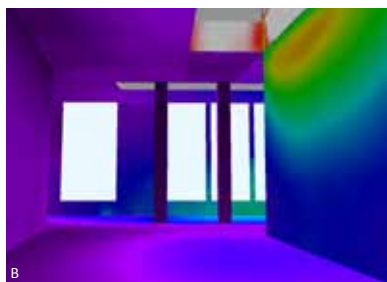
Figuur 10.25. Luminantie render in de oorspronkelijke situatie vanuit de woonkamer naar de keuken in de ronde woonkamer



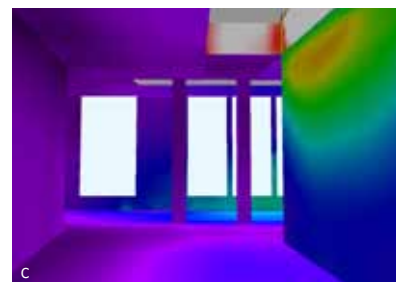
Figuur 10.26. Luminantie render vanuit de woonkamer naar de keuken in de ronde woonkamer, met een extra daklicht in de keuken op de lange rechte zijde



A



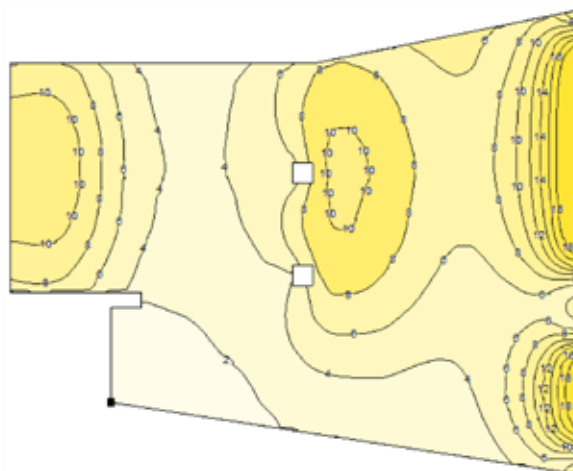
B



C

Figuur 10.27. Luminantie render vanuit de keuken naar de ronde woonkamer. Render A geeft de oorspronkelijke situatie aan. Render B heeft een extra daklicht in de keuken. Render C heeft een extra daklicht in de keuken en wit geverfde kolommen.

Bij de ronde woning is de keuken een lange diepe ruimte aan de woonkamer vast. Bij de rechte woning is dit iets anders. De keuken is breder en minder diep. De meest logische kant om een daklicht toe te voegen is de achterste wand. Mocht het daklicht aan de aanliggende wand geplaatst over de volledige lengte dan raakt hij de zonneshoortsteen. Uit architectonische redenen wordt dit liever niet gedaan. De zonneshoortsteen moet een element in de ruimte zijn waardoor de deur in de woonkamer helder wordt ervaren, en dus opvalt. Bij een volledig verlichte wand valt de deur een stuk minder op.



Figuur 10.28. Daglichtfactor verdeling in de rechte woonkamer met een extra daklicht in de keuken aan de lange zijde

Het extra daklicht in dus ingevoerd aan de achterste wand. De figuur van de daglichtfactor en de tabel met het aantal % van de meetpunten wat voldoet aan de daglichteis staan weergegeven in figuur 10.28 en tabel 10.7.

De keuken is nu goed verlicht en voldoet vrij goed aan de gestelde eisen. De eettafel voldoet echter nog slecht aan de gestelde eisen. De gemiddelde daglichtfactor is hier 3% terwijl hij 5% moet zijn.

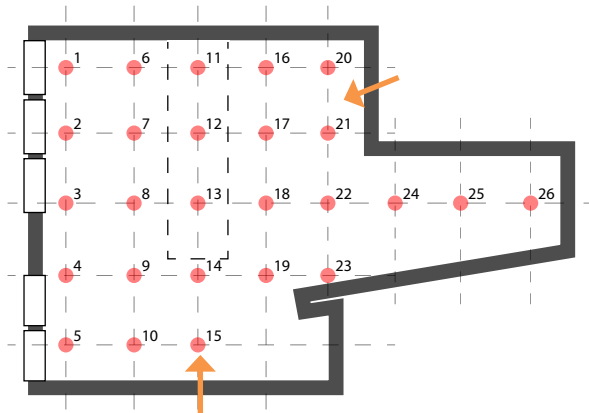
Om de verlichtingssterkte in de woonkamers te verbeteren is het dus het beste om een daklicht in de keuken aan de lange zijde toe te voegen. Er is dan een groter oppervlakte om licht door binnen te brengen, waardoor het licht dieper de woonkamer in komt en minder snel afneemt.

Daarnaast zorgen de kolommen midden in de woonkamer voor vervelende contractverschillen. Om dit te verbeteren kunnen de kolommen wit worden geverfd.

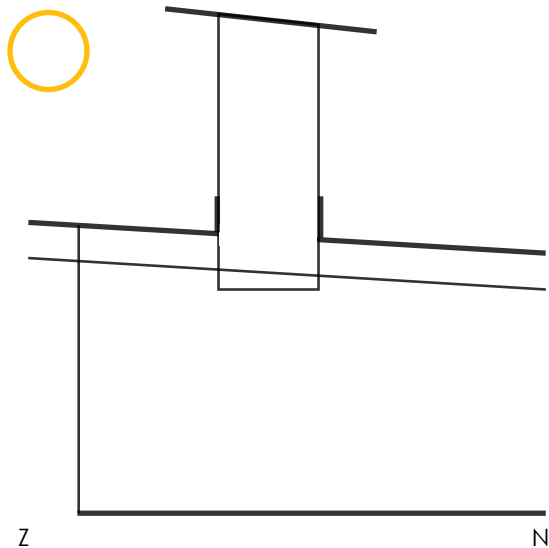
Functie	Daglichtfactor	Aantal % punten dat voldoet aan de eisen	
		Rechte woning (oud)	Rechte woning (nieuw)
woonkamer algemeen (lopen)	> 3%	65%	88%
woonkamer algemeen (>75%)	> 5%	50%	65%
woonkamer nabij stoel	> 10%	21%	21%
lezen	> 6%	75%	75%
fijnere handwerken	> 10%	21%	21%
eettafel	> 5%	0%	11%
keuken	> 5%	0%	78%
eten bereiden	> 8%	0%	39%
gang	> 2%	-	-
slaapkamer	> 2%	99%	99%
badkamer	> 2%	-	-
's nachts	-	-	-

Tabel 10.7. Het aantal procent punten dat voldoet aan de gestelde daglichtfactor eisen voor de verschillende functies van de rechte woonkamer met een extra daklicht in de keuken aan de lange rechte zijde

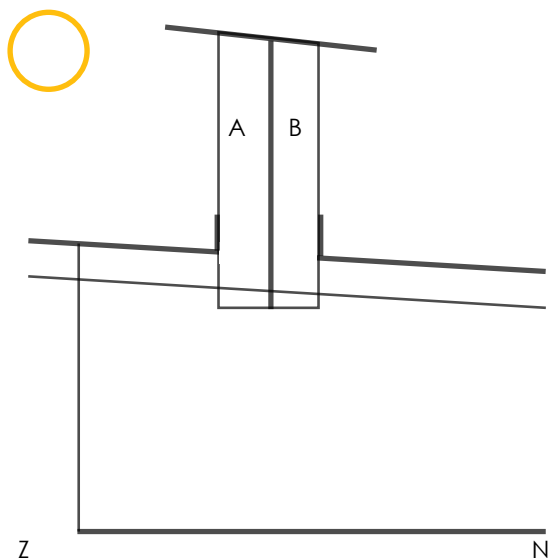
## 10.2 Modelonderzoek licht



Figuur 10.29. Grid voor de lichtmetingen in het schaalmodel. De oranje pijlen geven de positie en de richting van de luminantie foto's aan.



Figuur 10.30. Opstelling van zonneshoorsteen variant 1



Figuur 10.31. Opstelling van zonneshoorsteen variant 2

Naast de lichtstudie in Dialux is een lichtstudie aan de hand van een schaalmodel gedaan. Van de woonkamer van de ronde woning is een schaalmodel gemaakt op schaal 1:10. De binnenkant van het model is geverfd naar de kleuren die de wanden, het dak en de vloer in de ontworpen woning hebben.

Het dak loopt in het schaalmodel niet rond maar vlak. Ook zijn er geen meubels en dergelijke die de lichttoetreding verminderen. Daarnaast zijn de ramen gaten in de gevel. Er wordt dus geen licht tegengehouden door het glas (LTA-waarde van het glas).

De verlichtingssterkte in het schaalmodel is gemeten aan de hand van een grid (figuur 10.29). De verlichtingssterkte in het model wordt gemeten aan de hand van een luxmeter. Daarnaast wordt ook de verlichtingssterkte buiten gemeten, door een ISO-TECH Light Meter, model LX-101.

Daarnaast zijn er, van alle varianten, luminantiefoto's gemaakt op twee plekken. De luminantiefotos zijn gemaakt door een gekalibreerde DSLR camera (Canon 300D).

Er zijn in totaal 5 verschillende metingen gedaan, die op te delen zijn in twee varianten. Variant 1 benut de volledige breedte van de zonneshoorsteen, en variant 2 is in de breedte opgedeeld.

Bij variant 1 wordt gemeten met alle kanten van plexiglas, en met de noordzijde met een zwarte plaat. Bij variant twee wisselt de A kant van de plaat die de zonneshoorsteen in twee delen scheidt. Er wordt hier een houten plaat, een witte plaat en een zwarte plaat toegepast. De B kant van de plaat is altijd wit. Deze varianten zijn gekozen in samenwerking met ventilatie (zie hoofdstuk 10.3).

De metingen zijn uitgevoerd in de buitenlucht, met afwisseling tussen bewolkt en onbewolkt. Tijdens het meten is het testmodel verplaatst. Variant 1 normaal en variant 1 met de zwarte plaat zijn op dezelfde plek gedaan, en de overige metingen zijn op eenzelfde plek gedaan. De oriëntatie van de plekken zijn gelijk. Bij de tweede plek zat er een muur aan de wester zijde. Het testmodel is georiënteerd op het westen, dit is iets anders als de werkelijke situatie (noord-west).

## 10.2.1 Verlichtingssterkte en daglichtfactor

Tijdens de metingen van de verlichtingssterkte zakte de zon heel snel waardoor bij de laatste twee metingen (variant 2 met de witte en zwarte plaat) de zon ver achter in de ruimte kwam, wat vertekende resultaten geeft. In de werkelijke situatie kan de zon niet zo diep de ruimte in komen.

Bij variant 1 is aan de daglichtfactor te zien dat als de zonneshoorsteen aan de noordkant een zwarte plaat heeft dat dan het licht minder diep de woonkamer binnenkomt.

Bij variant 1 komt er zonder de zwarte plaat aan de noordzijde van de zonneshoorsteen meer licht binnen. De zonneshoorsteen zonder de zwarte plaat (variant 1 normaal) zorgt ervoor dat de daglichtfactor onder de zonneshoorsteen hoger is, dan de zonneshoorsteen met de zwarte plaat.

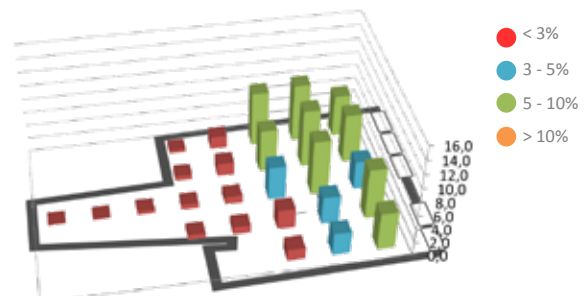
In het testmodel is te zien dat achterin de ruimte de daglichtfactor onder de 3% is, en hierdoor onvoldoende licht binnenkomt. Dit betekent dat de keuken en de eettafel onvoldoende licht krijgen.

Bij variant 2 is het moeilijker om conclusies te trekken omdat de zon hier snel daalde. Het is hierdoor moeilijker om de veranderingen in verlichtingssterkte en daglichtfactor te wijten aan het verschil tussen de opstellingen of de daling van de zon, waardoor directe zon dieper de woning in kwam. We kunnen deze situatie beschouwen als een zonnige dag in de winter. De vergelijking van variant 2, met een houten plaat, en variant 1, normaal, lijkt de daglichtfactor achter in de ruimte hoger te zijn. De zon stond bij deze meting nog niet laag, waardoor deze twee opstellingen nog redelijk goed te vergelijken zijn.

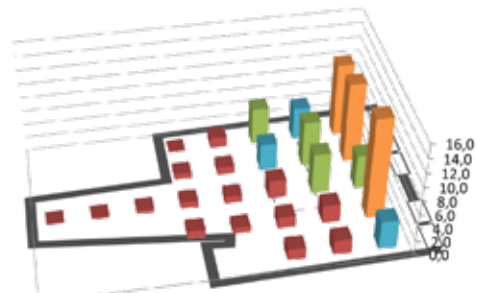
De verlichtingssterkte en daglichtfactor is dan vrij hoog achterin de woning, vergeleken met variant 1. Dit is vooral te wijten aan het directe zonlicht.

Bij variant twee met de zwarte plaat is de daglichtfactor onder de zonneshoorsteen minder hoog dan bij de andere twee opstellingen van variant 2.

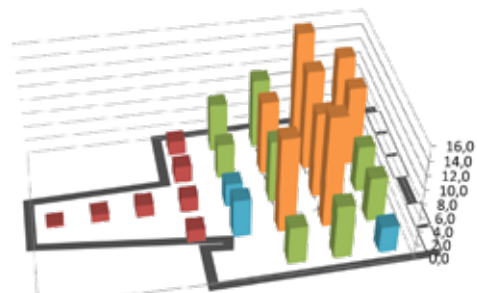
Ondanks het zakken van de zon en het directe zonlicht dat diep het testmodel dringt, komt het achterste gedeelte van de woonkamer, de keuken, alsnog niet boven de 3% daglichtfactor. Dit betekent dat in de meest positieve situatie de keuken nog steeds niet voldoet.



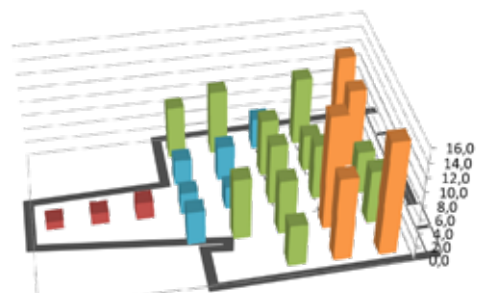
Figuur 10.32. Daglichtfactor verdeling in het schaalmodel met zonneshoorsteen variant 1, volledig van vivak



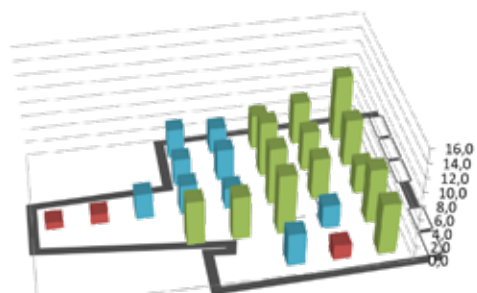
Figuur 10.33. Daglichtfactor verdeling in het schaalmodel met zonneshoorsteen variant 1, met een zwarte plaat op het noorden



Figuur 10.34. Daglichtfactor verdeling in het schaalmodel met zonneshoorsteen variant 2, met een houten plaat op het noorden



Figuur 10.35. Daglichtfactor verdeling in het schaalmodel met zonneshoorsteen variant 2, met een zwarte plaat op het noorden



Figuur 10.36. Daglichtfactor verdeling in het schaalmodel met zonneshoorsteen variant 2, met een witte plaat op het noorden



## 10.2.2 Luminantie

De luminantiefoto's zijn genomen vanaf twee plekken (zie figuur 10.29). In grafiek 10.1 en 10.2 zijn de luminantie contrasten van de foto's te zien. Er wordt alleen gekeken naar het panorama (gezichtsveld van  $60^\circ$ ), dit beslaat de gehele foto.

Alle foto's voldoen aan de eis van een luminantie contrast van 30/1 of lager. De luminantie foto's die vanuit de keuken zijn genomen liggen rond de 16/1, de foto's vanaf de zijkant liggen rond de 5/1.

De foto's kunnen onderling met elkaar vergeleken worden, er zijn kleine verschillen. Er wordt hier vooral gekeken naar de balken en de liggers die zich direct onder de zonnescloof bevinden. Aan de hand hiervan kan er gekeken worden wat de luminantie waarde is, en dus vergeleken worden of er meer of minder licht binnen valt.

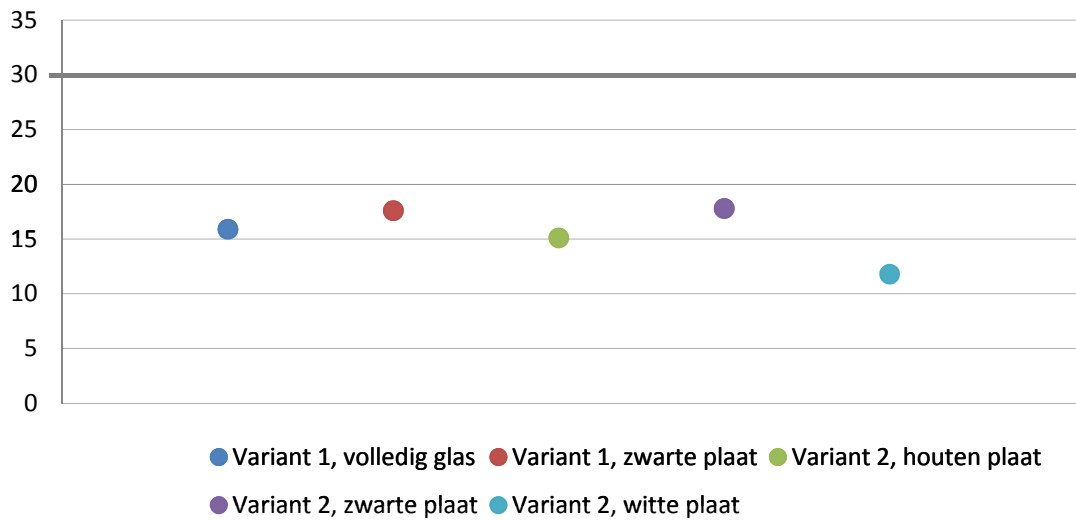
Bij de luminantiefoto's vanuit de keuken zijn ten aanzien van variant 1 niet veel verschillen te zien op de foto.

Bij variant 2 heeft de balk onder de zonnescloof bij de houten en witte plaat een hogere luminantie dan bij de zwarte plaat. Bij de houten en de witte plaat ligt de luminantie van de balk rond de  $350 \text{ cd/m}^2$  en bij de zwarte plaat rond de  $100 \text{ cd/m}^2$ . Dit betekent dat er meer licht binnenvalt bij de houten en de witte plaat.

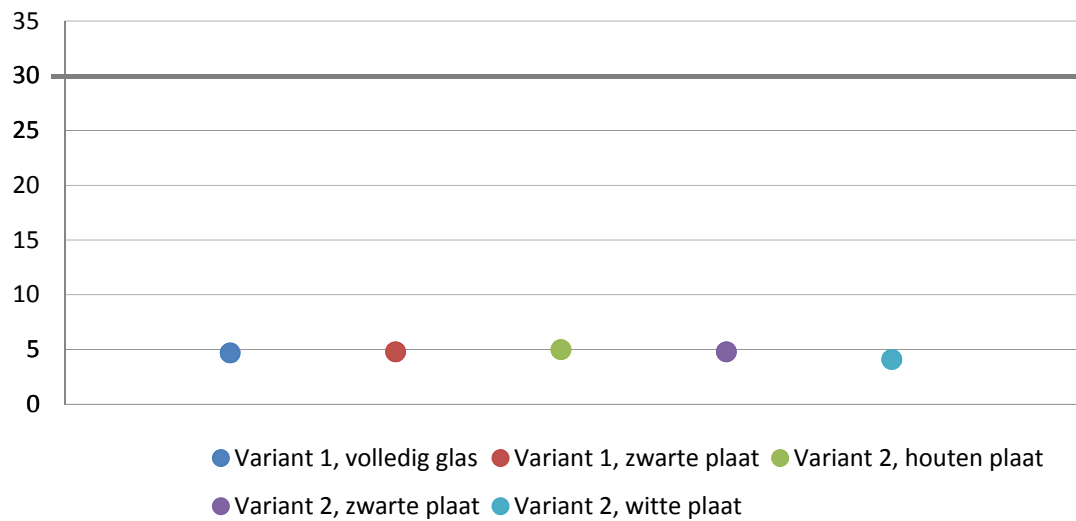
Bij de luminantie foto's vanuit de zijkant hebben de liggers direct onder de zonnescloof bij variant 1 als de zonnescloof geen zwarte plaat bevat hogere luminantie waarden als de zonnescloof met de zwarte plaat. Bij de zonnescloof met een zwarte plaat hebben de liggers een luminantie waarde rond de  $100 \text{ cd/m}^2$  en bij de zonnescloof zonder de zwarte plaat rond de  $350 \text{ cd/m}^2$ . Omdat de luminantie hoger is bij de zonnescloof zonder de zwarte plaat, kan er geconcludeerd worden dat hier dus ook meer licht naar beneden valt.

Variante 2 met de houten plaat kan vergeleken worden met variant 1, omdat hier de luminantie waarden ongeveer gelijk zijn. Bij variant twee met de houten plaat lijken de liggers een iets hogere luminantie waarde te hebben als bij variant 1 met de zwarte plaat.

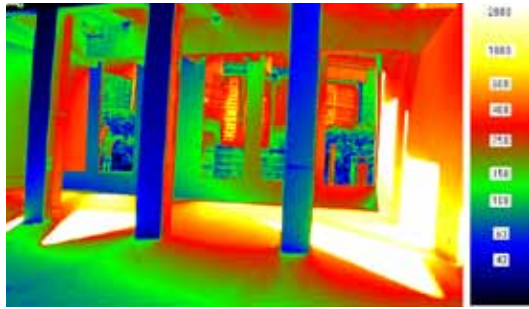
De liggers onder de zonnescloof bij variant 2 met een zwarte plaat zijn iets donkerder als bij variant 2 met de witte plaat. Het verschil is echter minimaal.



Grafiek 10.1. Luminantie verhouding van de verschillende zonneshoorsteen in het panorama, van de luminantie foto's die zijn genomen vanaf de keuken

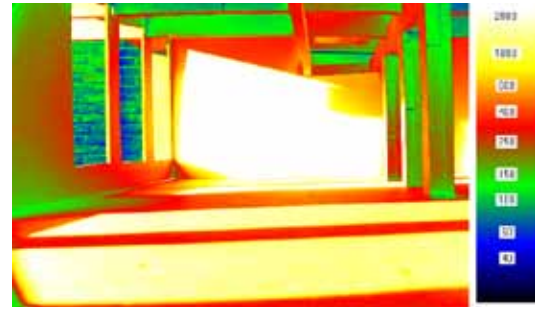


Grafiek 10.2. Luminantie verhouding van de verschillende zonneshoorsteen in het panorama, van de luminantie foto's die zijn genomen vanaf de zijkant van de woonkamer



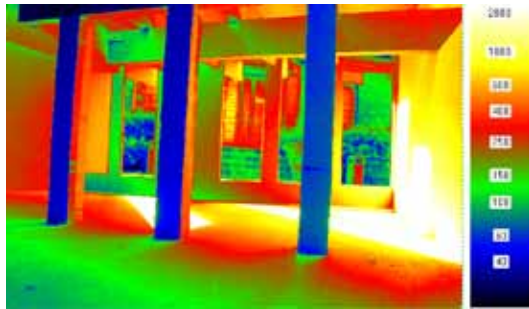
$$L_{(60)} = L_{\max(60)} / L_{\text{gem}(60)} \quad 13120/747.1 = 17.6/1 \quad < 30/1$$

Figuur 10.37. Luminantie foto vanuit de eettafel met variant 1, volledig van vivak



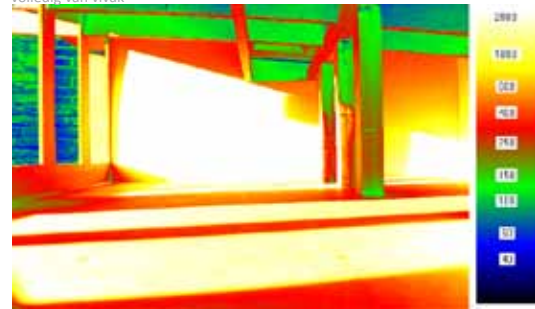
$$L_{(60)} = L_{\max(60)} / L_{\text{gem}(60)} \quad 4745/1011 = 4.7/1 \quad < 30/1$$

Figuur 10.42. Luminantie foto vanuit de zijkant van de woonkamer met variant 1, volledig van vivak



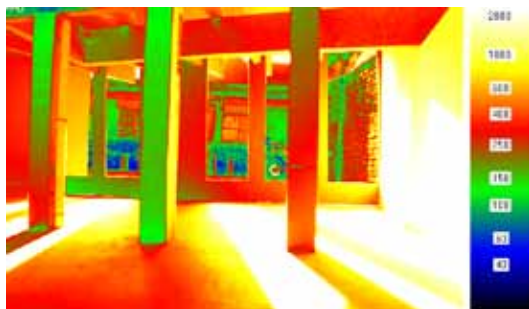
$$L_{(60)} = L_{\max(60)} / L_{\text{gem}(60)} \quad 11700/735.9 = 15.9/1 \quad < 30/1$$

Figuur 10.38. Luminantie foto vanuit de eettafel met variant 1 met een zwarte plaat



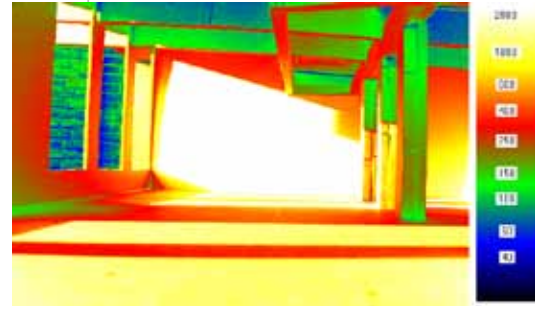
$$L_{(60)} = L_{\max(60)} / L_{\text{gem}(60)} \quad 6012/1241 = 4.8/1 \quad < 30/1$$

Figuur 10.43. Luminantie foto vanuit de zijkant van de woonkamer met variant 1 met een zwarte plaat



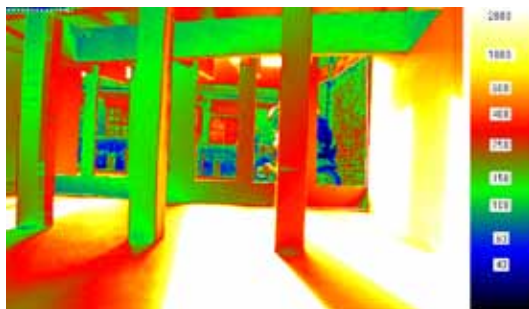
$$L_{(60)} = L_{\max(60)} / L_{\text{gem}(60)} \quad 28850/1908 = 15.1/1 \quad < 30/1$$

Figuur 10.39. Luminantie foto vanuit de eettafel met variant 2 met een houten plaat



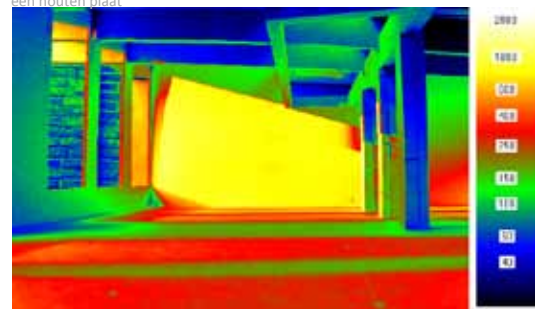
$$L_{(60)} = L_{\max(60)} / L_{\text{gem}(60)} \quad 4942/986.5 = 5/1 \quad < 30/1$$

Figuur 10.44. Luminantie foto vanuit de zijkant van de woonkamer met variant 2 met een houten plaat



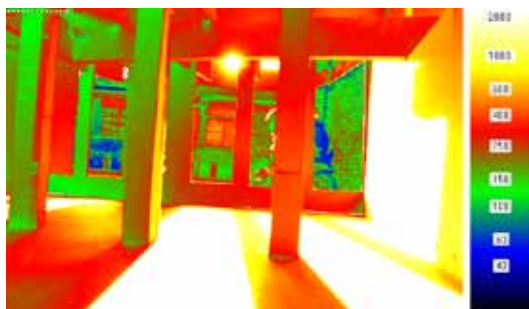
$$L_{(60)} = L_{\max(60)} / L_{\text{gem}(60)} \quad 29600/1659 = 17.8/1 \quad < 30/1$$

Figuur 10.40. Luminantie foto vanuit de eettafel met variant 2 met een zwarte plaat



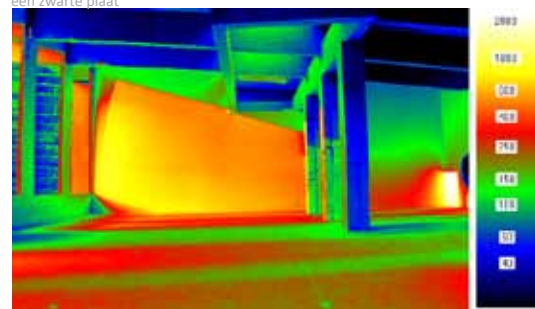
$$L_{(60)} = L_{\max(60)} / L_{\text{gem}(60)} \quad 1480/306 = 4.8/1 \quad < 30/1$$

Figuur 10.45. Luminantie foto vanuit de zijkant van de woonkamer met variant 2 met een zwarte plaat



$$L_{(60)} = L_{\max(60)} / L_{\text{gem}(60)} \quad 23290/1970 = 11.8/1 \quad < 30/1$$

Figuur 10.41. Luminantie foto vanuit de eettafel met variant 2 met een witte plaat



$$L_{(60)} = L_{\max(60)} / L_{\text{gem}(60)} \quad 1016/249.9 = 4.1/1 \quad < 30/1$$

Figuur 10.46. Luminantie foto vanuit de zijkant van de woonkamer met variant 2 met een witte plaat

### 10.2.3 Discussie en conclusie

De metingen zijn uitgevoerd bij een half bewolkte hemelkoepel, hierdoor heeft direct zonlicht de metingen beïnvloedt. Ook de snelle afwisseling tussen zon en bewolking heeft invloed gehad op de meetresultaten. Een egaal bewolkte hemel was beter geweest voor de metingen. De directe zon had dan geen invloed gehad op de metingen van de verlichtingssterkten en de luminantie foto's.

Aan de hand van de daglichtfactoren (en verlichtingssterkten) en de luminantie foto's kan de conclusie worden getrokken dat variant 1, zonder een zwarte plaat het meeste licht de woning binnenlaat. Aan de hand van de verlichtingssterkte metingen lijkt variant 2 met de houten plaat beter te presteren dan variant 1 zonder de zwarte plaat. Bij deze vergelijking kunnen vraagtekens worden geplaatst, omdat de maquette tussen variant 1 en variant 2 verplaatst is naar achter. Hierdoor kan de zon dieper de woning zijn doorgedrongen waardoor het lijkt alsof variant 2 beter presteert dan variant 1. De luminantie foto's vanaf de zijkant zijn echter voor alle foto's op dezelfde plek gemaakt. Hieraan is dan ook te zien dat variant 1, zonder de zwarte plaat, beter presteert dan variant 2 met de houten plaat. Variant 1 met de zwarte plaat presteert echter niet beter dan variant 2 met de houten plaat.

Bij variant 2 presteert de zonneshoorsteen met de zwarte plaat het minst goed. De overige twee opstellingen, met de witte en de houten plaat, presteren ongeveer even goed. Deze vergelijking is gemaakt aan de hand van de luminantie foto's. Deze hebben tijdens alle opstellingen van variant 3 ongeveer dezelfde gemiddelde luminantie waarde, waardoor ze goed onderling te vergelijken zijn.

Aan de hand van het modelonderzoek kan het volgende worden geconcludeerd:

Variant 1, zonder zwarte plaat > variant 2, houten & witte plaat > variant 2, zwarte plaat & variant 1, zwarte plaat

## 10.3 Vergelijking modelonderzoek met Dialux

Het modelonderzoek is uitgevoerd met de ronde woonkamer. Deze ruimte kunnen we dan ook met dialux vergelijken. Omdat de meetresultaten met het modelonderzoek enigszins beïnvloedt zijn geworden door de dalende zon, zijn alle varianten van de zonneshoorstenen ook in Dialux ingevoerd.

Hierdoor kan er worden gekeken of de positieve meetresultaten, gemeten in het testmodel, te wijten zijn aan de opstellingen van de zonneshoorsteen of aan de dalende zon.

De gemeten resultaten van variant 1, zonder de zwarte plaat, voldoen redelijk aan de gesimuleerde resultaten. Het daglicht lijkt hetzelfde patroon te volgen. Bij de gesimuleerde resultaten liggen de waarden echter iets hoger. Hetzelfde geldt voor variant 1, met de zwarte plaat.

Bij de metingen in het testmodel kwam bij variant 1 met de zwarte plaat minder licht de woning in. Ook de gesimuleerde resultaten geven dit weer. De daglichtfactor onder de zonneshoorsteen en in het zitgedeelte is een stuk lager.

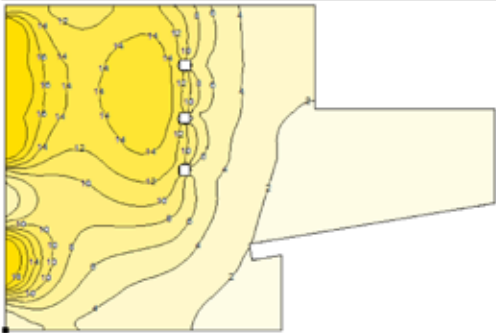
Bij de tweedeling van de zonneshoorsteen is aan de hand van de gesimuleerde resultaten te zien dat de zonneshoorsteen met de zwarte wand het minder goed doet met lichttoetreding dan de zonneshoorstenen met de witte en houten wand. De daglichtfactor in het eetgedeelte is lager bij de zonneshoorsteen met de zwarte wand als de overige twee opstellingen. Het verschil is echter niet heel groot. De zonneshoorstenen met de witte en houten wand verschillen nauwelijks met betrekking tot licht.

De metingen met het testmodel geeft hele andere resultaten weer als de gesimuleerde resultaten met Dialux. Dit betekent dat de zon de metingen in het testmodel toch te veel heeft beïnvloedt.

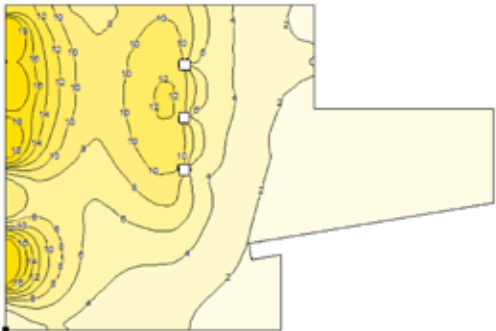
Variante 1, normaal zonder de zwarte plaat, zorgt voor de meeste lichttoetreding in de woonkamer. Bij zowel variant 1 als variant 2 heeft de zwarte wand sterke invloed op de lichttoetreding. Zowel de daglichtfactor in het zitgedeelte als het eetgedeelte zijn lager. Variante 1 met de zwarte plaat heeft meer invloed op het zitgedeelte, terwijl variante 2 met de zwarte plaat meer invloed heeft op het eetgedeelte.

Variante 2, met de houten en witte plaat, komen het meeste in de buurt van variante 1, normaal. Het grootste verschil is dat de daglichtfactor in de woonkamer 2% lager is bij variante 2, dan bij variante 1.

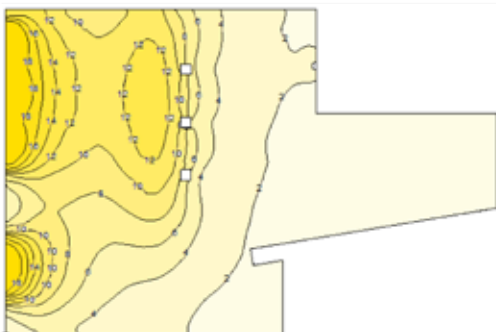
Ondanks dat de foto's/renders op verschillende plekken zijn genomen, toch komen ze aardig overeen. De dekolommen zijn bij beide afbeeldingen donkere vlekken tegen een lichtere achtergrond. Toch voldoen bij zowel de render in Dialux als de foto in het schaalmodel, de luminantie contrasten in het panorama aan de gestelde eis van 30/1.



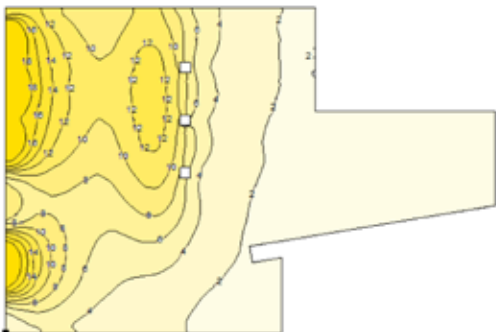
Figuur 10.47. Daglichtfactor verdeling in de ronde woonkamer met zonneschoorsteen variant 1 volledig van glas



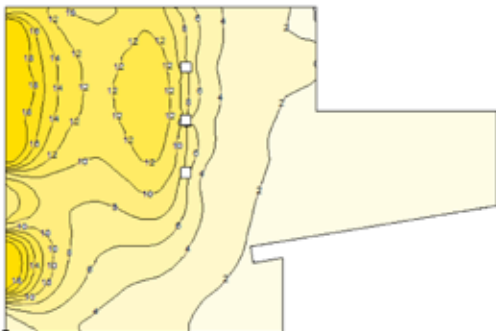
Figuur 10.48. Daglichtfactor verdeling in de ronde woonkamer met zonneschoorsteen variant 1 met een zwarte plaat



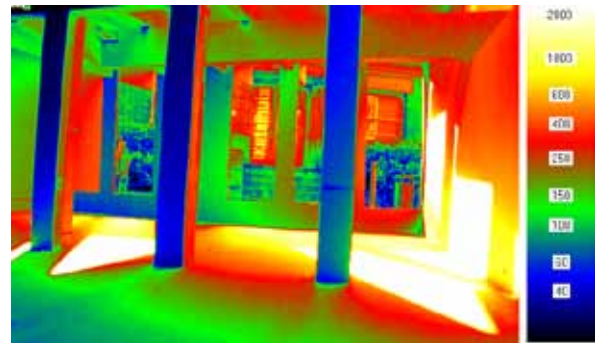
Figuur 10.49. Daglichtfactor verdeling in de ronde woonkamer met zonneschoorsteen variant 2 met een houten plaat



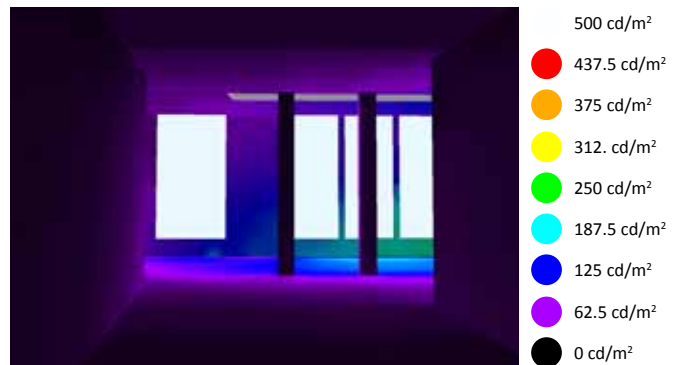
Figuur 10.50. Daglichtfactor verdeling in de ronde woonkamer met zonneschoorsteen variant 2 met een zwarte plaat



Figuur 10.51. Daglichtfactor verdeling in de ronde woonkamer met zonneschoorsteen variant 2 met een witte plaat



Figuur 10.52. Luminantie foto vanuit de eettafel in de ronde woonkamer met zonneschoorsteen variant 1 volledig van vivak



Figuur 10.53. Luminantie foto vanuit de keuken in de ronde woonkamer met zonneschoorsteen variant 1 volledig van glas

## 10.4 Subconclusie

Het grootste probleem van de ontworpen woningen bevinden zich in de woonkamers. De slaapkamers voldoen aan alle gestelde eisen.

In de woonkamers is het eetgedeelte en de keuken een groot probleem. De daglichtfactor is hier <3%. Dit is te laat om bijbehorende activiteiten te kunnen uitvoeren. Door een daklicht aan de lange zijde in de keuken te plaatsten verbeterd de situatie in de keuken en het eetgedeelte aanzienlijk (tabel 10.8 en 10.9). Een daklicht aan de korte zijde verbeterd de situatie ook, maar lang niet zoveel als een daklicht aan de lange zijde. Een daklicht aan de lange zijde heeft meer oppervlakte waardoor licht toe kan treden, en daardoor komt het licht ook dieper de ruimte in.

De luminantie contrasten in de woonkamers voldoen niet aan de gestelde eisen. De kolommen kunnen voor problemen gaan zorgen omdat deze vanuit de keuken donkere vlekken zijn tegen een heldere achtergrond. Ook door vanuit het zitgedeelte naar de keuken te kijken, levert te hoge luminantie contrasten op.

Door een daklicht in de keuken toe te voegen wordt de keuken helderder en zijn de luminantie contrasten dus minder hoog.

De luminantie van de kolommen worden ook lichtelijk verbeterd door het daklicht in de keuken. Maar door de kolommen wit te verven vallen de kolommen in de gemiddelde luminantie waarde van de gehele woonkamer.

Daarnaast zijn er verschillende zonneshoorstenen getest in de ronde woonkamer.

In tabel 10.10 staat ruw weergegeven of de gestelde eisen per functie of plek wordt behaald. Er wordt gekeken naar de daglichtfactor die gesimuleerd is aan de hand van Dialux.

Uit tabel 10.10 is te zien dat er nauwelijks verschil zit tussen de verschillende zonneshoorstenen. Variant 1 en 2, met de zwarte plaat voldoen het minst aan de gestelde eisen. Variant 1, zonder de zwarte plaat voldoet het beste aan de gestelde eisen. Het verschil is vooral te zien aan het aantal meetpunten dat boven de 10% daglichtfactor uit komen. Bij variant 1 en 2 met de zwarte plaat zijn er 12% minder meetpunten die voldoen aan een daglichtfactor van 10% of meer.

Bij de verdeling van de daglichtfactor (figuur 10.47 t/m 10.51) is te zien dat bij variant 1, zonder de zwarte plaat de daglichtfactor in de zithoek in de woonkamer 2% hoger is dan bij variant 2. In plaats van 12% ligt de daglichtfactor nu rond 10%. Dit hoeft niet negatief te zijn. Door de verlaging van de daglichtfactor, zijn er ook minder hoge luminantie waarden, minder vervelende verblindingseffecten en reflecties.

Bij variant 1, met een zwarte plaat ligt de daglichtfactor rond de 8%. Dit is ook niet slecht, maar in het zitgedeelte, waar stoelen staan en bewoners bezig zijn met fijne werkzaamheden, is een daglichtfactor van 10% meer wenselijk.

Extra daklicht op de lange rechte zijde Functie	Daglichtfactor	Aantal % punten dat voldoet aan de eisen		
		Ronde woning (oud)	Ronde woning (nieuw)	Verskil tussen oud en nieuw
woonkamer algemeen (lopen)	> 3%	66%	87%	+21%
woonkamer algemeen (>75%)	> 5%	50%	70%	+20%
woonkamer nabij stoel	> 10%	62%	62%	
lezen	> 6%	82%	82%	
fijnere handwerken	> 10%	62%	62%	
eettafel	> 5%	0%	64%	+64%
keuken	> 5%	0%	59%	+59%
eten bereiden	> 8%	0%	33%	+33%
gang	> 2%	-	-	
slaapkamer	> 2%	99%	99%	
badkamer	> 2%	-	-	
's nachts	-	-	-	

Tabel 10.8. Het aantal procent punten dat voldoet aan de gestelde daglichtfactor eisen voor de verschillende functies van de ronde woonkamer met een extra daklicht in de keuken aan de lange rechte zijde

Extra daklicht aan de lange zijde Functie	Daglichtfactor	Aantal % punten dat voldoet aan de eisen		
		Rechte woning (oud)	Rechte woning (nieuw)	Verskil tussen oud en nieuw
woonkamer algemeen (lopen)	> 3%	65%	88%	+23%
woonkamer algemeen (>75%)	> 5%	50%	65%	+15%
woonkamer nabij stoel	> 10%	21%	21%	
lezen	> 6%	75%	75%	
fijnere handwerken	> 10%	21%	21%	
eettafel	> 5%	0%	11%	+11%
keuken	> 5%	0%	78%	+78%
eten bereiden	> 8%	0%	39%	+39%
gang	> 2%	-	-	
slaapkamer	> 2%	99%	99%	
badkamer	> 2%	-	-	
's nachts	-	-	-	

Tabel 10.9. Het aantal procent punten dat voldoet aan de gestelde daglichtfactor eisen voor de verschillende functies van de rechte woonkamer met een extra daklicht in de keuken aan de lange rechte zijde

Functie	Daglichtfactor	Aantal % punten dat voldoet aan de eisen van de woonkamer in de ronde woning				
		var 1, zonder zwarte plaat	var 1, met zwarte plaat	var 2, houten plaat	var 2, zwarte plaat	var 2, witte plaat
woonkamer algemeen (lopen)	> 3%	66%	64%	65%	65%	66%
woonkamer algemeen (>75%)	> 5%	50%	49%	53%	51%	53%
woonkamer nabij stoel	> 10%	62%	51%	54%	50%	57%
lezen	> 6%	82%	81%	83%	82%	83%
fijnere handwerken	> 10%	62%	51%	54%	50%	57%
eettafel	> 5%	0%	0%	0%	0%	0%
keuken	> 5%	0%	0%	0%	0%	0%
eten bereiden	> 8%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabel 10.10. Het aantal procent punten dat voldoet aan de gestelde daglichtfactor eisen voor de verschillende functies van de ronde woonkamer met de verschillende varianten zonnecoöstenen.



## 11.0 Onderzoek van de bouwfysica tav ventilatie

*Ten aanzien van het afstuderen aan de master Building Technology is simulatie en modelonderzoek uitgevoerd op het ontwerp wat in hoofdstuk 9 is beschreven. Van de ronde woonkamer is een schaalmodel (schaal 1:10) gemaakt waarmee ventilatie onderzoek is gedaan. De luchtsnelheid is bij verschillende uitvoeringen van de zonneshoorsteen gemeten. Met behulp van een rekenmodel en de resultaten van het modelonderzoek kan er een indicatie worden gemaakt hoe de verschillende zonneshoorstenen presteren in de werkelijke situatie.*



## 11.1 Zonneschoorsteen rekenmodel

Ventileren aan de hand van een zonneschoorsteen vindt plaats door temperatuur verschillen tussen de zonneschoorsteen en buiten. Om snel te kunnen berekenen wat de temperatuur van de zonneschoorsteen ( $T_s$ ) en de temperatuur in de woning ( $T_i$ ) is in vergelijking tot de buitentemperatuur ( $T_a$ ) op een bepaald moment van de dag, is een model ontwikkeld. Naast het berekenen van de temperaturen, bekijkt het model ook of de hoeveelheid ventilatie voldoet aan de gestelde eis.

### 11.1.1 Opzet van het rekenmodel

Het model bekijkt het temperatuurverloop en ventilatiedebiet over een gehele dag. Er wordt daarom een berekening gemaakt op een tijdschaal van een uur. Dit model maakt gebruik van de zonnearmte en de wind om het ventilatiedebiet te berekenen. Het model is gemaakt in het programma Excel.

Het model is opgesteld aan de hand van twee knopen; een knoop in de woning, en een knoop in de zonneschoorsteen. De formules voor een tweeknopen model zijn nagenoeg hetzelfde als de formules voor het één knopen model. De formules voor het één knopen model zijn hieronder weergegeven.

$$T_i = e^{-\frac{3600}{M.C}} \cdot \left( T_a + \frac{Q_{zon} + Q_{int}}{H_{trans} + H_{vent}} \right) + T_{i-1} \cdot e^{-\frac{3600}{M.C}}$$

$$H_{trans} = U_1 \cdot A_1 + U_2 \cdot A_2 + \dots + U_n \cdot A_n$$

$$H_{vent} = C_d \cdot A_e \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot ((T_s - T_a) / 300)}$$

$$M = \rho \cdot d \cdot A$$

$$Q_{int} = 85 + (20(l-1)) + (P_{app} + (p_{licht} \cdot A)) \alpha$$

$$\frac{1}{A_e^2} = \frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_2^2} + \frac{1}{A_n^2} + \dots$$

$T_a$  = Buitentemperatuur [ $^{\circ}$ C]

$T_i$  = Binnentemperatuur [ $^{\circ}$ C]

$T_s$  = Temperatuur in de zonneschoorsteen [ $^{\circ}$ C]

$H_{trans}$  = Warmteverlies door transmissie [W]

$H_{vent}$  = Warmteverlies door ventilatie [W]

$Q_{zon}$  = Warmtelast van de zon [W]

$Q_{int}$  = Interne warmtelast door aanwezige personen en apparatuur [W]

$C$  = Soortelijke warmte [J/KgK]

$U$  = U-waarde [ $W/m^2K$ ]

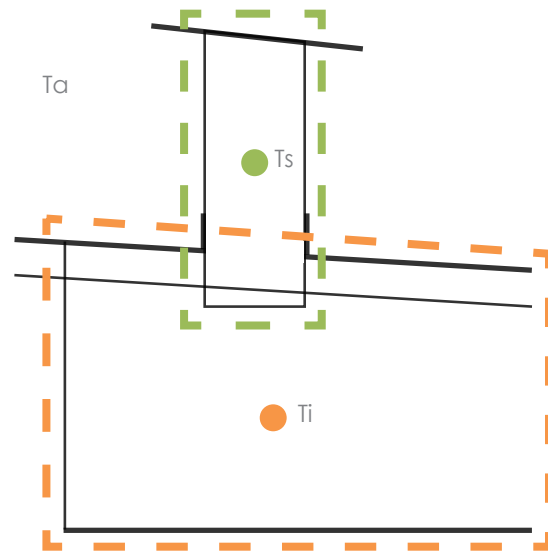
$A$  = Oppervlakte [ $m^2$ ]

$C_d$  = 0.7 (dit is een standaard aangenomen waarde)

$A_e$  = Equivalent oppervlakte van de openingen [ $m^2$ ]

$g$  = Zwaartekracht = 9,81

$h$  = Hoogte tussen inlaat en afvoer [m]



Figuur 11.1. Aanduiding van het twee knopen model waarop het rekenmodel is gebaseerd.

M = Massa [kg]

$\rho$  = Soortelijke dichtheid [kg/m<sup>3</sup>]

d = Werkende dikte van het materiaal [m]

I = Activiteitsniveau

$P_{app}$  = Vermogen van de apparatuur die aanstaat [W]

$P_{licht}$  = Vermogen van de verlichting die aanstaat [W]

$\alpha$  = Mensen aanwezig (1) of niet aanwezig (0.25)

Voor het twee knopen model moeten een aantal aanpassingen gemaakt worden. De berekening van de temperatuur in de woning wordt gedaan aan de hand van de buiten temperatuur. Voor de berekening van de zonneshoorsteen kan dit niet. De lucht die de zonneshoorsteen inkomt, komt immers uit de woning. De buitentemperatuur wordt hier dus vervangen door de binnentemperatuur. Hetzelfde geldt voor het warmteverlies door ventilatie.

De warmtelast door de zon is voor de zonneshoorsteen anders als voor de woning. De zonneshoorsteen vangt meer zon dan de woning, en dus zal de warmtelast ook hoger zijn dan de warmtelast in de woning.

$$T_i = e_{(i)} \frac{3600}{M.C} * \left( T_a + \frac{Q_{zon,i} + Q_{int}}{H_{trans,i} + H_{vent}} \right) + T_{i-1} * e_{(i)} \frac{3600}{M.C}$$

$$T_s = e_{(s)} \frac{3600}{M.C} * \left( T_i + \frac{Q_{zon,s} + Q_{int}}{H_{trans,s} + H_{vent}} \right) + T_{s-1} * e_{(s)} \frac{3600}{M.C}$$

$$H_{vent} = C_d \cdot A_e \cdot \sqrt{(2 \cdot g \cdot h \cdot ((T_s - T_i) / 300))}$$

In het excel model worden allereerst de algemene ruimte gegevens gevraagd. Hieronder vallen de oppervlakte en eigenschappen van transparante delen in de gevels, en de oppervlakte en eigenschappen van de gevels. Er is hier gekozen om voor de totale oppervlaktes te vragen, en niet per muur gegevens in te vullen. Dit heeft als voordeel dat men niet vastzit aan een van te voren vastgestelde geometrie, maar zoveel muren kan invoeren als nodig is. Aan de hand van deze ingevoerde gegevens wordt het warmteverlies door transmissie van de woning en de zonneshoorsteen berekend.

Daarna moeten de materiaal eigenschappen van de vloer, het plafond en de wanden ingevuld worden. Hiermee wordt de thermische massa bepaald. De totaal  $\alpha$  wordt bepaald door onderstaande berekening. Deze waarde is nodig in vervolg berekeningen.

$$\alpha = 3600 / ((M_1 \cdot C_1) + (M_2 \cdot C_2) + \dots + (M_n \cdot C_n))$$

M = Massa [kg]

C = Soortelijke warmte [J/KgK]

In het tweede gedeelte worden de windgegevens ingevoerd. Hieronder vallen de winddrukcoëfficiënten, de windsnelheid op 10 meter hoogte, de hoogte waarop de wind op het gebouw werkt, en de terreincoëfficiënten.

De windsnelheid op hoogte h wordt vervolgens berekend door onderstaande formule:

$$U = U_{data} \cdot k \cdot h^a$$

U = windsnelheid op hoogte h [m/s]

$U_{data}$  = windsnelheid op 10 meter hoogte [m/s]

k = terreincoëfficiënt

h = hoogte [m]

a = terreincoëfficiënt

In het derde gedeelte kunnen de overige eigenschappen van de woning worden ingevuld. Dit zijn de ventilatie openingen, het minimaal vereiste ventilatiedebiet en de interne warmtelast. Als het equivalente oppervlakte van de openingen kleiner is als de minimaal vereiste oppervlakte aan de hand van de gegevens die bij ventilatie gegevens zijn ingevuld, dan wordt de cel rood.

De interne warmtelast van de mens wordt berekend aan de hand van het activiteitsniveau van de bewoners. Er wordt aangenomen dat een persoon in rust 85 W warmte afgeeft, en bij elk hoger activiteitsniveau de warmteafgifte met 20W omhoog gaat. De gebruikte formule is terug te vinden in hoofdstuk 6.6. Er wordt aangenomen dat de bewoners aanwezig zijn van 07.00 tot en met 24.00 uur. Voor kunstlicht is een vermogen van 2 W/m<sup>2</sup> aangehouden. In de zomerperiode is vanaf 18.00 tot 07.00 uur het kunstlicht aan, in de winterperiode is dit van 20.00 tot 07.00. Er wordt hier aangenomen dat het kunstlicht 's nachts aanblijft omdat het een zorgcomplex is, en 's nachts dus verplegers aanwezig zullen zijn.

Bij de kop berekening van de temperatuur moet vervolgens handmatig de uren worden gekozen waarbij het kunstlicht aanstaat en waarbij niet.

Vervolgens moeten de zongegevens van de woning en de zonneshoorsteen ingevuld worden. Hier moet ook de ZTA waarde van het glas en de vervuilingfactor worden ingevuld. Deze gegevens worden automatisch

doorgelinkt naar de zongegevens voor de winter.

Bij de kop “berekening temperatuur zomer of winter” staan alle gegevens in een tabel. Daarbij worden er twee grafieken geplot waarbij het temperatuur van de zonneschoorsteen, binnen en buiten staat aangegeven, en een grafiek waarbij het ventilatiedebiet wordt weergegeven in vergelijking met het vereiste ventilatiedebiet.

Het ventilatiedebiet door thermiek wordt berekent met de volgende formule:

$$v_{deb,zon} = A_e \cdot C_d \cdot \sqrt{\frac{g \cdot h \cdot (T_s - T_a)}{T_a}}$$

Het ventilatiedebiet door wind wordt berekent met onderstaande formule:

$$v_{deb,wind} = A_e \cdot C_d \cdot \sqrt{U^2 \cdot \Delta C_p}$$

Het totale ventilatie debiet wordt vervolgens bereikt door de drukverschillen bij elkaar op te tellen:

$$v_{deb,tot} = A_e \cdot C_d \cdot \sqrt{\left(\frac{g \cdot h \cdot (T_s - T_a)}{T_a}\right) + (U^2 \cdot \Delta C_p)}$$

$v_{deb, zon}$  = ventilatiedebiet dat door thermiek wordt bereikt [m/h]

$v_{deb, wind}$  = ventilatiedebiet dat door wind wordt bereikt [m/h]

$v_{deb, tot}$  = het totale ventilatiedebiet [m/h]

$T_a$  = Buitentemperatuur [°C]

$T_s$  = Temperatuur in de zonneschoorsteen [°C]

$C_d$  = 0.7

$A_e$  = Equivalent oppervlakte van de openingen [m<sup>2</sup>]

$g$  = Zwaartekracht = 9,81

$h$  = Hoogte tussen inlaat en afvoer [m]

$U$  = windsnelheid op hoogte  $h$  [m/s]

$\Delta C_p$  = winddrukcoëfficiënt verschil

Het minimaal vereiste ventilatiedebiet wordt berekend aan de hand van de eis dat elke persoon minimaal 50 m<sup>3</sup> verse lucht per uur nodig heeft.

**Woning**

**Eigenschappen woning**

Oppervlakte	20,0 m <sup>2</sup>
Volume	72,3 m <sup>3</sup>

**Materialen**

	Oppervlakte	U waarde
Glas dubbel	7,1 m <sup>2</sup>	2,8 W/m <sup>2</sup> K
Gipsplaat muur	66,4 m <sup>2</sup>	0,8 W/m <sup>2</sup> K
Beton muur met dun	0,0 m <sup>2</sup>	0,8 W/m <sup>2</sup> K
Beton muur zonder dun	0,0 m <sup>2</sup>	2,2 W/m <sup>2</sup> K

**Verkeerde massa**

Materialen	Soortelijke dichtheid	Indringingsdiepte	Oppervlakte	Massa
Materiaal 1 (beton)	2400,0 kg/m <sup>3</sup>	0,00 m	0,0 m <sup>2</sup>	0 kg
Materiaal 1 (beton)	2400,0 kg/m <sup>3</sup>	0,00 m	0,0 m <sup>2</sup>	0 kg
Materiaal 2 (hout)	800,0 kg/m <sup>3</sup>	0,08 m	66,4 m <sup>2</sup>	4249,6 kg
Materiaal 2 (hout)	800,0 kg/m <sup>3</sup>	0,08 m	0,0 m <sup>2</sup>	0 kg

Totaal materiaal 1 (beton) Massa 0,0 kg  
 Totaal materiaal 2 (hout) 4249,6 kg  
 Totaal alph 0,00845066 J/KgK

**Zonneschoorsteen**

**Eigenschappen Zonneschoorsteen**

Oppervlakte	5,2 m <sup>2</sup>
Volume	20,0 m <sup>3</sup>
hoogte	3,8 m

**Materialen**

	Oppervlakte	U waarde
Glas	3,5 m <sup>2</sup>	2,2 W/m <sup>2</sup> K
Hout	20,0 m <sup>2</sup>	1,5 W/m <sup>2</sup> K

**Verkeerde massa**

Materialen	Soortelijke dichtheid	Indringingsdiepte	Oppervlakte	Massa
Materiaal 1 (hout)	800,0 kg/m <sup>3</sup>	0,12 m	20,8 m <sup>2</sup>	1596,8 kg
Materiaal 1 (hout)	800,0 kg/m <sup>3</sup>	0,12 m	0 m <sup>2</sup>	0 kg

Totaal materiaal 1 (beton) Massa 1596,8 kg  
 Totaal alph 0,000958981 J/KgK

**Wind**

**Drukscoëfficiënten**

loeffzijde	0,8
leezijde	-0,4

**Winddeelhief**

winddeelhief op 10 m	2,1 m/s
hoogte waarop wind werkt (vanaf maaikeld)	3,8 m
terrelncoëfficiënt a	0,17
terrelncoëfficiënt k	0,68
winddeelhief hoogte h	1,79 m/s

zie tabblad winddeelhiefen per maand

**Overig**

**Overige en hoogte**

Lucht inlaat (Al)	0,20 m <sup>2</sup>
Lucht afvoer (Aa)	4,5 m <sup>2</sup>
Ae	0,20 m <sup>2</sup>
gravity (g)	9,8

**Overig**

Rho* <sup>3</sup> lucht	1200,0
Cd	0,7

**Interne warmtebelast**

Energieniveau	aant. Pers	aant. Pers
Energieniveau	1,0 Ligen	1,0
Energieniveau	2,0 Zitten	0,0
Energieniveau	3,0 Slaan	0,0
Energieniveau	4,0 Bewegen	0,0

Qmens 85,0  
 apparaatuur 1 (pc) 70,0 W  
 apparaatuur 2 W  
 apparaatuur 3 W  
 apparaatuur 4 W  
 Qlicht 20,0 W rs, spaartemp. 5 uur aan

**Terrain**

Terrain	a	b	k
Open platteband	0,17	0,68	
Land met wind obstakels	0,20	0,52	
Stedelijk	0,25	0,35	
Stad	0,33	0,21	

**Ventilatie gegevens**

Aantal personen aanwezig	1,0 pers
Min ventilatie ebbest	50,0 m <sup>3</sup> /h
Ventilatie methode	0,3 m/s
Min. Luchtopening	0,03

Figuur 11.2. De invoer velden van het rekenmodel

Hier de zongegevens voor de woning invullen. De zongegevens voor de zonnescorsteen in de volgende sheet invullen

datum 23-jul  
4

tribuningsfactor

r-r is reductie door netto/bruto glasopp. en vervulling glas en/of reductie door beschadwing

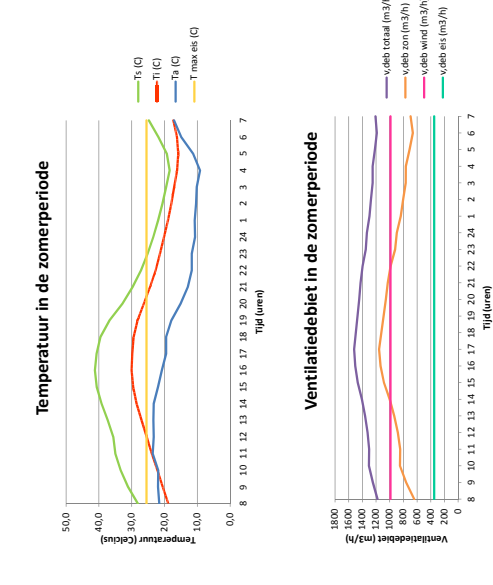
tijd	ORIENTATIE ZUID			ORIENTATIE ZUIDWEST			ORIENTATIE WEST			ORIENTATIE NOORDWEST			HORIZONTAAL VLAK							
	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon					
8	14,3	217	0,7	0,8	0	0,0	98	0,7	0,8	0	0,0	95	0,7	0,8	0	8,8	509	0,7	0,8	2508
9	14,3	371	0,7	0,8	2971	0,0	119	0,7	0,8	0	0,0	112	0,7	0,8	0	8,8	659	0,7	0,8	3248
10	14,3	499	0,7	0,8	3996	0,0	141	0,7	0,8	0	0,0	127	0,7	0,8	0	8,8	776	0,7	0,8	3824
11	14,3	583	0,7	0,8	4669	0,0	298	0,7	0,8	0	0,0	141	0,7	0,8	0	8,8	851	0,7	0,8	4194
12	14,3	613	0,7	0,8	4909	0,0	477	0,7	0,8	0	0,0	154	0,7	0,8	0	8,8	876	0,7	0,8	4317
13	14,3	583	0,7	0,8	4669	0,0	614	0,7	0,8	0	0,0	372	0,7	0,8	0	8,8	851	0,7	0,8	4194
14	14,3	499	0,7	0,8	3996	0,0	695	0,7	0,8	0	0,0	562	0,7	0,8	0	8,8	776	0,7	0,8	3824
15	14,3	371	0,7	0,8	2971	0,0	703	0,7	0,8	0	0,0	695	0,7	0,8	0	8,8	659	0,7	0,8	3248
16	14,3	217	0,7	0,8	1738	0,0	636	0,7	0,8	0	0,0	749	0,7	0,8	0	8,8	509	0,7	0,8	2508
17	14,3	90	0,7	0,8	721	0,0	496	0,7	0,8	0	0,0	693	0,7	0,8	0	8,8	344	0,7	0,8	1695
18	14,3	59	0,7	0,8	472	0,0	303	0,7	0,8	0	0,0	514	0,7	0,8	0	8,8	183	0,7	0,8	902
19	14,3	27	0,7	0,8	216	0,0	105	0,7	0,8	0	0,0	225	0,7	0,8	0	8,8	58	0,7	0,8	286
20	14,3	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	8,8	0	0,7	0,8	0
21	14,3	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	8,8	0	0,7	0,8	0
22	14,3	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	8,8	0	0,7	0,8	0
23	14,3	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	8,8	0	0,7	0,8	0
24	14,3	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	8,8	0	0,7	0,8	0
1	14,3	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	8,8	0	0,7	0,8	0
2	14,3	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	8,8	0	0,7	0,8	0
3	14,3	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	8,8	0	0,7	0,8	0
4	14,3	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	8,8	0	0,7	0,8	0
5	14,3	27	0,7	0,8	216	0,0	26	0,7	0,8	0	0,0	26	0,7	0,8	0	8,8	58	0,7	0,8	286
6	14,3	59	0,7	0,8	472	0,0	53	0,7	0,8	0	0,0	53	0,7	0,8	0	8,8	183	0,7	0,8	902
7	14,3	90	0,7	0,8	721	0,0	76	0,7	0,8	0	0,0	76	0,7	0,8	0	8,8	344	0,7	0,8	1695

tijd	ORIENTATIE NOORD			ORIENTATIE NOOROOST			ORIENTATIE OOST			ORIENTATIE ZUIDOOST										
	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon					
8	0,0	107	0,7	0,8	0	0,0	482	0,7	0,8	0	0,0	749	0,7	0,8	0	0,0	636	0,7	0,8	0
9	0,0	119	0,7	0,8	0	0,0	354	0,7	0,8	0	0,0	695	0,7	0,8	0	0,0	703	0,7	0,8	0
10	0,0	129	0,7	0,8	0	0,0	187	0,7	0,8	0	0,0	562	0,7	0,8	0	0,0	695	0,7	0,8	0
11	0,0	135	0,7	0,8	0	0,0	143	0,7	0,8	0	0,0	372	0,7	0,8	0	0,0	614	0,7	0,8	0
12	0,0	137	0,7	0,8	0	0,0	140	0,7	0,8	0	0,0	154	0,7	0,8	0	0,0	479	0,7	0,8	0
13	0,0	135	0,7	0,8	0	0,0	134	0,7	0,8	0	0,0	141	0,7	0,8	0	0,0	298	0,7	0,8	0
14	0,0	129	0,7	0,8	0	0,0	126	0,7	0,8	0	0,0	127	0,7	0,8	0	0,0	141	0,7	0,8	0
15	0,0	119	0,7	0,8	0	0,0	112	0,7	0,8	0	0,0	112	0,7	0,8	0	0,0	119	0,7	0,8	0
16	0,0	107	0,7	0,8	0	0,0	95	0,7	0,8	0	0,0	95	0,7	0,8	0	0,0	98	0,7	0,8	0
17	0,0	114	0,7	0,8	0	0,0	77	0,7	0,8	0	0,0	76	0,7	0,8	0	0,0	76	0,7	0,8	0
18	0,0	168	0,7	0,8	0	0,0	55	0,7	0,8	0	0,0	53	0,7	0,8	0	0,0	53	0,7	0,8	0
19	0,0	116	0,7	0,8	0	0,0	27	0,7	0,8	0	0,0	26	0,7	0,8	0	0,0	26	0,7	0,8	0
20	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
21	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
22	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
23	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
24	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
1	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
2	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
3	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
4	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
5	0,0	117	0,7	0,8	0	0,0	130	0,7	0,8	0	0,0	225	0,7	0,8	0	0,0	105	0,7	0,8	0
6	0,0	168	0,7	0,8	0	0,0	456	0,7	0,8	0	0,0	514	0,7	0,8	0	0,0	503	0,7	0,8	0
7	0,0	114	0,7	0,8	0	0,0	531	0,7	0,8	0	0,0	693	0,7	0,8	0	0,0	496	0,7	0,8	0

Figuur 11.3. De invoerelden voor de hoeveelheid zonstraling

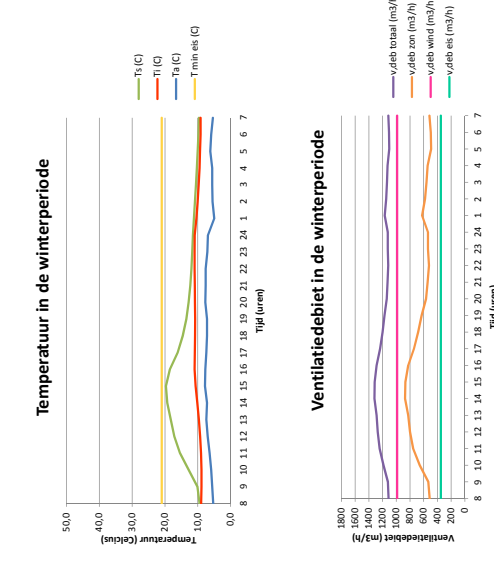
Berekening temperatuur ZOMER

Tijd (h)	Ta (C)	Qoem (W)	Qoem (W)	Qint (W)	Htranz. I	exp. I	Htranz. I	Htranz. s	exp.s	Hvent	Ti (C)	Ts (C)	vdeb con (m <sup>3</sup> /h)	vdeb wind (m <sup>3</sup> /h)	vdeb totaal (m <sup>3</sup> /h)	vdeb eis (m <sup>3</sup> /h)	luchtheids (m/s)	
8	21.8	395.5	6247.1	525.0	69.7	0.8802028	140.0	0.721414	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
9	22.0	292.0	6740.2	525.0	69.7	0.8847032	140.0	0.6861084	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
10	22.0	292.0	6740.2	525.0	69.7	0.8847032	140.0	0.6861084	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
11	22.0	292.0	6740.2	525.0	69.7	0.8847032	140.0	0.6861084	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
12	23.3	3310.4	6982.5	525.0	69.7	0.8849646	140.0	0.6597188	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
13	23.3	3310.4	6982.5	525.0	69.7	0.8849646	140.0	0.6597188	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
14	23.3	4024.2	6014.8	525.0	69.7	0.8841088	140.0	0.6484314	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
15	23.3	4024.2	6014.8	525.0	69.7	0.8841088	140.0	0.6484314	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
16	20.8	4545.7	6247.1	525.0	69.7	0.8248949	140.0	0.6182921	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
17	19.5	3814.9	5303.8	525.0	69.7	0.8146426	140.0	0.6042497	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
18	19.5	2607.3	4236.6	941.0	69.7	0.8187776	140.0	0.6102636	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
19	17.9	1073.2	2056.4	941.0	69.7	0.8227797	140.0	0.6171668	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
20	15.1	0.0	0.0	941.0	69.7	0.8267707	140.0	0.6237157	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
21	12.9	0.0	0.0	941.0	69.7	0.8303089	140.0	0.6297986	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
22	11.7	0.0	0.0	941.0	69.7	0.8335008	140.0	0.6357663	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
23	11.7	0.0	0.0	941.0	69.7	0.8335008	140.0	0.6357663	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
24	10.7	0.0	0.0	941.0	69.7	0.8370946	140.0	0.6409318	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
25	10.8	0.0	0.0	416.0	69.7	0.8541452	140.0	0.6897991	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
26	10.8	0.0	0.0	416.0	69.7	0.8541452	140.0	0.6897991	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
27	10.8	0.0	0.0	416.0	69.7	0.8541452	140.0	0.6897991	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
28	10.2	0.0	0.0	416.0	69.7	0.8673628	140.0	0.6942481	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
29	9.2	0.0	0.0	416.0	69.7	0.8673628	140.0	0.6942481	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
30	11.3	282.0	2062.6	416.0	69.7	0.8709821	140.0	0.6986604	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
31	14.9	774.4	4236.6	416.0	69.7	0.8774461	140.0	0.7077142	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
32	17.1	1361.7	5303.8	941.0	69.7	0.8730716	140.0	0.7002339	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3



Berekening temperatuur WINTER

Tijd (h)	Ta (C)	Qoem (W)	Qoem (W)	Qint (W)	Htranz. I	exp. I	Htranz. s	exp.s	Hvent	Ti (C)	Ts (C)	vdeb con (m <sup>3</sup> /h)	vdeb wind (m <sup>3</sup> /h)	vdeb totaal (m <sup>3</sup> /h)	vdeb eis (m <sup>3</sup> /h)	luchtheids (m/s)		
8	5.3	0.0	0.0	525.0	69.7	0.897252	140.0	0.7421448	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
9	5.6	96.1	951.3	525.0	69.7	0.8945048	140.0	0.7374227	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
10	5.9	329.2	3735.6	525.0	69.7	0.8778572	140.0	0.7262021	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
11	6.4	615.1	4783.4	525.0	69.7	0.8853065	140.0	0.6970985	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
12	7.0	1033.0	4602.8	525.0	69.7	0.8994921	140.0	0.6771888	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
13	7.6	1463.0	4602.8	525.0	69.7	0.8994921	140.0	0.6771888	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
14	7.1	1520.9	4832.4	525.0	69.7	0.8920226	140.0	0.6616648	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
15	7.8	1559.4	4251.3	525.0	69.7	0.8907925	140.0	0.6627455	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
16	7.2	822.8	2109.6	941.0	69.7	0.8856084	140.0	0.6715226	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
17	7.4	0.0	0.0	941.0	69.7	0.8668143	140.0	0.6895891	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
18	7.2	0.0	0.0	941.0	69.7	0.8748018	140.0	0.7031813	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
19	7.2	0.0	0.0	941.0	69.7	0.8816228	140.0	0.7149028	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
20	7.7	0.0	0.0	941.0	69.7	0.8901301	140.0	0.7296644	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
21	7.6	0.0	0.0	941.0	69.7	0.8911448	140.0	0.7249316	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
22	7.6	0.0	0.0	941.0	69.7	0.8958703	140.0	0.7397147	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
23	7.1	0.0	0.0	941.0	69.7	0.8919504	140.0	0.7363451	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
24	6.9	0.0	0.0	941.0	69.7	0.8939415	140.0	0.7363296	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
25	5.0	0.0	0.0	416.0	69.7	0.8854007	140.0	0.7162448	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
26	5.3	0.0	0.0	416.0	69.7	0.8860532	140.0	0.7260958	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
27	5.8	0.0	0.0	416.0	69.7	0.8910457	140.0	0.7312623	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
28	5.8	0.0	0.0	416.0	69.7	0.8922875	140.0	0.7351688	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
29	5.4	0.0	0.0	416.0	69.7	0.8909208	140.0	0.7416244	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
30	5.4	0.0	0.0	416.0	69.7	0.8866985	140.0	0.7411722	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
31	8.9	0.0	0.0	941.0	69.7	0.8866985	140.0	0.7411722	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3
32	10.0	0.0	0.0	941.0	69.7	0.8866985	140.0	0.7411722	170.9	9.0	51.8	30.0	41.2	988.29	512.8	1113.4	350.0	1.3



Figuur 11.4. De resultaten die het rekenprogramma heeft

## 11.1.2 Resultaten

Hieronder zullen de woonkamer en de slaapkamer van de ronde woning worden ingevoerd en worden gekeken wat de resultaten volgens het rekenmodel zijn. Er worden drie scenario's bekeken; een windstille dag, een bewolkte dag, en een dag waarop zowel de wind als zon invloed heeft op de ventilatie. Overdag zijn er minimaal 7 personen aanwezig in de woonkamer (6 bewoners en 1 verzorgende). 's Nachts is er echter maar 1 persoon (de verzorgende) aanwezig in de ruimte. Het rekenmodel laat echter niet toe om overdag en 's avonds een ander minimaal debiet in te voeren. In de grafieken is daarom het minimale ventilatie debiet over 24 uur hetzelfde; voor 7 personen (350 m<sup>3</sup>/h).

In de slaapkamer wordt uitgegaan van een minimaal ventilatiedebiet voor 1 persoon; 50 m<sup>3</sup>/h.

De invoer gegevens van de ronde woonkamer staan in appendix 14.9.1, de invoer gegevens van de ronde slaapkamer staan in appendix 14.10.1.

Allereerst een windstille dag (grafiek 11.1 en 11.2). Onderstaande tabel geeft de minimale, maximale en de gemiddelde temperaturen weer van de temperatuur in de zonneshoortsteen en in de woning.

	Zomer		Winter	
	Ts [°C]	Ti [°C]	Ts [°C]	Ti [°C]
T <sub>max</sub>	42.5	25.8	21.2	12.5
T <sub>min</sub>	23.6	22.6	11.5	11.2
T <sub>gem</sub>	33.4	24.3	14.8	11.9

Tabel 11.1. De maximale, minimale en gemiddelde temperatuur van de zonneshoortsteen en de woning in de zomer en winter op een windstille dag

In de zomer volgt de temperatuur van de zonneshoortsteen de buitentemperatuur. De binnentemperatuur blijft redelijk constant.

De maximale temperatuur die op afgesloten afdelingen wordt aangehouden in de zomer is 25,5 °C. In de woning blijft de binnentemperatuur nagenoeg altijd net onder de 25,5 °C. Vanaf 14.00 tot 20.00 bereikt de binnentemperatuur die grens, maar gaat er niet overheen.

In de winter is de binnentemperatuur erg laag. Er moet dan bij verwarmd worden om de binnentemperatuur behagelijk te maken. De minimale temperatuur op gesloten afdelingen is 21 °C. De binnentemperatuur van deze woning zit er de gehele dag onder.

De temperatuur in de zonneshoortsteen bereikt zijn hoogste waarde rond 16.00 in zowel de zomer als de

winter. De binnentemperatuur dan ook de maximale temperatuur.

De zonneshoortsteen doet er in de zomer (na zonsondergang) 9 uur over voordat de temperatuur in de zonneshoortsteen de binnentemperatuur bereikt. De binnentemperatuur wordt rond 04.00 uur 's nachts bereikt. Hierna stijgt de temperatuur van de zonneshoortsteen weer meteen.

In de winter gaat de afname van temperatuur in de zonneshoortsteen meer geleidelijk en doet de zonneshoortsteen er 7 uur over om de binnentemperatuur te bereiken. Hierbij bereikt de zonneshoortsteen de binnentemperatuur al rond 23.00 uur 's avonds en blijft de binnentemperatuur volgen tot 08.00 's ochtends.

Het ventilatiedebiet is zowel in de zomer als in de winter vrij constant, en voldoen ruim aan de minimale ventilatie eis van 350 m<sup>3</sup>/h. In de zomer ligt het ventilatiedebiet rond de 1000 m<sup>3</sup>/h, in de winter rond de 700 m<sup>3</sup>/h.

Voor de simulatie van bewolkte dagen is de zonnestraling op 0 W opgezet. De windsnelheid is op 2,1 m/s gezet. Dit is een typische windsnelheid voor de zomer en winter periode. Omdat de woning in Scheveningen aan het strand staat zijn de terreincoëfficiënten van het open platteland ingevoerd. Bovenstaande gegevens leveren grafieken 11.3 en 11.4 op.

De temperaten staan hieronder weergegeven.

	Zomer		Winter	
	Ts [°C]	Ti [°C]	Ts [°C]	Ti [°C]
T <sub>max</sub>	18.5	18.5	8.4	8.4
T <sub>min</sub>	17.3	17.3	8.1	8.1
T <sub>gem</sub>	17.9	17.9	8.2	8.2

Tabel 11.2. De maximale, minimale en gemiddelde temperatuur van de zonneshoortsteen en de woning in de zomer en winter op een bewolkte dag

De temperatuur van de zonneshoortsteen heeft nu de binnentemperatuur aangenomen. De binnentemperatuur is nagenoeg stabiel, en een stuk lager als een dag waarop de zon schijnt. De zonnestraling zorgt voor een stijging van ongeveer 6,5 °C op de gemiddelde binnentemperatuur.

Door het temperatuur verschil tussen binnen en buiten wordt er toch nog geventileerd. In de zomer is dit bijna voldoende om de woning te ventileren. In de winter echter niet. De wind zorgt voor een ventilatie debiet



van 1000 m<sup>3</sup>/h. Dit ligt ver boven de gestelde eis van 350 m<sup>3</sup>/h.

In de lente zijn de windsnelheden hoger (rond 5,2 m/s). Het ventilatiedebiet wordt hierdoor ook een stuk hoger; rond de 2400 m<sup>3</sup>/h.

Op dagen waar zowel de wind als de zon een invloed heeft op de ventilatie veranderen de temperaturen van de zonneshoortsteen en de woning niet. Dit komt omdat het rekenmodel de invloed van de wind op de temperatuur van de zonneshoortsteen niet meeneemt.

De wind heeft de meeste invloed op dagen waarbij zowel wind als zon een rol spelen op de ventilatie (grafiek 11.5 en 10.6). Het ventilatiedebiet is ver boven de gestelde eis.

De binnentemperatuur blijft nagenoeg gelijk. Dit komt door de thermische massa die aanwezig is in de woning. Neemt de thermische massa in de woning af dan stijgt de temperatuur een stuk meer (figuur 11.7 en 11.8). Hoe minder thermische massa aanwezig is in de woning hoe meer de binnentemperatuur de temperatuur van de zonneshoortsteen gaat volgen.

De maximale temperatuur van de zonneshoortsteen zakt nagenoeg niet, wel daalt de temperatuur meer gelijdelijk.

	Zomer		Winter	
	Ts [°C]	Ti [°C]	Ts [°C]	Ti [°C]
T <sub>max</sub>	45.7	30.2	22.2	14.3
T <sub>min</sub>	20.6	18.3	10.2	9.6
T <sub>gem</sub>	33.3	24.2	14.7	11.8

Tabel 11.3. De maximale, minimale en gemiddelde temperatuur van de zonneshoortsteen en de woning in de zomer en winter op een windstille dag zonder thermische massa

De binnentemperatuur heeft nu hogere pieken en dalen. Wat inhoudt dat de binnentemperatuur in de zomer 9 uur boven de 25,5 °C uit komt. In de winter bereikt de binnentemperatuur nogsteeds de minimale eis van 21 °C niet.

In de zomer bereikt de zonneshoortsteen de binnentemperatuur nooit. De temperatuur van de zonneshoortsteen ligt in de nacht nog 2 graden hoger als de binnentemperatuur. In de winter blijft de temperatuur in de zonneshoortsteen 1 °C als de binnentemperatuur.

Het gemiddelde ventilatiedebiet blijft nagenoeg hetzelfde bij de vermindering van thermische massa.

Bij bovenstaande scenario's is de temperatuur in de winter veel te laag, en wordt er ook te veel geventileerd. Doordat er zoveel geventileerd wordt, zijn er ook veel warmteverlies in de woning. Met minder ventilatie zal het in de winter ook een stuk warmer zijn in de woning.

Om de lucht die de woning binnenkomt te voor verwarmen of voor te koelen wordt de lucht aangevoerd via een ondergrondsnetwerk van kanalen. Op een bepaalde diepte heeft de bodemtemperatuur een constante temperatuur. In Nederland is dit 10-11 °C. Hierdoor kan de lucht waarmee geventileerd wordt in de zomer voorgekoeld worden en in de winter voorverwarmd.

In het excel model is dit gesimuleerd door de buitentemperatuur vast te zetten op 11 °C.

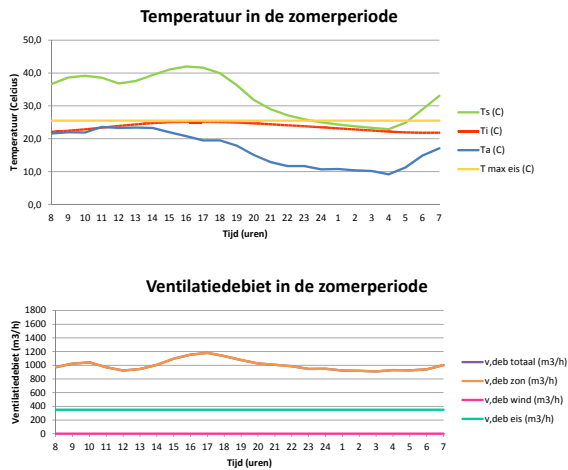
De temperaturen die hiermee ontstaan in de zonneshoortsteen en de woning staan hieronder weergegeven.

	Zomer		Winter	
	Ts [°C]	Ti [°C]	Ts [°C]	Ti [°C]
T <sub>max</sub>	35.3	19.4	25.6	16.9
T <sub>min</sub>	18.1	17.6	15.9	15.7
T <sub>gem</sub>	27.2	18.5	19.1	16.3

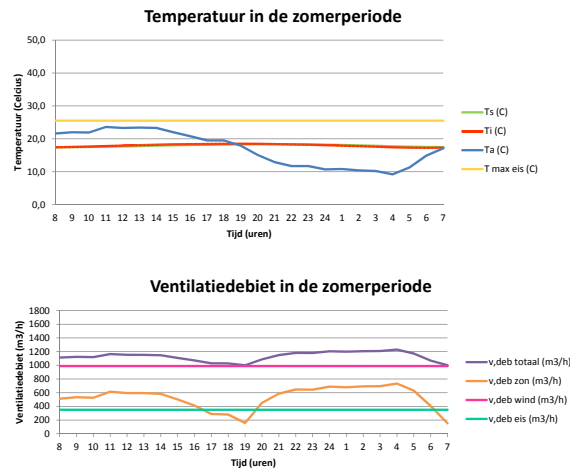
Tabel 11.4. De maximale, minimale en gemiddelde temperatuur van de zonneshoortsteen en de woning in de zomer en winter op een windstille dag waarbij de lucht wordt aangevoerd door een ondergronds netwerk van kanalen

De binnentemperatuur in de zomer is nu 25% lager dan als er geventileerd wordt met de buitentemperatuur. De temperatuur valt nu ruim onder de 25,5 °C. In de winter ligt de binnentemperatuur nu 60% hoger dan bij ventileren met de buitenlucht. De temperatuur bereikt nog steeds niet 21 °C, maar er hoeft nu een stuk minder bij verwarmd te worden.

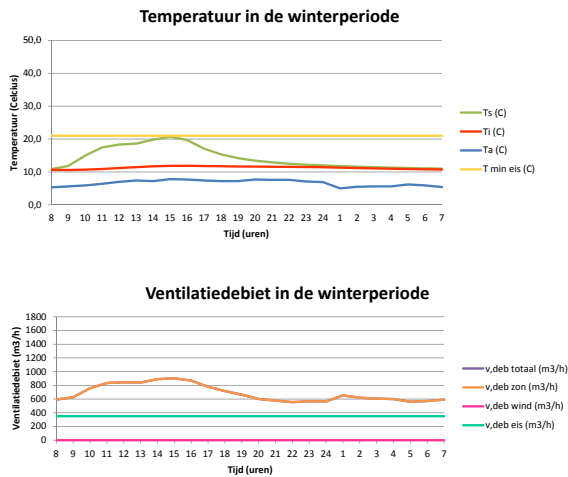
In de zomer wordt nu meer geventileerd (grafiek 11.9) maar dit komt omdat de binnentemperatuur een stuk lager ligt, en dus het temperatuur verschil tussen de binnentemperatuur en de temperatuur in de zonneshoortsteen hoger is.



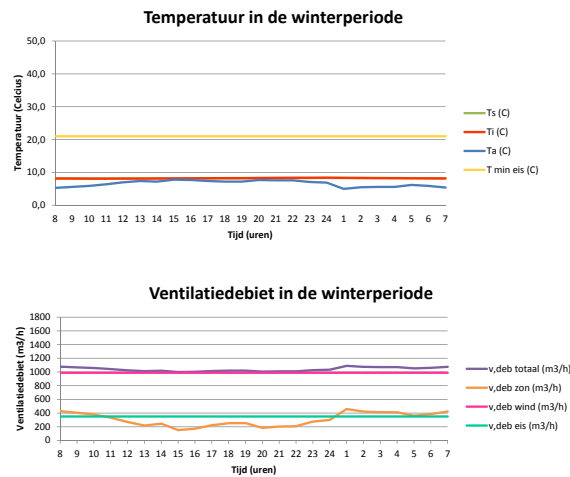
Grafiek 11.1. De binnentemperatuur van de woonkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatie-debiet in de zomer op een windstille dag.



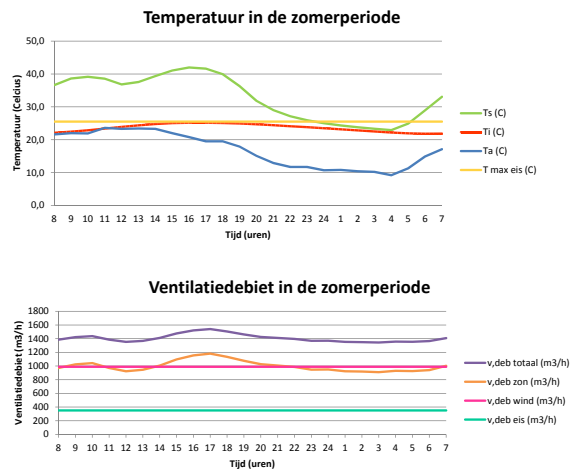
Grafiek 11.3. De binnentemperatuur van de woonkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatie-debiet in de zomer op een bewolkte dag.



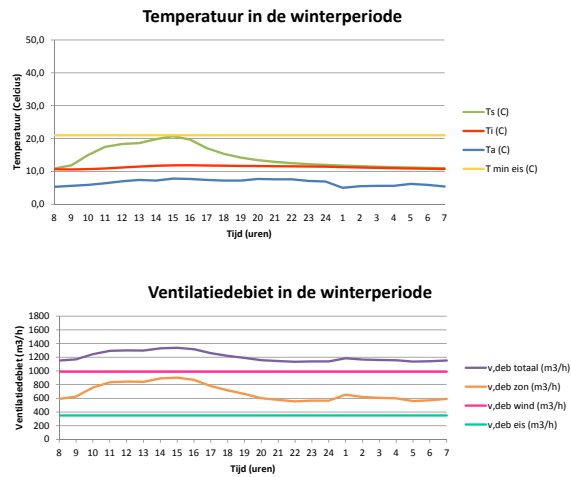
Grafiek 11.2. De binnentemperatuur van de woonkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatie-debiet in de winter op een windstille dag.



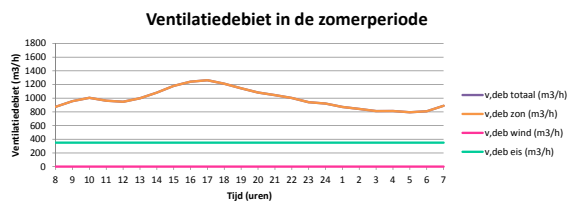
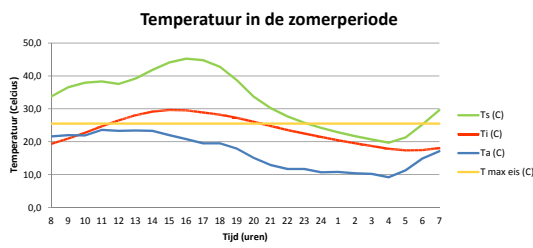
Grafiek 11.4. De binnentemperatuur van de woonkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatie-debiet in de winter op een bewolkte dag.



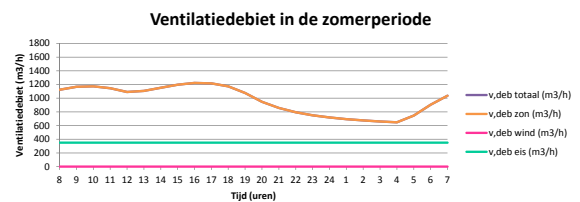
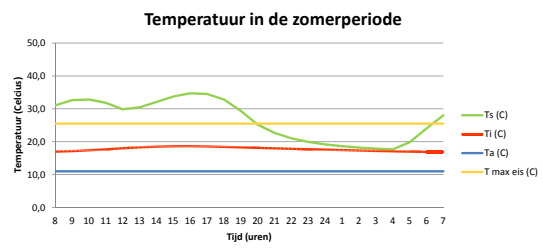
Grafiek 11.5. De binnentemperatuur van de woonkamer, temperatuur van de zonschoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatiebiet in de zomer op een dag waarbij de zon en wind een rol spelen.



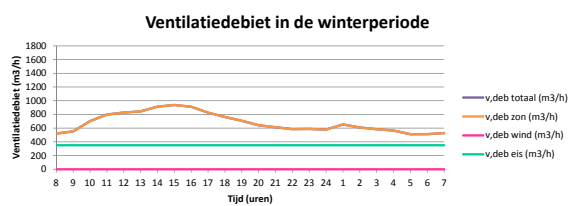
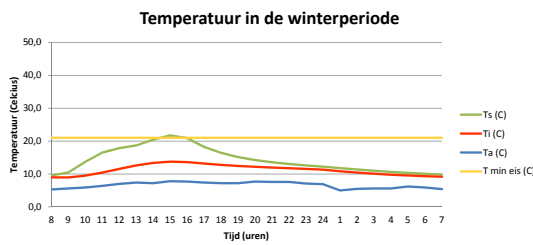
Grafiek 11.6. De binnentemperatuur van de woonkamer, temperatuur van de zonschoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatiebiet in de winter op een dag waarbij de zon en wind een rol spelen.



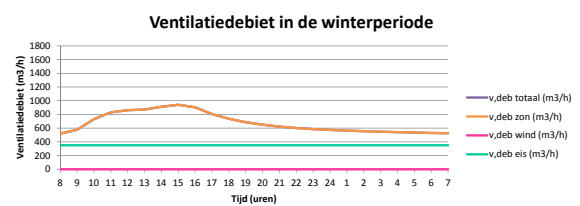
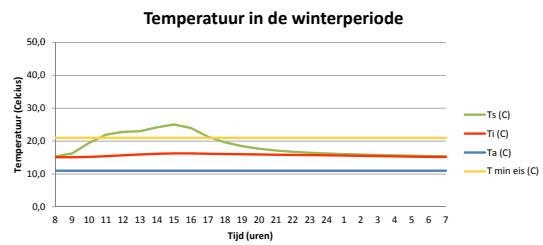
Grafiek 11.7. De binnentemperatuur van de woonkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatiedebiet in de zomer, op een windstille dag, zonder thermische massa



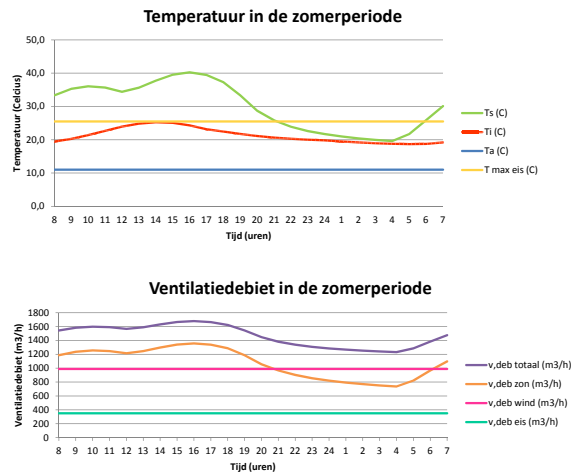
Grafiek 11.9. De binnentemperatuur van de woonkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatiedebiet in de zomer, op een windstille dag, waarbij de lucht wordt aangevoerd door een ondergronds netwerk van kanalen



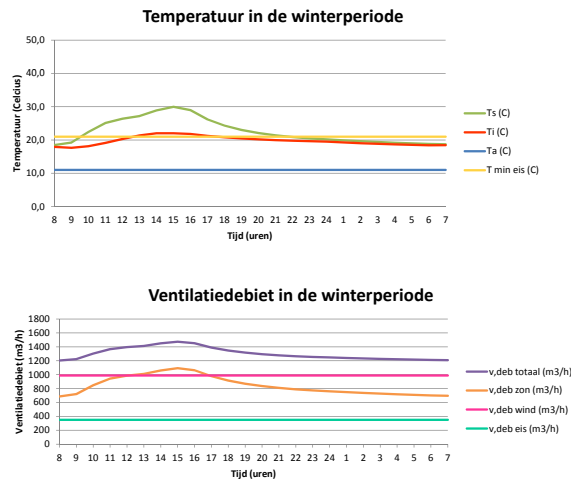
Grafiek 11.8. De binnentemperatuur van de woonkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatiedebiet in de winter, op een windstille dag, zonder thermische massa



Grafiek 11.10. De binnentemperatuur van de woonkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatiedebiet in de winter, op een windstille dag, waarbij de lucht wordt aangevoerd door een ondergronds netwerk van kanalen



Grafiek 11.11. De binnentemperatuur van de woonkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatiedebit in de zomer waarbij de lucht wordt aangevoerd door een ondergronds netwerk van kanalen



Grafiek 11.12. De binnentemperatuur van de woonkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatiedebit in de winter waarbij de lucht wordt aangevoerd door een ondergronds netwerk van kanalen

Voor de gegevens van de slaapkamer die zijn ingevoerd in het rekenmodel zie appendix 14.10.1. De binnentemperatuur van de slaapkamer zal echter iets lager liggen omdat voor het raam een overstek is, waardoor directe zonnestraling niet binnen valt. Dit kan niet worden gesimuleerd in het rekenmodel.

Grafiek 11.11 en 11.2 geven een windstille dag weer. Onderstaande tabel geeft de minimale, maximale en de gemiddelde temperaturen weer van de temperatuur in de zonneshoorsteen en in de woning.

	Zomer		Winter	
	Ts [°C]	Ti [°C]	Ts [°C]	Ti [°C]
T <sub>max</sub>	40.6	29.2	19	10
T <sub>min</sub>	18	15.5	8.9	8.1
T <sub>gem</sub>	29.6	22.2	12.5	9.2

Tabel 11.5. De maximale, minimale en gemiddelde temperatuur van de zonneshoorsteen en de slaapkamer in de zomer en winter op een windstille dag

De maximale temperatuur die op afgesloten afdelingen wordt aangehouden in de zomer is 25,5 °C. In de slaapkamer blijft de binnentemperatuur altijd onder de 25,5 °C. De bewoners zijn alleen normaal gesproken alleen in de avond uren op de slaapkamer. De binnentemperatuur is dan wellicht te laag. Door iets minder te ventileren wordt de temperatuur in de slaapkamer iets hoger.

In de winter is de binnentemperatuur erg laag. De minimale temperatuur moet 21 °C zijn, en de binnentemperatuur komt hier niet aan.

De binnentemperatuur is minder stabiel als in de woonkamer. Dit komt omdat er in de slaapkamer nauwelijks thermische massa aanwezig is.

Het ventilatiedebiet is wisselt meer als de zonneshoorsteen in de woonkamer. Dit komt omdat de zonneshoorsteen kleiner is. Voor een eenpersoons slaapkamer ventileert de zonneshoorsteen erg veel.

Op bewolkte dagen is de temperatuur van de zonneshoorsteen gelijk aan de binnentemperatuur van de slaapkamer.

	Zomer		Winter	
	Ts [°C]	Ti [°C]	Ts [°C]	Ti [°C]
T <sub>max</sub>	20.0	20.6	9.4	9.4
T <sub>min</sub>	15.7	14.8	7.8	7.8
T <sub>gem</sub>	17.9	18.0	8.6	8.6

Tabel 11.6. De maximale, minimale en gemiddelde temperatuur van de zonneshoorsteen en de slaapkamer in de zomer en winter op een bewolkte dag

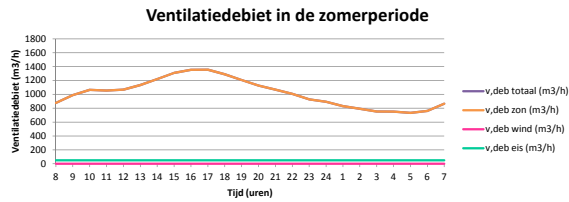
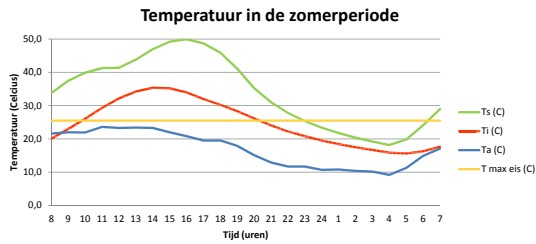
De temperaturen liggen nu een stuk lager. In de zomer is de binnentemperatuur 4.2 °C lager dan de temperaturen met de zon. In de winter ligt de binnentemperatuur 0.6 °C lager.

Ook hier is alleen de internewarmte last voldoende om de woning te ventileren in de zomer en de winter. Er zit een dip in de ventilatie door de interne warmtelast. Dit komt omdat de binnentemperatuur en de buitentemperatuur nagenoeg hetzelfde zijn. Er is dan dus geen temperatuur verschil en er zal dan dus ook niet geventileerd worden.

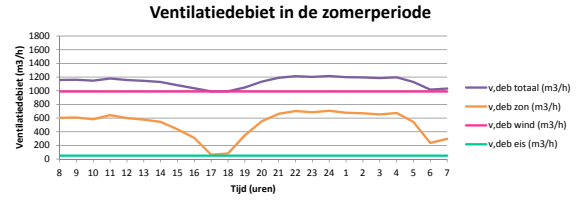
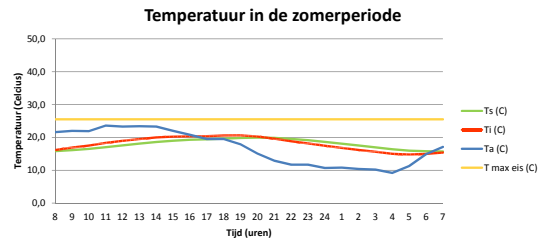
Zodra wind en zon een rol spelen veranderen de temperaturen van de zonneshoorsteen en de slaapkamer niet.

Het ventilatiedebiet wordt in deze situatie wel een stuk hoger. Toch blijft de ventilatie door wind de belangrijkste rol spelen.

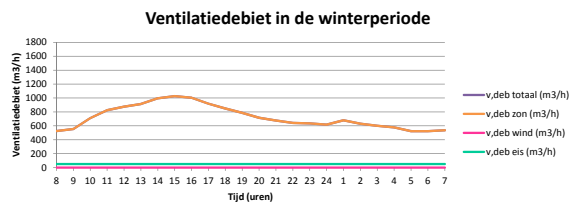
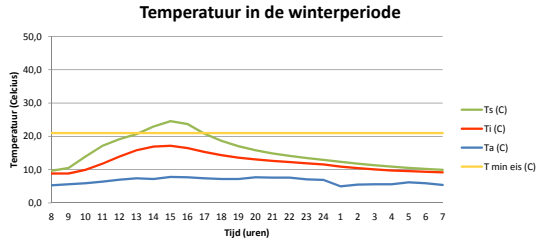
Ook in de slaapkamer ligt de temperatuur in de winter te laag, en wordt er teveel geventileerd. Met minder ventilatie zal het in de winter ook een stuk warmer zijn in de slaapkamer.



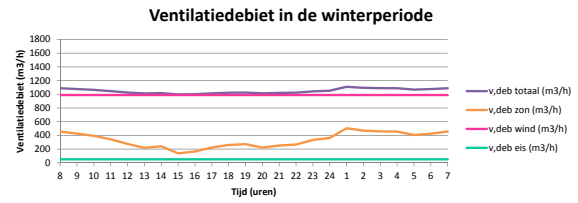
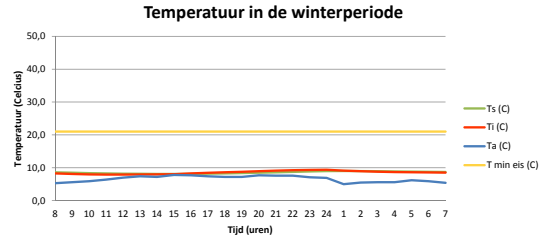
Grafiek 11.13. De binnentemperatuur van de slaapkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatiedebiet in de zomer op een windstille dag.



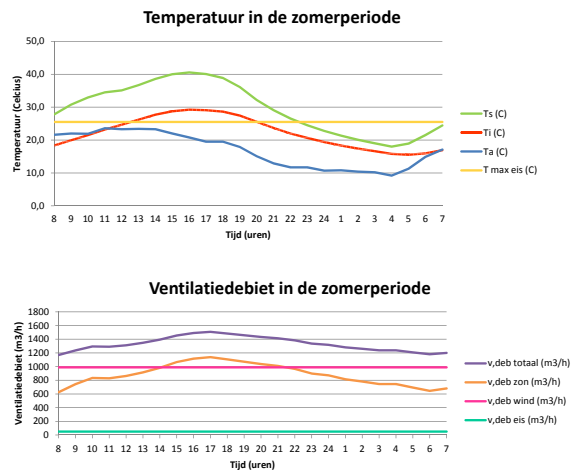
Grafiek 11.15. De binnentemperatuur van de slaapkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatiedebiet in de zomer op een bewolkte dag.



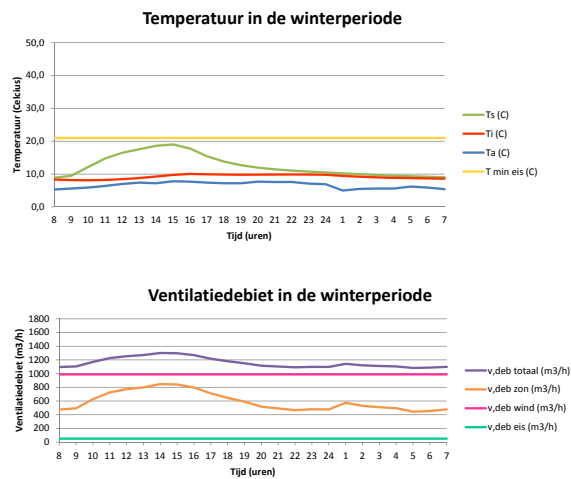
Grafiek 11.14. De binnentemperatuur van de slaapkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatiedebiet in de winter op een windstille dag.



Grafiek 11.16. De binnentemperatuur van de slaapkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatiedebiet in de winter op een bewolkte dag.



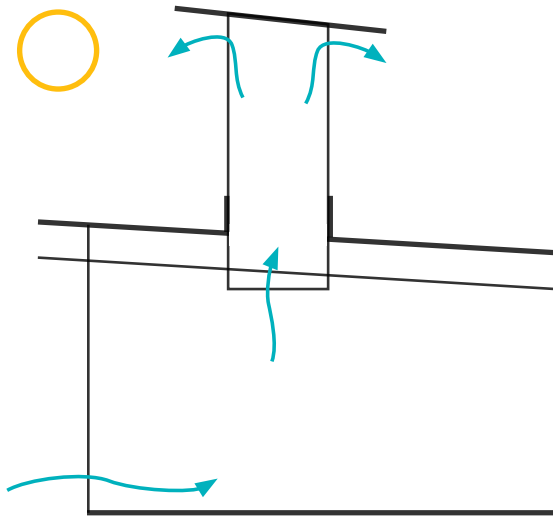
Grafiek 11.17. De binnentemperatuur van de slaapkamer, temperatuur van de zonschoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatie-debiet in de zomer op een dag waarbij de zon en wind een rol spelen.



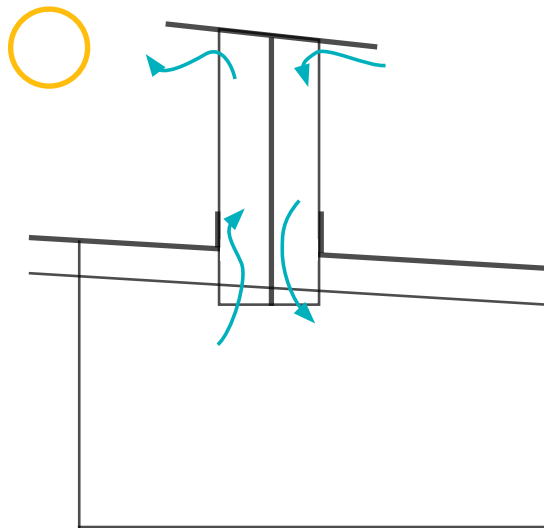
Grafiek 11.18. De binnentemperatuur van de slaapkamer, temperatuur van de zonschoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatie-debiet in de winter op een dag waarbij de zon en wind een rol spelen.



## 11.2 Modelonderzoek ventilatie



Figuur 11.5. Ventilatie schema zonneshoorsteen variant 1



Figuur 11.6. Ventilatie schema zonneshoorsteen variant 2



Figuur 11.7. Luchtsnelheidsmeter model Testo 425

De woonkamer van de ronde woning wordt op schaal 1:10 gemodelleerd van MDF 9 mm. Hierbij wordt geen rekening gehouden met de dikte en het oorspronkelijke materiaal opbouw van de woning.

Er worden twee verschillende zonneshoorstenen getest op de woning. De oorspronkelijk ontworpen zonneshoorsteen dient alleen voor afvoer van de lucht, en tweede zonneshoorsteen dient voor zowel de toevoer als afvoer van de lucht. De zonneshoorsteen wordt hier opgedeeld in twee delen. Een deel dient voor toevoer, de andere voor afvoer.

De verse lucht komt via twee verschillende groottes openingen de woning binnen: 20 cm<sup>2</sup> en 44,2 cm<sup>2</sup>. De luchtafvoer bij de zonneshoorsteen heeft een totale grootte van 280 cm<sup>2</sup>. Hierdoor is de effectieve grote altijd de opening van de luchttoevoer. Hier wordt dus ook de luchtsnelheid gemeten.

De luchtsnelheid wordt gemeten door middel van een luchtsnelheidsmeter model Testo 425. Daarnaast wordt ook de temperatuur binnen in de woning, buiten, en in de zonneshoorsteen gemeten door middel van IButtons. Hierdoor kan de gemeten luchtsnelheid kunnen geverifieerd worden, met onderstaande formule:

$$\Delta p = \rho \times g \times h / ((T_z - T_i)/T_i)$$

$$v = \sqrt{(2 \times \Delta p / C_d \times \rho)}$$

$\Delta p$  = drukverschil [Pa]

$\rho$  = dichtheid lucht 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$g$  = zwaartekracht 9,81 m/s<sup>2</sup>

$h$  = hoogte van de zonneshoorsteen [m]

$T_z$  = gemeten temperatuur zonneshoorsteen [K]

$T_i$  = gemeten temperatuur in de woning [K]

$v$  = luchtsnelheid [m/s]

$C_d$  = weerstandscoefficiënt

De luchtstroom wordt opgewekt door middel van een bouwlamp die verhoging van de temperatuur in de zonneshoorsteen veroorzaakt en een ventilator die winddruk veroorzaakt.

De bouwlamp straalt 1000W uit. Bij elke meting wordt de bouwlamp op 67 cm vanaf de zonneshoorsteen geplaatst, met de lamp op een hoogte van 1.67 m. Bij de start van de testen is de aanname gedaan dat na

een half uur de temperatuur niet meer stijgt en in een vrij stationaire toestand verkeerd.

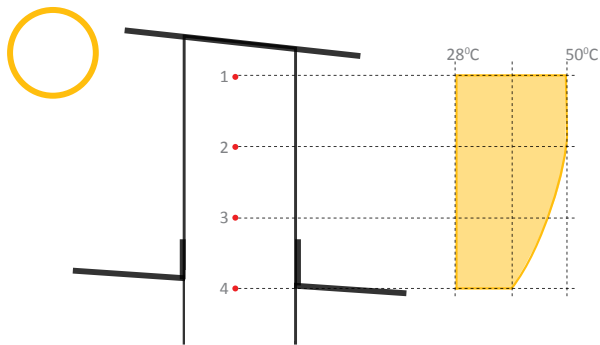
De ventilator wordt op 0.5 meter vanaf de zonneshoorsteen geplaatst. Het midden van de ventilator staat op twee derde van de hoogte van de zonneshoorsteen. De ventilator geeft de volgende luchtsnelheden.

afstand vanaf ventilator [m]	gemeten luchtsnelheid [m/s]
0.15	1.9-2.1
0.5 (test afstand)	1.7-1.9
1.5	1.4-1.7
2.5	0.68-1.2
3.5	0.42-0.65
4.5	0.02-0.35

Tabel 11.7. Luchtsnelheden op verschillende afstanden van de ventilator

De luchtstroom wordt gevisualiseerd door middel van rook. Dit wordt gedaan door Dräger rookbuisjes die reageren met lucht die erlangs wordt gepompt, waardoor er rook ontstaat. De rook wordt bij de luchttoelaat erin gepompt.

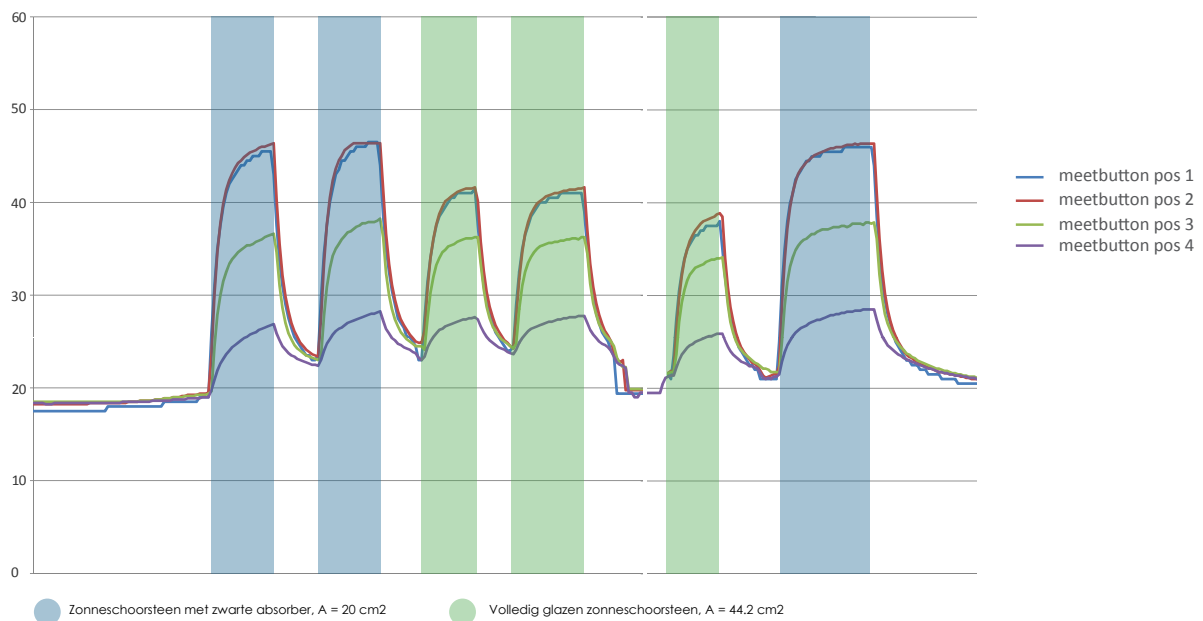
### 11.2.1 Modelonderzoek verloop temperatuur zonneshoorsteen



Figuur 11.8. Temperatuur verdeling in de zonneshoorsteen

Met behulp van vier meetbuttons is het temperatuurverloop in de zonneshoorsteen gemeten. De bovenste twee meetbuttons hebben nagenoeg dezelfde temperatuur. Daarna begint de temperatuur pas af te lopen. De temperatuur onderaan de zonneshoorsteen (bovenaan tegen het plafond van de ruimte) ligt rond de 28 graden. Deze temperatuur ligt ongeveer 6 à 7 graden hoger als de temperatuur in de woning (deze is ongeveer 21 graden).

Met de toevoeging van de zwarte plaat stijgt de maximale temperatuur van de zonneshoorsteen, de minimale temperatuur blijft ongeveer gelijk. De maximale temperatuur ligt met de toevoeging van de zwarte plaat 6 graden hoger.



Figuur 11.9. Temperatuur op verschillende hoogtes in de zonneshoorsteen

### 11.2.2 Modelonderzoek zonneschoorsteen variant 1

Tijdens de testen is een aantal keer de bouwlamp langer dan een half uur op de maquette gezet. Hieruit lijkt de aanname te kloppen. De temperatuur in de zonneschoorsteen stijgt met ongeveer 1 graden over een uur. Daarnaast stijgt de luchtsnelheid ook niet meer na een half uur. Het is dus niet nodig de bouwlamp langer op de maquette te zetten.

Wat wel opvalt is dat de binnentemperatuur blijft stijgen, en pas veel later een stationaire toestand vertoont. Wordt de toevoer-opening gesloten dan valt op dat de binnentemperatuur een stuk sneller stijgt. Dit komt omdat er niet geventileerd wordt en de warmte van de zonneschoorsteen dus naar beneden daalt, waardoor de woning (dus de binnentemperatuur) wordt opgewarmd.

Bij meetmoment twee zijn de gemeten maximale temperaturen in de zonneschoorsteen een stuk lager (ongeveer 6 graden) als de twee andere meetmomenten. Terwijl de buitentemperatuur maar ongeveer 1 graden lager is bij de tweede meeting, vergeleken met de twee andere metingen. Ook staat de bouwlamp steeds op dezelfde plek, met dezelfde hoogte en dezelfde afstand tot de zonneschoorsteen. Het is onduidelijk waar deze verlaging in temperaturen aan te wijten is.

In grafiek 11.10 is te zien dat de temperatuur, in de zonneschoorsteen met het zwarte karton, een stuk hoger ligt dan de temperatuur in de zonneschoorsteen die volledige van perspex is uitgevoerd. Als er naar de luchtsnelheden wordt gekeken (grafiek 10.x) dan valt op dat het verschil tussen de perspex zonneschoorsteen en de zonneschoorsteen met het zwarte karton een stuk kleiner is. Bij een kleinere opening van 20 cm<sup>2</sup> is er nog lichtelijk een verschil in luchtsnelheid te zien tussen een perspex zonneschoorsteen en de zonneschoorsteen met de zwarte plaat. Bij een opening van 44,2 cm<sup>2</sup> is er nauwelijks een verschil in luchtsnelheid te zien.

In de stijging in de binnentemperatuur is geen verschil te zien tussen een perspex zonneschoorsteen en een zonneschoorsteen met de zwarte kartonnen plaat.

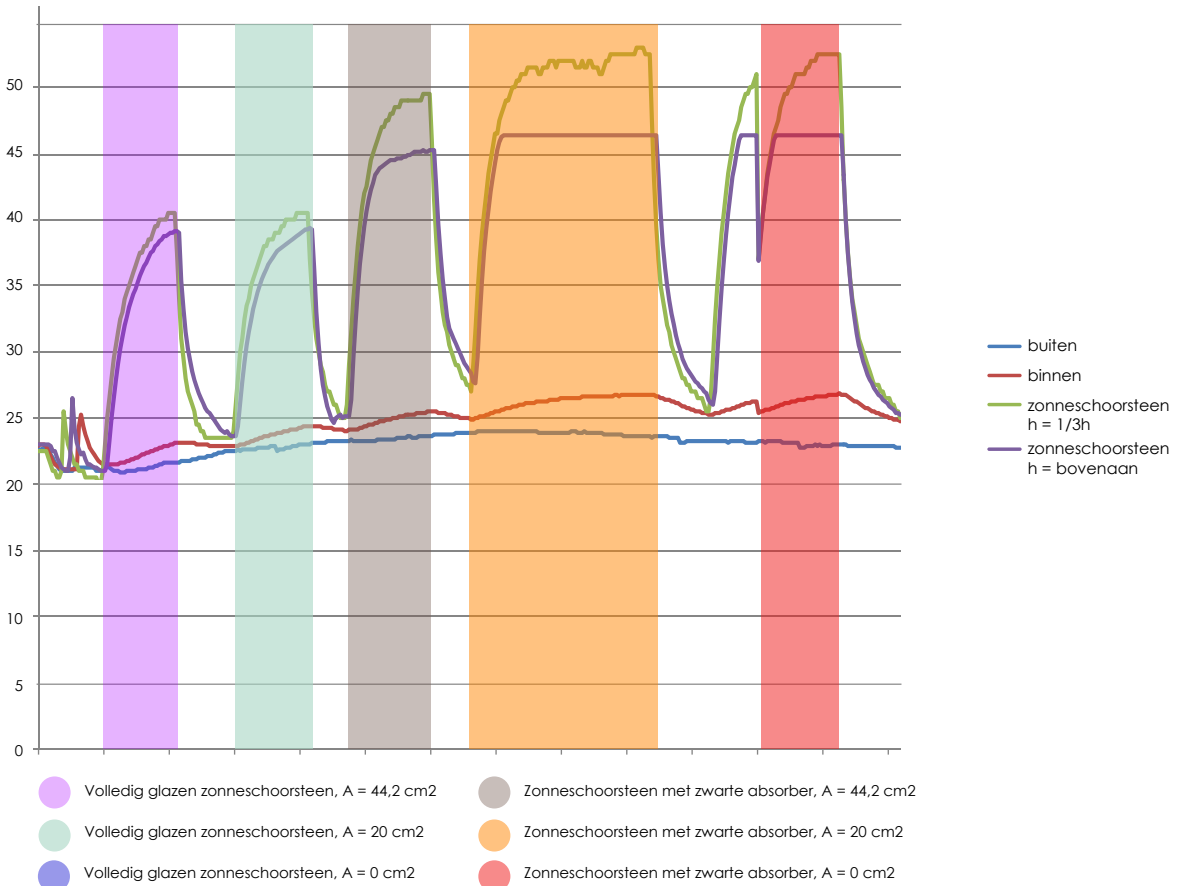
Een groter verschil in luchtsnelheid is te merken aan het verschil in de grote van opening. Bij het kleinere gat van 20 cm<sup>2</sup> is de luchtsnelheid een stuk groter als de luchtsnelheid bij het gat van 44,2 cm<sup>2</sup>. Ook zijn de maximale temperaturen bij de metingen met het kleine

opening (20 cm<sup>2</sup>) een stuk hoger als de metingen met de grotere opening (44.2 cm<sup>2</sup>).

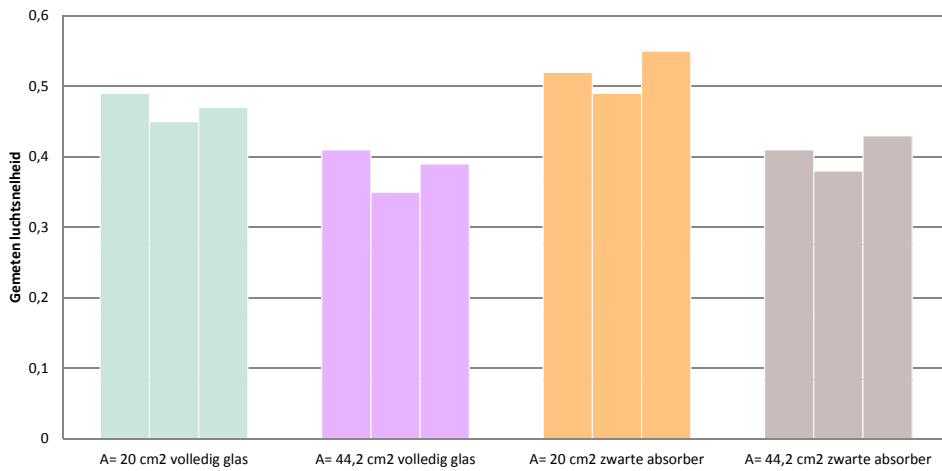
Ook hier toont de binnentemperatuur geen verschil tussen de kleinere en de grotere opening.

Op de CD staat film "variant 1", waarbij goed is te zien dat de lucht wordt afgevoerd door de zonneschoorsteen.

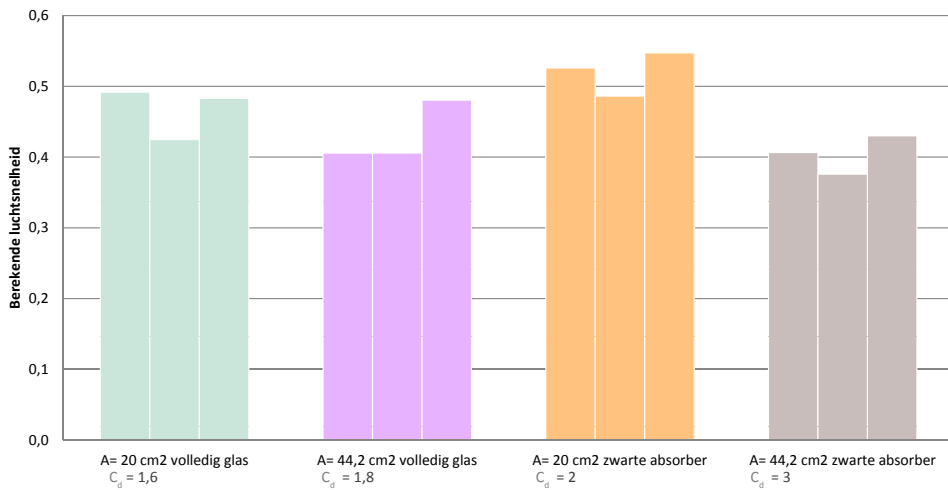
Voor de luchtsnelheid lijkt de grote van de opening meer uit te maken dan de maximale temperatuur die de zonneschoorsteen bereikt.



Figuur 11.10. Buitentemperatuur, binnentemperatuur en de temperatuur in de zonneshoorsteen op twee verschillende plekken bij zonneshoorsteen variant 1



Figuur 11.11. Gemeten luchtsnelheid in het modelonderzoek



Figuur 11.12. Berekende luchtsnelheden door de gemeten temperaturen in het modelonderzoek

### 11.2.3 Modelonderzoek zonneschoorsteen variant 2

Dit model lijkt op het monodraught sola-boost systeem. De zonneschoorsteen is opgedeeld in twee compartimenten. Één compartiment zorgt voor de afvoer, de andere voor de toevoer van de verse lucht. Het compartiment wat dient als toevoer voor de lucht moet een beduidend lagere temperatuur hebben als de temperatuur van het compartiment van de afvoer. Er is daarom gekozen voor een scheiding van hout en schuim. Hierdoor is de temperatuur van het toevoercompartiment een stuk lager als het afvoercompartiment (figuur 11.13). Er is in figuur 11.13 te zien dat het toevoercompartiment wel opwarmt, maar zeer weinig.

De maximale temperatuur in de zonneschoorsteen ligt ongeveer 6 graden hoger als de maximale temperatuur bij variant 1. Dit komt omdat de breedte van de zonneschoorsteen gehalveerd is, en dus het volume wat wordt opgewarmd door de zonneschoorsteen ook gehalveerd is.

Bij deze opstelling is er niet veel verschil in temperatuur tussen de meting met en de meting zonder de zwarte plaat. Dit komt doordat bij de meting zonder de zwarte plaat er een houtplaat staat. Dit geeft minder verschil met dan de laag perspex. Naderhand zijn er metingen uitgevoerd met een witte plaat in plaats van een zwarte plaat (figuur 11.16). De maximale temperatuur die de zonneschoorsteen bereikt ligt nu 6 graden lager. De maximale temperatuur die wordt bereikt met de zwarte plaat is 60 °C, de maximale temperatuur met de witte plaat is 54 °C. De luchtsnelheid met de witte plaat ligt ook lager als de luchtsnelheid gemeten met de zwarte plaat (figuur 11.17).

Het verschil in maximale temperatuur tussen een opening met 20 cm<sup>2</sup> en 44,2 cm<sup>2</sup> is nauwelijks waarneembaar, zowel bij de houten plaat als de zwarte plaat en de witte plaat.

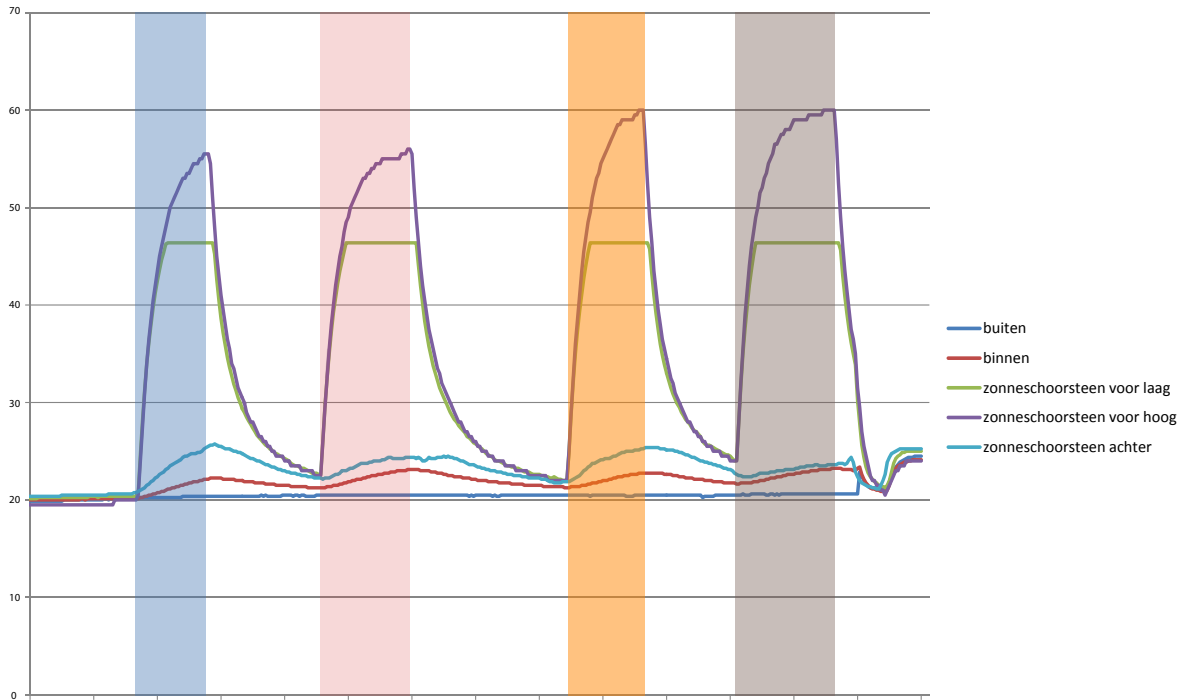
Bij de metingen van de luchtsnelheden is er nagenoeg geen verschil te zien tussen de metingen met en zonder zwarte plaat. Het verschil is groter bij het verschil in grootte opening. De luchtsnelheid bij een openingen van 20 cm<sup>2</sup> is sneller dan bij een opening van 44,2 cm<sup>2</sup>. Ook dit verschil is niet erg groot, maar wel waarneembaar.

Bij gebruik van dezelfde weerstandscoefficienten als variant 1, vallen de gemeten luchtsnelheden een stuk

lager uit als de berekende luchtsnelheden. Worden de weerstandscoefficienten verhoogd dan voldoen de gemeten luchtsnelheden aan de berekende luchtsnelheden. Dit komt omdat de lucht nu op een andere plaats toegevoegd wordt. Bij variant 1 wordt de lucht via een ronde vorm in hout toegevoerd, terwijl bij variant 2 de lucht via een ronde vorm in vivak toegevoerd wordt. De ronde vorm in vivak heeft een stuk minder strakkere vorm dan de ronde vorm in het hout. Hierdoor zijn er bij variant 2 hogere weerstandscoefficienten nodig om de gemeten luchtsnelheid aan de theorie te laten voldoen.

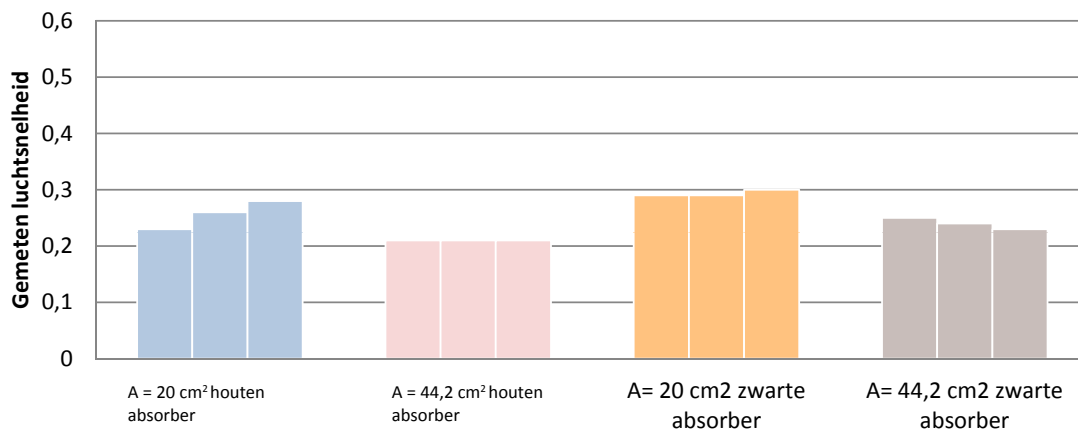
Ook hier is de grote van de opening voor de luchtsnelheden belangrijker als de toevoegingen van de zwarte plaat.

Bij de visualisatie van de luchtstroom met rook is op film "variant 2" goed te zien dat de lucht inderdaad daalt in één zijde van de zonneschoorsteen en stijgt aan de andere zijde.

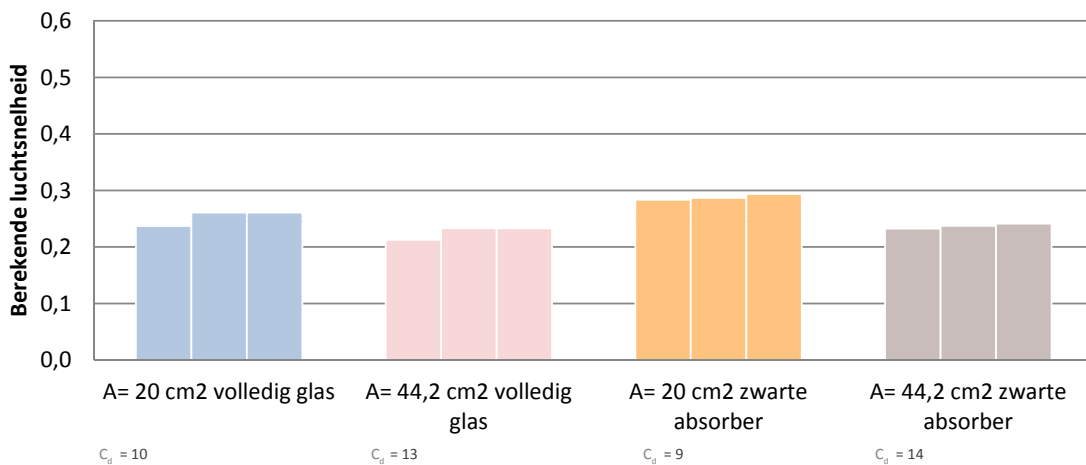


- Zonneshoorsteen met houten absorber,  $A = 44,2 \text{ cm}^2$
- Zonneshoorsteen met zwarte absorber,  $A = 44,2 \text{ cm}^2$
- Zonneshoorsteen met houten absorber,  $A = 20 \text{ cm}^2$
- Zonneshoorsteen met zwarte absorber,  $A = 20 \text{ cm}^2$

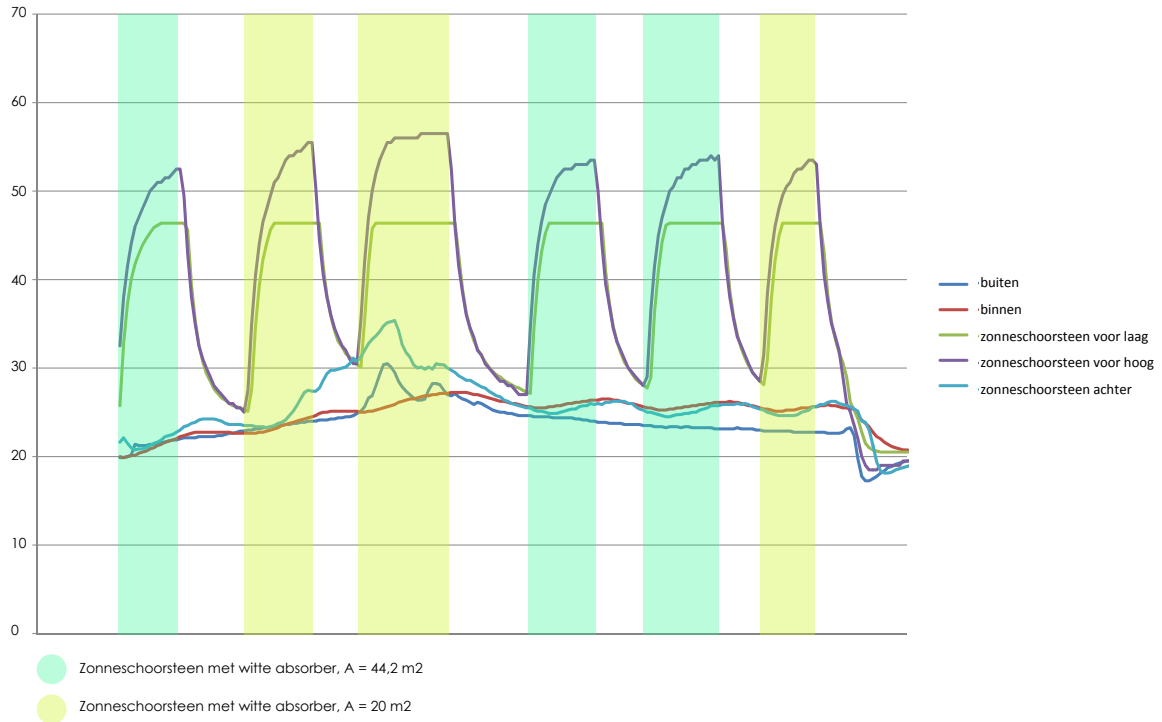
Figuur 11.13. Buitentemperatuur, binnentemperatuur en de temperatuur in de zonneshoorsteen op twee verschillende plekken bij zonneshoorsteen variant 2



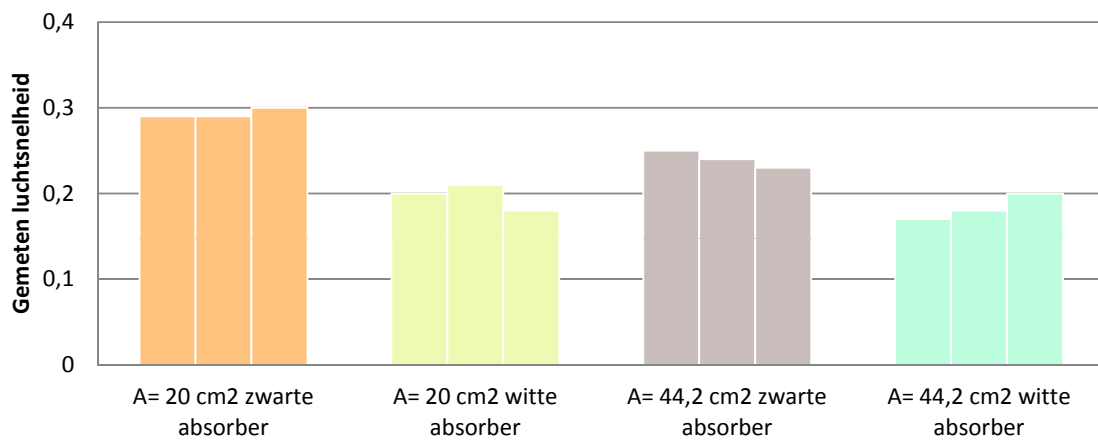
Figuur 11.14. Gemeten luchtsnelheid in het modelonderzoek



Figuur 11.15. Berekende luchtsnelheden door de gemeten temperaturen in het modelonderzoek



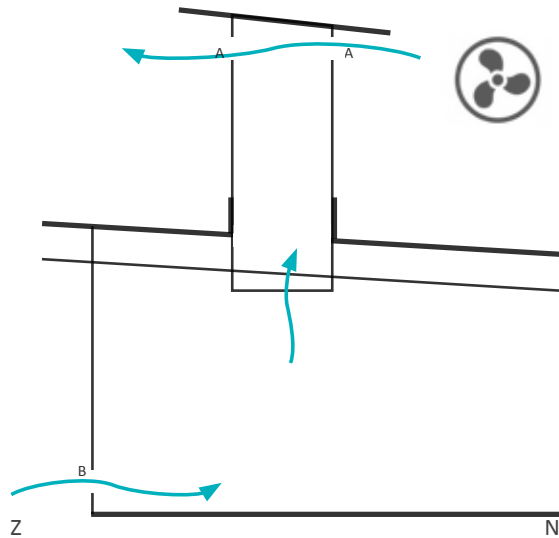
Figuur 11.16. Buitentemperatuur, binnentemperatuur en de temperatuur in de zonneshoorsteen op twee verschillende plekken bij zonneshoorsteen variant 2 met een witte plaat



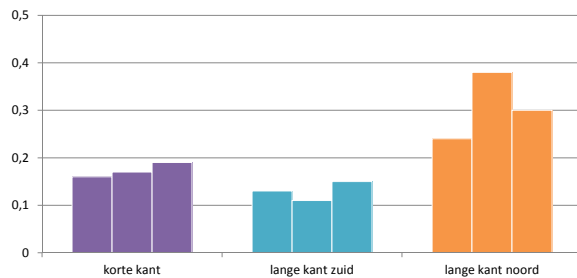
Figuur 11.17. Gemeten luchtsnelheid in het modelonderzoek



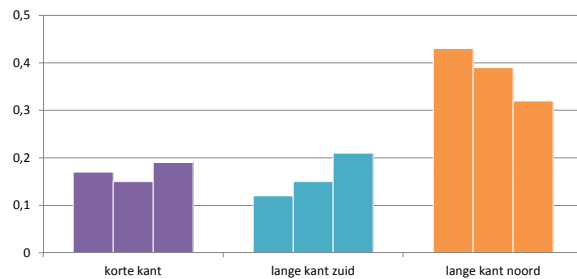
## 11.2.4 Modelonderzoek zonneschoorsteen met wind, zonder zon



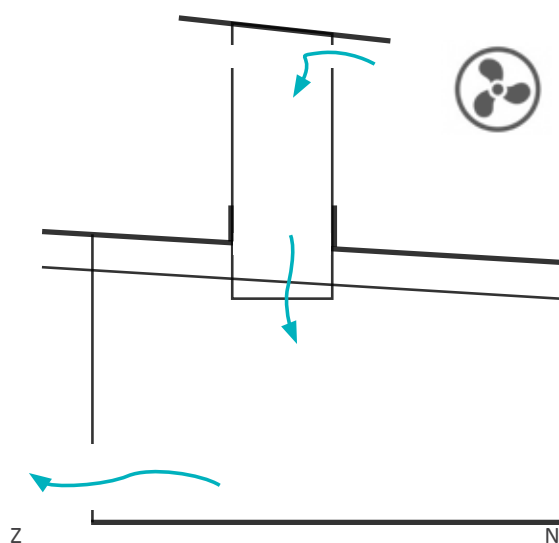
Figuur 11.18. Ventilatie schema voor de invloed van wind



Figuur 11.19. Ventilatiesnelheid met  $A = 20 \text{ cm}^2$



Figuur 11.20. Ventilatiesnelheid met  $A = 44,2 \text{ cm}^2$



Figuur 11.21. Ventilatie schema bij een te grote ventilatietoever opening

Modelonderzoek aan de zonneschoorsteen met wind wordt gedaan met behulp van een ventilator. De ventilator geeft op 1 meter afstand een luchtsnelheid van 1.8 m/s. Het windprofiel van de zonneschoorsteen staat weergegeven in tabel 11.7.

De luchtsnelheden worden gemeten bij de lucht toevoer opening. Vervolgens wordt in plaats van een bouwlamp, de ventilator op drie verschillende plaatsen neergezet, op dezelfde afstand en hoogte van de zonneschoorsteen. Met behulp van de luchtsnelheidsmeter wordt de luchtsnelheid gemeten bij de opening aan de zijkant.

De luchtsnelheden te zijn bereikt met de ventilator in het modelonderzoek staan weergegeven in figuur 11.19 en 11.20. Deze luchtsnelheden kunnen we niet vergelijken met de luchtsnelheden bereikt met de bouwlamp omdat dit twee verschillende drijvende krachten zijn, met verschil in grootte.

Er is wel te bekijken vanuit welke richting de wind het meeste effect heeft op de luchtsnelheid die de woning binnenkomt.

Vanuit figuur 11.19 en 11.20 wordt geconcludeerd dat wind op de lange kant op het noorden de hoogste luchtsnelheden bereikt, en wind op het zuiden de laagste luchtsnelheden bereikt.

Het valt op dat de luchtsnelheden bij de opening van  $44,2 \text{ cm}^2$  groter zijn dan bij de opening van  $20 \text{ cm}^2$ . Dit komt de lucht hier in tegengestelde richting wordt afgevoerd (figuur 11.21). Bij deze weg heeft de lucht de minste weerstand. De openingen boven aan de zonneschoorsteen (A) zijn vrij laag, maar wel breed (waardoor de oppervlakte van A wel groter is dan de oppervlakte van B). Waarschijnlijk zijn deze openingen te laag, waardoor de lucht eerder door opening B wordt afgevoerd.

Met de rook is vastgesteld dat de lucht de tegengestelde richting opgaat met gebruik van de ventilator (film "alleen wind" op de CD). De visualisatie van de luchtstroom is gedaan met de grootste opening ( $44,2 \text{ cm}^2$ ). Hier is duidelijk te zien dat de lucht de tegengestelde richting stroomt. Daarnaast is er een film gemaakt met de wind vanuit de zuid kant met een kleine opening, om te controleren of de luchtstroom de goede richting op gaat. Er is gekozen voor de richting die de minste luchtsnelheid oplevert. Zodra deze voldoet, voldoen de overige windrichtingen ook. De film geeft aan dat de lucht nu inderdaad via de schoorsteen wordt afgevoerd.

### 11.2.5 Modelonderzoek zonneschoorsteen met wind en zon

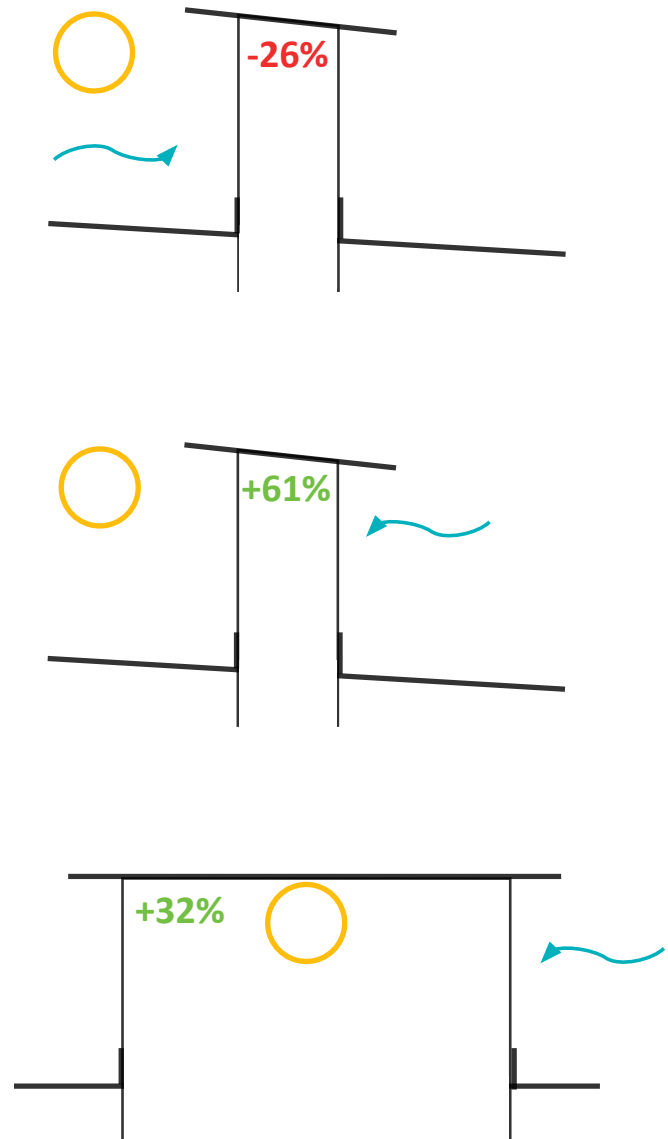
De metingen zijn hier uitgevoerd met een opening van 44,2 cm<sup>2</sup>, zonder zwarte plaat. De verificatie van de gemeten luchtsnelheden wordt gedaan met dezelfde weerstandswaarde als de weerstandswaarde die in de metingen bij variant 1, met een zonneschoorsteen zonder zwarte plaat met een opening van 44,2 cm<sup>2</sup> is vastgesteld ( $C_d = 1,7$ ).

Wat als eerste opvalt aan grafiek 11.23 is dat de temperaturen een stuk lager zijn als de temperaturen gemeten bij variant 1. De maximale temperatuur die bereikt wordt is 32,5 graden, terwijl dit zonder wind 40,5 graden is. Daarnaast valt op dat de temperatuur die bovenaan de schoorsteen gemeten wordt lager ligt als de temperatuur die iets lager gemeten wordt. Dit komt waarschijnlijk omdat de wind de meeste invloed heeft op de hoogste meetbutton en hierdoor minder hogere waardes registreert. Hoe meer verschil ertussen de twee waardes van de zonneschoorsteen zit, hoe meer wind er binnenkomt. Dit betekent dat er op het noorden de meeste wind binnenkomt en aan de zijkant het minste. Dit is ook logisch aangezien er aan de zijkant minder vierkante meter opening is, en de meeste wind van de ventilator langs de zonneschoorsteen gaat.

Als de wind vanuit dezelfde kant komt als de zon staat, dan zorgt dit voor lagere luchtsnelheden. De gemeten luchtsnelheden zijn nu ongeveer 40% lager als de luchtsnelheden gemeten bij variant 1. Daarnaast is te zien dat de verificatie van de gemeten luchtsnelheid aan de hand van de temperatuur hoger ligt als de luchtsnelheid die gemeten is. De gemeten luchtsnelheden liggen hier ongeveer 25% onder. De wind werkt hier de ventilatie van de woning tegen. De temperatuur in het model stijgt in deze opstelling meer als de overige windrichtingen. Dit komt omdat er minder geventileerd wordt, en de warmte dus niet afgevoerd kan worden.

De temperatuur die de zonneschoorsteen bereikt onder deze windrichting ligt ook lager als bij de overige windrichtingen.

De wind aan de tegengestelde richting van de zon zorgt er juist voor dat de gemeten luchtsnelheid ongeveer 20% hoger ligt vergeleken met de luchtsnelheden gemeten bij variant 1. Als de gemeten luchtsnelheden worden vergeleken met de luchtsnelheden aan de hand



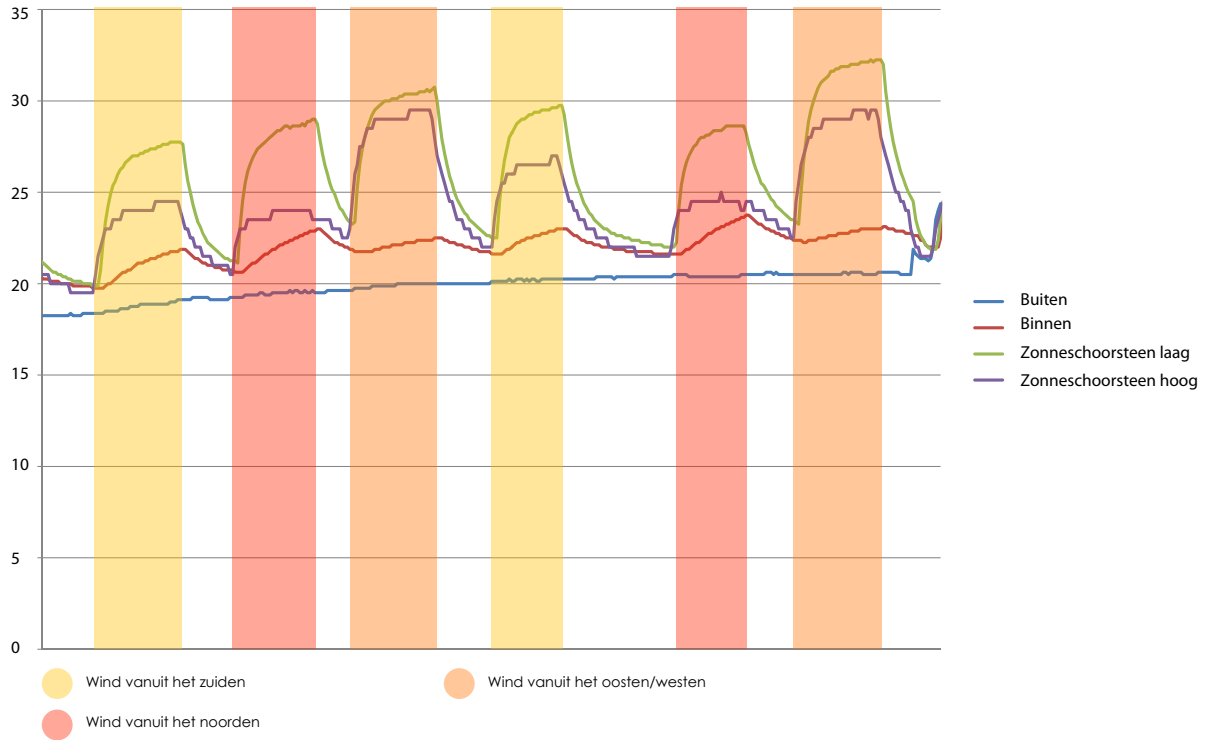
Figuur 11.22. De invloed van de wind op het ventilatie-debiet van de zonneschoorsteen

van de theorie, dan liggen de gemeten luchtsnelheden 61% hoger. Ook zijn hier over het algemeen de temperaturen in de zonneshoorsteen iets hoger als bij de windrichting vanuit het zuiden.

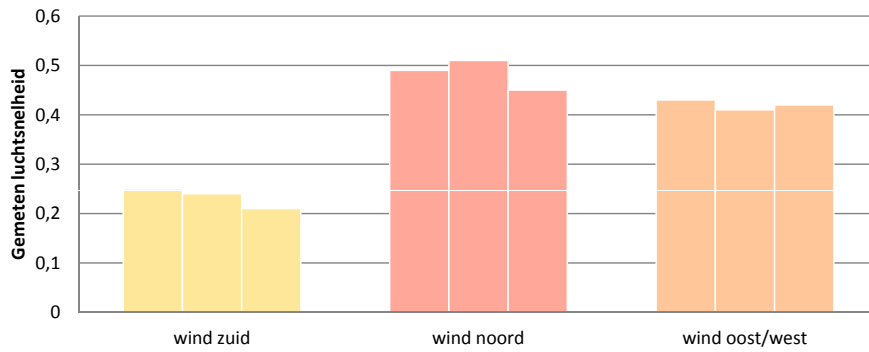
Bij de wind aan de zijkant van de zonneshoorsteen zijn de gemeten luchtsnelheden iets hoger als de gemeten luchtsnelheden bij variant 1. De luchtsnelheden liggen nu ongeveer 5% hoger. Vergeleken met de luchtsnelheden aan de theorie liggen de gemeten luchtsnelheden 32% hoger.

De temperatuur van de zonneshoorsteen ligt alsnog een stuk lager als de temperatuur van de zonneshoorsteen bij variant 1. Vergeleken met wind uit de andere windrichtingen is de temperatuur in de zonneshoorsteen bij deze windrichting in het hoogst. Dit komt omdat wind bij deze windrichting de minste invloed heeft.

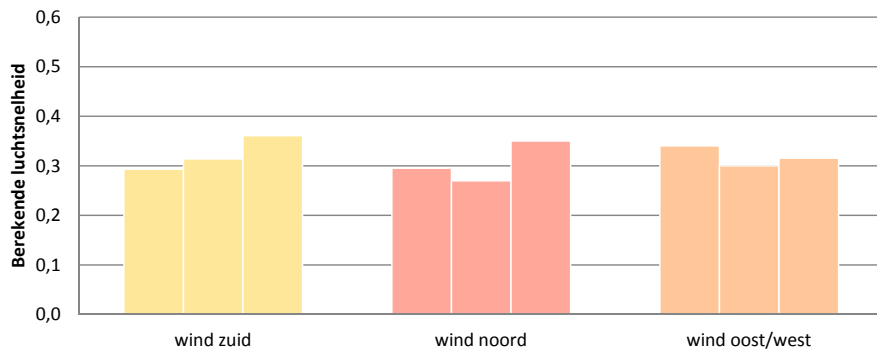
De visualisatie van de luchtstroom met rook is minder duidelijk dan bij de varianten zonder rook. Met de ventilator wordt de lucht sneller afgevoerd, en is deze minder zichtbaar. Wel wordt bij alle richtingen de lucht toegevoerd via de woning en afgevoerd via de zonneshoorsteen. Op film "zon en wind uit zuiden" is te zien dat de lucht moeite heeft met afgevoerd te worden als de wind uit dezelfde richting komt als de zon. Bij de overige windrichtingen (film "zon en wind uit noorden" en "zon en wind uit oosten/westen") is de luchtafvoer duidelijker te zien.



Figuur 11.23. Buitentemperatuur, binnentemperatuur en de temperatuur in de zonneschoorsteen op twee verschillende plekken bij zonneschoorsteen variant 1 in combinatie met wind



Figuur 11.24. Gemeten luchtsnelheid in het modelonderzoek



Figuur 11.25. Berekende luchtsnelheden door de gemeten temperaturen in het modelonderzoek

### 11.2.6 Conclusie modelonderzoek

De waarden voor de luchtsnelheden die gemeten zijn tijdens modelonderzoek zijn geverifieerd doormiddel van de gemeten temperaturen. Hierdoor kan vastgesteld worden dat het schaalmodel zich gedraagt naar verwachting.

In tabel 11.8 en 11.9 hieronder staat samengevat hoe de verschillende varianten van de zonnescloorstenen presteren tijdens het modelonderzoek.

Zonnescloorsteen, A = 20 cm <sup>2</sup>	T <sub>s,max</sub> (°C)	v (m/s)
Variant 1, volledig glas	40.5	0.47
Variant 1, zwarte plaat	53	0.55
Variant 2, houten plaat	55.5	0.27
Variant 2, zwarte plaat	58	0.29
Variant 2, witte plaat	50.5	0.2

Tabel 11.8. Maximale temperatuur in de zonnescloorsteen bij de verschillende varianten en de bijbehorende luchtsnelheden. Bij een ventilatieopening van A = 20 cm<sup>2</sup>

Zonnescloorsteen, A = 44,2 cm <sup>2</sup>	T <sub>s,max</sub> (°C)	v (m/s)
Variant 1, volledig glas	36	0.37
Variant 1, zwarte plaat	46	0.41
Variant 2, houten plaat	54.5	0.21
Variant 2, zwarte plaat	57	0.24
Variant 2, witte plaat	53	0.18

Tabel 11.9. Maximale temperatuur in de zonnescloorsteen bij de verschillende varianten en de bijbehorende luchtsnelheden. Bij een ventilatieopening van A = 44.2 cm<sup>2</sup>

Variant 2 heeft hogere temperaturen als variant 1. Dit komt omdat de zonnescloorsteen bij variant 2 gehalveerd is, en dus minder volume heeft, waardoor de lucht hierin sneller opwarmt. Er wordt echter bij variant 2 niet meer geventileerd dan bij variant 1. De ventilatiesnelheden zijn variant 2 lijken gehalveerd te zijn.

Een zonnescloorsteen zoals variant 1 levert de hoogste ventilatiesnelheden op. Wordt er bij variant 1 een zwarte plaat op de noordzijde toegepast dan worden de luchtsnelheid groter. Een zwarte plaat levert ook bij variant 2 de hoogste luchtsnelheden, de witte plaat de laagste. De luchtsnelheden van de houten plaat liggen hier tussen in.

Een toevoeging van een zwarte plaat heeft bij beide zonnescloorstenen positief effect op de maximale temperatuur van de zonnescloorsteen en dus ook op de ventilatiesnelheid.

De grote van de ventilatie opening heeft meer effect

op de ventilatiesnelheid dan de maximale temperatuur in de zonnescloorsteen. Hoe groter de opening hoe lager de luchtsnelheden worden.

Als de ventilatie opening erg klein wordt, dan stijgt de binnentemperatuur van de woning. Dit komt omdat de warme lucht van de zonnescloorsteen niet weg geventileerd kan worden, en zich dus vermengd met de binnentemperatuur.

Toevoeging van wind kan een positief effect levert op de ventilatiesnelheid. De hoogste snelheden worden gemeten bij de wind op het noorden. De wind zorgt in deze situatie ervoor dat de lucht sneller wordt afgevoerd, doordat de wind de warme lucht de zonnescloorsteen uit trekt. Zodra de wind op het zuiden staat levert dit lagere ventilatiesnelheden op. Op deze positie werkt de wind de afvoer van de warme lucht tegen.

Hoe sneller de lucht wordt afgevoerd door de wind (dus hoe hoger de ventilatiesnelheid is), hoe lager de temperatuur in de zonnescloorsteen wordt.

## 11.3 Vergelijking modelonderzoek met het rekenmodel

Het rekenmodel berekent een zonneshoorsteen die volledig van glas is uitgevoerd. Dit komt overeen met het modelonderzoek van de zonneshoorsteen variant 1, volledig van vivak. In het rekenmodel zijn alle eigenschappen van het schaalmodel ingevoerd (afbeelding 11.16). Daarnaast is ook de weerstandscoefficient die gevonden is tijdens de metingen in het schaalmodel ingevoerd, en de buitentemperatuur die gold ten tijde van de meting. De uitkomsten van de zomersituatie uit het rekenmodel zijn vervolgens vergeleken met de uitkomsten van het modelonderzoek.

Er worden hier twee scenario's vergeleken: een windstille dag, en een dag waarop zowel de wind als zon invloed heeft op de ventilatie. Het modelonderzoek van de bewolkte dag (met alleen wind) is moeilijker te vergelijken met het rekenmodel. Bij het modelonderzoek is er onderscheidt gemaakt tussen verschillende windrichtingen. In het rekenmodel wordt hier geen onderscheidt in gemaakt.

Op een windstille dag met een luchttoevoeropening van 20 cm<sup>2</sup> komen de volgende resultaten uit het meetmodel.

Het rekenmodel geeft een maximale temperatuur in de zonneshoorsteen van 42,8 °C, met een maximale luchtsnelheid van 0.57 m/s. Het rekenmodel geeft 2 °C hoger aan als de gemeten waarde tijdens het modelonderzoek bij variant 1, en hierdoor is de luchtsnelheid ook 0.10 m/s sneller.

Het grote verschil tussen het rekenmodel en het modelonderzoek is dat de stijging van de binnentemperatuur in het schaalmodel 1,9 °C is terwijl dit in het meetmodel maar 0.2 °C is. In het rekenmodel is de binnentemperatuur nagenoeg gelijk aan de buitentemperatuur. Bij het modelonderzoek zit hier meer iets verschil in.

Het rekenprogramma komt aardig overeen met het modelonderzoek. Dus bovenstaande resultaten kunnen ook vergeleken worden met de resultaten van het rekenprogramma met de werkelijke ontworpen parameters voor de woning (zonder de interne warmtelast). Bij de resultaten van de werkelijk ontworpen woning wordt gekeken naar de gehele dag. De maximale temperatuur in de zonneshoorsteen ligt tussen de metingen van het modelonderzoek en de berekening hiervan in het rekenmodel in. De binnentemperatuur stijgt hier meer dan uit het modelonderzoek is gekomen.

Bij een luchttoevoeropening van 44,2 cm<sup>2</sup> lijken de resultaten uit het modelonderzoek niet overeen te komen met het rekenmodel met de ingevoerde waarden vanuit het model. De maximale temperatuur van de zonneshoorsteen van het modelonderzoek komt wel goed overeen met de resultaten van het rekenprogramma met de werkelijke eigenschappen.

Er kan vanuit bovenstaande vergelijkingen geconcludeerd worden dat de maximale waarden van

Zon - windstille dag. A = 20 cm <sup>2</sup>	T <sub>s,max</sub> (°C)	ΔT <sub>i</sub> (°C)	v <sub>deb,max</sub> m <sup>3</sup> /h	v <sub>max</sub> (m/s)
Resultaten van het modelonderzoek	40.5	1.9		0.47
Resultaten van het rekenprogramma, met model eigenschappen	42.8	0.2	8.4	0.57
Resultaten van het rekenprogramma, met de werkelijke ontworpen eigenschappen	41.3	3.3	1163.0	2.8

Tabel 11.10. Vergelijking tussen het modelonderzoek en het rekenprogramma bij zonneshoorsteen variant 1. Met een ventilatieopening van 20 cm<sup>2</sup>

Zon - windstille dag. A = 44.2 cm <sup>2</sup>	T <sub>s,max</sub> (°C)	ΔT <sub>i</sub> (°C)	v <sub>deb,max</sub> m <sup>3</sup> /h	v <sub>max</sub> (m/s)
Resultaten van het modelonderzoek	36	2.5		0.39
Resultaten van het rekenprogramma, met model eigenschappen	42.8	0.2	19.6	0.53
Resultaten van het rekenprogramma, met de werkelijke ontworpen eigenschappen	34	4.0	2068	2.4

Tabel 11.11. Vergelijking tussen het modelonderzoek en het rekenprogramma bij zonneshoorsteen variant 1. Met een ventilatieopening van 44.2 cm<sup>2</sup>

de zonneshoорsteen in het modelonderzoek goed overeen komen met waarden die verwacht kunnen worden in de werkelijke situatie. Aan de hand van de maximale temperaturen in de zonneshoорsteen kan het bijbehorende ventilatiedebiet worden berekend door onderstaande formule:

$$v_{deb,zon} = A_e \cdot C_d \cdot \sqrt{\frac{g \cdot h \cdot (T_s - T_a)}{T_a}}$$

$v_{deb,zon}$  = ventilatiedebiet dat door thermiek wordt bereikt [m/h]

$T_a$  = Buitentemperatuur [°C]

$T_s$  = Temperatuur in de zonneshoорsteen [°C]

$C_d$  = 0.7

$A_e$  = Equivalent oppervlakte van de openingen [m<sup>2</sup>]

$g$  = Zwaartekracht = 9,81

$h$  = Hoogte tussen inlaat en afvoer [m]

Het volgende maximale ventilatiedebiet wordt dan bereikt door de verschillende varianten zonneshoорstenen:

Zonneshoорsteen	$T_{s,max}$ (°C)	$v_{deb,zon}$ (m <sup>3</sup> /s)
Variante 1, volledig glas	40.5	1163.9
Variante 1, zwarte plaat	53	1463.6
Variante 2, houten plaat	55.5	1516.5
Variante 2, zwarte plaat	58	1567.5
Variante 2, witte plaat	50.5	1408.8

Tabel 11.12. Maximale temperatuur in de zonneshoорsteen bij de verschillende varianten en de bijbehorende luchtsnelheden volgens het rekenmodel. Bij een ventilatieopening van  $A = 20 \text{ cm}^2$

Uit modelonderzoek is gekomen dat de ventilatiesnelheden bij variante 2 ongeveer gehalveerd zijn, vergeleken met variante 1. Daarom moet bovenstaande ventilatiedebiet van variante 2 gehalveerd worden om deze aan de werkelijke situatie te laten voldoen. Het ventilatiedebiet per zonneshoорsteen wordt dan:

zon en wind. $A = 44.2 \text{ cm}^2$	$T_{s,max}$ (°C)	$\Delta T_l$ (°C)	$v_{deb,max}$ m <sup>3</sup> /h	$v_{max}$ (m/s)
Resultaten van het modelonderzoek	32.5	0.9		0.4
Resultaten van het rekenprogramma, met model eigenschappen	43.6	0.9	69.4	0.5
Resultaten van het rekenprogramma, met de werkelijke ontworpen eigenschappen	35.8	3.3	2794.5	2.4

Tabel 11.14. Vergelijking tussen het modelonderzoek en het rekenprogramma bij zonneshoорsteen variante 1. Met een ventilatieopening van  $44.2 \text{ cm}^2$

Zonneshoорsteen	$T_{s,max}$ (°C)	$v_{deb,zon}$ (m <sup>3</sup> /s)
Variante 1, volledig glas	40.5	1163.9
Variante 1, zwarte plaat	53	1463.6
Variante 2, houten plaat	55.5	758.25
Variante 2, zwarte plaat	58	828.75
Variante 2, witte plaat	50.5	704.4

Tabel 11.13. Maximale temperatuur in de zonneshoорsteen bij de verschillende varianten en de aangepaste luchtsnelheden. Waarbij Bij een ventilatieopening van  $A = 20 \text{ cm}^2$

Omdat het ventilatiedebiet gehalveerd is bij variante 2 in vergelijking met variante 1, zullen de temperaturen in de woning hoger liggen bij de toepassing van variante 2. Er wordt dan minder warmte verloren door ventilatie.

Het modelonderzoek van wind en zon is uitgevoerd met een luchttoevoeropening van  $44.2 \text{ cm}^2$ . In het rekenmodel (met de eigenschappen van het schaalmodel) is een luchtsnelheid van  $1,8 \text{ m/s}$  ingevoerd. Dit is de waarde die de ventilator geeft op de afstand waarop deze van de zonneshoорsteen stond in het modelonderzoek. De resultaten die uit het modelonderzoek en het rekenmodel komen staan weergegeven in tabel 11.14.

De maximale temperatuur in de zonneshoорsteen die voortkomt uit het rekenprogramma met de eigenschappen van het schaalmodel ligt hoger als de gemeten waarde bij het modelonderzoek. Dit komt waarschijnlijk doordat de grotere opening hier is gebruikt. Hetzelfde effect was ook te zien bij de vergelijking met alleen zon. Met een opening van  $44,2 \text{ cm}^2$  (van het modelonderzoek) lijkt het rekenmodel niet meer te kloppen met het modelonderzoek. De temperaturen blijven nagenoeg gelijk, in vergelijking met de kleine opening.

Dit betekent dat de waarden van de maximale temperatuur in de zonneshoорsteen en het ventilatiedebiet volgens het rekenmodel in de werkelijke situatie ook te hoog liggen, de werkelijke waarde zal lager liggen dan uit het rekenprogramma komt.

**Woning**

<b>Eigenschappen woning</b>	
Oppervlakte	1.20 m <sup>2</sup>
Volume	0.43 m <sup>3</sup>

<b>Materialen</b>	
<b>U waarde</b>	
Glas dubbel	0.14 W/m <sup>2</sup> K
Gipsplaat muur	4.38 W/m <sup>2</sup> K
Beton muur met dun	0.00 W/m <sup>2</sup> K
Beton muur zonder dun	0.00 W/m <sup>2</sup> K

<b>Verhield massa</b>			
<b>Soortelijke dichtheid</b>	<b>Indringingsdiepte</b>	<b>Oppervlakte</b>	<b>Massa</b>
Materiaal 1 (beton)	2000.0 kg/m <sup>3</sup>	0.01 m	2400 kg
Materiaal 1 (beton)	2000.0 kg/m <sup>3</sup>	0.00 m	0 kg
Materiaal 2 (hout)	800.0 kg/m <sup>3</sup>	0.00 m	0 kg
Materiaal 2 (hout)	800.0 kg/m <sup>3</sup>	0.00 m	0 kg
<b>Massa</b>		<b>Soortelijke warmte</b>	
Totaal materiaal 1 (beton)	2400.0 kg	840.0 J/kgK	
Totaal materiaal 2 (hout)	0.0 kg	1880.0 J/kgK	
Totaal alph	0.001785714 J/K		

**Wind**

<b>Drukcoëfficiënten</b>	
leerzijde	0.8
lijpzijde	-0.4

<b>Windsnelheid</b>	
windsnelheid op 10 m	3.8 m/s
Windsnelheid op 10 m met windmerk	0.38 m
termcoëfficiënt a	-0.17
termcoëfficiënt k	0.68
windsnelheid hoogte h	3.04 m/s

zie tabel windvelden per maand

**Overig**

<b>Openingen en hoogte</b>	
Lucht inlaat (Ai)	0.002 m <sup>2</sup>
Lucht afvoer (Aa)	0.028 m <sup>2</sup>
Ae	0.002 m <sup>2</sup>
gravity (g)	9.8

<b>Overig</b>	1200.0
Rho * s lucht	1.8

<b>Interne warmtelast</b>			
Energieverbruik	1.0 Lggen	aant. Pers	0.0
Energieverbruik	2.0 Zitren	aant. Pers	0.0
Energieverbruik	3.0 Staan	aant. Pers	0.0
Energieverbruik	4.0 Bewegen	aant. Pers	0.0
Qmens	0.0		
apparatuur 1 (pc)	0.0 W		
apparatuur 2	W		
apparatuur 3	W		
apparatuur 4	W		
<b>QLicht</b>	0.0 W	# sparlamp. 6 uur aan	

**Zonneschorssteen**

<b>Eigenschappen Zonneschorssteen</b>	
Oppervlakte	0.11 m <sup>2</sup>
Volume	0.05 m <sup>3</sup>
Hoogte	0.38 m

<b>Materialen</b>	
<b>U waarde</b>	
Glas	0.65 W/m <sup>2</sup> K
Hout	0.33 W/m <sup>2</sup> K

<b>Verhield massa</b>			
<b>Soortelijke dichtheid</b>	<b>Indringingsdiepte</b>	<b>Oppervlakte</b>	<b>Massa</b>
Materiaal 1 (hout)	800.0 kg/m <sup>3</sup>	0.01 m	2.112 kg
Materiaal 1 (hout)	800.0 kg/m <sup>3</sup>	0.33 m	0 kg
<b>Massa</b>		<b>Soortelijke warmte</b>	
Totaal materiaal 1 (beton)	2.1 kg	1880.0 J/kgK	
Totaal alph	0.90667314 J/K		

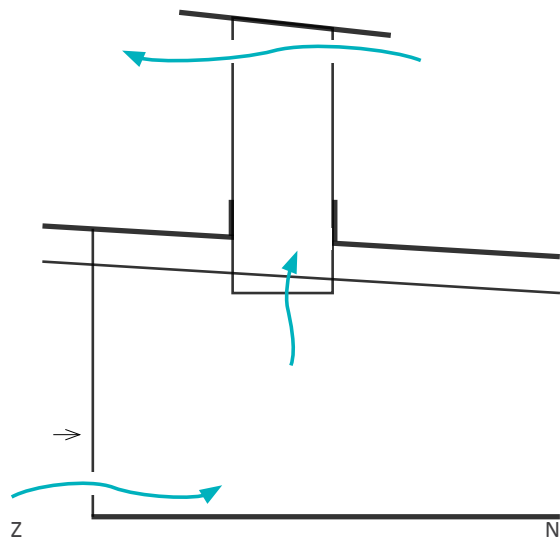
<b>terrein</b>	<b>a</b>	<b>k</b>
Open plateland	0.17	0.88
Land met wind obstakels	0.20	0.52
Stedelijk	0.25	0.35
Stad	0.33	0.21

<b>Ventilatie gegevens</b>	
Aantal personen aanwezig	0.0 pers
Min ventilatie debiet	50.0 m <sup>3</sup> /h
Ventilatie snelheid	0.5 m/s
Min. Luchtopening	0.0

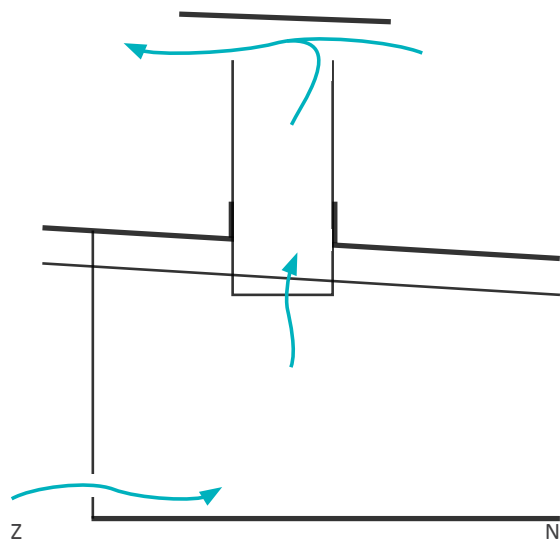
Figuur 11.26. Invoergegevens van met model met variant1 van vivak in het rekenmodel. Op een windstille dag is er bij windsnelheid op 10 meter "0" ingevoerd.



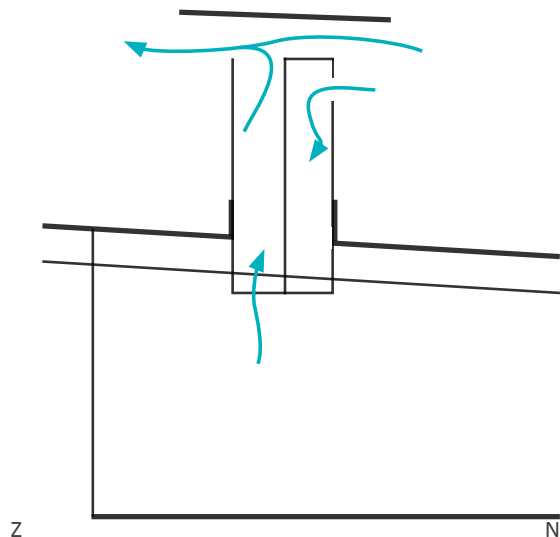
## 11.4 Subconclusie



Figuur 11.27. Oorspronkelijk ontwerp zonneschoorsteen.



Figuur 11.28. Ontwerp van de zonneschoorsteen naar het venturi dak bij variant 1.



Figuur 11.29. Ontwerp van de zonneschoorsteen naar het venturi dak bij variant 2.

Voor de uitvoering van de zonneschoorsteen met een zwarte absorberende plaat aan het noorden zorgt voor hogere temperaturen in de zonneschoorsteen. En dus ook een hoger ventilatiedebiet.

De grote van de ventilatieopeningen heeft ook invloed op de temperatuur van de zonneschoorsteen en het ventilatiedebiet. Wordt de ventilatieopening groter, dan wordt de temperatuur in de zonneschoorsteen lager, de binnentemperatuur lager, de lichtsnelheid lager, en het ventilatiedebiet hoger.

$$A_e > T_s < T_i < v < v_{deb} >$$

Voor de ventilatieopeningen is het belangrijk dat de opening voor de afvoer van de lucht ( $A_a$ ) groter moet zijn dan de luchttoevoer openingen ( $A_i$ ). Is dit niet het geval dan gaat zodra er wind op de zonneschoorsteen staat, de luchtstroom de omgekeerde kant op (toevoer via zonneschoorsteen en afvoer via de woning).

$$A_a > A_i$$

Zon en wind kunnen er samen voor zorgen dat er goed geventileerd wordt. Ze versterken elkaar met het huidige ontwerp van het dak van de zonneschoorsteen het beste als de wind vanuit het noorden komt. Ook wind vanuit het westen of oosten versterkt de trek in de zonneschoorsteen. Wind vanuit het zuiden zorgt voor een lager ventilatiedebiet.

Wind noorden > wind oosten & westen > wind zuiden

Dit komt door de helling van het dak. Als de wind komt vanaf het hoogste punt van het dak (hier zuid) dan zal dit het ventilatiedebiet negatief beïnvloeden.

Als het dak van de zonneschoorsteen minder schuin wordt uitgevoerd, en los staat van de zonneschoorsteen, dan zal de richting van de wind minder uitmaken. De wind wordt dan niet via de zijkant van de zonneschoorsteen afgevoerd, maar bovenaan tussen de zonneschoorsteen en het dak (figuur 11.28 en figuur 11.29). Het dak van de zonneschoorsteen wordt nu uitgevoerd zoals het venturi dak (hoofdstuk 6.5).

Hoe sneller de lucht wordt afgevoerd door de wind

(dus hoe hoger de ventilatiesnelheid is), hoe lager de temperatuur in de zonneschoorsteen wordt.

Een zonneschoorsteen zoals variant 2 levert lagere luchtsnelheden en een lager ventilatiedebiet op als een zonneschoorsteen zoals variant 1. Daarbij heeft variant 2 als voordeel dat er minder tocht ontstaat in de woning, omdat de luchttoevoer vanuit boven in de ruimte komt. Voordat de koude aangevoerde lucht bij de bewoners komt, is deze gemengd met de aanwezige lucht en dus al opgewarmd. De bewoners hebben dan minder last van tocht.

Omdat de lucht wordt aangevoerd vanaf de noordelijke helft van de zonneschoorsteen, is hier een mogelijkheid om de lucht in de winter voor te verwarmen. Hiermee kan ook de binnentemperatuur verhoogd worden. In het modelonderzoek in  $\Delta T_i$  voor variant 1 gemiddeld 1.2 °C, en voor variant 2 is  $\Delta T_i$  1.5 °C. Doordat er bij variant 2 met warmere temperaturen geventileerd wordt, stijgt de binnentemperatuur ook meer.

De helft van de zonneschoorsteen waardoor de lucht toegevoerd wordt, mag echter niet te warm worden want dan is het verschil in temperatuur minder groot, waardoor er nauwelijks geventileerd wordt.

In de zomer kan de aanvoer via de zonneschoorsteen nadelig werken. De temperatuur van de lucht die de woning in wordt geblazen is dan warmer, waardoor de binnentemperatuur stijgt. In de zomer is het voordeliger om met een koelere lucht de woning te ventileren.

Variante 1 ventileert meer dan dat er eigenlijk nodig is. Dit kan tocht veroorzaken in de woning. Het ventilatiedebiet kan worden verminderd door de ventilatieopeningen aan te passen, of de hoogte van de zonneschoorsteen. Ook kan de opening in de woonkamer waardoor de lucht toegevoerd wordt hoog in de ruimte geplaatst worden. Hierdoor wordt de lucht opgewarmd voordat deze bij de bewoners komt. Hierdoor wordt kans op tocht verminderd.

Als de effectieve ventilatie opening ( $A_e$ ) gehalveerd wordt naar 0,1 m<sup>2</sup>, zakt het ventilatiedebiet bij variant 1 van 1200 m<sup>3</sup>/h naar 600 m<sup>3</sup>/h in de winter en van 1400 m<sup>3</sup>/h naar 800 m<sup>3</sup>/h in de zomer. Het ventilatiedebiet voldoet dan ook nog aan de minimale eis op een bewolkte en een windstille dag (grafiek 11.20 en 11.21).

Het gevolg van het verkleinen van de ventilatieopening is dat de binnentemperatuur in de zomer de volledige dag boven de 25,5 °C uit. Dit kan opgelost worden door

de lucht aan te voeren via een ondergronds netwerk van kanalen (grafiek 11.22 en 11.23). De binnentemperatuur zakt nu naar 22,3 °C gemiddeld. In de winter wordt de binnentemperatuur een stuk hoger als de lucht wordt aangevoerd via een ondergrondsnetwerk van kanalen. De binnentemperatuur wordt dan gemiddeld 20 °C (ipv 15,6 °C). Dit betekent dat er nog maar minimaal bijverwarmt hoeft te worden tot de minimale eis van 21 °C.

	Zomer		Winter	
	T <sub>s</sub> [°C]	T <sub>i</sub> [°C]	T <sub>s</sub> [°C]	T <sub>i</sub> [°C]
T <sub>max</sub>	51.6	29.4	27	16
T <sub>min</sub>	28.5	26.9	15.5	15
T <sub>gem</sub>	40.7	28.2	19.4	15.6

Tabel 11.15. Maximale temperatuur in de zonneschoorsteen bij de verschillende varianten en de bijbehorende luchtsnelheden. Bij een ventilatieopening van  $A_v = 0.1 \text{ m}^2$

	Zomer		Winter	
	T <sub>s</sub> [°C]	T <sub>i</sub> [°C]	T <sub>s</sub> [°C]	T <sub>i</sub> [°C]
T <sub>max</sub>	44.7	23.1	31.4	20.4
T <sub>min</sub>	23	21.7	19.9	19.5
T <sub>gem</sub>	34.6	22.3	23.8	20

Tabel 11.16. Maximale temperatuur in de zonneschoorsteen bij de verschillende varianten en de bijbehorende luchtsnelheden, waarbij de lucht wordt aangevoerd door een ondergronds netwerk van kanalen. Bij een ventilatieopening van  $A_v = 0.1 \text{ m}^2$

Door te ventileren door een ondergrond netwerk van kanalen kan de lucht in de zomer voorgekoeld en in de winter voorverwarmd worden. Echter dit systeem heeft een aantal punten waar tijdens het ontwerp goed rekening mee gehouden dient te worden. Er moet een groot oppervlakte aan buizen worden toegepast voordat de lucht opgewarmd of afgekoeld wordt. Ook moet er rekening mee gehouden worden dat er een mogelijkheid moet zijn om de buizen schoon te maken.

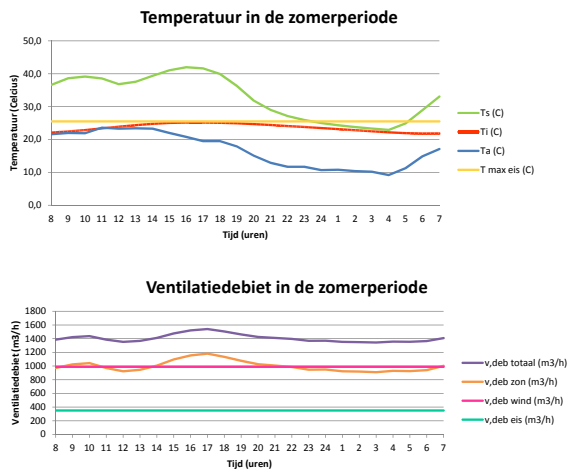
De zonneschoorsteen van variant 2 ventileert vanuit zichzelf al de helft van variant 1.

Zonneschoorsteen	T <sub>s,max</sub> (°C)	v <sub>deb,zon</sub> (m <sup>3</sup> /s)
Variante 1, volledig glas	40.5	1163.9
Variante 1, zwarte plaat	53	1463.6
Variante 2, houten plaat	55.5	758.25
Variante 2, zwarte plaat	58	828.75
Variante 2, witte plaat	50.5	704.4

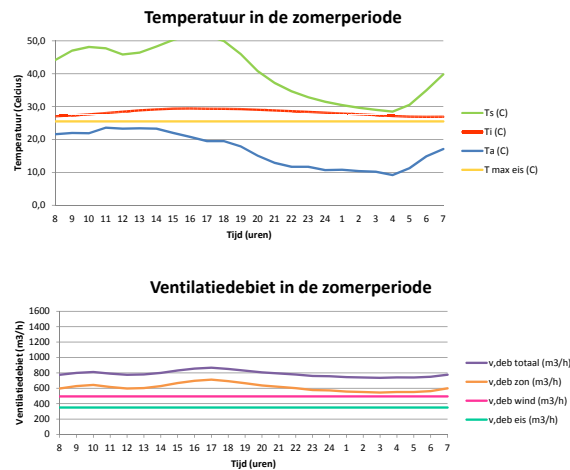
Tabel 11.17. Maximale temperatuur in de zonneschoorsteen en het bijbehorende ventilatiedebiet van de verschillende zonneschoorstenen.

Het is waarschijnlijk niet nodig om hier de ventilatieopening aan te passen. Wordt dit wel gedaan dan voldoet de zonneshoorsteen waarschijnlijk niet op bewolkte en/of windstille dagen.

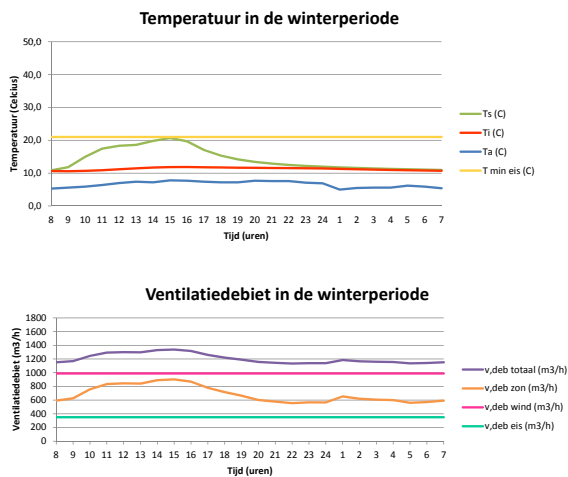
Het ventilatiedebiet bij variant 1 voldoet 's nachts nog altijd aan de minimale eis. Ook bij variant 2 zal dit het geval zijn. Wat betekent dat er 's avonds nog voldoende geventileerd kan worden. In de zomer kan er hierdoor gebruik worden gemaakt van nachtkoeling om de woning af te koelen.



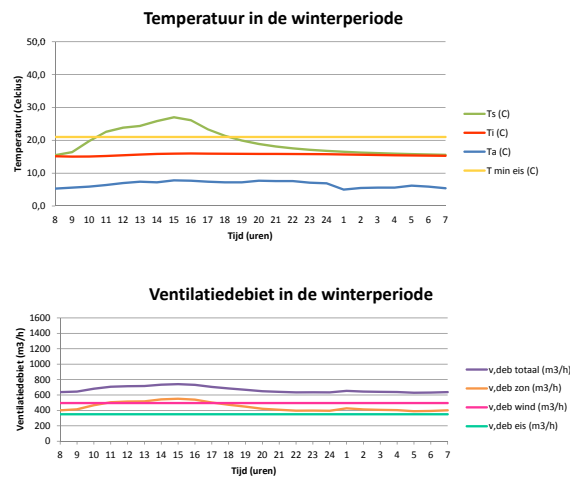
Grafiek 11.18. De binnentemperatuur van de slaapkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatie-debiet in de zomer.  $A_e = 0,1 \text{ m}^2$



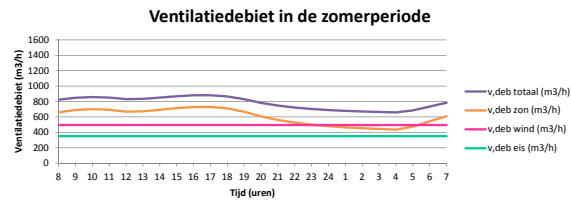
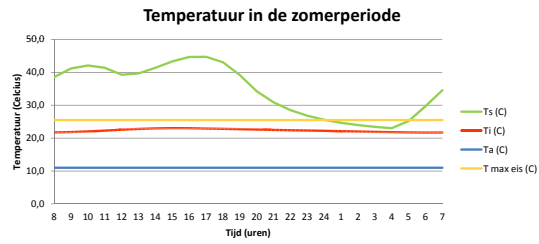
Grafiek 11.20. De binnentemperatuur van de slaapkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatie-debiet in de zomer.  $A_e = 0,1 \text{ m}^2$



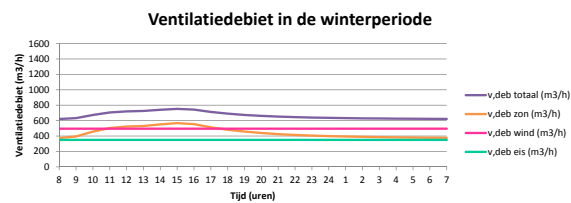
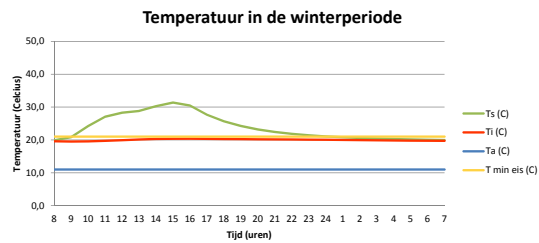
Grafiek 11.19. De binnentemperatuur van de slaapkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatie-debiet in de winter.



Grafiek 11.21. De binnentemperatuur van de slaapkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatie-debiet in de winter.  $A_e = 0,1 \text{ m}^2$



Grafiek 11.22. De binnentemperatuur van de slaapkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatiedebiet in de zomer. Waarbij de lucht wordt aangevoerd door een ondergronds netwerk van kanalen  $A_v = 0,1 \text{ m}^2$



Grafiek 11.23. De binnentemperatuur van de slaapkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatiedebiet in de winter. Waarbij de lucht wordt aangevoerd door een ondergronds netwerk van kanalen  $A_v = 0,1 \text{ m}^2$



## 12.0 Conclusie en verantwoording bouwfysica

*Ten aanzien van het afstuderen aan de master Building Technology is simulatie en modelonderzoek uitgevoerd op het ontwerp wat in hoofdstuk 7 is beschreven. In dit hoofdstuk worden de onderzoeken van licht (hoofdstuk 10) en ventilatie (hoofdstuk 11) met elkaar vergeleken en een aanbeveling gedaan voor eventuele verandering aan het ontwerp.*



Voor het afstuderen aan Building Technology is gestart met een half jaar literatuuronderzoek naar licht voor ouderen en dementerenden, en ventilatie door middel van een zonneshoorsteen.

Vanuit de master Architectural Engineering is een zorgwijk gekomen, met twee type woningen. Een ronde woning en een rechte woning. Het literatuuronderzoek van Building Technology wordt vervolgens getoetst aan dit ontwerp. Dit wordt gedaan volgens een modelonderzoek met een werkmaquette van de ronde woonkamer op schaal 1:10. Hierin is met verschillende zonneshoorstenen de ventilatiesnelheid door middel van een bouwlamp en ventilator gemeten. Daarnaast zijn de temperaturen gemeten in de zonneshoorsteen, binnen in de maquette en buiten de maquette. De ventilatiesnelheden die hier zijn gemeten zijn vervolgens geverifieerd met een ontworpen rekenmodel voor een zonneshoorsteen. Dit rekenmodel is vrij simpel, maar geeft een indicatie hoe de verschillende zonneshoorstenen functioneren in de werkelijke situatie.

Met het modelonderzoek is ook gemeten wat het verschil in verlichtingssterkte en luminantie is met de verschillende zonneshoorstenen. Deze verschillende zonneshoorstenen zijn ook gesimuleerd in Dialux, om de verlichtingssterkte en de daglichtfactor te verifiëren. Daarnaast is de overige woonkamer en de slaapkamers in dialux ingevoerd om de verlichtingssterkte en luminantie te simuleren.

Uiteindelijk zijn uit de verschillende varianten zonneshoorsteen één zonneshoorsteen gekozen die het beste werkt voor de woonkamer, en één zonneshoorsteen die het beste werkt op de slaapkamer.

Er zijn een aantal uitgangspunten om een woning voor dementerenden en ouderen te optimaliseren voor licht. De woonkamer moet een minimale daglichtfactor van 3% hebben, daarbij moet 75% van de woonkamer een daglichtfactor van 5% hebben. Hierdoor is een woonkamer goed verlicht en kan deze op meerdere manieren worden ingezet. De eettafel staat bijvoorbeeld nagenoeg nooit waar de architect deze heeft ontworpen. Door de eis van 75% toe te voegen, wordt er voorkomen dat er bij de eettafel niet voldoende daglicht is.

In de woonkamer moeten voldoende punten aanwezig zijn met een daglichtfactor van 10% of hoger. xxx bij het zitgedeelte van de woonkamer. Deze daglichtfactor kan eventueel nog aangevuld worden met taakverlichting

voor moeilijkere taakgerichte functies zoals fijne handwerken. Daarnaast is een daglichtfactor van 10% nodig om de biologische klok op gang te houden. Het is vooral 's ochtends van belang dat de dementerenden zoveel mogelijk fel (>2000 lux) licht binnenkrijgt.

De keuken in de woonkamer heeft een daglichtfactor van minimaal 5% met taakverlichting voor de voorbereiding van eten.

De minimale daglichtfactor in de slaapkamer is 2%. In de slaapkamer moet taakgerichte verlichting aanwezig zijn. Het mag hier donkerder zijn als in de woonkamer. Dit is immers een privé ruimte.

Er wordt liever gebruik gemaakt van helder licht dan blauw licht bij ouderen. Door de vergeling van de ooglenzen komt blauw licht niet meer binnen. Er moet hierbij wel gelet worden dat de luminantie contrasten niet te groot worden. De reguliere regelgeving stelt dat de maximale luminantie in het panorama hoogstens 30 keer zo groot mag zijn dat de gemiddelde luminantie. In het ergorama (het taakgerichte veld) mag de maximale luminantie hoogstens 10 keer zo groot zijn als de gemiddelde luminantie.

Licht kan de sfeer in kamers beïnvloeden, en hierdoor dus ook hoe de kamer wordt ervaren. In de woonkamer moet veel en helder licht aanwezig zijn, terwijl in de slaapkamer taakgericht licht aanwezig moet zijn. De bewoner moet bij binnenkomst van de woonkamer zich niet gaan afvragen waarom allemaal vreemde mensen aanwezig zijn in zijn/haar privé ruimte.

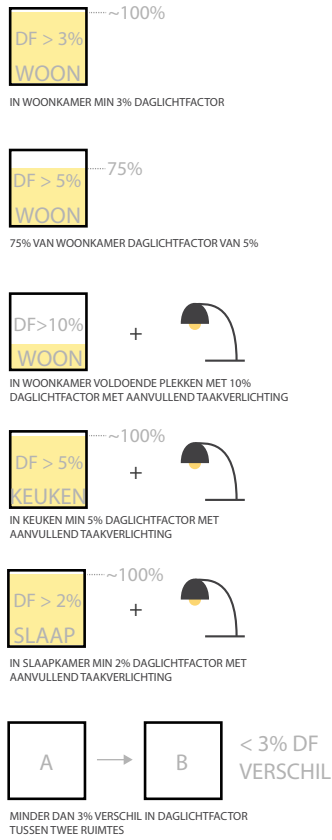
De hoeveelheid daglicht wat binnenkomt is onder andere afhankelijk van de grootte en de positie van de daglichtopening in de gevel. Als algemene regel geldt voor een eenzijdig verlichte ruimte dat een raam in het midden van een gevel, met een hoogte  $h$  meter tot aan de bovenzijde van het raam, ervoor zorgt dat het licht  $h$  meter de ruimte in komt. Voor een raam met dezelfde afmetingen dat hoger in de gevel zit brengt het licht dieper in de ruimte ( $>h$ ), en een raam met dezelfde afmetingen dat lager in de gevel zit brengt het licht minder diep de ruimte in ( $<h$ ).

Voor een dakraam, met breedte  $b$  en lengte  $l$  is de algemene regel dat er maximaal  $l$  meter in de lengte en  $b$  meter in de breedte tussen twee daklichten mag zitten, om een evenredige lichtverdeling in de ruimte te hebben.

Bij dementerenden is het belangrijk dat er altijd een borstwering aanwezig is bij het raam. Zodra het raam tot aan de vloer loopt, zijn de randen van de ruimte



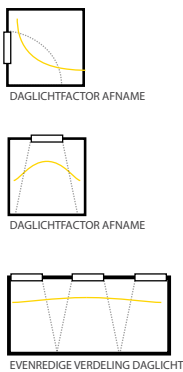
DAGLICHTFACTOR



BIORITME



DAGLICHTOPENINGEN



LICHT EIGENSCHAPPEN



Figuur 12.1. Uitgangspunten ten aanzien van licht voor dementerenden.

niet meer goed duidelijk, en wordt de ruimte dus onoverzichtelijk.

In 3 onderzochte zorgcomplexen voldoen de lichteisen op geen enkel vlak aan de gestelde eisen. Bij de best gemeten woning voldoet zonder kunstlicht 23% van de meetpunten aan de minimale eis van 300 lux. Als kunstlicht wordt aangedaan dan stijgt het aantal meetpunten wat voldoet aan de minimale eis van 300 lux naar 37%. De voornamelijkste reden dat de woningen niet voldoen aan de eisen komt omdat de daglichtopeningen vaak geblokkeerd worden door een balkon, bomen of gordijnen die een groot deel van het licht tegenhouden.

Zowel de ronde als de rechte woning hebben één woonkamer en 6 slaapkamers. De woonkamers zijn beide ongeveer 11 meter diep en worden eenzijdig verlicht. Halverwege bevindt zich een zonneshoorsteen die het licht dieper de woonkamer inbrengt.

In het ronde type woning zijn 3 problemen ten aanzien van licht. Het eerste probleem is dat er maar 65% van de meetpunten in de woonkamer de minimale daglichtfactor van 3% of hoger behalen. Daarnaast zijn de kolommen donkere vlekken zijn tegen de helderheid uit de ramen, en het derde probleem is dat de keuken een daglichtfactor van 2% of lager heeft.

Door de toevoeging van een dakraam aan de lange kant van de keuken wordt het aantal meetpunten wat voldoet aan de minimale daglichtfactor van 3% verhoogd naar 87%. In de keuken voldeden geen enkele meetpunten aan een daglichtfactor van 5%. Nu voldoen 64% van de meetpunten aan een daglichtfactor van 5% of hoger.

Door het dakraam in de keuken wordt de luminantie waarde van de kolommen ook al wat verbeterd. Om de kolommen helemaal in dezelfde luminantie waarde als de woning te krijgen moeten ze wit geschilderd worden. De kolommen zorgen dan niet meer voor te hoge contrasten.

Dezelfde problemen komen voor in het type rechte woning. Dezelfde ingrepen zorgen ervoor dat de woning voldoet aan de gestelde eisen.

In beide slaapkamers wordt de daglichtfactor van 2% behaald. Ondanks dat de rechte slaapkamer een overstek van 2 meter heeft. De daglichtfactor wordt hier voornamelijk behaald voor de zonneshoorsteen die zich boven de ingang van de slaapkamer bevindt.

De zonneshoorsteen dient niet alleen voor lichttoelaat, maar ook voor natuurlijke ventilatie. Een zonneshoorsteen is gebaseerd op stack-ventilatie met maximaal gebruik van zonnestraling.

Zonnestraling komt door het glas op de absorberende plaat terecht. De lucht in de schoorsteen wordt opgewarmt door convectie en straling afgegeven door de absorberende plaat. De afname van de dichtheid van de lucht zorgt ervoor dat de lucht stijgt, waarna het wordt vervangen door de lucht die vanaf onderaf wordt aangezogen vanuit de aangrenzende kamer. De snelheid waarmee de lucht wordt aangezogen hangt af van de opwaartse druk (dus het temperatuur verschil tussen zonneshoorsteen en kamer), de weerstand voor de lucht om door de schoorsteen te stromen, en de weerstand voor verse lucht om de kamer in te komen.

Er zijn een aantal ontwerpbeslissingen van de zonneshoorsteen die de werking hiervan beïnvloeden. Om de zoninstraling te maximaliseren moet de g-waarde van het glas zo hoog mogelijk zijn. Tegelijkertijd moet het glas het warmteverlies naar buiten beperken, hierbij is een lage U-waarde belangrijk. De binnenwand (de absorber) moet de zonnestraling zo goed mogelijk absorberen en zo weinig mogelijk warmte door emitantie verliezen. Dit betekent een hoge absorptiefactor en een lage emissiefactor. In deze situatie geeft de zonneshoorsteen het hoogste ventilatiedebiet.

De zonneshoorsteen in de woning wordt echter niet alleen ingezet als ventilatieprincipe, maar ook als lichttoelaat. Daarom zijn er ook zonneshoorstenen getoetst zonder absorber, de zonneshoorsteen is dan volledig van glas.

Er zijn twee type zonneshoorstenen getoetst; een variant waar de lucht onderaan de zonneshoorsteen wordt aangezogen vanuit de woning (variant 1). Bij het andere type is de zonneshoorsteen opgedeeld in twee compartimenten (variant 2), het compartiment op het noorden zorgt voor de luchttoevoer en het compartiment op het zuiden voor de afvoer van de lucht.

Beide varianten zijn in het schaalmodel getest op ventilatie en licht.

Naast de ventilatiesnelheid is ook de temperatuur in de zonneshoorsteen, binnen in de maquette en buiten de maquette gemeten. Hierdoor kan de gemeten luchtsnelheid geverifieerd worden.

Om de ventilatiesnelheden en temperaturen die gemeten zijn bij het schaalmodel te vertalen naar de werkelijke situatie is een rekenmodel gemaakt. Dit simpele rekenmodel geeft een indicatie hoe de zonneshoorstenen functioneren in de werkelijke situatie.

Het modelonderzoek met licht is buiten gedaan en stond daarom onder invloed van veranderde omgevingsfactoren. Om het modelonderzoek te verifiëren zijn de verschillende zonneshoorstenen ook gesimuleerd in Dialux.

Ten aanzien van licht wordt het volgende opgesteld:

Variant 2 witte plaat > variant 2 houten plaat > variant 1 volledig glas > variant 2 zwarte plaat > variant 1 zwarte plaat

De zonneshoorsteen die het qua licht eisen het beste voldoet is variant 2 met een witte plaat. Deze zonneshoorsteen heeft iets minder meetpunten in de woonkamer die voldoen aan een daglichtfactor van 10% of hoger, dan variant 1 volledig van glas. Maar de maximale daglichtfactor is bij variant 2 met de witte plaat 12% in plaats van 14%. Hieronder ontstaan er minder verblindingen en vervelende reflecties.

Bij variant 1 met de zwarte plaat voldoen de minste meetpunten aan de daglichtfactor eis van 5% of hoger in de woonkamer.

Voor ventilatie kan het volgende worden opgesteld ten aanzien van het ventilatie-debiet:

Variant 1 zwarte plaat > variant 1 volledig glas > variant 2 zwarte plaat > variant 2 houten plaat > variant 2 witte plaat

Alle schoorstenen ventileren meer dan voldoende. Variant 2 heeft een ventilatie-debiet wat ongeveer de helft is van variant 1, met dezelfde ventilatieopening. Bij variant 1 kan de ventilatieopening dus makkelijk gehalveerd worden, en dan voldoet het ventilatie-debiet nog steeds. Dit houdt in dat de binnentemperaturen iets hoger worden bij variant 1.

Tocht is een belangrijk aspect waar rekening mee moet worden gehouden bij demeterenden. Bij het ontstaan van tocht kan misbegrip ontstaan. De demeterende bewoners kunnen bijvoorbeeld tocht aanzien voor geesten, of iets wat ze niet kunnen begrijpen. Ten

aanzien van tocht kan het volgende worden opgesteld:

Variant 2 > variant 1

Bij variant 2 ontstaat er minder tocht omdat de lucht vanaf het plafond wordt aangevoerd. Mocht er een piek in ventilatie-debiet en ventilatiesnelheid ontstaan dan wordt de extra lucht gelijk bij het plafond weer afgevoerd. Daarbij wordt de lucht vermengd met de aanwezige lucht in de woonkamer waardoor deze is opgewarmt voordat hij bij de bewoners aankomt. De bewoners hebben op deze manier minder last van tocht.

De zonneshoorsteen bij variant 1 is ontworpen met een ondergrond-netwerk van kanalen waardoor de lucht wordt aangevoerd. Voor het voorverwarmen of verkoelen in deze situatie kan het volgende worden opgesteld:

Variant 1 > variant 2

De temperatuur op een bepaalde diepte is constant, in Nederland is deze constante temperatuur 10 a 11 °C. Hierdoor wordt de lucht voorgekoeld in de zomer en voorverwarmd in de winter. Bij variant 2 wordt er door de zonneshoorsteen zelf de lucht voorverwarmd. Het is bij deze variant echter niet mogelijk om de lucht voor te koelen. Wat inhoudt dat in de zomer de lucht ook wordt voorverwarmd, terwijl dit niet wenselijk is.

Een gezonde lucht is belangrijk voor iedereen. Daarom is in het ontwerp ervoor gekozen om de lucht te filteren door groen.

Variant 1 > variant 2

Het ventileren door groen is alleen mogelijk bij variant 1. De lucht bij variant 2 wordt aangevoerd door de zonneshoorsteen zelf, het is hier niet mogelijk om de lucht te filteren door groen.

Nachtventilatie is een goede manier om de woning af te koelen in de zomer. Ten aanzien van nachtventilatie kan het volgende worden opgesteld:

Variant 1 = variant 2

Bij beide varianten ontstaat er 's nachts nog voldoende ventilatie om nacht ventilatie te kunnen toepassen. Bij

variant 2 kan er altijd nachtventilatie ontstaan omdat de ventilatietoever opening zich hoog bevindt en dus de koude lucht in de zonneshoorsteen omlaag valt de woning in.

Ten aanzien van licht wordt er in de woonkamer gekozen voor een zonneshoorsteen als variant 2 met een witte plaat. Deze wordt over variant 1 gekozen omdat de maximale daglichtfactor in de woonkamer iets lager is, dan bij variant 1 volledig van glas. Ten aanzien van ventilatie is variant 1 volledig van glas de beste variant. Deze wordt over variant 2 gekozen omdat er met variant 1 beter voorverwarmd en voorgekoeld kan worden, en er kan door groen geventileerd worden waardoor er een gefilterde lucht de woonkamer in wordt getrokken.

In de woonkamer heeft variant 1, volledig van glas de voorkeur. De maximale daglichtfactor is hierbij wat hoger, maar dit kan worden opgelost door zonwering toe te passen. Dit is wellicht ook mogelijk in de zonneshoorsteen. Zolang het geen lichtblokkerende zonwering is, maar een variant die net het hoogste niveau van de daglichtfactor blokkeert. Deze zonwering heeft geen negatieve invloed op de ventilatie van de zonneshoorsteen.

Het enige nadeel wat verbonden is aan de keuze voor variant 1, is dat de kans op tocht groter is dan bij variant 2. Om tocht te voorkomen moet de lucht inlaat zo hoog mogelijk in de woonkamer worden geplaatst.

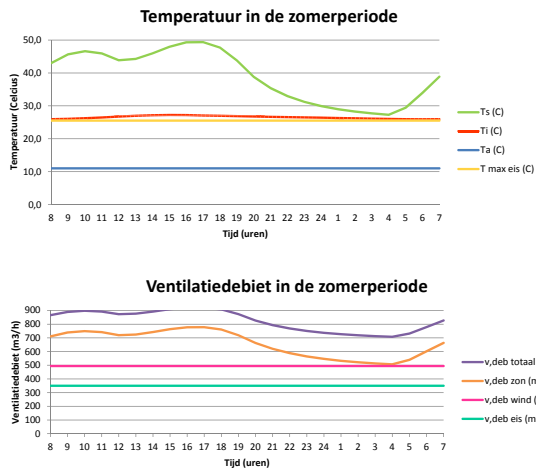
Bij de slaapkamer is het ventileren door groen niet heel belangrijk. Wat betekent dat variant 1 als nadeel heeft dat er tocht kan ontstaan, en variant 2 dat er in de zomer met warmere lucht geventileerd kan worden. In de slaapkamer ligt de temperatuur overdag boven de 25,5 °C. Dit is op te lossen door een grotere ventilatie opening te maken en dus meer te ventileren. Het nadeel dat hieraan vasthangt is dat er tocht kan ontstaan. De zonneshoorsteen zoals variant 2 heeft in de slaapkamers daarom de voorkeur. Een nadeel aan deze zonneshoorsteen is dat er in de zomer dus met iets warmere lucht geventileerd wordt, waardoor de temperatuur in de slaapkamer nog iets hoger komt te liggen. Maar deze temperatuur is terug te dringen door meer te ventileren, en tocht terug dringen is hierbij een belangrijk aspect. Er wordt daarom in de slaapkamers gekozen voor de zonneshoorsteen zoals bij variant 2.

Er moet hierbij in de winter nog flink bijverwarmd worden om de minimale eis van 21 °C te halen.

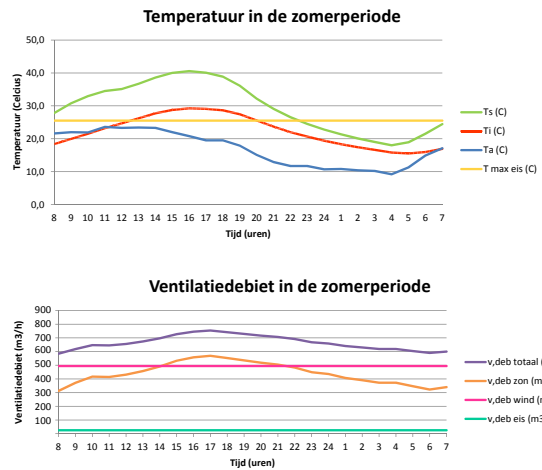
In de slaapkamers is de zonneshoorsteen de

belangrijkste lichttoevoer in de ruimte. Er wordt daarom gekozen voor de zonneshoorsteen met de witte plaat. Er komt hierbij nog meer dan voldoende licht binnen in de slaapkamer.

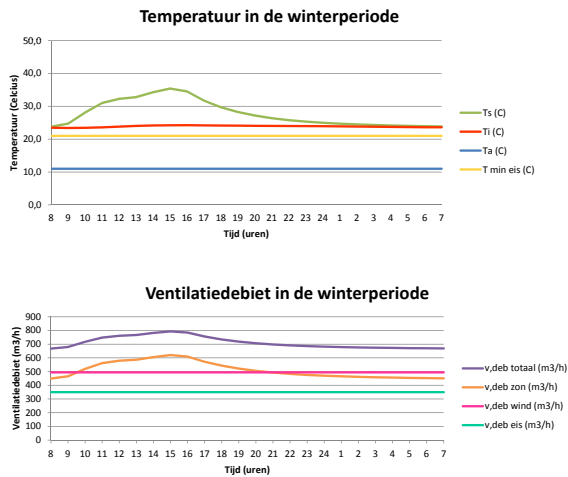
De zonneshoorstenen moeten uitgevoerd worden met zo min mogelijk regeltechniek. Het moet simpel zijn en door de verzorgende zelf geregeld kunnen worden. Dit betekent dat de zonneshoorsteen standaard op een vaste stand staat die nagenoeg altijd voldoet aan de eisen. Vanuit hier kan de zorgverlener de hoeveelheid ventilatie regelen. Dit betekent dat de hoeveelheid lucht die de woning in komt geregeld moet worden; dus de oppervlakte van de luchttoelaat opening (Ai). In de winter kan het wenselijk zijn 's nachts om de zonneshoorsteen volledig af te sluiten waardoor er geen koude lucht de woning in komt, en er geen energie verlies plaats vindt.



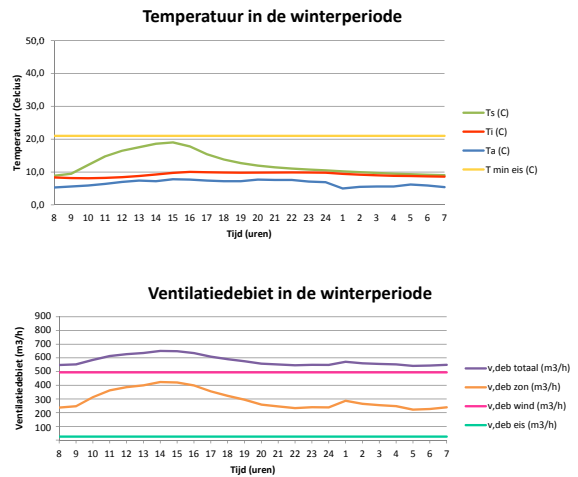
Grafiek 12.1. De binnentemperatuur van de woonkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatie-debiet in de zomer. Waarbij de lucht wordt aangevoerd door een ondergronds netwerk van kanalen  $A_e = 0,1 \text{ m}^2$



Grafiek 12.3. De binnentemperatuur van de slaapkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatie-debiet in de zomer.  $A_e = 0,2 \text{ m}^2$



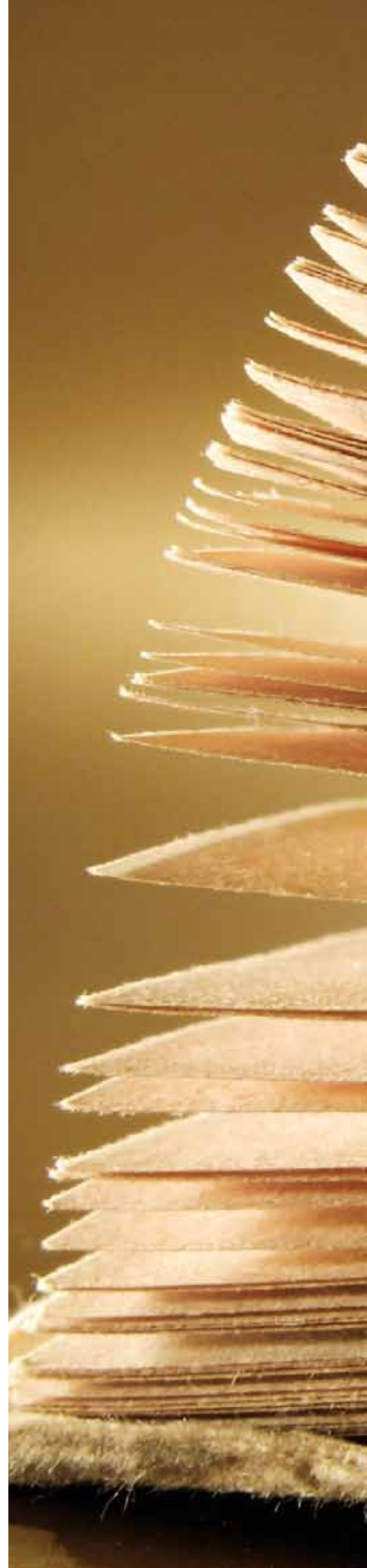
Grafiek 12.2. De binnentemperatuur van de woonkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatie-debiet in de winter. Waarbij de lucht wordt aangevoerd door een ondergronds netwerk van kanalen  $A_e = 0,1 \text{ m}^2$



Grafiek 12.4. De binnentemperatuur van de slaapkamer, temperatuur van de zonneshoorsteen en de buitentemperatuur en het bijbehorende ventilatie-debiet in de winter.  $A_e = 0,2 \text{ m}^2$



## 13.0 Literatuurlijst



## 13.1 Bronvermelding

- Aarts, M, et al (2011) Lighting design for institutionalized people with dementia symptoms. Tenner, Schoutens and Beersma. *SOLG Symposium Light & Care 2010*. Symposium Proceedings Light & Care 2010, 20-24. 2011. Eindhoven. 2010.
- Abbott, A. (2003). "Restless nights, listless days". *Nature* (2003)425:896-898
- Alzheimer Nederland (2011). *Cijfers en feiten over dementie*. Brochure. [www.alzheimer Nederland.nl](http://www.alzheimer Nederland.nl)
- Antoniadis, E.A, et al (2000). "Circadian rhythms, aging and memory", *Behavioural Brain Research* (2000)25-37
- ArchDaily (s.d.). *Eco Boulevard in Vallecas / Ecosistema Urbano* [online]. <http://www.archdaily.com/6303/eco-boulevard-in-vallecas-ecosistema-urbano> (geraadpleegd op 25-05-2012)
- Architecten aan de Maas (s.d.). *La Valence*. Brochure. Maastricht, ANDI Druk BV, Maastricht-Airport
- Aries, M.B.C., Vlies van der, R.D., Westerlaken, A.C. (2010). *Inventarisatie en vastlegging van de state-of-art kennis over licht en ouderen*. TNO, Delft
- Baaij, J. Hoveniers (s.d.) *Giftige tuinplanten* [online]. [http://www.baaij-hoveniers.nl/beplanting/giftige\\_planten.htm](http://www.baaij-hoveniers.nl/beplanting/giftige_planten.htm) (geraadpleegd op 10-04-2012)
- Baker, N., Steemers, K. (2002). *Daylight design of buildings*. James & James Ltd, London.
- Bankersen, D. (2010). "Licht en senioren." Afstudeeronderzoek Building Technology: Climate Design & Research. TU Delft, Delft.
- Bansal, N., Mathur, R., Bhandari, M. (1993). "Solar Chimney for Enhanced Stack Ventilation". *Building and Environment*. (1993)3: 373-377
- Bassiouny, R., Korah, N. (2009). "Effect of solar chimney inclination angle on space flow pattern and ventilation rate. *Energy and Buildings*. (2009)41:190-196
- Berg van den, A.E., Winsum-Westra van, M. (2006). *Ontwerpen met groen voor de gezondheid. Richtlijnen voor de toepassing van groen in 'healing environments'*. Alterra-rppport 1371. Wageningen, Alterra
- Beekun, R. (2008). *De architectuur van het Sinai Centrum*. Amstelveen, Sinai Centrum.
- Bokel, R.M.J. (2011) Heat, moisture, energy, ventilation, AR2AE045 Building design & engineering seminars. TU Delft, unpublished.
- Boyce, P.R. (2003). *Human factors in lighting*. Taylor & Francis, New York.
- Boyce, P.R. (2003). Lighting for the elderly. *Technology and disability*. (2003)165-180
- Bronsema, B. (2011). "EARTH, WIND AND FIRE. Airconditioning zonder ventilatoren". TU Delft, Phd onderzoek, unpublished.
- Bullivant, L. (2008). "New relationship between landscape architecture and urban design", *A&U*. (2008)452: 124-129.
- Campbell, S., et al. (1998). "Exposure to light in healthy elderly subjects and Alzheimer's patients", *Physiology & behavior*. (1998)42: 141-144
- College bouw ziekenhuisvoorzieningen (2002). *Binnenmilieu en installatietechniek in de zorgsector. Bouwstaven voor nieuwbouw*. Utrecht, College bouw ziekenhuisvoorzieningen.
- Chalfont, G. (2005). "Building Edge. An Ecological Approach to Research and Design of Environments for People With Dementia". *Alzheimer's Care Quarterly* (2005)6:341-348
- Chalfont, G. (2007). "The dementia Care garden: part of daily life and activity" *Journal of dementia care* (2007)6:24-28
- Chalfont, G. (2008). "The dementia Care garden: part of daily life and activity" *Journal of dementia care* (2008)1:18-20
- Chalfont, G. (2012). "Connection to Nature or Nature Relatedness", *NOVAcura* (2012):41-43
- Chen, Z.D., et. al. (2003). "An experimental investigation of a solar chimney model with uniform wall heat flux", *Building and Environment* (2003)7:839-906
- Crone, J. (2008). "La Valence", *Architectuur NL*. (2008)63: 57
- Crone, J. (2006). "Sportcomplex met levende gevels en daken", *Bouwwereld*. (2006)102: 54-61
- Crone, J. (1998). "Wagenings natuurinstituut rond de tuin geleid; mens en milieu centraal", *Bouw*. (1998)53: 42-47
- Dawson, L. (1999). "Arcadian Assembly", *SD*. (1999)412: 30-35
- Deubener, J., et al. (2009). "Glasses for solar energy conversion systems", *Journal of the European Ceramic Society*. (2009)29:1203-1210
- Dieren, van R. (2011). *Terug naar de basis. Belevingsgericht bouwen voor mensen met dementie*. Afstudeerproject TU Delft. Delft Afdeling Explore Lab - TU Delft.
- Downey, C., Talarico, W. (1999). "Giving back to the environment. A radical, energy-efficient greenhouse structure that envelops a small, solar-powered village becomes the new center of an old mining town", *Architectural Record*. (1999)187: 199-20
- Eckhardt, F. (2007). "Het weyk-gevoel", *Stedenbouw*. (2007)59: 60-61
- EGM Architecten (2012). *Van menselijke vraag naar architectonisch antwoord* [online]. <http://www.egm.nl/project/46/verpleeghuis-boswijk>. (Geraadpleegd op 10-04-2012)



- Enders - Slegen, M. (2008). *Ervaring met dieren in de zorg. Een beestenboek in de Nederlandse zorginstellingen?* (2008)3: 28-33
- Erven, R. (2002). "EGM Interieurgroep onderzoekt en ontwerpt zorginterieurs", *De Architect*. (2002)7: 64-67
- Freeman, K. (2003). *Plants and their acoustic benefits* [online]. <http://www.plants-in-buildings.com/acoustic.php> (geraadpleegd op 18-04-2012)
- Gan, G., et al. (1998). "A numerical study of solar chimney for natural ventilation of buildings with heat recovery.", *Applied thermal engineering*. (1998)18:1171-1187
- Glickman, G., et al. (2003). "Inferior Retinal Light Exposure Is More Effective than Superior Retinal Exposure in Suppressing Melatonin in Humans." *Journal of Biological Rhythms* (2003)18:71-79
- Gordon, S. (2001). *The aging eye*. Simon & Shutter, New York
- Hascher Jehle (sd.) *dvg Office Building (since 2003 FinanzIT)*. [online]. <http://www.hascherjehle.de/eng-projekte/dvg-office-building-hannover.html> (geraadpleegd op 13-04-2012)
- Heylighen, A. (2012). "Challenging prevailing ways of understanding and designing space". *Spatial cognition for architectural design SCAD 2011 symposium proceedings* (2012)23-40
- Jacobs, R. Vergauwe, S. (2001). "Richtlijnen voor de aanpassing van gebouwen voor visueel gehandicapten". *Blindenzorg Licht en Liefde*, Gent
- Jansen, R. (2010). "De Hogeweyk: een dorpje op zich", *TvV*. (2010)
- Jodidio, P. (2009). *Green architecture now!* Köln, Taschen
- Jordans, M., et al. (2009). *Architectuur door andere ogen*. De kunst, Wezep
- Jones, P.B. (2001). "Forestry Commission; Institute for Forestry and Nature Research, Wageningen, the Netherlands; architect Stefan Behnisch", *Architectural review*. (2001)209: 28-33
- Harris, D.J., Helwig, N. (2007). "Solar chimney and building ventilation". *Applied Energy*. (2007)84: 135-146
- Hoof, J., et al. (2008). "The indoor environment in relation to people with dementia"
- Hoof, J., et al. (2009). "Thermal comfort and the integrated design of homes for older people with dementia", *Building and Environment*. (2009)45: 358-370
- Hoof, J., et al. (2010). "Binnenmilieu en installaties in het verpleeghuis", *TVVL Magazine*. (2010)39:24-27
- Jansen, R. (2010). "De Hogeweyk: een dorpje op zich", *TvV Magazine*. (2010)
- Khanal, R., Lei, C. (2011). "Solar chimney - A passive strategy for natural ventilation". *Energy and buildings*. (2011)43:1811-1819
- Klimaatgroen. (2010). *Ontwerpprincipes klimaatgroen. Deel 1: niveau gebouw*. Eindrapport Toepassing Functioneel Groen. Gemeente Sittard-Geleen
- Kluijtmans, N. (2010). "Meest gastvrije verpleeghuis Hogeweyck breekt een lans: Groot in kleinschaligheid", *Weekblad facilitair*. (2010)225: 20-22
- Koster, E. (1998). *Natuur onder architectuur: IBN-DLO Wageningen, architect Stefan Behnisch*. Haarlem, Schuyt & Co. Uitgevers.
- Lee, K.H., Strand, R.K. (2009). "Enhancement of natural ventilation in buildings using a thermal chimney", *Energy and buildings*. (2009)41:615-621
- Lepelleire de, J., et al. (2007). "Insufficient Lighting in Nursing Homes", *Elsevier* (2007)8:314-317
- Linden, A.C. et al (2006). *Bouwfysica*. ThiemeMeulenhoff, Utrecht/Zutphen
- Lovell, B., et al. (1997). "Effect of bright light treatment on agitated behavior in institutionalized elderly subjects", *Psychiatry Research* (1995)57:7-12
- Monodraught (2008). "The residential Sola-Boost. A solar powered natural ventilation system for your home." Brochure. Buckinghamshire, Monodraught
- Peters, B.A. (2011). *Groene gevels. Onderzoek naar de bouwfysische en bouwtechnische eigenschappen van vertikaal groen*. Afstudeer rapport TU Delft. Delft, TU Delft
- Plaats, van der A. (2008). *De wonderlijke wereld van dement zijn*. Amsterdam, Elsevier Gezondheidszorg.
- Pleunis, J.W. (2001). *Beter bouwen in de gezondheidszorg*. Vorst, CFM Uitgevers.
- Pronk, A., Dijk van, C. (s.d.) *Bomen en planten voor een betere luchtkwaliteit*. Brochure. Wageningen. Plant Research International
- Sakonidou, E., et al. (2008). Modeling the optimum tilt of a solar chimney for maximum air flow. *Solar Energy* (2008)82:80-94
- Selmaoui, B., Touitou, Y. (2003). "Reproducibility of the circadian rhythms of serum cortisol and melatonin in healthy subjects: a study of three different 24-h cycles over six weeks", *Life Sciences* (2003)3339-3349
- Slatcher, A. (s.d.). *Mont-Cenis Academy – Herne Sodingen, Germany* [online]. <http://casestudies.pepsec.eu/archives/203>. (Geraadpleegd op 13-04-2012)
- Sloane, D., et al. (2007). "High-intensity Environmental Light in Dementia: Effect on Sleep and Activity". *The American Geriatrics Society*

- (2007)55:1524-1533
- Strodthoff, W. (1995). "Für neue Technologien", *Bauwelt*. (1995)86: 418-439
- Stroobants, E., Verhaest, P. (2012). *Architectonica*. Een thuis voor mensen met dementie. Bechem, Epo uitgeverij.
- Sakonidou E.P., et al (2008). "Modeling of the optimum tilt of a solar chimney for maximum air flow", *Solar Energy* (2008)28: 80-94
- Someren, E. et al. (2005). "Licht op het slaap-waakritme bij ouderen en op dementie". *Tijdschrift voor psychologie*. (2005)47: 29-38
- Someren, E. et al. (1997). "Indirect Bright Light Improves Circadian Rest-Activity Rhythm Disturbances in Demented Patients". *Society of Biological Psychiatry*. (1997)955-963
- Toutou, Y., et al (1997). "Modification of circadian and circannual rhythms with aging", *Experimental Gerontology* (1997)4/5:603-614
- Marquardt, G. (2011). "Wayfinding for people with dementia: a review of the role of architectural design" *Health environments research & design journal* (2011)2:75-90
- Melet, E. (2000). "Gemanipuleerde natuur. Academie van Jourda & Perraudin in Herne Sodingen", *De Architect*. (2000)31:62-67
- Meuwissen (2003). "Warmte. Innovation in insulation". Bergman Grafimedia. (2003)1-16
- Mens, N., Wagenaar, C. (2009). *Healing environment : anders bouwen voor betere zorg*. Bussum, Thoth Uitgeverij.
- Metz, T. (2000). "Behnisch Behnisch & Partner let the environmentalists at the IBN-DLO institute in Holland practice what they preach.", *Architectural record*. (2000)188: 96-103
- Mir, A. (2011). *Green facades and building structures*. Master thesis Civiele Techniek. Delft, TU Delft.
- Miyazaki, A., et al (2006) "The effects of solar chimneys on thermal load mitigation of office buildings under the Japanese climate", *Renewable energy* (2006)7:987-1010
- NVMM (2004). *Gezond wonen*. Informatie brochure. Hem, Drukkerij 't Venhuis
- Oei, P.; Bergs, J. (2007). *Bouwen met groen en glas : innovaties uit de glastuinbouw voor wonen en werken*. Boxtel, Aeneas.
- Onal, S., Bavbek, T. (2005). "Aging and the eye", *Marmara Medical Journal*. (2005)18: 43-52
- Ong, K.S., Chow, C.C. (2003). "Performance of a solar chimney", *Solar Energy* (2003)1:1-17
- OsiraGroep. (2009). *De Rietvinck is klaar*. Nieuwsbrief. Aranea Grafimedia
- Osiragroep (2011). *Woonzorgcentrum De Rietvinck* [online]. [http://www.osiragroep.nl/de\\_rietvinck\\_1446.html](http://www.osiragroep.nl/de_rietvinck_1446.html). (Geraadpleegd op 15-04-2012)
- Van Neynseelgroep (2007). *Psychogeriatrisch Verpleeghuis Boswijk*. Brochure. Vught, Van Neynseelgroep
- Van Neynseelgroep (s.d.). *Een bijzondere visie* [online] <http://www.boswijk.vanneynseelgroep.nl>. (Geraadpleegd op 10-04-2012)
- Vanbavinckhove, M. (2008). *Buiten-ge(-)woon in de tuin. Richtlijnen tot het aanleggen van een tuin voor mensen met dementie*. Afdrukker rapport Ergotherapie. Hogeschool West-Vlaanderen, Departement Hiepso
- Verdult, R. (2003). *De pijn van dement zijn*. Amersfoort, ThiemeMeulenhoff bv.
- Verhaest, P. (2011). "Hogewey werd Hogeweyk. Leven met dementie in een wijk", *Denkbeeld*. (2011)
- Visser, P. (2010). "Woonzorgcentrum De Rietvinck Amsterdam", *Architectuur NL*. (2010)65:34-36
- Vivium Zorggroep (2010). *Wonen in de Hogeweyck*. Brochure. Weesp. Ruitenbeek Weesp BV
- Ministerie van VROM i.s.m het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport. (2006). *Ventileren. Antwoord op de meest gestelde vragen*. Brochure. VROM
- Wienert, D., Waterhouse, J. (2007). "The circadian rhythms of core temperature: Effects of physical activity and aging", *Psychology & Behavior* (2007)246-256
- Wageningen UR (2006). *Groen voor lucht*. Brochure. Wageningen, Wageningen UR
- Wikipedia (s.d.). *Lijst van giftige planten* [online] [http://nl.wikipedia.org/wiki/Lijst\\_van\\_giftige\\_planten](http://nl.wikipedia.org/wiki/Lijst_van_giftige_planten). (Geraadpleegd op 10-04-2012)
- Wit de, J. (2008) *Opgelucht. Groen vermindert fijnstof*. Brochure. Bennekom, Drukkerij Modern
- Wu, Y-H, Swaab, D.F. (2007). "Disturbance and strategies for reactivation of the circadian rhythm system in aging and Alzheimer's disease", *Speel Medicine* (2007)8:623-636

## 13.2 Verantwoording afbeeldingen

Figuur 2.2. Hedy d'anconaprijs (s.d.). *De Hogeweyck* [online]. <http://www.hedydanconaprijs.nl/prijswinnaar/nominaties/40/De%20Hogeweyck/?yjr=2010> (geraadpleegd op 19-06-2012)

Figuur 2.8. Molenaar&Bol&VanDillen architecten (s.d.). *Zorgwijk de Hogeweyck te Weesp* [online]. <http://www.mbvda.nl/Hogeweyck.html> (geraadpleegd op 19-06-2012)

Figuur 2.11 Vivium Zorggroep (2010). *Wonen in de Hogeweyck*. Bruchure. Weesp. Ruitenbeek Weesp BV

Figuur 2.12 Vivium Zorggroep (2010). *Wonen in de Hogeweyck*. Bruchure. Weesp. Ruitenbeek Weesp BV

Figuur 2.13 Vivium Zorggroep (2010). *Wonen in de Hogeweyck*. Bruchure. Weesp. Ruitenbeek Weesp BV

Figuur 2.14 Vivium Zorggroep (2010). *Wonen in de Hogeweyck*. Bruchure. Weesp. Ruitenbeek Weesp BV

Figuur 2.22 EGM Architecten (20121). *Van menselijke vraag naar architectonisch antwoord* [online]. <http://www.egm.nl/nl/project/46/verpleeghuis-boswijk>. (Geraadpleegd op 10-04-2012)

Figuur 2.23 EGM Architecten (20121). *Van menselijke vraag naar architectonisch antwoord* [online]. <http://www.egm.nl/nl/project/46/verpleeghuis-boswijk>. (Geraadpleegd op 10-04-2012)

Figuur 2.24 EGM Architecten (20121). *Van menselijke vraag naar architectonisch antwoord* [online]. <http://www.egm.nl/nl/project/46/verpleeghuis-boswijk>. (Geraadpleegd op 10-04-2012)

Figuur 2.25 Hedy d'anconaprijs (s.d.). *De Rietvinck* [online]. [http://www.hedydanconaprijs.nl/content/nom/i\\_066/CF025254.jpg](http://www.hedydanconaprijs.nl/content/nom/i_066/CF025254.jpg) (Geraadpleegd op 10-04-2012)

Figuur 2.31 Marc Porsman architecten (s.d.) *De Rietvinck* [online] [http://www.prosman.nl/p/28.html?m=1&node\\_id=8](http://www.prosman.nl/p/28.html?m=1&node_id=8) (Geraadpleegd op 10-04-2012)

Figuur 2.32 OsiraGroep. (2009). *De Rietvinck is klaar*. Nieuwsbrief. Aranea Grafi media 33 [http://www.prosman.nl/p/28.html?m=1&node\\_id=8](http://www.prosman.nl/p/28.html?m=1&node_id=8) (Geraadpleegd op 10-04-2012)

Figuur 3.1 Ondernemen met zorg (s.d). *Planetree filosofie* [online]. <http://www.ondernemenmetzorg.info/ondernemenmetzorg/foto/500/planetree.jpg>

Figuur 3.2 [http://www.kunstrouteheugem.nl/kunstrouteheugem/Voorproef\\_files/la%20valence%203.jpg](http://www.kunstrouteheugem.nl/kunstrouteheugem/Voorproef_files/la%20valence%203.jpg)

Figuur 3.8 Beekum, R. (2008). *De architectuur van het Sinai Centrum*. Amstelveen, Sinai Centrum.

Figuur 3.12 Beekum, R. (2008). *De architectuur van het Sinai Centrum*. Amstelveen, Sinai Centrum.

Figuur 4.7 Koster, E. (1998). *Natuur onder architectuur: IBN-DLO Wageningen, architect Stefan Behnisch*. Haarlem, Schuyt & Co. Uitgevers.

Figuur 4.11 Koster, E. (1998). *Natuur onder architectuur: IBN-DLO Wageningen, architect Stefan Behnisch*. Haarlem, Schuyt & Co. Uitgevers.

Figuur 4.16 <http://www.tourserviceruhr.de/agb.en.html>

Figuur 4.22 <http://en.structurae.de/structures/data/index.cfm?id=s0001474>

Figuur 4.32 EGM Architecten (20121). *Van menselijke vraag naar architectonisch antwoord* [online]. <http://www.egm.nl/nl/project/46/verpleeghuis-boswijk>. (Geraadpleegd op 10-04-2012)

Figuur 4.41 ArchDaily (s.d.). *Eco Boulevard in Vallecas / Ecosistema Urbano* [online]. <http://www.archdaily.com/6303/eco-boulevard-in-vallecas-ecosistema-urbano> (geraadpleegd op 25-05-2012)

Figuur 4.42 ArchDaily (s.d.). *Eco Boulevard in Vallecas / Ecosistema Urbano* [online]. <http://www.archdaily.com/6303/eco-boulevard-in-vallecas-ecosistema-urbano> (geraadpleegd op 25-05-2012)

Figuur 4.43 ArchDaily (s.d.). *Eco Boulevard in Vallecas / Ecosistema Urbano* [online]. <http://www.archdaily.com/6303/eco-boulevard-in-vallecas-ecosistema-urbano> (geraadpleegd op 25-05-2012)

Figuur 4.44 Wit de, J. (2008) *Opgelucht. Groen vermindert fijnstof*. Brochure. Bennekom, Drukkerij Modern

Figuur 4.45 Wit de, J. (2008) *Opgelucht. Groen vermindert fijnstof*. Brochure. Bennekom, Drukkerij Modern

Figuur 4.46 Wit de, J. (2008) *Opgelucht. Groen vermindert fijnstof*. Brochure. Bennekom, Drukkerij Modern

Figuur 4.47 Peters, B.A. (2011). *Groene gevels. Onderzoek naar de bouwfysische en bouwtechnische eigenschappen van vertikaal groen*. Afstudeer rapport TU Delft. Delft, TU Delft

Figuur 4.48 Copijn (s.d.). *SportPlaza Mercator* [online]. <http://www.copijn.nl/sportplaza-mercator-amsterdam> (geraadpleegd op 25-05-2012)

Figuur 8.1 <http://websitevolzicht.s3.amazonaws.com/afbeeldingen%20last%20van%20oogen/dwarsdoorsnedeoog.jpg>

Figuur 8.3 Boyce, P.R. (2003). Lighting for the elderly. *Technology and disability*. (2003)165-180

Figuur 8.4 Boyce, P.R. (2003). Lighting for the elderly. *Technology and disability*. (2003)165-180

Figuur 8.5 Boyce, P.R. (2003). Lighting for the elderly. *Technology and disability*. (2003)165-180

Figuur 8.6 Boyce, P.R. (2003). Lighting for the elderly. *Technology and disability*. (2003)165-180

Figuur 8.7 Boyce, P.R. (2003). Lighting for the elderly. *Technology and disability*. (2003)165-180

Figuur 8.8 Boyce, P.R. (2003). Lighting for the elderly. *Technology and disability*. (2003)165-180

Figuur 8.9 Boyce, P.R. (2003). Lighting for the elderly. *Technology and disability*. (2003)165-180

Figuur 8.10 Boyce, P.R. (2003). Lighting for the elderly. *Technology and disability*. (2003)165-180

Figuur 8.11 Seo, D., van den Berg, R.L.P. "Verlichting voor ouderen met dementie", TVVL magazine (2011)12:22-25

Figuur 8.12 Someren, E. et al. (1997). "Indirect Bright Light Improves Circadian Rest-Activity Rhythm Disturbances in Demented Patients". *Society of Biological Psychiatry*. (1997)955-963

Figuur 8.19 Baker, N., Steemers, K. (2002). *Daylight design of buildings*. James & James Ltd, London.

Figuur 8.65 [http://img.izismile.com/img/img5/20120105/640/obliteration\\_room\\_640\\_03.jpg](http://img.izismile.com/img/img5/20120105/640/obliteration_room_640_03.jpg)

Grafiek 8.2 Baker, N., Steemers, K. (2002). *Daylight design of buildings*. James & James Ltd, London.

Figuur 9.8 Harris, D.J., Helwig, N. (2007). "Solar chimney and building ventilation". *Applied Energy*. (2007)84: 135-146

Figuur 9.9 Sakonidou E.P., et al (2008). "Modeling of the optimum tilt of a solar chimney for maximum air flow", *Solar Energy* (2008)28: 80-94

Figuur 9.11 Harris, D.J., Helwig, N. (2007). "Solar chimney and building ventilation". *Applied Energy*. (2007)84: 135-146

Figuur 9.12 Bassiouny, R., Korah, N. (2009). "Effect of solar chimney inclination angle on space flow pattern and ventilation rate. *Energy and Buildings*. (2009)41:190-196

Figuur 9.13 Harris, D.J., Helwig, N. (2007). "Solar chimney and building ventilation". *Applied Energy*. (2007)84: 135-146

Figuur 9.14 Harris, D.J., Helwig, N. (2007). "Solar chimney and building ventilation". *Applied Energy*. (2007)84: 135-146

Figuur 9.15 Sakonidou E.P., et al (2008). "Modeling of the optimum tilt of a solar chimney for maximum air flow", *Solar Energy* (2008)28: 80-94

Figuur 9.20 Linden, A.C. et al (2006). *Bouswfysica*. ThiemeMeulenhoff, Utrecht/Zutphen

Figuur 9.21 <http://www.kennislink.nl/publicaties/hoe-hoog-komt-de-zon-vandaag>

Figuur 9.22 Linden, A.C. et al (2006). *Bouswfysica*. ThiemeMeulenhoff, Utrecht/Zutphen

Figuur 9.23 Linden, A.C. et al (2006). *Bouswfysica*. ThiemeMeulenhoff, Utrecht/Zutphen

## 14.0 Appendix



## 14.1 Uitkomsten Capsol

Alle temperaturen zijn gemiddeld, tenzij anders staat aangegeven. De oriëntaties verwijzen naar figuur 5.40.

Referentie gebouw

	Gebouw
Januari	1.0
Februari	4.3
Maart	4.6
April	10.3
Mei	16.9
Juni	18.9
Juli	19.6
Augustus	18.8
September	16.7
Oktober	9.7
November	7.3
December	2.8

	Temp buiten	Gebouw
29 dec	-7.52	-4.5
30 dec	-6.11	-5.5
31 dec	1.93	-2.4

	Temp buiten	Gebouw
27 aug	22.19	21.8
28 aug	21.75	24.4
29 aug	19.00	23.2

Variant 1, kas tussen gebouw, oriëntatie 1 en 3

	Kas	Gebouw
Januari	1.8	1.0
Februari	6.1	4.4
Maart	7.1	4.7
April	13.9	10.6
Mei	22.6	17.5
Juni	24.7	19.5
Juli	25.0	20.2
Augustus	23.3	19.2
September	20.6	16.9
Oktober	12.1	9.8
November	8.1	7.3
December	3.4	2.8

	Temp buiten	temp kas	Gebouw
29 dec	-7.52	-4.0	-4.8
30 dec	-6.11	-4.1	-5.4
31 dec	1.93	-0.6	-1.8

	Temp buiten	temp kas	Gebouw
27 aug	22.19	26.2	22.1
28 aug	21.75	29.4	24.5
29 aug	19.00	27.0	23.3

Variant 1, kas tussen gebouw, oriëntatie 2 en 4

	Kas	Gebouw
Januari	1.6	0.9
Februari	5.8	4.3
Maart	7.0	4.6
April	14.0	10.6
Mei	23.1	17.6
Juni	25.4	19.7
Juli	25.5	20.3
Augustus	23.6	19.3
September	20.6	16.8
Oktober	11.8	9.7
November	7.9	7.2
December	3.3	2.7

	Temp buiten	temp kas	Gebouw
29 dec	-7.52	-4.3	-4.9
30 dec	-6.11	-4.4	-5.6
31 dec	1.93	-0.7	-2.0

	Temp buiten	temp kas	Gebouw
27 aug	22.19	27.1	22.1
28 aug	21.75	29.7	24.4
29 aug	19.00	27.3	23.3

Variant 2, kas naast gebouw, oriëntatie 1

	Kas	Gebouw
Januari	2.2	1.3
Februari	7.0	5.0
Maart	8.3	5.5
April	15.7	11.7
Mei	25.4	19.2
Juni	27.5	21.3

Juli	27.6	21.8
Augustus	25.5	20.6
September	22.5	18.1
Oktober	13.2	10.6
November	8.5	7.6
December	3.7	3.0

	Temp buiten	temp kas	Gebouw
29 dec	-7.52	-4.5	-3.6
30 dec	-6.11	-5.2	-3.7
31 dec	1.93	-1.7	-0.2

	Temp buiten	temp kas	Gebouw
27 aug	22.19	23.5	29.9
28 aug	21.75	26.2	32.4
29 aug	19.00	24.9	29.2

## Variant 2, kas naast gebouw, oriëntatie 2

	Kas	Gebouw
Januari	1.9	1.2
Februari	6.5	4.9
Maart	8.0	5.5
April	15.6	11.8
Mei	25.5	19.4
Juni	27.8	21.5
Juli	27.8	22.0
Augustus	25.4	20.7
September	22.1	18.1
Oktober	12.6	10.5
November	8.2	7.5
December	3.5	2.9

	Temp buiten	temp kas	Gebouw
29 dec	-7.52	-4.6	-4.0
30 dec	-6.11	-5.3	-4.1
31 dec	1.93	-1.8	-0.4

	Temp buiten	temp kas	Gebouw
27 aug	22.19	23.6	29.6
28 aug	21.75	26.3	32.1
29 aug	19.00	24.9	29.0

## Variant 2, kas naast gebouw, oriëntatie 3

	Kas	Gebouw
Januari	2.2	1.3

Februari	7.0	5.0
Maart	8.3	5.5
April	15.7	11.8
Mei	25.4	19.2
Juni	27.5	21.3
Juli	27.7	21.9
Augustus	25.5	20.6
September	22.5	18.2
Oktober	13.2	10.6
November	8.5	7.6
December	3.7	3.0

	Temp buiten	temp kas	Gebouw
29 dec	-7.52	-4.5	-3.6
30 dec	-6.11	-5.2	-3.7
31 dec	1.93	-1.7	-0.2

	Temp buiten	temp kas	Gebouw
27 aug	22.19	23.5	29.9
28 aug	21.75	26.3	32.4
29 aug	19.00	24.9	29.2

## Variant 2, kas naast gebouw, oriëntatie 4

	Kas	Gebouw
Januari	2.2	1.2
Februari	7.1	4.9
Maart	8.7	5.5
April	16.1	11.8
Mei	26.2	19.4
Juni	28.2	21.5
Juli	28.2	22.0
Augustus	26.1	20.8
September	23.1	18.2
Oktober	13.5	10.6
November	8.5	7.6
December	3.7	3.0

	Temp buiten	temp kas	Gebouw
29 dec	-7.52	-4.5	-3.4
30 dec	-6.11	-5.2	-3.4
31 dec	1.93	-1.7	-0.1

	Temp buiten	temp kas	Gebouw
27 aug	22.19	23.7	30.9
28 aug	21.75	26.5	33.6

29 aug	19.00	25.0	29.8
--------	-------	------	------

Variant 3, kas over gebouw, oriëntatie 1,2,3 en 4

	Kas	Gebouw
Januari	2.8	3.1
Februari	8.3	9.1
Maart	10.4	12.0
April	18.4	20.1
Mei	29.6	32.5
Juni	32.0	35.2
Juli	31.7	34.5
Augustus	29.0	31.5
September	25.6	27.9
Oktober	15.1	16.6
November	9.1	9.6
December	4.2	4.6

	Temp buiten	temp kas	Gebouw
29 dec	-7.52	-2.5	-1.2
30 dec	-6.11	-2.5	-1.7
31 dec	1.93	0.7	0.0

	Temp buiten	temp kas	Gebouw
27 aug	22.19	34.1	33.9
28 aug	21.75	37.0	39.0
29 aug	19.00	33.7	37.9

Variant 4, glazen dak over gebouw, oriëntatie 1,2,3 en 4

	Kas	Gebouw
Januari	0.7	0.9
Februari	3.4	4.0
Maart	2.9	4.1
April	8.6	10.0
Mei	14.1	16.7
Juni	15.6	18.6
Juli	16.9	19.3
Augustus	16.2	18.5
September	14.2	16.1
Oktober	8.1	9.2
November	6.6	7.1
December	2.2	2.5

	Temp buiten	temp kas	Gebouw
29 dec	-7.52	-7.5	-5.1
30 dec	-6.11	-6.1	-6.3

31 dec	1.93	1.9	-2.9
--------	------	-----	------

	Temp buiten	temp kas	Gebouw
27 aug	22.19	22.3	21.4
28 aug	21.75	21.9	24.3
29 aug	19.00	19.1	23.2

Variant 1a, meer geveloppervlakte aan de kas

	Kas	Gebouw
Januari	1.5	1.0
Februari	5.6	4.3
Maart	6.4	4.6
April	13.1	10.5
Mei	21.5	17.4
Juni	23.5	19.4
Juli	23.8	20.1
Augustus	22.3	19.1
September	19.5	16.8
Oktober	11.3	9.7
November	7.8	7.3
December	3.2	2.8

Variant 1b, meer geveloppervlakte aan het noorden/ zuiden

	Kas	Gebouw
Januari	1.8	1.1
Februari	6.0	4.5
Maart	6.8	4.8
April	13.5	10.7
Mei	21.7	17.5
Juni	2.6	19.5
Juli	24.1	20.2
Augustus	22.6	19.3
September	20.1	17.0
Oktober	11.8	9.9
November	8.0	7.3
December	3.4	2.8

Variant 3a, grotere kas

	Kas	Gebouw
Januari	2.7	3.2
Februari	8.2	9.4
Maart	10.1	12.2
April	18.2	20.7
Mei	29.2	33.3
Juni	31.4	35.9



Juli	31.2	35.1
Augustus	28.5	32.0
September	25.2	28.3
Oktober	14.8	16.8
November	9.0	97
December	4.1	4.6

## 14.2 Toe te passen planten op geveltuinen

Er zijn een aantal soorten planten die gebruikt kunnen worden op een geveltuin:

Eenjarige planten (planten die in één jaar ontkiemen, bloeien en vruchten of zaad geven), vaste planten (planten die in de grond blijven, waarvan de wortels blijven leven), laag blijvende heester (een boomachtige struik, waarvan de takken bij de grond ontspringen. Ze worden ongeveer één tot anderhalve meter hoog), klimplant (plant met een dunne buigzame stengel die niet rechtop kan staan maar zich langs andere planten of bijvoorbeeld muren omhoog werkt. Ze zijn zelfhechtend), slinger- en leiplant (plant die onder het opgroeien zich om andere planten of voorwerpen slingert en zo steun zoekt om omhoog te komen).

Het hangt van de positie van de gevel af welke planten waar kunnen groeien. Hieronder wordt een overzicht gegeven per windrichting. Daarnaast wordt er aangegeven welke kleur de plant heeft en of ze giftig zijn.

### ZUIDGEVEL

#### Eénjarige

- Sneeuwtapijnt – *Alyssum maritimum* (wit)
- Leeuwebek – *Alyssum maritimum* (diverse kleuren)
- Kattesor – *Cleome pungens* (roze)
- Slaapmutsje – *Eschscholzia Californica* (oranje)
- Maskerbloem – *Mimulus hybridus* (diverse kleuren)
- Portulak – *Portulaca grandiflora* (diverse kleuren)
- Zonnebloem – *Helianthus annuus* (geel)
- Afrikaan – *Tagetes patula* (geel)

#### Vaste planten

- Schildzaad – *Alyssum saxatile* (geel)
- Rijstebrij – *Arabis caucasica* (wit)
- Zeepkruid – *Saponaria Bressingham* (roze en rood)
- Thijm – *Yhymus vulgaris* (lila)

#### Heesters (laag)

- Zuurbes – *Berberis wilsoniae* (geel en roze bes)
- Vlinderstruik (klein) – *Buddleja nanhoensis* (lila)
- Lavendel – *Lavendula* (blauw)

#### Klimplant

- Trompetbloem – *Campsis radicans*
- Wingerd – *Parthenocissus tricuspidata* (groen blad)

#### Slinger- en leiplanten

- Blauwe regen – *Wisteria sinensis* (licht blauw, giftig)
- Passiebloem – *Passiflora caerulea* (blauw/violet)
- Klimroos – *Rosa “Chinatown”* (roze)
- Klimroos – *Rosa “Golden Showers”* (geel)

### WEST OF OOST GEVEL

#### Eénjarige

- Akelei - *Aquilegia hybrida* (diverse kleuren en giftig)
- Vingerhoudskruid – *Digitailis Purpurea* (diverse kleuren, giftig)
- Bellenplant - *Fuchsia* (diverse kleuren)
- Vlijtig Liesje - *Impatiens* (diverse kleuren)
- Liatris - *Liatris spicata* (purper/violet)
- Reuzenbalsemien – *Impatiens Glandulifera* (roze, wit, purper)

#### Vaste planten

- Donkere Ooievaarsbek – *Geranium Phaeum* (donker purper)
- Duizendknoop – *Polygonum Affine “Donald Lowndes”* (rose/rood)
- Grootbloemig viooltje - *Viola x wittrockiana* (bruin/rood)

#### Heesters (laag)

- Japanse kwee *Chaenomeles speciosa “Red Trail”* (helrood + gele vrucht)
- Dwergmispel – *Contoneasterdammeri “Coral Beauty* (wit + rode vrucht)
- Kardinaalsmuts – *Euonymus fortunei* (geel grand blad, giftig)

- Fuchsia(winterhard) – *Fuchsia “Riccartonii”*(rood/paars)

- Hertshooi - *Hypericum calycinum* (geel)

- Weigelia - *Weigelia Hybr. “Lucifer”* (donkerrood)

#### Klimplant

- Klimhortensia – *Hydrangea petiolaris* (wit)
- Wingerd – *Parthenocissus tricuspidata* (groen blad, giftig)

#### Slinger- en leiplanten

- Kamperfoelie - *Lonicera heckrottii* (wit/rood, giftig)
- Kampetfoelie – *Lonicera henryi* (geel/wit)
- Bosrank – *Clematis* (diverse kleuren, giftig)
- Bruidsluier- *Polygonum aubertii* (wit/crème)
- Klimroos - *Rosa “Parkdirektor Riggers”* (zuiver rood)

### NOORDGEVEL

#### Eénjarige

- Bellenplant – *Fuchsia* (diverse kleuren)
- Oost-Indische kers – *Tropaedum majus* (geel/oranje)
- Sleutelbloem – *Primula acaulis* (diverse kleuren)
- Vingerhoedskruid - *Digitalis purpurea* (diverse kleuren en giftig)

#### Vaste planten

- Donkere ooievaarsbek – *Geranium phaeum* (donker

purper)

- Lieve vrouwe bedstro – *Asperula odorata* (wit)
- Pachysandra – *Pachysandra terminalis* (wit, giftig)
- Grote Maagdenpalm – *Vinca major* (blauw, giftig)
- Kleine Maagdenpalm – *Vinca minor* (blauw, giftig)
- Zenegroen – *Ajuga reptans* (blauw/paars)

Heesters (laag)

- Kardinaalsmuts – *Euonymus fortunei* “Emerald and Gold” (geel gerand blad)
- Opgaande klimop – *Hedera helix* “Erecta” (groen blad, giftig)
- Viburnum – *Viburnum x tinus* (wit)

Klimplant

- Klimhortensia – *Hydrangea petiolaris* (wit)
- Klimop – *Herdera aurea marginata* (geel/groen blad)

Slinger- en leiplanten

- Dwergmispel - *Cotoneaster horizontalis* (roze)
- Winterjasmijn - *Jasminum nudiflorum* (geel)
- Klimroos – *Rosa* “Pink Cloud” (roze)

Deze lijst is tot stand gekomen door het gebruik van onderstaande literatuur:

Baaij, J. Hoveniers (s.d.) *Giftige tuinplanten* [online]. [http://www.baaij-hoveniers.nl/beplanting/giftige\\_planten.htm](http://www.baaij-hoveniers.nl/beplanting/giftige_planten.htm) (geraadpleegd op 10-04-2012)

Mir, A. (2011). *Green facades and building structures*. Master thesis Civiele Techniek. Delft, TU Delft.

Wikipedia (s.d.). *Lijst van giftige planten* [online] [http://nl.wikipedia.org/wiki/Lijst\\_van\\_giftige\\_planten](http://nl.wikipedia.org/wiki/Lijst_van_giftige_planten). (Geraadpleegd op 10-04-2012)

## 14.3 Toe te passen planten binnen

### Klimop (*hedera helix*)

Klimop past zich gemakkelijk aan aan de meeste omstandigheden. De plant is vooral effectief in het verwijderen van formaldehyde.

De plant bloeit van september tot en met december. De bessen zijn gevaarlijk voor mensen, maar alleen het eten van een grote hoeveelheid bessen heeft akelige consequenties. Bij de klimmende hederas zitten de bloemtakken meestal hoog. De struikplant *Hedera helix arborescens* heeft niet klimmende bloeiende takken, die wel dicht bij de grond zitten.



### Kamerpalm (*Chrysalidocarpus*)

Deze kamerpalm brengt flink wat vocht in de lucht (een liter water per etmaal) en verwijdert giftige stoffen uit de atmosfeer. Deze plant doet het goed op een warme en lichte plaats. Een onderbeplanting van klimop is goed mogelijk.

Deze plant is niet giftig.



### Aloë Vera (*aloe barbadensis*)

Deze medicinale plant heeft rozetten van stijve rechtopstaande bladeren. Bijzonder is de nachtelijke productie van zuurstof en opname van kooldioxide.

Het plantensap is giftig bij overmatig gebruik.



### Lepelplant (*Spathiphyllum*)

Dit is een tropische bladplant die witte bloemscheden produceert. De plant heeft een hoge verdampingssnelheid en doet het dan ook goed op hydrocultuur. Hij is ook goed in staat om alcoholen, aceton, trichloorethyleen, benzeen en formaldehyde uit de lucht te halen. Deze plant is giftig bij inname.

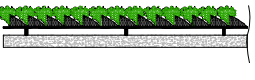








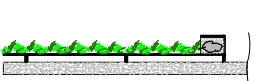
### Dracaena (*Massangeana*)

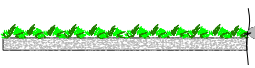

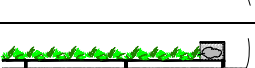




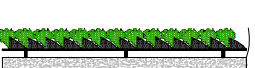


Deze plant heeft veel licht nodig. Hij verwijdert gassen, is gemakkelijk te houden en verdampt meer vocht dan gemiddeld.

Het sap van deze plant is licht giftig bij aanraking.



## 14.4 Vergelijking begroeide gevel systemen

Vertical green type	green façade			wall vegetation		living wall system (LWS)				
	direct*	direct	indirect*	natural	concrete panel	planter boxes*	foam based*	mineral wool based*	felt layers*	
type										
Schematic representation										
<b>System properties</b>										
<b>rooting space</b>	in the ground	planter box	in the ground	wall	panel	planter boxes	box	plate	pockets	
<b>substrate</b>	soil	soil	soil	façade material	soil	soil	aminoplast	rock wool	felt	
<b>supporting system</b>	--	--	for plants	--	for module	for module	for module	for module	for module	
<b>plant specie</b>	climbing plant	climbing plant	climbing plant	shrubs	small shrubs	shrubs	shrubs	shrubs	shrubs	
<b>air cavity (mm)</b>	0	0	3000 ≥ 50	0	0	≈ 50	≈ 50	≈ 50	≈ 50	
<b>total thickness greening system (mm)</b>	200	200	100	≤ 300	≤ 350	≤ 450	≤ 500	≤ 400	≤ 350	
<b>maximum greening height (m)</b>	30	30	30	depending to plant specie	unlimited	unlimited	unlimited	unlimited	unlimited	
<b>plants system weight kg/m<sup>2</sup></b>	≤ 4/m <sup>1</sup>	≤ 4/m <sup>1</sup>	≤ 4/m <sup>1</sup>	--	< 10	30/m <sup>2</sup>	22-25/m <sup>2</sup>	27/m <sup>2</sup>	25/m <sup>2</sup>	
<b>natural rainwater/irrigation system</b>	natural rainwater	irrigation system	natural rainwater	natural rainwater	natural rainwater	irrigation system	irrigation system	irrigation system	irrigation system	
<b>plant life expectation (Y)</b>	50	50	50	≈ 100	50	10	3.5	3.5	3.5	
<b>biodegradable</b>	yes	yes	plant-yes	plant-yes	plant-yes	plant-yes	foam and plant-yes	plant-yes	plant-yes	
<b>maintenance</b>	pruning	pruning	pruning	--	pruning	replacement/pruning	replacement/pruning	replacement/pruning	replacement/pruning	
<b>realization time (Y)</b>	≈ 30	≈ 2-3	≈ 30	--	≈ 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
<b>price (€/m<sup>2</sup>)</b>	30-45	≈ 200	40-75	--	--	400-600	750-1200	500-750	350-750	
<b>prefabricated/in situ</b>	in situ	prefabricated/in situ	in situ	in situ	prefabricated	prefabricated	prefabricated	prefabricated	prefabricated/in situ	

vertical green type	green façade				wall vegetation		living wall system (LWS)			
	direct	direct	indirect	indirect	natural	concrete panel	planter boxes	foam based	mineral wool based	felt layers
type										
<b>schematic representation</b>										
<b>advantages and disadvantages</b>										
reducing heat island effect (UHI)	XX	XX	XX	XX	X	X	XXX	XXX	XXX	XXX
adsorption fine dust particles	XX	XX	XX	XX	X	X	XXX	XXX	XXX	XXX
increasing of biodiversity	XX	XX	XX	XX	X	X	XX	XX	XX	XX
moderating buildings internal temperature via external shading	XX	XX	XX	XX	X	XX	XXX	XXX	XXX	XXX
sound insulation	XX	XX	XX	XX	X	XX	XXX	XXX	XXX	XXX
creating micro climate	XX	XX	XX	XX	X	X	XXX	XXX	XXX	XXX
improved aesthetic value	X	X	X	X	--	X	XX	XX	XX	XX
improved insulation property	X	X	XX	XX	--	--	XX	XX	XX	XX
greening system costs	X	X	XX	XX	--	X	XXX	XXX	XXX	XXX
maintenance costs	X	X	XX	XX	--	--	XXX	XXX	XXX	XXX
irrigation system required	--	X	--	--	--	--	XX	XX	XX	XX
short period of covering	--	X	--	--	--	--	XXX	XXX	XXX	XXX
full covering of the façade	X	X	X	X	--	--	XXX	XXX	XXX	XXX
chance of moisture problems on solid walls (without air cavity)	XX	XX	--	--	X	X	--	--	--	--
penetration of roots in the wall	XX	XX	--	--	XX	XX	--	--	--	--
indoor application	--	--	X	X	--	--	XX	XX	XX	XX
technical expertise needed	--	X	XX	XX	--	XX	XXX	XXX	XXX	XXX
replacement of panels	--	--	--	--	--	--	X	XX	XX	XX
replacement of died plants	--	X	--	--	--	--	XX	XX	XX	XX

X poor  
 XX good  
 XXX better  
 -- not applicable

## 14.5 Meetplan licht

### ONDERZOEKSVRAAG

Wat zijn de eisen met betrekking tot licht in zorgcomplexen en hoe komt dit tot uiting in de praktijk?

### WERKWIJZE

<i>INTAKE</i>	
Checklist per woning afwerken	
<i>VISUELE PRESTATIE / VISUEEL COMFORT</i>	
's Nachts min 200 lux licht nodig	Extrapoleren van de verlichtingssterkte overdag zonder en met kunstlicht aan.
Licht niveau 2 a 3x zo groot als jongeren / volwassenen  Gelijkmatig verlichte ruimte met richting aan het licht. Niet meer als 3% verschil in daglichtfactor	Verlichtingssterkte 's overdag meten in de woonkamer en gang
Geen gebruik van blauw licht	Kleurtemperatuur meten
Verhouding luminantes niet meer als 2 orde van grootte	Foto's met de luminantiecamera
Geen reflecties (verlichting niet binnen offendin zone)	Positie van de lampen in combinatie met de zichtplekken in kaart brengen.
<i>AANSTURING DIVERSE LICHAAMSPROCESSEN</i>	
Blootstelling aan >2000 lux In de ochtend, min 1 uur blootstelling	Verlichtingssterkte 's overdag meten in de woonkamer en gang

### VERLICHTINGSSTERKTE

Om de verschillende verzorgingstehuizen te vergelijken wordt er een grid toegepast van x bij x punten. Er wordt een uitgebreid grid gebruikt, zodat ook de rand langs de wanden wordt gemeten (0,5 meter vanaf de muur)! De hoogte van elk meetpunt is 0.8 meter, gelijk aan het tafelblad. Het licht op het tafelblad wordt gemeten met en zonder kunstlicht aan. Hierdoor kunnen we bekijken in hoeverre het gebruik van kunstlicht noodzakelijk is om de gewenste normen te behalen.

Om een goed beeld te krijgen van de omstandigheden meten we ten tijde van de meting per meetpunt, ook de lichtsterkte die van buiten naar binnen valt. Dit is om de daglichtfactor te bepalen, maar vooral om te zien hoeveel het daglicht verandert. Het meten van het licht van buiten wordt vanuit hetzelfde punt op de binnenkant van het raam gemeten. Voor een zo duidelijk mogelijk beeld is het meest wenselijk dat het licht buiten relatief stabiel, dus bewolkt is.

### KLEURTEMPERATUUR

De kleurtemperatuur van het licht wordt gemeten met een normale digitale spiegelreflex camera. De kleurtemperatuur kan via RAW-Programma van photoshop worden bepaald.

### LUMINANTIECAMERA

Met de luminantiecamera worden een aantal fotos gemaakt vanuit zitplekken van de bewoners en er wordt bij elk raam op een 1 meter afstand een foto gemaakt naar het raam toe en van het raam af.

### WANNEER/WAAR

De metingen worden uitgevoerd in 3 zorgcomplexen;

De Rietvinck in Amsterdam

Hogeweyck in Weesp

Boswijk in Vught

In elk zorgcomplex wordt aan twee wooneenheden gemeten in de woonkamer en in de gang.  
De tijd om twee wooneenheden te meten kost ongeveer 1 dag tijd.

**BENODIGHEDEN**

2 luxmeters ; één om de verlichtingssterkte buiten te meten, en één om de verlichtingssterkte per punt te bepalen.

Luminantiecamera

Digitale spiegelreflex camera

**BIJKOMENDE ASPECTEN**

De bewoner zo min mogelijk onderbreken in de dagelijkse activiteiten.

Geen bewoners op eventuele foto's.



**CHECKLIST ZORGCOMPLEX**

Naam complex: .....

Datum: ..... Tijd:.....

Soort weer:   Gelijkmatig bewolkt / redelijk bewolkt / onbewolkt

Soort ruimte: .....

Orientatie te meten kamer:   Noord / Oost / Zuid / West

Welke type kunstverlichting?

- Armaturen in het plafond
- Indirecte verlichting
- Anders, nl.....

Indien armaturen:

Wat is de stralingshoek van de armaturen? .....

Zijn de armaturen evenwijdig/dwars op de gevel.

Worden de armaturen door het ventilatiesysteem afgezogen?   Ja/ nee

Wat is het vermogen van de verlichting? .....

Wat is de verlichtingssterkte loodrecht onder de lamp op tafelblad niveau.....lux

Er is automatische/ handmatige in- en uitschakeling.   Ja / nee

Is er extra plekverlichting?   Ja / nee

    Zo ja, wat voor een plekken(funcities):.....

.....

Heeft ieder raam lichtwering?   Ja / nee

Welk soort lichtwering?

- Horizontale jaloezieën
- Verticale textiele lamellen
- Verticale kunststof lamellen
- Rolgordijn

Wat is het materiaal van deze lichtwering?.....

Wat is de structuur van dit systeem?

- Gesloten
- Grof geweven/open
- Met gaatjes

Is de ruimte voorzien van buitenzonwering?   Ja / nee

    Zo ja, welk type?

- Horizontale lamellen
- Verticaal doek
- Uitvalschermen

- Markiezen
- Anders

Wat is het materiaal van deze zonwering?.....

Hoe wordt het bediend?

- Volledig centraal (gebouw)
- Volledig per ruimte bedienbaar door de bewoner
- Volledig per ruimte bedienbaar door de verzorgende
- Elke zonwering apart door de bewoner zelf
- Elke zonwering apart door de verzorgende zelf
- Anders, .....

Wordt er gebruik gemaakt van kleurcontrasten?

Ja / nee

Zo ja, hoe?

- Vloer / muur Kleuren:.....
- Muur / deur Kleuren:.....
- Badkamer Kleuren:.....
- Aanduidingen Kleuren:.....
- Anders, .....

## 14.6 Meetgegevens van de zorgcomplexen tav licht

### 14.6.1 Meetgegevens Boswijk

#### BOSWIJK VUGHT, woning 12

	Buiten	Binnen zonder kunstlicht	Binnen met kunstlicht	Buiten	
1	3630	160	121	4110	
2	3500	324	173	4080	
3	3510	200	201	4060	
4	3550	42	103	4150	
5	3540	64	150	4130	
6	3570	47	270	3980	
7	3600	73	95	3950	
8	3580	61	136	3900	
9	3580	38	166	3890	
10	3400	29	204	3830	
11	3600	60	150	3870	15
12	3310	22	157	3790	
13	3620	180	290	3690	
14	3700	90	160	3710	
15	3710	45	130	3810	
16	3680	23	204	3810	
17	3580	13	177	3800	
18	3610	15	140	3870	140
19	3650	1040	1062	3720	
20	3630	988	754	3750	
21	3610	44	116	3710	
22	3610	25	135	3600	
23	3620	17	182	3690	
24	4330	7,6	160	4460	
25	4310	23,5	101	4460	
26	4300	16,6	74	4450	
27	4370	11,2	155	4420	
28	4380	62	280	4430	
29	4380	41	90	4420	
30	4410	18	88	4380	
31	4420	15	144	4390	
32	4420	172	54	4390	
Hoogste waarde		1040	54		
Laagste waarde		11,2	1062		
Gemiddelde		124,0	200,7		
Gem eet		156,5	229,4		
Gem zit		40,8	127,3		
33			130	4380	
34			76	4310	
35			87	4350	
36			1140	4340	lezen
37			212	4340	
38			1135	4260	
39			251	4190	keuken
40			1415	4350	
41			150	4370	gang
42			233	4380	
43			240	4390	
Hoogste waarde			1415		
Laagste waarde			76		
Gemiddelde			460,8		

**Licht door raam**

Raam						
1	3760	210 x 210	h=0 cm	4,4	m2	
2	2580	235 x 87	h=70 cm	2,0	m2	
3	560	66 x 63	h=133 cm	0,4	m2	
4	4350	45 x 45	h=102 cm	0,2	m2	
5	1490	50 x 210	h=20 cm	1,1	m2	
6	1140	85 x 102	h=154 cm	0,9	m2	

**Kunstlicht**

Lamp	Aantal lux op 1 meter afstand vanaf lamp
A	790 lux
B	250 lux
C	647 lux
D	656 lux
E	278 lux
F	285 lux
G	290 lux
H	276 lux

		Lux buiten	Lmax 60	Lmin 60	Lgem 60	Lmax 30	Lmin 30	Lgem 30
<b>Zitplek 1</b>	zit naar lang raam	1360 lux	243,8	0,02	5,26	242,9	0,12	6,84
<b>zitplek 2</b>	zit rug naar lang raam	1110 lux	210,1	0,037	4,08	124,4	0,048	3,25
<b>zitplek 3</b>								
<b>zitplek 4</b>								
<b>zitplek 5</b>								
<b>zitplek 6</b>								
<b>zitplek 7</b>								
<b>Raam 1 deur raam positie 3 &amp; 4</b>								
<b>Op 2 meter naar raam</b>		4800 lux	13890	0,007	390,3	13890	2,51	708,4
<b>Rug naar raam</b>		4800 lux	1055	0,096	18,12	191,8	0,165	15,73
<b>Raam 2 binnen raam positie 5 &amp; 6</b>								
<b>Op 2 meter naar raam</b>		1030 lux	244,6	0,11	21,88	230,9	0,58	29,2
<b>Rug naar raam</b>		1030 lux	12370	-0,044	67,21	2370	0,3069	201,3
<b>Achterin in de ruimte naar raam</b>			2689	0,1	34,73	2034	0,1	29,87

## BOSWIJK VUGHT, woning 5

	Buiten	Binnen zonder kunstlicht	Binnen met kunstlicht	Buiten
1		3720	84,3	126 3350
2		3850	135	170 3330
3		3860	67,5	194 3320
4		4020	110	312 3310
5		3940	160	331 3280
6		3730	148	271 3260
7		3690	187	497 3340
8		3580	220	613 3330
9		3660	210	391 3210
10		3820	155	280 3080
11		3850	54,6	160 2910
12		3710	110	356 2900
13		3540	373	856 2890
14		3630	454	900 2830
15		3740	370	350 2900
16		3640	201	228 2400
17		3630	80	66 2700
18		3650	91	150 2780
19		3680	1940	1510 2800
20		3750	2318	1610 2950
21		3740	583	378 3010
22		3570	205	289 2940
23		3300	121	264 2940
24		1630	13,7	55 1650
25		1640	32	110 1640
26		1640	21	76 1630
27		1630	19	122 1640
28		1650	30	236 1640
29		1640	23	203 1640
30		1650	16	97 1650
31		1650	30	91 1630
32		1640	94	145 1640
Hoogste waarde		2318	1510	
Laagste waarde		16	55	
Gemiddelde	3127,2	270,5	357,4	2641,3
Gem eet		364,2	447,9	
Gem zit		31,0	126,1	

33			55	2420
34			52	2440
35			80	2430
36			1034	2430
37			204	2410
38			1154	2390
39			887	2390
40			1202	2400
41			163	2410
42			159	2390
43			597	2380
Hoogste waarde			1202	
Laagste waarde			52	
Gemiddelde			507,9	

Licht door raam	
Raam	
1	24700 lux
2	2320 lux
3	3190 lux
4	160 lux
5	380 lux
6	250 lux

		Lux buiten	Lmax 60	Lmin 60	Lgem 60	Lmax 30	Lmin 30	Lgem30
Zitplek 1	overzicht zit positie 1/2		1184	0,01	6,36	1184	0,05	17,04
zitplek 2	overall positie 7		8419	0,16	55,17	8419	0,17	125
zitplek 3								
zitplek 4								
zitplek 5								
zitplek 6								
zitplek 7								
raam 1 positie 3 & 4								
Op 2 meter naar raam		2180	19840	4,76	1018	19550	4,76	613,7
Rug naar raam		2180	1306	0,12	34,55	399	0,12	22,92
raam 2 positie 5 & 6								
Op 2 meter naar raam		1790	387,5	0,32	20,31	387,5	0,32	16,31
Rug naar raam		1790	7853	0	64,51	7853	0,37	128,6

## 14.6.2 Meetgegevens Hogeweyk

### HOGEWYK WEESP woning 7

	Buiten	Binnen zonder kunstlicht	Binnen met kunstlicht	Buiten
1	820	55	69	1120
2	810	60	132	1140
3	800	70	127	1140
4	780	99	156	1130
5	780	135	36	1080
6	820	109	32	1050
7	900	40	34	960
8	970	23	178	920
9	920	35	137	890
10	880	19	85	870
11	890	18	84	740
12	830	18	49	820
13	820	22	137	790
14	820	21	80	760
15	790	11	75	730
16	760	15	46	740
17	760	13	73	760
18	780	16	110	800
19	800	14	117	830
20	920	21	163	1090
21	950	24	170	1030
22	1010	14	181	990
23	1050	10	250	910
24	1120	16	193	870
25	1110	141	287	1200
26	1150	83	148	1370
27	1140	61	120	1570
28	1120	40	100	1600
Hoogste waarde				
Laagste waarde				
Gemiddelde	903,6	43,0	120,3	996,4
Gem eel		37,5	109,6	
Gem zit		68,2	169,6	

33		1	254	1750
34		2	171	2060
35		3	147	3350
36		4	216	3420
37		5	601	3430
38		6	590	3440
39		7	607	3440
40		8	424	3440
41		9	212	3440
42				
43				
Hoogste waarde				
Laagste waarde				
Gemiddelde				358,0

Licht door raam				
Raam				
1	5 m x 1,87	2380 lux		h = 70
2	5 x 2,6	577 lux		h = 0
3	1,5 x 1,07	3360 lux		h = 92
4		lux		
5		lux		
6		lux		

		Lux buiten	Lmax 60	Lmin 60	Lgem 60	Lmax 30	Lmin 30	Lgem30
Zitplek 1	zit-raam positie 5	2600	13500	-0,51	79,89	9478	-0,27	283,9
Zitplek 2	zit - tv positie 6	2290	501,5	0,15	12,4	36,32	0,04	7,05
Zitplek 3	zit stoel - kamer	2260	816,6	0,04	18,25	746	0,04	13,53
Zitplek 4								
Zitplek 5								
Zitplek 6								
Zitplek 7								
Raam 1 positie 1 & 2								
Op 2 meter naar raam		1870	5853	0,038	144,9	2221	1,05	165
Rug naar raam		1870	4830	-0,1	26,74	4830	-0,07	88,41
Raam 2 positie 3& 4								
Op 2 meter naar raam		2350	4585	-2,37	143,6	4585	-1,03	367,4
Rug naar raam		2790	1948	0	18,18	1948	0,17	32,79
Achterin in de ruimte naar raam positie 8		2810	999,3	0	18,45	999,3	0,08	17,02

Kunstlicht	Aantal lux op 1 meter afstand vanaf lamp	
Lamp		buiten
A	490 lux	235 lux
B	141 lux	241 lux
C	139 lux	241 lux
D	414 lux	236 lux
E	401 lux	238 lux
F	385 lux	238 lux
G	372 lux	241 lux

## HOGWEYK woning 22

	Buiten	Binnen zonder kunstlicht	Binnen met kunstlicht	Buiten
1	4700	63	101	5090
2	4470	144	231	5290
3	4350	64	101	5470
4	4280	97	129	5770
5	4240	120	114	6030
6	4130	52	66	6270
7	4010	121	260	6630
8	3920	111	381	7000
9	3850	79	278	7170
10	3790	58	224	7340
11	3750	50	171	7500
12	3710	44	83	7600
13	3650	330	1046	7830
14	3610	310	917	7630
15	3550	87	181	7980
16	3500	90	223	7990
17	3510	75	186	7940
18	3480	55	165	7890
19	3490	261	1410	7660
20	3500	130	473	7340
21	3520	107	272	7210
22	3440	76	210	6990
23	3640	727	2207	6700
24	3700	384	617	6530
25	3790	165	343	6350
26	3860	128	309	6280
27	3940	400	708	6160
28	4020	1200	1542	5640
29	4080	696	1107	5750
30	4090	125	137	5660
Hoogste waarde		1200	2207	
Laagste waarde		44	66	
Gemiddelde	3852,3	211,6	473,1	6756,3

31			1107	5300
32			137	
33			474	
34			654	
35			665	
36			421	
37			413	
38			275	
39			226	
40			208	
41			363	
42			138	
43			148	
44			173	
45			189	
46			270	
Laagste waarde			665	
Gemiddelde			366,3	

Licht door raam	Raam				
1	3990	3,3*1,87 cm	Z	m2	
2	1320	3,3*1,87 cm	Z	m2	
3		1,5 x 1,07 cm	N	m2	
4	5190	4,2*2,6 cm	O	m2	
5	6940	4*2,6 cm	N	m2	
6		cm		m2	

Kunstlicht	Lamp	Aantal lux op 1 meter afstand vanaf lamp	buiten
A		569 lux	4780
B		268 lux	4790
C		252 lux	1850
D		210 lux	5510
E		127 lux	5900
F		203 lux	4730
G		310 lux	4520

		Lux buiten						
		Lmax 60	Lmin 60	Lgem 60	Lmax 30	Lmin 30	Lgem30	
Zitplek 1	zit tv - terras positie 9	4770	1951	0,33	122,8	1892	1,09	154,5
Zitplek 2	zit tv - raam positie 10	4540	9422	-0,17	270	9422	0,61	916,3
Zitplek 3	eettafel raam positie 11	4530	8192	0,08	169,2	6638	0,28	396,3
Zitplek 4	achterin ruimte - positie 12	4480	4590	0,29	61,22	4590	0,59	100,1
Zitplek 5								
Zitplek 6								
Zitplek 7								
Raam 1 positie 1&2								
Op 2 meter naar raam		6420	4806	0,36	119,8	3279	1,37	146,4
Rug naar raam		6420	11920	0,49	226,5	11920	0,87	496,7
Raam 2 positie 3&4								
Op 2 meter naar raam		6340	3086	-6,3	68,37	2304	0,47	44,41
Rug naar raam		6340	3239	0,58	142,4	3002	2,06	353,6
Raam 4 positie 5&6								
Op 2 meter naar raam		5720	8829	3,8	707	7059	11,44	457,8
Rug naar raam		5720	9886	0,45	135,5	406,8	1,08	48,95
Raam 5 positie 7&8								
Op 2 meter naar raam		5100	10880	-0,56	977,6	10880	4,68	1800
Rug naar raam		4920	1434	0,53	41,84	1434	0,77	38,9

### 14.6.3 Meetgegevens Rietvinck

#### RIETVINCK AMSTERDAM DE VLUGT

	Buiten	Binnen zonder kunstlicht	Binnen met kunstlicht	Buiten
1	1630	19	31	910
2	1640	14	92	1030
3	1660	15	272	1080
4	1670	22	39	1150
5	1670	25	76	1190
6	1700	26	105	1250
7	1730	60	79	1220
8	1740	54	60	1210
9	1760	70	43	1220
10	1830	94	60	1240
11	1860	155	57	1300
12	1930	94	83	1310
13	1970	331	240	1340
14	1980	711	310	1350
15	1980	546	336	1280
16	2030	11	343	340
17	2040	13	523	1250
18	2100	27	852	1190
19	2190	27	110	1130
20	2250	36	297	1200
21	2260	29	170	1380
22	2450	24	91	1200
23	2440	16	120	1150
24	2440	9	73	1110
25	2440	51	105	1230
26	2460	90	285	1420
27	2450	52	83	1390
28	2410	26	84	1370
29	2440	29	112	1350
30	2440	5	63	1320
31	2410	105	105	1270
32	2490	257	303	1430
33	2430	180	131	1400
34	2430	484	170	1310
35	2480	860	554	1470
36	2450	509	460	1530
Hoogste waarde		860	554	
Laagste waarde	2118,9	5	31	1236,7
Gemiddelde	2118,9	156,3	197,4	1236,7

37			145	1340
38			121	1360
39			71	1360
40			117	1380
41			83	1410
42			444	1430
43			140	1460
44			241	1570
45			310	1560
46			257	1600
47			327	1650
48			129	1670
49			295	1700
50			233	1710
51			497	1750
52			383	1770
53			167	1830
Hoogste waarde			497	
Laagste waarde			71	
Gemiddelde			238,3	1561,8

Licht door raam			
Raam		lux	
1	1900		

		Lux buiten	Lmax 60	Lmin 60	Lgem 60	Lmax 30	Lmin 30	Lgem30
Zitplek 1	tafel eet naar woon positie 5	1210	586,5	0,15	19,74	425,4	0,15	16,25
zitplek 2	tafel eet naar keuken positie 6	1210	819,4	0,023	14,8	819,4	0,26	16,78
zitplek 3		1210						
zitplek 4	naar tv positie 8	1250	306,4	0,07	9,2	55,57	0,11	3,72
zitplek 5	tv naar buiten positie 7	1250	987,3	0,04	30,55	987,3	0,34	73,68
zitplek 6	overall posi 11		929,7	0,05	13,69	924,3	0,06	23,52
zitplek 7								
Raam 1 positie 1&2								
Op 2 meter naar raam		1240	1171	0,69	138,3	1033	3,69	129,3
Rug naar raam		1240	536,7	0,08	8,73	224,3	0,08	9,31
Raam 2 positie 3&4								
Op 2 meter naar raam		1170	1080	0,63	169,2	986,7	3,69	156,9
Rug naar raam		1170	628	0,077	17,85	628	0,25	23,02
Achterin in de ruimte naar raam positie 10		1250	765,1	0,09	18,47	765,1	0,16	29,43

Kunstlicht op 1 onder lamp		Aantal lux op 1 meter afstand vanaf lamp	
Lamp	kapot	buiten	lux
A		lux	lux
B	284	lux	1970
C	297	lux	1930
D	224	lux	1940
E	490	lux	1570
F	409	lux	1360



## RIETVINCK AMSTERDAM DE HALLE

	Buiten	Binnen zonder kunstlicht	Binnen met kunstlicht	Buiten
-3	481	4,5	210	720
-2	490	3,4	313	730
-1	510	4	137	730
1	524	4	24	734
2	528	11	141	755
3	558	11	72	756
4	582	5	440	740
5	594	6	417	745
6	600	63	661	734
7	618	13	22	716
8	649	12	80	713
9	664	15	70	709
10	692	18	61	728
11	714	15	72	748
12	721	16	86	772
13	739	26	64	784
14	747	78	195	782
15	752	36	78	788
16	751	56	110	787
17	761	123	96	785
18	755	76	136	777
19	1720	45	249	1710
20	1710	56	238	1690
21	1610	90	210	1690
22	1570	106	311	1690
23	1540	53	163	1660
24	1610	197	240	1650
25	1640	203	225	1640
26	1690	258	249	1620
27	1760	305	287	1600
28	1840	256	285	1600
29	1890	340	249	1630
30	1880	414	370	1650
31	1820	283	289	1670
32	1670	181	237	1650
33	1760	529	436	1660
34	1860	506	462	1660
Hoogste waarde		529	462	
Laagste waarde		3	22	
Gemiddelde	1108,1	119,4	215,8	1140,6
Gemiddelde woon		28,4	166,0	
Gemiddelde eel		238,9	281,3	

35			48	1660
36			46	1670
37			75	1670
38			137	1640
39			100	1650
40			127	1650
41			54	1660
42			26	1670
43			40	1680
44			56	1700
45			24	1690
46			117	1680
47			336	1670
48			70	1690
Laagste waarde			665	
Gemiddelde			137	
Gemiddelde			89,7	

Licht door raam		
Raam		
1 woon	680	lux
2 eef	1740	lux
3 eef	1640	lux
4		
5		
6		

Kunstlicht		
Lamp	Aantal lux op 1 meter afstand vanaf lamp	buiten
A	1081 lux	2070
B	1080 lux	2070
C	1055 lux	2060
D	178 lux	1940
E	180 lux	1930
F	288 lux	1930
G	308 lux	1920
H	376 lux	1920

		Lux buiten	Lmax 60	Lmin 60	Lgem 60	Lmax 30	Lmin 30	Lgem30
Zitplek 1	woon-iv positie 3	618	744,4	0,09	24,89	744,4	0,14	15,4
zitplek 2	eettafel - raam positie 8	1300	1999	0,36	57,6	1502	1,58	101,7
Raam 1	woon positie 1&2							
Op 2 meter naar raam		618	1442	0,15	88,55	1418	1,135	154,3
Rug naar raam		618	746,1	0,1	16,28	746,1	0,1	16,63
Raam 2	eet hoog positie 4&5							
Op 2 meter naar raam		1300	1343	1,51	172,5	1215	1,53	40,26
Rug naar raam		1300	513,2	0,29	19,07	250,1	0,56	11,54
Raam 3	eet laag positie 6&7							
Op 2 meter naar raam		1300	2301	1,37	312,4	1667	2,36	98,29
Rug naar raam		1300	1631	0,49	27,9	642,9	0,49	26,78
Achterin ruimte woon positie 9		618	1692	0,08	12,61	763,1	0,17	22,17

## 14.7 Vragenlijst mbt licht voor mentaal gezonde ouderen

De enquête wordt afgenomen bij mentaal gezonde oudere mensen die nog (redelijk) goed ter been zijn, maar wel op een revalidatie afdeling zitten op St. Odilia in Geleen. Het doel van deze vragenlijst is te kijken waar mensen het liefst zitten in de gemeenschappelijke ruimte, en waar dit aan ligt. Er wordt onderscheid gemaakt per activiteit. Uit de literatuur komt dat er voor complexe taken zoals lezen en eten meer licht (lux) vereisen als minder complexe taken, zoals luisteren en rusten. Er zal dan ook voor zowel complexe als minder complexe taken worden gevraagd waar mensen zich het liefst in een ruimte bevinden.

De vragenlijst zal aan de hand van klein persoonlijk gesprekje met de mensen worden afgenomen, waar in ieder geval antwoord moet worden gevonden op de volgende vragen;

0 Vindt u dit een prettige ruimte?

0 Waar zit u het liefst in deze ruimte om te lezen

Ligt dit aan;

0 te veel / te weinig zonlicht

0 te warm / te koud

0 vaste plek in de ruimte; vindt u dit een prettige plek?

0 leuk uitzicht

0 Waar zit u het liefst in deze ruimte om te praten / luisteren

Ligt dit aan;

0 te veel / te weinig zonlicht

0 te warm / te koud

0 vaste plek in de ruimte; vindt u dit een prettige plek?

0 leuk uitzicht

0 Waar zit u het liefst in deze ruimte om te eten

Ligt dit aan;

0 te veel / te weinig zonlicht

0 te warm / te koud

0 vaste plek in de ruimte ; vindt u dit een prettige plek?

0 leuk uitzicht

0 Waar zit u het liefst in deze ruimte om te televisie te kijken

Ligt dit aan;

0 te veel / te weinig zonlicht

0 te warm / te koud

0 vaste plek in de ruimte; vindt u dit een prettige plek?

0 leuk uitzicht

0 Waar zit u het liefst in deze ruimte om rust te hebben / uzelf terug te trekken

Ligt dit aan;

0 te veel / te weinig zonlicht

0 te warm / te koud

0 vaste plek in de ruimte; vindt u dit een prettige plek?

0 leuk uitzicht

0 Vindt u het aan het raam zitten prettig?

Komt dit door;

0 Warmte / koelte

0 Tocht

0 Slecht / goed uitzicht

- 0 Vindt u dit een prettige ruimte?
- 0 Waar zit u het liefst in deze ruimte om te lezen
- Ligt dit aan;
  - 0 te veel / te weinig zonlicht
  - 0 te warm / te koud
  - 0 vaste plek in de ruimte; vindt u dit een prettige plek?
  - 0 leuk uitzicht
- 0 Waar zit u het liefst in deze ruimte om te praten / luisteren
- Ligt dit aan;
  - 0 te veel / te weinig zonlicht
  - 0 te warm / te koud
  - 0 vaste plek in de ruimte; vindt u dit een prettige plek?
  - 0 leuk uitzicht
- 0 Waar zit u het liefst in deze ruimte om te eten
- Ligt dit aan;
  - 0 te veel / te weinig zonlicht
  - 0 te warm / te koud
  - 0 vaste plek in de ruimte ; vindt u dit een prettige plek?
  - 0 leuk uitzicht
- 0 Waar zit u het liefst in deze ruimte om te televisie te kijken
- Ligt dit aan;
  - 0 te veel / te weinig zonlicht
  - 0 te warm / te koud
  - 0 vaste plek in de ruimte; vindt u dit een prettige plek?
  - 0 leuk uitzicht
- 0 Waar zit u het liefst in deze ruimte om rust te hebben / uzelf terug te trekken
- Ligt dit aan;
  - 0 te veel / te weinig zonlicht
  - 0 te warm / te koud
  - 0 vaste plek in de ruimte; vindt u dit een prettige plek?
  - 0 leuk uitzicht
- 0 Vindt u het aan het raam zitten prettig?
- Komt dit door;
  - 0 Warmte / koelte
  - 0 Tocht
  - 0 Slecht / goed uitzicht

Deze vragenlijst is uiteindelijk niet afgenomen. Door mis communicatie is er een vragenlijst afgenomen bij dementerende ouderen. Er zijn dezelfde vragen gesteld maar in een andere vraagstelling. Deze vragen zijn in verschillende vraagstellingen een aantal keer herhaald. Als hier bij alle vraagstellingen hetzelfde antwoord op kwam, is dit antwoord meegenomen in het verslag.

## 14.8 Meetresultaten in schaalmodel tav licht

### var 1 - normaal

1	6	11	16	20			
2	7	12	17	21			
3	8	13	18	22	24	25	26
4	9	14	19	23			
5	10	15					

13.00 uur

punt	buiten	binnen
1	43500	2657
2	43400	3080
3	43000	1800
4	42600	3110
5	42900	2304
6	42000	3520
7	41900	3530
8	41500	3290
9	40300	1599
10	39700	1278
11	39500	3100
12	38300	2338
13	37900	1822
14	37400	1045
15	37000	614
16	17800	317
17	16500	300
18	14200	157,7
19	13000	146,1
20	13600	65
21	13900	95
22	14300	103,5
23	15200	106,3
24	16500	83,6
25	18400	29,4
26	20000	23

### var 1 - zwart

1	6	11	16	20			
2	7	12	17	21			
3	8	13	18	22	24	25	26
4	9	14	19	23			
5	10	15					

14.00 uur

punt	buiten	binnen
1	39900	4200
2	39400	4530
3	39000	1902
4	24160	3500
5	40300	1642
6	41600	1934
7	43200	2800
8	44200	2603
9	44900	1183
10	45200	950
11	45500	2370
12	45000	1722
13	43900	1152
14	42000	705
15	42000	670
16	43000	640
17	43200	486
18	41100	412
19	40400	360
20	35000	79,2
21	28100	245,8
22	25200	240
23	20200	238
24	19800	112
25	21200	58
26	21400	26

## var 2 - hout

1	6	11	16	20			
2	7	12	17	21			
3	8	13	18	22	24	25	26
4	9	14	19	23			
5	10	15					

14.30 uur  
maquette verplaatst

punt	buiten	binnen
1	29200	3500
2	29000	3230
3	29000	1910
4	21800	1375
5	21800	810
6	16400	3400
7	13500	1910
8	11300	1369
9	19000	2970
10	26600	2013
11	27200	2690
12	28600	2998
13	29400	2604
14	19300	2591
15	30000	1594
16	28000	1931
17	28400	1419
18	29100	980
19	30000	1628
20	30300	626
21	29500	708
22	28600	593
23	28400	532
24	28100	500
25	28600	331
26	29100	100

## var 2 - zwart

1	6	11	16	20			
2	7	12	17	21			
3	8	13	18	22	24	25	26
4	9	14	19	23			
5	10	15					

15.00 uur  
maquette verplaatst  
zon komt ver achter in maquette

punt	buiten	binnen
1	27800	3400
2	27800	3090
3	27800	1718
4	13100	1003
5	13100	3800
6	25900	2510
7	25900	1360
8	9100	715
9	9200	2724
10	14800	1732
11	24700	1084
12	25500	2070
13	26100	2244
14	25900	2008
15	24200	1420
16	24900	2270
17	24800	1230
18	24100	781
19	24300	2119
20	7600	564
21	16100	591
22	20000	620
23	12000	581
24	9500	230
25	9500	160
26	9400	110

var 2 - wit

1	6	11	16	20			
2	7	12	17	21			
3	8	13	18	22	24	25	26
4	9	14	19	23			
5	10	15					

15.30 uur  
maquette verplaatst  
zon komt ver achter in maquette

punt	buiten	binnen
1	24000	2267
2	25100	1720
3	23900	1032
4	23200	1825
5	21500	1575
6	20000	1260
7	24800	1443
8	24200	1424
9	23800	790
10	24100	522
11	24500	1231
12	21900	1720
13	13600	1111
14	13800	1178
15	22200	1025
16	24500	925
17	25100	1140
18	24100	740
19	24300	1518
20	22900	964
21	21000	804
22	18200	781
23	10100	640
24	9500	350
25	9500	144
26	9400	98

# 14.9 Resultaten rekenmodel ronde woonkamer

## 14.9.1 Invoer gegevens van de ronde woonkamer

### Woning

**Opmerkingen woning**

Oppervlakte	9,35 m <sup>2</sup>
Volume	31,32 m <sup>3</sup>

**Materialen**

Oppervlakte		U waarde	
Gas dubbel	1,63 m <sup>2</sup>	2,8 W/m <sup>2</sup> K	
Gipsplaat muur	7,72 m <sup>2</sup>	0,8 W/m <sup>2</sup> K	
Beton muur met deuk	28,3 m <sup>2</sup>	0,8 W/m <sup>2</sup> K	
Beton muur zonder deuk	35,0 m <sup>2</sup>	2,2 W/m <sup>2</sup> K	

**Meerwaarde massa**

Soortelijke dichtheid		Indringingsdiepte		Massa	
Material 1 (beton)	2400 kg/m <sup>3</sup>	0,15 m	134,3 m <sup>2</sup>	46980 kg	
Material 2 (beton)	2400 kg/m <sup>3</sup>	0,30 m	28,3 m <sup>2</sup>	20376 kg	
Material 3 (beton)	2400 kg/m <sup>3</sup>	0,08 m	9,35 m <sup>2</sup>	5984 kg	
Material 4 (beton)	2400 kg/m <sup>3</sup>	0,01 m	0,01 m <sup>2</sup>	0 kg	

Totaal materiaal 1 (beton)      Massa      67556,0 kg

Totaal materiaal 2 (beton)      Massa      5864,0 kg

Totaal algh                                   5,2972762 J/K

### Zonneschoorsteen

**Opmerkingen Zonneschoorsteen**

Oppervlakte	8,8 m <sup>2</sup>
Volume	40,5 m <sup>3</sup>
Hoogte	3,8 m

**Materialen**

Oppervlakte		U waarde	
Gas	35,0 m <sup>2</sup>	2,8 W/m <sup>2</sup> K	
Hout	20,8 m <sup>2</sup>	1,9 W/m <sup>2</sup> K	

**Meerwaarde massa**

Soortelijke dichtheid		Indringingsdiepte		Massa	
Material 1 (hout)	860 kg/m <sup>3</sup>	0,12 m	20,8 m <sup>2</sup>	1996,8 kg	
Material 1 (hout)	860 kg/m <sup>3</sup>	0,12 m	20,8 m <sup>2</sup>	1996,8 kg	

Totaal materiaal 1 (beton)      Massa      1996,8 kg

Totaal algh                                   0,00095938 J/K

### Wind

**Drukcoëfficiënt**

leerzijde	0,8
rugzijde	-0,4

**Windsnelheid**

windsnelheid op 10 m	2,1 m/s
hoogte van opvang windwiel	3,0 m
roteringscoëfficiënt	0,37
roteringscoëfficiënt k	0,68
windsnelheid hoogste h	1,72 m/s

(zie tabblad windsnelheden per maand)

### Overig

**Soortelijke hoogte**

lucht (beton) (A)	0,20 m <sup>2</sup>
lucht (beton) (B)	4,5 m <sup>2</sup>
As	0,20 m <sup>2</sup>
gronny (g)	9,8

**Overig**

Rog* lucht	1200,0
Cd	0,7

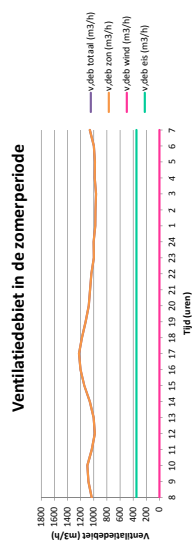
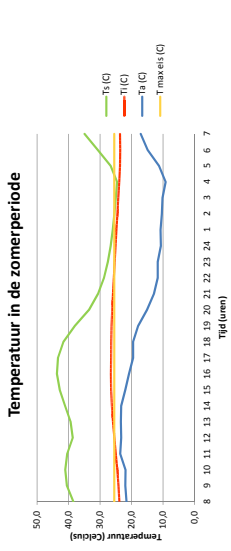
**Innere warmte**

Energieinhoud	1,0 ligen	amt. Pers	0,0
Energieinhoud	1,0 ligen	amt. Pers	0,0
Energieinhoud	3,0 Staan	amt. Pers	0,0
Energieinhoud	4,0 Bewegen	amt. Pers	0,0
Qruwe	855,0		
apparatuur 1 (pc)	700 W		
apparatuur 2	W		
apparatuur 3	W		
apparatuur 4	2000 W	apparatuur 5, air. ant.	
Qlicht			

# 14.9.2 Windstille dag

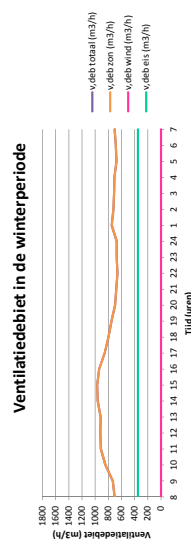
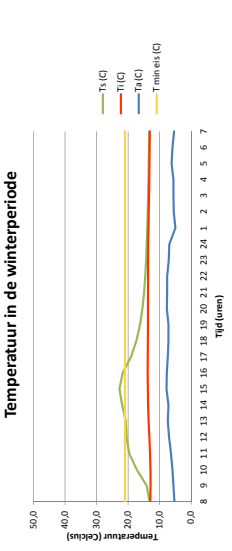
## Berekening temperatuur ZOMER

Tijd (h)	Ts (C)	Qzon (kW)	Qwin (W)	Htrans. i	exp. i	Htrans. s	exp. s	hvent	Ts (C)	Vdeb zon (m3/h)	vdeb wind (m3/h)	vdeb totaal (m3/h)	vdeb eis (m3/h)	luchtheids (m3/g)	
8	21.6	4246.1	8997.1	525.0	195.2	0.9717989	140.0	0.6248059	343.7	23.9	38.5	1031.2	1031.2	3500	2.5
9	22.0	6218.5	8961.6	525.0	195.2	0.9770946	140.0	0.618991	360.2	24.2	40.5	1080.6	1080.6	3500	2.6
10	21.9	7820.1	8771.8	525.0	195.2	0.9796463	140.0	0.6154669	366.1	24.5	41.0	1098.3	1098.3	3500	2.6
11	21.6	8862.4	8691.8	525.0	195.2	0.9791821	140.0	0.6141134	342.2	25.0	40.4	1029.7	1029.7	3500	2.5
12	23.3	9225.8	8709.6	525.0	195.2	0.9783077	140.0	0.6134979	327.9	25.5	38.7	983.6	983.6	3500	2.3
13	23.1	8672.4	8691.8	525.0	195.2	0.9773934	140.0	0.6134132	315.1	25.9	39.3	1002.4	1002.4	3500	2.4
14	22.0	6218.5	8661.6	525.0	195.2	0.9696892	140.0	0.6095194	301.6	26.5	42.8	1144.7	1144.7	3500	2.7
15	20.8	4246.1	8997.1	525.0	195.2	0.9688773	140.0	0.6155119	400.5	26.6	43.2	1201.4	1201.4	3500	2.9
16	19.5	2416.0	8955.5	525.0	195.2	0.9686226	140.0	0.6190229	400.5	26.5	43.3	1225.6	1225.6	3500	2.9
17	19.5	1374.3	8731.8	2395.0	195.2	0.9692484	140.0	0.6194235	393.6	26.5	41.6	1180.9	1180.9	3500	2.8
18	17.9	502.0	3051.4	2395.0	195.2	0.9701861	140.0	0.6110212	375.0	26.4	38.0	1125.1	1125.1	3500	2.7
19	15.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9710206	140.0	0.6119792	358.8	26.2	35.5	1076.5	1076.5	3500	2.6
20	12.9	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9714831	140.0	0.62496147	354.4	25.9	30.6	1097.1	1097.1	3500	2.6
21	11.7	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9716888	140.0	0.6276101	345.7	25.6	28.8	1037.1	1037.1	3500	2.5
22	10.4	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9719371	140.0	0.6313945	328.8	25.4	27.3	998.7	998.7	3500	2.4
23	10.4	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9721752	140.0	0.6352628	324.9	24.8	26.0	972.8	972.8	3500	2.4
24	10.4	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9727289	140.0	0.6401826	324.6	24.5	25.4	973.7	973.7	3500	2.4
25	10.4	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9729288	140.0	0.6440981	321.9	24.2	24.9	965.8	965.8	3500	2.4
26	9.2	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9731502	140.0	0.6381227	324.4	23.9	24.6	985.2	985.2	3500	2.4
27	8.0	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9733752	140.0	0.64474925	312.2	23.8	21.7	939.6	939.6	3500	2.3
28	7.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9748005	140.0	0.6649016	285.5	23.8	19.0	856.6	856.6	3500	2.1
29	7.2	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9748003	140.0	0.6772943	246.3	23.7	17.3	798.8	798.8	3500	2.0
30	7.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9748003	140.0	0.6873753	250.9	23.7	16.7	792.7	792.7	3500	2.0
31	7.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9748003	140.0	0.6994117	242.8	23.7	15.4	698.3	698.3	3500	1.9
32	7.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9748003	140.0	0.7126244	224.6	23.7	14.6	641.9	641.9	3500	1.8
33	7.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9748003	140.0	0.7261086	224.3	23.7	14.4	621.9	621.9	3500	1.7
34	6.9	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9779736	140.0	0.7050474	224.4	23.6	14.1	673.2	673.2	3500	1.7
35	5.7	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9776549	140.0	0.6880592	249.8	23.5	13.9	749.5	749.5	3500	1.8
36	5.0	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9771321	140.0	0.6914156	240.6	23.4	13.8	721.8	721.8	3500	1.8
37	5.6	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9773027	140.0	0.6983959	237.3	23.4	13.6	712.0	712.0	3500	1.8
38	5.6	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.977387	140.0	0.6974453	235.7	23.3	13.5	707.1	707.1	3500	1.7
39	6.2	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9779323	140.0	0.6945106	225.2	23.2	13.4	675.6	675.6	3500	1.7
40	5.9	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9773599	140.0	0.7024897	225.5	23.2	13.4	685.5	685.5	3500	1.7
41	5.4	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9774261	140.0	0.6974608	224.5	23.1	13.3	704.5	704.5	3500	1.7



## Berekening temperatuur WINTER

Tijd	Ts (C)	Qzon (kW)	Qwin (W)	Htrans. i	exp. i	Htrans. s	exp. s	hvent	Ts (C)	Vdeb zon (m3/h)	vdeb wind (m3/h)	vdeb totaal (m3/h)	vdeb eis (m3/h)	luchtheids (m3/g)	
8	5.3	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9774246	140.0	0.6979334	235.0	13.0	13.2	704.9	704.9	3500	1.7
9	5.6	696.3	1287.8	525.0	195.2	0.9769991	140.0	0.6919496	244.0	12.9	14.1	711.8	711.8	3500	1.8
10	5.9	4172.6	481.7	525.0	195.2	0.9750681	140.0	0.6873779	281.7	12.9	17.2	845.0	845.0	3500	2.1
11	6.0	6668.4	481.7	525.0	195.2	0.9748003	140.0	0.6851276	307.2	13.3	20.5	921.8	921.8	3500	2.2
12	7.0	6684.5	3420.2	525.0	195.2	0.9777793	140.0	0.6552323	305.4	13.5	20.7	916.1	916.1	3500	2.2
13	7.4	6834.5	3420.2	525.0	195.2	0.9772959	140.0	0.6429854	320.5	13.7	21.9	961.4	961.4	3500	2.4
14	7.2	6207.2	4734.2	525.0	195.2	0.9778475	140.0	0.641179	323.4	13.7	22.7	970.2	970.2	3500	2.4
15	7.8	4205.4	4890.5	525.0	195.2	0.9778475	140.0	0.6474925	312.2	13.8	21.7	939.6	939.6	3500	2.3
16	7.7	1586.2	2733.4	2395.0	195.2	0.9748003	140.0	0.6649016	285.5	13.8	19.0	856.6	856.6	3500	2.1
17	7.4	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9748003	140.0	0.6772943	246.3	13.7	17.3	798.8	798.8	3500	2.0
18	7.2	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9748003	140.0	0.6873753	250.9	13.7	16.7	792.7	792.7	3500	2.0
19	7.2	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9748003	140.0	0.6994117	242.8	13.7	15.4	698.3	698.3	3500	1.9
20	7.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9748003	140.0	0.7126244	224.6	13.7	14.6	641.9	641.9	3500	1.8
21	7.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9748003	140.0	0.7261086	224.3	13.7	14.4	621.9	621.9	3500	1.7
22	7.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9779736	140.0	0.7050474	224.4	13.6	14.1	673.2	673.2	3500	1.7
23	6.9	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9776549	140.0	0.6880592	249.8	13.5	13.9	749.5	749.5	3500	1.8
24	5.0	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9771321	140.0	0.6914156	240.6	13.4	13.8	721.8	721.8	3500	1.8
25	5.6	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9773027	140.0	0.6983959	237.3	13.4	13.6	712.0	712.0	3500	1.8
26	5.6	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.977387	140.0	0.6974453	235.7	13.3	13.5	707.1	707.1	3500	1.7
27	6.2	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9779323	140.0	0.6945106	225.2	13.2	13.4	675.6	675.6	3500	1.7
28	5.9	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9773599	140.0	0.7024897	225.5	13.2	13.4	685.5	685.5	3500	1.7
29	5.4	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9774261	140.0	0.6974608	224.5	13.1	13.3	704.5	704.5	3500	1.7

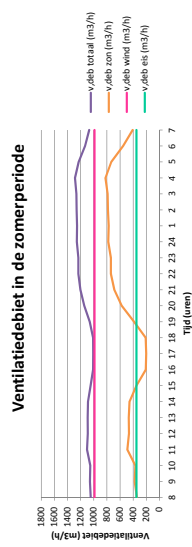
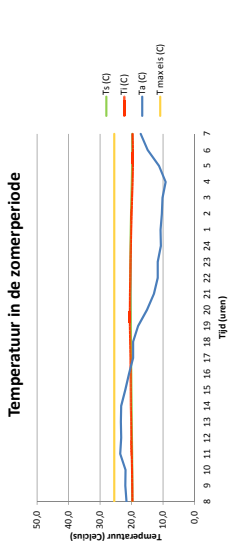




### 14.9.3 Bewolte dag

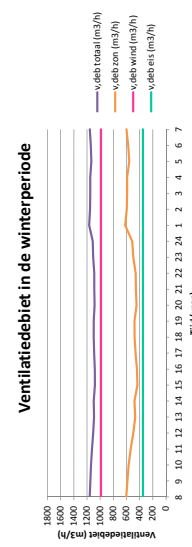
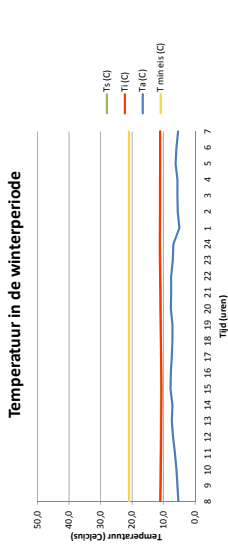
#### Berekening temperatuur ZOMER

Tijd (h)	Ts (C)	Qzon, (W)	Qwin, (W)	Qint, (W)	Htrans, i	exp. i	Htrans, s	exp. s	hvent	Ts (C)	v,deb zon (m³/h)	v,deb wind (m³/h)	v,deb totaal (m³/h)	v,deb eis (m³/h)	luchtheid (m³/g)
8	21.6	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9837099	140.0	0.7836299	114.2	19.7	19.7	34.26	988.29	1046.6	350.0
9	22.0	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9841192	140.0	0.7781717	125.5	19.8	19.7	37.66	988.29	1057.6	350.0
10	21.9	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9833015	140.0	0.7777724	122.0	19.9	19.8	36.1	988.29	1053.9	350.0
11	23.6	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9818809	140.0	0.7480164	167.7	20.0	19.8	48.81	988.29	1102.3	350.0
12	23.3	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9815887	140.0	0.7516532	159.9	20.0	19.9	46.16	988.29	1092.1	350.0
13	23.4	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9819483	140.0	0.7538332	151.2	20.0	19.9	49.12	988.29	1098.2	350.0
14	23.1	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9816509	140.0	0.7514832	152.7	20.0	19.9	48.29	988.29	1094.4	350.0
15	22.0	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9825699	140.0	0.7819799	114.4	20.3	20.1	34.92	988.29	1048.2	350.0
16	20.8	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9860437	140.0	0.8379303	69.6	20.3	20.1	20.87	988.29	1030.1	350.0
17	19.5	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9861595	140.0	0.8319679	67.3	20.3	20.1	20.02	988.29	1026.7	350.0
18	19.5	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9860172	140.0	0.8175129	70.1	20.4	20.2	21.02	988.29	1030.4	350.0
19	17.9	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9829417	140.0	0.7724646	128.9	20.5	20.3	38.68	988.29	1061.1	350.0
20	15.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9796753	140.0	0.7275499	191.6	20.5	20.3	57.19	988.29	1143.4	350.0
21	12.9	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9777454	140.0	0.701995	229.0	20.5	20.4	69.70	988.29	1206.6	350.0
22	11.7	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9768134	140.0	0.6920037	242.8	20.4	20.4	76.03	988.29	1234.8	350.0
23	11.7	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9768438	140.0	0.6924579	245.5	20.3	20.4	73.95	988.29	1224.3	350.0
24	10.8	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9819439	140.0	0.6981639	202.6	20.2	20.2	72.14	988.29	1219.0	350.0
25	10.8	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9792632	140.0	0.6831028	252.4	20.1	20.3	77.11	988.29	1242.1	350.0
26	10.4	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9760648	140.0	0.6693337	262.5	20.0	20.2	78.65	988.29	1261.9	350.0
27	10.4	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9798844	140.0	0.6798485	262.8	19.8	20.0	78.83	988.29	1264.2	350.0
28	9.2	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.97513045	140.0	0.6719798	274.2	19.7	19.9	82.25	988.29	1285.7	350.0
29	11.3	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.97950405	140.0	0.6917117	244.3	19.6	19.8	73.29	988.29	1236.4	350.0
30	14.9	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9890477	140.0	0.7325598	184.5	19.6	19.8	53.4	988.29	1132.7	350.0
31	17.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9825761	140.0	0.76747	135.9	19.7	19.7	40.78	988.29	1069.1	350.0
32	17.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9825761	140.0	0.76747	135.9	19.7	19.7	40.78	988.29	1069.1	350.0



#### Berekening temperatuur WINTER

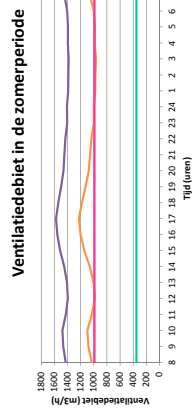
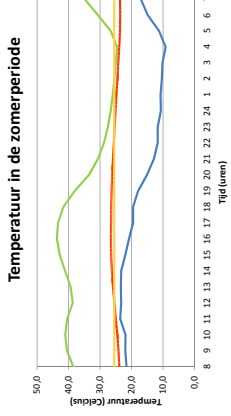
Tijd	Ts (C)	Qzon, (W)	Qwin, (W)	Qint, (W)	Htrans, i	exp. i	Htrans, s	exp. s	hvent	Ts (C)	v,deb zon (m³/h)	v,deb wind (m³/h)	v,deb totaal (m³/h)	v,deb eis (m³/h)	luchtheid (m³/g)
8	5.3	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9791623	140.0	0.7219691	201.5	11.0	11.1	604.5	988.29	1158.5	350.0
9	5.6	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9794251	140.0	0.7248853	195.5	11.0	11.1	586.5	988.29	1149.2	350.0
10	5.9	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9798816	140.0	0.7243024	189.1	10.9	11.0	567.4	988.29	1139.9	350.0
11	6.0	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9803381	140.0	0.7237195	182.7	10.8	10.9	548.4	988.29	1130.6	350.0
12	7.0	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9810375	140.0	0.7246438	165.5	10.8	10.9	486.4	988.29	1105.9	350.0
13	7.4	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9815404	140.0	0.7252843	155.8	10.7	10.9	467.4	988.29	1093.3	350.0
14	7.2	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9813538	140.0	0.7251603	159.3	10.7	10.8	477.9	988.29	1097.6	350.0
15	7.8	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9821215	140.0	0.7261078	144.7	10.7	10.8	434.0	988.29	1079.4	350.0
16	7.7	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9820093	140.0	0.7359095	146.8	10.7	10.8	440.4	988.29	1082.0	350.0
17	7.4	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9816359	140.0	0.7343091	154.0	10.8	10.8	461.9	988.29	1090.9	350.0
18	7.2	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9813788	140.0	0.7307947	158.9	10.9	10.8	476.7	988.29	1097.3	350.0
19	7.2	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9813446	140.0	0.7302785	159.6	10.9	10.8	478.7	988.29	1098.1	350.0
20	7.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9818904	140.0	0.7358335	149.1	11.0	10.9	447.3	988.29	1082.8	350.0
21	7.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9818662	140.0	0.7357662	149.1	11.0	10.9	447.3	988.29	1082.8	350.0
22	7.6	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9825662	140.0	0.7414937	131.6	11.1	11.0	460.7	988.29	1092.4	350.0
23	7.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9810271	140.0	0.7249031	165.7	11.2	11.0	407.0	988.29	1106.4	350.0
24	6.9	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9807564	140.0	0.7241912	170.9	11.2	11.1	312.6	988.29	1113.3	350.0
25	5.0	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9798804	140.0	0.7171348	206.7	11.2	11.1	620.0	988.29	1165.7	350.0
26	5.5	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9793282	140.0	0.7220031	198.3	11.2	11.1	595.0	988.29	1153.6	350.0
27	5.6	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9794134	140.0	0.7240401	196.7	11.1	11.1	590.0	988.29	1151.0	350.0
28	5.6	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9794134	140.0	0.7240401	196.7	11.1	11.1	590.0	988.29	1151.0	350.0
29	6.2	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9798829	140.0	0.7314852	185.7	11.1	11.1	577.2	988.29	1149.5	350.0
30	5.9	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9796848	140.0	0.7278088	193.3	11.1	11.1	572.8	988.29	1142.8	350.0
31	5.9	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9796848	140.0	0.7278088	193.3	11.1	11.1	572.8	988.29	1142.8	350.0
32	5.4	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9792294	140.0	0.7215869	202.1	11.1	11.1	600.7	988.29	1156.5	350.0



# 14.9.4 Zonnige dag met wind

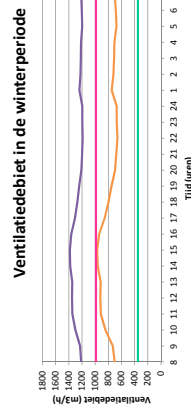
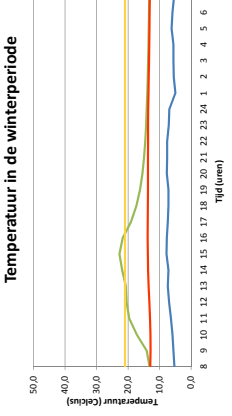
### Berekening temperatuur ZOWER

Tijd (h)	Ts (C)	Qzon (kW)	Qwin (W)	Qint (W)	Hrens.1	exp.1	Hrens. s	exp. s	heert	Ts (C)	Ts (C)	vdeb zon (m3/h)	vdeb wind (m3/h)	vdeb totaal (m3/h)	vdeb ei (m3/h)	luchtheid (m/g)
8	21.6	4246.1	8997.1	525.0	195.2	0.977199	140.0	0.6218071	343.7	23.9	38.3	1031.2	988.29	1428.3	3500	2.5
9	22.0	6218.5	8961.6	525.0	195.2	0.9770496	140.0	0.6198512	360.2	24.2	40.5	1080.6	988.29	1464.4	3500	2.6
10	21.9	7820.1	8771.8	525.0	195.2	0.9766463	140.0	0.6154917	366.1	24.5	41.0	1088.3	988.29	1477.5	3500	2.6
11	21.6	8862.4	8591.8	525.0	195.2	0.9761825	140.0	0.6121815	342.2	25.0	40.4	1029.7	988.29	1427.2	3500	2.5
12	23.3	9225.8	8209.6	525.0	195.2	0.9750377	140.0	0.6034479	327.9	25.3	38.7	983.6	988.29	1398.3	3500	2.3
13	23.1	8626.4	8091.8	525.0	195.2	0.9743815	140.0	0.6014328	331.1	25.3	39.1	1002.4	988.29	1407.7	3500	2.4
14	23.1	8626.4	8091.8	525.0	195.2	0.9743815	140.0	0.6014328	331.1	25.3	39.1	1002.4	988.29	1407.7	3500	2.4
15	22.0	6218.5	8961.6	525.0	195.2	0.9698924	140.0	0.6048194	381.6	26.5	42.8	1144.7	988.29	1552.3	3500	2.7
16	20.8	4246.1	8997.1	525.0	195.2	0.9688773	140.0	0.5955132	400.5	26.6	43.2	1201.4	988.29	1585.7	3500	2.8
17	19.5	2416.0	8955.5	525.0	195.2	0.9682285	140.0	0.5909233	408.5	26.5	41.3	1225.6	988.29	1574.4	3500	2.8
18	19.5	1374.3	8731.8	2395.0	195.2	0.9694236	140.0	0.5994236	393.6	26.5	41.6	1180.9	988.29	1539.9	3500	2.8
19	17.9	502.0	3051.4	2395.0	195.2	0.9701861	140.0	0.6102173	375.0	26.4	38.0	1125.1	988.29	1487.2	3500	2.7
20	15.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9710206	140.0	0.6197692	358.8	26.2	33.5	1076.5	988.29	1461.4	3500	2.6
21	12.9	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9718531	140.0	0.6296147	354.4	25.9	30.6	1097.1	988.29	1472.2	3500	2.6
22	11.7	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9725988	140.0	0.6376311	345.7	25.6	28.8	1037.1	988.29	1432.6	3500	2.5
23	11.7	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9733971	140.0	0.6451346	332.8	25.4	27.3	998.7	988.29	1407.7	3500	2.4
24	10.8	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9741752	140.0	0.6521623	324.8	24.8	26.0	977.8	988.29	1380.3	3500	2.4
2	10.4	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9749289	140.0	0.6584826	324.6	24.5	25.4	973.7	988.29	1382.3	3500	2.4
3	10.2	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9756981	140.0	0.6640981	321.9	24.2	24.0	965.8	988.29	1381.9	3500	2.4
4	9.2	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9764902	140.0	0.6681227	324.4	23.9	24.6	985.2	988.29	1395.5	3500	2.4
5	11.3	502.0	3051.4	1870.0	195.2	0.9772616	140.0	0.6718616	327.6	23.7	26.6	982.8	988.29	1393.8	3500	2.4
6	14.9	1374.3	8731.8	1870.0	195.2	0.9779164	140.0	0.6754536	334.8	23.6	30.7	998.3	988.29	1404.8	3500	2.4
7	17.1	2416.0	8955.5	2395.0	195.2	0.9783179	140.0	0.6782083	353.1	23.7	34.9	1059.2	988.29	1448.7	3500	2.4



### Berekening temperatuur WINTER

Tijd	Ts (C)	Qzon (kW)	Qwin (W)	Qint (W)	Hrens.1	exp.1	Hrens. s	exp. s	heert	Ts (C)	Ts (C)	vdeb zon (m3/h)	vdeb wind (m3/h)	vdeb totaal (m3/h)	vdeb ei (m3/h)	luchtheid (m/g)
8	5.3	0.0	0.0	525.0	195.2	0.9774251	140.0	0.6979396	235.0	13.0	13.2	704.9	988.29	1213.9	3500	1.7
9	5.6	686.3	1287.8	525.0	195.2	0.9769994	140.0	0.6919528	243.9	14.1	17.1	711.8	988.29	1229.8	3500	1.8
10	5.9	4177.6	481.7	525.0	195.2	0.9760684	140.0	0.6797382	281.7	12.9	17.2	684.0	988.29	1206.3	3500	1.7
11	6.0	4668.8	397.8	525.0	195.2	0.9756482	140.0	0.6756482	307.2	13.3	20.5	821.8	988.29	1357.4	3500	2.1
12	7.0	6684.5	3420.5	525.0	195.2	0.9747795	140.0	0.6523831	308.4	13.5	20.7	916.1	988.29	1427.6	3500	2.2
13	7.4	6884.5	3420.5	525.0	195.2	0.9742991	140.0	0.6429297	320.5	13.7	21.9	961.4	988.29	1478.8	3500	2.4
14	7.2	6207.2	4738.2	525.0	195.2	0.9738476	140.0	0.6411804	323.4	13.7	22.7	970.2	988.29	1485.0	3500	2.4
15	7.8	4205.4	4890.5	525.0	195.2	0.9731753	140.0	0.6474938	312.2	13.8	21.7	939.6	988.29	1463.7	3500	2.3
16	7.7	1586.2	2733.4	2395.0	195.2	0.9748056	140.0	0.6649028	285.5	13.8	19.0	856.6	988.29	1307.8	3500	2.1
17	7.4	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9758024	140.0	0.6772955	246.3	13.7	17.3	798.8	988.29	1270.8	3500	2.0
18	7.2	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9765889	140.0	0.6837543	250.9	13.7	16.7	752.7	988.29	1242.3	3500	1.8
19	7.2	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9773396	140.0	0.6891152	242.8	13.7	15.4	698.3	988.29	1210.1	3500	1.7
20	7.1	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9780697	140.0	0.6934647	236.6	13.7	14.6	649.9	988.29	1178.4	3500	1.7
21	7.6	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9787169	140.0	0.7076297	220.6	13.7	14.6	649.9	988.29	1186.4	3500	1.7
22	7.4	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9793984	140.0	0.7051103	224.3	13.7	14.3	672.9	988.29	1195.6	3500	1.7
23	6.9	0.0	0.0	2395.0	195.2	0.9779377	140.0	0.7050401	224.4	13.6	14.1	673.2	988.29	1195.6	3500	1.7
24	6.9	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9766544	140.0	0.6880607	249.8	13.5	13.9	749.5	988.29	1240.3	3500	1.8
1	5.0	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9771322	140.0	0.6914576	240.6	13.4	13.8	721.8	988.29	1223.8	3500	1.8
2	5.5	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9773028	140.0	0.6916506	237.3	13.4	13.6	712.0	988.29	1218.0	3500	1.8
3	5.6	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9773871	140.0	0.6917448	235.7	13.3	13.5	707.1	988.29	1215.2	3500	1.7
4	5.6	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9779325	140.0	0.7045132	225.2	13.2	13.4	675.6	988.29	1197.1	3500	1.7
5	6.2	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9777176	140.0	0.7027202	228.5	13.2	13.4	688.5	988.29	1202.8	3500	1.7
6	5.9	0.0	0.0	1870.0	195.2	0.9774271	140.0	0.6974621	240.5	13.1	13.1	740.4	988.29	1212.9	3500	1.7

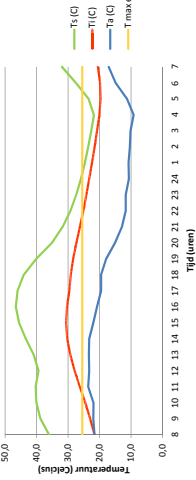


# 14.9.5 Zonder thermische massa

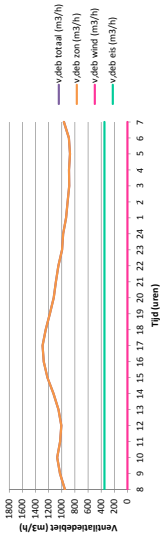
## Berekening temperatuur ZOMER

Tijd (h)	Ts (C)	Qzon (W)	Qwin (W)	Hiems. 1	Hiems. 2	Hiems. 3	exp. 1	exp. 2	Hiems. 4	Ts (C)	Ts (C)	v.d.b.zon (m³/h)	v.d.b.wind (m³/h)	v.d.b.totaal (m³/h)	v.d.b.es (m³/h)	luchtsnelheid (m/s)
8	21,6	4246,1	9997,1	525,0	195,2	0,8977189	140,0	0,644077	317,7	21,6	36,0	953,2	0,00	953,2	3500	2,3
9	22,0	6218,5	8961,6	525,0	195,2	0,8990511	140,0	0,6298344	345,5	23,0	38,8	1027,6	0,00	1027,6	3500	2,5
10	21,9	7820,1	8771,8	525,0	195,2	0,8904286	140,0	0,6211406	356,5	23,5	40,1	1069,5	0,00	1069,5	3500	2,6
11	21,6	8862,4	6951,8	525,0	195,2	0,8931177	140,0	0,6219156	341,9	26,3	40,3	1025,7	0,00	1025,7	3500	2,4
12	23,3	9225,8	4709,6	525,0	195,2	0,8913359	140,0	0,6373989	335,6	27,9	30,4	1006,8	0,00	1006,8	3500	2,4
13	23,1	8627,4	6951,8	525,0	195,2	0,8961635	140,0	0,6249732	372,3	29,9	40,9	1056,8	0,00	1056,8	3500	2,5
14	23,1	8627,4	6951,8	525,0	195,2	0,8961635	140,0	0,6249732	372,3	29,9	40,9	1056,8	0,00	1056,8	3500	2,5
15	22,0	6218,5	8961,6	525,0	195,2	0,8912099	140,0	0,6292368	405,0	30,6	45,6	1218,1	0,00	1218,1	3500	2,6
16	20,8	4246,1	9997,1	525,0	195,2	0,8777026	140,0	0,6381698	425,0	30,4	46,6	1274,9	0,00	1274,9	3500	3,1
17	19,5	2416,0	8955,5	525,0	195,2	0,8765066	140,0	0,6783081	431,0	29,6	46,0	1293,1	0,00	1293,1	3500	3,1
18	19,5	1374,3	6731,8	2395,0	195,2	0,8795626	140,0	0,6587438	414,7	29,1	44,1	1244,1	0,00	1244,1	3500	3,0
19	17,9	502,0	3051,4	2395,0	195,2	0,8843418	140,0	0,6392242	394,0	28,4	40,1	1182,0	0,00	1182,0	3500	2,8
20	15,1	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,8870849	140,0	0,6105835	374,4	27,4	35,1	1123,2	0,00	1123,2	3500	2,7
21	12,9	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,8992156	140,0	0,6174908	960,0	26,2	29,3	1089,0	0,00	1089,0	950	2,6
22	11,7	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9015536	140,0	0,6247924	350,5	25,1	29,3	1051,5	0,00	1051,5	3500	2,6
23	11,7	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9038994	140,0	0,6317428	311,7	24,8	27,8	995,0	0,00	995,0	3500	2,4
24	10,8	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,8988846	140,0	0,6402616	311,7	24,4	24,7	935,1	0,00	935,1	3500	2,1
2	10,4	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9003217	140,0	0,6552422	304,0	21,6	23,6	911,9	0,00	911,9	3500	2,2
3	10,4	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9019775	140,0	0,6587798	296,3	20,8	22,7	885,8	0,00	885,8	3500	2,2
4	9,2	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9017241	140,0	0,6573933	296,6	20,1	21,8	889,7	0,00	889,7	3500	2,2
5	11,3	502,0	3051,4	1870,0	195,2	0,9026496	140,0	0,6469796	291,7	19,7	23,5	875,1	0,00	875,1	3500	2,1
6	14,9	1374,3	6731,8	1870,0	195,2	0,9016525	140,0	0,6576572	297,0	19,9	27,5	890,9	0,00	890,9	3500	2,2
7	17,1	2416,0	8955,5	2395,0	195,2	0,8968579	140,0	0,6418628	322,3	20,5	31,9	966,9	0,00	966,9	3500	2,3
3.1																

Temperatuur in de zomerperiode



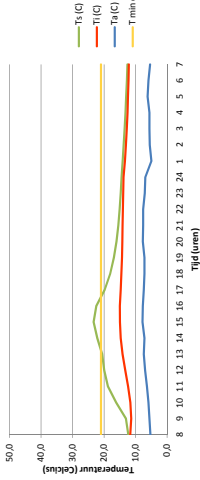
Ventilatiedebit in de zomerperiode



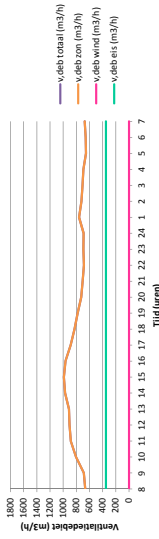
## Berekening temperatuur WINTER

Tijd	Ts (C)	Qzon (W)	Qwin (W)	Hiems. 1	Hiems. 2	Hiems. 3	exp. 1	exp. 2	Hiems. 4	Ts (C)	Ts (C)	v.d.b.zon (m³/h)	v.d.b.wind (m³/h)	v.d.b.totaal (m³/h)	v.d.b.es (m³/h)	luchtsnelheid (m/s)
8	5,3	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9163002	140,0	0,7078048	221,7	11,7	12,3	665,2	0,00	665,2	3500	1,6
9	5,6	696,3	1267,8	525,0	195,2	0,9146884	140,0	0,7021242	226,7	11,4	13,1	686,1	0,00	686,1	3500	1,7
10	5,9	4177,6	481,7	525,0	195,2	0,9072083	140,0	0,6789398	282,4	11,7	16,2	804,6	0,00	804,6	3500	2,0
11	6,0	6668,2	392,8	525,0	195,2	0,9006636	140,0	0,6560372	301,1	13,3	20,0	902,4	0,00	902,4	3500	2,2
12	7,0	6684,5	3420,5	525,0	195,2	0,9000219	140,0	0,6551488	304,1	14,2	20,6	912,4	0,00	912,4	3500	2,2
13	7,4	6834,5	3420,5	525,0	195,2	0,8995862	140,0	0,6499705	323,7	14,7	22,2	971,2	0,00	971,2	3500	2,4
14	7,2	6097,2	4738,2	525,0	195,2	0,8954586	140,0	0,6373101	329,7	15,0	23,3	989,2	0,00	989,2	3500	2,4
15	7,8	4205,4	4890,5	525,0	195,2	0,8979007	140,0	0,6423287	321,5	15,0	22,5	964,6	0,00	964,6	3500	2,4
16	7,7	1586,2	2733,4	2395,0	195,2	0,9000233	140,0	0,6588914	295,0	14,7	19,8	885,0	0,00	885,0	3500	2,2
17	7,4	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9056542	140,0	0,6710293	276,0	14,5	18,1	827,9	0,00	827,9	3500	2,0
18	7,2	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9086291	140,0	0,6811818	260,3	14,3	16,9	780,9	0,00	780,9	3500	1,9
19	7,2	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9124113	140,0	0,6912728	242,0	14,2	16,1	725,9	0,00	725,9	3500	1,8
20	7,1	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9163002	140,0	0,7013638	224,4	14,1	15,1	685,3	0,00	685,3	3500	1,7
21	7,6	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9142416	140,0	0,7023298	234,4	14,1	15,1	685,3	0,00	685,3	3500	1,7
22	7,6	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9142416	140,0	0,7023298	234,4	14,1	15,1	685,3	0,00	685,3	3500	1,7
23	7,4	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9142416	140,0	0,7023298	234,4	14,1	15,1	685,3	0,00	685,3	3500	1,7
24	6,9	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9144595	140,0	0,7013376	229,9	13,8	14,5	689,7	0,00	689,7	3500	1,7
1	5,0	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9100882	140,0	0,6861816	252,7	13,4	14,1	758,0	0,00	758,0	3500	1,7
2	5,5	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9123098	140,0	0,6918519	241,1	13,1	13,8	723,3	0,00	723,3	3500	1,8
3	5,6	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9134377	140,0	0,6977716	235,2	12,8	13,5	705,6	0,00	705,6	3500	1,7
4	5,6	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9142448	140,0	0,7009573	231,0	12,6	13,2	693,0	0,00	693,0	3500	1,7
5	6,2	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9167911	140,0	0,7093862	218,0	12,4	13,0	654,0	0,00	654,0	3500	1,6
6	5,9	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9169515	140,0	0,7098971	213,3	12,2	12,8	638,0	0,00	638,0	3500	1,6
7	5,4	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9212481	140,0	0,7096828	224,5	12,2	12,8	673,0	0,00	673,0	3500	1,7

Temperatuur in de winterperiode



Ventilatiedebit in de winterperiode



# 14.9.6 Ventileren door een ondergronds netwerk van kanalen

### Berekening temperatuur ZOMER

Tijd (h)	Ts (C)	Qzon (W)	Qwin (W)	Htrans. i	exp. i	Htrans. s	exp. s	hvent	Ts (C)	vdeb zon (m³/h)	vdeb wind (m³/h)	vdeb totaal (m³/h)	vdeb eis (m³/h)	luchtsnelheid (m/s)
8	11,0	4246,1	9997,1	525,0	195,2	0,9692032	140,0	0,6020297	39,22	18,8	33,0	1176,6	1219,1	3500
9	11,0	6218,5	8961,6	525,0	195,2	0,9685739	140,0	0,5911513	40,64	18,9	34,6	1219,1	1224,3	3500
10	11,0	7820,1	8771,8	525,0	195,2	0,9684852	140,0	0,5811721	40,81	19,1	34,8	1224,3	1224,3	3500
11	11,0	8862,4	6951,8	525,0	195,2	0,9689493	140,0	0,5911513	39,91	19,3	33,7	1197,2	1197,2	3500
12	11,0	9225,8	4709,6	525,0	195,2	0,9698814	140,0	0,6076753	38,03	19,6	31,7	1142,8	1142,8	3500
13	11,0	8674,4	6951,8	525,0	195,2	0,9689493	140,0	0,5911513	38,28	19,7	32,0	1158,9	1158,9	3500
14	11,0	6218,5	8961,6	525,0	195,2	0,9685739	140,0	0,5811721	39,35	19,8	32,3	1176,6	1176,6	3500
15	11,0	4246,1	9997,1	525,0	195,2	0,9692032	140,0	0,6020297	41,11	20,0	34,5	1240,2	1240,2	3500
16	11,0	2416,0	8955,5	525,0	195,2	0,9676874	140,0	0,5844437	42,00	20,0	36,4	1266,1	1266,1	3500
17	11,0	1374,3	6731,8	2395,0	195,2	0,9685999	140,0	0,5924347	40,59	19,8	34,5	1217,6	1217,6	3500
18	11,0	502,0	3051,4	2395,0	195,2	0,9702062	140,0	0,6104437	37,46	19,7	31,0	1123,9	1123,9	2,7
19	11,0	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9733446	140,0	0,6315215	33,12	19,6	26,9	999,5	999,5	3500
20	11,0	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9789014	140,0	0,6824944	26,00	19,5	24,3	914,9	914,9	3500
21	11,0	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9781817	140,0	0,6824944	26,54	19,4	24,8	926,2	926,2	2,1
22	11,0	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9752324	140,0	0,6917932	27,16	19,3	25,3	935,0	935,0	2,0
23	11,0	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9724066	140,0	0,6976762	27,82	19,2	25,8	941,6	941,6	2,0
24	11,0	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9764006	140,0	0,6848357	26,47	19,1	20,3	764,2	764,2	3500
2	11,0	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9766972	140,0	0,6883762	26,84	19,0	19,8	748,1	748,1	3500
3	11,0	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9768929	140,0	0,6911017	26,52	18,9	19,6	735,7	735,7	3500
4	11,0	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9770609	140,0	0,6923239	24,20	18,8	19,4	726,0	726,0	3500
5	11,0	502,0	3051,4	1870,0	195,2	0,9774885	140,0	0,6713696	27,23	18,8	21,6	817,0	817,0	2,0
6	11,0	1374,3	6731,8	1870,0	195,2	0,9779319	140,0	0,6418148	31,18	18,7	24,8	965,3	965,3	2,4
7	11,0	2416,0	8955,5	2395,0	195,2	0,9776168	140,0	0,6167911	36,93	18,8	29,9	1091,6	1091,6	2,7

### Ventilatie debiet in de zomerperiode

### Berekening temperatuur WINTER

Tijd (h)	Ts (C)	Qzon (W)	Qwin (W)	Htrans. i	exp. i	Htrans. s	exp. s	hvent	Ts (C)	vdeb zon (m³/h)	vdeb wind (m³/h)	vdeb totaal (m³/h)	vdeb eis (m³/h)	luchtsnelheid (m/s)
8	11,0	0,0	0,0	525,0	195,2	0,9784431	140,0	0,711896	21,54	17,5	17,6	646,1	646,1	1,6
9	11,0	686,3	1287,8	525,0	195,2	0,9776702	140,0	0,7071027	23,02	17,4	18,6	690,7	690,7	1,7
10	11,0	3417,6	481,7	525,0	195,2	0,9753886	140,0	0,6971531	27,82	17,4	17,9	822,7	822,7	2,0
11	11,0	6668,8	397,8	525,0	195,2	0,9745244	140,0	0,6872234	31,28	17,8	20,0	938,5	938,5	2,2
12	11,0	6684,5	3420,5	525,0	195,2	0,9732881	140,0	0,6445488	33,49	18,0	25,2	944,6	944,6	2,3
13	11,0	6097,2	4738,2	525,0	195,2	0,972657	140,0	0,6339349	32,71	18,1	26,3	981,3	981,3	2,4
14	11,0	4205,4	4890,5	525,0	195,2	0,9722224	140,0	0,6337793	33,55	18,2	27,1	1006,6	1006,6	2,5
15	11,0	1586,2	2733,4	2395,0	195,2	0,9778131	140,0	0,6407696	32,41	18,2	26,0	972,2	972,2	2,4
16	11,0	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9741814	140,0	0,6589643	29,7	18,1	26,3	881,2	881,2	2,1
17	11,0	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9747771	140,0	0,6732274	27,76	18,1	21,6	817,7	817,7	2,0
18	11,0	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9782516	140,0	0,6823926	25,76	18,0	20,5	772,8	772,8	1,9
19	11,0	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9786038	140,0	0,6829645	24,53	18,0	19,7	740,8	740,8	1,8
20	11,0	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9774066	140,0	0,6847498	23,18	17,9	18,8	701,3	701,3	1,8
21	11,0	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9776979	140,0	0,7031654	22,67	17,9	18,8	680,1	680,1	1,7
22	11,0	0,0	0,0	2395,0	195,2	0,9778529	140,0	0,7031724	22,67	17,9	18,3	680,2	680,2	1,7
23	11,0	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9779754	140,0	0,7050707	22,44	17,8	18,2	673,1	673,1	1,6
24	11,0	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9780744	140,0	0,7063826	22,25	17,8	18,1	667,4	667,4	1,6
2	11,0	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9781567	140,0	0,7074366	22,09	17,7	18,0	662,6	662,6	1,6
3	11,0	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9782267	140,0	0,7083521	21,95	17,7	17,9	658,6	658,6	1,6
4	11,0	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9782878	140,0	0,7091513	21,83	17,6	17,8	655,0	655,0	1,6
5	11,0	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9783442	140,0	0,7098843	21,73	17,6	17,7	651,9	651,9	1,6
6	11,0	0,0	0,0	1870,0	195,2	0,9784049	140,0	0,7104625	21,65	17,6	17,7	649,4	649,4	1,6

### Ventilatie debiet in de winterperiode

# 14.10 Resultaten rekenmodel ronde slaapkamer

## 14.10.1 Invoer gegevens slaapkamer

### Woning

Eigenschappen woning	
Oppervlakte	20,3 m <sup>2</sup>
Volume	72,8 m <sup>3</sup>

Materialen	
U-waarde	2,3 W/m <sup>2</sup> K
Glas dubbel	0,8 W/m <sup>2</sup> K
Gipsplaat muur	0,0 m <sup>2</sup>
Beton muur met d.i.h.	0,0 m <sup>2</sup>
Beton muur zonder d.i.h.	2,2 W/m <sup>2</sup> K

Meerdere massa	
Material 1 (beton)	0,0 kg
Material 2 (beton)	4269,8 kg
Material 3 (beton)	0 kg
Material 4 (beton)	0 kg

Totale material 1 (beton)	
Massa	4269,8 kg
Totaal alpha	0,00025891 1/K

### Zomeschoorsteen

Eigenschappen Zomeschoorsteen	
Oppervlakte	5,4 m <sup>2</sup>
Volume	20,5 m <sup>3</sup>
Hoogte	3,8 m

Materialen	
U-waarde	2,3 W/m <sup>2</sup> K
Glas	0,8 W/m <sup>2</sup> K
Beton muur met d.i.h.	0,0 m <sup>2</sup>
Beton muur zonder d.i.h.	2,2 W/m <sup>2</sup> K

Meerdere massa	
Material 1 (hout)	0 kg
Material 2 (hout)	4269,8 kg
Material 3 (hout)	0 kg
Material 4 (hout)	0 kg

Totale material 1 (beton)	
Massa	4269,8 kg
Totaal alpha	0,00025891 1/K

### Wind

Drukcoëfficiënt	
leerzijde	0,9
rugzijde	-0,4

Windsnelheid	
windsnelheid op 10 m	2,1 m/s
hoogte van opvangwerkt	3,8 m
terrecoëfficiënt a	0,37
terrecoëfficiënt b	0,68
windsnelheid hoogte h	1,72 m/s

(zie tabblad windrichtingen per maand)

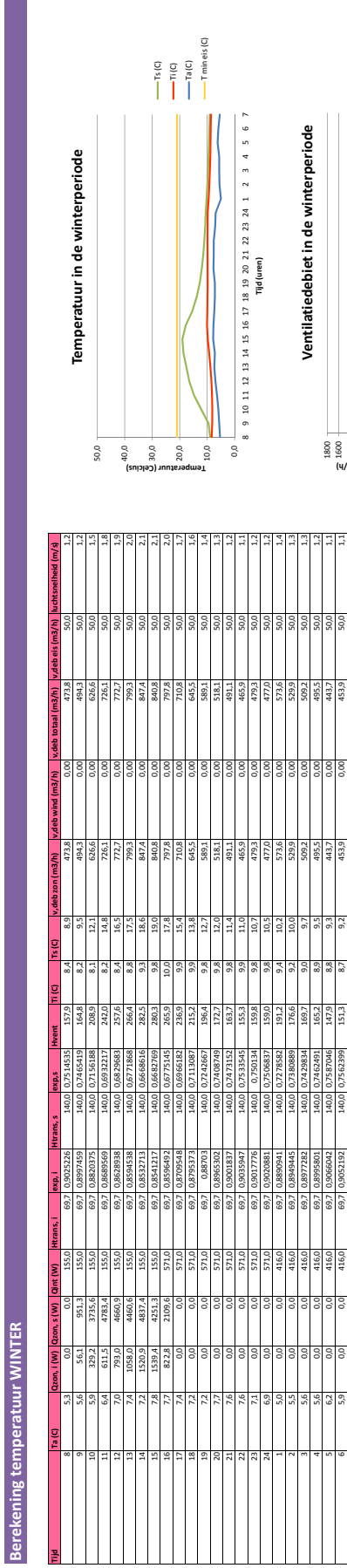
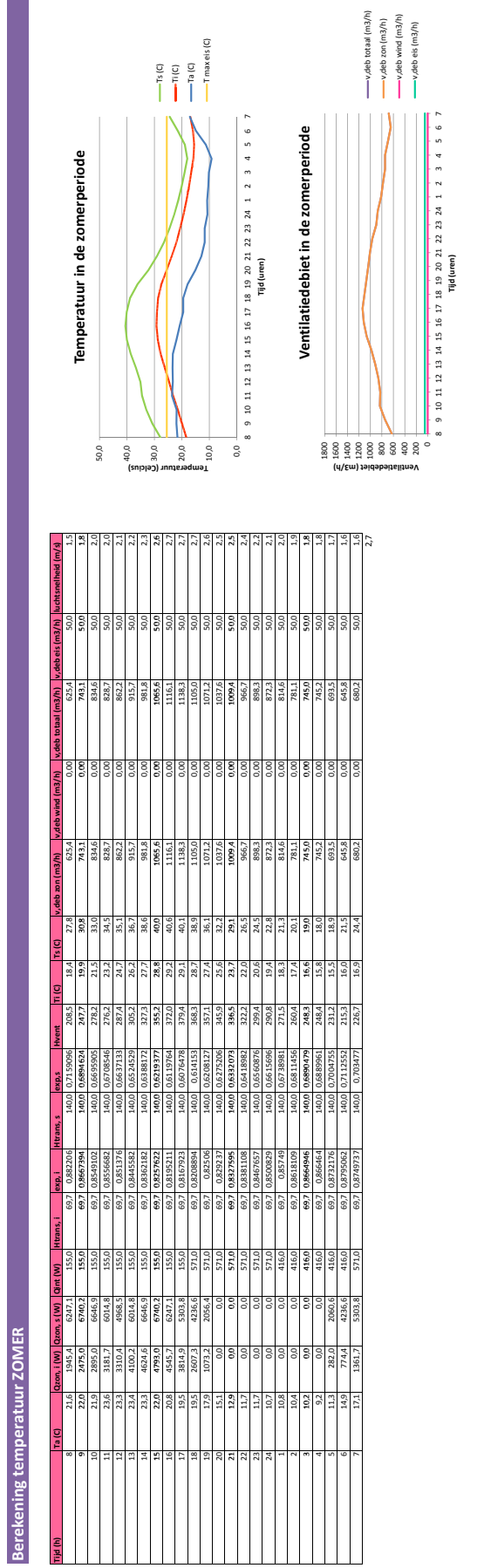
### Overig

Eigenschappen hoeste	
lucht lekage (Al)	0,20 m <sup>2</sup>
lucht lekage (Aa)	4,5 m <sup>2</sup>
Aa	0,20 m <sup>2</sup>
gromy (g)	9,8

Overig	
Rp <sup>0</sup> lucht	1200
Cd	0,7

Interne warmte	
Energiehuur	1,0 ligen
apparaat 1 (p)	amt. Pers
apparaat 2	3,0
apparaat 3	3,0 Staan
apparaat 4	4,0 Beweging
Q <sub>int</sub>	amt. Pers
Q <sub>ext</sub>	85,0
apparaat 1 (p)	700 W
apparaat 2	W
apparaat 3	W
apparaat 4	W
Q <sub>lucht</sub>	200 W
apparaat 5	apparaat 5, Stuur arm

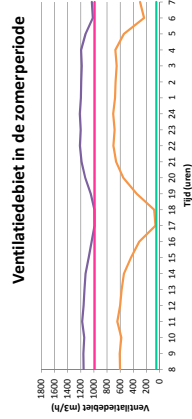
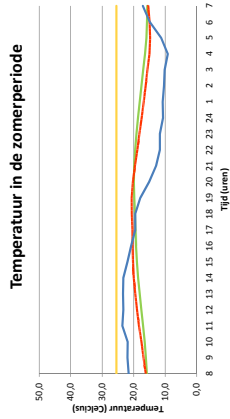
### 14.10.1 Windstille dag



## 14.10.3 Bewolkte dag

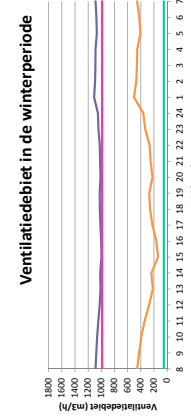
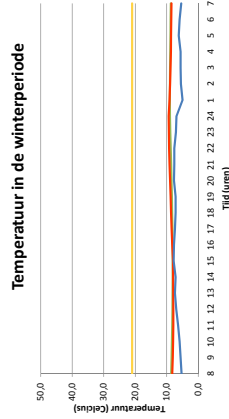
### Berekening temperatuur ZOMER

Tijd (h)	Ts (C)	Qren. (W)	Qren.1 (W)	Qren.2 (W)	Qren.3 (W)	Hrens.1	Hrens.2	Hrens.3	intra.s	intra.s	intra.s	Ts (C)	Ts (C)	v.deb.zon (m3/h)	v.deb.wind (m3/h)	v.deb.totaal (m3/h)	v.deb.es (m3/h)	luchtoverheid (m/s)	
8	21.6	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8552048	140.0	0.7210297	202.9	16.2	16.9	60.80	602.8	988.29	1152.6	500	1.4
9	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8545128	140.0	0.7189596	202.7	16.9	16.1	60.90	988.29	988.29	1160.3	500	1.5
10	21.9	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8791515	140.0	0.7238062	194.1	17.5	16.5	58.4	988.29	988.29	1147.1	500	1.4
11	23.6	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8798686	140.0	0.7187914	214.3	18.3	17.0	64.0	988.29	988.29	1179.1	500	1.5
12	23.3	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8854793	140.0	0.7215747	200.2	19.0	17.6	60.7	988.29	988.29	1156.5	500	1.4
13	23.4	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8885517	140.0	0.7269236	193.5	19.5	18.1	57.6	988.29	988.29	1144.7	500	1.4
14	23.3	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8930309	140.0	0.7348001	181.3	20.0	18.8	54.9	988.29	988.29	1128.1	500	1.3
15	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8974928	140.0	0.7469788	159.2	20.8	19.9	49.0	988.29	988.29	1102.9	500	1.2
16	22.8	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9020566	140.0	0.7636631	131.0	21.9	21.4	40.0	988.29	988.29	1069.3	500	1.0
17	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.9596991	140.0	0.8513851	21.0	20.4	19.4	65.0	988.29	988.29	990.3	500	0.7
18	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.9576066	140.0	0.8451385	22.7	20.6	19.6	63.2	988.29	988.29	983.6	500	0.7
19	17.9	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.9156134	140.0	0.7820618	116.3	20.6	19.8	34.9	988.29	988.29	1046.1	500	0.8
20	15.1	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.8918744	140.0	0.7327177	184.3	20.3	20.0	55.8	988.29	988.29	1132.4	500	1.3
21	12.9	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.8773996	140.0	0.7079241	220.6	19.6	19.9	66.1	988.29	988.29	1189.4	500	1.6
22	11.7	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.8719677	140.0	0.6984836	234.4	18.9	19.5	70.1	988.29	988.29	1212.9	500	1.7
23	11.7	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.8746552	140.0	0.7024652	228.2	18.2	19.1	69.4	988.29	988.29	1202.3	500	1.7
24	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.8744611	140.0	0.6974803	235.7	17.5	18.8	70.0	988.29	988.29	1215.1	500	1.7
1	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	146.0	69.7	0.8292842	140.0	0.7040038	225.9	18.8	18.1	67.8	988.29	988.29	1186.4	500	1.7
2	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	146.0	69.7	0.8292842	140.0	0.7040038	225.9	18.8	18.1	67.8	988.29	988.29	1186.4	500	1.7
3	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	146.0	69.7	0.8278666	140.0	0.7046646	212.9	15.6	17.0	63.7	988.29	988.29	1149.9	500	1.4
4	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	146.0	69.7	0.8278631	140.0	0.7049555	224.5	15.0	16.4	67.6	988.29	988.29	1158.0	500	1.5
5	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	146.0	69.7	0.8932441	140.0	0.7350726	180.9	14.8	16.0	54.7	988.29	988.29	1127.5	500	1.3
6	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	146.0	69.7	0.9352774	140.0	0.8108643	78.8	15.0	15.8	28.6	988.29	988.29	1016.2	500	0.6
7	17.1	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.9268829	140.0	0.7943274	98.8	15.4	15.7	29.5	988.29	988.29	1031.8	500	0.7



### Berekening temperatuur WINTER

Tijd (h)	Ts (C)	Qren. (W)	Qren.1 (W)	Qren.2 (W)	Qren.3 (W)	Hrens.1	Hrens.2	Hrens.3	intra.s	intra.s	intra.s	Ts (C)	Ts (C)	v.deb.zon (m3/h)	v.deb.wind (m3/h)	v.deb.totaal (m3/h)	v.deb.es (m3/h)	luchtoverheid (m/s)
8	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9049716	140.0	0.7548076	151.9	8.3	8.6	45.7	988.29	1088.2	500	1.1
9	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9090236	140.0	0.7630717	141.9	8.1	8.5	42.8	988.29	1076.1	500	1.0
10	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9134272	140.0	0.7709098	131.3	8.0	8.4	39.8	988.29	1063.9	500	1.0
11	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9203836	140.0	0.7833932	113.3	7.9	8.3	34.8	988.29	1046.9	500	0.8
12	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9295907	140.0	0.8048809	91.5	7.9	8.2	24.5	988.29	1025.7	500	0.7
13	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9409209	140.0	0.8386729	61.1	8.0	8.1	14.1	988.29	1012.1	500	0.6
14	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9447215	140.0	0.8698729	30.1	8.0	8.1	24.0	988.29	1012.1	500	0.6
15	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9491957	140.0	0.8816525	46.0	8.0	8.1	18.1	988.29	997.9	500	0.5
16	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.9454253	140.0	0.8249197	54.9	8.3	8.1	16.6	988.29	1001.9	500	0.4
17	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.9371356	140.0	0.8141159	74.4	8.5	8.2	22.2	988.29	1013.2	500	0.5
18	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.9319408	140.0	0.8045417	86.7	8.6	8.3	26.0	988.29	1024.0	500	0.6
19	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.9303145	140.0	0.8015565	90.6	8.8	8.4	27.0	988.29	1025.0	500	0.7
20	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.9373446	140.0	0.8145095	71.9	9.0	8.5	22.1	988.29	1012.9	500	0.5
21	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.9331966	140.0	0.8048507	83.8	9.1	8.6	25.1	988.29	1019.7	500	0.6
22	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.9310075	140.0	0.8042879	89.0	9.1	8.7	28.0	988.29	1023.7	500	0.7
23	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.9288682	140.0	0.8042879	93.0	9.1	8.7	28.0	988.29	1023.7	500	0.7
24	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.9278682	140.0	0.7780072	120.5	9.4	9.0	34.5	988.29	1052.1	500	0.8
1	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	146.0	69.7	0.8886139	140.0	0.7445537	182.5	9.1	9.0	50.6	988.29	1108.8	500	1.2
2	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	146.0	69.7	0.9031539	140.0	0.7545726	156.4	8.9	9.0	46.1	988.29	1094.0	500	1.2
3	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	146.0	69.7	0.9045091	140.0	0.7549779	153.0	8.8	8.9	45.1	988.29	1089.7	500	1.1
4	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	146.0	69.7	0.9051271	140.0	0.7560761	151.5	8.7	8.9	45.4	988.29	1087.8	500	1.1
5	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	146.0	69.7	0.9116822	140.0	0.7676777	135.5	8.6	8.8	40.6	988.29	1068.6	500	1.0
6	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	146.0	69.7	0.9092023	140.0	0.7633405	141.6	8.6	8.8	42.7	988.29	1075.7	500	1.0
7	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	69.7	0.9049307	140.0	0.7537689	152.0	8.5	8.7	45.0	988.29	1088.4	500	1.1



# 14.10.4 Zonnige dag met wind

**Berekening temperatuur ZOMER**

Tijd (h)	Ts (C)	Qzom (kW)	Qzom (W)	Qzom (W)	Hrens.s	leeb.zon (m3/h)	Ts (C)	leeb.zon (m3/h)	leeb.wind (m3/h)	leeb.totaal (m3/h)	leeb.zon (m3/h)	leeb.wind (m3/h)	leeb.totaal (m3/h)
8	21.6	1345.9	672.9	155.0	69.7	0.827205	2015	13.9	308	743.1	988.29	1226.5	500
9	22.0	2076.0	674.2	155.0	69.7	0.866792	2477	19.9	308	834.6	988.29	1226.5	500
10	21.9	2895.0	664.6	155.0	69.7	0.854391	2782	21.5	31.0	828.7	988.29	1226.5	500
11	23.6	3181.7	674.8	155.0	69.7	0.855668	2762	23.2	34.5	828.7	988.29	1226.5	500
12	23.3	3310.4	4968.5	155.0	69.7	0.8513759	2874	24.7	35.1	862.2	988.29	1226.5	500
13	23.4	4100.2	6014.8	155.0	69.7	0.8441582	3052	26.2	36.7	915.7	988.29	1226.5	500
14	23.3	4824.6	6646.9	155.0	69.7	0.8386182	3273	27.7	38.6	981.8	988.29	1226.5	500
15	22.0	4993.0	6760.2	155.0	69.7	0.8297694	3552	28.8	40.0	1065.6	988.29	1226.5	500
16	20.8	4955.2	6247.1	155.0	69.7	0.8335212	3720	29.2	40.8	1118.1	988.29	1226.5	500
17	19.4	4627.9	3328.8	155.0	69.7	0.829284	3492	28.1	39.4	1185.3	988.29	1226.5	500
18	19.2	3075.2	2105.6	155.0	69.7	0.829284	3492	28.1	39.4	1185.3	988.29	1226.5	500
19	17.9	1079.2	2065.4	155.0	69.7	0.829284	3521	27.4	36.1	1071.2	988.29	1226.5	500
20	15.1	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8275207	3459	25.6	32.2	1037.6	988.29	1226.5	500
21	12.9	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8327996	3365	23.7	29.1	1009.4	988.29	1226.5	500
22	11.7	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8381108	3222	22.0	26.5	966.7	988.29	1226.5	500
23	11.7	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8467657	2994	20.6	24.5	898.3	988.29	1226.5	500
24	10.7	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8500829	2808	19.4	22.8	872.3	988.29	1226.5	500
1	10.8	0.0	0.0	155.0	69.7	0.85749	2715	19.3	21.3	814.6	988.29	1226.5	500
2	10.4	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8618309	2624	17.4	20.1	781.1	988.29	1226.5	500
3	10.4	0.0	0.0	155.0	69.7	0.866496	2483	16.6	19.0	745.0	988.29	1226.5	500
4	10.4	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8696479	2415	16.0	18.4	715.9	988.29	1226.5	500
5	11.3	282.0	2065.6	155.0	69.7	0.8732176	2312	15.5	18.9	693.5	988.29	1226.5	500
6	14.9	774.4	4236.6	155.0	69.7	0.8795063	2153	16.0	21.5	645.8	988.29	1226.5	500
7	17.1	1361.7	5303.8	155.0	69.7	0.8749737	2267	16.9	24.4	680.2	988.29	1226.5	500

**Ventilatiegebied in de zomerperiode**

**Berekening temperatuur WINTER**

Tijd (h)	Ts (C)	Qzom (kW)	Qzom (W)	Qzom (W)	Hrens.s	leeb.zon (m3/h)	Ts (C)	leeb.zon (m3/h)	leeb.wind (m3/h)	leeb.totaal (m3/h)	leeb.zon (m3/h)	leeb.wind (m3/h)	leeb.totaal (m3/h)
8	5.3	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9025226	1579	8.4	8.9	473.8	988.29	1096.0	500
9	5.6	5.6	329.2	155.0	69.7	0.8997459	1648	8.2	9.5	494.3	988.29	1105.0	500
10	5.9	329.2	375.6	155.0	69.7	0.8826375	2069	8.1	12.1	626.6	988.29	1170.2	500
11	6.4	611.5	478.4	155.0	69.7	0.8688959	2420	8.2	14.8	726.1	988.29	1226.6	500
12	7.0	793.0	460.9	155.0	69.7	0.8628938	2576	8.4	16.5	772.7	988.29	1254.5	500
13	7.4	1038.0	440.0	155.0	69.7	0.8593538	2664	8.8	17.5	799.3	988.29	1271.1	500
14	7.8	1203.9	487.4	155.0	69.7	0.8537713	2825	9.3	18.8	847.4	988.29	1302.8	500
15	8.2	1302.9	500.0	155.0	69.7	0.8484642	2959	9.8	19.9	882.9	988.29	1332.8	500
16	7.7	822.4	2106.6	155.0	69.7	0.8566492	2659	10.0	12.8	797.8	988.29	1270.1	500
17	7.4	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8706948	2469	9.9	15.4	710.8	988.29	1217.4	500
18	7.2	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8765373	2325	9.9	13.8	645.5	988.29	1180.4	500
19	7.2	0.0	0.0	155.0	69.7	0.887073	1964	9.8	12.7	589.1	988.29	1150.5	500
20	7.7	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8966302	1727	9.8	12.0	518.1	988.29	1115.9	500
21	7.6	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9001837	1657	9.8	11.4	491.1	988.29	1103.6	500
22	7.6	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9035947	1553	9.9	11.0	465.9	988.29	1092.6	500
23	7.1	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9017776	1398	10.7	10.7	479.3	988.29	1088.4	500
24	6.9	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9000881	1359	9.8	10.5	477.0	988.29	1097.4	500
1	6.9	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8985945	1316	9.8	10.5	477.0	988.29	1097.4	500
2	6.5	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8960445	1268	9.2	10.0	459.9	988.29	1111.4	500
3	5.6	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8977282	1407	9.0	9.7	509.2	988.29	1111.8	500
4	5.6	0.0	0.0	155.0	69.7	0.8995801	1652	8.9	9.5	495.5	988.29	1105.6	500
5	6.2	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9066042	1479	8.8	9.3	443.7	988.29	1083.3	500
6	5.9	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9052192	1513	8.7	9.2	453.9	988.29	1087.5	500
7	5.4	0.0	0.0	155.0	69.7	0.9019329	1594	8.6	9.0	478.3	988.29	1097.9	500

**Ventilatiegebied in de winterperiode**



# 14.11 Resultaten rekenmodel van het schaalmodel

## 14.11.1 Invoergegevens schaalmodel

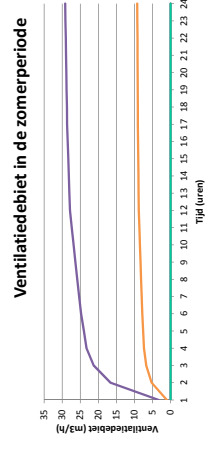
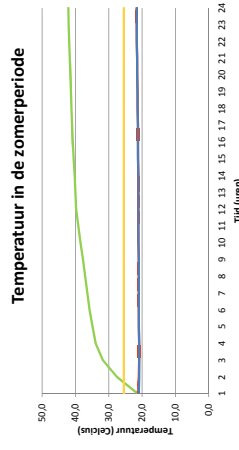
Woning	
<b>Zonneschorssteen</b>	
<b>Eigenschappen woonruimte</b>	
Oppervlakte	120,0 m <sup>2</sup>
Volume	0,83 m <sup>3</sup>
<b>Materialen</b>	
<b>Eigenschappen Zonneschorssteen</b>	
Oppervlakte	0,11 m <sup>2</sup>
Volume	0,05 m <sup>3</sup>
Hoogte	0,38 m
<b>Materialen</b>	
<b>U-waarde</b>	
Glas	1,00 W/m <sup>2</sup> K
Opereffekte	0,05 m <sup>2</sup>
Hoort	0,38 m <sup>2</sup>
<b>U-waarde</b>	
Glas	1,00 W/m <sup>2</sup> K
Opereffekte	0,05 m <sup>2</sup>
Hoort	12,50 W/m <sup>2</sup> K
<b>Verfien de massa</b>	
Soortelijke dichtheid	800,0 kg/m <sup>3</sup>
Soortelijke warmte	0,88 J/kgK
Material 1 (beton)	0,05 m <sup>2</sup>
Material 2 (hout)	0,05 m <sup>2</sup>
Material 3 (hout)	0,05 m <sup>2</sup>
Totaal materiaal 1 (beton)	2,1 kg
Totaal materiaal 2 (hout)	0,05673115 J/K
Totaal afsp.	0,001795715 J/K
<b>Verfien de massa</b>	
Soortelijke dichtheid	800,0 kg/m <sup>3</sup>
Soortelijke warmte	0,88 J/kgK
Material 1 (beton)	0,05 m <sup>2</sup>
Material 2 (hout)	0,05 m <sup>2</sup>
Material 3 (hout)	0,05 m <sup>2</sup>
Totaal materiaal 1 (beton)	240,0 kg
Totaal materiaal 2 (hout)	0,001795715 J/K
Totaal afsp.	0,001795715 J/K

Wind	
<b>Drankoefficienten</b>	
bevestigings	0,8
lijpde	0,4
<b>Verfien de massa</b>	
Soortelijke dichtheid	0 m <sup>3</sup> /s
Soortelijke warmte	0,38 m
Material 1 (beton)	0,17
Material 2 (hout)	0,20
Material 3 (hout)	0,25
Totaal materiaal 1 (beton)	0,33
Totaal materiaal 2 (hout)	0,21
Totaal afsp.	0,001795715 J/K
<b>Overig</b>	
Lucht inhoud (A)	0,002 m <sup>2</sup>
Lucht inhoud (B)	0,028 m <sup>2</sup>
Ae	0,002 m <sup>2</sup>
grootte (B)	9,8
<b>Overig</b>	
oppervlakte	1200,0
oppervlakte	1,8
<b>Interne warmtebron</b>	
Energiebron	1,0 liggen
Energiebron	2,0 Zitten
Energiebron	3,0 Staan
Energiebron	4,0 bewegen
apparatuur 1 (pc)	0,0 W
apparatuur 2	W
apparatuur 3	W
apparatuur 4	W
licht	0,0 W
# spaaramp.5 uur aan	

# 14.11.2 Windstille dag

## Berekening temperatuur ZOMER

Ti(d)	Ts(C)	Iconn. (W)	Doms. s (W)	Icon (W)	Hrens. l	Hrens. i	Hrens. s	Hrens. e	Hrens. t	Ts (C)	Ts (C)	Vdeeb zom (m3/h)	Vdeeb wief (m3/h)	Vdeeb totaal (m3/h)	Vdeeb eis (m3/h)	Vdeeb eis (m3/h)	luchtheelheid (m/s)
1	21	0.0	0.0	0.0	638.4	0.318031	457.3	6215.181	3.1	21.3	21.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1
2	20.875	0.0	3000.0	0.0	638.4	0.318837	457.3	1831.181	1.8	21.0	21.5	5.3	0.00	16.6	0.00	0.00	0.3
3	20.875	0.0	6000.0	0.0	638.4	0.318559	457.3	1177.181	2.7	20.9	31.8	6.7	0.00	21.3	0.00	0.00	0.4
4	20.875	0.0	6000.0	0.0	638.4	0.318432	457.3	9.665.182	3.5	20.9	31.9	7.4	0.00	23.0	0.00	0.00	0.4
5	21	0.0	6000.0	0.0	638.4	0.318388	457.3	9.025.182	3.5	21.0	34.9	7.6	0.00	24.0	0.00	0.00	0.4
6	21	0.0	6800.0	0.0	638.4	0.3183426	457.3	8.295.182	2.6	21.0	35.8	7.8	0.00	24.8	0.00	0.00	0.4
7	21	0.0	7100.0	0.0	638.4	0.3183099	457.3	7.965.182	2.7	21.0	36.4	8.0	0.00	25.3	0.00	0.00	0.5
8	21	0.0	7400.0	0.0	638.4	0.3182782	457.3	7.575.182	2.7	21.0	37.1	8.2	0.00	25.8	0.00	0.00	0.5
9	21	0.0	7700.0	0.0	638.4	0.3182471	457.3	7.245.182	2.8	21.0	37.7	8.3	0.00	26.4	0.00	0.00	0.5
10	21.125	0.0	8000.0	0.0	638.4	0.3182166	457.3	6.885.182	2.8	21.1	38.5	8.5	0.00	26.8	0.00	0.00	0.5
11	21.125	0.0	8300.0	0.0	638.4	0.3181879	457.3	6.555.182	2.9	21.1	39.2	8.7	0.00	27.4	0.00	0.00	0.5
12	21.125	0.0	8600.0	0.0	638.4	0.3181579	457.3	6.255.182	2.9	21.1	39.8	8.8	0.00	27.9	0.00	0.00	0.5
13	21.125	0.0	8700.0	0.0	638.4	0.3181481	457.3	6.155.182	3.0	21.1	40.0	8.9	0.00	28.0	0.00	0.00	0.5
14	21.125	0.0	8800.0	0.0	638.4	0.3181385	457.3	6.085.182	3.0	21.1	40.2	8.9	0.00	28.2	0.00	0.00	0.5
15	21.25	0.0	8900.0	0.0	638.4	0.3181307	457.3	5.985.182	3.0	21.2	40.5	9.0	0.00	28.3	0.00	0.00	0.5
16	21.25	0.0	9000.0	0.0	638.4	0.3181243	457.3	5.885.182	3.0	21.2	40.8	9.0	0.00	28.5	0.00	0.00	0.5
17	21.25	0.0	9100.0	0.0	638.4	0.3181181	457.3	5.805.182	3.0	21.2	41.2	9.1	0.00	28.7	0.00	0.00	0.5
18	21.375	0.0	9150.0	0.0	638.4	0.3181071	457.3	5.765.182	3.0	21.2	41.2	9.1	0.00	28.7	0.00	0.00	0.5
19	21.375	0.0	9200.0	0.0	638.4	0.3181012	457.3	5.715.182	3.0	21.2	41.3	9.1	0.00	28.8	0.00	0.00	0.5
20	21.5	0.0	9250.0	0.0	638.4	0.3180979	457.3	5.685.182	3.0	21.5	41.6	9.1	0.00	28.8	0.00	0.00	0.5
21	21.5	0.0	9300.0	0.0	638.4	0.3180919	457.3	5.625.182	3.1	21.5	41.7	9.2	0.00	29.0	0.00	0.00	0.5
22	21.625	0.0	9350.0	0.0	638.4	0.3180866	457.3	5.595.182	3.1	21.6	41.9	9.2	0.00	29.0	0.00	0.00	0.5
23	21.625	0.0	9400.0	0.0	638.4	0.3180827	457.3	5.545.182	3.1	21.6	42.0	9.2	0.00	29.1	0.00	0.00	0.5
24	21.625	0.0	9450.0	0.0	638.4	0.3180776	457.3	5.515.182	3.1	21.6	42.1	9.2	0.00	29.2	0.00	0.00	0.5
25	21.625	0.0	9500.0	0.0	638.4	0.3180729	457.3	5.455.182	3.1	21.6	42.3	9.3	0.00	29.3	0.00	0.00	0.5
26	21.625	0.0	9550.0	0.0	638.4	0.3180683	457.3	5.415.182	3.1	21.6	42.4	9.3	0.00	29.4	0.00	0.00	0.5
27	21.625	0.0	9600.0	0.0	638.4	0.3180637	457.3	5.375.182	3.1	21.6	42.5	9.3	0.00	29.4	0.00	0.00	0.5
28	21.625	0.0	9650.0	0.0	638.4	0.3180591	457.3	5.345.182	3.1	21.6	42.6	9.3	0.00	29.5	0.00	0.00	0.5
29	21.625	0.0	9700.0	0.0	638.4	0.3180546	457.3	5.315.182	3.1	21.6	42.7	9.4	0.00	29.6	0.00	0.00	0.5
30	21.75	0.0	9750.0	0.0	638.4	0.3180517	457.3	5.275.182	3.1	21.7	42.9	9.4	0.00	29.6	0.00	0.00	0.5
31	21.75	0.0	9800.0	0.0	638.4	0.3180486	457.3	5.225.182	3.1	21.7	43.0	9.4	0.00	29.7	0.00	0.00	0.5
32	21.75	0.0	9850.0	0.0	638.4	0.3180441	457.3	5.185.182	3.1	21.7	43.1	9.4	0.00	29.8	0.00	0.00	0.5
33	21.75	0.0	9900.0	0.0	638.4	0.3180385	457.3	5.155.182	3.1	21.7	43.3	9.4	0.00	29.9	0.00	0.00	0.5
34	21.75	0.0	9950.0	0.0	638.4	0.3180321	457.3	5.115.182	3.2	21.7	43.4	9.5	0.00	30.0	0.00	0.00	0.6
35	21.875	0.0	10000.0	0.0	638.4	0.3180221	457.3	5.095.182	3.2	21.8	43.6	9.5	0.00	30.0	0.00	0.00	0.6

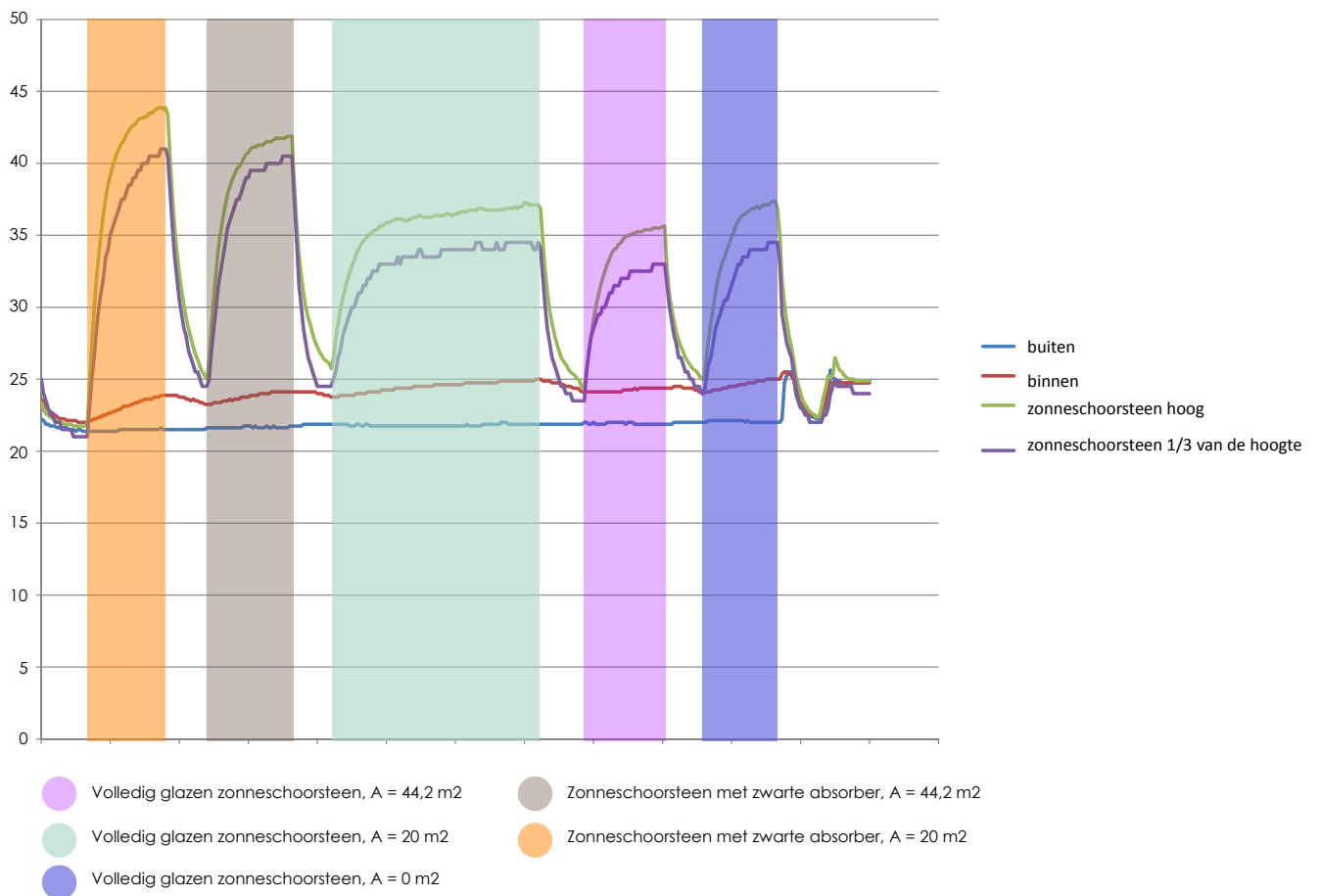
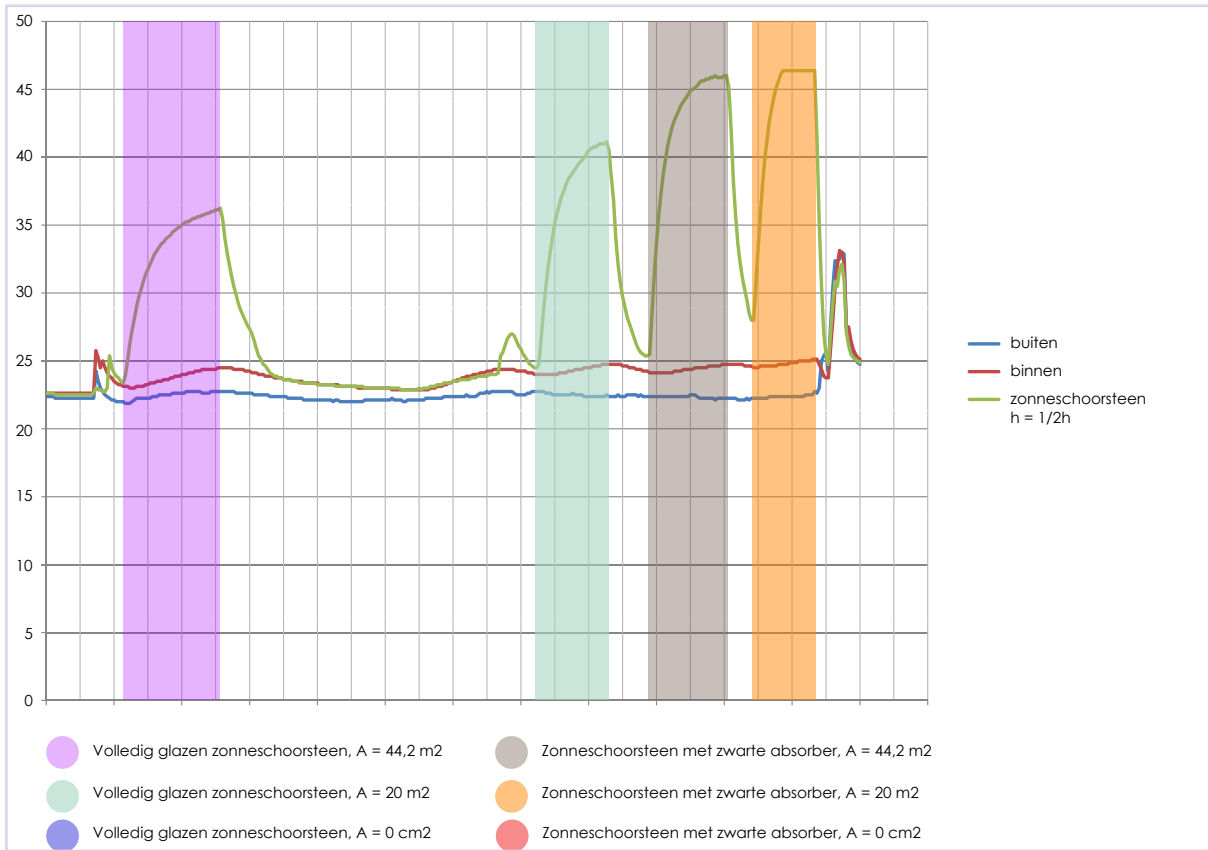


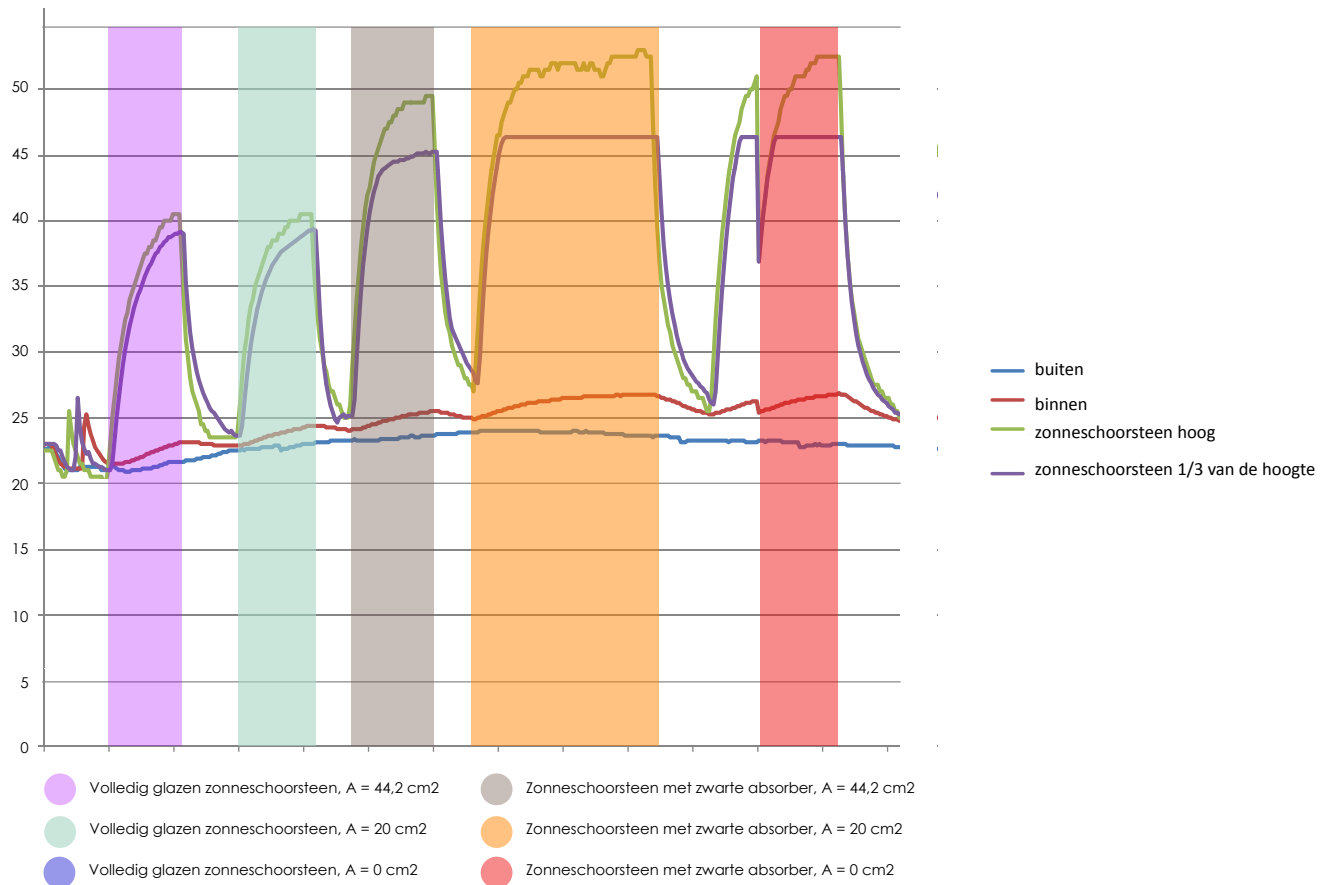


# 14.12 Resultaten modelonderzoek ventilatie

## 14.12.1 Variant 1

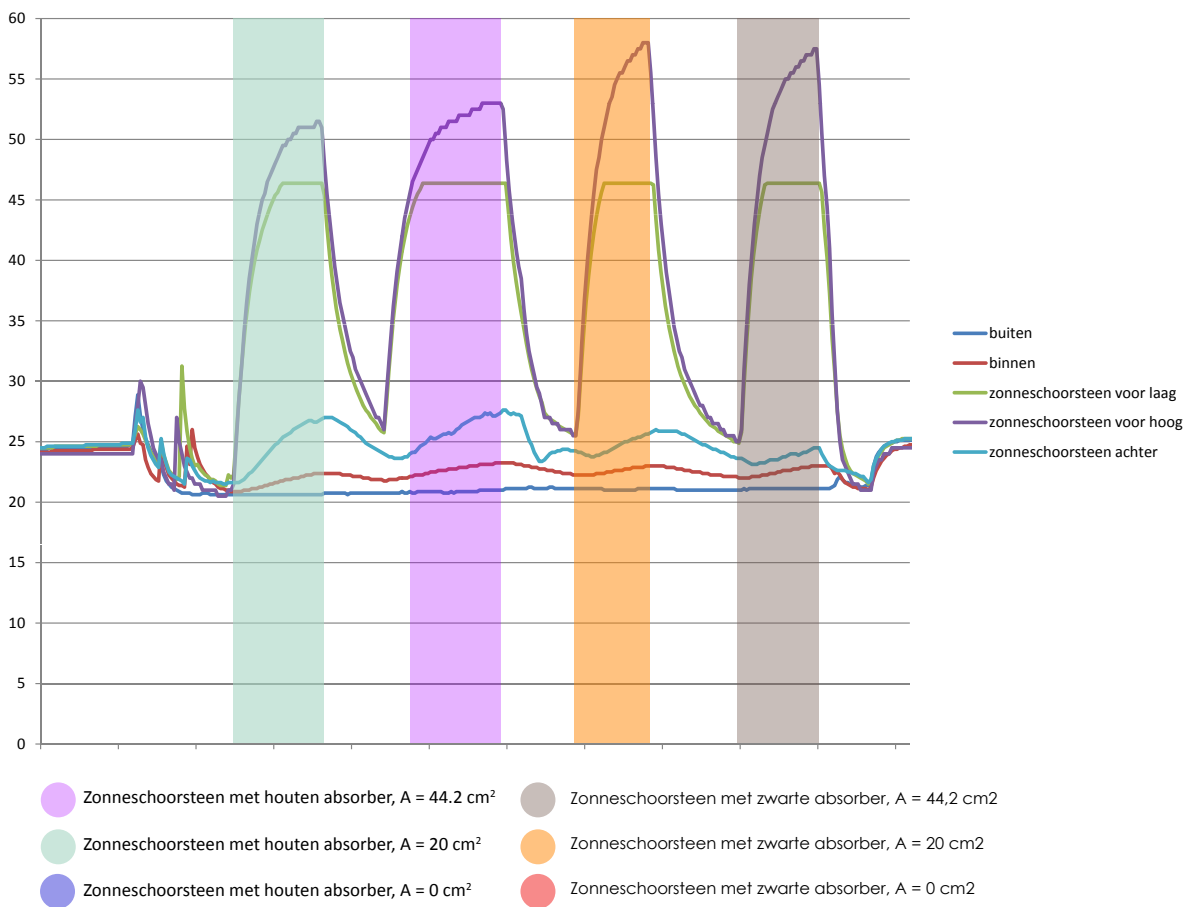
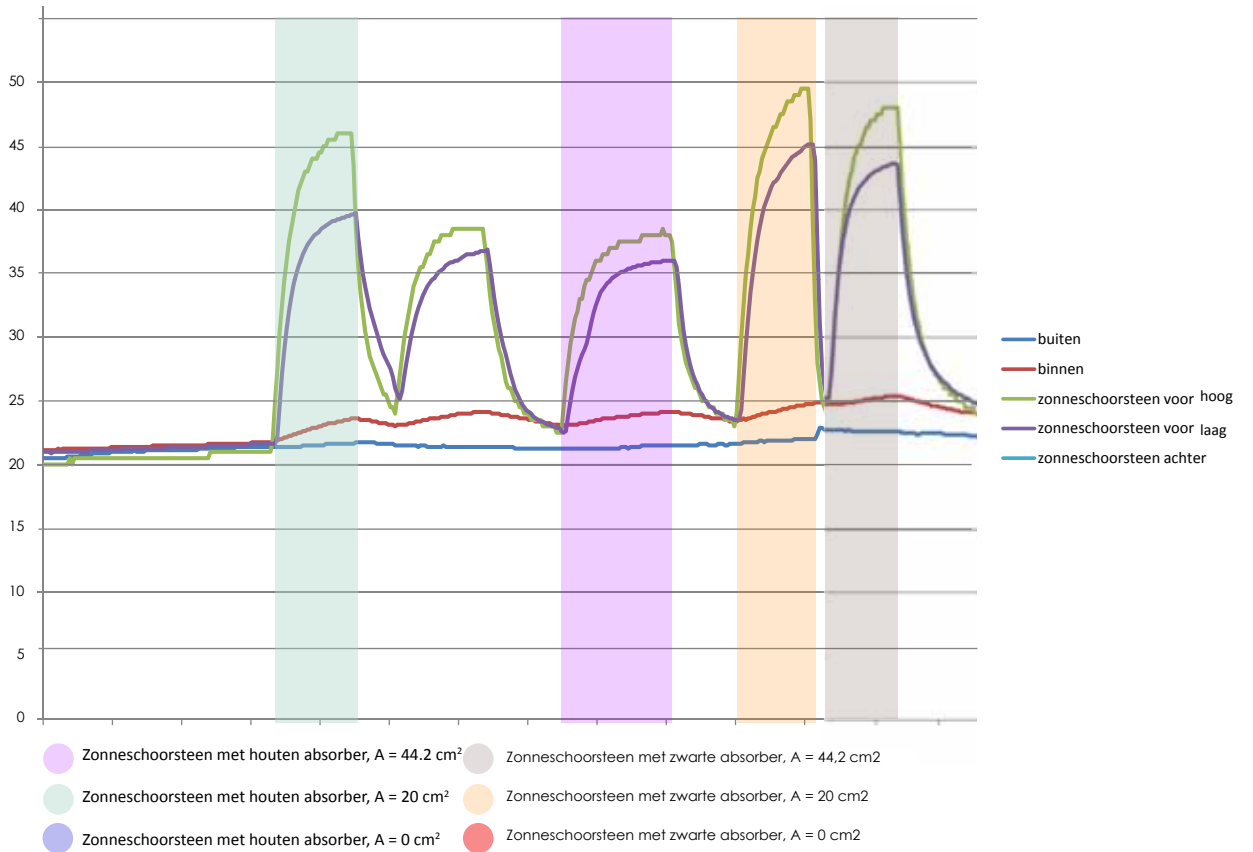
GAT ZIJKANT	Tzonneshoorsteen		Tzonn, hoog		Tbuiten		Tbinnen		Luchtsnelheid gemeten		Drukverschil theorie		Luchtsnelheid theorie	
	T0	T30	T0	T30	T0	T30	T0	T30	T0	T30	T0	T30	T0	T30
Meting 1 - 27/11	24,6 °C	41,1 °C	°C	°C	22,8 °C	22,5 °C	24,1 °C	24,8 °C	0,3 m/s	0,49 m/s	0,23 Pa	0,49 m/s		
meting 2 - 28/11	25 °C	32 °C	°C	37 °C	21,9 °C	21,9 °C	23,9 °C	25 °C	0,12 m/s	0,45 m/s	0,17 Pa	0,42 m/s	Zeta= 1,6	
Meting 3 - 03/12	24,4 °C	39 °C	°C	40,5 °C	°C	°C	22,9 °C	24,8 °C	0,09 m/s	0,47 m/s	0,22 Pa	0,48 m/s		
Meting 1 - 27/11	24,1 °C	36,1 °C	°C	°C	22,1 °C	22,7 °C	23,5 °C	24,5 °C	0,17 m/s	0,41 m/s	0,17 Pa	0,41 m/s		
meting 2 - 28/11	24 °C	33 °C	°C	36 °C	21,9 °C	21,9 °C	24,3 °C	24,4 °C	0,25 m/s	0,35 m/s	0,17 Pa	0,41 m/s	Zeta= 1,8	
Meting 3 - 03/12	21,5 °C	39 °C	°C	40,5 °C	°C	°C	21,5 °C	24 °C	0,21 m/s	0,39 m/s	0,24 Pa	0,48 m/s		
Meting 1 - 27/11	28 °C	49 °C	°C	°C	22,3 °C	22,8 °C	24,6 °C	25,1 °C	0,31 m/s	0,52 m/s	0,33 Pa	0,53 m/s		
meting 2 - 28/11	21 °C	35,5 °C	°C	44 °C	21,4 °C	21,5 °C	22 °C	23,9 °C	0,31 m/s	0,49 m/s	0,28 Pa	0,49 m/s	Zeta= 2	
Meting 3 - 03/12	29,6 °C	46,4 °C	°C	53 °C	°C	°C	24,9 °C	26,8 °C	0,31 m/s	0,55 m/s	0,36 Pa	0,55 m/s		
Meting 1 - 27/11	25,4 °C	46 °C	°C	°C	22,4 °C	22,3 °C	24,3 °C	24,8 °C	0,28 m/s	0,41 m/s	0,30 Pa	0,41 m/s		
meting 2 - 28/11	25 °C	40,5 °C	°C	42 °C	21,6 °C	21,6 °C	23,3 °C	24,1 °C	0,3 m/s	0,38 m/s	0,25 Pa	0,38 m/s	Zeta= 3	
Meting 3 - 03/12	26,4 °C	45 °C	°C	49,5 °C	°C	°C	24 °C	25,5 °C	0,3 m/s	0,43 m/s	0,33 Pa	0,43 m/s		



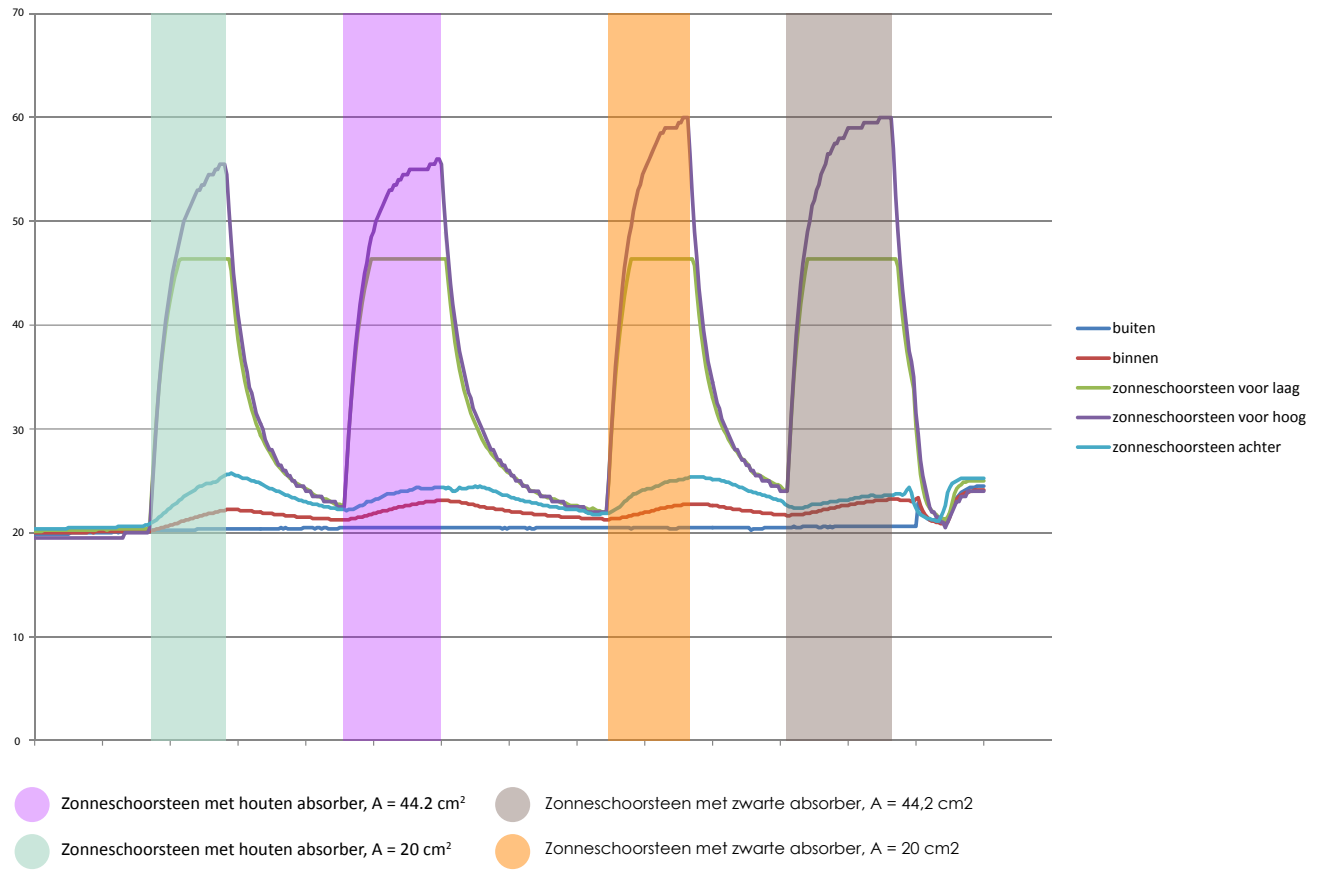


## 14.12.2 Variant 2

GATZUJKANT	Tzonn, hoog			Tbuiten			Tzonn, achter			Tbinnen			Luchtsnelheid gemeten			Drukverschil theorie			Luchtsnelheid theorie		
	T0	T30	T30	T0	T30	T30	T0	T30	T30	T0	T30	T30	T0	v0	v30	Drukverschil theorie	Luchtsnelheid theorie	Zeta=			
Meting 1 - 09/01	22,2	46,4	21	20,6	20,6	20,6	24,7	27	20,9	22,4	22,4	20,9	0,09	0,23	0,34	0,24	10				
Meting 2 - 15/01	25,8	46,4	26	20	20,5	20,5	23	25,5	21,6	22,1	22,1	21,6	0,05	0,26	0,41	0,26	10				
Meting 3 - 16/01	20,4	46,4	20	20,3	20,4	20,8	20,8	25,5	20,1	22,1	22,1	20,1	0,07	0,28	0,41	0,26	10				
Meting 1 - 09/01	25,8	46,4	27	20,8	21	23,8	23,8	27,3	21,8	23,2	23,2	21,8	0,07	0,21	0,35	0,21	13				
Meting 2 - 15/01	24,6	46,4	24	19,8	19,6	22,5	23,4	23,4	21,1	22,5	22,5	21,1	0,04	0,21	0,42	0,23	13				
Meting 3 - 16/01	22,6	46,4	22,5	20,5	20,5	22,3	24,4	24,4	21,3	23	23	21,3	0,04	0,21	0,42	0,23	13				
Meting 1 - 09/01	25,3	46,4	26	21	21	24,1	25,9	25,9	22,5	23	23	22,5	0,09	0,29	0,43	0,28	9				
Meting 2 - 15/01	19,9	46,4	19	20,3	19,9	20,5	22,9	22,9	19,4	20,9	20,9	19,4	0,09	0,29	0,44	0,29	9				
Meting 3 - 16/01	22	46,4	22	20,5	20,5	21,9	25,3	25,3	21,3	22,8	22,8	21,3	0,05	0,3	0,47	0,29	9				
Meting 1 - 09/01	24,9	46,4	25	21	21	23,5	24	24	22	23	23	22	0,05	0,25	0,45	0,23	14				
Meting 2 - 15/01	22,6	46,4	22,5	20	20,1	22,2	22,1	22,1	20,5	21,6	21,6	20,5	0,05	0,24	0,47	0,24	14				
Meting 3 - 16/01	24,1	45,4	24	20,5	20,6	22,6	23,6	23,6	21,6	23,3	23,3	21,6	0,02	0,23	0,49	0,24	14				
absorber zwarte cm2 A = 44,2																					
GATZUJKANT	Tzonn, hoog			Tbuiten			Tzonn, achter			Tbinnen			Luchtsnelheid gemeten			Drukverschil theorie			Luchtsnelheid theorie		
	T0	T30	T30	T0	T30	T30	T0	T30	T30	T0	T30	T30	T0	v0	v30	Drukverschil theorie	Luchtsnelheid theorie	Zeta=			
Meting 1 - 09/01	25	41,5	25	22,9	24	23,4	23,4	29,8	22,9	25	25	22,9	0,2	0,2	0,29	0,22	10				
Meting 2 - 15/01	30,1	46,4	30,5	24,6	27	32,8	28,9	28,9	25	27,3	27,3	25	0,21	0,21	0,30	0,22	10				
Meting 3 - 16/01	31	43,1	28,5	23	22,8	24,8	26,3	26,3	25,3	25,9	25,9	25,3	0,18	0,18	0,37	0,25	10				
Meting 1 - 09/01	20,4	46,4	19,5	19,9	22	21	23,9	23,9	20,3	22,6	22,6	20,3	0,17	0,17	0,39	0,22	13				
Meting 2 - 15/01	34,6	46,4	27	24,6	24	25,1	26,1	26,1	25,5	26,5	26,5	25,5	0,18	0,18	0,38	0,22	13				
Meting 3 - 16/01	28,9	43,5	28	23,5	23,1	24,8	25,9	25,9	25,4	26,3	26,3	25,4	0,2	0,2	0,38	0,22	13				
platte witte cm2 A = 44,2																					







### 14.12.3 Wind

GAT ZIJKANT	Luchtsnelheid gemeten korte kant		Luchtsnelheid gemeten lange kant zon		Luchtsnelheid gemeten lange kant schaduw	
	T0	T30	T0	T30	T0	T30
Meting 1 - 20/1	0,02	0,16 m/s	0,03	0,13 m/s	0,05	0,24 m/s
glas volledig cm2 A = 20	0,03	0,17 m/s	0,02	0,11 m/s	0,06	0,38 m/s
Meting 2 -	0,02	0,19 m/s	0,03	0,15 m/s	0,02	0,3 m/s
Meting 3 -	0,01	0,17 m/s	0,02	0,12 m/s	0,04	0,43 m/s
Meting 1 - 20/1	0,02	0,15 m/s	0,03	0,15 m/s	0,01	0,39 m/s
glas volledig cm2 A = 44,2	0,01	0,19 m/s	0,03	0,21 m/s	0,02	0,32 m/s

## 14.12.4 Wind en zon

		zon en wind normale kanteling dak										Luchtsnelheid theorie			
		Tzonneshoorsteen		Tzonn, hoog		Tbuiten		Tbinnen		Luchtsnelheid gemeten				Drukverschil theorie	
		T0	T30	T0	T30	T0	T30	T0	T30	T0	T30	T30			
wind voor	19,5	°C 24,5	°C 19,9	°C 27,8	°C 18,4	°C 19,8	°C 21,9	°C 19,8	°C 21,9	°C 19,8	°C 21,9	°C	0,25 m/s	0,09 Pa	0,29 m/s
	22	°C 27	°C 22,5	°C 29,8	°C 20,1	°C 20,2	°C 21,6	°C 20,2	°C 23	°C 21,6	°C 23	°C	0,24 m/s	0,10 Pa	0,31 m/s
	19	°C 28	°C 19,5	°C 30,1	°C 18,9	°C 20,4	°C 18,8	°C 21,1	°C 20,4	°C 21,1	°C 18,8	°C	0,21 m/s	0,13 Pa	0,36 m/s
wind achter	20,5	°C 24	°C 21,1	°C 29	°C 19,3	°C 20,6	°C 23	°C 19,5	°C 23	°C 20,6	°C 23	°C	0,49 m/s	0,09 Pa	0,30 m/s
	21,5	°C 24,5	°C 22	°C 28,6	°C 20,4	°C 20,4	°C 21,6	°C 20,4	°C 23,6	°C 21,6	°C 23,6	°C	0,51 m/s	0,07 Pa	0,27 m/s
	23	°C 30,5	°C 23,2	°C 31,4	°C 21,1	°C 21,9	°C 20,8	°C 22,9	°C 20,8	°C 22,9	°C 20,8	°C	0,45 m/s	0,12 Pa	0,35 m/s
wind zijkant	22,5	°C 29,5	°C 23,2	°C 30,4	°C 19,6	°C 21,8	°C 22,4	°C 20	°C 22,4	°C 21,8	°C 22,4	°C	0,43 m/s	0,12 Pa	0,34 m/s
	23,2	°C 32,3	°C 22,5	°C 29,5	°C 20,5	°C 20,5	°C 23,3	°C 20,5	°C 23,3	°C 22,4	°C 23,3	°C	0,41 m/s	0,09 Pa	0,30 m/s
	24,5	°C 28	°C 24,9	°C 31,4	°C 22,5	°C 23,1	°C 22,4	°C 24,5	°C 23,1	°C 22,4	°C 24,5	°C	0,42 m/s	0,10 Pa	0,32 m/s





Dit onderzoeksrapport is tot stand gekomen voor de richting Architectural Engineering (aE) en Building Technology (BT) van de faculteit bouwkunde aan de TU Delft. Bij aE kiest elke student zijn eigen afstudeeronderwerp. Eline Vermeulen is geïnteresseerd in de belevingswereld van dementerenden en hoe hiervoor een bijpassend ontwerp kan worden gemaakt. Dit ontwerp past qua architectuur bij dementerenden, maar ook qua bouwfysische aspecten. Met deze achtergrond is een ontwerp gemaakt, wat vervolgens in de tweede afstudeerrichting (BT) is getoetst aan bouwfysische eisen. Dit onderzoeksrapport gaat over een zorgwijk voor dementerende ouderen met een gezond binnenklimaat.

Bij een zorgopgave is het belangrijk om te kunnen inleven in de wensen, behoeftes en mogelijkheden van de gebruiker. Er is uitvoerig onderzoek gedaan naar het ziektebeeld dementie en dit vertaald naar hoe voor dementerenden een prettige en comfortabele leefomgeving ontworpen kan worden. Dit resulteerde in een zorgwijk voor dementerende ouderen gesitueerd in de duinen bij Scheveningen. Bij de woningen in deze zorgwijk is extra aandacht besteed aan ventileren door groen.

Vervolgens is verder onderzoek gedaan naar licht en ventilatie. Deze twee aspecten worden samengevoegd in een zonneschoorsteen. Door middel van model- en simulatieonderzoek ten aanzien van licht en ventilatie is de werking van de zonneschoorsteen onderzocht.