



# GROEN MOET JE DOEN

---

de effecten van  
groen gebruiken in  
de bouw om het  
leefklimaat van de  
mens te verbeteren

Afstudeerverslag Bouwtechnologie

Mentoren:

Ir. F.R. Schnater

Dr. ir. M.J. Tenpierik

Ir. A. Harsta

Roby van Praag

studienummer b1169459

robypraag@gmail.com

Delft Juni 2011

Faculteit Bouwkunde TU Delft



## VOORWOORD

Dit verslag is een onderdeel van het gecombineerde afstudeertraject Architectuur en Bouwtechnologie. Het vormt de afsluiting van het bouwtechnisch onderzoek. De resultaten hiervan zullen geïmplementeerd worden in het architectonisch ontwerp.

In dit voorwoord wil ik graag van de gelegenheid gebruik maken om een aantal mensen te bedanken. Ten eerste natuurlijk mijn afstudeercommissie: Ir. F.R. Schnater en Dr. ir. M.J. Tenpierik. Mijn enthousiaste stagebegeleider Ir. A. Harsta van Aldus Bouwinnovatie, alsmede de collega's die ik had in mijn periode daar. Daarnaast Koos Zuidgeest van Zuidkoop Natural Projects voor het beschikbaar stellen en vervoer van de groene wanden en planten voor de akoestische metingen. Jurre Antonisse voor de fotografie en Klasien Visser voor de hulp tijdens de metingen. Tenslotte alle producenten, architecten en facilitair managers voor hun sympathieke medewerking aan de interviews.



---

**INHOUD**

<b>1. Inleiding</b>	6
1.1 Fascinatie	6
1.2 Ondezoek	6
1.3 Productontwikkeling	7
<b>2. Samenvatting Nederlands</b>	8
<b>3. Summary English</b>	11
<hr/>	
DEEL 1 - THEORIE	14
<hr/>	
<b>4. Literatuurstudie</b>	15
4.1 Fysiologische effecten van groen in gebouwen	15
4.1.1 Thermisch comfort	15
4.1.2 Luchtkwaliteit	17
4.1.3 Akoestiek	21
4.2 Korte geschiedenis van mens & plant	22
4.3 Psychische & gezondheidseffecten van groen in gebouwen	24
4.3.1 Gezondheid	25
4.3.2 Welbevinden	25
4.3.3 Productiviteit	26
4.4 Groeifactoren en planttechnische aspecten	26
4.4.1 Daglicht	26
4.4.2 Temperatuur	27
4.4.3 Water, voeding, luchtvochtigheid & tocht	27

4.5 Groen aan gebouwen	28
4.5.1 Effecten van groen aan gebouwen op stadsniveau	28
4.5.2 Effecten van groen aan gebouwen op gebouwniveau	30
4.6 Groene daken	31
4.6.1 Effecten van groen op gebouwen op stadsniveau	32
4.6.2 Effecten van groen op gebouwen op gebouwniveau	34
4.7 Literatuurlijst	37
<hr/>	
DEEL 2 - ONDERZOEK	40
<hr/>	
<b>5. Onderzoek Groen &amp; Nagalmtijd</b>	41
5.1 Inleiding	41
5.1.1 Groene wanden Zuidkoop	42
5.2 Methode	44
5.2.1 Geluidisolatie	44
5.2.2 Nagalmtijd	44
5.2.3 Metingen	45
5.2.4 Meetonnauwkeurigheden	46
5.3 Referentieproducten	48
5.3.1 Buzziscreen	48
5.3.2 Alusion	49
5.4 Resultaten & Bespreking	50
5.4.1 Bespreking grafiek 4 'Groene Wandens'	54
5.4.2 Bespreking grafiek 5 'Substraten'	57
5.4.3 Bespreking grafiek 6 tm 12 'Potplanten combi's'	64

5.4.4 Bespreking grafiek 13 & 14 'Geluidabsorptie A'	67
5.5 Conclusies	68
5.6 Publicaties	69
5.7 Literatuurlijst	70
<b>6. Marktonderzoek - Aanbod</b>	71
6.1 Methode	71
6.2 Morfologisch Onderzoek	72
6.3 Conclusies	72
<b>7. Marktonderzoek - Vraag</b>	76
7.1 Methode	76
7.2 Interviews	76
7.3 Conclusies	78
<b>8. Casestudies</b>	79
8.1 Methode	79
8.2 Casestudy 1: Flexplekken	79
8.3 Casestudy 2: Frisse Scholen	80
8.3.1 Luchtkwaliteit	82
8.3.2 Luchtvochtigheid	83
8.3.3 Temperatuur	84
8.4 Conclusies	85
8.5 Literatuurlijst	86

DEEL 3 - PRODUCTCONCEPT	87
<b>9. Programma van Eisen</b>	90
<b>10. Productconcept</b>	90
DEEL 4 - IMPLEMENTATIE GROEN IN GEBOUW	93
<b>11. Omschrijving gebouw ontwerp</b>	94
<b>12. Implementatie groen op, in &amp; aan het ontwerp</b>	100
12.1 Groen op het gebouw	100
12.2 Groen in het gebouw	103
12.3 Groen aan het gebouw	108
12.4 Samenvatting	109
12.5 Literatuurlijst	110
<b>BIJLAGEN</b>	
Bijlage 1: Meetgegevens akoestisch onderzoek	111
Bijlage 2: Interviews groenproduct leveranciers	118
Bijlage 3: Morfologisch onderzoek	126
Bijlage 4: Interview groenproduct gebruikers	152

## 1. INLEIDING

### 1.1 Fascinatie

Nagenoeg iedereen vindt het prettig om in ruimtes te verblijven waarin veel groen aanwezig is<sup>1</sup>. De positieve effecten van groen worden steeds bekender; groen absorbeert schadelijke stoffen, filtert stof uit de lucht, zorgt voor een aangename luchtvochtigheid, vermindert stress, zorgt voor koeling, verbeterd prestaties, dempt geluid etc. Toch is het toepassen van groen niet een standaard onderdeel binnen het ontwerpproces.

Vanwege mijn fascinatie naar het gebruik van groen in gebouwen en de meerwaarde die dit kan hebben op het leefklimaat van de mens, heb ik dit als thema gekozen voor mijn bouwtechnisch onderzoek. Parallel aan dit bouwtechnisch onderzoek loopt het ontwerp van een gebouw, namelijk een nieuwe faculteit voor de studie 'bouwkunde' in Delft. In het ontwerp van dit gebouw is het toepassen van groen dan ook een belangrijk uitgangspunt. De bevindingen die in dit bouwtechnisch onderzoek worden gedaan zullen dan ook, zover mogelijk, toegepast worden in het gebouwontwerp. Daardoor wordt groen integraal in het gebouw verankert, met als doel een gezond gebouw te creëren voor de gebruikers.

### 1.2 Onderzoek

In dit bouwtechnisch onderzoek wordt het fenomeen 'groen in/op/aan gebouwen' in eerste instantie vanuit een breed perspectief bekeken. Daarnaast heb ik dit bouwtechnisch onderzoek als kans gebruikt om mij te verdiepen in productontwerpen, voor zover dat mogelijk is als bouwkunde studente. De positieve effecten van groen zullen dus gebruikt worden als basis voor een innovatief

<sup>1</sup> Met 'groen' wordt in dit verslag 'beplanting' bedoeld.

bouwproduct, waarbij de eindgebruiker centraal staat.

Hieruit volgt de onderzoeksvraag:

#### Onderzoeksvraag

*Hoe kan groen in/op/aan het gebouw op een innovatieve manier gebruikt worden om het leefklimaat van de mens verbeteren?*

Het antwoord op deze vraag zal in de vorm zijn van een programma van eisen voor een innovatief bouwproduct. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat dit bouwproduct massa geproduceerd wordt. Dat wil zeggen dat het product niet specifiek is ontworpen voor het architectuuronderdeel van dit afstuderen, maar juist een veelzijdige toepassing kent.

Om tot een goed programma van eisen te komen voor een innovatief bouwproduct, wordt eerst breed gekeken naar wat er allemaal bekend is aan positieve effecten van groen. Dat wordt in de vorm van een literatuurstudie gedaan. In deze literatuurstudie wordt ook aangegeven welke bevindingen bruikbaar kunnen zijn voor een productontwerp.

Daarna wordt de markt bekeken. De aanbodkant van de markt wordt onderzocht in de vorm van een morfologisch onderzoek; centraal staat daarbij wat er allemaal op dit moment aan groenproducten op de markt is en op welke positieve effecten van groen die producten inspelen.

De vraagkant wordt onderzocht door middel van het interviewen van mensen die beslissen of groen al dan niet wordt toegepast; architecten en facilitair managers. Daarnaast zijn twee casestudies bestudeerd ('flexplekken' & 'frisse scholen'). Er wordt vermoed dat de problemen in deze cases kunnen worden opgelost met de positieve effecten van groen. Onderzocht wordt in hoeverre dat waar is en in

welke mate. Aan de hand van de interviews en de casestudies kan het soort groenproduct waar vraag naar is beschreven worden.

Uiteindelijk wordt al deze gewonnen informatie gebruikt voor het schrijven van een programma van eisen. Met het schrijven hiervan wordt vanaf het allereerste begin begonnen. Het ontwikkelt zich in de loop van het onderzoek.

Uit het programma van eisen volgt een eerste productconcept. Hierin zijn richtlijnen aangegeven waaraan de fysieke vorm van het product moet voldoen.

Uit bovenstaande volgen de volgende deelvragen:

#### Deelvragen

##### Literatuur:

1. *Wat zijn de effecten van groen in/op/aan gebouwen op het leefklimaat van de mens?*  
(literatuurstudie)

##### Markt:

2. *Hoe wordt op dit moment groen in/op/aan gebouwen toegepast en wat is de rol van de positieve effecten van groen hierin?*  
(marktonderzoek aanbodkant)
3. *Worden de positieve effecten van groen momenteel economisch gewaardeerd?*  
(kennen mensen het? is er vraag naar? marktonderzoek vraagkant)

##### Voorwaarden:

4. *Hoe ziet het programma van eisen eruit voor het productontwerp?*  
(Hierin komen de technische en de gebruikersaspecten naar voren.)

Tenslotte wordt de kennis die is opgedaan in dit bouwtechnisch onderzoek gebruikt in het ontwerp voor een nieuwe faculteit voor bouwkunde in Delft. In het laatste hoofdstuk van dit rapport wordt omschreven op welke wijze groen is geïmplementeerd in het gebouw.

### **1.3 Productontwikkeling**

Omdat ik als bouwkunde studente niet zo heel veel ervaring heb met productontwikkeling, heb ik contact opgenomen met dhr. Atto Harsta van het bedrijf Aldus bouwinnovaties in Utrecht. Op de website van het bedrijf beschrijven ze zichzelf als volgt:

*'Aldus bouwinnovatie is een creatief en marktgericht advies- en ingenieursbureau dat zich richt op succesvol realiseren van innovaties in de bouw.*

*Hierbij kan het gaan om visievorming, het ontwikkelen van een strategie of marketingplan, het optimaliseren van een bouwproces en het ontwerpen en op de markt brengen van een nieuw bouwproduct. Onze jarenlange ervaring met productontwikkeling in de bouwsector, kennis van trends en ontwikkelingen en ons brede netwerk in de bouwketen maakt ons een waardevolle partner om kansrijke innovaties te bedenken, ontwikkelen en te realiseren.*

*Missie Aldus*

*Het succesvol realiseren van duurzame vernieuwing in de bouw.'*

(<http://www.aldus.nl>)

Dit sluit dus erg goed aan bij dit afstudeeronderzoek. Daarom is na overleg besloten dit afstudeeronderzoek deels uit te voeren als afstudeerstage bij het bedrijf Aldus Bouwinnovatie waardoor ik de nodige begeleiding heb kunnen krijgen op het vlak van productontwikkeling.

## 2. SAMENVATTING

Nagenoeg iedereen vindt het prettig om in ruimtes te verblijven waarin veel groen aanwezig is. De positieve effecten van groen worden ook steeds bekender, maar toch is het toepassen van groen niet een standaard onderdeel binnen het ontwerpproces.

Hieruit volgt de onderzoeksvraag:

*Hoe kan groen in/op/aan het gebouw op een innovatieve manier gebruikt worden om het leefklimaat van de mens verbeteren?*

Het antwoord op deze vraag is in de vorm van een programma van eisen voor een innovatief bouwproduct gegeven. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat dit bouwproduct massa geproduceerd wordt.

Bij deze onderzoeksvraag zijn de volgende deelvragen geformuleerd;

Literatuur:

1. *Wat zijn de effecten van groen in/op/aan gebouwen op het leefklimaat van de mens?* (literatuurstudie)

Markt:

2. *Hoe wordt op dit moment groen in/op/aan gebouwen toegepast en wat is de rol van de positieve effecten van groen hierin?* (marktonderzoek aanbodkant)
3. *Worden de positieve effecten van groen momenteel economisch gewaardeerd? (kennen mensen het? is er vraag naar? marktonderzoek vraagkant)*

Voorwaarden:

4. *Hoe ziet het programma van eisen eruit voor het productontwerp?* (Hierin komen de technische en de gebruikersaspecten (de eindgebruiker, maar ook bijvoorbeeld de gebouwbeheerder naar voren.)

Parallel aan dit bouwtechnisch onderzoek loopt het ontwerp van een gebouw, namelijk een nieuwe faculteit voor de studie 'bouwkunde' in Delft. In het ontwerp van dit gebouw is het toepassen van groen dan ook een belangrijk uitgangspunt. De bevindingen die in dit bouwtechnisch onderzoek zijn gedaan zijn dan ook, zover mogelijk, toegepast in het gebouwontwerp.

In de literatuurstudie is naar voren gekomen dat de positieve effecten van groen in gebouwen te onderscheiden zijn in fysiologische effecten en psychische en gezondheidseffecten.

De fysiologische effecten van groen zijn onder te verdelen in luchtvochtigheid, luchtkwaliteit en akoestiek. De luchtkwaliteit en -vochtigheid blijken beide beter te worden na het plaatsen van planten in de ruimte. Echter de metingen die zijn gedaan hebben plaatsgevonden bij een zeer lage, onrealistische ventilatievoud. Het verband tussen de ventilatievoud, de hoeveelheid benodigde planten, het soort plant en het effect daarvan op luchtkwaliteit of -vochtigheid is echter nog niet onderzocht en bekend.

Groen in gebouwen heeft een positieve invloed op de akoestiek van de ruimte, vooral groene wanden waarbij het substraat blootgesteld staat heeft een goede werking. Omdat er naar groen en akoestiek nog niet veel onderzoek was gedaan, is er zelf een eigen onderzoek opgezet

De psychische en gezondheidseffecten van groen zijn onder te verdelen in gezondheid, welbevinden en productiviteit. Op al deze punten blijkt groen een positief effect te hebben. Echter concrete resultaten zijn nog niet bekend, er geldt vooral: Hoe meer groen wordt toegepast, hoe groter het effect.

Positieve effecten van groen aan gebouwen zijn op stadsniveau:

afname hitte-eiland effect, verbetering luchtkwaliteit, verbetering microklimaat en esthetische vooruitgang. Op gebouw niveau is dit: verbetering thermische isolatie, bescherming gevel en geluidsisolatie. Positieve effecten van groene daken zijn op stadsniveau gelijk aan de effecten van groene gevels. Daarnaast zijn groene daken heel nuttig om het waterbeheer van een stad te verbeteren. Een groen dak werkt als een waterbuffer en de waterafvoer wordt dus vertraagd waardoor de pieklasten lager worden. Bovendien wordt het omgevingsgeluid door de zachte, verende oppervlakten van de begroeide daken verstrooid en geabsorbeerd.

Op gebouwniveau zijn de volgende effecten bekend: De dakbedekking gaat langer mee, de thermische isolatie van het dak verbeterd, het koelend vermogen wordt groter en het dak houdt geluiden van buiten naar binnen tegen.

Vervolgens is de aanbodkant van de markt bekeken. Dat is gedaan door middel van het maken van een morfologische kaart. Een morfologische kaart geeft alle theoretisch denkbare oplossingen weer die voor een bepaald probleem te vinden zijn. Tijdens het maken van deze morfologische kaart werd al snel duidelijk dat de productgroep 'op gebouwen' (groene daken) al erg ver is ontwikkeld en nog steeds volop aan het innoveren is, tegen scherpe prijzen. Het is dus niet zo interessant om een innovatief bouwproduct in deze hoek te zoeken, de andere categorieën (in & aan) bieden veel meer mogelijkheden. Twee belangrijke conclusies: groen producten voor in gebouwen worden weinig geïnnoveerd en zijn relatief duur en groen producten voor aan gebouwen zijn volop in ontwikkeling en relatief goedkoop. Verder is gekeken naar de Unique Selling Points (USP's) van de producten. Opvallend is dat geen enkel product een groeneffect (bv. vochtuitwaseming) als USP gebruikt. En opnieuw wordt duidelijk dat er in de markt voor groen in gebouwen weinig geïnnoveerd wordt. Aan de hand van het morfologisch onderzoek en de (U)SP analyse is daarom besloten om vanaf dit punt in dit bouwtechnisch onderzoek te focussen op de ontwikkeling van een innovatief groenproduct voor

in het interieur.

De vraagkant van de markt is onderzocht door middel van het interviewen van mensen die beslissen of groen al dan niet wordt toegepast; architecten en facilitair managers. Uiteindelijk bleek echter dat het vooral nuttige informatie was om het programma van eisen te kunnen vullen en realistisch te maken. Conclusies zijn dat mensen uit de doelgroep matig op de hoogte zijn van positieve effecten van groen. De vraag naar groenproducten die daadwerkelijk iets doen met die effecten is dan ook niet echt te constateren. Als men niet weet dat het bestaat kan men het ook niet vragen. Wat wel naar voren is gekomen is dat werknemers aangeven groen op de werkplek te willen en dat renders van de architect met veel groen goed verkoopt: er is dus wel een vraag.

Om toch een duidelijke vraag te kunnen beschrijven voor een interieur groenproduct is er gekozen voor een andere aanpak: Er zijn twee actuele onderwerpen, twee casestudies, gevonden waarvan wordt vermoed dat de effecten van groen (een deel van) de problematiek kan oplossen. De problematiek van deze twee onderwerpen, 'Flexplekken' en 'Frisse Scholen' zijn beschreven en gekeken wordt hoe de positieve effecten van groen hierop in kunnen spelen.

Samengevat kunnen de volgende nadelen van flexplekken geconstateerd worden waar een interieur groenproduct op zou kunnen inspelen:

- Een open indeling zorgt voor meer afleiding;
- Openheid is prettig voor de ruimtelijkheid en het kunnen zien van collega's, maar er is ook gebrek aan visuele en auditieve privacy;
- Continue achtergrondruis van telefoons, collega's, bezoekers etc.
- Clean desk policy staat personalisering van de werkplek in de weg
- Ideale werkplek benaderd het thuis-gevoel

Samengevat kunnen de volgende problemen omtrent 'Frisse Scholen'

geconstateerd worden waar een interieur groenproduct op zou kunnen inspelen:

- Gemiddeld is de CO<sub>2</sub>-concentratie in 88% van de klaslokalen gedurende 39% van de lestijd te hoog;
- 35% van de leerkrachten heeft soms tot vaak klachten over droge lucht. Dit hoeft niet enkel met luchtvochtigheid te maken te hebben, teveel stofdeeltjes kan ook een reden zijn;
- De temperatuur in 45% van de klaslokalen is van maart tot oktober te hoog.

De meeste problemen kunnen worden opgelost door middel van de psychische effecten die groen met zich mee brengt. Interessant, maar dat geeft nog geen 'handvaten' voor een productontwerp. Immers ieder product waarin planten zijn verwerkt zal hieraan voldoen. Vervolgens kunnen de meeste problemen worden opgelost met een product dat voorziet in geluidsdemping, een product dat mobiel is en/of een product dat een ruimtescheidende functie heeft. Dit zijn wel goede uitgangspunten voor een interieur groenproduct.

Uiteindelijk is al deze gewonnen informatie gebruikt voor het schrijven van het programma van eisen, dit programma is in hoofdstuk 9 te vinden. Uit het programma van eisen is een eerste productconcept voortgekomen. Hierin zijn richtlijnen aangegeven waaraan de fysieke vorm van het product moet voldoen. Belangrijk is dat er goed aangegeven wordt hoeveel 'kuub' groen het product bezit.

Vervolgens is beschreven hoe al deze kennis in het gebouwontwerp is geïmplementeerd. Eerst wordt het gebouw ontwerp omschreven waarna per onderdeel (op, in en aan) wordt uitgelegd hoe de positieve effecten van groen tot uiting komen. Een aantal interessante constatering zijn:

Groen op het gebouw:

Stadsniveau:

- Demping geluid veroorzaakt door o.a. gemotoriseerd verkeer Kruithuisweg en tram;
- Zichtgroen vanuit de torens;
- Nuttige bijdrage aan de huidige hachelijke situatie van het waterbeheer in de TU-wijk.

Gebouwniveau:

- Geluidisolatie van buiten naar binnen, nuttig in verband met de tram die over het gebouw heen gaat.

Groen in het gebouw:

- Verbetering creatieve processen; daarom is er in de torens, waar de werkplekken/studio's zich bevinden, ruimte in de constructie opgenomen om planten te plaatsen zodat makkelijk 1 plant per persoon wordt gehaald
- In de foyer zijn planten toegepast om de akoestiek te verbeteren. Deze ruimte leent zich daar perfect voor.
- Een goed onderhoudscontract is essentieel voor een goede uitvoering van groen in het gebouw.

Groen aan het gebouw:

- Consequente uitvoering van het architectonische concept;
- Reiniging vervuilde lucht veroorzaakt door o.a. gemotoriseerd verkeer Kruithuisweg;
- Dynamische zonwering; in zomer met blad zonwerend in winter zonder blad zon doorlatend.

### 3. SUMMARY

Almost all people enjoy being in a space in which a lot of green is around. The positive effects of green are becoming common knowledge everyday a little bit more. But applying green is still not a regular part of the design process.

From this the main question can be derived:

*How can green be applied in/on/at the building in an innovative way in order to improve the living climate of human being?*

The answer on this question will be in the form of a list of requirements for an innovative product for the building sector. This product will be mass produced.

The next subquestions are formulated:

Literature:

1. *What are the effects of green in/on/at buildings on the living climate of human being?* (literature study)

Market:

2. *How is green applied in/on/at buildings at the moment and what role do positive effects of green play in it?* (market research supply side)
3. *Are the positive effects of green economically valued at the moment?* (do people know it? Is there demand for it? market research demand side)

Conditions

4. *How does the list of requirements look like for a product*

*design?* (technical and user aspects)

Beside this building technology research, there is also a architectonic building design; a new faculty for architecture at the university of technology in Delft. In this design applying green is an important point of departure. The obtained knowledge of this research report are, as far as possible, applied in the design.

From the literature study can be concluded that positive effects of green in buildings can be divided in physiologic effects and psychic and health effects.

The physiologic effects of green are separated in air humidity, air quality and acoustics. Air humidity and quality turn out to improve after applying plants in a room. Though the measurements have been made at a very low and unrealistic ventilation rate (the number of times the air in the space is refreshed within 1 hour). The connection between the ventilation rate, the amount of plants necessary, the kind of plants en the effect of it on air quality and/or humidity is until know not investigated.

Green in buildings has a positive effect on the acoustics of a room. Especially green walls which have an exposed substrate. Because there was not that much research to green and acoustics, an own research has been set up.

The psychic and health effects of green are separated in health, well-being and productivity. On all these points green has a positive effect. However there are no concrete results found yet. For now we only know: the more green is applied, the better the results are.

Positive effects of green at buildings (at the façade) on urban scale; decrease urban heat island effect, improvement air quality, improvement microclimate, and esthetic progress. In building scale there is: improvement thermal isolation, protection of the façade and noise isolation.

Positive effects of green roofs on urban scale are the same as the effects of green on facades. Furthermore green roofs are very useful

to improve water control of a city. A green roof has a big buffer capacity for water which delays the water drainage. As a result the peak demand decreases. Moreover the noise of the surroundings (especially traffic noise) will be absorbed by the soft and bouncy surface of green roofs.

On building scale the following effects are known: the roof covering lasts longer, the thermal isolation of the roof improves, the cooling capacity of the roof increases and the green covering prevents noise from outside going inside the building.

After the literature study the supply side of the market is analyzed. This has been done by making a morphological map. A morphological map provides all the possible, theoretical solutions one can think of, for a certain problem. While making this map it became quickly clear that the product group 'green on buildings' is already strongly developed and is still innovating, for sharp prices. This means it is not very interesting to develop an innovative product in this category. Other product groups (in and at buildings) offer much more opportunities.

Two important conclusions: green products for in buildings are not very innovative and relatively expensive. Green products for at buildings (facades) are strongly in development and relatively cheap. Additionally the Unique Selling Points (USP's) of the products have been analyzed. What strikes one most is that no product at all is using a positive green effect (for instance air purifying) as a USP. And once again it becomes clear that there is not much innovation taking place in the product category 'in buildings'. From this point it is decided that in this research report the focus will be on a green product for the interior space.

The demand side of the market has been investigated by interviewing people who decide whether or not green is applied in a building: architects and facility managers. In the end it turned out that this has been very useful to fill the list of requirements and make it realistic.

Conclusions are that people from the target group are not very acquainted to the positive effects of green. The demand for green products that actually do something with the effects of green is for that reason not observable. If one doesn't know green effects exist one is not possible to demand it. Though it did turn out that employees do enjoy having green on the workplace. Beside that architects put green in there selling images because it sells. This means there is a demand.

In order to describe a clear demand for an interior green product, there has been chosen for a different approach: there have been found two current topics, the two case studies, of which there is a conjecture that the positive effects can solve (partly) the problems. The problems of the two case studies 'Flexplekken' (flexible working places) and 'Frisse Scholen' (clean, airy and bright schools) are described and it has been investigated how the green effects could solve this.

Summarized the next disadvantages of 'Flexplekken' can be solved with green:

- An open division provides more distraction;
- Openness is pleasant for the spatial experience of a space and the interaction with colleagues, though it is lacking of visual and auditive privacy;
- Continuous background noise of phones, colleagues, visitors etc.
- Clean desk policy is preventing having a personal workplace
- Ideal workplace is approaching the home-feeling.

Summarized the next disadvantages of 'Frisse Scholen' can be solved with green:

- In 88% of the classrooms the average CO<sub>2</sub>-concentration is during 39% of the time too high;
- 35% of the teachers has occasionally till regularly complaints

about dry air. The reason doesn't necessarily need to be dry air, small dust parts can also be the problem;

- In 45% of the classrooms temperatures are too high from March until October.

Most of those problems can be solved by the psychic effects of green. That is interesting, though it is not really providing any 'grips' for a product design, since every green applied in a product will answer this demand. Subsequently most problems can be solved with a product which is providing sound absorption, a mobile product and/or a room dividing product. These can be good points of departure for a design for an interior green product.

Finally all these gathered knowledge and information is used to write a list of requirements. This list of requirements can be found in chapter 9. There has followed a first product concept from this list of requirements. This provides some guidelines which the physical shape of the product should meet. Important is that the product should clearly show how much 'cubic' green it is offering.

Subsequently there has been described how all these gathered knowledge about green in/on/at a building is implemented in the architectonic design. First the building design is clarified after which there is an explanation how every category (in/on/at) is applied in the design. Some very interesting conclusions:

Green on the building:

Urban scale:

- Sound absorption of the noisy traffic of the Kruithuisweg and the tram;
- Sight green from the towers;
- Valuable contribution to the perilous situation of water control in Delft;

Building scale:

- Isolation of noise from the outside, useful because of the tram which is driving over the roof of building.

Green in the building:

- Improvement of creative processes; this is why in the towers, where the workplaces/studio's are situated, is space designed in the construction to apply at least 1 plant a person.
- In the foyer plants and a green wall is applied to improve the acoustics. This space is perfect for that purpose.
- A good maintenance contract is essential for a good realization of green in the building.

Green at the building (at the façade):

- Consistent realization of the architectonic building concept;
- Purifying polluted air caused by the traffic on the Kruithuisweg;
- Dynamical sunshade; in summer sun protective with leaves and in winter sun passing without leaves.

**DEEL 1 - THEORIE**

## 4. LITERATUURSTUDIE

In dit hoofdstuk wordt een antwoord gevonden op de eerste deelvraag:

*Wat zijn de effecten van groen in/op/aan gebouwen op het leefklimaat van de mens?*

Dit wordt gedaan aan de hand van een literatuurstudie. In deze literatuurstudie wordt ook aangegeven welke bevindingen bruikbaar kunnen zijn voor een productontwerp. Paragraaf 4.1 tm 4.4 gaat over groen in gebouwen, 4.5 gaat over groen aan en voor gebouwen en 4.6 gaat over groen op gebouwen.

Vanaf de jaren '70 is er veel onderzoek gedaan naar het effect van planten in gebouwen op de mens; zowel naar de fysiologische effecten als naar de psychologische en gezondheidseffecten. In 2006 is er door John Klein Hesselink (e.a.) voor TNO een literatuurstudie gedaan naar deze onderzoeken: *'Fysiologische en psychische en gezondheidseffecten van planten in de werksituatie op de gezondheid en het welbevinden van werknemers'*. Deze literatuurstudie is dus een recent en compleet overzicht van de onderzoeken die er zijn gedaan. Dit TNO-rapport is als basis gebruikt voor de twee hoofdstukken over fysiologisch vs. psychologische effecten (4.1 en 4.3). De besproken onderzoeken in dit TNO rapport zijn er echter wel steeds bij gezocht, om de interpretatie ervan door Klein Hesselink goed te kunnen verifiëren.

### 4.1 Fysiologische effecten van groen in gebouwen

In dit hoofdstuk worden de fysiologische effecten van planten behandeld. Hierbij wordt gekeken naar het thermisch comfort

(temperatuur en luchtvochtigheid), luchtkwaliteit (concentratie schadelijke stoffen) en akoestiek (nagalmtijd). Als deze waarden geoptimaliseerd worden leidt dit tot een optimale ruimte wat door zal slaan op de productiviteit en gezondheid van de gebruikers.

#### 4.1.1 Thermisch comfort

Het thermisch comfort wordt bepaald door de temperatuur en de luchtvochtigheid van een ruimte. Door grote verschillen in de ervaring en waardering van het thermisch binnenklimaat tussen mensen onderling is het moeilijk om dit voor iedereen optimaal te maken. In 1970 is daarom door de Deense onderzoeker P. Ole Fanger de basis gelegd voor het comfortdenken zoals dat vandaag de dag nog wordt gebruikt. Als richtlijn wordt hierbij aangehouden dat in de winter een temperatuur van 21-22 °C en in de zomer een temperatuur van 25-26 °C als comfortabel wordt ervaren. Tocht (luchtsnelheid hoger dan 0,15 m/s) moet worden voorkomen en de relatieve vochtigheid moet een waarde hebben tussen de 30% en 70%, liefst tussen 40% en 60%.

Een te lage luchtvochtigheid heeft als gevolg dat de statische elektriciteit toeneemt. Daarnaast voelt een bepaalde temperatuur in een droge omgeving kouder aan dan in een vochtige omgeving. Het op peil houden van de relatieve luchtvochtigheid is dus energiebesparend omdat de verwarming in de winter, wanneer veel gebouwen vaak een te droge lucht hebben, omlaag kan. Een te hoge luchtvochtigheid kan een benauwend gevoel geven.

De Britse onderzoeker Peter Costa (1995) van de South Bank University in Londen refereert aan een onderzoek dat door het Amerikaanse bedrijf Rentokil is uitgevoerd waaruit blijkt dat planten een positief effect hebben op de relatieve luchtvochtigheid van een ruimte. In een omgeving zonder luchtbehandeling kunnen planten de relatieve luchtvochtigheid verhogen met 5%. De beplantingsdichtheid moet dan wel hoger zijn dan gemiddeld in een kantoor. Er wordt

niet vermeld hoe hoog deze moet zijn. Onduidelijk is ook bij welk ventilatievoud deze waarde is bereikt<sup>1</sup>.

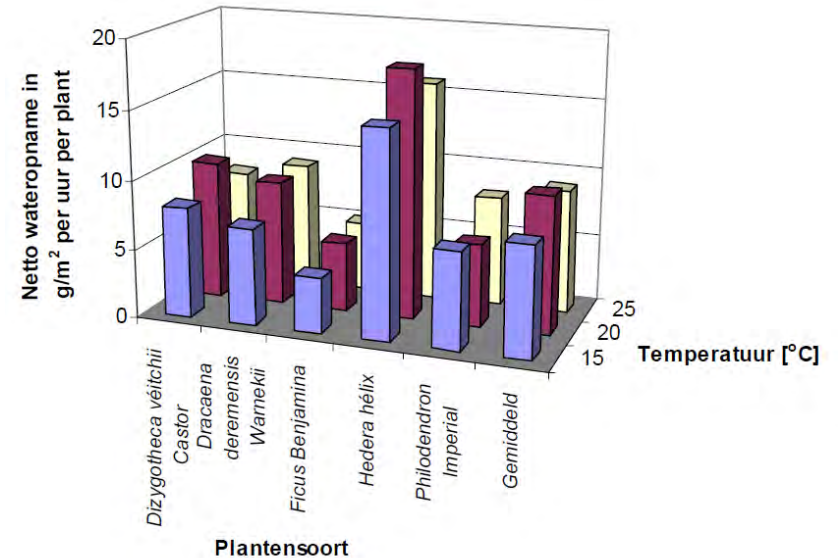
De Zwitserse onderzoeker Beat Strickler heeft in 1994 onderzoek gedaan naar de uitwasemingscapaciteit van vijf veel voorkomende kamerplanten:

1. *Dizygotheca veitchii* 'Castor':  
Bekend als 'false aralia'. Minimum temperatuur 18°C, minimale lichtintensiteit 1200 lux.
2. *Dracaena deremensis* 'Warneckii':  
Bekend als 'warneckii dracaena'. Minimum temperatuur 13°C, minimale lichtintensiteit 400 lux.
3. *Ficus benjamina*:  
Bekend als 'ficus'. Minimum temperatuur 12°C, minimale lichtintensiteit 1000 lux.
4. *Hedera helix*:  
Bekend als 'klimop'. Minimum temperatuur 18°C, minimale lichtintensiteit 1000 lux.
5. *Philodendron 'Imperial'*:  
Bekend als 'philodendron'. Minimum temperatuur 15°C, minimale lichtintensiteit 500 lux.

Als indicatie voor de uitwasemingscapaciteit gebruikte hij de hoeveelheid water die de planten opnamen. De grootte van de testruimte was 1,35 m x 3,94 m x 1,95 m en de planten namen ongeveer 1,5 % van het volume van deze ruimte in beslag. De verschillende condities waarop getest is:

- > Temperatuur: 15°C, 20°C en 25°C
- > Relatieve luchtvochtigheid: 40%, 60% en 80%
- > Lichtintensiteit op 50 cm hoogte: geen licht (0 lux), 1200 lux en 1800 lux

1 Ventilatievoud: het aantal keren per uur dat het volume van de ruimte wordt ververs met buitenlucht. Dimensie is m<sup>3</sup> lucht per uur per m<sup>3</sup> ruimte, dus m<sup>3</sup>/h\*m<sup>3</sup> = h<sup>-1</sup>.



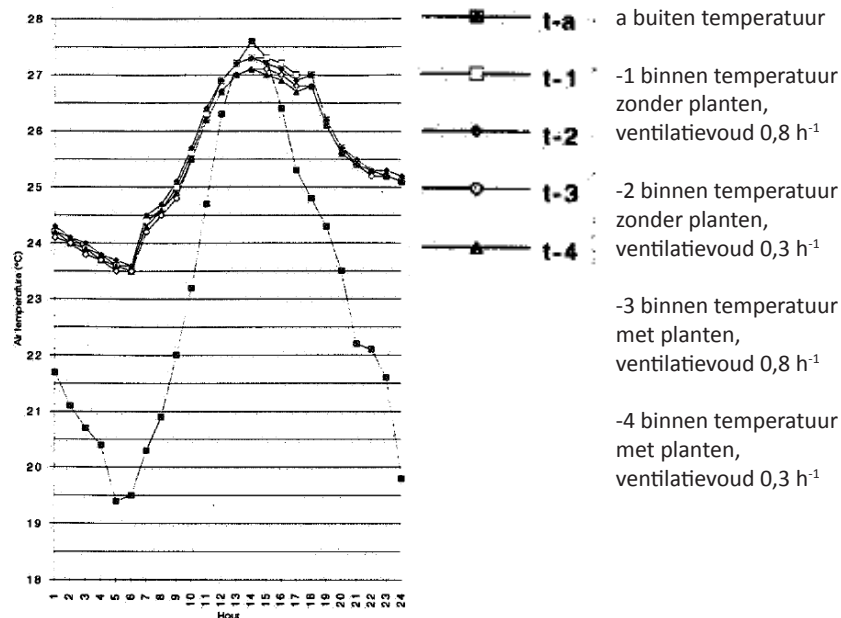
Figuur 4.1 Wateropname door verschillende planten bij een relatieve vochtigheid van 40% en een verlichtingssterkte van 1200 lux (Strickler, 1994)

In figuur 4.1 staan een aantal resultaten samengevat. Conclusies van dit onderzoek waren dat bij voldoende grote plantdichtheid (1,5% van de ruimte) en bij een laag ventilatievoud (0,5 h<sup>-1</sup>) planten een significante verhoging van de luchtvochtigheid kunnen opleveren. Hoe significant wordt niet vermeld.

Strickler heeft ook onderocht wat het effect is van planten op de kamertemperatuur, maar dit blijkt verwaarloosbaar te zijn, zie figuur 4.2.

Conclusies uit onderzoek naar het thermisch effect van planten:

- In een ongeventileerde ruimte, ventilatievoud 0 h<sup>-1</sup>, kan de relatieve luchtvochtigheid in een ruimte met planten 5% toenemen.



Figuur 4.2 Verandering in Luchttemperatuur (T) op 28 juli (Strickler, 1994)

- Van de onderzochte planten heeft de klimop per eenheid bladoppervlak de grootste wateropnamecapaciteit in vergelijking met de andere plantensoorten.
- Planten kunnen in de winter zorgen voor een comfortabel binnenklimaat met relatieve luchtvochtigheid tussen de 40% en 60%. Er moet dan sprake zijn van een hoge plantendichtheid (minimaal 1,5% van het totale volume). De ventilatievoud moet relatief laag zijn (ongeveer  $0,5 \text{ h}^{-1}$ )
- Planten kunnen in de zomer ervoor zorgen dat er extra geventileerd moet worden om de luchtvochtigheid af te voeren.
- Het effect van de waterverdamping van kamerplanten op de ruimtetemperatuur is minimaal en verwaarloosbaar.

Conclusies voor productontwerp:

Planten kunnen voor een hogere luchtvochtigheid zorgen. In de

winter is dit voordelig, in de zomer nadelig. Deze effecten gelden enkel voor een zeer lage ventilatievoud ( $0,5 \text{ h}^{-1}$ ). De ventilatievoud voor kantoren moet volgens het bouwbesluit tussen de  $3 \text{ h}^{-1}$  en  $6 \text{ h}^{-1}$  liggen. Hoe hoger de ventilatievoud, hoe meer het uitwasemingseffect van de planten teniet wordt gedaan. Daarentegen geldt ook dat hoe hoger het percentage planten in de ruimte, hoe beter het uitwasemingseffect werkt en dus de luchtvochtigheid omhoog gaat. Hoe deze relaties precies liggen is niet onderzocht en zal ook per plant verschillen. Voor een productontwerp moet de plantendichtheid dus flink hoger zijn dan 1,5% van het ruimtevolumen. De heder helix, de klimop, is een goede plant om voor luchtvochtigheid doeleinden te gebruiken. Er zijn echter nog maar weinig plantensoorten getest op hun vochtproducerende vermogen.

4.1.2 Luchtkwaliteit

De kwaliteit van de lucht in een gebouw wordt beïnvloedt door chemische stoffen die onder andere vrijkomen uit:

- Bouwmaterialen /verf /lakken /kleefstoffen
- Voerbedekking /plafondtegels /schoonmaakmiddelen
- Kleding /gordijnen /behang
- Papieren handdoeken /tissues /voorgedrukte formulieren
- Computerschermen /kopieerapparaten/printers

De uiteindelijke kwaliteit van de lucht wordt bepaald door de concentraties van deze (duizenden) chemische stoffen die in de lucht voorkomen. De grootte van deze concentraties is ook afhankelijk van het ventilatievoud van een ruimte.

Voor een groot aantal van deze stoffen zijn door het RIVM (2004) advieswaarden afgegeven. Hierbij wordt uitgegaan van een levenslange blootstelling. Sommige personen zijn echter gevoeliger voor bepaalde stoffen dan anderen. Daarnaast is er nog niet veel bekend over het effect van deze stoffen. Vooral over mengsels van

bepaalde stoffen is nog erg weinig bekend. Mogelijke gevolgen van een slechte luchtkwaliteit kunnen zijn: geïrriteerde keel, neus en/of ogen, hoofdpijn, huidklachten, uitgedroogd slijmvlies van mond en neus, vermoeidheid, duizeligheid, suf/slaperig gevoel en concentratieproblemen. Veel voorkomende schadelijke, chemische stoffen in de kantooromgeving:

- Benzeen: Komt o.a. voor in schoonmaakmiddelen en tabaksrook. Kankerverwekkend en daarom kan er eigenlijk geen maximaal concentratieniveau worden gedefinieerd. Officiële Nederlandse grenswaarde is  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Formaldehyde: Komt o.a. voor in isolatiemateriaal, spaanplaat,

vloerbedekkinglijm en tabaksrook. Maximale waarde gemiddeld over 30 minuten is  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Voor levenslange blootstelling geldt  $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

- Vluchtige organische stoffen (VOS) omvat een groot aantal stoffen met verschillende chemische structuur en toxiciteit (RIVM, 2004). Maximale waarde is  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vooral omdat hoge concentraties ruikbaar zijn.

Naast schadelijke, chemische stoffen die in de lucht voorkomen hebben kleine stofdeeltjes (fijnstof) en biologische agentia (schimmels, bacteriën, parasieten en virussen) ook een negatief effect op de luchtkwaliteit.



Figuur 4.3 'Gefahrstoffwand' Dasa Dortmund Wand met duizenden namen van schadelijke chemische stoffen die in de lucht voorkomen. Dasa is een museum over de arbeidsomstandigheden van de mens vroeger, nu en in de toekomst. <http://www.dasa-dortmund.de>

Het eerste onderzoek wat naar planten en chemische stoffen is gedaan is door Bill Wolverton voor de NASA gedaan (van 1974 tot 1989). De NASA is hierin geïnteresseerd omdat het in hun situatie zeer nuttig is om meer te weten over manieren om binnenvervuiling in een afgesloten ruimte, zoals ruimtecapsules, te lijf te gaan. Wolverton vond dat in planten een complex ecosysteem plaatsvindt waarin de bladeren, wortels, potaarde en micro-organismen symbiotisch samen werken. De chemische stoffen worden opgenomen door de poriën aan de onderkant van de bladeren. De micro-organismen die zich rond de wortels bevinden zetten de chemische stoffen om in voedingsstoffen voor zichzelf en voor de plant, zie afbeelding 4.4.

Uit het onderzoek van Wolverton uit 1989 blijkt dat in een luchtdicht afgesloten ruimte het ecosysteem van planten in staat is om vluchtige organische stoffen (VOS) en ziekmakende micro-organismen uit de lucht te verwijderen. De concentraties chemische stoffen en de beplantingsdichtheid die bij dit onderzoek waren toegepast waren beide hoger dan dat men normaal in een kantooromgeving aantreft. Het belangrijkste verschil met de praktijk is echter dat er bij de metingen geen ventilatie plaats vond, ventilatievoud was  $0 \text{ h}^{-1}$ .



Figuur 4.4 Schematische weergave van de chemische stofopname in een plant (Wolverton, 1989)

Naar aanleiding van Wolvertons onderzoek heeft TNO in 1991 een oriënterend onderzoek gedaan naar de luchtzuiverende werking van planten<sup>2</sup>. Oriënterend, omdat de duur van dit experiment kort was (5 dagen) en de planten wellicht niet goed hebben kunnen acclimatiseren. In dit onderzoek was het ventilatievoud wel bekend, namelijk 3x per uur. Het volume van de ruimte was 15 m<sup>3</sup>, en hiervan was 2% gevuld met planten. De werking van de planten werd getest voor toluen, formaldehyde en tabaksrook (nicotine en rookdeeltjes). Alleen bij nicotine werd een aantoonbaar positief effect waargenomen.

Margaret Burchett heeft in 2000 bovenstaande onderzoeken aan de

2 De Ficus benjamina en de Spathiphyllum

Universiteit van Sydney herhaald en dit is in 2002 uitgebreid door Jane Tarran. Deze planten stonden in gesloten perspex kubussen. Ze hebben 3 plantensoorten<sup>3</sup> getest op hun opnamecapaciteit van benzeen en n-hexaan. Tarran heeft nog 4 plantensoorten<sup>4</sup> extra getest. De resultaten maken duidelijk dat het mogelijk is voor planten om benzeen te verwerken. Maar bij deze metingen was de ventilatievoud wederom 0 h<sup>-1</sup>.

Tarran heeft echter daarnaast ook bewezen dat voor de plant Spathiphyllum 'Petite' geldt dat bij een laag ventilatievoud van 0,34 h<sup>-1</sup> met deze plant meer benzeen verwijderd wordt dan met enkel ventileren verwijderd zou worden. 5% van het ruimtevolumen was bij deze meting gevuld met de plant. Het 'fictieve' ventilatievoud komt dan op 0,38 h<sup>-1</sup>.

De onderzoeker Ronald Wood, ook van de Universiteit van Sydney, heeft vervolgens in 2004 onderzocht of in kantoorruimten die daadwerkelijk in gebruik waren met een realistische hoeveelheid planten een meetbaar effect kon worden bereikt bij het terugdringen van VOS. Hierbij is gekeken naar een kantoorruimte met luchtbehandelingsysteem en ventilatievoud 2 h<sup>-1</sup> en een kantoorruimte met natuurlijke ventilatie waarbij de ventilatievoud niet bekend is. Uiteindelijk bleek dat een planten pas een effectieve bijdrage aan de luchtkwaliteit hebben als de VOS concentratie hoger is dan 250 µg/m<sup>3</sup>. (De maximale toelaatbare waarde van VOS is 200 µg/m<sup>3</sup>). De effectiviteit in de ruimte met ventilatievoud 2 h<sup>-1</sup> was lager (11% met 3 planten, 19% met 6 planten) dan in de ruimte met natuurlijke ventilatie (78% met 3 of 6 planten). Het blijkt ook dat als planten langer aan benzeen blootgesteld zijn ze beter in staat zijn benzeen uit de lucht te halen. Dit verklaard mogelijk de resultaten van het oriënterend onderzoek van TNO.

Een ander facet wat belangrijk is bij de bepaling van de luchtkwaliteit

3 De Howea forsteriana (Kentia Palm), de Spathiphyllum 'Petite' en de Dracaena deremensis

4 De Epipremnum aureum, de Schefflera actinophylla, de Spathiphyllum 'Sensation' en de Dracaena marginata.

is de concentratie kleine stofdeeltjes (corpusculaire materie). Stof in binnenruimten kan microben, allergenen en talrijke andere substanties bevatten die problemen kunnen veroorzaken voor de menselijke gezondheid en het comfort. Lohr van de Washington State University heeft in 1996 onderzoek gedaan naar de hoeveelheid stofafzetting met en zonder kamerplanten in twee verschillende ruimten. Hierbij is 2% vs. 5% van het volume van de ruimtes beplant met verschillende soorten planten. De resultaten staan in tabel 4.1.

Het blijkt dat in de ruimtes wanneer er planten aanwezig waren er 15% vs. 20% minder stofafzetting plaatsvond. Zoals te verwachten zijn planten met ruwe oppervlakken, fijne haartjes of verhoogde nerven efficiënter bij het onderscheppen van stof, dan gladde bladeren.

De ruimtes werden tijdens dit onderzoek mechanisch geventileerd, de ventilatievoud is echter niet bekend. Verwacht wordt echter dat de grootte van de ventilatievoud hier geen grote invloed op de resultaten heeft.

Dit onderzoek was er niet op gericht vast te stellen wat het mechanisme is dat ervoor zorgt dat kamerplanten bijdragen aan een afname in stofafzetting. De resultaten van dit onderzoek suggereren wel dat kamerplanten waarschijnlijk niet slechts de val braken van het stof. Als dat het geval geweest was, zouden de metingen proportioneel lager zijn geweest. Zelfs de schaaltes die het verste weg stonden van de planten hadden een verminderde stofophoping.

	Ruimte 1		Ruimte 2	
	zonder planten	met planten (2% van volume)	zonder planten	met planten (5% van volume)
Stofafzetting [mg/m <sup>2</sup> dag]	8,7 ± 0,4	7,4 ± 0,6	5,7 ± 0,5	4,5 ± 0,4
Temperatuur [°C]	-	-	27,5 ± 0,1	27,4 ± 0,1
Relatieve Vochtigheid [%]	-	-	41,2 ± 0,1	42,0 ± 0,1

Tabel 4.1 Stofafzetting met en zonder planten in twee ruimtes (Lohr, 1996)

De planten trekken het stof dus op een bepaalde manier aan.

Naast de positieve invloed van planten op de luchtkwaliteit bestond er ook twijfel over negatieve invloed. Rautiala van het Kuopio Regional Institute of Occupational Health in Finland heeft hier in 1999 onderzoek naar gedaan. In zes verschillende kantoorruimten werd voor en na de plaatsing van kamerplanten de concentraties gemeten van schimmels en ééncelligen in de lucht, potgrond en stofafzetting. Het resultaat was dat het aantal micro-organismen niet was toegenomen en dus was de conclusie dat kamerplanten geen significante bron van micro-organismen zijn.

Conclusies uit onderzoek naar effect van planten op luchtkwaliteit:

- In een luchtdichte ruimte, ventilatievoud 0 h<sup>-1</sup>, zijn planten in staat om tabaksrook, VOS en micro-organismen uit het milieu te verwijderen.
- Bij een lage ventilatievoud van 0,34 h<sup>-1</sup> wordt er met 5% ruimtevolumen gevuld met planten, 11,3% meer benzeen uit de lucht gehaald dan bij enkel ventilatie zonder planten. Als de ventilatievoud hoger wordt (0,5 h<sup>-1</sup>) of de plantenconcentratie lager (0,9%) wordt er geen benzeen meer uit de lucht gehaald. Dit verband is echter niet precies onderzocht.
- In een ruimte waarin een realistische ventilatievoud plaatsvindt van 3 h<sup>-1</sup> en een plantendichtheid van 2% plaatsvindt, is van het reinigend effect van planten niks waar te nemen. Enkel de concentratie van nicotine neemt dan af.
- Naarmate planten langer aan benzeen zijn blootgesteld, wordt het reinigend vermogen groter.
- VOS concentraties worden in een ongeventileerde ruimte pas verlaagd als de concentratie hoger is dan 250 µg/m<sup>3</sup>. De maximale toelaatbare waarde van VOS is 200 µg/m<sup>3</sup>, maar hogere concentraties komen in de praktijk wel voor.
- In een ongeventileerde ruimte hebben 3 planten hetzelfde effect als 6 planten. In een geventileerde ruimte (2 h<sup>-1</sup>) hebben 6

- planten duidelijk een beter effect (11% verlaging vs. 19%).
- Planten zijn in staat de stofafzetting in een ruimte te verminderen. Bij een plantendichtheid van 2% vermindert de stofafzetting met 15%, bij 5% is dit 20%

#### Conclusies voor productontwerp

Duidelijk is dat in een ruimte zonder ventilatie planten een effectieve bijdrage kunnen hebben aan de luchtkwaliteit. Als een ruimte mechanisch geventileerd wordt, al vanaf een ventilatievoud van  $2 \text{ h}^{-1}$ , gaat deze reinigende werking hard achteruit. Bij natuurlijke ventilatie zijn planten nog wel effectief, echter enkel bij concentraties die hoger zijn dan het Bouwbesluit toestaat. Helaas komen deze concentraties in de praktijk nog wel vaak voor.

Het is sterk aannemelijk dat als de plantenconcentratie hoger wordt, de reinigende werking ook stijgt en zelfs in geventileerde ruimtes nog nut kan hebben. De beplantingsdichtheid moet dan zeker hoger zijn dan 5%. Hier is nog geen gedegen onderzoek naar gedaan. Daarnaast verschilt de reinigende werking per plantensoort en ook het soort chemische stof dat wordt afgebroken verschilt. In het boek 'How to Grow Fresh Air' van Wolverton wordt dit voor 50 planten weergegeven. Deze metingen vonden echter wel plaats bij ventilatievoud  $0 \text{ h}^{-1}$ .

Minder afhankelijk van de ventilatievoud is het effect van planten op de stofafzetting in een ruimte. Bij een beplantingsdichtheid van 5% neemt stofafzetting met 20% af. Dit percentage kan verhoogd worden als met de plantenkeus rekening wordt gehouden; dus planten met ruwe oppervlakken, fijne haartjes of verhoogde nerven toepassen.

#### 4.1.3 Akoestiek

Ruimte akoestiek valt grofweg onder te verdelen in geluidsisolatie en geluidsabsorptie. Het eerste heeft vooral te maken met geluid

tussen ruimte en het tweede met geluid binnen een ruimte. Door het aanbrengen van geluidsisolatie (geluidsisolerende materialen) tussen ruimtes wordt voorkomen dat geluid een bepaalde ruimte binnendringt of juist naar buiten kan afstralen. Het blijkt dat materialen met een grote massa een hogere geluidsisolatie kunnen leveren. De lage massa per vierkante meter van planten is te laag om nuttige geluidsisolatie te bieden. Daarnaast is de structuur van een 'muur' van planten (potplanten die voor en naast elkaar gezet worden) erg open. Gevolg hiervan zijn grote geluidsslekken. Ook dit komt de geluidsisolerende waarde van groen niet ten goede.

Geluidabsorptie van planten is daarentegen wel interessant. De geluidabsorptie van de materialen in een ruimte bepalen de nagalmtijd van die ruimte. De nagalmtijd is een van de belangrijkste akoestische eigenschappen van een ruimte en is gedefinieerd als de tijd die verloopt voordat, als een geluidsbron wordt uitgeschakeld, het geluidniveau  $60 \text{ dB}$  is gedaald. Hoe meer geluidsabsorptie aanwezig is, des te korter is de nagalmtijd.

Peter Costa van de South Bank University in Londen heeft metingen gedaan naar het effect van planten op ruimteakoestiek. Resultaat is dat planten kunnen worden ingezet voor het elimineren van meervoudige echo's vooral in kleine ruimtes met parallelle muren, plafonds en vloeren, ook wel flutter echo's genoemd. Ook hebben ze een diffuserend effect op het geluid waardoor er een gelijkmatige spreiding van het geluid over de ruimte plaatsvindt.

In Costa's resultaten komt naar voren dat grote, deels onverklaarbare, verschillen tussen verschillende plantensoorten zijn gemeten, maar ook tussen verschillende planten van een soort. Aangegeven wordt dan ook dat om tot definitieve bruikbare waarden te komen, meer metingen verricht zouden moeten worden. Daarnaast heeft Costa enkel onderzoek gedaan naar de losse planten, nog niet naar verschillende substraten, die akoestisch interessant

kunnen zijn, of naar groenwand systemen die tegenwoordig op de markt zijn.

Omdat geluidabsorptie van planten een interessant gegeven is voor een eventueel innovatief groenproduct en omdat er dus nog een aantal facetten zijn waar nog geen onderzoek naar gedaan is, is er besloten om zelf onderzoek te doen naar ruimteakoestiek van planten. Zie hiervoor het hoofdstuk 'De invloed van groen op de nagalmtijd'.

#### Conclusies voor productontwerp

Planten met grote bladeren hebben de beste akoestische kwaliteiten. De planten kunnen het best in groepjes bij elkaar worden geplaatst langs de wanden en in hoeken van de ruimte.

Substraat is een hele goede geluidsabsorber en heeft in combinatie met planten een minstens even goede absorptiecoëfficiënt als producten die enkel voor dit doel op de markt zijn gebracht. Het is niet te zeggen welke van de substraten (potgrond, hydrocultuur en seramis) de beste akoestische kwaliteiten hebben, aangezien de resultaten hiervan fluctueren. Het is zeer nuttig om het substraat bloot te stellen, zodat de geluidenergie erbij kan en geabsorbeerd kan worden.

#### **4.2 Korte geschiedenis van mens & plant**

In het vorige hoofdstuk is beschreven wat de fysiologische effecten van groen zijn. Deze kunnen wanneer optimaal toegepast een positieve invloed hebben op de gezondheid en productiviteit van de gebruikers van de ruimte. Maar uit onderzoek blijkt dat niet alleen de fysische aspecten een rol spelen. Blijkbaar vormt de psychologie ook een belangrijk onderdeel. Het onderzoek hiernaar is pas eind jaren '90 op gang gekomen, vooral de onderzoeken van de Noorse onderzoekster Tove Fjeld en haar collega's vormt hiervoor een

onderbouwing.

De positieve psychische en gezondheidseffecten van groen worden verklaard door middel van een theorie. Een theorie is echter slechts een hulpmiddel dat regelmatig bijgesteld moet worden. Op dit moment is het onderzoek nog niet zover dat de effecten van planten helemaal begrepen worden. Maar er kan wel aangesloten worden bij bestaande theorieën over stress en vermoeidheid door overstimulering.

Het positieve psychische en gezondheidseffect van planten wordt verklaard vanuit het feit dat de mens is ontstaan in een natuurlijke omgeving, een proces van miljoenen jaren. De gebouwen en steden waar de mens pas (relatief) zeer kort op grote schaal in verblijft is eigenlijk natuurvreemd. Planten in de omgeving van de mens, binnen en buiten, brengen het natuurlijke milieu waar de mens zich goed en vertrouwt in voelt weer enigszins terug. De herstellende invloed van planten op de mens heeft dus een evolutionaire verklaring. Hoe dat precies werkt is nog onduidelijk maar men heeft wel een vermoede naar een aantal mechanismen. Voordat er dieper wordt ingegaan op de psychologische effecten van planten wordt in dit hoofdstuk voor de volledigheid eerste een beknopte geschiedenis van mens en plant besproken.

De evolutie van de mens heeft zich 2 miljoen jaar lang afgespeeld tussen de planten, 'in het groen'. De aanwezigheid van planten was van groot belang voor de toen levende mens; het was een verhoogde kans op overleving. Begroeiing bood beschutting tegen het klimaat (zon/regen) en tegen roofdieren. Daardoor was ook de kans groot daar soortgenoten aan te treffen; planten kregen daarmee een sociale betekenis.

Planten betekende vaak ook dat er voedsel aanwezig was; vruchten en noten, maar ook dieren waarop gejaagd kon worden.

Waarschijnlijk was er ook water in de buurt te vinden. De verbondenheid van mens en plant zit dus in onze genen, de moderne mens ziet groen nog steeds als iets positiefs.

Door de eeuwen heen zien we dan ook dat mensen planten toepassen, op een gecultiveerde manier. Hoofdzakelijk om het eigen welbevinden, het comfort, te verhogen. Het oudste voorbeeld hiervan is te vinden in China waar zo'n 3000 jaar geleden de terrassen werden opgefleurd door het plaatsen van planten in potten. Ook de Hangende Tuinen van Babylon, die in de 8e eeuw voor Christus werden aangelegd zijn bekend. Deze tuinen werden volgens de beschrijvingen in opdracht van de Babylonische koning Nebukadnezar gebouwd. Naar verluidt liet Nebukadnezar de tuinen aanleggen om zijn verdrietige echtgenote, Amytes, op te vrolijken. Amytes was afkomstig uit bergachtige streken en was gewend veel groen om zich heen te hebben. De tuinen moesten haar helpen wennen aan het leven in het grote Babylon. Later werden deze tuinen



Figuur 4.5 De Hangende Tuinen van Babylon  
[http://nl.wikipedia.org/wiki/Bestand:Hanging\\_Gardens\\_of\\_Babylon.jpg](http://nl.wikipedia.org/wiki/Bestand:Hanging_Gardens_of_Babylon.jpg)

opgenomen als een van de zeven klassieke wereldwonderen.

Verder zijn er opgravingen gevonden die erop wijzen dat gecultiveerde planten werden toegepast op de binnenplaatsen van de Egyptenaren, rond 300 voor Christus en in Pompeii zo'n 2000 jaar geleden.

De ontdekkingsreizen in de 17e en 18e eeuw brachten veel exotische planten en zaden naar Europa. Dit was in eerste instantie vooral voor hun voedingswaarde en medicinale werking. Vaak was er dan ook een botanicus aanwezig op zo'n schip die de planten probeerde te identificeren als eetbaar of geneeskrachtig. Om de exotische planten in een ander klimaat te laten groeien en te vermenigvuldigen werden de eerste glazen kasconstructies gebouwd, zoals Crystal Palace of Kew Gardens in Londen (zie fig. 4.6).



Figuur 4.6 Kew Gardens, Londen  
<http://www.squidoo.com/kew-gardens-uk-world-heritage-site>

Aan het begin van de 19e eeuw werd het bij de welgestelden mode om exotische planten in huis te hebben. Buitenplanten werden dus naar binnen gehaald wanneer ze bloeiden. Dat leverden veel aanzien op en rivaliteit tussen de plantenliefhebbers. In deze kringen werd het normaal om een kas of serre aan het huis te hebben. Dankzij de entree van de centrale verwarming halverwege de 20e eeuw, verscheen de kamerplant in de meeste woningen. Na de 2e wereldoorlog veranderde de arbeidssituatie in de Westerse landen. Agrarisch werk en industrie werd steeds meer vervangen door kantoorbanen. Het in 1960 opkomende 'landschapskantoor' werd in eerste instantie toegepast om ruimte te besparen en daarmee de huisvestingskosten van het bedrijf terug te dringen. Planten konden binnen dit concept zorgen voor enige visuele privacy met behoud van de gewenste openheid. Daarnaast had het ook een decoratieve functie.



Figuur 4.7 Kantoorlandschap uit de jaren '60  
<http://www.payer.de/arbeitskapital/arbeit10264.gif>

Er werd in de jaren '60 nog niet onderzocht of planten naast hun esthetische en ruimtelijke waarde ook een effect had op de prestaties en daarmee de kostprijs van de werknemers. Het concept 'landschapskantoor' had al een kostenbesparend effect op zich. Dat ook het welbevinden en daardoor de productiviteit van het personeel door planten kon worden beïnvloedt, was nog niet aan de orde. Vanaf de jaren '70 is het onderzoek naar de effecten van planten op gang gekomen.

#### 4.3 Psychische & gezondheidseffecten van groen in gebouwen

De Amerikaanse onderzoekers Kaplan & Kaplan (1989, 1990) stellen dat de natuur invloed heeft op een specifieke vorm van vermoeidheid. Deze vorm van vermoeidheid ontstaat wanneer onze aandacht teveel wordt opgeslokt door ons werk en onze leefomgeving. De natuur gaat deze overstimulering tegen door aan de ene kant de aandachttopslukkende omgeving te vervangen, maar aan de andere kant ook onze aandacht te trekken zonder dat het moeite kost.

Een andere Amerikaanse onderzoeker, Ulrich (1984) beweert dat de natuur gevoelens van overleven en veiligheid bij ons oproept en daardoor positieve emotionele reacties en gevoelens bij ons opwekt. Het gevolg hiervan is dat men lichamelijk tot rust komt op een dusdanige manier die tegengesteld is aan de sterke overstimulering die plaatsvindt als men te maken krijgt met stress.

Omdat de positieve psychische en gezondheidseffect van planten op een theorie gebaseerd zijn en de resultaten nog redelijk 'dun' zijn is het nog niet goed mogelijk om conclusies voor een eventueel productontwerp te trekken. Bij een productontwerp is bewustzijn van deze effecten wel van belang maar er is simpelweg op dit moment te weinig informatie/onderzoek om deze effecten te kunnen optimaliseren in een product.

Er wordt bijvoorbeeld in geen enkel onderzoek rekening gehouden met het soort plant. Vaak wordt het aantal planten of de positie ook niet beschreven. De effecten zijn dus van zeer algemene aard en zullen daarom kort en bondig worden samengevat.

#### 4.3.1 Gezondheid

De volgende conclusies komen allen uit onderzoek van Fjeld (1998, 1999, 2002) naar de verbetering van de gezondheidstoestand van werknemers in ruimtes met planten. In de onderzoeken van Fjeld werd voor hedendaagse begrippen een 'ruime' hoeveelheid planten in de ruimte geplaatst. In kantoorruimtes van 10 m<sup>2</sup> wordt bijvoorbeeld op de vensterbank drie bakken geplaatst met in totaal 13 kleine bladplanten plus één bak met planten in de hoek van de kamer. Welke soorten planten zijn gebruikt wordt niet vermeld.

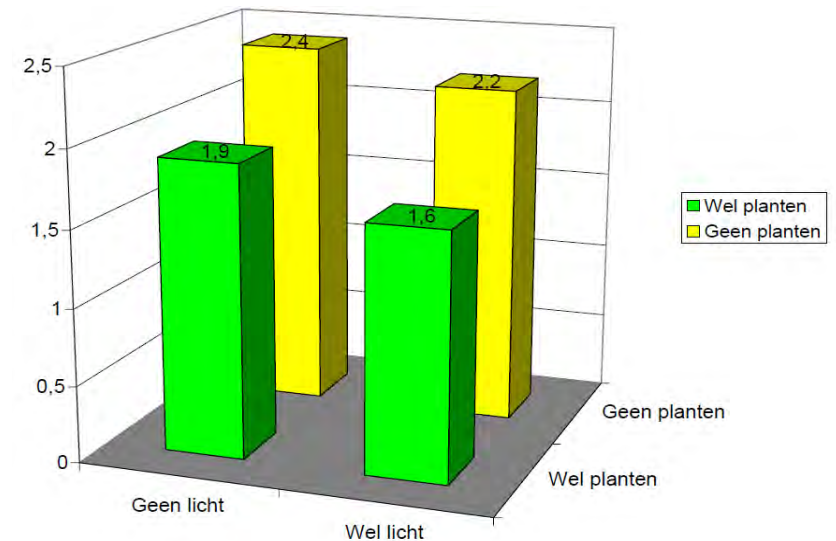
- Van 12 veel voorkomende gezondheidsklachten is gemeten in hoeverre deze klachten afnemen in een ruimte met vs. zonder planten. Het blijkt dat in de ruimtes met planten gemiddeld 23% minder klachten bij de gebruikers voorkomen. Hoesten, vermoeidheid, neusklachten (irritatie, neusloop) en droge, jeukende huid scoren hierbij hoog.
- Bij toepassing van planten met kunstmatig daglicht dalen de gezondheidsklachten met 25% (zie figuur 4.8). Hierbij scoorden klachten als vermoeidheid, slaperigheid, droge mond en schorre keel hoog. Hoe langer men zich in deze ruimte met planten en kunstmatig daglicht bevond, hoe meer de gezondheidsklachten daalden.
- In een ruimte zonder natuurlijk daglicht blijkt het effect van planten groter te zijn dan dat van daglichtlampen.

#### 4.3.2 Welbevinden

In deze paragraaf staan conclusies uit onderzoek dat is gedaan naar

het toepassen van planten ter verbetering van het welbevinden van de werknemers. Bij deze onderzoeken wordt niet verteld welke soorten en hoeveel planten er zijn toegepast.

- De conclusie uit het gezondheidsonderzoek van Fjeld (2002) blijkt ook voor welbevinden te gelden: In een ruimte zonder natuurlijk daglicht blijkt het effect van planten groter te zijn dan dat van daglichtlampen.
- Shoemaker (1992) concludeert dat meeste werknemers positief zijn ten aanzien van planten en zich bewust zijn van de positieve effecten ervan, zoals bijvoorbeeld de verbetering van de luchtkwaliteit.
- Resultaat uit het onderzoek van Van Dortmont (2001) is dat werknemers die per dag meer dan 4 uur beeldschermwerk verrichten zich beter voelen met planten op de kamer, en minder



Figuur 4.8 De gemiddelde somscore van de ervaren ernst van gezondheidsklachten en gevoelens van onbehagen voor en na plaatsing van planten en licht op de werkplek (geen klachten = 0, ernstige klachten = 3) (Fjeld, 2002)

vaak last hadden van statische electriciteit.

#### 4.3.3 Productiviteit

In deze paragraaf staan conclusies uit onderzoek dat is gedaan naar het toepassen van planten ter verbetering van de productiviteit van de werknemers. Bij deze onderzoeken wordt niet vermeld welke soorten er zijn toegepast.

- In onderzoek van Lohr (1996) is gebruik gemaakt van een een ruimte van 99 m<sup>2</sup>, zonder ramen en met 27 werkplekken die 'prettig, maar niet bijzonder opvallend gedecoreerd is, met planten op de tafels en de vloer en met hangplanten'. Studenten die in deze ruimte een simpele computertaak moesten doen hadden een 12% snellere reactietijd als er planten in de buurt stonden. Ook hadden ze minder stress (1 tot 4 eenheden lagere systolische bloeddruk). Ook gaven deze studenten een half punt meer oplettenheid aan (bij een schaal van 1 tot 5) ten opzichte van hun collega's die geen planten hadden op hun werkplek.
- In het onderzoek van Klein Hesselink e.a. vanuit TNO (2008) is onderscheidt gemaakt tussen (1) een lege kamer met meubilair, (2) een kamer met één bladplant in het directe zicht van de proefpersonen en (3) een kamer met meerdere grote bladplanten en bloeiende planten in het zicht van de proefpersonen. De proefpersonen moesten een simpele productietaak verrichten en een simpele creatieve taak verrichten. Gebleken is dat planten een positief effect hebben op de productiviteit bij creatieve taken, bij productietaken is er geen effect. Het maakt bij beide taken niet uit of één of meerdere planten in de ruimte staan.
- De effecten zijn groter wanneer de proefpersonen vermoeid of gestrest zijn en dus baat hebben bij het herstellende effect van planten.
- De aanbeveling van dit onderzoek is één plant per 2 medewerkers of één plant per 12 m<sup>2</sup> kantoorruimte.

#### 4.4 Groeifactoren en planttechnische aspecten

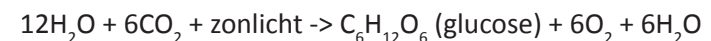
De bewezen positieve eigenschappen van planten gelden alleen voor planten in een gezonde en vitale, goed onderhouden conditie. Daarom wordt in dit hoofdstuk de aspecten beschreven waarmee rekening moet worden gehouden om een plant in een binnenmilieu goed te laten groeien zodat de plant vitaal is en lang leeft.

In de natuur groeit een plant het best op de plek die door natuurlijke selectie is ontstaan. Op deze plek is lichtsterkte, temperatuur, luchtvochtigheid, grondsoort, watertoevoer en omringende plantsoorten optimaal. Deze 'groeifactoren' moeten in een gebouw dus zo goed mogelijk worden benaderd.

De mate waarin aan de groeifactoren moet worden voldaan verschilt sterk per plant. Dit hangt af van de omstandigheden waarin de plant zich, in evolutionair opzicht, heeft ontwikkeld. Een plant uit het tropisch regenwoud heeft bijvoorbeeld veel minder licht nodig dan een plant uit mediterraan gebied. Een plant uit een van deze gebieden floreert alleen onder vergelijkbare omstandigheden.

##### 4.4.1 Daglicht

Daglicht is één van de belangrijkste factoren die de groei en de vitaliteit van de plant bepalen. Onder invloed van daglicht vindt er fotosynthese plaats. Fotosynthese is een proces waarbij de groene delen van planten (dus vooral in de bladeren) zonlicht gebruiken om voedingsstoffen (glucose) uit kooldioxide en water te produceren. Hierbij komt zuurstof en water vrij:



De glucose wordt door de plant gebruikt als bouwsteen van cellulose, om de sapstroom op gang te houden etc. 's Nachts worden de suikers

verbrand en weer omgezet in glucose en water. Een deel van de overdag opgenomen kooldioxide komt dus 's nachts weer terug in de ruimte.

Bij onvoldoende licht zal de plant groeistoornissen vertonen.

Symptomen hiervan zijn dat de plant langer en slapper wordt, de bladkleur wordt lichter, de bladeren kleiner en er vindt meer bladverlies plaats. Resultaat hiervan is dat de plant een kortere levensduur zal hebben.

Bij een teveel aan licht kan de plant verdrogen en/of verbranden.

Niet enkel het al dan niet aanwezig zijn van daglicht is van belang, ook de intensiteit hiervan. De lichtintensiteit (luminantie) is de opgevangen lichtstroom per eenheid oppervlakte, uitgedrukt in lux. Er zijn enkele plantensoorten bekend die overleven bij 500 lux maar deze planten vertonen wel bovenstaande groeistoornissen. 700 lux is de minimale lichtintensiteit waarbij een aantal schaduwminnende planten op een gezonde manier kunnen groeien. Maar de meeste gangbare kamerplanten hebben een lichtbehoefte tussen de 1000 en 2500 lux.

Het licht dat via glas gebouwen in valt neemt met sterke mate af als de afstand tot de glasopening groter wordt. Een afstand van 2 à 3 meter is vaak maximaal voor de meeste planten. De afstand tot een glazen overkapping kan groter zijn, maar hierbij neemt de lichtintensiteit ook sterk af met de afstand tot het glas.

Daarnaast laat veel glas niet het volle lichtspectrum door, terwijl planten voor een goede groei wel het hele spectrum nodig hebben (rood voor lengtegroei en fotosynthese, blauw voor gedrongen groei en celdeling, etc.). Als er tijdens het ontwerp al bekend is waar in het gebouw planten komen is het dus verstandig om bij de glaskeuze niet alleen te letten op de lichttoetredingsfactor (LTA) en de zontoetredingsfactor (ZTA), maar ook op welk deel van het volle spectrum wordt doorgelaten.

#### 4.4.2 Temperatuur

De temperatuur is een andere belangrijke factor voor de vitaliteit van de plant. Voor tropische planten geldt een minimale temperatuur van 16-20 °C en een optimale temperatuur van 35-45°C. Voor subtropische planten is dit 10-16 °C vs. 15-35 °C. De marge is dus groot en deze planten kunnen zich dan ook goed aanpassen aan de stabiele temperatuur zoals die vaak in gebouwen heerst.

Wel moet erop gelet worden dat het 's nachts niet te koud wordt in een gebouw. Als de temperatuur onder een bepaalde minimum waarde van de plant komt kunnen de wortels op de lange termijn inactief worden en de plant zal dan afsterven. Aan de andere kant is het wel nuttig om 's nachts de temperatuur op de grenswaarde te krijgen. 's Nachts vindt er, zoals eerder beschreven, verbranding van glucose plaats waarbij zuurstof uit de lucht wordt gehaald en CO<sub>2</sub> weer in de ruimte terecht komt. Hoe lager de temperatuur is hoe trager dit proces verloopt en des te minder CO<sub>2</sub> er in de lucht terecht komt.

Daarentegen kan achter een pui op de zuidgevel van een gebouw de temperatuur hoog oplopen. Hier moet met de plantenkeus rekening mee gehouden worden; schaduwminnende planten kunnen uitdrogen of verbranden.

#### 4.4.3 Water, voeding, luchtvochtigheid & tocht

Water is een onmisbaar onderdeel van de fotosynthese. Via wortels, stengels en bladeren wordt het water, waarin de voedingsstoffen zijn opgelost, van de grond naar de lucht verplaatst. Een klein deel van het water wordt chemisch omgezet, maar het grootste deel wordt uitgewasemd. Uitwaseming kan plaatsvinden via de huidmondjes en via de opperhuid. Op uitwaseming via de opperhuid heeft de plant weinig invloed, dit hangt af de dikte van de buitenste laag van het blad. Hoe dikker, hoe beter beschermd tegen sterke zoninstraling en hoe minder uitwaseming plaatsvindt.

Op uitwaseming via de huidmondjes hebben planten vaak wel invloed. Ze openen deze afhankelijk van de lichtintensiteit, omgevingstemperatuur, relatieve luchtvochtigheid en kooldioxide concentratie. Ze sluiten deze wanneer er onvoldoende licht is of wanneer de sluitcellen water verliezen. Licht is dus essentieel om de fotosynthese op gang te houden. De snelheid van het verdampingsproces is afhankelijk van de relatieve luchtvochtigheid, in een droge ruimte gaat de verdamping relatief sneller. Daarom zijn er ook weinig planten bestand tegen tochtige plaatsen. De waterverdamping via de opperhuid is dan te hoog.

#### Conclusies voor productontwerp

- Maximale afstand plant – glasopening gevel is 2 à 3 meter (tenzij andere ingrepen worden gedaan om de plant voldoende licht te geven)
- Glas toepassen dat een zo groot mogelijk deel van het volle spectrum doorlaat.
- Installaties die zorgen dat de temperatuur 's nachts voldoende daalt, maar dat het niet onder een minimumwaarde komt. (10°C is voor de meeste gangbare planten het absolute minimum) Bij deze temperatuur blijft de plant vitaal en is de 'terugloop' van CO<sub>2</sub> geminimaliseerd.
- Gevel georiënteerde plantenkeus: sommige planten kunnen achter een hete zuidgevel verbranden, sommige planten krijgen op een noord-oostgevel te weinig licht.

#### **4.5 Groen aan gebouwen**

Naar de effecten van groen buiten is al langer en meer onderzoek gedaan, dan naar de effecten van groen binnen. Deze onderzoeken zijn van een meer algemenere aard; de effecten kunnen namelijk verschillen afhankelijk van het soort gebruikte plant en het klimaat op de toegepaste locatie. Barbera Peters (2011) is in januari 2011

afgestudeerd op dit onderwerp en heeft hier uitgebreid onderzoek naar gedaan. Haar afstudeerrapport (*Groene gevels. Onderzoek naar de bouwfysische en bouwtechnische eigenschappen van verticaal groen*) is, samen met de SBR publicatie 'Gevels in 't groen' (Hendriks, 2008) gebruikt als uitgangspunt voor deze paragraaf.

De effecten van groen aan (en voor) gebouwen wordt ingedeeld in 2 niveaus: stadsniveau (stedenbouwkundig) en gebouwniveau (architectonisch).

##### 4.5.1 Effecten van groen aan gebouwen op stadsniveau

#### Afname van het hitte-eilandeffect (UHI)

Het hitte-eilandeffect of urban heat island effect (UHI) is het fenomeen dat de temperatuur in een stedelijk gebied gemiddeld hoger is dan in het omliggende landelijk gebied. Met name in grote metropolen, zoals deze buiten Nederland voorkomen, kan dit enkele graden Celsius schelen. Het UHI-effect wordt mede gezien als oorzaak van het vroegtijdig overlijden van kwetsbare groepen mensen. In figuur 4.9 is weergegeven wat in de namiddag de temperatuur in een stedelijk en in een landelijk gebied is.

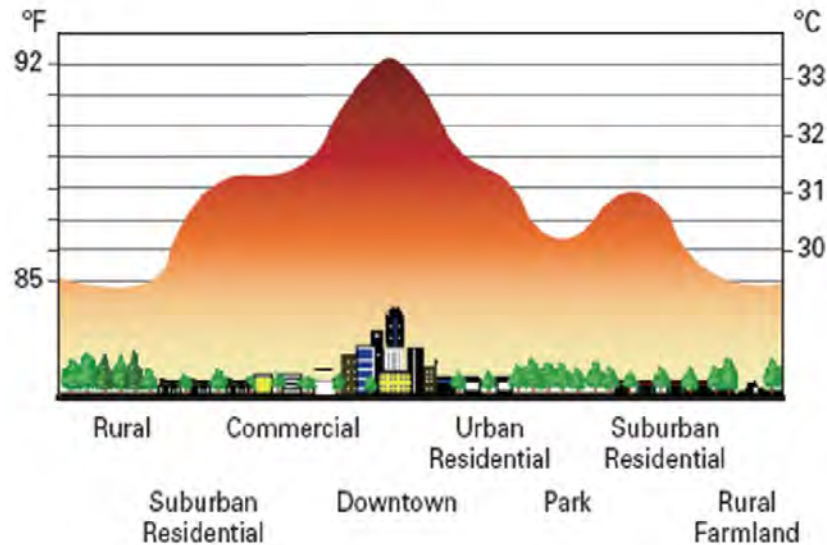
De belangrijkste oorzaak van het UHI is de vervanging van natuurlijke vegetatie door trottoirs, asfalt, gebouwen en andere structuren die voor het functioneren van een stedelijke omgeving nodig zijn. Deze 'donkere' materialen absorberen het zonlicht (in plaats van lichte kleuren die het zonlicht zouden reflecteren).

Een andere oorzaak van het UHI zijn de relatieve lage windsnelheden in de stad waardoor er minder afkoeling plaatsvindt. Het UHI wordt ook nog eens versterkt door de industrie en uitlaatgassen waardoor de lucht meer vervuuld raakt en de warmte blijft hangen.

Het UHI kan afnemen door meer groen in de stad toe te passen. Groen zorgt voor afname van het UHI, dankzij de volgende

eigenschappen van groen:

- De temperatuur neemt af doordat planten water verdampen, er ontstaat verdampingskoeling. Een vrijstaande 100 jarige oude beuk, van 25 meter hoog en een kroon diameter van 14 m produceert 10.000 liter water per jaar. Dat is in de zomer gemiddeld 50 liter wateruitwaseming per dag.
- Bomen absorberen veel minder warmte dan de stedelijke donkere materialen.
- Schaduwvorming onder de bomen zorgt voor verkoeling.



Figuur 4.9 Temperatuur in de namiddag in stedelijk en landelijk gebied. (Peters (2011) p. 28)

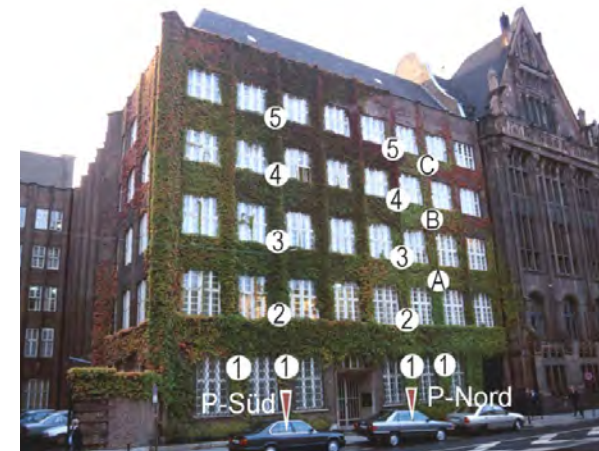
#### Verbetering van de luchtkwaliteit

De stijgende temperatuur in stedelijke gebieden door de toegenomen hoeveelheid industrie, vervoer, airco's en bebouwing heeft er voor gezorgd dat schadelijke stoffen in de lucht, zoals stikstofoxiden (NOx), fijnstof, monooxide (CO) en vluchtige organische stoffen

(VOC's) toenemen. Bomen en groen zijn in staat om deze stoffen op te nemen en te verwerken of om te zetten in voedingsstoffen. Uit recent onderzoek van het Innovatie Programma Luchtkwaliteit van de Rijkswaterstaat (2009) blijkt dat het effect van vegetatie op de luchtkwaliteit direct langs de snelweg klein is. Maar op wat grotere afstand (50-100 m van de weg) zijn de effecten van bomen langs de snelweg wel positief.

De aanwezigheid van het blad is bepalend voor de werking van de plant. De vorm, grootte, oppervlaktestructuur en het aantal aanwezige huidmondjes spelen hierbij een rol.

Vooral fijnstof kan erg schadelijk zijn voor de gezondheid. Vooral in de buurt van industrie of waar veel gemotoriseerd verkeer plaatsvindt wordt de toegestane hoeveelheid fijnstof in de lucht nog wel eens overschreden. Peters (2011) beschrijft in haar verslag onderzoek dat in 2002 gepubliceerd is door de universiteit van Keulen. In dit onderzoek is een met wilde wingerd begroeide gevel onderzocht, in het centrum van Düsseldorf (zie fig. 4.10). Dagelijks rijden er 12.500 auto's langs deze gevel. Tussen 1991 en 1996 zijn er verschillende



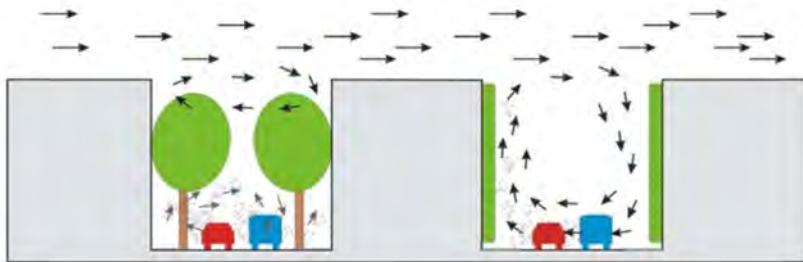
Figuur 4.10 Onderzochte groene gevel Düsseldorf (Peters (2011) p. 29)

bladmonsters genomen op verschillende meetpunten, variërend in hoogte. Ongereinigde bladmonsters werden met gereinigde bladmonsters vergeleken. Op deze manier wordt uitgesloten dat eventuele stoffen gevonden op het bladoppervlak niet van binnenuit (bv. uit de bodem) komen.

Gebleken is dat de bladeren fijnstof opnemen. Het fijnstof spoelt er bij regen vanaf, of de bladeren vallen als bladafval op de grond. Zo komt het fijnstof in ieder geval niet in de luchtwegen en bloedvaten van de mens terecht. Bovendien bevatten de ongereinigde bladeren metalen en de gereinigde bladeren amper. Vooral lood en cadmium, beide giftig, kwamen veel voor.

Globaal kan worden gezegd dat deze gevel in het groeiseizoen gemiddeld  $4\text{g}/\text{m}^2$  stof kan opnemen. Een groene gevel is dus gunstig voor de hoeveelheid stof in de lucht en draagt bij aan de zuivering van de verontreinigde lucht, vooral in gebieden met veel gemotoriseerd verkeer.

Daarnaast is de manier waarop groen wordt toegepast binnen het stedenbouwkundig profiel ook van belang voor het leefklimaat van de mens. Dit is goed in figuur 4.11 te zien. Door grote bomen te plaatsen kunnen de uitlaatgassen blijven hangen op begane grond niveau. Een groene gevel kan in zo'n geval duw veel slimmer zijn omdat het groen voor circulatie zorgt en er ruimte is om de verontreinigende lucht af te voeren.



Figuur 4.11 Verdeling van de uitlaatgassen in verschillende straatprofielen (Peters (2011) p. 30)

#### Waterbeheersing

Groene gevels kunnen ook een positieve rol spelen bij de waterbeheersing van de stad. Deze rol is voor groene daken echter vele malen groter, dus hierover is meer te lezen in paragraaf 4.6 'Groene daken'.

#### Microklimaat

In een stedelijke omgeving is vaak veel groen vervangen door niet-natuurlijk materiaal. Hierdoor kunnen vogels en insecten moeite krijgen met overleven. Aangetoond is dat groene gevels een positief effect hebben op het ecosysteem van vogels, insecten en vleermuizen. Er zijn zelfs dieren die goed kunnen overleven in groene gevels, zo kunnen kleine vogels zich goed nestelen in klimplanten. Zo draagt een groene gevel dus bij aan de biodiversiteit van de stad.

#### Esthetische verbetering

Vrijwel iedereen waardeert de aanwezigheid van groen. Bewezen is dat de gezondheid van mensen in de buurt van veel groen, of alleen al met zicht op groen, verbeterd en dat ze zich ook beter en prettiger voelen. De seizoensdynamiek van groen en de grenserving die groen tussen buiten en binnen kan opleveren worden beide zeer positief ontvangen.

In de stad kan groen ook gebruikt worden om minder fraaie delen weg te werken, zoals bijvoorbeeld parkeergarages, of om onderdelen vandalisme en graffiti bestendig te maken.

#### 4.5.2 Effecten van groen aan gebouwen op gebouwniveau

##### Verbetering thermische isolatie gebouwen

Groen wat aan de gevel is bevestigd kan de isolatiewaarde van een wand verhogen. Dit komt door de volgende redenen:

- De luchtlaag die tussen de bladeren 'gesloten' zit;
- De lichtsnelheid langs de gevel neemt af;

- De bladeren voorzien de gevel van schaduw waardoor deze minder heet wordt in de zomer;
- De bladeren zorgen ook voor wateruitwaseming wat voor koeling zorgt;
- De plant fungeert als een soort buffer tegen de wind;

Peters (2011) beschrijft in haar verslag een onderzoek uit 1987 van Bartenfelder en Köhler waarbij de oppervlaktetemperatuur van een begroeide gevel vergeleken wordt met die van een onbegroeide gevel. Hieruit blijkt dat in de volle zon een begroeide gevel wel 8°C koeler kan zijn dan een onbegroeide gevel. Zie figuur 4.12. Dit kan veel in de kosten van de koeling van het gebouw besparen.

Periode	in °C	Onbegroend			Begroend		
		T1	T01	T0	T1	T01	T0
alle dagen (n=133)	max.	20,8	22,2	<b>31,0</b>	21,4	22,2	<b>25,2</b>
	min.	12,4	13,1	<b>16,7</b>	12,6	14,1	<b>16,3</b>
	amplitude	8,4	9,1	<b>14,3</b>	8,8	8,1	<b>8,9</b>
zonnige dagen (n=64)	max.	24,1	25,6	<b>36,0</b>	25,1	24,8	<b>28,6</b>
	min.	13,0	13,8	<b>17,2</b>	14,5	13,1	<b>17,2</b>
	amplitude	11,1	12,2	<b>18,8</b>	10,6	11,7	<b>11,4</b>
minimum temp. (n=133)	max.	6,2	6,1	<b>11,2</b>	7,9	6,8	<b>9,9</b>
	min.	1,0	1,2	<b>7,0</b>	3,0	0,9	<b>3,8</b>
	amplitude	5,2	4,9	<b>4,2</b>	4,9	5,9	<b>5,2</b>
maximum temp. (n=133)	max.	35,2	38,7	<b>44,8</b>	34,6	36,0	<b>40,7</b>
	min.	22,0	22,9	<b>24,8</b>	22,1	21,2	<b>27,6</b>
	amplitude	13,2	15,8	<b>20,0</b>	12,5	14,8	<b>13,1</b>

Figuur 4.12 Temperatuurverloop van onbegroeide en begroeide gevels in de zomer van 1982. (Peters (2011) p. 51)

T1 = Temperatuur op 1 meter afstand

T01 = Temperatuur op 0,1 meter afstand

T0 = Temperatuur op de gevel

n = aantal meetdagen

### Bescherming gevelmaterialen

De gevels van gebouwen zijn blootgesteld aan weersomstandigheden: temperatuurschommelingen, luchtvochtigheidschommelingen en UV straling. Materialen en vooral organische materialen hebben hierdoor een sterke verkorte levensduur. Groen kan als een soort beschermingsjas / buffer dienen waardoor de gevelmaterialen een

stuk langer mee kunnen gaan. Bovendien is de winddruk op de gevel lager. Vooral lucht- en waterdichtingsmaterialen kunnen hier baat bij hebben.

Zoals in de vorige subparagraaf is beschreven (groeneffecten op stadsniveau) is een groene gevel in staat lucht te reinigen. De lucht die het gebouw binnentreedt zal dus schoner zijn.

### Geluidisolatie

Planten, en vooral het substraat, waarin ze groeien kunnen dienen als geluidsisolatie. De werking hiervan is afhankelijk van de dikte van het substraat, de bevestiging van het systeem aan de gevel en de begroeiingsdichtheid.

### Duurzame uitstraling

Groen is marketing-technisch slim. Het geeft gebouwen, en daarmee het gehuisveste bedrijf, een duurzame en vriendelijke uitstraling.

## 4.6 Groene daken

Meer dan dertig jaar geleden werd voor het eerst in Nederland begonnen met het aanleggen van begroeiing op daken met systemen die vergelijkbaar zijn met de systemen die nu worden gebruikt. Destijds werd de techniek uit Duitsland geïmporteerd, daar werden groene daken al langer toegepast. De afgelopen decennia is de markt voor groene daken in Nederland enorm gegroeid. Daarom hebben ir. Peter G. Teeuw (werkzaam op de TU Delft) en dr. drs. ir. Christoph Maria Ravesloot (werkzaam op de Avans Hogeschool en Hogeschool Zuyd) een boek uitgegeven wat als het ware dient als een representatieve momentopname van de stand van techniek van begroeide daken voor de Nederlandse situatie in 2011. Dit boek, 'Begroeiende daken na 2010' (2011) en SBR publicatie 'Daken in 't groen' (Hendriks, 2008) zijn gebruikt als uitgangspunt voor deze paragraaf.

De effecten van groen op gebouwen wordt eveneens ingedeeld in 2 niveaus: stadsniveau (stedenbouwkundig) en gebouwniveau (architectonisch).

#### 4.6.1 Effecten van groen op gebouwen op stadsniveau

Met name de ecologische effecten van begroeide daken op stedenbouwkundig niveau zijn van belang. De twee belangrijkste facetten hiervan zijn de effecten op het stadklimaat en de waterhuishouding van de stad. Voor veel steden zijn dit dan ook de belangrijkste redenen geweest om het toepassen van dakbegroeiing te stimuleren of zelfs te verplichten.

##### Effecten voor het stadklimaat

Een begroeid dak heeft een stabiliserende werking op de temperatuur- en luchtvochtigheidschommelingen van de stad. Hoe meer groen er in de stad is hoe meer er een natuurlijke klimaatregeling ontstaat, wat inhoudt dat de etmaalamplitude van de luchttemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gedempt wordt.

Het in de vorige paragraaf beschreven hitte-eiland effect (Urban Heat Island) geldt eigenlijk nog sterker voor dakbegroeiing. Daken die niet begroeid zijn, hebben vaak een zwarte of donkere oppervlakte kleur. Dat veroorzaakt een grote thermiek van warme lucht. Deze convectiestroom verplaatst zich door de stad en veroorzaakt ook elders temperatuurverhogingen.

Daken met dakbegroeiing warmen minder op en stralen dus minder warmte uit, waardoor de temperatuur minder hoog oploopt. Inmiddels is wel bekend dat bij tuinen, stadstuinen of daktuinen, bomen in hun onmiddellijke omgeving het klimaat verbeteren. Voor begroeide oppervlakten zonder bomen geldt echter dat er pas een merkbaar effect is vanaf afmetingen van circa 1 hectare. Effect op het klimaat wordt dus pas goed bereikt wanneer er een samenhangend stadsontwikkelingsbeleid plaatsvindt, waarin grote aantallen

begroeide daken, parken en corridors aaneengeschakeld worden.

Een lagere temperatuur in de zomer gecombineerd met de warmtebufferende werking van de begroeide daken zelf (dit wordt beschreven in de volgende subparagraaf '4.6.2. Effecten van groen op gebouwen op gebouwniveau') leidt tot minder vraag naar koeling waardoor er in de zomer een lagere piekbelasting voor de electriciteitscentrales is. Naast energiebesparing is dit dus ook bedrijfseconomisch gunstig.

Ook het in de vorige paragraaf beschreven 'verbetering van de luchtkwaliteit' geldt sterk voor groene daken. Door de donkere kleur van de onbegroeide daken stijgt de warme lucht op, hierdoor wervelen stofdeeltjes op. De aanwezigheid van veel stof en een lage luchtvochtigheid leidt tot een onaangenaam klimaat. Als er op grote schaal dakbegroeiing plaatsvindt kan daarmee zelfs tot 20% procent van de vervuiling uit de lucht gefilterd worden. Door de Ryerson University in Toronto is in 2005 bekeken hoeveel daken er geschikt zijn voor begroeiing in Toronto (9%) waarna is uitgerekend hoeveel schadelijke stoffen hiermee uit de lucht gefilterd konden worden. De economische waarde hiervan was niet gering.

Tenslotte zetten groene planten ook CO<sub>2</sub> om in zuurstof. 25 m<sup>2</sup> bladoppervlakte is min of meer genoeg voor de zuurstofproductie voor 1 persoon per dag. Het is helaas bij verre na niet mogelijk om alle teveel geproduceerde CO<sub>2</sub> in een stad door begroeide daken te compenseren.

##### Stedelijk waterbeheer

Door de huidige klimaatveranderingen komen er tegenwoordig in Nederland veel meer regenbuien voor die in kortere tijd veel meer neerslag opleveren dan vroeger het geval was. Vaak kan het rioolstelsel en het stelsel van oppervlakte water dit niet meer aan en moet dus worden aangepast. Begroeide daken kunnen tot 50%

van het regenwater vasthouden. Daardoor wordt de hoeveelheid water die na een zware regenbui ineens van het dak afgevoerd moet worden een stuk minder. Bovendien komt een groot gedeelte van het water uiteindelijk via verdamping direct terug in de natuurlijke kringloop.

Begroeide daken zijn dus een goed middel voor een duurzaam stedelijk waterbeheer. Hierbij is het rendement van de begroeide daken bij het dempen van piekafvoeren van regenwater en daarnaast de mogelijkheden tot implementatie. Groene daken alleen is echter niet een voldoende oplossing om het waterbergingsprobleem van veel steden op te lossen, maar het kan wel goed gekoppeld worden aan het systeem op het maaiveld.

Kortom, dakbegroeiing heeft een driedelige werking met betrekking tot de waterhuishouding van een stad;

1. Het verhard oppervlak wordt door de dakbegroeiing beperkt, meer regenwater verdampt en er hoeft dus minder regenwater te worden afgevoerd.
2. De afvoer van regenwater verloopt trager, omdat er een deel van het regenwater op het dak wordt vastgehouden. Het dak werkt dus als een buffer.
3. De substraat laag zuivert het regenwater, waardoor het afstromend regenwater schoner is.

Bij een gemengd rioleringsstelsel (afvalwater en regenwater) leidt dit ertoe dat er minder water naar de rioolzuiveringsinstallatie gaat én dat het te zuiveren water (het afvalwater) minder verdund is met 'schoon' regenwater. Hierdoor bevat het relatief meer voedingsstoffen voor de bacteriën en waardoor de zuivering beter werkt. Zuiveringskosten kunnen omlaag en wellicht kan het buizenstelsel kleiner gedimensioneerd worden.

Door de buffercapaciteit van het dak kan ook overstorten worden voorkomen. Overstorten betekent dat het riool op het

oppervlaktewater wordt geloosd, wanneer na zeer heftige regenval het rioolstelsel het niet meer aan kan.

Deze buffercapaciteit van het begroeide dak is dus een zeer gunstige eigenschap. Daarom is het interessant om te weten van welke factoren de grootte van deze buffer afhankelijk is. De structuur (materiaal, vorm en dikte) van de substraatlaag en het al dan niet aanwezig zijn van een drainagelaag zijn hiervoor maatgevend. Daarnaast zijn ook klimatologische en de plaatselijke periodieke omstandigheden van belang, zoals bijvoorbeeld het tijdbestek waarbinnen de regen valt.

Om een beeld te krijgen van de waterbufferende werking van een begroeid dak: Bij een vegetatie- en drainagelaag van 15 cm dik op een dak met een helling van 15° komt in een jaar tijd maar 20% van de opvallende neerslag van het dak af. De rest wordt opgeslagen en verdampt.

Deze zogenaamde afvloeiingscoëfficiënt (de verhouding tussen de hoeveelheid neerslag en de hoeveelheid water die naar het riool wordt afgevoerd) is dus afhankelijk van de structuur van de dakopbouw, maar ook van:

- De jaargetijden (in de zomer hoger dan in de winter)
- De oriëntatie (hoe zonniger, hoe warmer, hoe meer verdamping)
- De dakhelling (steile daken voeren water sneller af, waardoor het minder tijd krijgt te verdampen).

Alhoewel bij de dakhelling vooral een onderscheid is te vinden tussen een plat en een hellend dak, de helling zelf is minder van invloed (variërend tussen de 2 en 8,7%).

In Duitsland heeft de FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.) waarden opgesteld voor begroeide daken. In interessant tabel is te zien in figuur 4.13, de afvloeiingscoëfficiënten voor begroeide daken.

begroeide daken, dikte	afvloeiingscoëfficiënt bij een helling < 5°	afvloeiingscoëfficiënt bij een helling > 5°
2-4 cm	0,7	0,8
4-6 cm	0,6	0,7
6-10 cm	0,5	0,6
10-15 cm	0,4	0,5
15-25 cm	0,3	-
25-50 cm	0,2	-
dikte >> 50 cm	0,1	-

Figuur 4.13 afvloeiingscoëfficiënt (totale waarden) voor begroeide daken (FLL 2008, via Teeuw 2011, p. 76)

Naast het regenwater bufferen werken begroeide daken ook als bodemfilter dienen waardoor ze het regenwater enigszins ontdoen van een aantal stoffen (zoals bijvoorbeeld cadmium en lood).

#### Geluid

Op stedenbouwkundig niveau wordt het omgevingsgeluid door de zachte, verende oppervlakten van de begroeide daken flink geabsorbeerd en verstrooid. Harde, steenachtige oppervlakten die normaliter veel in een stedelijke omgeving voorkomen, weerkaatsen het veelal door verkeer veroorzaakte lawaai veelvoudig. Enerzijds wordt door de geluidsabsorptie en -verstrooiing een hinderlijke omgevingsfactor (lawaai) in zijn schadelijke werking beperkt, anderzijds kunnen wenselijke omgevingsgeluiden als pratende mensen en vogels weer beter gehoord worden.

#### Biodiversiteit

Voor groene daken geldt evenals voor groene gevels dat ze de biodiversiteit van de stad vergroten, waarbij veel kleinere verspreide begroeide daken op verschillende hoogtes waarschijnlijk meer

invloed heeft dan een enkel groot dakpark op bijvoorbeeld een parkeergarage.

Door meer biodiversiteit wordt de natuurbeleving in de stad beter. Dit werkt positief op de psyche van de mens. Bovendien wordt de grens tussen platteland en stad geleidelijker.

#### Gebruiksruimte en zichtgroen

Begroeide daken kunnen grofweg twee functies hebben: gebruiksruimte en/of zichtgroen. Schuine begroeide daken zullen veelal als zichtgroen dienen, platte daken kunnen beide functies hebben. Bewoners of werknemers in hoogbouw kijken vaak uit op saaie, grijze daklandschappen. Uitzicht op groen heeft een bewezen positief effect; de productiviteit gaat omhoog.

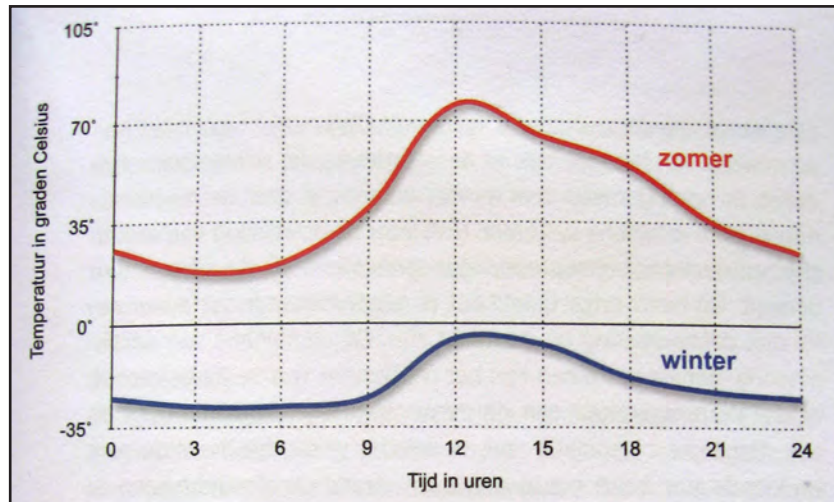
De meeste steden hebben een tekort aan openbare buitenruimte. Bovendien is de beschikbare buitenruimte vaak ook niet geschikt voor tuin of parkaanleg of een andere groenvoorziening. De grond in de stad is duur en als groengebied brengt het de gemeente ook nog eens weinig op. Een begroeid dak is in dat opzicht een hele goede optie voor het creëren van groene buitenruimte, er gaat dan geen kostbare stadgrond verloren.

Op scholen zou een daktuin zelfs een educatieve functie kunnen krijgen als een schooltuin in de vorm van een bloemen- en kruidentuin.

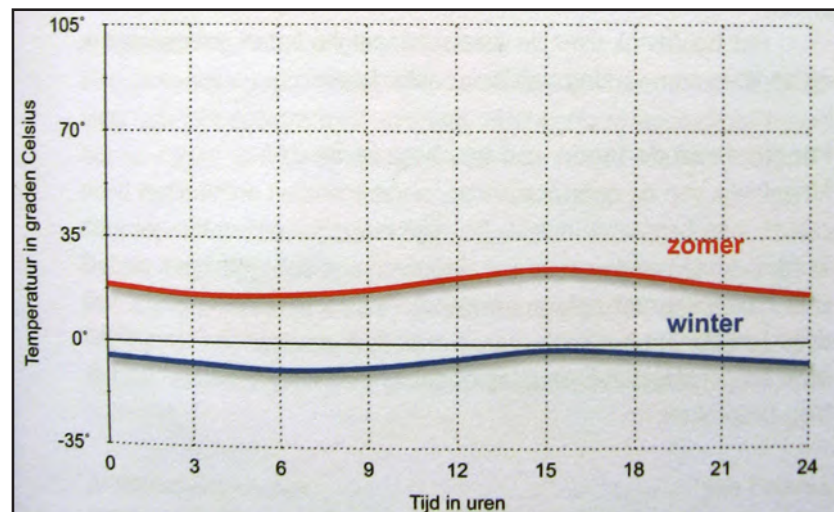
#### 4.6.2 Effecten van groen op gebouwen op gebouwniveau

##### Levensverlenging dakbedekking

Normaal gesproken bestaat een dakbedekking uit zwart bitumineus materiaal, of kunststof. Op zo'n dak kunnen de temperaturen schommelen van -20 °C in een koude winternacht tot 80 °C op een warme zomerdag. Ieder jaar weer staat de dakbedekking aan deze schommeling van 100 °C bloot. De temperatuurschommeling in de zomer tussen dag- en nachttemperatuur kan zelfs zo'n 70 °C



Figuur 4.14 De extreme temperature van de dakhuid van een dak zonder dakbegroeiing (Krusche 1982, via Teeuw 2011, p. 19)



Figuur 4.15 De extreme temperature van de dakhuid van een dak met dakbegroeiing (Krusche 1982, via Teeuw 2011, p. 19)

bedragen. Hierdoor worden er hoge eisen aan de dakbedekking gesteld en versnelt het verouderingsproces. Vaak wordt een ballastlaag van grind toegepast, dit zorgt enigszins voor afvlakking van temperatuurschommelingen op het dak. Begroeiing doet dit echter veel meer. Het is zelfs het belangrijkste thermische argument om begroeiing op het dak aan te leggen. De verwachting is dat door begroeiing de levensduurverwachting van dakbedekking met tientallen jaren verlengd kan worden.

De kans op lekkages bij een goed aangelegd dak wordt dus veel kleiner, een nadeel is wel dat als er dan toch lekkages ontstaan, deze veel moeilijker op te sporen en te verhelpen zijn.

In figuur 4.14 en 4.15 is het effect van dakbegroeiing op de daktemperaturen grafisch weergegeven.

#### Thermisch isolerend en koelend vermogen

De demping van de temperatuurschommelingen op de dakhuid (amplitudedempingen genoemd) heeft ook gevolgen voor de energie-uitwisseling met de ruimte onder het dak.

In de zomer worden de temperaturen op het dak minder hoog door de begroeiing, hierdoor zal de ruimte eronder ook minder snel opwarmen.

In de winter kan de begroeiing ook bijdragen aan het isolerend vermogen van de dakconstructie. Dit is echter alleen bewezen voor droog winterweer, waarbij de substraat- en drainagelaag beide droog zijn. Want als het gaat regenen, wat in de winter nogal eens voorkomt in Nederland, dan kan dit voordeel omslaan in een nadeel. Het afstromende overtollige water kan voor afkoeling zorgen. De isolerende werking van dakbegroeiing in de winter is dan ook nog nooit aangetoond, alhoewel dat ook geldt voor het eventuele nadelige effect.

Het substraat zelf levert geen significante bijdrage aan het isolerend vermogen van het dak. Bij volledige verzadiging van het substraat is

de isolerende werking ervan 50x slechter dan isolatiemateriaal. Er is dus een dikte nodig die 50x zo dik is als het isolatiemateriaal om dezelfde isolatiewaarde te kunnen bereiken.

Kortom; in de zomer heeft dakbegroeiing een koelend effect en in de winter is er soms sprake van een isolerende werking (zolang het droog is).

#### Geluidsisolatie

Met een begroeid dak kan een behoorlijke geluidsisolatie worden bereikt. Gemeente Rotterdam gaat bijvoorbeeld uit van een geluidsisolatie van 8 decibel. Hierbij hangt de te bereiken geluidreductie sterk af van de massa van vooral de substraatlaag. Bovendien wordt het uiteindelijke effect sterk beïnvloed door de detaillering.

De geluidswering van een gebouw wordt uiteindelijk bepaald door de zwakste schakel in de buitengevel; het glas in de ramen en de ventilatie openingen. Als deze detaillering en materiaalkeuze goed is, dan kan een begroeid dak een goede aanvulling zijn op geluidsisolatie.

#### 4.7 Literatuurlijst

- Bergs, J.A., Pötz, H. en Seitz, S. in opdracht van SBR Rotterdam. 2009.  
*Groen in Gebouwen*. Zwijndrecht. Drukkerij DeckersSnoeck.
- Burchett, M. et al. 2000.  
*Towards Improving Capacity of indoor Plants and Potting Mix Components for Indoor Air Pollution Reduction*. Final report of HRDC No.NY98025, Sydney
- Costa, P. en James R.W. 1995.  
*Constructive use of plants in office buildings*. Lecture notes for the catalogue of the symposium 'Plants for People'. Den Haag, The Netherlands.
- Dortmont, A. van, Bergs, J. (2001).  
*Onderzoek planten en productiviteit*. Leiden: Bloemenbureau Holland.
- Fjeld, T., Veiersted, B., Sandvik, L., Riise, G., Levy, F. 1998.  
*The Effect of Indoor Foliage Plants on Health and Discomfort Symptoms Among Office Workers*. *Indoors + Built Environment* 7:204-206.
- Fjeld, T., et al. 1999.  
*Foliage plants both with and without additional fluorescent light, may reduce in-door health and discomfort complaints*. *Proceedings Indoor Air* 4:6:16-21.
- Fjeld, T. 2002.  
*The Effect of Interior Planting on Health and discomfort among Office Workers and School Children*. *Hort Technology* 10(1): 46-52.
- Hendriks, N. A. in opdracht van SBR Rotterdam. 2007  
*Daken in 't Groen*. Delft: Thieme Media Services
- Hendriks, N. A. in opdracht van SBR Rotterdam. 2008  
*Gevels in 't Groen*. Delft: Thieme Media Services
- Kaplan, R., Kaplan, S. 1989.  
*The Experience of Nature: A Psychological Perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kaplan, R., Kaplan, S. 1990.  
*Restorative experience: the healing power of nearby nature*. In: Francis, M., Hester, R.T. (eds). *The Meaning of Gardens; Idea, Place and Action*. Cambridge Massachusetts, London, England: The MIT Press.
- Klein Hesselink, J. et al. 2006.  
*Fysiologische en psychische effecten van planten in de werksituatie op de gezondheid en het welbevinden van werknemers. Literatuurstudie*. TNO-rapport 21573/018.10311, Hoofddorp
- Klein Hesselink, J. et al. 2006.  
*Onderzoek Met planten aan het werk*, TNO-rapport 031.10380/01.02
- Lohr, V.I., Pearson-Mims, C.H., Goodwin, G.K. 1996.  
*Interior Plants May Improve Worker Productivity and Reduce Stress in a Windowless Environment*. *J. Environ. Hort.* 14:97-100.
- Lohr, V.I. & Pearson-Mims, C.H. 1996.  
*Particulate Matter Accumulation on Horizontal Surfaces in Interiors: Influence of Foliage Plants*. *Atmospheric*

- Environment DI. 30, Nr. 14, pp. 2565-2568.
- Peters, B.A. 2011.  
*Groene gevels. Onderzoek naar de bouwfysische en bouwtechnische eigenschappen van verticaal groen.* Afstudeerverslag. TU Delft januari 2011.
- Rautiala, S. et al. 1999.  
*Do plants in an office have any effect on indoor air microorganisms?* Proceedings of Indoor Air 99, the 8th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, and the Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC) 20th Annual Conference. Edinburgh (Scotland): 8-13 August 1999, Volume 2, pp 704-709.
- Rijkswaterstaat 2009.  
*Invloed vegetatie op de luchtkwaliteit.* Rapportnummer IPL-2a, Delft, Nederland.
- Rijkswaterstaat 2009.  
*Toepassingsadvies Vegetatie.* Rapportnummer IPL-2b, Delft, Nederland.
- RIVM 2004.  
*Gezondheidskundige advieswaarden binnenmilieu.* RIVM-rapport 609021029/2004, Rijks Instituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, Nederland.
- Shoemaker, C.A., Randall, K., Relf, P.D., Geller, E.S. 1992.  
*Relationships between Plants, Behaviour, and Attitudes in an Office Environment.* HortTechnology 2(2):205-206.
- Strickler, B. 1994.  
*Water Evaporation of 5 Common Indoor Plants under Various Climate Conditions.* Proceedings of the Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC) 15th Annual Conference, held Buxton, Great Britain, 27- 30 September 1994, Volume 1, pp 151-162.
- Tarran, J. et al. 2002.  
*Quantification of the Capacity of Indoor Plants to remove Volatile Organic Compounds under Flow Through Conditions.* Final report of Horticulture Australia Project No NY00035, Sydney.
- Teeuw, P. G., en Ravesloot C.M. 2011.  
*Begroeide daken na 2010. Afstemming van techniek, organisatie en maatschappelijk belang.* Amsterdam: Techne Press.
- TNO 1991.  
*Oriënterend onderzoek naar de luchtzuiverende werking van potplanten in een mechanisch geventileerde proefruimte.* TNO-rapport B-91-0137, Delft.
- Ulrich, R.S. 1984.  
*View through a window may influence recovery from surgery.* Science 224: 420-21.
- Wolverton, B.C., Johnson, A. & Bounds, K. 1989.  
*Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement.* Interiorscape 11/12, pp. 37-63.

Wolverton, B.C. 1996.

*50 Verrassende kamerplanten.* Houten: Van Reemst  
Uitgeverij.

Wolverton, B.C. 1997.

*How to Grow Fresh Air, 50 Houseplants That Purify Your  
Home or Office.* Penguin Books, USA Edition. ISBN:  
0140262431

Wood, R. et al. 2004.

*Plants to improve office air quality - How many make a  
difference?* Final report of Office 'On-Location' study, to  
Flower Council of Holland, Sydney.



**DEEL 2 - ONDERZOEK**



## 5. ONDERZOEK GROEN & NAGALMTIJD

### 5.1 Inleiding

Om tot een innovatief bouwproduct te komen wordt onder andere naar de effecten/voordelen van groen gekeken, zoals bijvoorbeeld fijnstof opname of verdampingskoeling. Naar veel van dit soort effecten van groen is ook onderzoek gedaan, zoals beschreven in hoofdstuk 4. Bij het ontwerpen van een groenproduct als interieurtoepassing is de te verwachten akoestische waarde van groen interessant, maar naar het effect van groen en ruimte akoestiek is zeer weinig onderzoek gedaan.

Het enige onderzoek naar groen en ruimte akoestiek wat op dit moment bekend is, is dat van P. Costa van de South Bank University in Londen (1995). In zijn onderzoek test hij verschillende soorten planten en combinaties van deze planten, op verschillende plekken in de ruimte.

De belangrijkste conclusies van dit onderzoek zijn (P. Costa 1995):

- Planten moeten bij voorkeur groot, gezond en goed ontwikkeld zijn;
- Planten moeten bij voorkeur grote bladeren hebben;
- Opstellingen met drie tot vijf planten lijken beter te werken dan afzonderlijke planten;
- Meerdere plantenopstellingen in een ruimte lijken beter te werken dan een geconcentreerde opstelling op 1 plaats;
- Het is effectiever om planten naast wanden en in hoeken te zetten dan in het midden van een ruimte.

Omdat op dit moment groene interieur wanden in opkomst zijn is het interessant om te bekijken wat deze wanden akoestisch doen ten

opzichte van normale kamerplanten. Zo'n groene interieurwand is uit verschillende elementen opgebouwd en het is dus ook nuttig om te weten wat de invloed van de losse elementen op de akoestiek is. De losse elementen zijn het substraat en de planten.

In de interieur beplanting worden verschillende soorten substraten gebruikt, namelijk potgrond, en twee soorten kleikorrels: hydrocultuur en seramis (fig. 5.1). De verschillen in akoestische werking hiervan kunnen gemeten worden.



Figuur 5.1 Hydrocultuur (l) en Seramis

P. Costa (1995) heeft dus al onderzoek gedaan naar de akoestische werking van losse planten. Het is erg relevant om nogmaals planten te testen en de resultaten te vergelijken met die van P. Costa (1995). Als deze redelijk overeenkomen wordt de kwaliteit van de metingen versterkt.

Daarnaast is verschil in bladgrootte en vorm tussen verschillende planten ook iets wat P. Costa (1995) matig heeft onderzocht en wat wel verschil zou kunnen opleveren in de akoestische werking. Een

nieuw akoestisch onderzoek zou dus een aanvulling kunnen zijn op dat van P. Costa.

De onderzoeksvraag van voorliggend onderzoeksrapport luidt daarom:

*Wat is de invloed van:*

- *verschillende soorten beplanting,*
- *verschillende soorten substraat,*
- *verschillende soorten groene wanden,*
- *verschillende posities van planten in de ruimte,*

*op de nagalmtijd van die ruimte?*

#### 5.1.1 Groene wanden Zuidkoop

Er is een samenwerkingsverband ontstaan met het bedrijf Zuidkoop in De Lier. Dit bedrijf is gespecialiseerd in interieurtoepassingen van groen en houdt zich ook bezig met innovatieve manieren om groen te gebruiken. Zo hebben ze ook zelf een groene wand systeem ontwikkeld (fig. 5.2).

Dit systeem bestaat uit een op de grond geplaatste waterbak waarop modules te plaatsen zijn van 35 cm hoogte. Het gewenste aantal modules wordt bepaald door de wens van de gebruiker. De breedte van de modules is 1 of 2 meter. Het systeem kan tegen de wand of vrij geplaatst worden. Onderin zitten ventilatiegaten om te zorgen dat de wand op natuurlijke wijze kan ventileren en drogen. De voorzijde van de modules zijn voorzien van fijnmazig gaas zodat de plant zich hier ook aan kan hechten waardoor de modules niet meer zichtbaar zijn en het de wand oogt als 'egaal groen'.



Figuur 5.2 Groene wand systeem Zuidkoop

Daarnaast werkt Zuidkoop samen met de kunstenaar Zeger Reyers die ook een groene wand heeft ontwikkeld (fig. 5.3). Deze groene wand is een transparanter exemplaar. Het bestaat uit een aluminium frame waarin schuin aluminium bakken zijn geplaatst. Deze bakken zijn gevuld met seramis waarin de plantjes staan.

Beide groene wanden hebben hetzelfde bewateringssysteem. Onderin elke module zit een waterreservoir waar maximaal 2,5 liter water kan staan. In enkele weken neemt seramis dit water op en geeft het af aan de plant. Dit houdt in dat de planten ongeveer iedere maand van nieuw water voorzien moeten worden. Dit gebeurt met de hand en alleen de bovenste module hoeft water te krijgen. Door middel van het overloop systeem krijgen alle modules water.

Het bedrijf 'Zuidkoop' is ook geïnteresseerd in de akoestische werking van planten, substraten maar vooral in de door hun ontwikkelde groene wanden. Daarom hebben zij veel groen materiaal en hun wanden beschikbaar gesteld om metingen naar te verrichten.



*Figuur 5.3 Groene Wand Systeem Zeger Reyers*

## 5.2 Methode

### 5.2.1 Geluidisolatie

Belangrijke parameters die de ruimte akoestiek bepalen zijn de geluidsisolatie en geluidsabsorptie. Het eerste heeft te maken met geluid tussen ruimtes en het tweede met geluid binnen een ruimte.

Door het aanbrengen van geluidsisolatie (geluidsisolerende materialen) tussen ruimtes wordt voorkomen dat geluid een bepaalde ruimte binnendringt of juist naar buiten kan afstralen. Het blijkt dat materialen met een grote massa een hogere geluidisolatie kunnen leveren dan materialen met een kleine massa. Om het verband hiertussen te bepalen zijn verschillende zogenaamde praktische massawetten ontwikkeld. Een veelgebruikte formule luidt als volgt:

$$R = 10 + 14,5 \log m$$

Hierin is:

R de luchtgeluidisolatie in dB  
m de massa/oppervlak in kg/m<sup>2</sup>.

Een bakstenen muur van 450 kg/m<sup>2</sup> is goed voor een geluidisolatie van 48 dB en een gipsplaten tussenwand van 7,5 kg/m<sup>2</sup> levert 22 dB. Hieruit blijkt dat de massa per vierkante meter van planten te laag is om nuttige geluidisolatie te bieden.

Daarnaast is de structuur van een 'muur' van planten (potplanten die voor en naast elkaar gezet worden) erg open. Gevolg hiervan zijn grote geluidsslekken. Ook dit komt de geluidsisolerende waarde van groen niet ten goede.

Geluidisolatie van groen valt daarom buiten het bereik van dit

onderzoek en er zijn dan ook geen metingen naar gedaan.

Daarbij moet vermeld worden dat voor het productontwerp het wel interessant kan zijn dat de verschillende substraten wel een hoge massa hebben en misschien dus wel een nuttige geluidisolatie zouden kunnen leveren.

### 5.2.2 Nagalmtijd

Geluid dat op een materiaal valt doet drie dingen: een deel wordt gereflecteerd, een deel wordt doorgelaten en een deel blijft achter in het materiaal, wordt dus geabsorbeerd.

Het deel dat wordt doorgelaten is naar verhouding erg klein, daarom wordt het doorgelaten geluid bij absorptieproblemen verwaarloosd. Voor de reflectiecoëfficiënt (r) en de absorptiecoëfficiënten (a) geldt dan:

$$a + r = 1$$

Dus wat niet wordt gereflecteerd wordt geabsorbeerd en andersom.

De nagalmtijd van een ruimte is een van de belangrijkste akoestische eigenschappen van een ruimte en is gedefinieerd als de tijd die verloopt voordat, als een geluidsbron wordt uitgeschakeld, het geluiddrukkniveau 60 dB is gedaald. De nagalmtijd is afhankelijk van de geluidabsorptie in de ruimte. Hoe meer geluidabsorptie aanwezig is, des te korter is de nagalmtijd.

Als eenheid van geluidabsorptie wordt de 'vierkante meter open raam' (m<sup>2</sup> o.r.) gebruikt. Dat houdt het volgende in: Gezien vanuit een vertrek verdwijnt alle geluidenergie die op een open raam valt naar buiten. Dat betekent hetzelfde als dat alle opvallende geluidenergie geabsorbeerd wordt, reflectie is immers 0.

De totale geluidabsorptie in een vertrek (A) wordt gevonden door van alle omwandelingen het oppervlak (S) te vermenigvuldigen met de bij het betreffende materiaal behorende absorptiecoëfficiënt (a).

$$A = a_1 * S_1 + a_2 * S_2 + a_3 * S_3 + \dots \text{ (m}^2 \text{ o.r.)}$$

Hierin is:

- A de totale hoeveelheid absorptie in m<sup>2</sup> o.r.
- a<sub>1,2,3,..</sub> absorptiecoëfficiënt materiaal
- S<sub>1,2,3,..</sub> oppervlakte van de constructie in m<sup>2</sup>

De nagalmtijd (T) kan dan in veel gevallen worden benaderd met de formule van Sabine:

$$T = \frac{0,1611 * V}{A} \quad \text{dus} \quad A = \frac{0,1611 * V}{T}$$

Hierin is:

- T de nagalmtijd in s
- V het volume van de ruimte in m<sup>3</sup>
- A de aanwezige geluidabsorptie in m<sup>2</sup> o.r.

Omdat de absorptiecoëfficiënt (a) van een materiaal afhankelijk is van de frequentie, is de nagalmtijd dit ook.

De beste nagalmtijd voor een bepaalde ruimte is afhankelijk van de werkzaamheden die in die ruimte plaatsvinden. Zie tabel 5.1.

### 5.2.3 Metingen

Het doel van de akoestisch metingen is dus het bepalen van de invloed van:

- verschillende soorten beplanting,
- verschillende soorten substraat,
- verschillende soorten groene wanden,

Ruimte	Nagalmtijd
Goed gemeubileerde kamer	T = ca. 0,5 s
Kantoorvertrek	T = ca. 0,5-0,7 s
Kantoortuin	T = ca. 0,7-0,9 s
Schoollokaal	T = ca. 0,6-0,8 s
Muzieklokaal	T = ca. 0,8-1,2 s
Schouwburg	T = ca. 0,9-1,3 s
Concertzaal	T = ca. 1,7-2,3 s
Kerk (orgelmuziek)	T = ca. 1,5-2,5 s

Tabel 5.1 Richtwaarden voor de nagalmtijd in verschillende ruimten (Linden, 2000 p. 198, tabel 10.7)

- verschillende posities van planten in de ruimte,

op de nagalmtijd van die ruimte.

De metingen worden gedaan in een ruimte met een hoge nagalmtijd. Dat is een ruimte zonder meubilair met harde oppervlakten. De verwachting is dat door toevoeging van elementen (potplanten, bakken met aarden, groene wand etc.) de nagalmtijd korter wordt. De nagalmtijd van de lege ruimte (=T<sub>0</sub> in s) wordt dus vergeleken met de nagalmtijd van de ruimte plus elementen (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>,... in s).

De nagalmtijd wordt bepaald door middel van de ballon proef. Dat houdt het volgende in:

Er wordt een harde knal gemaakt door middel van het kapot prikken van een ballon. De geluidsmeter meet dan de nagalmtijd per octaafband uit de afzwakking van de geluidspuls. De eerste meting is dus de referentiemeting, de meting van de lege ruimte, zonder groen dus. Dit wordt zes keer gedaan en de resultaten

worden gemiddeld. Deze resultaten zijn de nulmeting ( $T_0$  in s). Daarna worden er elementen in de ruimte geplaatst, een proefopstelling (bijvoorbeeld 4 bakken met seramis substraat) en wordt er opnieuw een harde knal gemaakt door middel van het kapot prikken van een ballon. De geluidsmeter meet weer de nagalmtijd per octaafband uit de afzwakking van de geluidspuls. Ditmaal worden er drie metingen verricht die gemiddeld worden. Deze resultaten zijn meting 1,2,3,... ( $T_1, T_2, T_3, \dots$  in s).

Om de verschillende metingen met elkaar te kunnen vergelijken moet van iedere proefopstelling de absorptiecoëfficiënt worden uitgerekend. Dat gebeurt als volgt:

Zoals eerder beschreven is: 
$$A = \frac{0,1611 * V}{T}$$

Eerst wordt de geluidabsorptie A van de lege ruimte bepaald per octaafband. Dit wordt gedaan door het volume van de ruimte en de nagalmtijd van de nulmeting in de formule in te vullen. Deze waarde wordt  $A_0$  genoemd.



Figuur 5.4 De ballontest in de meetruimte

Daarna wordt hetzelfde gedaan voor de volgende metingen. Deze waarde wordt voor deze uitleg  $A_{0+n}$  genoemd. Het verschil tussen  $A_0$  en  $A_{0+n}$  is de geluidabsorptie van de proefopstelling  $A_n$  ( $A_n = A_0 - A_{0+n}$ ). Zoals eerder vermeld is, is  $A = a_1 * S_1 + a_2 * S_2 + a_3 * S_3 + \dots$ . Dus  $A_n = a_n * S_n$  en dus  $a_n = A_n / S_n$ .

Om de absorptiecoëfficiënt van de proefopstelling te verkrijgen moet de geluidabsorptie van de proefopstelling dus gedeeld worden door het oppervlak van de proefopstelling. Hierbij gaat het om het buitenoppervlak van de proefopstelling, dus alle vlakken wat het geluid kan bereiken.

In hoofdstuk 5.4 'Resultaten & Bespreking' is te lezen welke proefopstellingen precies zijn getest.


#### 5.2.4 Meetonnauwkeurigheden

Bij deze metingen vinden een aantal factoren plaats waardoor er een meetonnauwkeurigheid ontstaat. Een van deze factoren is bijvoorbeeld de positie van de personen tijdens de meting (t.o.v.



Figuur 5.5 De geluidsmeter

elkaar en van de proefopstelling). Deze kan verschillen tussen de verschillende metingen wat invloed kan hebben op het resultaat. Daarnaast is het onmogelijk om alle ballonnen even hard op te blazen. Hoe harder de ballon, hoe harder de knal, hoe nauwkeuriger de nagalmtijd gemeten kan worden.

Om deze onnauwkeurigheden te vereffenen zijn er 3 metingen per proefopstelling gedaan en het gemiddelde hiervan is geplot in een grafiek. De meetonnauwkeurigheid is verkregen door de standaard deviatie van de metingen te bepalen. De standaard deviatie is, grofweg gezegd, de gemiddelde 'afstand' van de losse meetpunten tot het gemiddelde van de meetpunten samen. Om de meetonnauwkeurigheid weer te geven zijn er in de grafieken foutbalken geplaatst, die zien er als volgt uit:  Hierbij geeft de zwarte stip het gemiddelde aan en de 'haken' boven en onder de standaard deviatie. Het is dus zeer aannemelijk dat de werkelijke waarde van de metingen tussen de 2 'haken' in ligt.

Daarnaast vind er ook onnauwkeurigheid plaats bij het bepalen van  $S_{1,2,3,..}$ , de oppervlakte van de constructie in  $m^2$ . Het is namelijk ingewikkeld om de oppervlakte van een plant te bepalen. De oppervlakte van alle blaadjes en de stam bij elkaar op tellen is geen mogelijkheid en bovendien is het dan niet duidelijk in hoeverre je de blaadjes in het 'binnenste' van de plant moet mee tellen.

De volgende methode is toegepast om de oppervlakte van de proefopstelling te bepalen: Er is een denkbeeldige geometrische vorm om de proefopstelling getrokken en de oppervlakten van de zijden hiervan zijn bij elkaar opgeteld. Zie figuur 5.6.

Vanwege deze onnauwkeurigheid in oppervlaktebepaling  $S$  is ook  $A$  (de aanwezige geluidabsorptie in  $m^2$  o.r.) erg interessant en niet enkel  $a$  (absorptiecoëfficiënt). In  $A$  zit namelijk niet de onnauwkeurigheid ten gevolge van de bepaling van  $S$ . Dat houdt dus wel in dat hoe groter  $S$  is, hoe groter  $A$  zal zijn.

Daarom wordt in hoofdstuk 5.4 'Resultaten & Bespreking' ook aandacht geschonken aan  $A$ , de aanwezige geluidabsorptie.

In bijlage 1 zijn alle meetresultaten te vinden. Hierin staan alle gemeten waarden van  $T$ , de gemiddelden en standaarddeviatie van  $T$  per proefopstelling, de gebruikte oppervlakten  $S$ , het volume  $V$  en de gevonden waarden van  $a$  en  $A$ .



Figuur 5.6 Methode oppervlaktebepaling

### 5.3 Referentie producten

Aan de hand van deze meting moet bepaald worden of groen en groene wanden nuttig zijn om te gebruiken als akoestisch materiaal (geluidabsorberend). Een goede manier om dit te doen is om de absorptiecoëfficiënt van de verschillende metingen te vergelijken met de absorptiecoëfficiënt van bestaande producten die op de markt zijn gebracht om geluid te absorberen.

#### 5.3.1 Buzziscreen

Zo'n product is de 'Buzziscreen' van het Belgische bedrijf 'Buzzispace': 'BUZZISCREEN: an acoustical, light-weight folding screen, connected



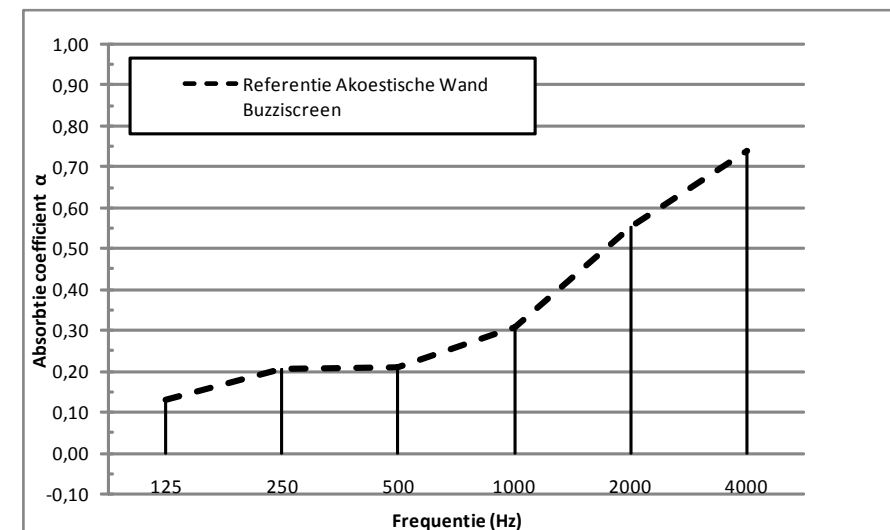
Figuur 5.7 Buzziscreen van het bedrijf Buzzispace (Buzzispace 2010)

through zippers, so one can make the chain as long as desired. The combination of its light weight and its simplicity to install, make the buzziscreen a perfect solution for flexible divisions. The product is handmade of biodegradable boardmaterial (inside) and felt made of upcycled PET-waste, and therefore a contribution to the future of our world.' (Buzzispace 2010)

Buzziscreen is akoestisch getest door het WTCB (Het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf) in Brussel. Dat heeft de volgende absorptiecoëfficiënten per octaafband opgeleverd (Ingelaere 2008):

Referentie Akoestische Wand Buzziscreen	125	250	500	1000	2000	4000
Absorptiecoëfficiënt (a)	0,13	0,21	0,21	0,31	0,55	0,74

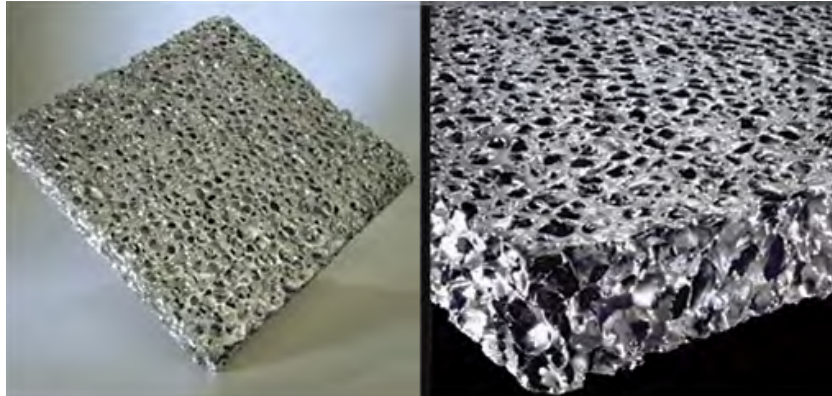
Tabel 2: Absorptiecoëfficiënt (a) akoestische wand Buzziscreen (Buzzispace 2010)



Grafiek 1: Absorptiecoëf. (a) akoestische wand Buzziscreen (Buzzispace 2010)

### 5.3.2 Alusion

Een ander akoestisch product is Alusion. Alusion is een poreuze aluminium plaat. Deze plaat wordt geproduceerd met een vaste breedte van 1,22m en een variabele lengte. Er zijn verschillende mate



Figuur 5.8: Alusion Aluminium Paneel, dichtheid 10% (Alusion 2010)



Figuur 5.9: Toepassing Alusion (Alusion 2010)

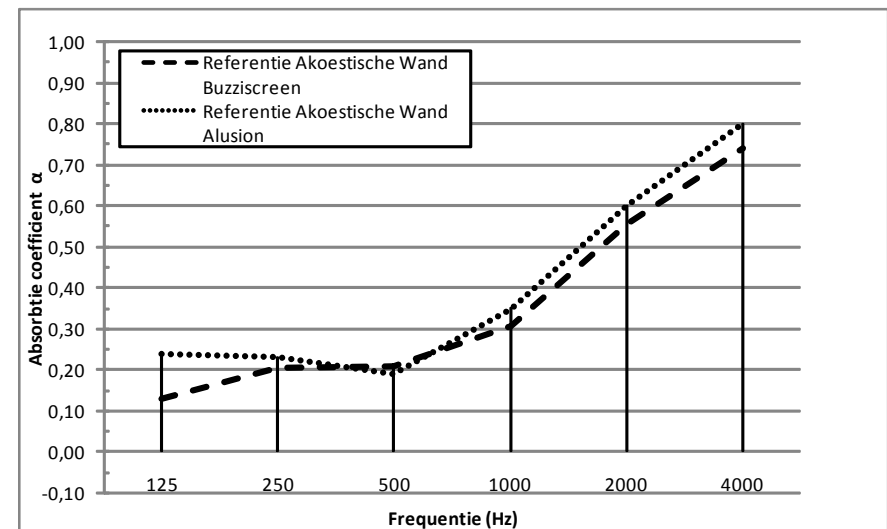
van poreusheid mogelijk (8%, 10%, en 15%) en het is leverbaar in een dikte van 13 mm en 15 mm (Alusion 2010).

Alusion is ook akoestisch getest. Om Alusion met groen te vergelijken is het paneel van 25 mm dik en 15% poreusheid bekeken. Deze variant is een van de betere mogelijkheden qua akoestiek, binnen deze productlijn.

Opvallend is dat de absorptiecoëfficiënten van twee heel verschillende producten erg dicht bij elkaar liggen. Om van groen een succesvol akoestisch product te maken moet de absorptiecoëfficiënt lijn dus vlakbij de lijnen van grafiek 5.2 liggen.

Referentie Akoestische Wand Alusion	125	250	500	1000	2000	4000
Absorptiecoëfficiënt ( $\alpha$ )	0,24	0,23	0,19	0,35	0,60	0,80

Tabel 5.3: Absorbtiecoef. ( $\alpha$ ) Alusion (Alusion 2010)



Grafiek 5.2 Absorbtiecoef. ( $\alpha$ ) Buzziscreen en Alusion (Alusion 2010) (Buzzispace 2010)

## 5.4 Resultaten & Bespreking

Zoals eerder vermeld is bij deze metingen de volgende formule gebruikt:

$$A = \frac{0,1611 * V}{T}$$

Hierin is:

- T de nagalmtijd in s
- V het volume van de ruimte in m<sup>3</sup>
- A de aanwezige geluidabsorptie in m<sup>2</sup> o.r.

Waarbij:

$$A = a_1 * S_1 + a_2 * S_2 + a_3 * S_3 + \dots \text{ (m}^2 \text{ o.r.)}$$

Waarin:

- a<sub>1,2,3,..</sub> absorptiecoëfficiënt materiaal
- S<sub>1,2,3,..</sub> oppervlakte van de constructie in m<sup>2</sup>

In totaal zijn er 17 metingen gedaan; één nulmeting (de nagalmtijd van de lege ruimte) en 16 metingen naar groen (wanden, planten, substraten, in verschillende posities en samenstelling).

Bij al deze metingen is V, het volume van de ruimte in m<sup>3</sup> constant. Het volume van de gebruikte ruimte was 197 m<sup>3</sup>. A is dan gevonden door (0,1611\*V = 0,1611\*197= ) 31,74 te delen door de gemiddelde gemeten waarde voor T.

De oppervlakte S van de constructie in m<sup>2</sup> verschilt per meting en wordt daarom in de legenda van de grafieken vermeld.

Bij alle metingen waren 2 personen in de ruimte aanwezig (een persoon om de ballon te laten knallen en een persoon om de geluidmeter af te lezen). Personen absorberen ook geluidenergie,

maar omdat er bij alle metingen 2 personen aanwezig waren (nulmeting en verdere metingen) heeft dit op het berekenen van de absorptiecoëfficiënt geen invloed.

De temperatuur was rond de 20°C en de luchtvochtigheid rond de 50%. De ventilatievoud is niet bekend. Gedurende de metingen zijn deze omstandigheden gelijk gebleven.

De komende pagina's laat de gevonden absorptiecoëfficiënten van de verschillende proefopstellingen in grafiekvorm zien. De eerste grafiek (grafiek 3) is een overzicht van de 17 metingen plus de 2 referentieproducten (t.b.v. de leesbaarheid van de grafiek zijn hier de foubalken weggelaten)

Overzichtelijker is het echter om verschillende metingen met elkaar te vergelijken, dat is voor de volgende combinaties gedaan:

Grafiek 4: Groene Wanden: aluminium wand in lengte, aluminium wand in breedte, houten wand in lengte, houten wand in hoek. In fig. 10 is in de plattegrond van de meetruimte te zien wat bedoeld wordt met 'in de breedte', 'in de lengte' en 'in de hoek'.

Grafiek 5: Substraten: 4 bakken aarde, 4 bakken hydro, 4 bakken seramis en de 12 bakken samen.

Grafiek 6: Potplanten combinaties: 8 metingen van verschillende 3 verschillende soorten potplanten (geselecteerd op bladgrootte: groot, klein en lang), waarbij ze bij elkaar of gespreid geplaatst zijn. De verschillende soorten apart of samen.

Grafiek 7: 3 planten met groot blad, bij elkaar geplaatst of gespreid.

Grafiek 8: 3 planten met klein blad, bij elkaar geplaatst of gespreid.

Grafiek 9: 3 planten met lang blad, bij elkaar geplaatst of gespreid.

Grafiek 10: 9 planten met verschillende bladsoorten, bij elkaar geplaatst of gespreid.

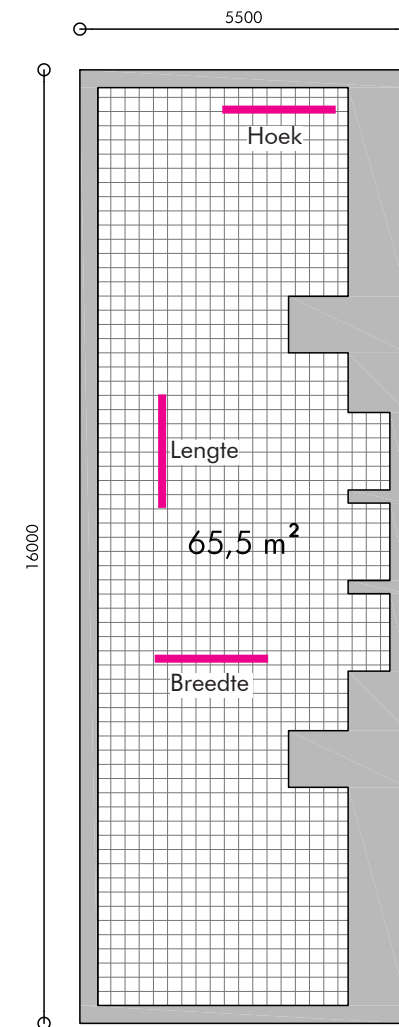
Grafiek 11: Verschillende planten in gespreide situatie.

Grafiek 12: Verschillende planten in bij elkaar geplaatste situatie.

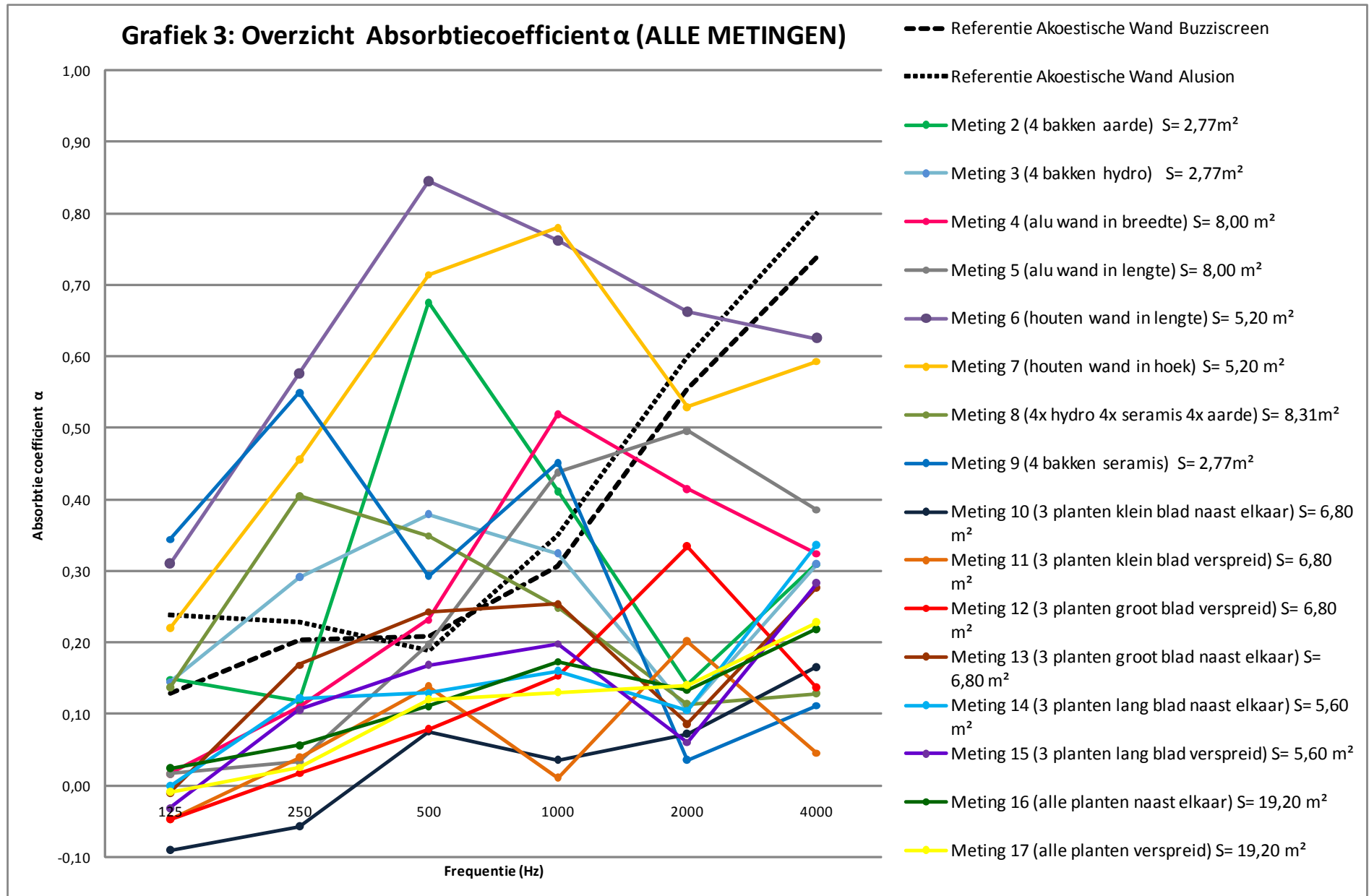
In hoofdstuk 3 'Methoden' is uitgelegd dat niet enkel de absorptiecoëfficiënt  $\alpha$  interessante conclusies kan opleveren, maar ook de  $A$ , de geluidabsorptie in  $m^2$  o.r. Dat is in de laatste 2 grafieken weergegeven:

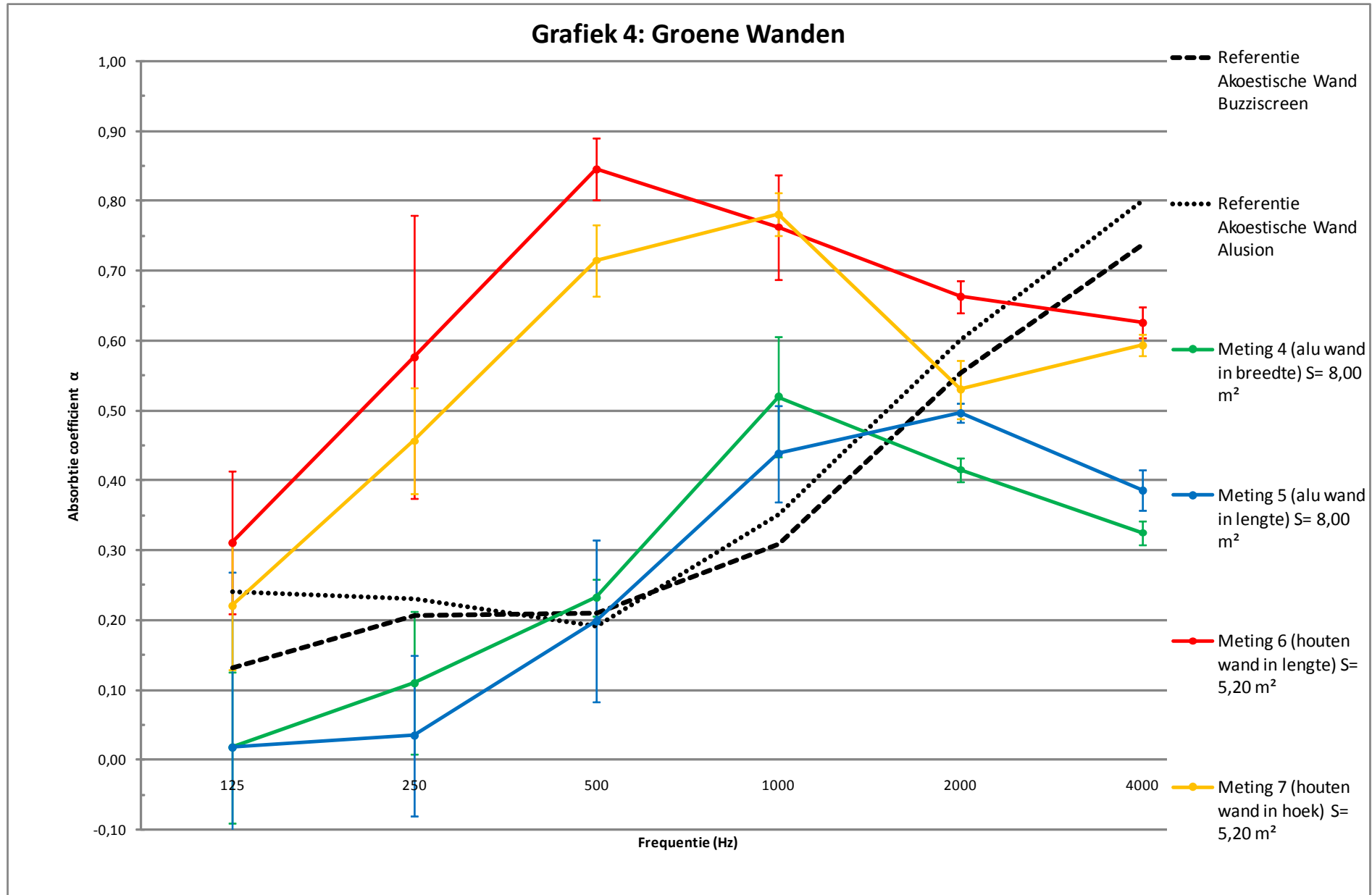
Grafiek 13: Overzicht alle metingen van  $A$ , de geluidabsorptie in  $m^2$  o.r.

Grafiek 14: Selectie van metingen van  $A$ , de geluidabsorptie in  $m^2$  o.r.



Figuur 10: Plattegrond meetruimte schaal 1:100







*Figuur 5.11: Houten wand*



*Figuur 5.12: Seramis blootstelling houten wand*



*Figuur 5.13: Aluminium wand*

#### 5.4.1 Bespreking grafiek 4 'Groene Wanden'

De 'houten' wand heeft een beter effect op de nagalmtijd dan de aluminium wand. Dit is te zien aan de absorptiecoëfficiënt die van 250 Hz t/m 2000 Hz voor de houten wand een stuk hoger ligt (bij 500 Hz scheelt dit ongeveer een 0,5 in de absorptiecoëfficiënt). Dit komt zeer waarschijnlijk doordat de houten wand dikker is en dat er geen grote gaten in zitten. Het seramis is bij deze wand blootgesteld en kan daardoor ook geluidenergie absorberen en dat heeft een positieve

werking. Dit product kan zeer goed concurreren met bestaande akoestische producten op de markt. Ondanks dat er grote gaten in de aluminium wand zitten heeft deze wand toch nog een verassend goede absorptiecoëfficiënt, gelijkwaardig aan die van bestaande producten. De seramis wordt hierbij ook redelijk blootgesteld, wat positief is. De positie van de wand is niet heel uitgebreid getest. Door het grillige oppervlak van de ruimte ontstaat een ingewikkeld geluidswerkaatsing patroon. Daardoor is het moeilijk te voorspellen

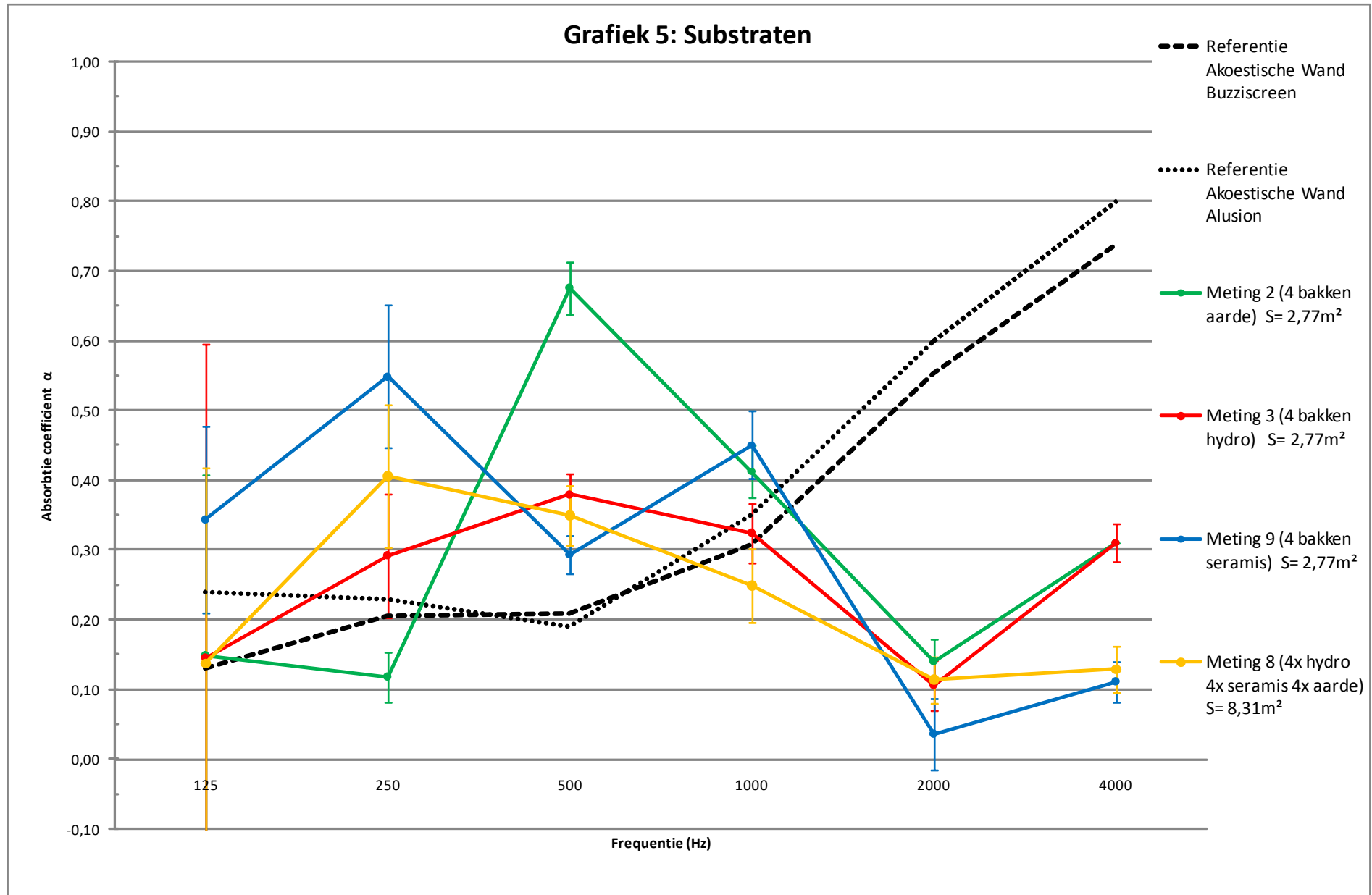
of het verschil in positie in 'rechte' ruitmes hetzelfde is als in deze meetruimte. De aluminium wand is in de lengte en in de breedte geplaatst. Het lijkt erop dat in de breedte plaatsen iets beter werkt dan in de lengte plaatsen. Als echter naar de foutbalken (onzekerheidsmarges) in de grafiek gekeken wordt kan geconcludeerd worden dat dit verschil niet significant is. De foutbalken overlappen elkaar daarvoor te veel.

De houten wand is in de lengte en in de hoek geplaatst. Te verwachten is dat plaatsing in de hoek beter zou werken dan in de lengte, omdat er in de hoek meer reflecties plaatsvinden. Deze reflecties kunnen dan meteen geabsorbeerd worden voordat het 'doorreflecteert' in de ruimte. Als naar de grafiek gekeken wordt, lijkt het erop dat in de hoek plaatsen juist een iets slechtere werking heeft dan in de lengte plaatsen. Dit kan ook komen door het grillige oppervlakte van de ruimte. Bovendien laten de foutbalken alleen bij 500 Hz en 2000 Hz een significant verschil zien.

Op basis van deze metingen kan dus geen goede uitspraak worden gedaan over de positie van de groene wand in de ruimte. Wel is de werking ervan zeer positief en vergelijkbaar met bestaande akoestisch producten. Vooral het blootgestelde seramis speelt hierbij vermoedelijk een belangrijke rol. Daarom wordt in de volgende meting verschillende substraten getest op het effect op de nagalmtijd.

De meetresultaten bij 125 Hz hebben een grote foutmarge, dit blijkt bij alle metingen zo te zijn. Dat betekent dat de metingen bij deze frequentie onbetrouwbaarder zijn. Dit valt te verklaren doordat er bij deze meetmethode wordt uitgegaan van het aanwezig zijn van een diffuus geluidveld. Een diffuus geluidveld houdt in dat de geluiddruk overal gelijk is. Dit komt voor in een gesloten ruimte waar de geluidgolven als gevolg van de beperkte ruimte zich niet onbelemmerd uit kunnen breiden (zoals in het 'vrije veld'). De geluidgolven kunnen zich doordat ze tegen de wanden kaatsen, zich op willekeurige wijze door de ruimte voortplanten. (Linden 2000).

Bij een frequentie van 125 Hz is de golflengte van een geluidsgolf erg groot (t.o.v. de meetruimte), namelijk 2,72 meter. De grootte van deze golf kan het ontstaan van een diffuus geluidveld bij deze frequentie verhinderen, waardoor de meetmethode bij deze frequentie niet even betrouwbaar meer is.



#### 5.4.2 Bespreking grafiek 5 'Substraten'

Bij deze metingen is gekeken naar de werking van de verschillende substraten potgrond, hydrocultuur, seramis en een combinatie hiervan. De substraten zitten in dezelfde soort potten. Deze potten zijn van een hard materiaal en aangenomen is dat zij het grootste deel van de geluidenergie reflecteren, en dus niet absorberen ( $a \approx 0$ ). Daarom is bij de berekening van de absorptiecoëfficiënt ( $a$ ) alleen het oppervlak van de bovenkant gebruikt (alleen het oppervlak van substraat dus, niet van de pot) voor  $S$ . De diameter van de potten is 0,47 m.  $S$  is voor 1 pot dus 0,69 m<sup>2</sup>, en voor 4 potten 2,77 m<sup>2</sup>. Om een goede absorber te zijn, moet het materiaal wel voldoende dikte hebben. Bij deze potten van 25 cm hoog is dit zeker het geval.

Het is niet eenvoudig te zeggen welk substraat het beste akoestisch werkt, omdat de resultaten nogal fluctueren. Het hangt dus van het gewenste frequentiebereik af. Meting 2; 4x aarde, heeft een bijzondere uitschieter bij 500 Hz. De foutbalk hierbij is ook erg klein, dus het is aannemelijk dat aarde een goede absorber is bij 500 Hz ( $a = 0,68$ ).

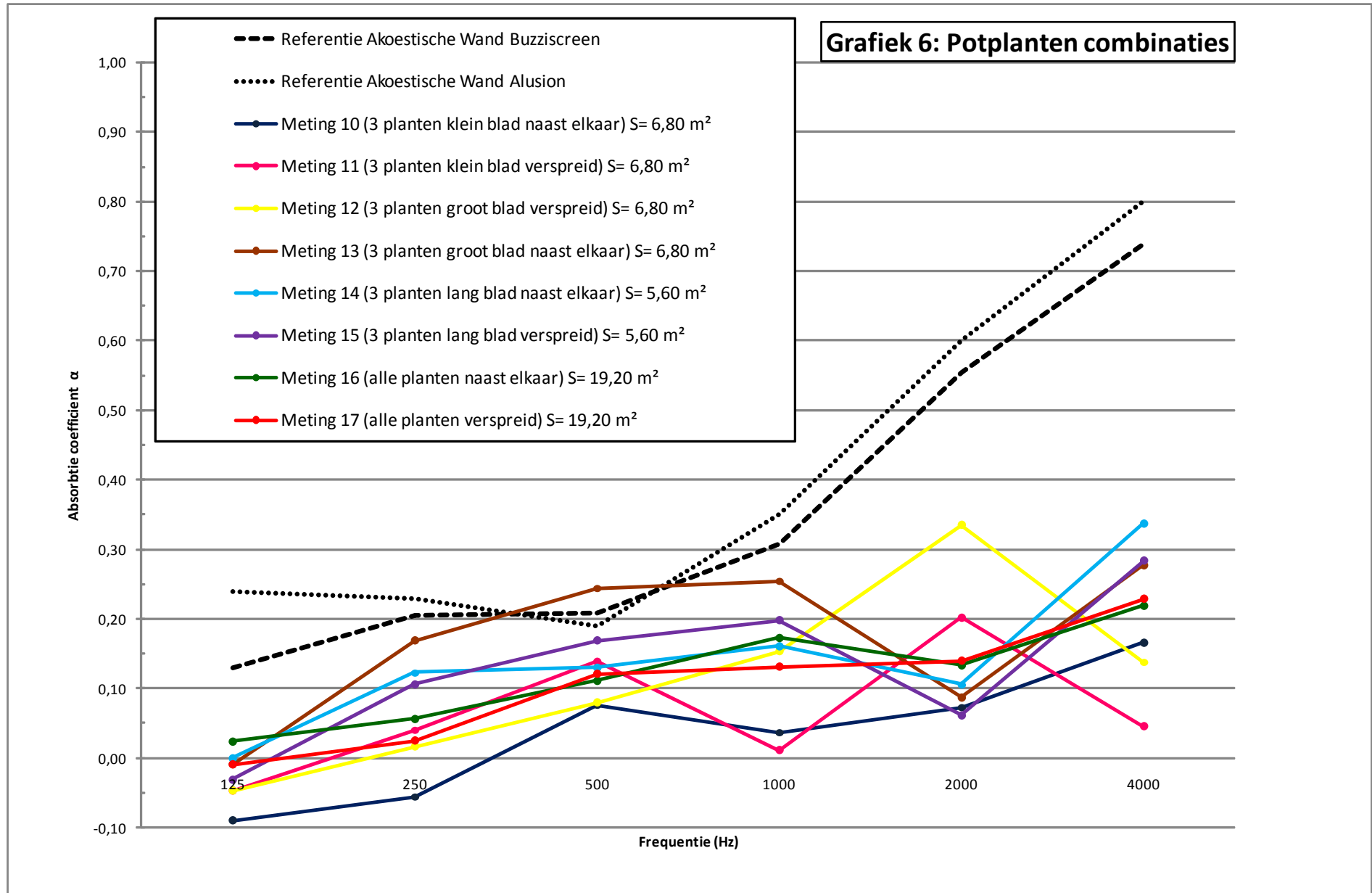
Meting 8; 4x Hydro, 4x seramis, 4x aarde, zou een gemiddelde  $a$  waarde moeten aangeven van de 3 andere metingen. Door het grote oppervlak  $S$  (8,31 m<sup>2</sup>) is bij deze meting de meetonnauwkeurigheid ook kleiner dan bij de 3 andere metingen. Bij de meeste frequenties ligt de  $a$ -waarde van meting 8 ook wel redelijk in het midden. Bij 1000 Hz valt de  $a$ -waarde van meting 8 echter laag uit. Dit betekent wellicht dat de waarden van de 3 andere metingen bij 1000 Hz eigenlijk ook iets lager moeten zijn. Zo bekeken geldt hetzelfde voor de uitschieter van meting 2 bij 500 Hz.

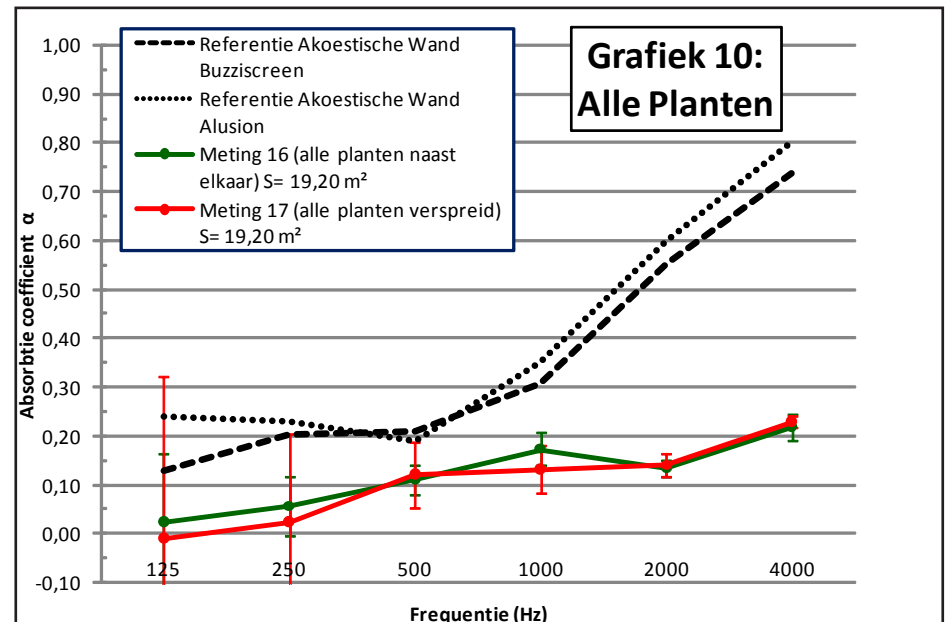
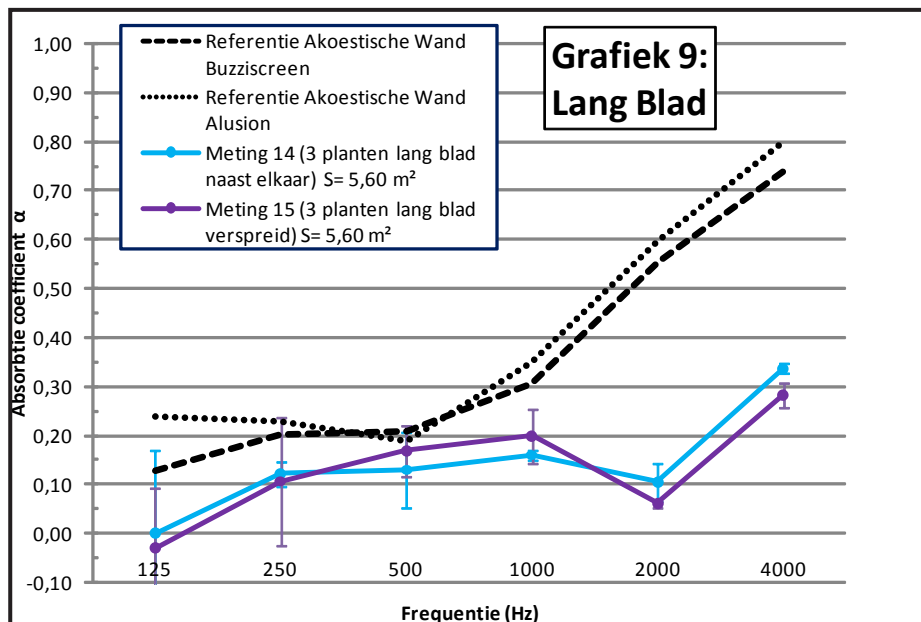
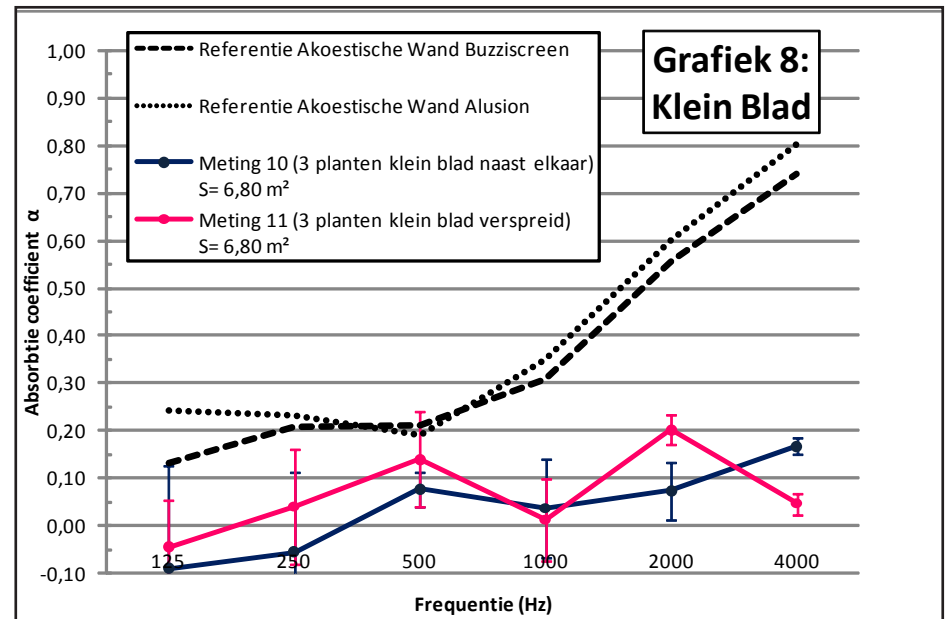
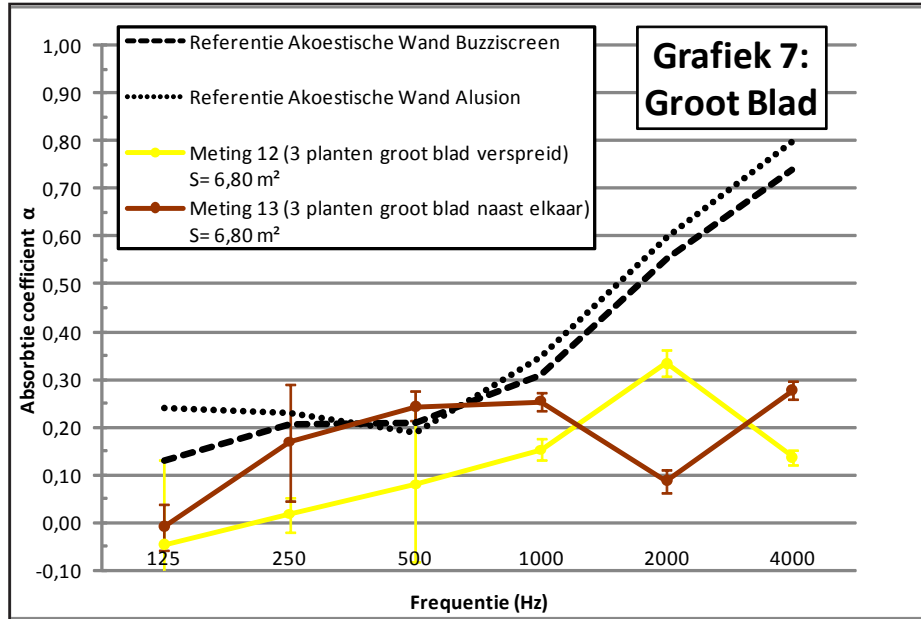
In het algemeen kan gesteld worden dat substraten goede geluidabsorbers zijn, in vergelijking met de referentieproducten, met een piek rond de 500 Hz en een dip rond de 2000 Hz. Het is dus slim om het substraat zoveel mogelijk bloot te stellen, zoals bijvoorbeeld

in de 'houten' wand is gedaan. In het hogere frequentiebereik moet een andere geluidsabsorber gevonden worden. Of de plant zelf hiervoor kan dienen zal in de komende metingen bekeken worden. Het spraakgebied van de mens ligt echter tussen de 500 Hz en 2000 Hz dus daarvoor zijn substraten een zeer goede absorber.



Figuur 5.14: Bakken met hydrokorrels







*Figuur 5.15: Planten met lang blad*



*Figuur 5.16: Planten met groot blad*



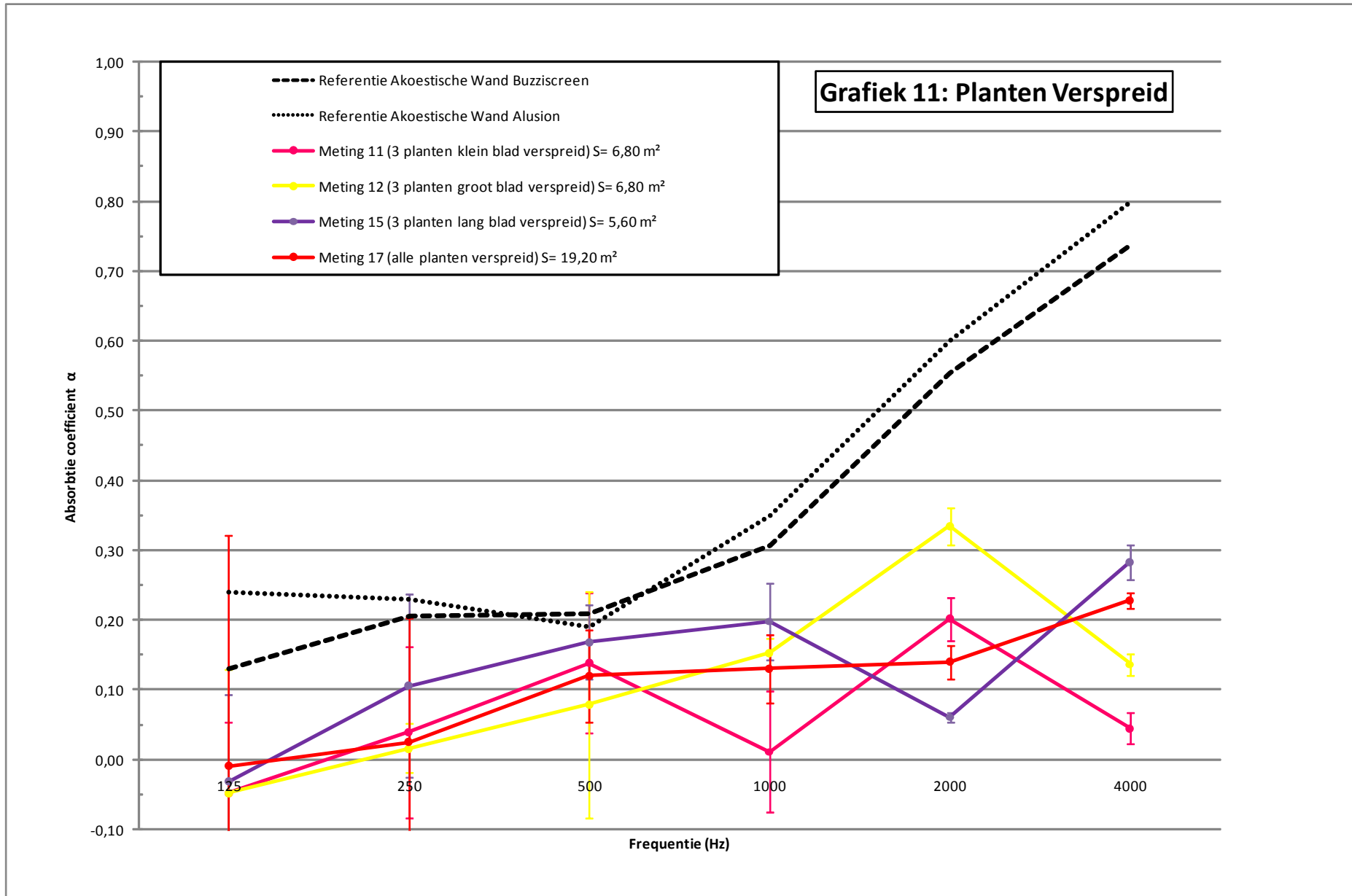
*Figuur 5.17: Planten met klein blad*

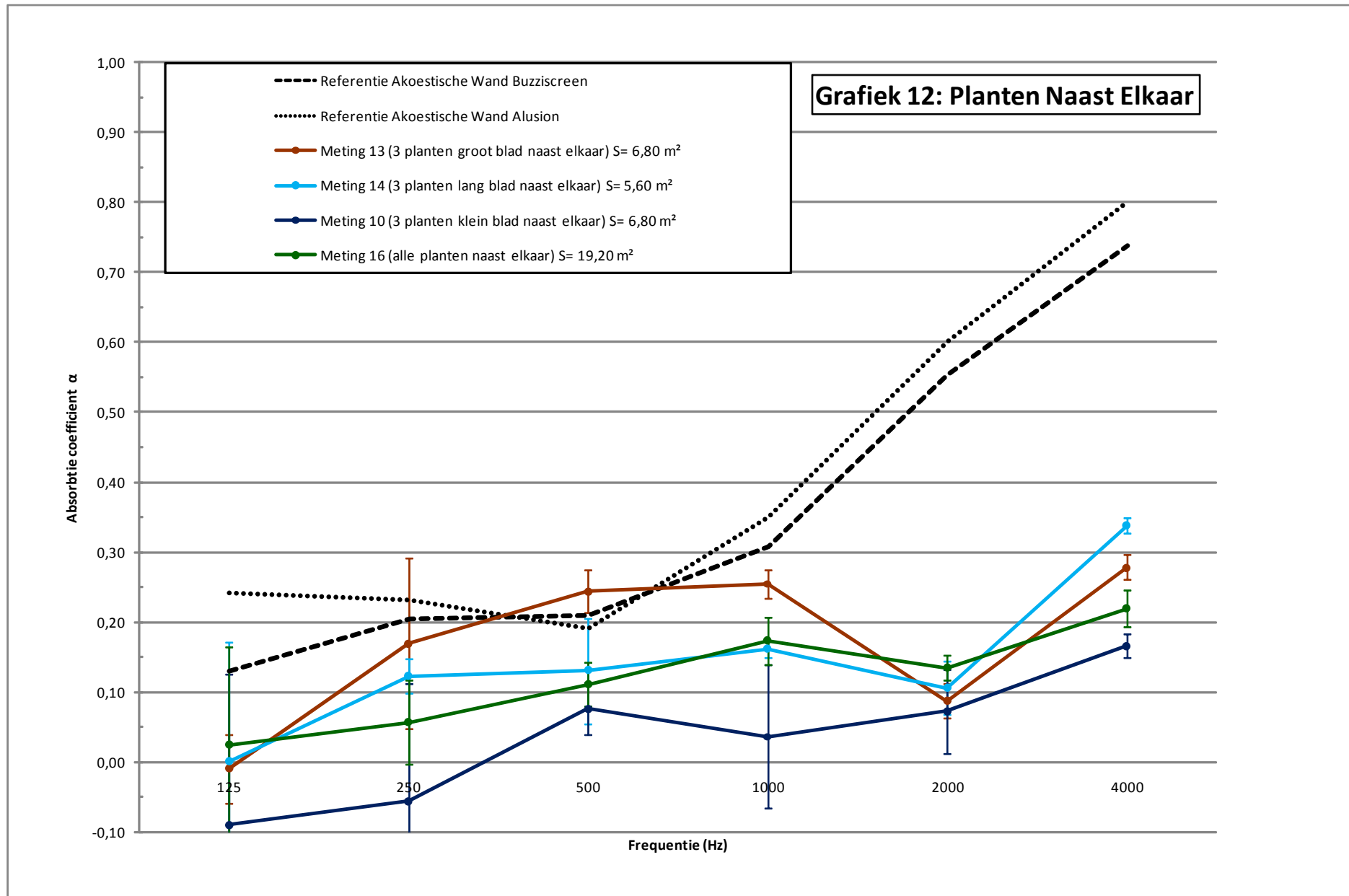


*Figuur 5.18: Planten bij elkaar geplaatst  $S= 19,20 \text{ m}^2$*



*Figuur 5.19: Planten gespreid geplaatst  $S= 19,20 \text{ m}^2$*





#### 5.4.3 Bespreking grafiek 6 tm 12 'Potplanten combi's'

Bij deze metingen is gekeken naar de werking van planten met verschillende bladgrootte en vorm en de positie hiervan in de ruimte

Zoals eerder vermeld is het moeilijk om het oppervlak  $S$  van planten te bepalen. Een mogelijkheid zou daarom zijn om niet de absorptiecoëfficiënt  $a$  uit te rekenen, maar de geluidabsorptie  $A$  welke onafhankelijk is van oppervlak  $S$ . Om de planten toch met de referentieproducten te kunnen vergelijken is ervoor gekozen om een oppervlakte te kiezen en deze bij de 'bij elkaar' of 'gespreide' situatie gelijk te houden. Zo is de absorptiecoëfficiënt  $a$  enkel een factor  $S$  kleiner dan  $A$ , maar wel enigszins vergelijkbaar met de absorptiecoëfficiënt  $a$  van de referentieproducten.

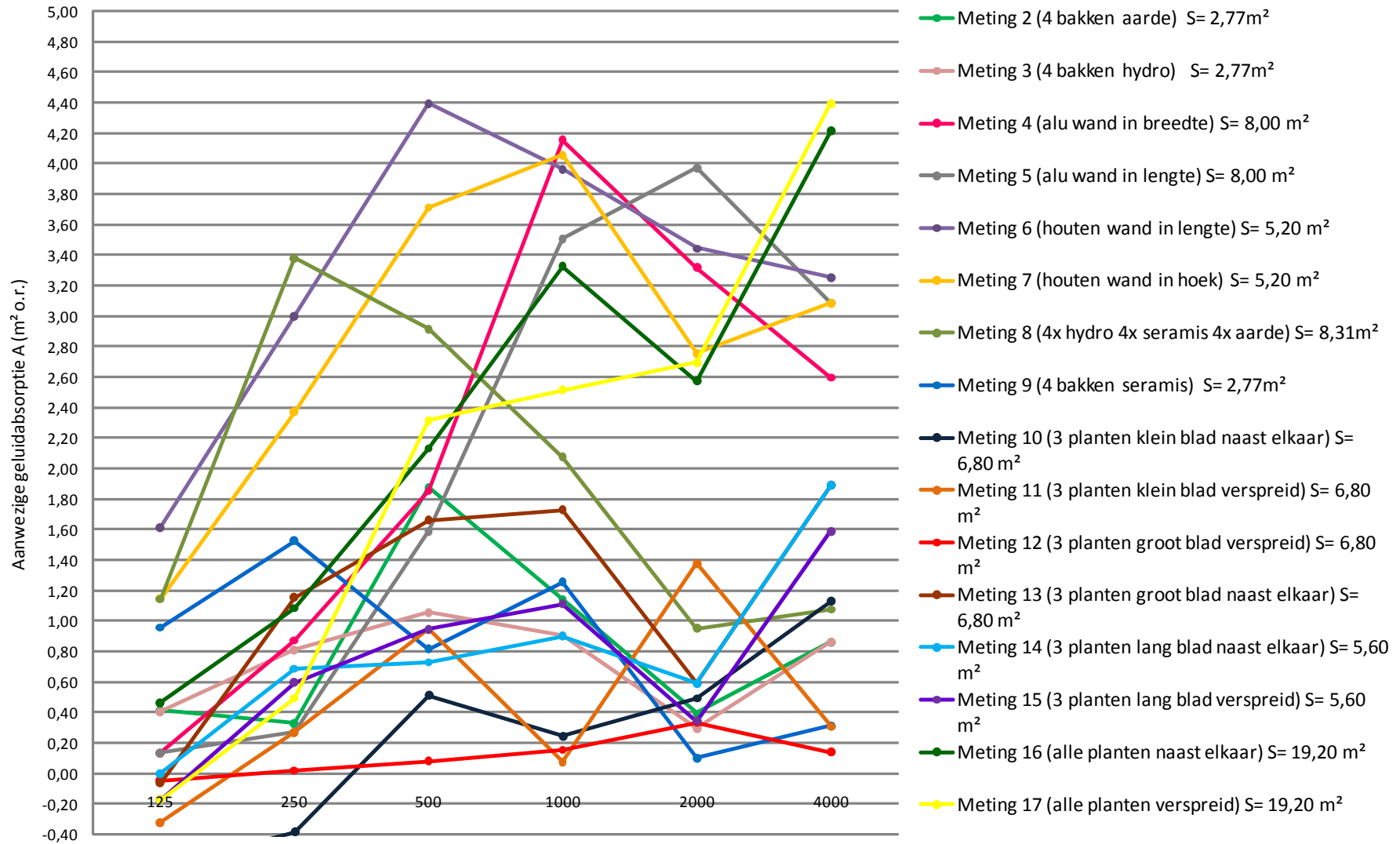
Wat opvalt is dat bij de meeste metingen de waarde van de 'bij elkaar' of 'gespreide' situatie dichtbij elkaar liggen. Dat betekent dat de metingen betrouwbaar zijn, en dat het voor de nagalmtijd niet significant uitmaakt of de planten dicht bij elkaar staan of gespreid staan. Een uitzondering hierop is de vergelijking tussen meting 12 en 13 (grafiek 7). Deze twee lijnen in de grafiek liggen ver uit elkaar. De foubalken zijn bij 250 Hz en 500 Hz dan ook groot, maar bij 2000 Hz, waar de waarde ver uit elkaar liggen, zijn de foubalken wel klein. Een reden hiervoor is niet duidelijk.

Wat opvalt is dat planten met groot blad, bij elkaar gezet de beste absorptie resultaten hebben van de plantencombinaties. Dat komt overeen met de resultaten van het onderzoek van Costa (Costa 1995). Door de redelijk grote foubalken die elkaar overlappen kunnen er verder geen conclusies worden getrokken over welke plantensoorten (qua vorm) en in welke positie het meest positief werken. De gevonden absorptiecoëfficiënten zijn te laag om te kunnen concurreren met de referentieproducten. Uiteraard kunnen de potplanten wel aanvullend werken op blootgesteld substraat en

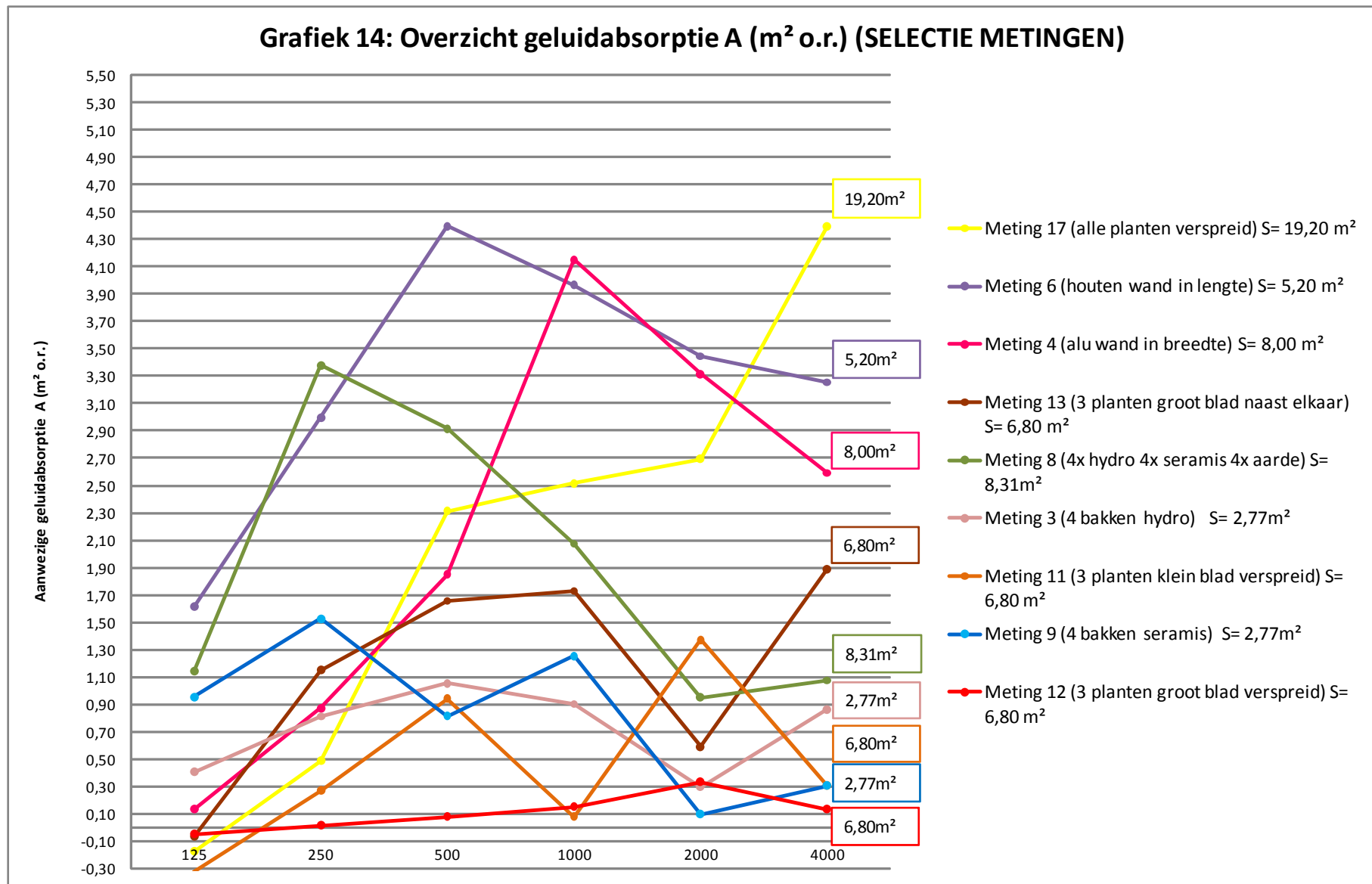
zoals bij de metingen van groene wanden is gezien, levert dit wel een zeer gunstig resultaat op.

Zoals besproken bij de metingen van de substraten zou theoretisch gezien meting 8 een gemiddelde  $a$  waarde moeten aangeven van meting 2, 3 en 9. Hetzelfde geldt nu voor meting 16 en 17. Door het grote oppervlak  $S$  ( $19,20 \text{ m}^2$ ) is bij deze meting de meetnauwkeurigheid ook kleiner dan bij meting 10 t/m 15. Als naar grafiek 11 en 12 wordt gekeken is te zien dat meting 16 en 17 inderdaad in het midden liggen van de andere grafieken. Dit geeft aan dat de metingen nauwkeurig en betrouwbaar zijn.

**Grafiek 13: Overzicht geluidabsorptie A (m<sup>2</sup> o.r.) (ALLE METINGEN)**



**Grafiek 14: Overzicht geluidabsorptie A (m<sup>2</sup> o.r.) (SELECTIE METINGEN)**



5.4.4 Bespreking grafiek 13 & 14 'Geluidabsorptie A'

In grafiek 13 is een overzicht gegeven van de hoeveelheid absorptie A in  $m^2$  o.r. van alle metingen. Omdat dit niet erg overzichtelijk meer is, zijn in grafiek 14 de 4 hoogst scorende metingen (4, 6, 8 en 17), 1 gemiddelde meting (13) en de 4 laagst scorende metingen (3, 9, 11, 12) getoond.

Het interessante van deze grafiek is dat duidelijk wordt dat een grote hoeveelheid (groot oppervlak S) niet automatisch inhoudt dat de hoeveelheid absorptie A in  $m^2$  o.r. ook groot is. Zo is de A van 6,80  $m^2$  planten groot blad verspreid (meting 12) veel lager dan de 5,20  $m^2$  houten groene wand. Dat betekent dat met minder een oppervlak, en dus ruimtebeslag, een beter resultaat wordt behaald.

In deze grafiek wordt nogmaals duidelijk dat, ondanks het grote oppervlak van de 9 geplaatste planten (19,20  $m^2$ ) (meting 17) de absorptie A niet evenredig groot is. Een houten groene wand of aluminium groene wand is dan wat betreft ruimte beslag een veel slimmere keus.

## 5.5 Conclusies

### Grafiek 4: Groene wanden

De 'houten' wand heeft een beter effect op de nagalmtijd dan de aluminium wand. Dit komt zeer waarschijnlijk doordat de houten wand dikker is en dat er geen grote gaten in zitten. Het seramis is bij deze wand blootgesteld en kan daardoor ook geluidenergie absorberen en dat heeft een positieve werking. Dit product kan zeer goed concurreren met bestaande akoestische producten op de markt. Ondanks dat er grote gaten in de aluminium wand zitten heeft deze wand toch nog een verassend goede absorptiecoëfficiënt, gelijkwaardig aan die van bestaande producten. De seramis wordt hierbij ook redelijk blootgesteld, wat positief is. Bij deze metingen is geen significant verschil naar voren gekomen omtrent de positie van de wanden in de ruimte. Dat is er waarschijnlijk wel maar de gebruikte ruimte had waarschijnlijk een te onregelmatig oppervlak om hiervoor goede resultaten te verkrijgen.

### Grafiek 5: Substraten

Het is niet eenvoudig te zeggen welk substraat het beste akoestisch werkt, omdat de resultaten nogal fluctueren. Het hangt dus van het gewenste frequentiebereik af. Meting 2; 4x aarde, heeft een bijzondere uitschieter bij 500 Hz. De foutbalk hierbij is ook erg klein, dus het is aannemelijk dat aarde een goede absorber is bij 500 Hz ( $a = 0,68$ ). In het algemeen kan gesteld worden dat substraten goede geluidabsorbers zijn, in vergelijking met de referentieproducten, met een piek rond de 500 Hz en een dip rond de 2000 Hz. Het is dus slim om het substraat zoveel mogelijk bloot te stellen, zoals bijvoorbeeld in de 'houten' wand is gedaan. In het hogere frequentiebereik moet een andere geluidsabsorber gevonden worden. Het spraakgebied van de mens ligt echter tussen de 500 Hz en 2000 Hz dus daarvoor zijn substraten een zeer goede absorber.

### Grafiek 6 t/m 10: Verschillende potplant combinaties

Wat opvalt is dat bij de meeste metingen de waarde van de 'bij elkaar' of 'gespreide' situatie dichtbij elkaar liggen. Dat betekent dat de metingen betrouwbaar zijn, en dat het voor de nagalmtijd niet significant uitmaakt of de planten dicht bij elkaar staan of gespreid staan. Een uitzondering hierop is de vergelijking tussen meting 12 en 13 (grafiek 7). Deze twee lijnen in de grafiek liggen ver uit elkaar. De foutbalken zijn bij 250 Hz en 500 Hz dan ook groot, maar bij 2000 Hz, waar de waarde ver uit elkaar liggen, zijn de foutbalken wel klein. Een reden hiervoor is niet duidelijk.

Wat opvalt is dat planten met groot blad, bij elkaar gezet de beste absorptie resultaten hebben van de plantencombinaties. Dat komt overeen met de resultaten van het onderzoek van Costa (Costa 1995). Door de redelijk grote foutbalken die elkaar overlappen kunnen er verder geen conclusies worden getrokken over welke plantensoorten (qua vorm) en in welke positie het meest positief werken. De gevonden absorptiecoëfficiënten zijn te laag om te kunnen concurreren met de referentieproducten. Uiteraard kunnen de potplanten wel aanvullend werken op blootgesteld substraat en zoals bij de metingen van groene wanden is gezien, levert dit wel een zeer gunstig resultaat op.

### Grafiek 13 en 14: Geluidabsorptie A in m<sup>2</sup> o.r.

Deze grafieken laten zien dat een grote hoeveelheid (groot oppervlak S) niet automatisch inhoudt dat de hoeveelheid absorptie A in m<sup>2</sup> o.r. ook groot is.

Het wordt nogmaals duidelijk dat, ondanks het grote oppervlak van de 9 geplaatste planten (19,20 m<sup>2</sup>) (meting 17) de absorptie A niet evenredig groot is. Een houten groene wand of aluminium groene wand is dan wat betreft ruimte beslag een veel slimmere keus.

## 5.6 Publicaties

Via Innovatienetwerk is het onderzoek beschreven in dit hoofdstuk als persbericht op ANP gezet. Onderstaand persbericht is op 27 januari 2010 uitgegeven:

### *Groen in beeld bij VROM*

*Rijksbouwmeester Liesbeth van der Pol ontvangt vandaag het boek Plants XL over het gebruik van groen in gebouwen en de DG Rijksgebouwendienst Peter Jägers een speciaal ontwikkelde levende wand van twee bij twee meter, die de akoestiek van ruimtes sterk verbeterd.*

*Kersvers laboratoriumonderzoek van Roby van Praag (Aldus Bouwinnovatie) bij de TU Delft toont aan, dat groene wanden beter presteren dan standaard akoestisch absorptie materiaal. De exacte waardes variëren met de aard van de onderzochte wanden. Dichte systemen zoals die van Zuidkoop halen de hoogste absorptiewaardes en zijn prima in te zetten om het comfort van ruimtes te vergroten. De groene wand die kunstenaar Zeger Reyers ontwikkelde en nu bij VROM staat opgesteld is een relatief open systeem, dat akoestisch vergelijkbaar scoort met standaard referentieproducten. Eerder was al bekend dat groene planten vervuilde lucht zuiveren en bijdragen aan stressreductie.*

*Die thema's komen ook aan bod in het boek Plants XL van Sander Kroll (Kiplant), dat tal van creatieve mogelijkheden toont om met grote planten aan de slag te gaan in gebouwen. Op bijzondere locaties fotografeerde hij een keur aan planten in een architectonische setting.*

*De Groene Wand blijft een jaar lang op het Ministerie van VROM staan om praktijkervaring op te doen en is in opdracht van InnovatieNetwerk van LNV ontwikkeld in het kader van het concept*

*'Bouwen met groen en glas'.*

*Met de plaatsing van de Groene Wand bij het Ministerie van VROM en het aanbieden van het boek Plants XL krijgen Rijksbouwmeester Van der Pol en DG Rijksgebouwendienst Jägers inzicht in twee innovatieve producten op weg naar een groenere leef- en werkomgeving.*

Dit persbericht is opgepakt door twee vaktijdschriften: 'Vakblad voor de Bloemisterij' en 'Tuin&Landschap'. In beide tijdschriften is een leuk artikel verschenen.



Figuur 5.20: Publicatie

---

## 5.6 Literatuurlijst

### Artikelen:

Costa, P. en James R.W. 1995.

*Constructive use of plants in office buildings*. Lecture notes for the catalogue of the symposium 'Plants for People'. Den Haag, The Netherlands.

Klein Hesselink, J. et al. 2006.

*Fysiologische en psychische effecten van planten in de werksituatie op de gezondheid en het welbevinden van werknemers*. Literatuurstudie. TNO-rapport 21573/018.10311, Hoofddorp

### Boeken:

Linden, A.C. van et al. 2000.

*Bouwfysica*. Utrecht/Zutphen, ThiemeMeulenhoff

Verhoeven, A.C. en Vakgroep Bouwfysica. 2003.

*Bouwfysica 1*. Delft, DUP Blue Print, imprint van Delft University Press

### Onderzoeksrapporten:

Ingelaere, B. et al. 2008

*Measurement of the equivalent sound absorption area per object*. Brussels, Belgian Building Research Institute (BBRI), testreport nr. 4669

### Websites:

Buzzispace, bekeken: 20 januari 2010, <<http://www.buzzispace.com>>

Alusion, bekeken; 20 januari 2010, <<http://www.alusion.com>>

## 6. MARKTONDERZOEK - AANBOD

### 6.1 Methode

Nu de positieve effecten van groen in kaart zijn gebracht (hoofdstuk 4 en 5) wordt onderzocht wat voor groenproducten er op dit moment op de markt verkrijgbaar zijn. Daarbij is vooral interessant hoe deze groenproducten inspelen op de bekende positieve effecten van groen.

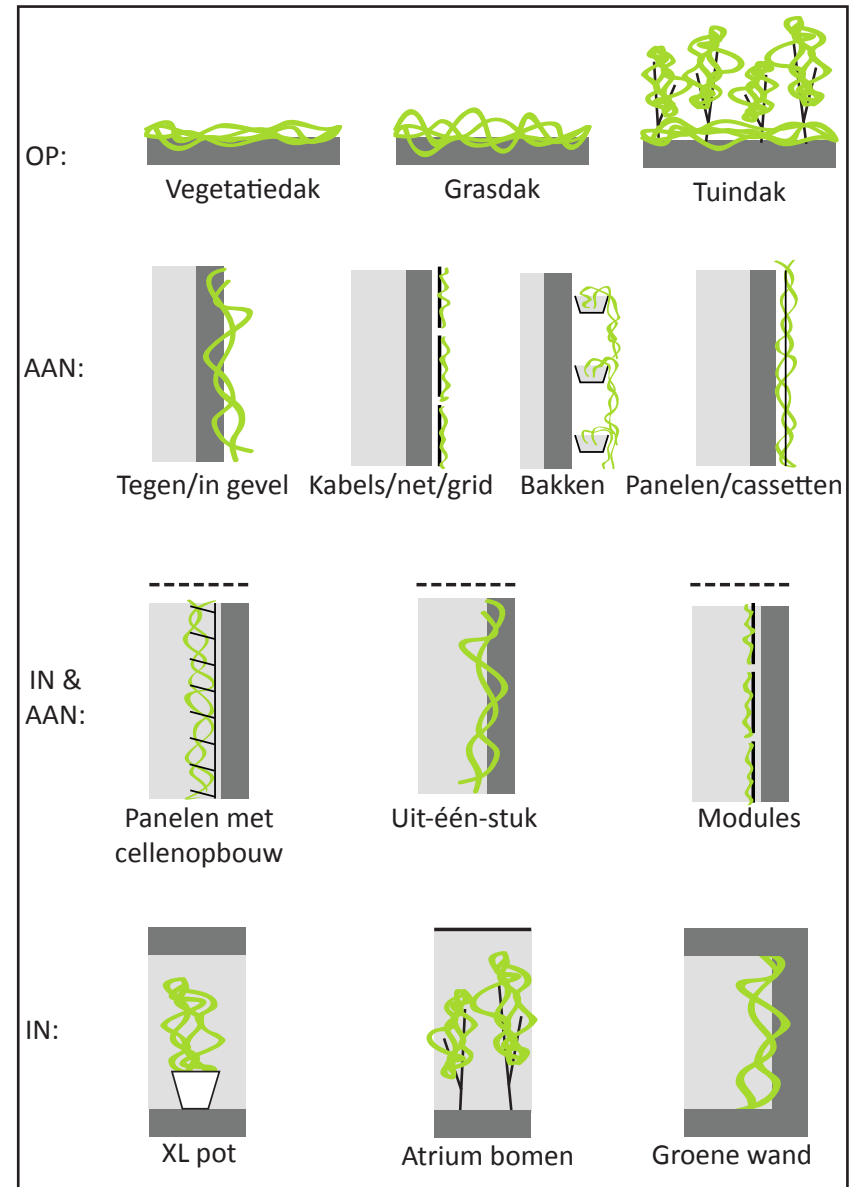
Het doel is om de tweede deelvraag te beantwoorden:

2. *Hoe wordt op dit moment groen in/op/aan gebouwen toegepast en wat is de rol van de positieve effecten van groen hierin?* (marktonderzoek aanbodkant)

Het antwoord op deze vraag geeft inzicht in wat er allemaal mogelijk is op dit moment met groenproducten. Daarnaast kan het ook een aangeven in welke richting van de markt nog veel te innoveren valt, ofwel waar nog 'winst te behalen valt'.

Deze aanbodkant van de markt wordt onderzocht in de vorm van een morfologische kaart. Een morfologische kaart geeft alle theoretisch denkbare oplossingen weer die voor een bepaald probleem te vinden zijn. In het geval van dit onderzoek zijn de theoretische oplossingen te scheiden in producten voor 'in het gebouw', 'aan het gebouw' en 'op het gebouw'. In de praktijk bleek dat er ook een aantal producten op de markt zijn die voor 'in' en 'aan het gebouw' gebruikt kunnen worden.

Hierbij moet vermeld worden dat enkel gekeken is naar producten die door een bedrijf op de markt zijn of worden gebracht, en die daadwerkelijk gekocht kunnen worden. Uitvoeringen die door een



Figuur 6.1: Theoretische oplossingen morfologisch onderzoek

architect zelf zijn bedacht en eenmalig voor een specifiek project zijn toegepast vallen buiten beschouwing.

In figuur 6.1 is schematisch weergegeven welke theoretische oplossingen er zijn bedacht.

Bij deze theoretisch oplossingen zijn bestaande producten gezocht. Geprobeerd is aan te geven per product of en vanuit welk groeneffect (stofopname, akoestische demping etc.) dit product op de markt is gebracht. Om hierachter te komen zijn, als het mogelijk was, de leveranciers geïnterviewd, deze interviews zijn in bijlage 2 te vinden.

Helaas bleek echter dat er nauwelijks tot geen producten op de markt zijn die duidelijk een bepaald positief groeneffect als uitgangspunt hebben. Hierop konden de producten dus niet vergeleken worden. Daarom zijn er drie andere parameters per product bekeken, namelijk:

#### 1. Prijs



Prijs zo mogelijk per m<sup>2</sup>. De schaal is in 5'en gedeeld:

- €0,- tm €200,-
- €200,- tm €400,-
- €400,- tm €600,-
- €600,- tm €800,-
- €800,- en hoger

#### 2. Ontwikkeling



Hier wordt aangegeven in hoeverre het product doorontwikkeld is. Als het product al jaren hetzelfde is en er dus geen innovaties hebben plaatsgevonden krijgt het geen groene vakjes. Is het product volop in ontwikkeling dan krijgt het vijf groene vakjes. Hoe lang het product al op de markt is hoeft hier dus niks mee te maken, maar nieuwe producten hebben vaak nog 'kinderziektes' waardoor ze vaker nog in

ontwikkeling zijn vergeleken met producten die al langer bestaan.

#### 3. Onderhoud



Schaalverdeling van nagenoeg nooit onderhoud (0 vakjes groen) tot wekelijks onderhoud (5 vakjes groen).




### 6.2 Morfologisch Onderzoek

Het volledige morfologisch onderzoek is in de vorm van een interactief .pdf-bestand gemaakt. De eerste sheet is een overzicht waarin de verschillende producten aangeklikt kunnen worden. Ook is er een sheet met een vergelijkingstabel van alle producten. De losse sheets van dit interactieve pdf-bestand zijn in bijlage 3 te vinden.

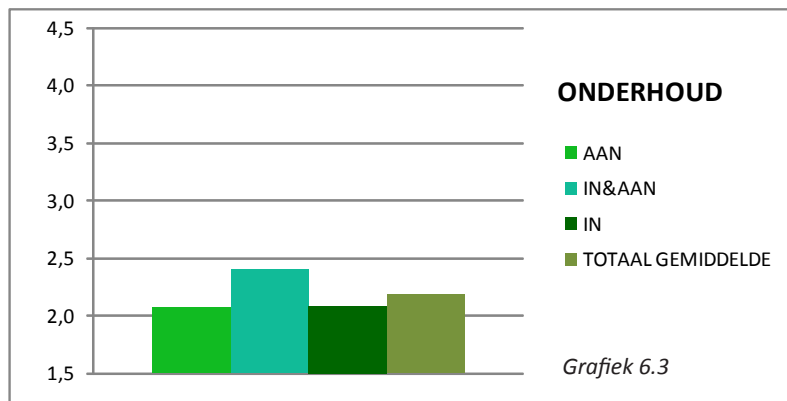
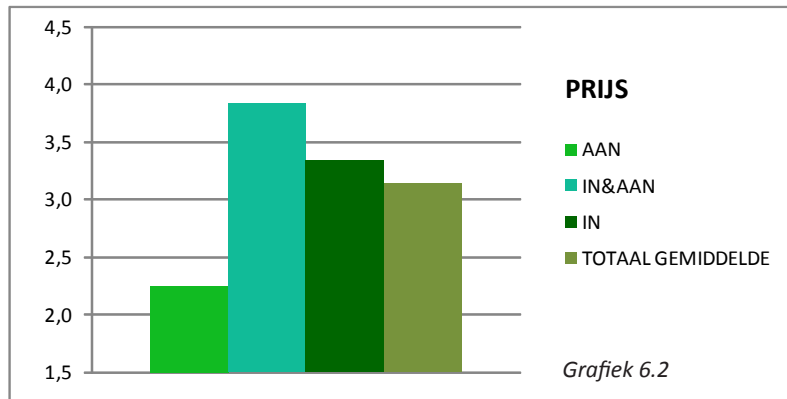
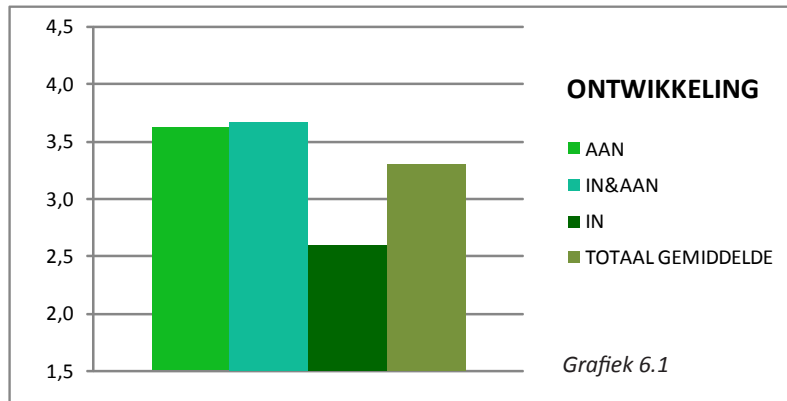
### 6.3 Conclusies

Tijdens het maken van deze morfologische kaart werd als snel duidelijk dat de productgroep 'op gebouwen' (groene daken) al erg ver ontwikkeld is en nog steeds volop aan het innoveren is. Daarnaast zijn er al heel veel marktpartijen mee bezig zijn en er zijn zelfs ook al echte 'prijsvechters' op de markt. Het is dus niet zo interessant om een innovatief bouwproduct in deze hoek te zoeken, de andere categorieën (in & aan) bieden veel meer mogelijkheden. Daarom wordt vanaf dit punt in het onderzoek de categorie 'op gebouwen' buiten beschouwing gelaten.

In tabel 6.1 zijn er waarde toegekend aan de parameters (5 groene vakjes = 5 'punten') zodat de verschillende productgroepen en categorieën vergeleken kunnen worden. Van deze tabel zijn ook staafgrafieken geplott, zie grafiek 6.1 tm 6.3.

	ONTWIKKELING 	PRIJS 	ONDERHOUD 	GROEN EFFECTEN
	(1= staat stil, 5 = volop in ontwikkeling)	(1 = zeer goedkoop, 5 = erg duur)	(1 = nagoenoeg nooit, 5 = wekelijks)	(1 = zeer weinig, 5 = zeer veel)
<b>AAN</b>	<b>3,6</b>	<b>2,3</b>	<b>2,1</b>	<b>0,0</b>
tegen & in gevel:	3,3	1,5	2,3	0,0
kabels/net/grid:	4,0	1,0	3,0	0,0
cassetten:	5,0	3,0	1,0	0,0
bakken:	3,0	3,5	2,0	0,0
<b>IN&amp;AAN</b>	<b>3,7</b>	<b>3,8</b>	<b>2,4</b>	<b>0,0</b>
uit-één-stuk:	5,0	3,0	4,0	0,0
panelen cellenopbouw:	3,0	4,0	1,5	0,0
modules:	3,7	4,5	1,7	0,0
<b>IN</b>	<b>2,6</b>	<b>3,3</b>	<b>2,1</b>	<b>0,0</b>
XL Pot	1,0	3,0	1,0	0,0
Atrium Bomen	2,0	3,0	2,0	0,0
Groene Wand	3,3	4,0	3,3	0,0
<b>TOTAAL GEMIDDELDE</b>	<b>3,3</b>	<b>3,1</b>	<b>2,2</b>	<b>0,0</b>

Tabel 6.1: Vergelijking groenproducten



De kolom 'Groen Effecten' is opgenomen om aan te geven dat geen van de groenproducten expliciet iets doet met de bekende positieve effecten van groen. Daarom scoren alle productgroepen hierbij 0,0.

De tabel en de bijhorende grafieken laten duidelijk twee dingen zien die opvallen: de lage score voor de 'IN-markt' bij 'ontwikkeling' en de relatief lage prijs voor de producten uit de 'AAN-markt'. De gelijkmatigheid in de grafiek 6.3 is ook interessant, blijkbaar is er hoe dan ook een minimale hoeveelheid onderhoud nodig.

In het algemeen kan geconcludeerd worden dat de 'AAN-markt' goed in ontwikkeling is en dat deze producten ook nog voor een relatief lage prijs verkocht worden. Deze markt lijkt vanuit dit oogpunt dus niet zo interessant om een nieuw product voor te bedenken. Voor de 'IN & AAN-markt' geldt hetzelfde, alleen zijn dit gemiddeld veel prijzigere producten. Een vernieuwend product wat voor een relatief lage prijs in deze categorie valt is mogelijk een kansrijke optie.

De ontwikkeling in de 'IN-markt' ligt erg laag ten opzichte van de twee andere markten. Als er inhoudelijk naar wordt gekeken is dat erg opvallend. Nederland is namelijk altijd een van de belangrijkste landen ter wereld geweest als het gaat om interieurbepanting (denk aan de enorme bloemveiling die dit land rijk is). Daarom is het erg zonde dat alle kennis die er is niet wordt gebruikt om de bestaande producten te innoveren en een stapje verder te denken. De eerste groene wanden zijn in opkomst maar hier valt nog heel veel aan te ontwikkelen en te onderzoeken.

Daarnaast zijn de bestaande producten prijzig en de score bij onderhoud is ook aan de hoge kant (score 3,3; de op één na hoogste voorkomende score in tabel 6.1). Hier kan een nieuw product dus ook goed op inspelen.

Een ander belangrijk aspect bij de aanbodkant van producten zijn de Unique Selling Points (USP's). Een USP geeft uniek(e) eigenschap(pen)

van een product of dienst aan, waardoor het product of de dienst zich onderscheidt van vergelijkbaar aanbod in de markt. Het is dus heel gunstig voor een product als het over een USP beschikt. Zodra andere producten op de markt over dezelfde eigenschap bezitten is het geen Unique Selling Point meer, maar gewoon een Selling Point (SP).

In tabel 6.2 is aangegeven wat voor mogelijke (U)SP's een groenproduct zou kunnen hebben. Deze zijn gewaardeerd op 'uniekheid'; hoe unieker de eigenschap hoe hoger de score. In tabel 6.3 is vervolgens aangegeven welke (U)SP's bij de bestaande productgroepen passen. (U)SP 1 is de belangrijkste 'sterkste' Selling Point. De maximale score die te behalen valt is dus 15, wat in het cijfer wordt vertaald als 100%.

Duidelijk naar voren komt in deze tabel dat de positieve effecten van groen (de fysiologische effecten) op dit moment niet als SP gebruikt worden. Hoge scores worden daardoor niet behaald, de

maximale score is 53%, wat erg laag is. De SP's die wel in tabel 6.3 voorkomen zijn geen SP's die per se een groenproduct omschrijven. Dat betekent dat deze producten theoretisch makkelijk door een ander, waarschijnlijk goedkoper, niet-groen product vervangen kunnen worden. Dit maakt de huidige groenproducten dus geen sterke marktproducten. Daarnaast zijn er weinig producten die in het goedkope segment vallen.

Erg opvallend is dat het meest vernieuwende product in de IN-categorie (de groene wand) de laagste score heeft van de hele tabel (27%). Hiermee wordt dus nogmaals bevestigd dat in deze categorie nog veel te ontwikkelen valt en nog veel mogelijkheden open liggen.

Aan de hand van het morfologisch onderzoek en de (U)SP analyse is besloten om vanaf dit punt in dit bouwtechnisch onderzoek te focussen op de ontwikkeling van een innovatief groenproduct voor in het interieur.

(UNIQUE) SELLING POINTS ((U)SP)	WAARDERING
VOCHTUITWASEMING	5
CHEMISCHE STOFOPNAME	5
STOF (DEELTJES) OPVANGEN	5
GELUIDSDEMPING	5
GELUIDISOLATIE	5
ZONREGULERING	5
WARMTE ISOLATIE	5
GOEDKOOP	4
ONDERHOUDSARM	4
BESCHERMING FACADE	3
VEEL ERVARING	2
VEEL VARIATIES	2
VERNIEUWEND	1
STRAK/ESTHETISCH	1
PRETTIG GEVOEL	0

Tabel 6.2: Mogelijke (Unique) Selling Points groenproducten

	(U)SP 1	(U)SP 2	(U)SP 3	SCORE	CIJFER (score 15 =100%)
<b>AAN:</b>					
tegen & in gevel:	GOEDKOOP	VEEL ERVARING	VEEL VARIATIES	8	53%
kabels/net/grid:	GOEDKOOP	VEEL ERVARING	VEEL VARIATIES	8	53%
cassetten:	ONDERHOUDSARM	VERNIEUWEND	STRAK/ESTHETISCH	6	40%
bakken:	ONDERHOUDSARM	VEEL ERVARING	STRAK/ESTHETISCH	7	47%
<b>IN&amp;AAN:</b>					
uit-één-stuk:	WARMTE ISOLATIE?	VERNIEUWEND	STRAK/ESTHETISCH	7	47%
panelen cellenopbouw:	ONDERHOUDSARM	VERNIEUWEND	STRAK/ESTHETISCH	6	40%
modules:	ONDERHOUDSARM	VERNIEUWEND	STRAK/ESTHETISCH	6	40%
<b>IN:</b>					
XL Pot	ONDERHOUDSARM	VEEL ERVARING	VEEL VARIATIES	8	53%
Atrium Bomen	ONDERHOUDSARM	VEEL ERVARING	VEEL VARIATIES	8	53%
Groene Wand	VEEL VARIATIES	VERNIEUWEND	STRAK/ESTHETISCH	4	27%

Tabel 6.3: Toekenning mogelijke (U)SP's aan productgroepen

## 7. MARKTONDERZOEK - VRAAG

### 7.1 Methode

Nu de positieve effecten van groen in kaart zijn gebracht (hoofdstuk 4 en 5) en bekend is in welke richting van de markt de beste mogelijkheden liggen om te innoveren (hoofdstuk 6) wordt onderzocht op wat voor groenproducten de markt nou eigenlijk zit te wachten, ofwel de vraagkant van de markt.

Daarmee kan de derde deelvraag beantwoord worden:

3. *Worden de positieve effecten van groen momenteel economisch gewaardeerd?*

De vraagkant wordt onderzocht in de vorm van interviews. Er is gekozen om facilitair managers en architecten te interviewen omdat deze personen allen een beslissende rol spelen bij de keuze óf, hoeveel en wat voor soort groen er in of aan een gebouw wordt toegepast.

### 7.2 Interviews

De volledig uitgeschreven interviews kunnen in bijlage 4 gevonden worden. In dit hoofdstuk worden de gestelde vragen beschreven en de antwoorden zo algemeen mogelijk samengevat en een conclusie geformuleerd (onderlijnd).

#### Facilitair Beheer:

1. *Wat zijn volgens u voordelen of positieve effecten van het toepassen van groen in gebouwen?*

Alle facilitair managers zijn ervan op de hoogte dat groen een positieve uitwerking heeft op medewerkers. Genoemde redenen:

- Groen werkt rustgevend
- Geluiddempend
- Een huislijke uitstraling.
- Laat zien dat de werkgever goed voor zijn/haar werknemers zorgt.
- Mensen beter functioneren als ze in de omgeving, of zelfs alleen maar zicht hebben op groen.
- CO<sub>2</sub> en chemische stof opname
- Vriendelijke en bijzondere uitstraling gebouw

Vooraf gezondheidseffecten worden veel genoemd. Fysiologische effecten worden matig genoemd.

2. *In veel kantoren en openbare gebouwen in Nederland ontbreekt het groen of is het zeer minimaal aanwezig. Wat is volgens u de reden dat de hoeveelheid groen in gebouwen op zo'n laag niveau blijft steken?*

- Onbekend maakt onbemind. Groen op grote schaal binnen toepassen staat nog in de kinderschoenen.
- De kosten. Omdat de kwaliteiten van groen erg gevoelsmatig zijn, er zijn geen harde feiten, is het moeilijk tegen de kosten af te wegen. Maar onderhoud geen reden om groen in een commercieel bedrijf niet toe te passen. Met een onderhoudscontract heb je er geen omkijken meer na.
- Risico, stel dat een boom in een atrium dood gaat, dan heb je een groot probleem omdat de boom toch de vitaliteit van het gebouw uitstraalt. Dat probleem heb je met kunst natuurlijk niet. Ook ingewikkelde watergeef systemen hebben een risico in zich dat er lekkage ontstaat.
- Groen kan invallend daglicht en zichtlijnen belemmeren
- Past niet bij strak, zakelijk imago.

Zekerheid en risicoloosheid zijn belangrijke overwegingen. Kan een

product daarin overtuigen dan zijn kosten minder belangrijk.

3. *Heeft u het idee dat de gedachte over groen in en aan gebouwen aan het veranderen is? Zo ja, waar merkt u dat aan?*

- Die tendens is aan het veranderen. Bij Productschap Tuinbouw, waar een groene wand staat, is steeds meer interesse de groene wand te bekijken en wordt er geïnformeerd hoe ermee om te gaan.
- Werknemers vragen om groen als het er niet is. Alleen zichtgroen voldoet niet.
- Huidige crisis kan nadelig zijn voor groen, aangezien groen in dan toch een van de eerste onderdelen is waarop bezuinigd wordt.

Werknemers geven aan graag groen op de werkplek te willen.

4. *Hoe vaak wordt het groen in uw gebouw onderhouden? Is dit een grote kostenpost?*

Onderhoud van 1x per maand is acceptabel, vaak is ook 1x in de 6 weken mogelijk. 1x in de 2 maanden iemand die groot onderhoud doet (snoeien, verpotten) is wenselijk. Het is een redelijke grote kostenpost maar wel de moeite waard.

Onderhoud van 1x per maand is acceptabel, 1x in de 6 weken is prima.

#### **Architecten:**

1. *Wat zijn volgens u voordelen of positieve effecten van het toepassen van groen in gebouwen?*

De architecten hebben de groeneffecten niet heel parraat. Veel genoemd wordt:

- Esthetiek
- CO<sub>2</sub> opname
- Waterbuffering
- Gevoel van rust, prettige sfeer

Vooral sfeer- en uitstralingseffecten worden veel genoemd.

Fysiologische effecten worden amper genoemd, op CO<sub>2</sub> opname na.

2. *Wat zijn de reacties van opdrachtgevers op ontwerpen waarin u groen heeft toegepast?*

In eerste instantie erg positief. Niet altijd is het prijskaartje de reden om het uiteindelijk toch niet toe te passen, vaak spelen zaken als 'hoe vaak vindt het onderhoud plaats' en 'wie is er uiteindelijk verantwoordelijk' een belangrijkere rol. Als deze vragen, vooral over onderhoud, goed weerlegd kunnen worden door de architect, dan zijn veel opdrachtgevers wel voor meer groen te porren.

Beheer, onderhoud en budget spelen belangrijke rol bij de keuze voor groen.

3. *Vaak wordt ontworpen groen uiteindelijk wegbezuinigd. Wat zijn hiervoor de argumenten en welke partij geeft deze argumenten? In welke fase gebeurt dit?*

Als een architect de opdrachtgever eenmaal weet te overtuigen, zijn vaak onderhoud en beheer een grotere zorg dan de kosten. Groen bepaald voor een belangrijk deel de uitstraling van een gebouw, veel opdrachtgevers willen daar dan niet op bezuinigen. Voordat ze overtuigd zijn is een ander verhaal, het is dus belangrijk dat architecten alle tegenargumenten goed kunnen weerleggen.

De groenkennis van de architect is essentieel bij het overtuigen van opdrachtgevers

4. *Is er een bepaald groen product dat u mist in het groene marktsegment?*

Nee, na lange stilte is hier vaak niet echt een antwoord op. Architectenbureau Paul de Ruiter is zelf ook bezig met de

ontwikkeling van een groenproduct en heeft daardoor als enige hier een antwoord op.

Verder dan hippe plantenbakken en bomen in binnenplaats wordt vaak nog niet gedacht door architecten.

*5. In hoeverre zorgt u als architect voor de uitvoering van het groen?*

Er wordt altijd een groenleverancier erbij gehaald. In hoeverre de architect dan nog inspraak heeft verschilt per bureau. Soms staan op de renders van de ontwerpen veel meer groen dan wat er uiteindelijk gebouwd is (zie afb. 7.1). Het groen verkoopt dus wel, maar het zijn dan toch budgettaire redenen als het minimaler wordt uitgevoerd.

Groen verkoopt! Relatie architect en groenleverancier is essentieel voor een goede uitvoering van groen.

### 7.3 Conclusies

De conclusies uit de interviews zijn erg interessant en goed om te weten. Uiteindelijk bleek echter dat het vooral nuttige informatie is om het Programma van Eisen te kunnen vullen en realistisch te maken.

Daarnaast is duidelijk geworden dat mensen uit de doelgroep matig op de hoogte zijn van positieve effecten van groen. De vraag naar groenproducten die daadwerkelijk iets doen met die effecten is dan ook niet echt te constateren. Dit is ook moeilijk te onderzoeken met een interview omdat er geen vergelijkbare producten zijn, waarover de personen kunnen oordelen. In feite is het een open vraag zonder enig kader of referentie, dus moeilijk te beantwoorden.

Aan de hand van deze interviews zou het antwoord op deelvraag 3 dus zijn: Nee, de positieve effecten van groen worden momenteel niet economisch gewaardeerd. De reden hiervoor is dat deze effecten bij de doelgroep matig bekend zijn en dat ze groen dan dus ook niet

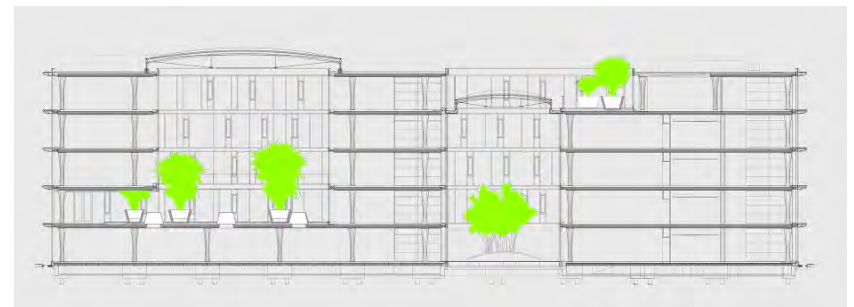
zien als iets wat hun leefklimaat kan verbeteren. Als men niet weet dat het bestaat kan men het ook niet vragen.

Wat wel naar voren is gekomen is dat werknemers aangeven groen op de werkplek te willen en dat renders van de architect met veel groen goed verkoopt: er is dus wel een vraag. Maar wat dat groen zou kunnen zijn is niet duidelijk. Bij groen binnen denkt men niet verder dan planten in potten of hooguit bomen in een atrium.

Om toch een duidelijke vraag te kunnen beschrijven voor een interieur groenproduct is er gekozen voor een andere aanpak. In hoofdstuk 8 wordt hier verder op ingegaan.



*Figuur 7.1 en 7.2: Radix gebouw van architectenbureau DP6. Op de tekening staat groen in de binnenplaats geplaatst, op de foto is hier niks van te zien. (www.dp6.nl)*



## 8. CASESTUDIES

### 8.1 Methode

Zoals in het vorige hoofdstuk is beschreven blijkt dat momenteel de positieve effecten van groen niet echt economisch gewaardeerd worden, omdat deze effecten nog maar matig bekend zijn bij de doelgroep. Toch heerst er wel een bepaalde vraag naar groen.

In dit hoofdstuk wordt deze vraag naar groen onderzocht. Er zijn twee actuele onderwerpen, de twee casestudies, gevonden waarvan wordt vermoed dat de effecten van groen (een deel van) de problematiek kan oplossen. De problematiek van deze twee onderwerpen, 'Flexplekken' en 'Frisse Scholen', worden beschreven en gekeken wordt hoe de positieve effecten van groen hierop in kunnen spelen.

### 8.2 Casestudy 1: Flexplekken

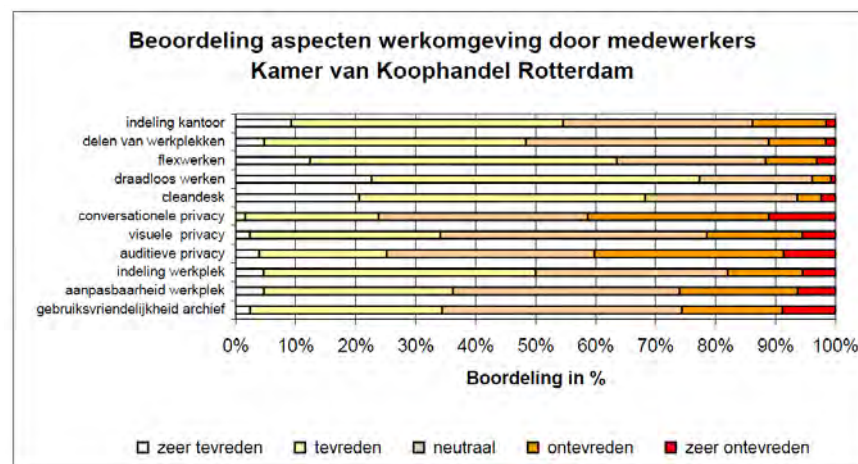
Als basis voor de beschrijving van de problematiek rondom flexplekken zijn de artikelen van dr. ir. Theo van der Voordt gebruikt. Van der Voordt werkt als universitair hoofddocent op de afdeling Real Estate & Housing op de faculteit Architectuur van de TU Delft en is senior onderzoeker bij kenniscentrum Center for People & Buildings. Dit kenniscentrum is gespecialiseerd in onderzoek naar de relatie tussen mens, werk en omgeving. Van der Voordt heeft veel onderzoek gedaan naar en artikelen geschreven over innovatieve kantooromgevingen.

Het gebruik van de computer en e-mail is steeds normaler geworden op kantoren en daarmee ook het flexibel werken. Medewerkers kunnen makkelijk een dagje thuis werken en een vaste werkplek op kantoor is ook niet meer nodig. Het enige wat een werknemer nodig

heeft is een computer waarop ingelogd kan worden. Door flexibel gebruik te maken van de werkplekken, de flexplekken, zijn er minder werkplekken nodig en daardoor kan de werkgever flink besparen op facilitaire kosten.

Daarnaast hebben kantoren met flexplekken een open karakter. Hierdoor vindt er meer interactie plaats tussen de verschillende medewerkers; er wordt makkelijker samengewerkt en kennis en vaardigheden worden ook makkelijker uitgewisseld. De productiviteit wordt zelfs verhoogd als er gekozen kan worden uit werkplekken voor geconcentreerd werk, samenwerken in teams, vergaderen en informeel overleg in een ontspannen sfeer. Voor een werkgever is het dus ideaal, zo'n flexibel werkplekconcept.

Werknemers zijn echter niet altijd even enthousiast over de flexplek. Door het open karakter vindt er meer communicatie plaats maar er is niet altijd voldoende privacy, zowel visueel als auditief. In tabel 8.1 is de beoordeling van de werkomgeving van de Kamer van Koophandel



Tabel 8.1: Enkele uitkomsten uit een evaluatie van het nieuwe kantoor voor de Kamer van Koophandel in Rotterdam. Bron: Leentje Volker en Theo van der Voordt (2003), Van Beurs naar Blaak. Delft: Center for People and Buildings.

in Rotterdam te zien. Hier is het flexplek concept toegepast. Het scoort op bijna alle punten goed door de gebruikers. Maar zelfs hier wordt het ongewild horen van andermans gesprekken, het geluid van telefoons en bezoekers en het niet kunnen voeren van vertrouwelijke gesprekken als storend ervaren. Daarnaast wordt het niet altijd prettig gevonden dat collega's continu van elkaar kunnen zien waar ze mee bezig zijn.

Kortom er is meer afleiding. Dit nadeel kan worden opgelost door het plaatsen van zogenaamde cockpits of concentratiecellen. Deze moeten voldoende aanwezig zijn en van goede kwaliteit zijn, zowel esthetisch, klimatologisch en akoestisch.

Een onderdeel van het flexplek concept is de clean desk policy: het leeg moeten achterlaten van het bureau als men langer dan twee uur weg is. In het algemeen geeft dit niet veel klachten; werknemers vinden een opgeruimd kantoor ook fijner dan de rommelige bureaus



Figuur 8.1: De persoonlijke flexplek. (www.aukeherrema.nl)

die vaak in traditionele kantoren voorkomen. Een nadeel is wel het gebrek aan personalisering van de werkplek. De mens heeft hier vanuit nature behoefte aan. Er heerst dan ook wel ontevredenheid over de afwezigheid van kunst en planten. Deze klacht bestond ook in het traditionele kantoorconcept, maar bij een vaste werkplek is het toch makkelijker om dit zelf mee te nemen, waardoor het weer personalisatie van de werkplek is.

Tenslotte zijn veel werknemers van mening dat een ideale werkplek het thuisgevoel benaderd. Nu thuis werken makkelijker tot de mogelijkheden behoort, moet het kantoor meer bieden om het werknemers naar de zin te maken.

Samengevat kunnen de volgende nadelen van flexplekken genoemd worden waar een interieur groenproduct op zou kunnen inspelen:

- Een open indeling zorgt voor meer afleiding;
- Openheid is prettig voor de ruimtelijkheid en het kunnen zien van collega's, maar er is ook gebrek aan visuele en auditieve privacy;
- Continue achtergrondruis van telefoons, collega's, bezoekers etc.
- Clean desk policy staat personalisering van de werkplek in de weg
- Ideale werkplek benaderd het thuis-gevoel.

### 8.3 Casestudy 2: Frisse Scholen

Sinds de jaren '90 worden er steeds vaker klachten gehoord over het binnenmilieu in schoolgebouwen, met alle schadelijke gevolgen van dien. Om het binnenmilieu te verbeteren worden vaak energieslurpende installaties toegepast. Het ministerie van VROM heeft daarom Senter Novem opdracht gegeven activiteiten op te zetten die leiden tot een beter binnenmilieu en energiebesparing op scholen. Senter Novem heeft daartoe het project 'Frisse Scholen' opgezet.

Voor deze casestudy zijn twee onderzoeken en een voorlichtingsbrochure als basis gebruikt. De voorlichtingsbrochure is gepubliceerd door GGD IJsselland en GGD Regio Twente en gericht aan de directie van basisscholen. Deze publicatie is onderdeel van het project 'Frisse Scholen' van Senter Novem.

Het eerste onderzoek '*Onderzoek naar de kwaliteit van het binnenmilieu in basisscholen*' is door het ministerie van VROM zelf uitgevoerd. Het richt zich op 60 basisscholen (120 klaslokalen) verdeeld over 30 Nederlandse gemeenten. Zowel grote en middelgrote steden als plattelandsgemeenten zijn onderzocht. Het bouwjaar van deze scholen varieert sterk: van 1938 tot 2006.

Het andere onderzoek dat bekeken is, '*Frisse Nieuwe Scholen. Leren van klimaatproblemen op nieuwbouwscholen*' is uitgevoerd door Mobius Consult in opdracht van Senter Novum. In dit onderzoek worden 39 scholen bekeken, waarvan 15% middelbare scholen. Alle deze scholen zijn nieuwbouw; gebouwd na 2002. In dit onderzoek zijn ook de heersende klachten in deze scholen beschreven:

- Slechte luchtkwaliteit
- Droge lucht
- Te hoge temperaturen
- Overige klachten

Gevolgen van klachten over slechte luchtkwaliteit zijn problemen als benauwdheid, hoofdpijn, geïrriteerde keel en droge lucht. Een gebrek aan (bruikbare) te openen delen wordt als oorzaak van deze klachten genoemd.

Te hoge temperaturen komen niet alleen in de zomerperiode voor, maar treden op vanaf maart tot oktober. De reden die hiervoor wordt aangegeven is vaak dat de gevel uit veel glas bestaat en/of dat er geen goede zonwering aanwezig is.

De overige klachten bestaan uit klachten over schimmels en te warm in de winter.

Een algemeen gevolg van al deze klachten is dat het ziekteverzuim onder personeel en leerlingen omhoog gaat en dat de leerprestaties achteruit gaan. Op lange termijn kunnen leerlingen zelfs last krijgen van astma.

De twee onderzoeken hebben zich hoofdzakelijk gericht op de drie hoofdklachten; luchtkwaliteit, luchtvochtigheid en temperatuur. De bevindingen zullen hier kort beschreven worden.



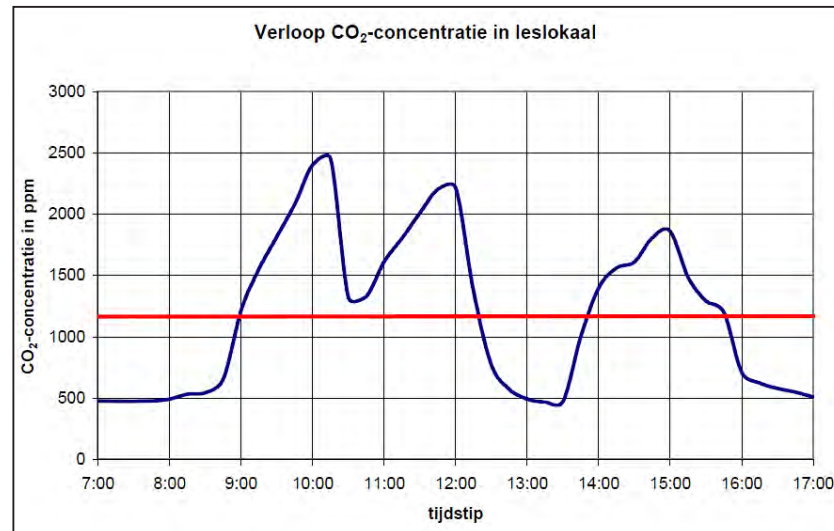
Figuur 8.2: Luchtkwaliteit scholen (van Ginkel 2008)

### 8.3.1 Luchtkwaliteit

Om de luchtkwaliteit van een ruimte te meten, wordt vaak de CO<sub>2</sub> concentratie gemeten ([CO<sub>2</sub>]). Kooldioxide is op zichzelf geen gevaarlijke stof, maar omdat deze relatief makkelijk te meten is wordt dit gebruikt als indicator en niet als absolute maat voor de luchtkwaliteit. Als de CO<sub>2</sub> concentratie hoog is dan is de concentratie geurstoffen en verontreinigingen ook hoog.

De CO<sub>2</sub> concentratie van de binnenlucht wordt bepaald door de CO<sub>2</sub> -concentratie van de buitenlucht, de productie van CO<sub>2</sub> in de ruimte zelf en de ventilatievoud van de ruimte (luchtverversing).

De CO<sub>2</sub>-concentratie van de buitenlucht is afhankelijk van de locatie en licht tussen de ca. 350 ppm en 400 ppm (platteland vs. stad). De hoeveelheid CO<sub>2</sub> die een mens produceert is o.a. afhankelijk van de lichaamsactiviteit.

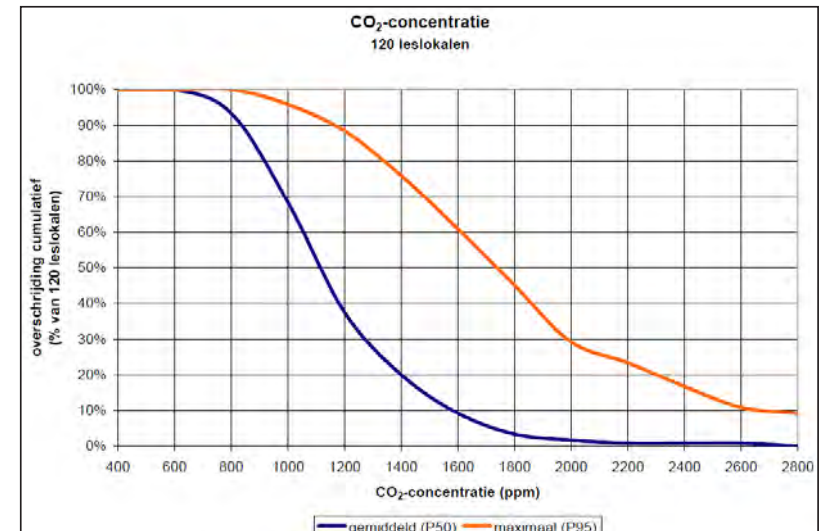


Grafiek 8.1: Kenmerkend verloop CO<sub>2</sub>-concentratie in willekeurig leslokaal (Versteeg 2007)

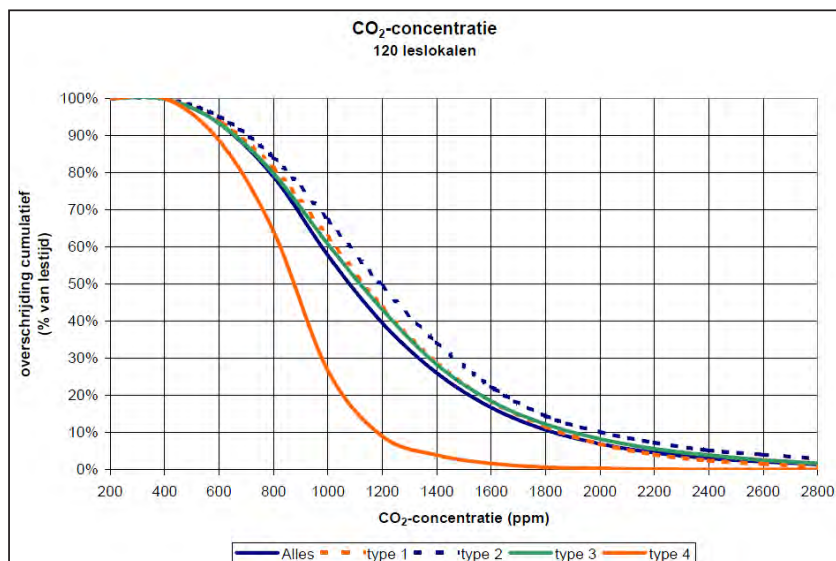
In verblijfsruimten geldt voor de CO<sub>2</sub> concentratie een grenswaarde van tussen de 800 en 2000 ppm. In kantoren en woningen wordt een maximum van 1200 ppm gehanteerd, maar uit onderzoek blijkt dat bij deze waarde nog steeds 25% van de gebruikers last heeft van klachten die te maken hebben met luchtkwaliteit.

Hoe dan ook, het Bouwbesluit uit 2003 houdt voor onderwijsgebouwen ook de maximumwaarde aan van 1200 ppm. In de twee bekeken onderzoeken wordt deze waarde daarom als bovengrens gebruikt.

Door de aanwezigheid van mensen neemt, naast geurstoffen ook het gehalte aan micro-organismen in een ruimte toe. Verschillende onderzoeken hebben aangetoond dat er een duidelijke relatie is tussen de CO<sub>2</sub>-concentratie in de lucht en het aantal bacteriën in de lucht. Vermoedelijk is de kans op o.a. infectieziekten lager wanneer er meer geventileerd wordt dan in de huidige normen is



Grafiek 8.2: Cumulatieve overschrijding (%) van 120 leslokalen van gemiddelde en maximale waarden van de optredende CO<sub>2</sub>-concentraties tijdens lestijd (Versteeg 2007)



Grafiek 8.3: Cumulatieve overschrijding (% van lestijd) van de optredende CO<sub>2</sub>-concentratie tijdens lestijd (Versteeg 2007)

vastgelegd.

Een typisch verloop van de CO<sub>2</sub>-concentratie in een gemiddeld leslokaal gedurende de dag is te zien in grafiek 8.1. Duidelijk is te zien dat de lessen om 9:00 uur beginnen; de CO<sub>2</sub>-concentratie loopt vanaf dan relatief snel op tot een piekwaarde rond 10:00h, wanneer de eerste pauze begint. Na de pauze is de CO<sub>2</sub>-concentratie weer enigszins gedaald, waarna deze weer snel stijgt tot een piekwaarde als de middagpauze begint. Als er goed wordt geventileerd tijdens het uur middagpauze kan de CO<sub>2</sub>-concentratie dalen tot een waarde vergelijkbaar met die van de buitenconcentratie. De derde piekwaarde van de dag wordt bereikt als de lessen zijn afgelopen; om 15:00 uur.

In het onderzoek van Versteeg (2007) zijn in de 120 onderzochte leslokalen gedurende een periode van 4 lesweken de optredende

CO<sub>2</sub>-concentratie geregistreerd. Aan de hand hiervan zijn over de gehele meetperiode de gemiddelde (P<sub>50</sub>-waarde) en maximale (P<sub>95</sub>-waarde) CO<sub>2</sub>-concentraties tijdens lestijd bepaald.

Grafiek 8.2 toont het percentage leslokalen waarbij een bepaalde gemiddelde of maximale concentratie wordt overschreden. In grafiek 8.3 is voor de hele steekproef en per lokaaltype het percentage van de lestijd weergegeven waarin een bepaalde CO<sub>2</sub>-concentratie wordt overschreden. (Er is een verdeling gemaakt in 4 typen lokalen, op basis van hoe er geventileerd wordt, red.)

Uit de grafieken kan het volgende geconcludeerd worden:

- In zo'n 88% van de onderzochte leslokalen bedraagt de maximale (P<sub>95</sub>) waarde van de CO<sub>2</sub>-concentratie tijdens lestijd meer dan 1200 ppm.
- In ca. 38% van de onderzochte leslokalen bedraagt de gemiddelde waarde (P<sub>50</sub>) van de CO<sub>2</sub>-concentratie tijdens lestijd meer dan 1200 ppm.
- Gemiddeld over alle 120 leslokalen blijkt dat gedurende ca. 39% van de lestijd een hogere CO<sub>2</sub>-concentratie dan 1200 ppm is opgetreden.

Verder is gebleken dat voor de leslokalen waar een CO<sub>2</sub>-concentratie van meer dan 1200 ppm voor is gekomen, dit gemiddeld gedurende ca. 41% van de lestijd het geval was.

### 8.3.2 Luchtvochtigheid

De buitenlucht is bijna altijd vochtiger dan de binnenlucht. Gezonde en aangename binnenlucht heeft een vochtgehalte tussen de 30% en 70%, maar is optimaal tussen de 40% en 60%. In de buitenlucht ligt de relatieve luchtvochtigheid meestal tussen de 80 en 90%.

Koude lucht kan weinig vocht bevatten; de absolute hoeveelheid

vocht in deze lucht is dus laag. Bij het verwarmen van de lucht kan deze lucht een grotere hoeveelheid vocht gaan bevatten. Indien de absolute hoeveelheid vocht in deze lucht gelijk blijft, zal de relatieve luchtvochtigheid dalen.

In tabel 8.2 is af te lezen hoe droog de lucht wordt bij opwarming tot 21°C. Omdat mensen zelf ook vocht produceren is er in een klaslokaal pas kans op een te droge lucht bij buitentemperaturen van onder het vriespunt. Als het vriest is de lucht buiten droog en kunnen klachten optreden.

Dit komt echter gemiddeld circa 10 dagen per stookseizoen voor, terwijl klachten over droge lucht vaker voorkomen (17% van de docenten heeft soms klachten, 18% vaak, 20% heeft soms last van keel en ogen, 14% vaak).

De oorzaak hiervoor kan liggen bij een onvoldoende ventilatie waardoor de luchtkwaliteit achteruit gaat. Klachten die ontstaan door onvoldoende luchtkwaliteit worden vaak, onterecht dus, toegeschreven aan het te droog zijn van de lucht.

Als er gebruik wordt gemaakt van een airconditioner kan dat ook een reden zijn voor mee 'droge dagen' per jaar. Een airconditioner haalt immers vocht uit de lucht om te kunnen koelen.

Temperatuur buiten (°C)	RV [%] in lokaal bij 20 leerlingen + 1 leerkracht	RV [%] in lokaal bij 25 leerlingen + 1 leerkracht	RV [%] in lokaal bij 32 leerlingen + 1 leerkracht
-10	25	20	22
-5	25	27	30
0	32	34	37
5	42	44	47
10	55	57	59
15	71	73	76

Tabel 8.2: Relatieve luchtvochtigheid, (RV, uitgedrukt in procenten) in een klaslokaal van 21°C bij een relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht van 90%, en bij zes verschillende buitentemperaturen. (van Ginkel, 2008)

Een hele andere reden waardoor het vaker lijkt dat de lucht te droog is, is het aanwezig zijn van teveel stofdeeltjes in de lucht. Niet de relatieve luchtvochtigheid is dan dus de boosdoener is, maar onvoldoende hygiëne en (opnieuw) onvoldoende ventilatie. Door de aanwezigheid van veel stof in de lucht, maar ook verontreinigingen als gevolg van apparatuur (printers) worden slijmvliezen in keel en ogen geïrriteerd. Als de luchtvochtigheid laag is kan het aanwezige stof in de ruimte makkelijker vrij komen en gaan 'zweven' in de lucht, wat vervolgens de klachten veroorzaakt.

### 8.3.3 Temperatuur

Het gemiddelde rapportcijfer dat docenten geven over het thermisch comfort in de zomer bedraagt een 5,7. Zo'n 42% van de leerkrachten beoordeelt het thermisch comfort in de zomerperiode als onvoldoende (rapportcijfer 5 of lager), waarbij 45% van de leerkrachten aangeven het zomers, maar ook in het voor- en najaar, het vaak te warm te hebben in het leslokaal.

Redenen hiervoor zijn dat er teveel glas in de gevel, of zelfs in het dak, wordt toegepast, zonder dat er adequate zonwering aanwezig is. Daarnaast wordt er vaak beglazing tot op de grond toegepast (zie figuur 8.3). Laag geplaatste beglazing levert geen bijdrage aan het daglichtniveau in een ruimte, maar laat wel veel zonnewarmte binnen.



Figuur 8.3: Glazen delen tot vloerniveau (Mobius Consult 2007)

Andere redenen voor oververhitting kunnen zijn: niet voldoende of niet aanwezige te openen delen, ontbreken van zomernachtventilatie en problemen met aansturing van de verwarming.

Samengevat kunnen de volgende problemen omtrent 'Frisse Scholen' genoemd worden waar een interieur groenproduct op zou kunnen inspelen:

- Gemiddeld is de CO<sub>2</sub>-concentratie is in 88% van de klaslokalen gedurende 39% van de lestijd te hoog;
- 35% van de leerkrachten heeft soms tot vaak klachten over droge lucht. Dit hoeft niet enkel met luchtvochtigheid te maken te hebben, teveel stofdeeltjes kan ook een reden zijn;
- De temperatuur in 45% van de klaslokalen is van maart tot oktober te hoog.

#### 8.4 Conclusies

Om te kunnen bepalen hoe de mogelijkheden van een interieur groenproduct de problemen van de 2 beschreven casestudies op kan lossen, is tabel 8.3 gemaakt. Hierin is te zien dat vrijwel alle problemen met een groenproduct opgelost zouden kunnen worden. Als een aantal van deze ruimteproblemen met de aanschaf van een enkel product opgelost kunnen worden, is dit een sterk product en zal daar zeker vraag naar zijn. Tabel 8.3 definieert als het ware de vraag naar een interieur groenproduct.

De meeste problemen kunnen worden opgelost door middel van de psychische effecten die groen met zich mee brengt. Interessant, maar

In hoeverre kunnen ruimteproblemen opgelost worden met een interieur groenproduct?	CHEMISCHE STOFOPNAME	VOCHTUITWASEMING	STOF OPVANGEN	GELUIDSDEMPING	PSYCHISCHE EFFECTEN	ESTHETIEK	MOBILITEIT	OPHANG MOGELIJKHEDEN	RUIMTESCHEIDEND	ZONREGULERING
Open indeling = Meer afleiding										
Positief: Ruimtelijkheid en collega's kunnen zien										
Negatief: gebrek aan visuele en auditieve privacy;										
Achtergrondruis										
Clean-desk policy										
Thuisgevoel = Ideale werkplek										
[CO2] is in 88% van de lokalen te hoog										
Klachten over droge lucht, o.a. lage rv & stof										
50% scholen van maart tot oktober te warm										

Tabel 8.3: Ruimteproblemen van de casestudies uitgezet tegen de mogelijkheden van een groenproduct

dat geeft nog geen 'handvaten' voor een productontwerp. Immers ieder product waarin planten zijn verwerkt zal hieraan voldoen.

Vervolgens kunnen de meeste problemen worden opgelost met een product dat voorziet in geluidsdemping, een product dat mobiel is en/of een product dat een ruimtescheidende functie heeft. Dit zijn wel goede uitgangspunten voor een interieur groenproduct.

Problemen met betrekking op de luchtkwaliteit/luchtvochtigheid kunnen goed opgelost worden door een specifieke plantsoort te kiezen. De publicatie van Wolverton 'How to Grow Fresh Air, 50 Houseplants that Purify Your Home or Office' kan helpen bij de plantkeuze. Voor het specifieke productontwerp is de plantkeuze niet heel relevant, wel is belangrijk dat allerlei verschillende soorten planten erin kunnen groeien.

Daarnaast moet het mogelijk zijn om papieren tijdelijk op te hangen aan het product (prikbord idee) en moet het er esthetisch goed uitzien. Tenslotte zou een zonregulerende functie ook tot de mogelijkheden kunnen behoren.

## 8.5 Literatuurlijst

### Artikelen:

Voordt, D. J. M. van der. 2008.  
'De flexplek is zo gek nog niet' in: *Arbo. Vakblad over arbeidsomstandigheden* nr. 7/8, p. 38 – 41, Alphen aan den Rijn, Kluwer BV

Voordt, D. J. M. van der. 2004.  
'Flexibel werken - Organisatiedoelen en gebruikerswensen: een paar apart?' in: *Facto Magazine* nr. 3, p. 28 – 30, Deventer, Kluwer BV

Voordt, D. J. M. van der, Pullen W. en Hartjes A. 2003.  
'Elastische arbeid. De voor- en nadelen van flexibele werkconcepten' in: *ELAN* nr. 2, p. 38 – 40, Alphen aan den Rijn, Kluwer BV

### Rapporten:

Prendergast, E. en Erdtsieck, P. 2007  
*Frisse Nieuwe Scholen. Leren van klimaatproblemen op nieuwbouwscholen.* i.o. Senter Novum. Delft, Mobius Consult

Versteeg, H. 2007  
*Onderzoek naar de kwaliteit van het binnenmilieu in basisscholen.* Den Haag, Ministeries van VROM, OCW, SZW en VWS, artikelcode 8055

Ginkel, J. van, et al. 2008  
*De frisse basisschool. Samen aan de slag voor een gezonde en behaaglijke ventilatie op school.* Zwolle, Team Milieu & Gezondheid van GGD IJsselland en GGD Regio Twente

**DEEL 3 - PRODUCTONTWERP**

## 9. PROGRAMMA VAN EISEN

In dit hoofdstuk wordt de vierde deelvraag van dit onderzoek beantwoord:

### 4. *Hoe ziet het programma van eisen eruit voor het productontwerp?*

Dit programma van eisen heeft zich in de loop van het onderzoek ontwikkeld. Het productontwerp is een groenproduct voor in het interieur.

#### 1. Esthetische

- Het groen product moet een hoge esthetische waarde hebben. In alle seizoenen.
- Het is wenselijk dat er keuzemogelijkheden zijn in de verschijningsvorm van het product (bijvoorbeeld verschillende soorten kleuren of verschillende soorten planten)

#### 2. Economische

- Het groen product moet over dusdanige kwaliteiten beschikken, dat het niet als sluitpost op de begroting terecht komt, maar als onmisbaar onderdeel van het gebouw (bijvoorbeeld aantoonbare luchtkwaliteit verbetering).
- Maximale hoeveelheid groen met een minimaal m<sup>2</sup>-beslag in de plattegrond.
- Het groen product moet kunnen concurreren met gelijkwaardige niet-groen producten.
- De uiteindelijke verkoopprijs mag niet boven de €350,-/m<sup>2</sup> komen.
- Het product moet aan minstens 2 USPs (Unique Selling Proposition) voldoen.

#### 3. Functionele

- Het groen product moet gebouwtype onafhankelijk zijn (dus toepasbaar op woningen, kantoren, scholen etc.).
- De kwaliteiten van het product moet gemeten kunnen worden; 'harde cijfers' moeten beschikbaar zijn.
- De ruimtes waarin het product wordt toegepast hebben een ventilatievoud van 4-6 h<sup>-1</sup>.
- Het groenproduct moet een bijdrage hebben aan de luchtvochtigheid; planten kunnen de luchtvochtigheid van een ruimte met minimaal 5% verhogen zodat deze het hele jaar door tussen de 30% en 70% is (lieft tussen 40% en 60%). Hiervoor is een volumepercentage planten nodig die veel groter is dan 1,5% (Bij een volumepercentage van 1,5% is er een bewezen effect bij een ventilatievoud van 0,5h<sup>-1</sup>)
- Het groenproduct moet een bijdrage hebben aan de luchtkwaliteit (opname van schadelijke stoffen). Hiervoor is een volumepercentage planten nodig die groter is dan 5% (Bij een volumepercentage van 5% is er een bewezen effect bij het verwijderen van benzeen, bij een ventilatievoud van 0,34h<sup>-1</sup>).
- De functie van het product kan met een rokersruimte te maken hebben, daar planten bijzonder goed zijn in het opnemen van nicotine.
- De plantenkeuze moet onder andere gebaseerd zijn op de vochtproducerende en schadelijk stof opnemende eigenschappen. De publicatie van Wolverton 'How to Grow Fresh Air, 50 Houseplants that Purify Your Home or Office' is hiervoor een goed uitgangspunt.
- Het groenproduct moet een bijdrage hebben aan de stofopname. Hiervoor is een volumepercentage planten nodig van minimaal 5% (Bij een volumepercentage van 5% is er een bewezen effect, de stofafzet in de ruimte neemt met 20% af, ventilatievoud speelt hierbij geen rol).
- Voor een goede stofopname moeten planten gekozen worden met bladeren met een ruw oppervlak, haartjes en/of hoge

nerven.

- Het groenproduct moet een bijdrage hebben aan de ruimte akoestiek. Door het blootstellen van substraat en het toepassen van planten met grote bladeren moet in het frequentiebereik van het spraakgebied (500 – 2000 Hz) een absorptiecoëfficiënt (a) van minimaal 0,7 gehaald worden. In ruimtes met een lange nagalmtijd wordt hierdoor de nagalmtijd verkort.
- Er moet rekening gehouden worden met de noodzaak van voldoende daglicht voor het gezond en vitaal blijven van de planten (500 lux is zeer minimaal, liefst vanaf 700 lux).
- Het groenproduct moet gezond kunnen blijven zonder dat er kunstverlichting wordt toegepast.
- Als het groenproduct als zonlichtregulering wordt gebruikt moet daar met de plantenkeus rekening mee gehouden worden, zodat deze op een warme Zuid gevel niet verbranden.
- Een mobiele toepassing van het groenproduct is wenselijk.
- Een ruimtescheidende functie van het groenproduct is wenselijk.
- Het product moet 'instant' groen zijn en het hele jaar door groen blijven. Het moet dus niet 'groen worden' of 'groen groeien'.
- Het groen moet voor de meerderheid zorgen voor de functionaliteit van het product. Zonder groen is het product dus nutteloos.

#### 4. Ergonomische

- Het onderhoud moet duidelijk, makkelijk te begrijpen en overzichtelijk zijn.
- Onderhoud mag maximaal 1x per 3 maanden nodig zijn. Dit is exclusief het geven van water. Water geven mag maximaal 1x per 3 weken nodig zijn.
- Dode bladeren en planten moeten snel en eenvoudig te verwijderen zijn. De fysiologische werking van het product gaat hard achteruit als dit niet gedaan wordt.
- Er moet een slimme en makkelijke manier bedacht worden om het stof op de bladeren te reinigen, maximaal 1x per 2 maanden.

In het geval van een mobiele toepassing:

- Een mobiele toepassing van het product moet makkelijk te verplaatsen zijn, dat houdt in maximaal 270 kg (daarbij is het product voor 75% van de vrouwen te verplaatsen (Snookertabel)).
- Wenselijk is het gebruik van zwenkwielen te vermijden. Is dit toch nodig, dan maximaal 2 per unit, gemonteerd aan de duw/trek zijde. (bij 4 zwenkwielen is 31% meer trek/duw kracht nodig dan bij vaste wielen).
- Een juiste afweging bij de keuze van de wielgrootte; grotere wielen betekend dat er minder kracht nodig is om het product in beweging te houden, de 'opstartkracht' is dan echter wel hoger.
- Vrije keuze in wielbreedte.
- Er mag maximaal 270 N nodig zijn om het product te starten en 190 N om het product rijdende te houden.
- De duw/trek greep moet op ellebooghoogte zitten, dat is ongeveer 110 cm, gemeten vanaf de grond.
- Het zwaartepunt van het product moet zo laag mogelijk zitten.

#### 5. Ecologische

- Het product moet zoveel mogelijk uit duurzame, energiezuinige en milieuvriendelijke materialen bestaan.

#### 6. Technisch functionele

- Het product mag niet enkel esthetische waarde hebben, maar moet ook bepaalde bouwprestaties verbeteren, bv. akoestische isolatie, thermische isolatie, vochtregulering en/of opname schadelijke stoffen.

## 10. PRODUCTCONCEPT

In voorgaande hoofdstukken zijn de eerste vier deelvragen beantwoord waardoor er nu voldoende kennis is vergaard om een eerste productconcept op te zetten. In dit productconcept zijn richtlijnen aangegeven waaraan de fysieke vorm van het product moet voldoen.

In hoofdstuk 8 'Casestudies' is duidelijk geworden dat verschillende soorten ruimten, in dat geval klaslokalen en kantoren, met verschillende soorten problemen kampen die door een groenproduct opgelost zouden kunnen worden. Deze verschillende problemen hebben soms een tegenstrijdige oplossing: het ene kantoor wilt graag een mobiele, ruimtescheidende toepassing, het andere wilt juist een groen zonder vierkante meter beslag. Het product moet voor beide problemen een oplossing bieden.

In figuur 10.1 is schematisch in kaart gebracht welke fysieke vormen het product aan moet kunnen nemen, om aan alle mogelijke, verschillende wensen te voldoen. Hierin komen meteen een aantal ontwerpconsequenties naar voren.

Er zijn 3 verschillende product typen gespecificeerd. Deze 3 typen werken allen volgens hetzelfde principe: een frame waarin bakken geplaatst kunnen worden. In deze bakken groeit het groen. Het doel is dat de bakken dusdanig begroeien dat ze niet meer zichtbaar zijn.

Per type is duidelijk aangegeven hoeveel m<sup>3</sup> groen je ermee verkrijgt. Het kan bijvoorbeeld een eis zijn dat 5% van het volume van een bepaalde ruimte met groen wordt gevuld. Met dit systeem is dan makkelijk uit te rekenen hoeveel je nodig hebt. Groen per kuub!

De afmetingen van de doorsnede van de bak zijn bepaald aan de

hand van de standaard maat voor bloempotten. Voor deze maat zijn ook in ieder tuincentrum planten te koop.

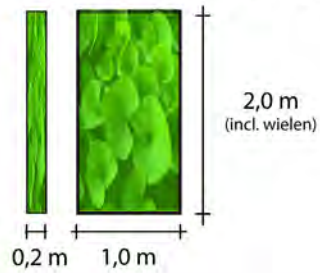
De grootte van planten past zich aan aan de grootte van de bak, op een gegeven moment wordt een plant niet meer groter. In de standaard pot die hier gebruikt is worden planten gemiddeld zo'n 30 cm hoog (kleiner en groter is dus wel mogelijk). De plantenbakken worden daarom met tussenruimte van 15 cm boven elkaar geplaatst, om het geheel groen effect te krijgen: De bak zal wegvallen in de begroeiing van de planten in de bak eronder (daarnaast is het ook mogelijk voor de planten om aan de bak te hechten; dit komt later aan bod).

Type A: De afmetingen van deze variant zijn om de volgende redenen gekozen:

Hoogte: 1,85 meter exclusief wielen, 2,00 meter inclusief wielen. Het kleinste formaat deur heeft een opening van 2,10. Voor een mobiele toepassing is het belangrijk dat het product door een deur kan. Het product kan niet altijd op de grond worden geplaatst: veel gebouwen hebben een borstwering en daardoor zullen de planten onderin het frame te weinig daglicht krijgen om goed te kunnen groeien. Een oplossing hiervoor, die in de praktijk vaak zal voorkomen is het plaatsen van het product op een dossierkast. Een standaarddossierkast is 60 cm hoog en de minimale hoogte van een kantoor is volgens het Bouwbesluit 2,60 meter. Met een hoogte van 1,85 kan dit product dus nog goed op een dossierkast geplaatst worden.

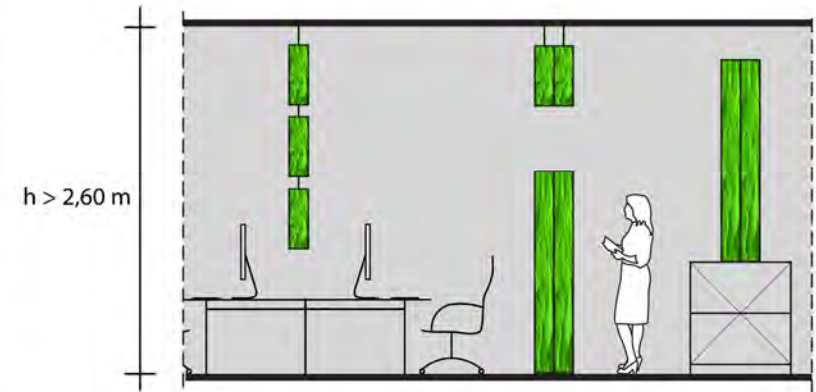
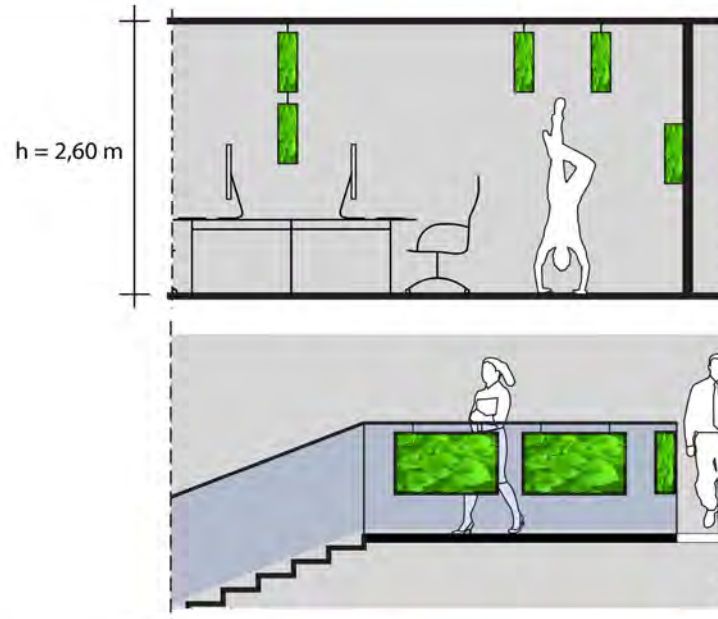
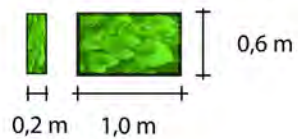
Breedte: 1,0 meter. Dit houdt in dat de bakken die erin komen ook maximaal 1,0 meter breed zullen worden. Met de gespecificeerde afmetingen van de doorsnede van de bak betekent dat een bak vol met substraat en planten zit en verzadigd is met water zo'n 23 kg gaat wegen. Dat is een goed gewicht (en 1,0 meter dus een goede

### Type A: 0,40 m<sup>3</sup> groen

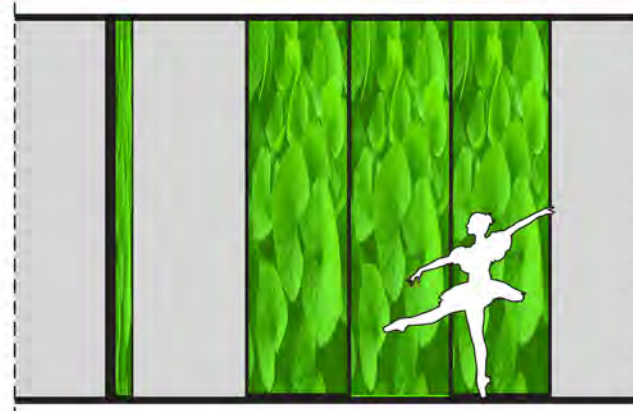
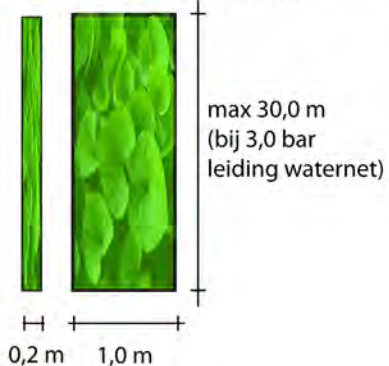


- ① 'laag' licht nodig (borstwering?)
- ② gekoppeld (b=0,4 m) voor stabiliteit  
( Op h= 1,2m: enkel: Fduw; 94 N = 9,6 kg  
gekoppeld: Fduw; 376 N = 38,4 kg)
- ③ muurbevestiging enkel (b=0,2 m)

### Type: 0,12 m<sup>3</sup> groen



### Type C: 0,2 m<sup>3</sup> groen / m



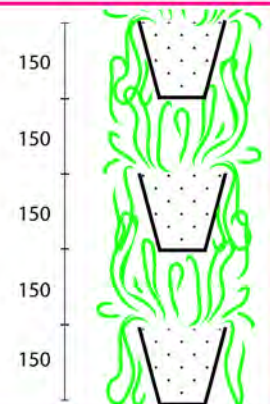
Afmetingen afgeleid van standaard bloempot.

#### Basis: de bak

Plant wordt dan zo'n 30 cm hoog, zodat het de bloempot erboven verhuult. Effect daarvan is een groen geheel.

Een bak van 1 meter lang weegt nat, incl. planten en substraat zo'n 23 kg.

Substraat blootstellen t.b.v. akoestiek.



Figuur 10.1: Mogelijke fysieke verschijningsvormen van het product.

breedte) zodat een bak nog goed te tillen is door één persoon. Daarnaast is 1 meter een maat die men zich goed kan voorstellen, waardoor het makkelijk inschatten is of het product op een bepaalde plek past.

Diepte: 20 centimeter, deze breedte heb je minstens nodig om de standaard planten te kunnen laten groeien. Uitgerekend is dat als een wand met een massa als deze van 2 meter hoog, 1 meter breed en 20 cm diep wordt neergezet op de vloer er 94 Newton ( $\approx 9,6$  kg) voor nodig is om de wand op 1,2 meter hoogte (elleboog duwhoogte) om te duwen. Dat gebeurt dus redelijk makkelijk. Bij een breedte van 40 cm is deze duwkracht al 376 Newton ( $\approx 38,4$  kg) en dat is een stuk realistischer. Als deze wanden dus op de grond, al dan niet op wielen, of op een kastje worden geplaatst moet ze dus voor de stabiliteit aan elkaar gekoppeld worden.

Het was dus ook mogelijk geweest om een frame van 40 cm breed te maken. Voordeel van een frame van 20 cm breed is dat deze ook aan de wand bevestigd kan worden, omvallen is dan geen probleem meer. Een breedte van 40 cm is te breed voor aan de wand, het daglicht zal dan niet ver genoeg doordringen voor een goede groei. Bovendien is een frame van 40 cm al gauw erg zwaar en niet meer te hanteren door één persoon (vooral onhandig bij logistiek en montage).

Type B: In principe hetzelfde systeem als type A. Het grote voordeel van dit type is dat het geen vloeroppervlakte in beslag neemt, het hangt namelijk aan het plafond of balustrade. Het hele systeem zal rond de 50 kg wegen. Het is dus noodzakelijk dat er hierbij een goed en slim ophangstelsel wordt ontworpen.

Type C: Opnieuw in principe het zelfde systeem als type A. Dit systeem is echter geschikt voor het bekleden van grote wandoppervlakken en wordt dan ook per meter besteld. Water uit het leidingnet in Nederland heeft maximaal een druk van 3,0 bar. Zonder aanpassingen hierop zou dit systeem dus een maximale

hoogte van 30,0 meter kunnen hebben.

Voor alle types geldt dat er goed nagedacht moet worden over het water geven en onderhoud.

**DEEL 4 - IMPLEMENTATIE GROEN IN GEBOUW**

## 11. OMSCHRIJVING GEBOUW ONTWERP

Zoals in de inleiding beschreven loopt parallel aan dit bouwtechnisch onderzoek het ontwerp van een gebouw, namelijk een nieuwe faculteit voor de studie 'bouwkunde' in Delft. In het ontwerp van dit gebouw is het toepassen van groen dan ook een belangrijk uitgangspunt. De bevindingen die in dit bouwtechnisch onderzoek zijn gedaan zullen dan ook, zover mogelijk, toegepast worden in het gebouwontwerp. Daardoor wordt groen integraal in het gebouw verankert, met als doel een gezond gebouw te creëren voor de gebruikers.

In hoofdstuk 12 wordt beschreven hoe het groen in, op en aan het ontwerp is toegepast. In dit hoofdstuk wordt daarom eerst zeer kort de opgave en het ontworpen gebouw omschreven.

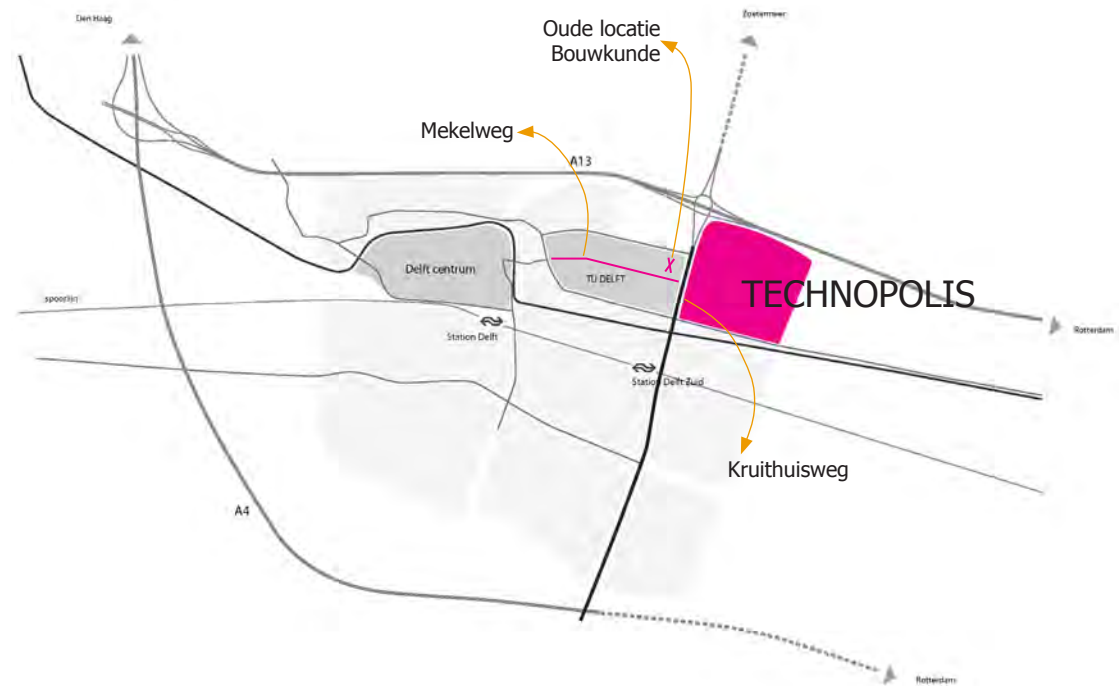
Op de 13 mei 2008 is de faculteit Bouwkunde in Delft afgebrand. De opgave voor het architectuur deel is een nieuw gebouw voor bouwkunde te ontwerpen. Dit gebouw hoeft niet per se op de oude locatie geplaatst te worden. Er zijn namelijk een tweetal belangrijke ontwikkelingen gaande in de TU wijk en het gebied eromheen. Daarom wordt er voor dit gebied eerst een nieuw masterplan ontworpen. Dit wordt in groepsverband gedaan, daarna wordt individueel het gebouw uitgewerkt. Op de volgende pagina is in fig. 11.2 het door mijn groep ontworpen masterplan te zien.

De twee ontwikkelingen die in dit gebied gaande zijn en invloed hebben gehad op masterplan zijn de de komst van Technopolis en de aanleg van het Mekelpark.

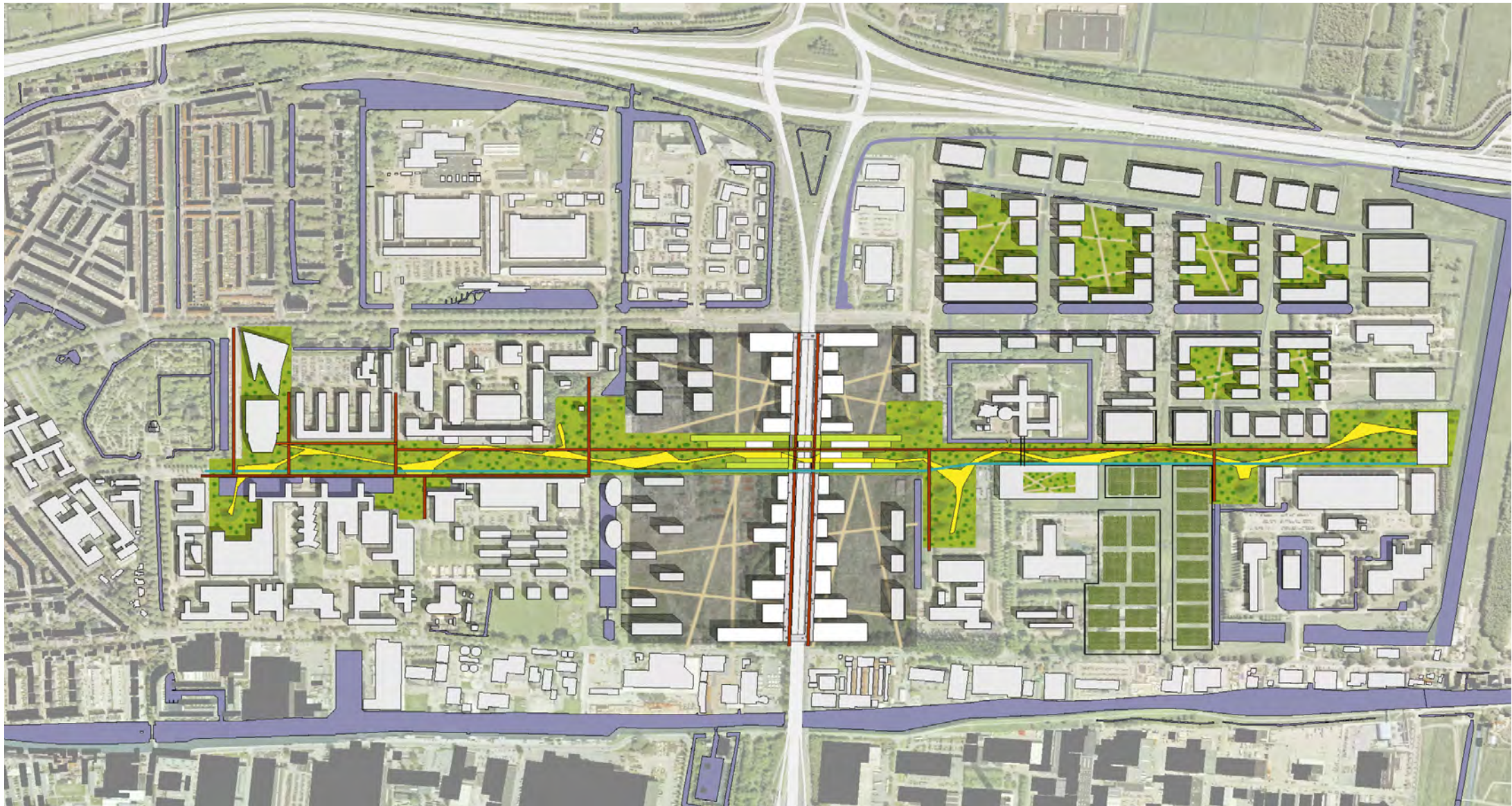
Het Technopolis is een science parc waar kennis-intensieve hightech bedrijven uit binnen- en buitenland hun Research & Development activiteiten kunnen huisvesten. Het is de bedoeling dat er synergie

gaat plaatsvinden tussen de bedrijven die zich in Technopolis vestigen en de kennis die er op de TU Delft beschikbaar is. Dit science parc komt in het verlengde van TU wijk en de Mekelweg te liggen in het gebied achter de Kruithuisweg, zie het roze gebied op fig. 11.1. In deze figuur is ook de centrale ligging van Delft te zien en de positie van de TU wijk en Technopolis ten opzichte van het oude stadscentrum. Ook is in de TU wijk de Mekelweg aangegeven en de oude locatie van het bouwkunde gebouw.

In 2007 is er begonnen met de aanleg van het Mekelpark. De Mekelweg die in de jaren '60 is gebouwd bestond uit reeksen gebouwen aan weerszijden van een brede weg met rijen bomen.



Figuur 11.1: De omgeving van het masterplan.



Figuur 11.2: Het masterplan, met de nieuwe faculteit voor bouwkunde op het knooppunt van het Mekelpark en de Kruithuisboulevard

Architectenbureau Mecanoo heeft deze weg omgevormd tot een autovrije strip, achthonderd meter lang, meer dan vijftig meter breed. Deze loper schakelt collectieve voorzieningen als bibliotheek, aula, sportvoorzieningen en cultureel centrum aaneen, zie figuur 11.3

In juni 2009 is het Mekelpark geopend. Het is een geslaagd project en een duidelijke vooruitgang voor de TU wijk. Zij het niet dat het Mekelpark er eigenlijk op is gebaseerd dat er aan het eind van het park het oude bouwkunde gebouw gehuisvest was. De aanwezigheid van deze faculteit op die locatie zorgde voor 30% van de drukte in het park. Na de brand is de bouwkunde faculteit in een gebouw geplaatst helemaal aan het begin van het Mekelpark, waardoor het nu veel rustiger in het park is dan was beoogd in het ontwerp.

Door het succes van het Mekelpark en de komst van het Technopolis is voor het Masterplan besloten om het Mekelpark door te trekken naar het nieuwe gebied achter de Kruithuisweg. Zo begint het Mekelpark bij de Aula van de TU Delft en zal het eindigen bij het Science Business Centrum van Technopolis. Op deze manier wordt het Mekelpark een verbindende ader tussen de twee gebieden.

Echter de 2 gebieden worden dan nog dwars doorsneden door de verhoogde Kruithuisweg. In plaats van dit als een barrière te zien wordt de Kruithuisweg omgetoverd tot Kruithuisboulevard; een hoogwaardige en kwalitatieve woon- en werklocatie, met een



Figuur 11.3: Van Mekelweg naar Mekelpark



gelijkwaardige allure als die van de Zuid As in Amsterdam.

In doorsnede ziet deze boulevard er als volgt uit, zie fig. 11.4. In het midden (donkergroen) bevindt zich nog steeds de Kruithuisweg, waar het gemotoriseerde verkeer rijdt. De plint (geel) is verhoogd en hier is ruimte voor fietsers en voetgangers. Via deze plint kunnen de gebouwen die eraan liggen (paars) bereikt worden. Onder de boulevard is voldoende ruimte aanwezig om te parkeren (blauw), vanuit deze parkeergarages zijn de gebouwen ook te bereiken.

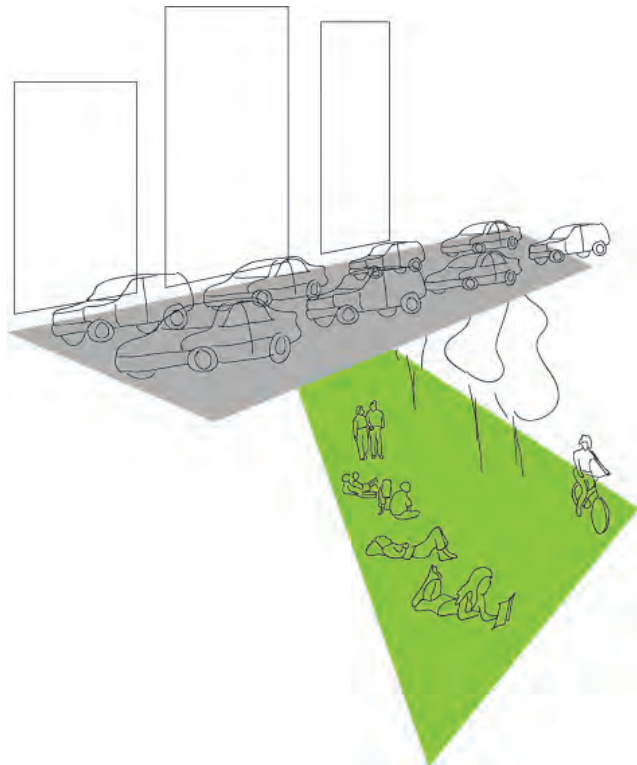
In het masterplan bevinden zich dus twee sterke assen: aan de ene kant het Mekelpark en haaks daarop de Kruithuisboulevard, die qua



Figuur 11.4: Doorsnede Kruithuisboulevard. Op de gele plint is ruimte voor fietsers en voetgangers, over het donkergroene deel loopt de provinciale weg en daaronder bevindt zich parkeerruimte.

karakter ook het tegenovergestelde van elkaar zijn, zie fig. 11.5. Om deze twee werelden met elkaar te verbinden en een geheel van het Masterplan te maken is het nieuwe Bouwkunde gebouw op dit kruispunt gezet.

Hierdoor krijgt het gebouw te maken met allerhande verkeerstromen die over het gebouw moeten (voetganger, fiets en tram) en door het gebouw moeten (gemotoriseerd verkeer). Via deze verkeerstromen moet het gebouw ook te bereiken zijn. Hoe dit is opgelost en hoe het gebouw precies ontsloten wordt, valt buiten het bereik van dit rapport en hoort bij het architectonische deel.

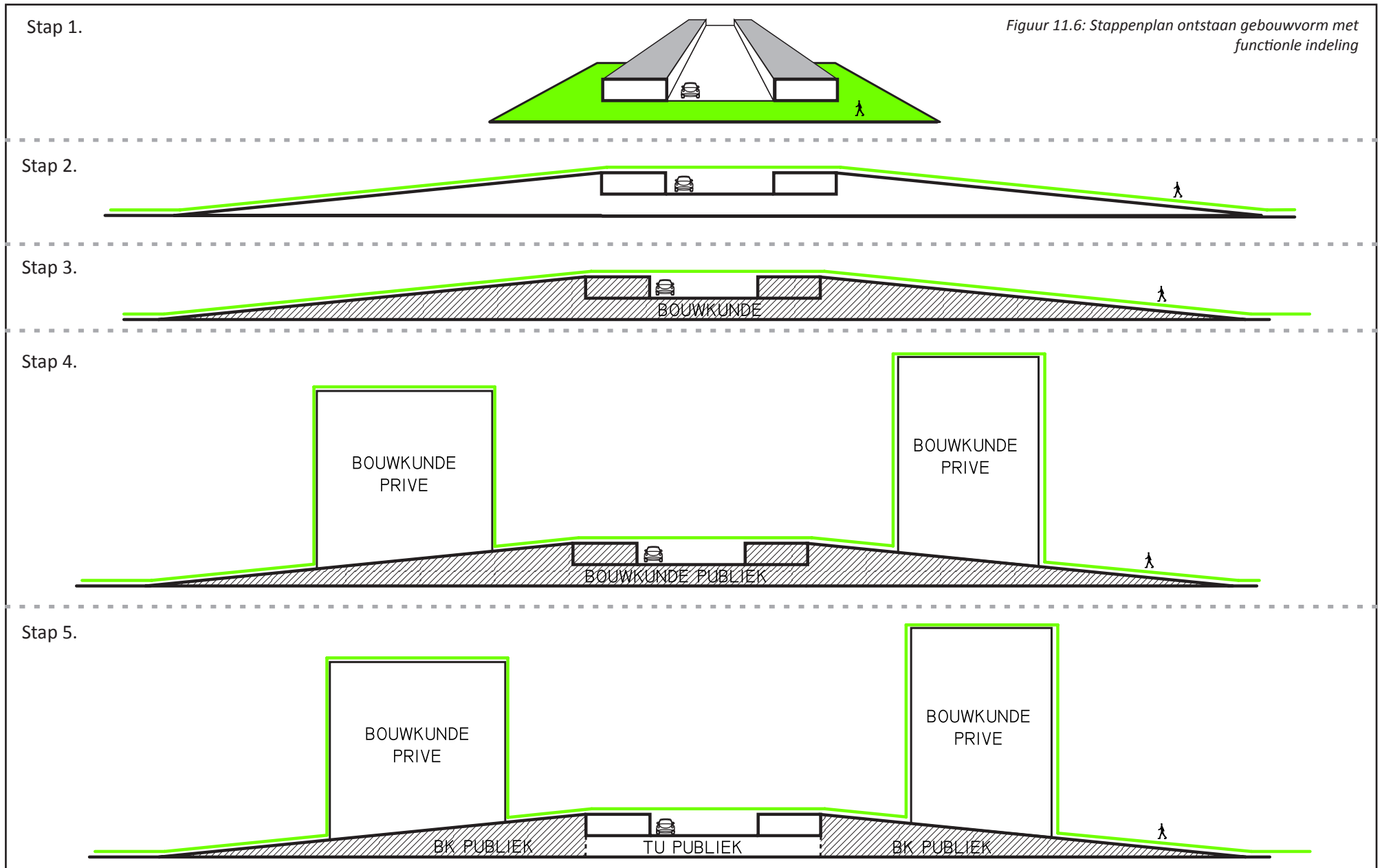


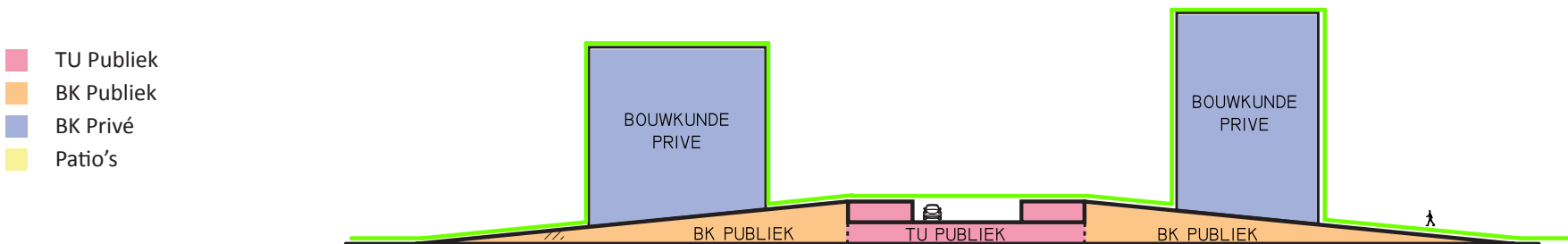
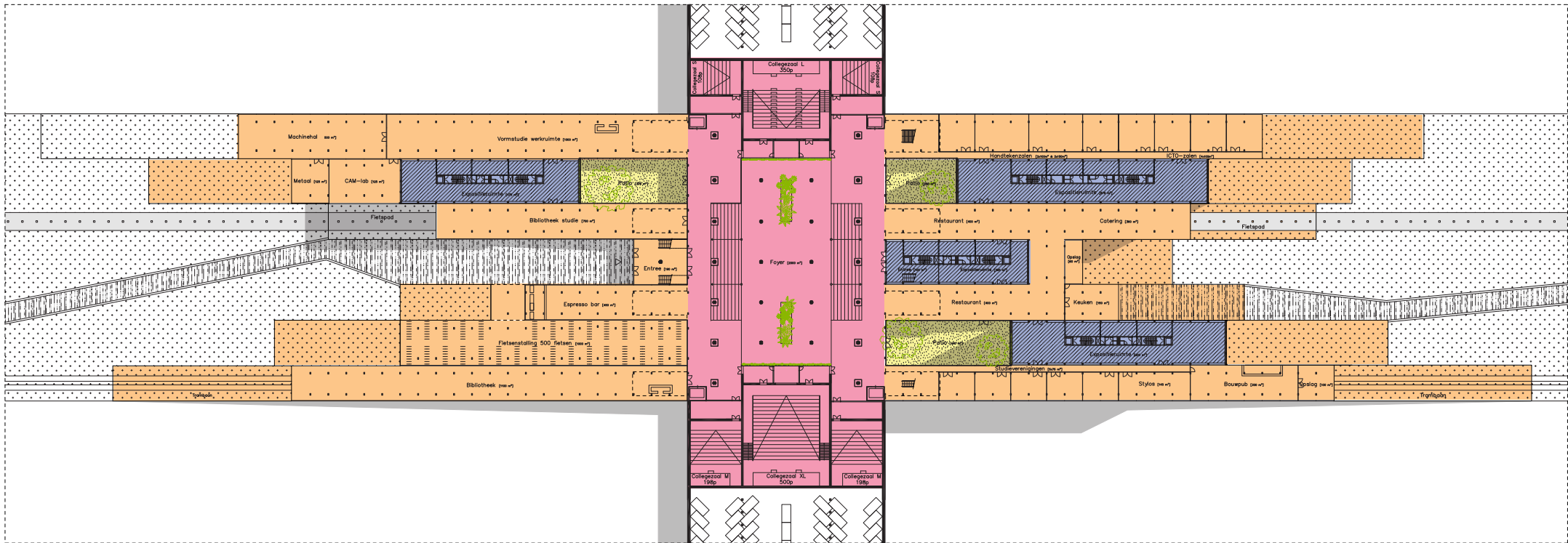
*Figuur 11.5: Kruithuisboulevard (grijs) en Mekelpark (groen) staan letterlijk, maar ook qua karakter, haaks op elkaar.*

Wel is in fig. 11.6 schematisch te zien hoe het gebouw aan de vorm is gekomen; aan de hand van de locatie en de functionele indeling. In stap 1 is te zien hoe de situatie is zonder dat het bouwkunde gebouw op deze locatie staat; het Mekelpark loopt onder de Kruithuisboulevard door; het zijn twee gescheide werelden. Om deze twee werelden fysiek met elkaar te verbinden moet er een hoogteverschil overwonnen worden, dit gebeurt in stap 2. Zo ontstaat er automatisch gebouwwolume. Hierin komt het bouwkunde gebouw, dat is stap 3.

Als er naar het programma van de faculteit bouwkunde gekeken wordt, valt deze onder te verdelen in privé functies (studio's en kantoren) en publieke functies. De privé functies hebben rust en privacy nodig en worden daarom letterlijk verheven van de rest van het gebouw en in torens geplaatst, dit is te zien in stap 4. De publieke functies vallen verder onder te verdelen in functies die slechts interessant zijn voor gebruikers van het bouwkunde gebouw (zoals de maquettehal en de bibliotheek, het zgn. 'BK Publiek') en functies die ook interessant zijn voor gebruikers van de hele TU wijk en/of het Technopolis (foyer, collegezalen en de conferentiezalen, het zgn. 'TU Publiek'). In stap 5 is te zien dat het 'BK Publiek' naar de zijkanten wordt geschoven en dat het 'TU Publiek' centraal in het gebouw plaatsvindt.

Het gebouw bestaat dus zo gezien uit 3 delen; Het TU publieke deel onder de Kruithuisweg, het BK publieke deel in de stroken en het BK privé deel in de torens. Daarnaast zijn er nog patio's ten behoeve van het daglicht. In fig. 11.7 nog een keer schematisch aangegeven in plattegrond en doorsnede. Om de 3 gebouwdelen te benadrukken heeft ieder deel z'n eigen karakter en bouwconstructie, maar in elk gebouwdeel wordt op een bepaalde manier groen toegepast. Dit wordt in het volgende hoofdstuk beschreven.





Figuur 11.7: Plattegrond en doorsnede ontwerp. Functionele indeling aangegeven.

## 12. IMPLEMENTATIE GROEN OP, IN & AAN HET ONTWERP

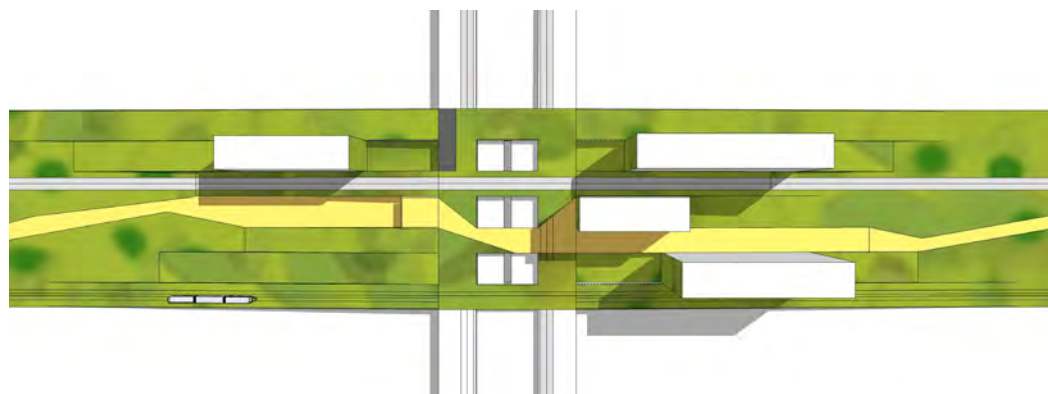
In dit hoofdstuk wordt beschreven op welke manieren groen in het architectonisch ontwerp zijn toegepast. Daarnaast wordt uiteengezet wat voor meerwaarde dit groen voor mens en/of gebouw heeft, waardoor het leefklimaat van de mens verbeterd wordt.

### 12.1 Groen op het gebouw

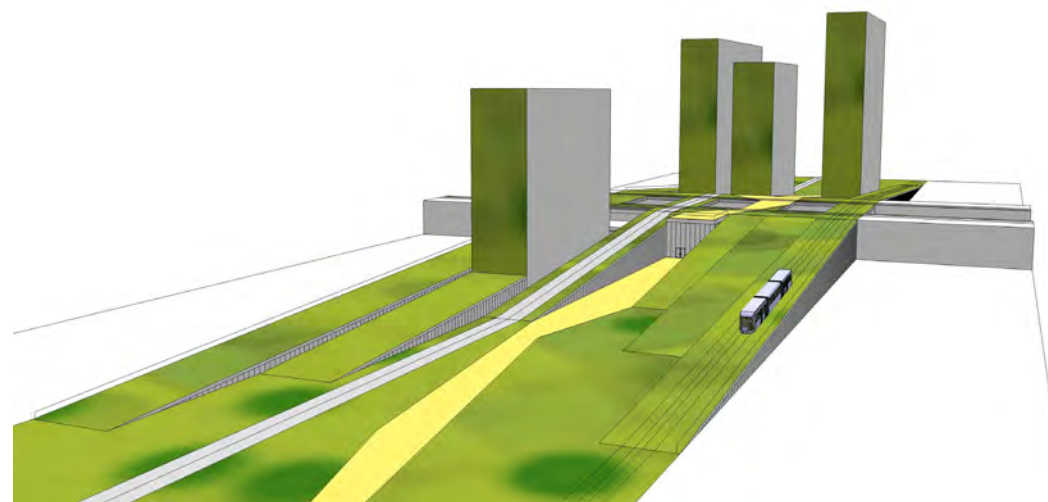
Zoals al in het stappenplan van figuur 11.5 te zien is, wordt (conceptueel gezien) het maaiveld over het gebouw (de stroken en de torens) en de Kruithuisboulevard, heengetrokken. Het Mekelpark gaat geleidelijk over in het Bouwkunde gebouw. In figuur 12.1 en 12.2 is een bovenaanzicht en perspectief van het ontwerp te zien, en duidelijk is dat er een enorm dakoppervlak begroeid is. Conceptueel is dat mooi en klopt het, maar heeft het daarnaast nog meer meerwaarde in deze situatie?

In de literatuurstudie naar groen op gebouwen (*Hf. 4.6 Groen op gebouwen*) komen een aantal positieve effecten naar voren. De effecten die worden beschreven bij 'effecten op stadsklimaat' gelden uiteraard ook voor mijn ontwerp, maar zijn van erg algemene aard; tegengaan temperatuur- en luchtvochtigheidschommelingen, het hitte-eiland effect, verbetering luchtkwaliteit, waterbeheer, geluid, biodiversiteit en zichtgroen.

In de literatuurstudie wordt ook aangegeven dat er pas een merkbaar effect plaatsvindt op het klimaat vanaf afmetingen van 1 hectare en dat er anders een samenhangend stadsontwikkelingsbeleid plaats moet vinden, waarin grote aantallen begroeide daken, parken en corridors aaneengeschakeld worden. Het dakoppervlakte van mijn ontwerp is rond de 2 hectare, wat betekend



Figuur 12.1: Bovenaanzicht gebouw. Mekelpark loopt geleidelijk in bouwkunde gebouw over.



Figuur 12.2: Perspectief gebouw. Maaiveld Mekelpark wordt over stroken, torens en Kruithuisboulevard heengetrokken.

dat er dus wél een instant effect op het milieu plaatsvindt.

De positieve effecten van groene daken zijn dan wel van algemene aard (hoe meer begroeide daken in de stad, hoe beter), er zitten echter ook een aantal effecten tussen die op deze locatie goed van pas komen.

Zo is er de Kruithuisweg die door het plan heen loopt. Dit is een drukke provinciale weg, met veel gemotoriseerd verkeer. Dat houdt dus in dat er luchtverontreiniging plaatsvindt en daarnaast geluidshinder. Bovendien rijdt de tram over het gebouw heen die geluid produceert. Het begroeide dak kan dit enigszins compenseren. De lucht wordt gereinigd en er vindt geluidsdemping plaats.

De torens in dit ontwerp, waarin de werkplekken (studio's en kantoren) zich bevinden hebben uitzicht op het dak. Dit zichtgroen zal de productiviteit verhogen en maakt de werkplek tot een aangename verblijfplaats.

Maar wat op stedenbouwkundig niveau vooral een sterk argument is voor een begroeid dak op deze locatie is waterbeheer. Met het huidige waterbeheer in de TU wijk is het op dit moment namelijk niet erg goed gesteld. Marijn Piet (2010) heeft recentelijk over dit onderwerp haar Bachelor Eindwerk scriptie geschreven ('Wateroverlast TU-wijk'). Haar onderzoek gaat over de dag 23 augustus 2010. Op deze dag viel in heel korte tijd 50 mm regen. Onmiddellijk staan straten blank, lopen kelders onder, moet een binnenstedelijke autotunnel worden afgesloten en komt water via toiletpotten omhoog. Klimaatdeskundigen voorspellen dat Nederland meer en meer te maken krijgt met hevige buien. In het meest ongunstige scenario van het KNMI is het aantal extreme buien in 2050 met 27 procent toegenomen. Piet (2010) heeft in haar onderzoek gezocht naar mogelijke oorzaken van de wateroverlast, ook heeft zij oplossingen gevonden om de wateroverlast in de

toekomst te voorkomen. Veel oplossingen zijn van civiel-technische aard, maar ook beveelt zij aan om meer, begroeide daken in de TU wijk aan te leggen:

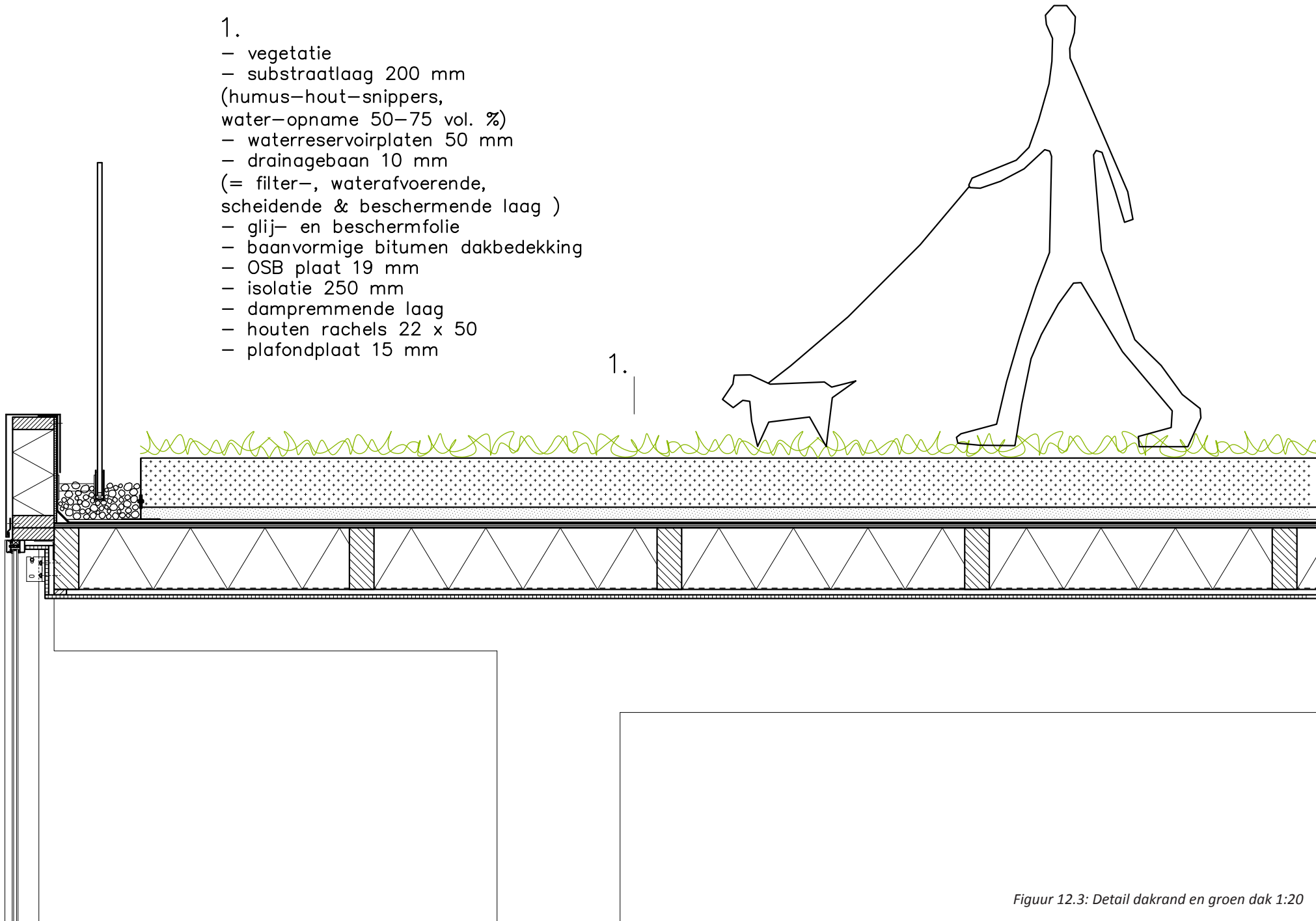
*'Een meer algemene oplossing is de afvoer van regenwater verminderen of de piekafvoer afvlakken door vertraging van het afvoerproces, bijvoorbeeld door meer groen, waterdoorlatende verharding, groene daken, waterberging op straat.'* (Piet 2010, p. 20)

In fig. 12.3 is het detail te zien van de dakrand in het ontwerp. De substraatlaag is 200 mm dik, de hellingshoek van het dak varieert van 4,5% tot 10%. De tabel in figuur 4.13 geeft hier geen informatie over maar als de informatie in deze tabel geëxtrapoleerd wordt zou het goed kunnen dat de afvloeiings-coëfficiënt van dit dak rond de 0,4 ligt. Dat betekent dat 60% van het water kan worden vastgehouden door dit dak. Het substraat type dat is gekozen (humus-hout-snipper) is ook in staat om deze hoeveelheid vast te houden. Bovendien kunnen de waterreservoir platen 80% van hun eigen gewicht aan water vasthouden. Deze platen zijn vooral bedoeld om het dak van vocht te voorzien in drogere tijden. Een groen dak van 2 hectare groot zal dus zeker kunnen bijdrage aan een beter waterbeheer in de TU wijk.

De drainagebaan is een samenvoeging van de filterlaag, waterafvoerende, scheidende en beschermende laag. De filterlaag voorkomt dat fijnere substraat-deeltjes in de waterafvoerende laag terecht komen, waardoor een goede waterafvoer gewaarborgd blijft. De waterafvoerende laag neemt op grond van het volume aan holle ruimte overtollig water op en voert dit af naar de dakafvoeren. De scheidende laag houdt materialen die elkaar chemisch niet verdragen gescheiden. En tenslotte de beschermende laag beschermt het dakbedekkingssysteem tegen mechanische en dynamische belastingen, die kunnen ontstaan tijdens het aanbrengen van het groene dak alsook door het latere gebruik.

Aan de dakafdichtingen mogen geen dynamische belastingen door

- 1.
- vegetatie
  - substraatlaag 200 mm  
(humus-hout-snipper, water-opname 50-75 vol. %)
  - waterreservoirplaten 50 mm
  - drainagebaan 10 mm  
(= filter-, waterafvoerende, scheidende & beschermende laag )
  - glij- en beschermfolie
  - baanvormige bitumen dakbedekking
  - OSB plaat 19 mm
  - isolatie 250 mm
  - dampremmende laag
  - houten rachels 22 x 50
  - plafondplaat 15 mm



Figuur 12.3: Detail dakrand en groen dak 1:20

daarop aangebrachte lagen worden doorgegeven. Als verwacht wordt dat deze belastingen toch gaan plaatsvinden (wat in dit ontwerp het geval is) dan wordt een glij- en beschermfolie aangebracht. Deze laag bestaat uit twee gladde oppervlakken die op het dakbedekkingssysteem worden aangebracht.

Naast de positieve effecten op stadsniveau zijn er ook een aantal positieve effecten op gebouwniveau bekend. Zo gaat de dakbedekking beduidend langer mee, is het dak beter thermisch geïsoleerd en is het koelend vermogen ervan groter. Daarnaast isoleert het dak de geluiden van buiten naar binnen een stuk beter. Vooral dit laatste effect is erg gunstig in dit ontwerp. De tram rijdt namelijk over het gebouw heen en dit kan nogal wat geluidsoverlast veroorzaken. Door het begroeide dak kan een isolatie van 8 decibel worden bereikt, waarbij wel opgelet moet worden dat de (kozijn)details goed uitgevoerd worden.

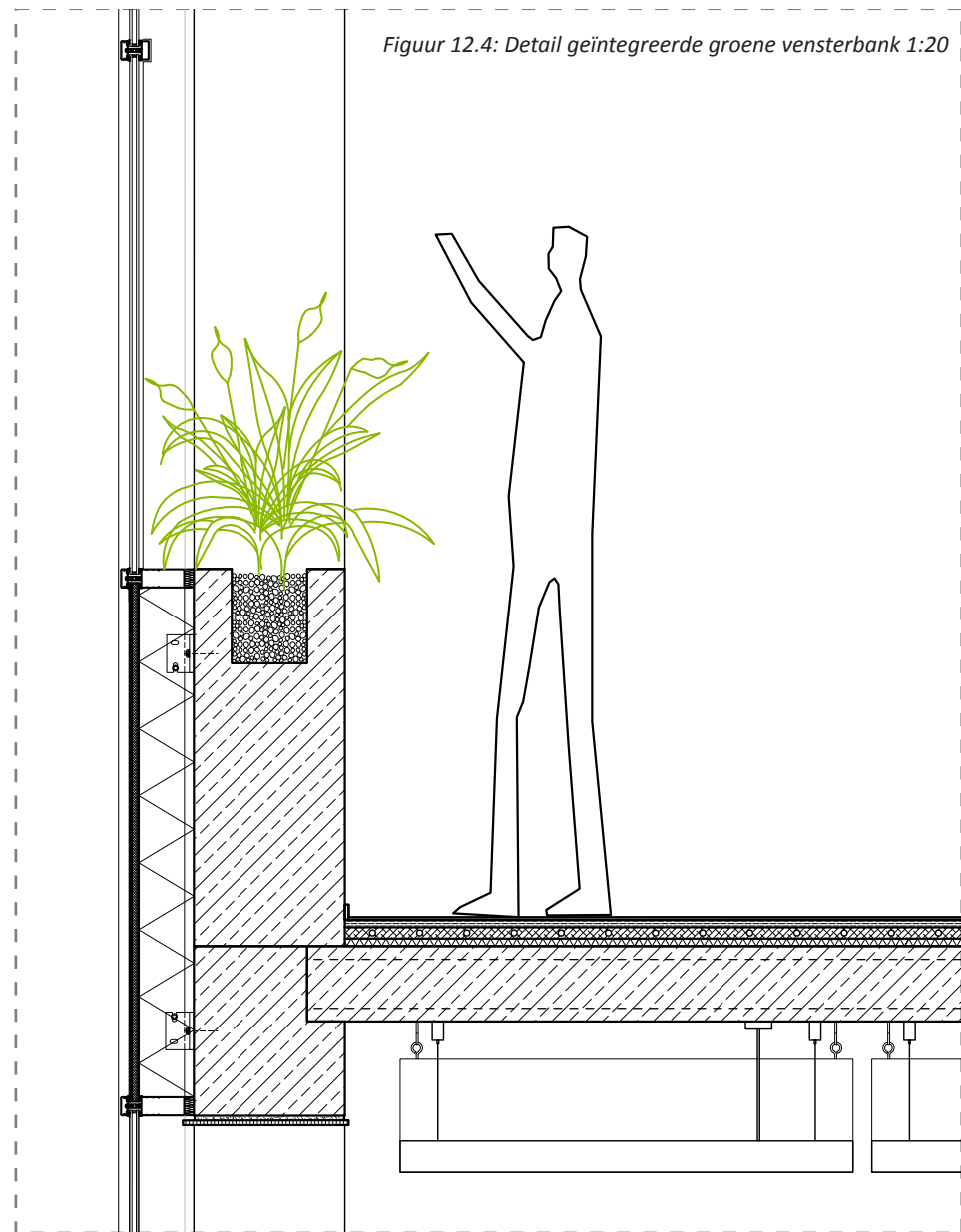
## 12.2 Groen in het gebouw

De positieve effecten van groen in gebouwen zijn op te splitsen in psychische en gezondheidseffecten enerzijds en fysiologische effecten anderzijds.

Kort samengevat de psychische en gezondheids effecten van groen binnen:

- Gezondheidsklachten nemen af;
- Welbevinden stijgt;
- Productiviteit stijgt bij creatief werk, vooral wanneer er sprake is van stress;
- Reactievermogen stijgt.

Er is echter niks bekend over de soort planten die hierbij gebruikt zouden moeten worden, het geldt voor groen in het algemeen. Wel wordt aanbevolen om één plant per 2 medewerkers



of één plant per 12 m<sup>2</sup> kantoorruimte toe te passen. Zoals in het stappenplan van fig. 4.11 is te zien, zijn in de torens de BK Private functies geplaatst; de werplekken voor medewerkers of de studio's voor de studenten. Het is dus wenselijk om op deze plek de aanbevolen plant per 2 personen te halen, aangezien er hier veel creatieve processen plaatsvinden en mensen zich voor langere tijd bevinden.

Er is ruimte voor planten gemaakt door een uitsparing te maken in de dragende gevel, zie het detail in fig. 12.4. Door deze uitsparing is er een geïntegreerde ruimte ontstaan waar planten in geplaatst kunnen worden. In fig. 12.6 is te zien wat voor beeld dit oplevert.

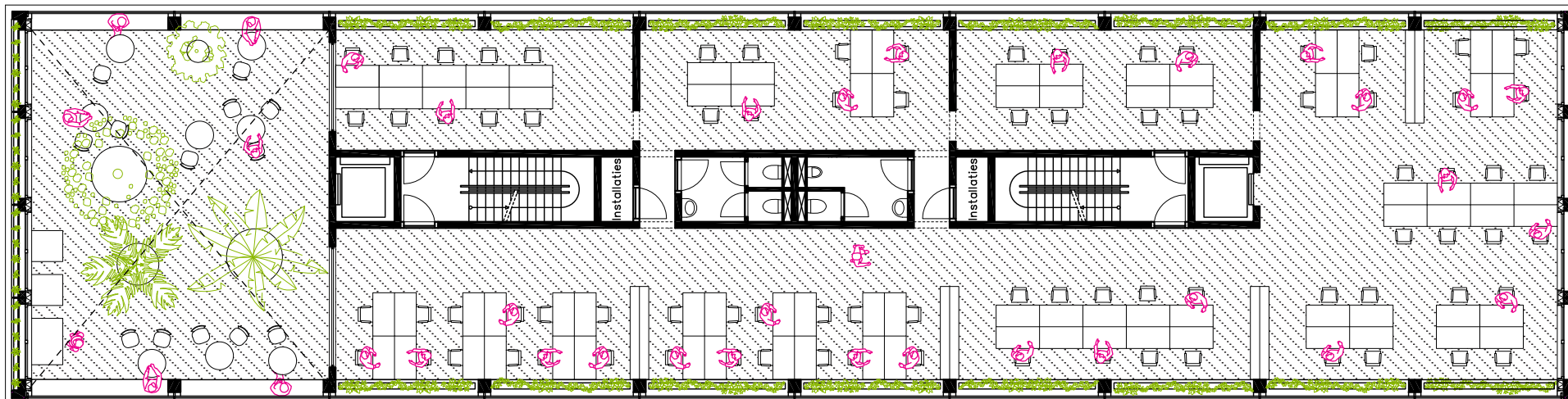
Daarnaast is er per 2 verdiepingen een dubbelhoge ruimte ontworpen waar de studenten en/of medewerkers zich kunnen terugtrekken.

Hier staan koffieautomaten, printers etc. In deze lichte en hoge ruimte op de kop van de torens zijn ook een aantal grote planten geplaatst. Dit is goed te zien op de plattegrond in fig. 12.5.

Dan zijn er nog de fysiologische effecten van groen binnen, kort samengevat:

- Stijging relatieve luchtvochtigheid;
- Verbeteren luchtkwaliteit;
- Stofafzetting verlagen;
- Verbetering akoestiek door middel van verlagen nagalmtijd (vooral door aanwezigheid substraat)

De eerste 2 effecten (luchtvochtigheid en -kwaliteit) zijn sterk afhankelijk van het ventilatievoud, maar hoe het verband precies zit is nog niet bekend en dit kan ook per plant verschillen. Feit is dus dat planten een positieve bijdrage hebben, maar hoe groot die is, is nog niet bekend. Wel geldt: hoe meer planten (of, in het geval van akoestiek: substraat) hoe beter de werking. Deze fysiologische effecten spelen dus ook een rol in de eerder beschreven werkruimtes in de toren (fig. 12.4 tm 12.6). Het installatiesysteem is hier echter niet op aangepast omdat dus niet bekend is hoe groot de werking is. Het kan wel zijn dat het installatiesysteem minder hard hoeft te werken omdat de planten aanwezig zijn.



Figuur 12.5: Plattegrond 1:200 verdieping toren. Op de kopse kant een dubbelhoge ruimte met grote planten. In de vensterbanken geïntegreerd groen.



*Figuur 12.6: Impressie groene vensterbank bij de werkplekken.*

Naast de torens is er ook groen toegepast in het TU Publieke deel, zie fig. 12.6, stap 5. In dit publieke deel bevindt zich de entree, is een grote foyer en bevinden zich de collegezalen, zie de plattegrond in fig. 12.7.

Alle eerder genoemde positieve effecten spelen in deze centrale hal natuurlijk een rol, maar vooral het akoestische effect van groen kan hier erg interessant zijn. In een grote ruimte als deze vindt er al snel veel hinderlijke galm plaats. Door middel van de 2 grote wanden groen te maken, en 2 grote bakken met beplanting te plaatsen wordt er zo'n 400 m<sup>2</sup> aan goed geluidabsorberend materiaal toegevoegd. Het is erg complex om voor een ruimte als deze de uiteindelijke nagalmtijd te berekenen, maar het groen zal de situatie zeker verbeteren.

Een impressie van deze ruimte is te vinden in figuur 12.8. Hierop is te zien dat de plantenbakken recht onder het daklicht staan, deze zullen dus voldoende daklicht krijgen. Er is gekozen voor de planten 'Areca Palm' en 'Lady Palm'. Deze twee planten scoren het beste in de gids die Wolverton (1997) heeft gemaakt. De score is een gemiddelde van vier onderdelen waarop de plant beoordeeld is: chemische stofopname, gemak in groei en onderhoud, resistentie tegen insecten plagen en hoeveelheid vochtuitwaseming. Echter zijn deze planten ook beoordeeld in een omgeving met een ventilatievoud van nul, maar het is te verwachten dat als er wel geventileerd wordt deze planten alsnog beter zullen presteren dan de veel voorkomende kamerplanten waarmee is vergeleken (50 in totaal).

Bovendien passen deze planten esthetisch goed bij de sculpturale kolommen die zich in de ruimte bevinden.

De begroeiing op de groene wand wat zich te ver van het daklicht af bevindt, zal extra bijverlicht worden door kunstlicht. Het systeem wat voor deze wand wordt toegepast is het systeem van het Zuidkoop, waarmee ook de akoestische metingen zijn gedaan van hoofdstuk 5. Dit is namelijk het enige systeem waarbij het subtraat wordt



Figuur 12.7 Plattegrond TU Publieke deel met, entree, foyer en collegezalen



*Figuur 12.8 Impressie foyer van TU Publieke deel.*

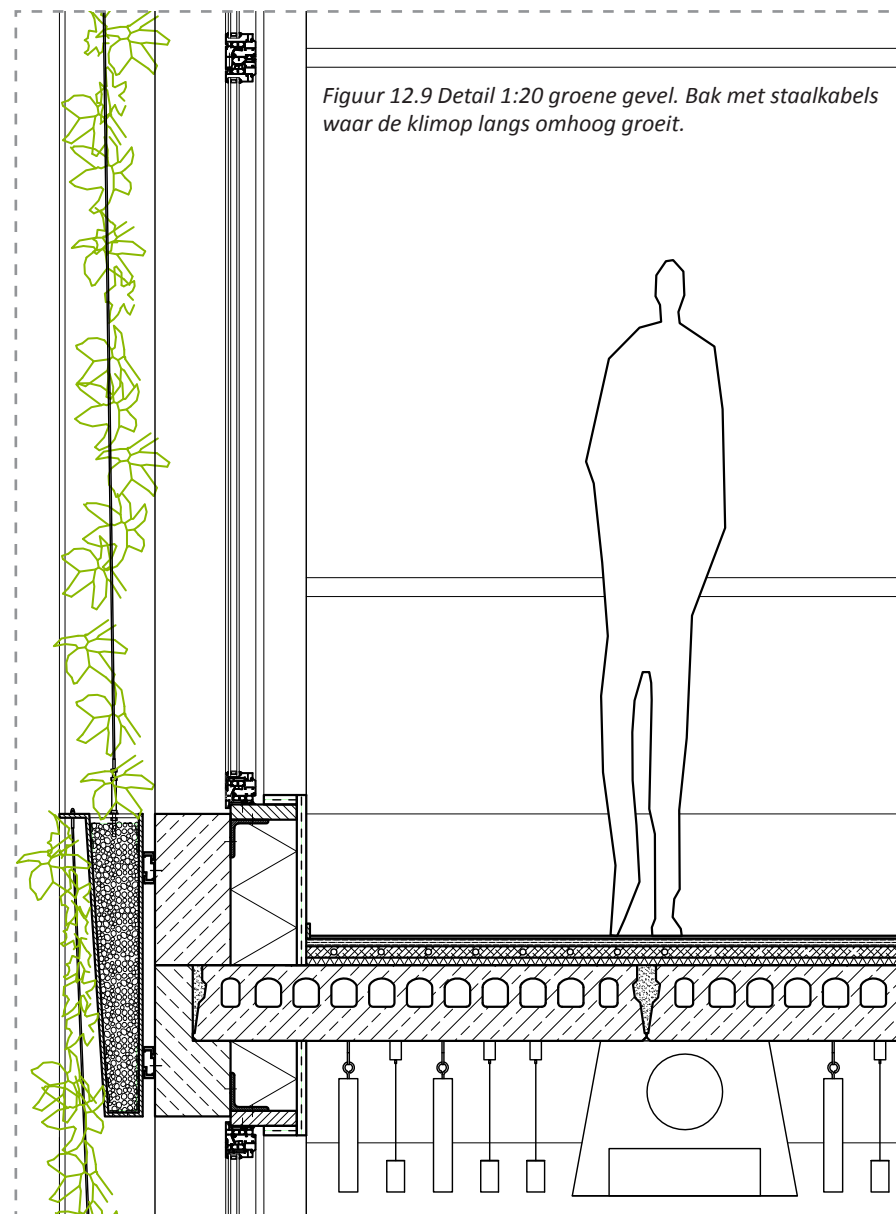
blootgesteld, wat gunstig is voor de akoestiek. Andere systemen, met bijvoorbeeld meerdere textiel lagen waar het groen in groeit, hebben wellicht ook een goede akoestische werking maar deze zijn niet getest.

Aan het systeem van Zuidkoop wordt een automatisch irrigatiesysteem gekoppeld. Hierdoor gaat watergeven en voeding automatisch door middel van een sensor. Ander onderhoud als bijvoorbeeld snoeien, moeten wel handmatig worden uitgevoerd.

Het andere groen, in de bakken in de foyer, maar ook het groen in de torens, moet ook goed onderhouden worden. Het is daarom verstandig om een onderhoudscontract met een groenbedrijf af te sluiten. Als er gebruik wordt gemaakt van het Seramis substraat hebben de planten 1x in de maand water en voedingsstoffen nodig. 1x in de 3 maanden moet ander onderhoud plaatsvinden. Alle genoemde positieve effecten werken alleen als de planten gezond en vitaal zijn. Is dat niet het geval dan kan er juist een averechts effect ontstaan. Goed onderhoud is dus essentieel.

### 12.3 Groen aan het gebouw

Zoals eerder beschreven wordt het groen van het maaiveld door getrokken over het gebouw, zie fig. 12.2. Dit houdt conceptueel dus in dat de gevels van de torens begroeid worden. Daarnaast was er de wens om de verticaliteit te benadrukken en moest het ondanks de begroeiing toch mogelijk zijn om door het raam naar buiten te kijken. In fig.12.9 is in detail te zien hoe dit uiteindelijk is uitgevoerd. Er worden composieten bakken aan de gevel gehangen waaraan een stalen kabel bevestigd wordt. Deze kabel is aan de bak bevestigd die erboven hangt en loopt er voorlangs waardoor een groen geheel ontstaat en de bakken minder dominant aanwezig zijn. Op de Zuidgevel hangen deze bakken om de 2 verdiepingen dus om de 8,40 meter. De bakken zijn 80 cm diep zodat de klimop genoeg wortel kan



ontwikkelen om ook 8,40 meter hoog te groeien. Op de Noordgevel hangen de bakken om de verdieping dus om de 4,20 meter. Het onderste raam bij de bak opent naar binnen zodat er onderhoud van binnenuit kan plaatsvinden. In fig 12.10 is een abstracte impressie van de Zuidgevel te zien.

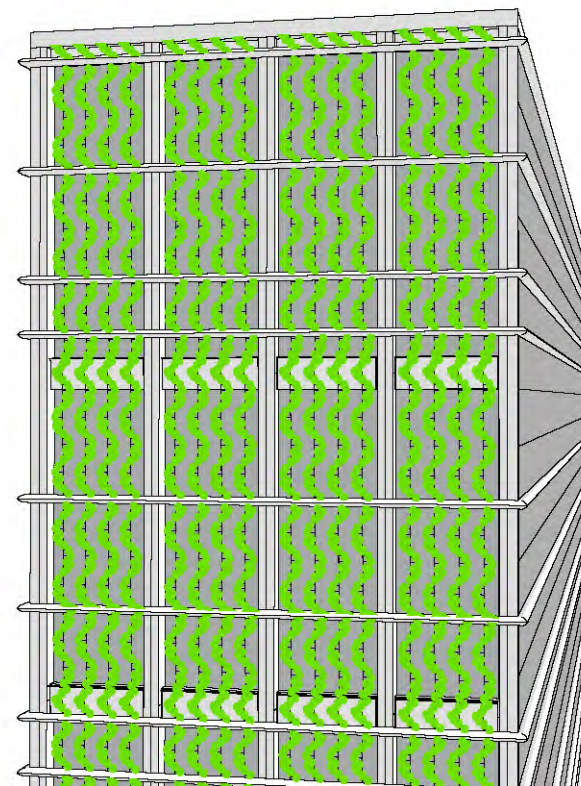
De positieve effecten van groene gevels op stadsniveau zijn ongeveer gelijk aan die van groene daken. Op stadsniveau is er de afname van het hitte-eiland effect, verbetering van de luchtkwaliteit, verbetering microklimaat, esthetische vooruitgang en in kleine mate waterbeheer. Vooral de verbetering van de luchtkwaliteit is nuttig met de Kruithuisweg zo vlakbij.

Op gebouwniveau vindt er een verbetering van de thermische isolatie plaats. Bij dit open systeem zal dat gering zijn, de luchtlaag tussen gevel en groen is niet erg gesloten. Echter neemt wel de luchtsnelheid langs de gevel af, wateruitwaseming van de bladeren zorgt voor koeling, en het werkt als een soort windbuffer. Bovendien is het een dynamische zonwering. In de zomer, als het nodig is, heeft de plant blad en werkt het systeem zonwerend. In de winter is veel meer doorzicht en valt er dus meer licht en warmte binnen.

Daarnaast dient de klimop als bescherming van het gevelsysteem erachter. De kozijnen zullen op deze manier langer meegaan. Geluidisolatie zal met dit systeem gering zijn.

#### 12.4 Samenvatting

In het architectonisch ontwerp voor de nieuwe faculteit van bouwkunde in Delft is op een aantal manieren groen toegepast. In deze paragraaf een samenvatting van de positieve effecten die dit groen oplevert op het leefklimaat van de mens.



Figuur 12.10 Abstracte impressie vooraanzicht groene gevel toren.

Groen op het gebouw:

Stadsniveau:

- Consequente uitvoering van het architectonische concept;
- Reiniging vervuilde lucht veroorzaakt door o.a. gemotoriseerd verkeer Kruithuisweg;
- Demping geluid veroorzaakt door o.a. gemotoriseerd verkeer Kruithuisweg en tram;
- Zichtgroen vanuit de torens;
- Nuttige bijdrage aan de huidige hachelijke situatie van het

waterbeheer in de TU-wijk.

Gebouwniveau:

- Dakbedekking gaat langer mee;
- Betere thermische isolatie;
- Groter koelend vermogen;
- Geluidisolatie van buiten naar binnen, nuttig in verband met de tram die over het gebouw heen gaat.

Groen in het gebouw:

- De psychische en gezondheidseffecten zijn van algemene aard. Aanbevolen wordt 1 plant per 2 werknemers en dit kan vooral nut hebben op plekken waar mensen werken die met creatieve processen bezig zijn. Daarom is er in de constructie in de torens ruimte ontworpen om planten in te plaatsen.
- Voor de fysiologische effecten geldt ook: hoe meer planten, hoe beter het effect. Vooral omdat de relatie tussen het ventilatievoud en de hoeveelheid benodigde planten nog niet duidelijk is (in het geval van luchtvochtigheid en -zuivering)
- In de foyer zijn planten toegepast om de akoestiek te verbeteren. Deze ruimte leent zich daar perfect voor.
- Een goed onderhoudscontract is essentieel voor een goede uitvoering van groen in het gebouw.

Groen aan het gebouw:

- Consequente uitvoering van het architectonische concept;
- Reiniging vervuilde lucht veroorzaakt door o.a. gemotoriseerd verkeer Kruithuisweg;
- Verbetering thermische isolatie door afname windsnelheid, windbuffer en wateruitwaseming.
- Dynamische zonwering; in zomer met blad zonwerend in winter zonder blad zon doorlatend

## 12.5 Literatuurlijst

Piet, M. 2010.

*Wateroverlast TU-wijk*. Bachelor Eindwerk. Faculteit Civiele Techniek, TU Delft 2010

Wolverton, B.C. 1997.

*How to Grow Fresh Air, 50 Houseplants That Purify Your Home or Office*. Weidenfeld & Nicolson, London UK.

---

**BIJLAGE 1 MEETGEGEVENS AKOESTISCH ONDERZOEK**

<b>Frequentie</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>	<b>S [m<sup>2</sup>]</b>
<b>Nul meting</b> $V= 197,00 \text{ m}^3$ ; $0,1611 \cdot V = 31,74$	3,10	2,91	2,35	1,73	1,51	1,20	
	3,33	2,63	2,29	1,77	1,56	1,30	
	2,68	2,64	2,30	1,99	1,43	1,31	
	3,07	3,03	2,43	1,84	1,44	1,25	
	3,50	2,66	2,45	1,93	1,49	1,26	
	2,89	2,86	2,34	1,84	1,59	1,30	
	3,15	2,79	2,35	1,85	1,43	1,27	
gemiddelde	3,10	2,79	2,36	1,85	1,49	1,27	
A [m <sup>2</sup> o.r.]	10,23	11,38	13,46	17,15	21,26	24,99	
<b>Meting 2</b> (4 bakken aarde) $S= 2,77 \text{ m}^2$	3,35	2,72	2,08	1,69	1,50	1,22	2,78
	2,88	2,72	2,09	1,70	1,46	1,22	
	2,66	2,64	2,00	1,78	1,41	1,22	
standaard deviatie	0,26	0,04	0,04	0,04	0,03	0,00	
gemiddelde	2,96	2,69	2,06	1,72	1,46	1,22	
verschil met 0 meting	-0,14	-0,10	-0,30	-0,13	-0,04	-0,05	
A [m <sup>2</sup> o.r.]	10,64	11,71	15,34	18,30	21,65	25,85	
A-Anulmeting	0,42	0,33	1,88	1,15	0,39	0,86	
$\alpha = A/S$	0,15	0,12	0,68	0,41	0,14	0,31	
<b>Meting 3</b> (4 bakken hydro) $S= 2,77 \text{ m}^2$	3,34	2,72	2,19	1,69	1,47	1,25	2,78
	3,27	2,55	2,13	1,74	1,41	1,18	
	2,29	2,49	2,20	1,81	1,51	1,23	
standaard deviatie	0,45	0,09	0,03	0,04	0,04	0,03	
gemiddelde	2,97	2,59	2,17	1,75	1,46	1,22	
verschil met 0 meting	-0,14	-0,20	-0,19	-0,10	-0,03	-0,05	
A [m <sup>2</sup> o.r.]	10,63	12,19	14,51	18,06	21,55	25,85	
A-Anulmeting	0,40	0,81	1,06	0,90	0,29	0,86	
$\alpha = A/S$	0,15	0,29	0,38	0,32	0,11	0,31	
<b>Meting 9</b> (4 bakken seramis) $S= 2,77 \text{ m}^2$	2,80	2,55	2,17	1,76	1,50	1,29	2,78

	2,64	2,49	2,22	1,64	1,40	1,22	
	3,02	2,29	2,24	1,74	1,53	1,23	
standaard deviatie	0,13	0,10	0,03	0,05	0,05	0,03	
gemiddelde	2,82	2,44	2,21	1,71	1,48	1,25	
verschil met 0 meting	-0,28	-0,35	-0,15	-0,14	-0,02	-0,02	
A [m <sup>2</sup> o.r.]	11,18	12,91	14,27	18,41	21,36	25,30	
A-Anulmeting	0,96	1,53	0,82	1,25	0,10	0,31	
$\alpha = A/S$	0,34	0,55	0,29	0,45	0,04	0,11	
<b>Meting 8</b> (4x hydro 4x seramis 4x aarde) S= 8,31m <sup>2</sup>	2,93	2,29	1,99	1,58	1,37	1,16	8,31
	2,26	2,00	1,90	1,72	1,45	1,23	
	2,34	2,12	1,89	1,62	1,44	1,24	
standaard deviatie	0,28	0,10	0,04	0,05	0,03	0,03	
gemiddelde	2,77	2,14	1,93	1,64	1,42	1,21	
verschil met 0 meting	-0,33	-0,65	-0,43	-0,21	-0,07	-0,06	
A [m <sup>2</sup> o.r.]	11,37	14,76	16,37	19,23	22,21	26,07	
A-Anulmeting	1,14	3,38	2,91	2,08	0,95	1,08	
$\alpha = A/S$	0,14	0,41	0,35	0,25	0,11	0,13	
<b>Meting 4</b> (alu wand in breedte) S= 8,00 m <sup>2</sup>	3,12	2,42	2,06	1,61	1,28	1,12	8,00
	2,88	2,65	2,02	1,43	1,31	1,14	
	3,13	2,65	2,10	1,40	1,26	1,17	
standaard deviatie	0,11	0,10	0,03	0,09	0,02	0,02	
gemiddelde	3,04	2,57	2,06	1,48	1,28	1,14	
verschil met 0 meting	-0,06	-0,22	-0,30	-0,37	-0,21	-0,13	
A [m <sup>2</sup> o.r.]	10,36	12,26	15,31	21,31	24,58	27,59	
A-Anulmeting	0,14	0,88	1,85	4,16	3,32	2,60	
$\alpha = A/S$	0,02	0,11	0,23	0,52	0,41	0,32	
<b>Meting 5</b> (alu wand in lengte) S= 8,00 m <sup>2</sup>	3,42	2,65	1,95	1,63	1,24	1,16	8,00
	2,79	2,88	2,07	1,48	1,24	1,13	
	2,92	2,59	2,27	1,47	1,27	1,08	

standaard deviatie	0,25	0,12	0,12	0,07	0,01	0,03	
gemiddelde	3,04	2,71	2,10	1,53	1,25	1,12	
verschil met 0 meting	-0,06	-0,08	-0,26	-0,32	-0,24	-0,15	
A [m <sup>2</sup> o.r.]	10,36	11,65	15,04	20,66	25,23	28,08	
A-Anulmeting	0,14	0,27	1,59	3,50	3,97	3,09	
$\alpha = A/S$	0,02	0,03	0,20	0,44	0,50	0,39	
<b>Meting 6</b> (houten wand in lengte) S= 5,20 m <sup>2</sup>	2,81	2,37	1,83	1,56	1,26	1,11	5,20
	2,67	2,32	1,77	1,38	1,31	1,09	
	2,51	1,89	1,70	1,54	1,26	1,15	
standaard deviatie	0,10	0,20	0,04	0,08	0,02	0,02	
gemiddelde	2,66	2,19	1,77	1,49	1,28	1,12	
verschil met 0 meting	-0,44	-0,60	-0,59	-0,36	-0,22	-0,15	
A [m <sup>2</sup> o.r.]	11,84	14,38	17,85	21,12	24,70	28,24	
A-Anulmeting	1,61	3,00	4,40	3,97	3,45	3,26	
$\alpha = A/S$	0,31	0,58	0,85	0,76	0,66	0,63	
<b>Meting 7</b> (houten wand in hoek) S= 5,20 m <sup>2</sup>	2,70	2,39	1,88	1,44	1,32	1,14	5,20
	2,91	2,31	1,76	1,53	1,25	1,10	
	2,71	2,18	1,87	1,49	1,37	1,13	
standaard deviatie	0,09	0,08	0,05	0,03	0,04	0,02	
gemiddelde	2,77	2,29	1,84	1,49	1,31	1,12	
verschil met 0 meting	-0,33	-0,50	-0,52	-0,36	-0,18	-0,15	
A [m <sup>2</sup> o.r.]	11,37	13,75	17,17	21,22	24,02	28,08	
A-Anulmeting	1,14	2,37	3,72	4,06	2,76	3,09	
$\alpha = A/S$	0,22	0,46	0,71	0,78	0,53	0,59	
<b>Meting 10</b> (3 planten klein blad naast elkaar) S= 6,80 m <sup>2</sup>	3,02	3,13	2,28	1,86	1,41	1,21	6,80
	3,57	2,76	2,22	1,97	1,37	1,24	
	3,42	2,64	2,31	1,70	1,53	1,19	
	3,11	2,94	2,22	1,72	1,49	1,19	
standaard deviatie	0,22	0,17	0,04	0,10	0,06	0,02	

gemiddelde	3,28	2,87	2,26	1,81	1,45	1,21	
verschil met 0 meting	0,18	0,08	-0,10	-0,04	-0,04	-0,06	
A [m <sup>2</sup> o.r.]	9,62	11,00	13,97	17,40	21,75	26,12	
A-Anulmeting	-0,61	-0,38	0,52	0,25	0,49	1,13	
$\alpha = A/S$	-0,09	-0,06	0,08	0,04	0,07	0,17	
<b>Meting 11</b> (3 planten klein blad verspreid) S= 6,80 m <sup>2</sup>	3,20	2,89	2,27	1,96	1,37	1,24	6,80
	3,32	2,59	2,04	1,81	1,37	1,22	
	3,03	2,64	2,26	1,72	1,44	1,28	
standaard deviatie	0,10	0,12	0,10	0,09	0,03	0,02	
gemiddelde	3,18	2,71	2,19	1,83	1,39	1,25	
verschil met 0 meting	0,08	-0,08	-0,17	-0,02	-0,10	-0,02	
A [m <sup>2</sup> o.r.]	9,91	11,65	14,40	17,23	22,64	25,30	
A-Anulmeting	-0,32	0,27	0,95	0,08	1,38	0,31	
$\alpha = A/S$	-0,05	0,04	0,14	0,01	0,20	0,05	
<b>Meting 12</b> (3 planten groot blad verspreid) S= 6,80 m <sup>2</sup>	2,92	2,75	2,38	1,75	1,38	1,21	6,80
	3,18	2,79	2,01	1,70	1,33	1,24	
	3,45	2,69	2,37	1,75	1,31	1,20	
standaard deviatie	0,18	0,04	0,16	0,02	0,03	0,02	
gemiddelde	3,18	2,74	2,25	1,73	1,34	1,22	
verschil met 0 meting	0,08	-0,05	-0,11	-0,12	-0,15	-0,05	
A [m <sup>2</sup> o.r.]	9,91	11,50	14,00	18,20	23,54	25,92	
A-Anulmeting	-0,32	0,12	0,54	1,04	2,28	0,93	
$\alpha = A/S$	-0,05	0,02	0,08	0,15	0,34	0,14	
<b>Meting 13</b> (3 planten groot blad naast elkaar) S= 6,80 m <sup>2</sup>	3,12	2,35	2,04	1,68	1,42	1,16	6,80
	3,16	2,50	2,10	1,64	1,43	1,16	
	3,03	2,70	2,12	1,69	1,48	1,20	
standaard deviatie	0,05	0,12	0,03	0,02	0,02	0,02	
gemiddelde	3,10	2,52	2,09	1,67	1,44	1,17	
verschil met 0 meting	0,00	-0,27	-0,27	-0,18	-0,05	-0,10	
A [m <sup>2</sup> o.r.]	10,16	12,53	15,12	18,89	21,85	26,88	

A-Anulmeting	-0,06	1,15	1,66	1,73	0,59	1,89	
$\alpha = A/S$	-0,01	0,17	0,24	0,25	0,09	0,28	
<b>Meting 14</b> (3 planten lang blad naast elkaar) $S= 5,60 \text{ m}^2$	3,05	2,65	2,31	1,76	1,50	1,19	5,60
	3,34	2,59	2,25	1,73	1,44	1,17	
	2,86	2,60	2,11	1,75	1,39	1,16	
standaard deviatie	0,17	0,02	0,08	0,01	0,04	0,01	
gemiddelde	3,08	2,61	2,22	1,75	1,44	1,17	
verschil met 0 meting	-0,02	-0,18	-0,14	-0,10	-0,05	-0,10	
A [ $\text{m}^2$ o.r.]	10,23	12,07	14,19	18,06	21,85	26,88	
A-Anulmeting	0,00	0,69	0,73	0,90	0,59	1,89	
$\alpha = A/S$	0,00	0,12	0,13	0,16	0,11	0,34	5,60
<b>Meting 15</b> (3 planten lang blad verspreid) $S= 5,60 \text{ m}^2$	3,21	2,48	2,21	1,81	1,45	1,22	
	2,95	2,83	2,25	1,66	1,46	1,15	
	3,25	2,59	2,11	1,71	1,47	1,19	
standaard deviatie	0,12	0,13	0,05	0,06	0,01	0,02	
gemiddelde	3,14	2,63	2,19	1,73	1,46	1,19	
verschil met 0 meting	0,03	-0,16	-0,17	-0,12	-0,03	-0,08	
A [ $\text{m}^2$ o.r.]	10,06	11,98	14,40	18,27	21,60	26,58	
A-Anulmeting	-0,17	0,60	0,95	1,11	0,34	1,59	
$\alpha = A/S$	-0,03	0,11	0,17	0,20	0,06	0,28	
<b>Meting 16</b> (alle planten naast elkaar) $S= 19,20 \text{ m}^2$	3,00	2,62	2,07	1,49	1,31	1,07	19,20
	3,11	2,47	2,02	1,55	1,31	1,12	
	2,74	2,50	1,98	1,58	1,35	1,05	
standaard deviatie	0,14	0,06	0,03	0,03	0,02	0,03	
gemiddelde	2,95	2,53	2,02	1,54	1,32	1,08	
verschil met 0 meting	-0,15	-0,26	-0,34	-0,31	-0,17	-0,19	
A [ $\text{m}^2$ o.r.]	10,69	12,47	15,59	20,48	23,83	29,20	
A-Anulmeting	0,46	1,09	2,13	3,33	2,57	4,21	
$\alpha = A/S$	0,02	0,06	0,11	0,17	0,13	0,22	

<b>Meting 17</b> (alle planten verspreid) S= 19,20 m <sup>2</sup>	3,34	2,81	1,94	1,53	1,28	1,07	19,20
	2,64	2,39	1,96	1,64	1,33	1,09	
	3,43	2,77	2,10	1,64	1,34	1,06	
standaard deviatie	0,33	0,18	0,07	0,05	0,02	0,01	
gemiddelde	3,14	2,66	2,00	1,60	1,32	1,07	
verschil met 0 meting	0,03	-0,13	-0,36	-0,25	-0,18	-0,20	
A [m <sup>2</sup> o.r.]	10,06	11,87	15,77	19,67	23,95	29,39	
A-Anulmeting	-0,17	0,49	2,31	2,52	2,70	4,40	
$\alpha = A/S$	-0,01	0,03	0,12	0,13	0,14	0,23	
<b>Referentie Akoestische Wand Buzziscreen</b>							
$\alpha = A/S$	0,13	0,21	0,21	0,31	0,55	0,74	
<b>Referentie Akoestische Wand Alusion</b>							
$\alpha = A/S$	0,24	0,23	0,19	0,35	0,60	0,80	

## BIJLAGE 2 INTERVIEWS GROENPRODUCT LEVERANCIERS

### Interview #1

GreenWall Green Fortune  
[www.greenfortune.com](http://www.greenfortune.com)  
gesproken met Eelco Schutter, contactpersoon Green Fortune  
Nederland (+31(0) 6 222 48 448 [eelco@greenfortune.com](mailto:eelco@greenfortune.com))

*1. Wat zijn de kosten per m<sup>2</sup> aanleg en wat zijn de kosten voor onderhoud? Bieden jullie een soort onderhoudsdienst aan?*  
Bij een wand van 10m<sup>2</sup> wordt ongeveer €800 per m<sup>2</sup> gerekend. Dat is incl. een onderhoudscontract waarbij 1x in de 2 weken iemand langs komt om te snoeien etc. Er is een jaar garantie op de Plantwall. De duurste component is de installatie; dit is arbeidsintensief de plantjes worden er een voor een ingezet. Daarnaast zijn de plantjes prijzig.

*2. Hoe werkt het bewatering- en onderhoudsysteem? Is het noodzakelijk om hier regelmatig bij te kunnen of kan dit automatisch?*  
Het geïntegreerde irrigatiesysteem maakt het water geven van de planten zeer eenvoudig: dit gebeurt namelijk automatisch. Via het irrigatiesysteem worden ook extra voedingsstoffen toegediend aan de planten. Dit proces wordt door Green Fortune geprogrammeerd en wordt automatisch uitgevoerd. We bieden verder een jaar garantie en een onderhoudscontract aan bij elke nieuwe Plantwall. Zie verder de technische tekening 'explanatory sketch.'

*3. Hoe lang duurt het totdat de hele wand begroeit is?*  
Verschilt per plantenkeus maar hooguit een aantal weken.

*4. Wat is het energieverbruik van de wand?*  
70W lampen op een timer + het irrigatiesysteem.

*5. Hoeveel licht heeft de wand nodig? Kan dit worden aangevuld met kunstlicht?*

In hun eerdere projecten wordt standaard gebruik gemaakt van toegevoegd kunstlicht. Op enkel daglicht, vooral in Nederland zal de plant niet goed tot recht komen. Een mogelijkheid is wel om gebruik te maken van rode LED verlichting die dan 's avonds aangezet kan worden om het tekort aan daglicht te compenseren.

*6. Wat zijn de eisen voor onderconstructie? Hoe dik is het hele pakket?*  
Het stijl- en regelwerk moet op de onderconstructie aangebracht kunnen worden. Dat is 10 cm dik, de planten gemiddeld 20 tot 30 cm.

*7. Zijn er harde feiten over de kwaliteiten ervan? Bijvoorbeeld CO<sub>2</sub> reductie, fijnstof opname etc. Wat zijn redenen om zo'n wand aan te schaffen?*

Zuurstofproductie, CO<sub>2</sub>-opname, stressverlagende werking, maar vooral een esthetisch product. Zie ontvangen bestanden 'Effecten van het uitzicht op planten op stress' en 'Kamerplanten kunnen effect op productiviteit verbeteren'.

### Interview #2

Vivaria Groene Wand Productschap Tuinbouw  
[www.vivaria.nl](http://www.vivaria.nl)  
Gesproken met Peter Veldhuizen (06-11867636)

*1. Hoe zit het systeem in elkaar? Hoe werkt het precies?*  
Het systeem bestaat uit een varenwortel ondergrond. Dit is een natuurlijk materiaal waar de plantjes in kunnen groeien, zoals dat in een tropisch regenwoud gebeurt. Alleen epifyten groeien hierin/ op. Epifyten zijn organismen die op planten groeien zonder hieraan voedsel te onttrekken (in tegenstelling tot parasieten). De bekendste epifytische planten zijn bepaalde soorten mos, korstmos, orchideeën,

bromelia's en algen.

Normale 'Nederlandse' kamerplanten kunnen hier niet op groeien omdat de wortels te groot/dik zijn en het varenwortel kapot maakt. Esthetisch zijn kleine planten ook mooier omdat daardoor de wand groter lijkt.

*2. Hoe werkt het bewatering- en onderhoudsysteem? Is het noodzakelijk om hier regelmatig bij te kunnen of kan dit automatisch?*

Er bevindt zich een druppelsysteem in de varenwortel die zorgt voor vochtigheid. Daarnaast wordt de wand beneveld met nevelsproeiers. Vlak voor de wand is de luchtvochtigheid 95%, op een meter afstand is deze 50% zodat er geen vochtproblemen in het pand ontstaan. Het overtollige water valt in de vijver op de bodem en wordt gereinigd en hergebruikt.

*3. Hoeveel licht heeft de wand nodig? Is het ook mogelijk zonder kunstlicht?*

Omdat dit systeem met epifytische, tropische planten werkt heeft de wand heeft zo'n 4000 tot 6000 lux nodig, 12 uur per dag. Dit wordt in Nederland zelfs buiten op de meeste dagen niet gehaald dus voor deze binnentoepassing is kunstlicht een vereiste.

*4. Wat zijn de kosten per m<sup>2</sup> aanleg? Wat is de duurste component in het systeem?*

De wand bij Productschap Tuinbouw heeft destijds fl. 200.000,- gulden gekost en deze is 16 meter hoog en zo'n 5 meter breed, dus omgerekend naar nu zo'n €1200,-/m<sup>2</sup>. De duurste component is het klimaatsysteem. De plantjes zelf zijn zo'n 1/4 à 1/3 van de totaalprijs.

*5. Hoe lang duurt het totdat de hele wand begroeit is?*

Varenwortel begroeit erg langzaam, daarom wordt het van tevoren begroeid en begroeid gemonteerd.

*7. Wat is het energieverbruik van de wand?*

De verlichting en de klimaatinstallaties verbruiken veel energie.

*8. Wat zijn de eisen voor onderconstructie?*

De enige eis voor de onderconstructie is dat het glad/strak moet zijn. Vivaria brengt dan een epoxy laag hierop aan zodat deze waterdicht is.

*9. Zijn er harde feiten over de kwaliteiten ervan? Bijvoorbeeld CO<sub>2</sub> reductie, fijnstof opname etc. Wat zijn redenen om zo'n wand aan te schaffen?*

Dhr. Veldhuizen kwam met de algemene feitjes: Produceert zuurstof, haalt CO<sub>2</sub> uit de lucht. Wist de website [www.plants-for-people.org](http://www.plants-for-people.org) waar internationaal feiten over effecten van groen gedeeld worden.

*10. Is het product op de markt gebracht omdat er veel vraag naar was of omdat u dacht dat er veel vraag naar zou zijn?*

Het project Fujitsu Siemens in Maarssen is in 1990 gebouwd. In dit kantoor kunnen de ramen niet open waardoor de lucht droog wordt en er teveel fijnstof blijft hangen. De groene wand bood een oplossing voor beide problemen. In de loop de jaren is het fijnstofgehalte gemeten en dit blijkt inderdaad in een toelaatbare concentratie aanwezig te zijn. De lucht wordt ook minder droog wat als voordeel heeft dat de verwarming lager kan. Bij dezelfde temperatuur voelt droge lucht namelijk kouder aan dan vochtigere lucht.

### Interview #3

Copijn Wonderwall  
[www.copijn.nl](http://www.copijn.nl)

Gesproken met Siebe Stellingwerf, directeur Copijn (06-53310357)

*1. Hoe zit het systeem in elkaar? Hoe werkt het precies?*

Het systeem bestaat uit groeiplaten die gemonteerd zijn op een stalen frame met damwandprofielen. De groeiplaten bestaan uit een basis van PVC-schuimplaat die bekleed is met diverse lagen vilt (geotextiel). In de buitenste laag zijn inkepingen gemaakt en in deze pockets worden de planten aangebracht. De wortels groeien dan door de verschillende lagen vilt heen.

*2. Hoe werkt het bewatering- en onderhoudsysteem? Is het noodzakelijk om hier regelmatig bij te kunnen of kan dit automatisch?*

Aan de achterkant van het vilt bevindt zich een irrigatiesysteem: een computergestuurd druppelsysteem waar ook voedingsstoffen uitkomen dat reageert op sensoren die op verschillende plaatsen in de groene schil zijn geplaatst. Gebruik van hemelwater is een manier om het leidingwaterverbruik te verminderen. Hiervoor is een relatief groot bassin nodig voor de periode dat de vraag toeneemt. Dit regenwater dient wel eerst gefilterd te worden.

*3. Hoeveel licht heeft de wand nodig? Is het ook mogelijk zonder kunstlicht?*

De wand heeft erg veel licht nodig. De planten groeien naar het licht en zal de lichttoevoer voor andere planten ontnemen. Er moet dus kunstlicht worden toegepast met als doel de wand gelijkmatig te verlichten.

*4. Wat zijn de kosten per m<sup>2</sup> aanleg?*

De kosten in de geschetste situatie zullen zo'n €600,- tot €700,- per m<sup>2</sup> zijn. Een buitentoepassing kan al vanaf de €350,-

*5. Wat zijn de kosten voor onderhoud? Hoe vaak is onderhoud nodig? Bieden jullie een soort onderhoudsdienst aan? Als er 1 plantje sterft kan dat dan makkelijk vervangen worden?*

De constructie zelf heeft nauwelijks onderhoud nodig, bij buitentoepassing moeten de leidingen gelegegd worden om

vorstschade te voorkomen. Verder is 2x per jaar snoeien voldoende. Doordat de plantjes in pockets zitten kunnen ze makkelijk vervangen worden.

*6. Wat is het energieverbruik van de wand?*

Het eventuele kunstlicht en de pomp en het irrigatiesysteem kosten energie.

*7. Wat zijn de eisen voor onderconstructie? Hoe dik is het hele pakket?*

Het stalenframe met damwandprofielen wordt bevestigd op een 'gewone' wind- en waterdichte gevel en is dus eigenlijk een soort schijngewel. Het damwandprofiel is zo'n 150 mm dik en de groeiplaat is 20 mm.

#### **Interview #4**

Zuidkoop Overloopsysteem

[www.zuidkoop.nl](http://www.zuidkoop.nl)

Gesproken met Koos Zuidgeest, tijdens presentatie BGG 2.0 Zoetermeer (0174-514666)

*1. Hoe zit het systeem in elkaar? Hoe werkt het precies?*

Het systeem bestaat uit een op de grond geplaatste waterbak waarop modules te plaatsen zijn van 35 cm hoogte. Het gewenste aantal modules wordt bepaald door de wens van de gebruiker. De breedte van de modules is 1 of 2 meter. Het systeem kan tegen de wand of vrij geplaatst worden. Bij plaatsing tegen de wand komt zowel de waterbak als de modules vast op montagestroken te staan, het hele pakket is dan 28 cm diep. Bij vrijstaande plaatsing staan 2 wanden 'rug-aan-rug' (tegen elkaar aan), met een totaaldikte van 56 cm. Onderin zitten ventilatiegaten om te zorgen dat de wand op natuurlijke wijze kan ventileren en drogen. De voorzijde van de modules zijn voorzien van fijnmazig gaas zodat de plant zich hier ook

aan kan hechten waardoor de modules niet meer zichtbaar zijn en het de wand oogt als 'egaal groen'.

*2. Hoe werkt het bewatering- en onderhoudsysteem? Is het noodzakelijk om hier regelmatig bij te kunnen of kan dit automatisch?*

Als groeimechanisme wordt in dit systeem 'seramis' gebruikt (de 'rode bolletjes'). Dit natuurlijke materiaal heeft een hoge capillaire werking. Het houdt heel veel vocht vast en geeft het naar behoefte af aan de plant. Onderin elke module zit een waterreservoir waar maximaal 2,5 liter water kan staan. In enkele weken neem seramis dit water op en geeft het af aan de plant. Dit houdt in dat de planten ongeveer iedere maand van nieuw water voorzien moeten worden. Dit gebeurt met de hand en alleen de bovenste module hoeft water te krijgen. Door middel van het overloop systeem krijgen alle modules water. Zuikoop heeft expres een product ontwikkeld wat zonder druppelsysteem werkt, omdat dit energiezuiniger is.

*3. Hoeveel licht heeft de wand nodig? Is het ook mogelijk zonder kunstlicht?*

Zuidgeest heeft experimenten gedaan om de minimale hoeveelheid licht die de wand nodig heeft te bepalen. Door de wand 0,5 meter van een muur af te zetten werd een lichtsterkte van 200 lux bereikt en dit was te weinig om de wand te laten begroeien. Nu hebben ze als ondergrens 400 lux gesteld, hierbij is wel de plantenkeus beperkt omdat niet alle planten dit aan kunnen. Het uitgangspunt van Zuidgeest is om wanden te produceren die zonder kunstlicht goed functioneren.

*4. Wat zijn de kosten per m<sup>2</sup> aanleg?*

Koos gelooft dat de uiteindelijke verkoopprijs zo'n €500,- tot €600,- per m<sup>2</sup> kan zijn, afhankelijk van de grootschaligheid. De kostprijs van de planten per m<sup>2</sup> is zo'n €250.

*5. Wat zijn de kosten voor onderhoud? Hoe vaak is onderhoud nodig?*

*Bieden jullie een soort onderhoudsdienst aan? Als er 1 plantje sterft kan dat dan makkelijk vervangen worden?*

De constructie zelf heeft nauwelijks onderhoud nodig, bij buitentoepassing moeten de leidingen geleegd worden om vorstschade te voorkomen. Verder is 2x per jaar snoeien voldoende. Doordat de plantjes in pockets zitten kunnen ze makkelijk vervangen worden.

*6. Hoe lang duurt het totdat de hele wand begroeit is?*

In principe kan de wand begroeit aangeleverd worden.

*7. Wat is het energieverbruik van de wand?*

Het energieverbruik is heel erg laag, omdat er geen kunstlicht nodig is en met de hand water gegeven wordt.

*8. Zijn er harde feiten over de kwaliteiten ervan? Bijvoorbeeld CO<sub>2</sub> reductie, fijnstof opname etc.*

De algemeen bekende feiten over groen zijn ook bij Zuidkoop bekend. Om te onderzoeken wat de akoestische waarde van het groen is, stellen ze eventueel hun groene wand prototype beschikbaar, want ze zijn zelf ook geïnteresseerd naar de waarde hiervan.

*9. Is het product op de markt gebracht omdat er veel vraag naar was of omdat u dacht dat er veel vraag naar zou zijn?*

Zuidkoop is begonnen met ontwikkelen naar aanleiding van een vraag van Productschap Tuinbouw, omdat deze vond dat Nederland achterliep in de ontwikkeling van groen producten binnen. Nu hebben ze een stuk of 6 serieuze klanten en regelmatig informatie (prijs) aanvragen. Ze zijn dus nog niet bezig geweest met PR/reclame en nu is er al interesse voor.

**Interview #5**

ISS Landscaping – ELT Living Walls

[www.eltlivingwalls.com](http://www.eltlivingwalls.com) en [www.nl.issworld.com](http://www.nl.issworld.com)

Gesproken met Albert Jan Kessen, 06-22568264, [akessen@nl.issworld.com](mailto:akessen@nl.issworld.com)

**Inleiding:**

Belde mij terug naar aanleiding van een prijsaanvraag die ik via e-mail had gedaan. Oorspronkelijk is het een Canadees bedrijf, maar nu is ISS net begonnen met het opzetten ervan in Nederland. ISS Facility Services biedt een breed pakket van facilitaire diensten aan, uiteenlopend van op zichzelf staande diensten - zoals catering, schoonmaak, contact centers, beveiliging, plaagdierbestrijding en groenvoorziening - tot een Integrated Facility Services (IFS) concept.

*1. Hoe zit het systeem in elkaar? Hoe werkt het precies?*

Het systeem bestaat uit een module, verkrijgbaar in verschillende afmetingen, waarin cellen zijn opgenomen. In deze cellen kunnen plantjes geplaatst worden, ook gewone plantjes van de bouwmarkt. De cellen zijn onder een hoek geplaatst zodat de grond er niet uitvalt. Het irrigatiesysteem (druppelsysteem) zorgt ervoor dat alle cellen gelijkmatig water en voeding krijgen. Groeven in de cellen maken het mogelijk dat de wortels en water, en dus de plant, zich niet per cel beperken. De modules zijn eenvoudig op de onderconstructie te bevestigen. Na gebruik zijn de modules 100% te recyclen en er is 15 jaar garantie op het systeem.

*2. Hoe werkt het bewatering- en onderhoudsysteem? Is het noodzakelijk om hier regelmatig bij te kunnen of kan dit automatisch?*

Bij kleine systemen gaat dit met de hand, bovenin kan water gegoten worden en dat loopt dat door. Bij grotere systemen gaat dit automatisch met een druppelsysteem. Soms worden er ook voorzieningen geplaatst ter voorkoming van legionella bestrijding.

*3. Hoeveel licht heeft de wand nodig? Is het ook mogelijk zonder kunstlicht?*

Hier hebben ze nog niet erg veel ervaring mee. In principe focussen ze nu eerst op de buitentoepassing. Binnen hangt het helemaal van de situatie af, maar ze gaan ervan uit dat het zeker zonder kunstlicht mogelijk moet zijn, dat is in ieder geval wel hun uitgangspunt.

*4. Wat zijn de kosten per m<sup>2</sup> aanleg?*

Dat hangt helemaal af van de plantenkeus. Bij een onderhoudarme soort, zoals sedumplanten ligt de prijs rond de €500,- per m<sup>2</sup>. Bij duurdere planten die meer eisen, zoals regelmatigere voeding en een dikker bodempakket, kan de prijs rond de €800,- per m<sup>2</sup> komen te liggen. Binnentoepassingen zijn duurder dan buitentoepassing, ook al is het systeem hetzelfde. Dit komt doordat er binnen meer voorzieningen moeten worden getroffen betreffende het irrigatiesysteem en onderhoud.

In deze prijs zit inbegrepen: het systeem zelf, de installatie en de montage. Niet inbegrepen is de onderconstructie, en extra installaties zoals bijvoorbeeld legionella bestrijding.

*5. Wat zijn de kosten voor onderhoud? Hoe vaak is onderhoud nodig? Bieden jullie een soort onderhoudsdienst aan?*

Omdat ISS een facilitair bedrijf is in de breedste zin van het woord zijn de groenvoorzieningen die ze tot nu toe toegepast hebben onderdeel van een totaal facilitair pakket (van het regelen van baliemedewerkers tot het uitkiezen van het vloerkleed en dus ook het groen). De kosten hiervoor zijn dus in de totaalprijs opgenomen en de frequentie van het onderhoud hangt af van de situatie.

*6. Hoe lang duurt het totdat de hele wand begroeit is?*

De wand is instant groen, er is dan wel een voorbereidingstijd van een half jaar nodig. Als dit te lang duurt kan de wand ook 'ongroen' aangeleverd worden en dan zal het dus een half jaar duren voordat de wand helemaal groen is.

7. *Is het product op de markt gebracht omdat er veel vraag naar was of omdat u dacht dat er veel vraag naar zou zijn?*

ELT is dus eigenlijk een Amerikaans product waar ze daar al veel projecten mee hebben gedaan en waar veel ervaring mee is. Omdat ISS door heeft dat groene wanden een populair opkomend fenomeen is, vonden ze dat dit een onmisbaar product was binnen hun bedrijf. Daarom hebben ze met ELT afgesproken dat zij de verkoop hiervan binnen Nederland gaan uitvoeren, maar dat is pas net van start gegaan.

#### **Interview #6**

Zinco Beneleux , via Van der Tol  
[www.zinco.nl](http://www.zinco.nl)

Gesproken met Peter Koop, 020 - 6674852

1. *Hoe zit het systeem in elkaar? Hoe werkt het precies?*

De panelen bestaan uit een voedingsregulerende mat. Hierin zitten de sedumplanten. Hij kon er niet teveel over vertellen omdat ze nog bezig zijn met patent aanvraag. Ze doen op dit moment al zo'n 6-7 jaar proeven want ze willen zeker zijn dat ze een goed systeem op de markt zetten. Van origine is het een Duits bedrijf met 40 jaar ervaring in groene daken.

Een zonwerende werking heeft het helemaal niet het is gewoon een star, statisch systeem.

2. *Hoe werkt het bewatering- en onderhoudsysteem? Is het noodzakelijk om hier regelmatig bij te kunnen of kan dit automatisch?*

Het systeem heeft weinig onderhoud nodig. 4 keer per jaar komt er iemand langs, waarbij ook het druppelsysteem wordt dichtgedraaid in de winter.

3. *Wat zijn de kosten per m<sup>2</sup> aanleg? Wat is de duurste component in*

*het systeem?*

Richtprijs is €250,- tot €300,- per m<sup>2</sup>.

6. *Hoe lang duurt het totdat de hele wand begroeit is?*

De wand wordt groen aangeleverd.

7. *Wat is het energieverbruik van de wand?*

Laag; enkel het druppelsysteem en dat wordt alleen geactiveerd in droge tijden.

9. *Zijn er harde feiten over de kwaliteiten ervan? Bijvoorbeeld CO<sub>2</sub> reductie, fijnstof opname etc. Wat zijn redenen om zo'n wand aan te schaffen?*

Ze zijn terughoudend met uitspraken heirover omdat er volgens hun nog niet veel echt over bekend is. Wel hebben ze contact met Vincent Kuiper 'meneer Fijnstof' van de WUR. Ze zijn er dus wel mee bezig.

10. *Is het product op de markt gebracht omdat er veel vraag naar was of omdat u dacht dat er veel vraag naar zou zijn?*

Na de publicatie in de uitgave van Van de Tol bv loopt de informatie aanvraag langzaam binnen. Vooral gemeente Nijmegen is actief. Vermoed dat er een aantal goede pilot projecten nodig zijn om bekendheid te kweken.

#### **Interview #7**

Amytis

[www.amytis2.com](http://www.amytis2.com)

Gesproken met Walter de Bie van Greenplus, Monaco.  
0037792056820

Inleiding:

Walter de Bie belde terug naar aanleiding van een informatie

aanvraag mail die ik gestuurd had. Het bedrijf Amytis is Frans, en onderdeel van Green Plus wat door Walter opgezet is. Ze hebben er veel ervaring mee, ondertussen is 3000 m<sup>2</sup> wand aangelegd.

*1. Hoe zit het systeem in elkaar? Hoe werkt het precies?*

Het systeem bestaat uit standaard panelen van 1,20 m x 0,75 m en 0,5 m diep. Deze panelen bestaan uit een soort van polypropyleen waarin 70 liter substraat zit. Dit substraat bestaat uit gemalen, gebakken kleikorrels dat het vocht heel goed vast houdt. Per vierkante meter kunnen 30 planten geplaatst worden. Het polypropyleen is erg duurzaam en kan voor 100% gerecycled worden. Daarnaast is het een heel goed isolerend materiaal en beschermt zo de planten goed tegen weersinvloeden. De panelen worden op een stalen onderconstructie aangebracht, alhoewel ze met een nieuw systeem bezig zijn waarbij de panelen op elkaar gestapeld worden zodat de stalen constructie geen koudebrug vormt maar waarbij toch een goed geventileerde spouw ontstaat. Daarnaast zal het totale systeem lichter zijn. Dit nieuwe systeem zal bestaan uit het materiaal ABS (zelfde kunststof zoals bv. Legoblokjes) en dat heeft betere akoestische en warmte isolerende eigenschappen.

*2. Hoe werkt het bewatering- en onderhoudsysteem? Is het noodzakelijk om hier regelmatig bij te kunnen of kan dit automatisch?*

Er bevindt zich een druppelsysteem in de panelen, dat het systeem 2 keer per week bevochtigd en dat gebeurt automatisch. Door het toegepaste substraat verbruikt het systeem zeer weinig water; maar 120 liter per m<sup>2</sup> per jaar. Ook zijn ze bezig met het ontwikkelen van een systeem met tanks dat hemelwater opvangt zodat het helemaal geen waterkosten meer heeft. Waterafvoer zit er wel in maar di wordt enkele gebruikt bij een zware stortbui.

2 keer per jaar komt er iemand langs om te snoeien en voor verder onderhoud. Al met al heeft het dus erg weinig onderhoud nodig. Walter zegt dat het makkelijk is om 1 plantje te vervangen in tegenstelling tot andere systemen waarbij de wortels door elkaar

groeien, waardoor je alle plantjes er mee uittrekt. Maar eerder gaf hij aan dat de 'wortelvorming door de hele module loopt', dus dit is een beetje dubieus.

*3. Hoeveel licht heeft de wand nodig? Is het ook mogelijk zonder kunstlicht?*

400 lux als ondergrens. Dankzij hun know-how over planten hebben ze een lijst gemaakt gerangschikt op lichtsterkte en weten ze dus welke planten wanneer toe te passen. Ook weten ze welke kwaliteiten de planten bezitten bijvoorbeeld de mate van luchtreinigendheid.

*4. Wat zijn de kosten per m<sup>2</sup> aanleg? Wat is de duurste component in het systeem?*

Het systeem kost zo'n €600 tot €800 per m<sup>2</sup> Het wordt duurder naarmate er maatwerk nodig is (er kan dus wel van de standaard paneel maat afgeweken worden) Ook de plantkeus beïnvloedt de prijs. Daarnaast is het veel goedkoper als de planten 'opgegroeid' kunnen worden, dat kan als het systeem zo'n 4 tot 5 maanden van te voren wordt besteld. Als de panelen instant groen moeten zijn dan wordt het duurder. Als dus lang van te voren wordt besteld, er geen maatwerk nodig is en niet te exclusieve planten wordt gekozen is €600,- per m<sup>2</sup> haalbaar, inclusief installatie en alle onderdelen.

*5. Hoe lang duurt het totdat de hele wand begroeit is?*

De wand wordt dus altijd groen aangeleverd, het kost 4 tot 5 maanden op een paneel groen op te kweken.

*6. Zijn er harde feiten over de kwaliteiten ervan? Bijvoorbeeld CO<sub>2</sub> reductie, fijnstof opname etc. Wat zijn redenen om zo'n wand aan te schaffen?*

Het nieuwe systeem wordt getest op warmte en akoestische isolatie. Binnenkort worden deze resultaten bekend gemaakt. Ze hebben ook een dubbelwandig product in hun lijn, van 1,70m

hoog. Hiermee is gebleken dat als er een grote 'cubicle' van wordt gebouwd waarin een vergadertafel staat dit de akoestische overlast voor de tafels eromheen (buiten de 'cubicle' dus) sterk terugdringt, zo sterk dat je de vergadering niet meer kan verstaan.

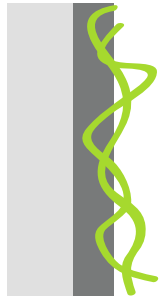
*7. Is het product op de markt gebracht omdat er veel vraag naar was of omdat u dacht dat er veel vraag naar zou zijn?*

Dit bedrijf is zich er erg van bewust dat als ze willen dat dit systeem aanslaat, ze dan harde feiten aan het product moeten verbinden. Daarom zijn ze ook met metingen bezig. Walter denkt dat als deze metingen positief zijn het hard kan gaan met dit product, 'dan kun je iets verkopen'.

---

**BIJLAGE 3 MORFOLOGISCH ONDERZOEK**





## Klimplanten

Aan gebouw > Tegen/In Gevel  
*Tuincentra als Intratuin,  
Groenrijk, Hornbach etc.*

### Wat:

klimplanten bevestigen zich  
dmv natuurlijke 'zuignapjes' of  
haartjes aan de ondergrond, extra  
constructie is overbodig

### Prijs:



(€10,- voor een plant van 2 meter hoog)

### Ontwikkeling:



### Onderhoud:



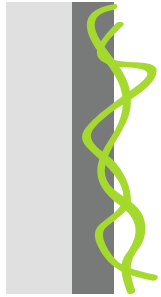
(in droge tijden bewateren en indien gewenst snoeien)



[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

[volgende](#)



## Plant-in-Beton

Aan gebouw > Tegen/In Gevel

[www.cementenbeton.nl](http://www.cementenbeton.nl) >

*casestudy prefab beton 2008*

### Wat:

betonnen gevel panelen waar bloempotten in zijn verwerkt

### Prijs:



(10-20% duurder dan standaard betonnen gevel)

### Ontwikkeling:



(nog niet op markt, casestudy voor groen beton 2008)

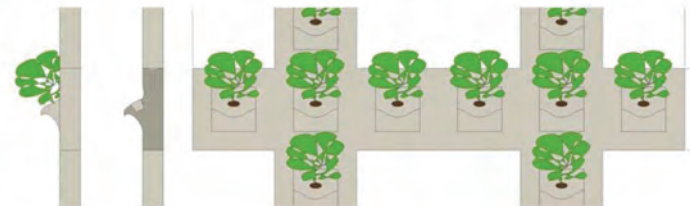
### Onderhoud:



(in principe alleen snoeien, in droge tijden gebruik van druppelsysteem)



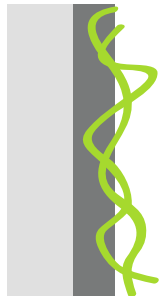
idee & ontwerp: Xaveer Claerhout, Boudewijn De Nys  
prototype: Prefadim Belgium



[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

[volgende](#)



## Growcrete

Aan gebouw > Tegen/In Gevel

[www.cementenbeton.nl](http://www.cementenbeton.nl) >

*casestudy prefab beton 2008*

### Wat:

'ruw' beton waar planten op kunnen groeien

### Prijs:

(onbekend)



### Ontwikkeling:

(onderzoek aan TU Delft)



### Onderhoud:

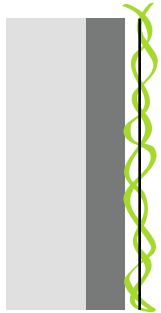
(handmatig bewateren en snoeien)



[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

[volgende](#)



## RVS Staaldraad

Aan gebouw > Kabels/Net/Grid  
[www.jakob.ch](http://www.jakob.ch)  
[www.fassadengruen.de](http://www.fassadengruen.de)

### Wat:

rvs kabelsysteem waar langs planten omhoog groeien, vele variaties mogelijk

### Prijs:



(€40,-/m<sup>2</sup> exclusief planten en installatie)

### Ontwikkeling:



(grote, uitgebreide lijn)

### Onderhoud:



(handmatig bewateren en snoeien, kabelspanning controleren en aanpassen)



[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

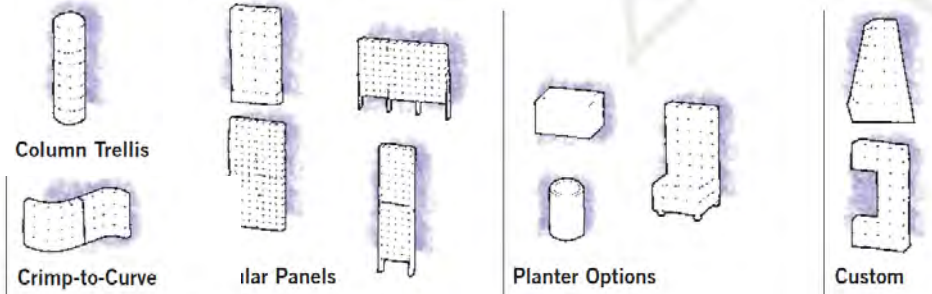
[volgende](#)



## Greenscreen

Aan gebouw > Kabels/Net/Grid

[www.greenscreen.com](http://www.greenscreen.com)



### Wat:

drie dimensioneel systeem gevormd door gevlochten staalkabel. Standaard basiselementen / vormen

### Prijs:

(€100,-/m<sup>2</sup> tot €150,-/m<sup>2</sup>)



### Ontwikkeling:

(veel info en voorbeeldprojecten; grote, uitgebreide lijn)



### Onderhoud:

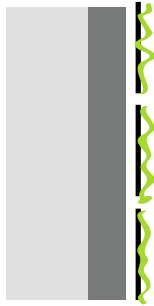
(handmatig bewateren en snoeien)



naar overzicht

naar vergelijking

volgende



## Limeparts

Aan gebouw > Cassetten  
[www.limeparts.nl](http://www.limeparts.nl)

### Wat:

met 3 soorten sedum begroeide cassetten, 180 x 60 cm, aan achterzijde bevinden zich watergootjes

### Prijs:

(€550,-/m<sup>2</sup>)



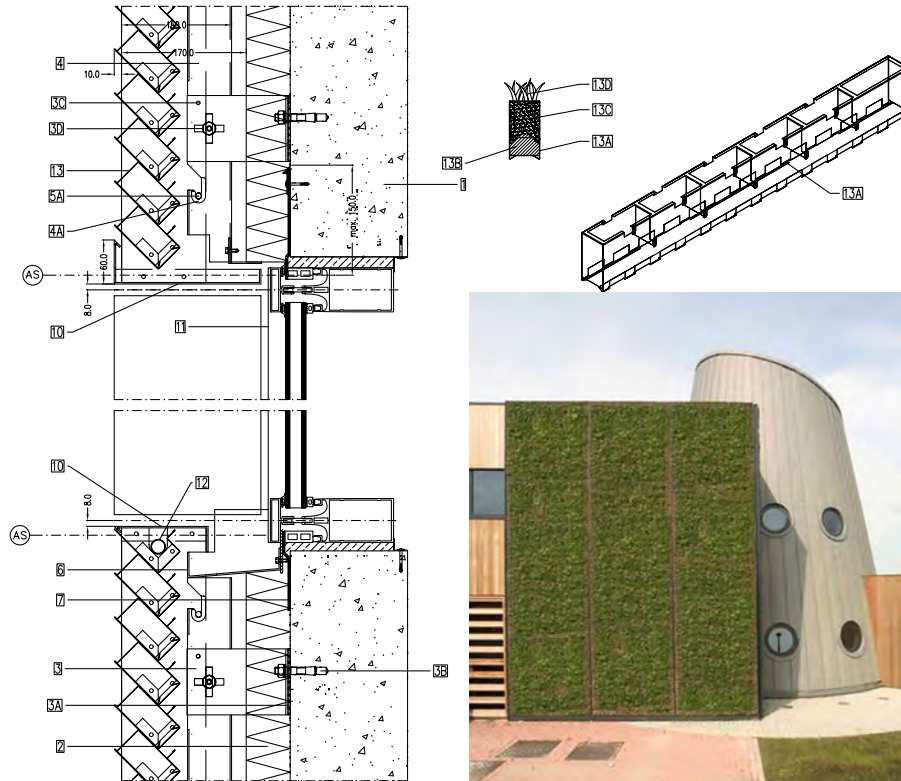
### Ontwikkeling:

(zijn bezig met ontwikkeling binnenvariant)



### Onderhoud:

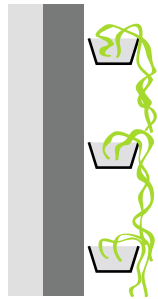
(sedumplanten hebben geen onderhoud nodig, en domineren onkruid, bewatering via gootjes)



naar overzicht

naar vergelijking

volgende



## Kant-en-klaar-haag

Aan gebouw > Bakken

[www.mobicare.tv](http://www.mobicare.tv)

### Wat:

stalen frame met kant-en-klaar-haag modules, 120 x 180 cm

### Prijs:

(ongeveer €400,-/m<sup>2</sup>)

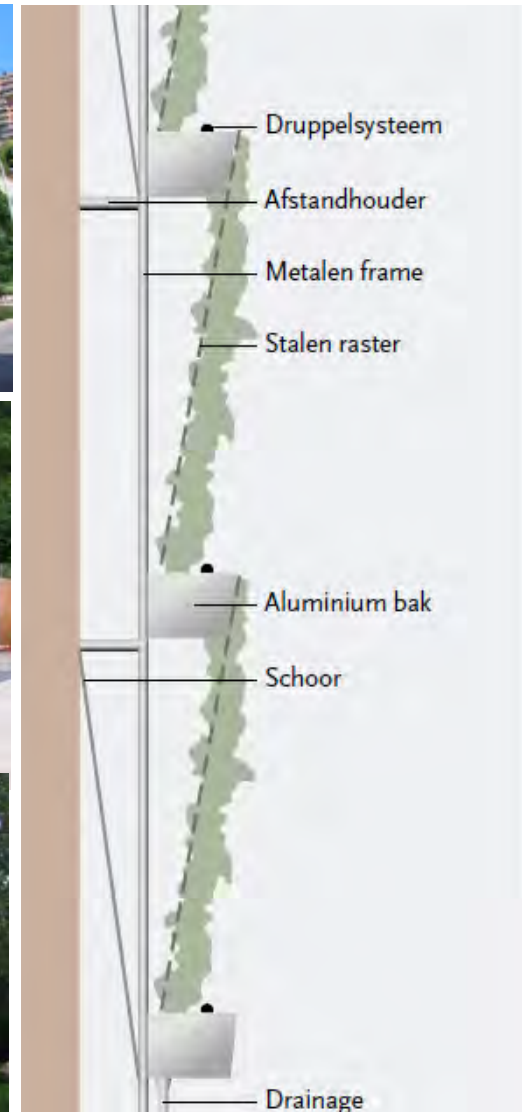


### Ontwikkeling:



### Onderhoud:

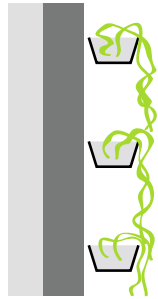
(druppelsysteem door het jaar heen, 2x per jaar snoeien)



naar overzicht

naar vergelijking

volgende



## G-sky Container System

Aan gebouw > Bakken

[www.greenrooftops.com](http://www.greenrooftops.com)

### Wat:

balkon systeem met bakken en  
groeirek, element 90 x 150 cm

### Prijs:

(ongeveer €750,-/m<sup>2</sup>)



### Ontwikkeling:

(slechts één voorbeeldproject)

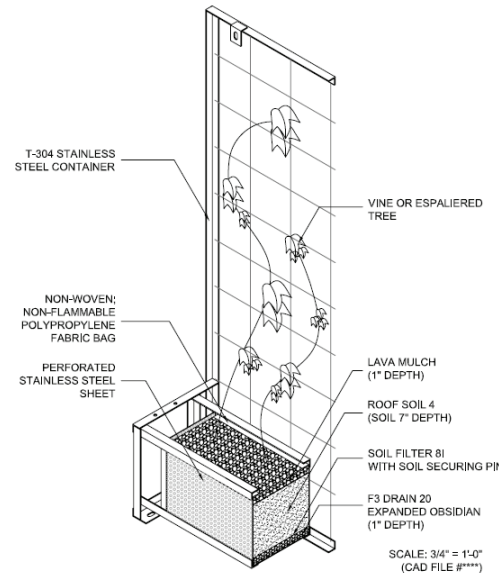


### Onderhoud:

(druppelsysteem door het jaar heen, 1x per maand onderhoud)



CONTAINER DETAIL



[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

[volgende](#)



## Wonderwall

Aan & In gebouw > Uit-één-stuk

[www.copijn.nl](http://www.copijn.nl)

### Wat:

diverse lagen vilt met pockets  
waar de plantjes van zo'n 20 cm in  
geplaatst worden

### Prijs:



(binnen €600,- a €700,-/m² buiten vanaf €350,-)

### Ontwikkeling:



(concept heeft nog kinderziektes)

### Onderhoud:



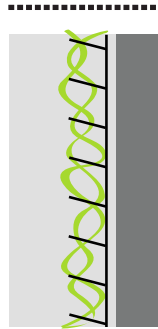
(vanwege kinderziektes; pockets zijn nog fragiel waardoor plantjes niet  
meteen 'pakken')



[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

[volgende](#)



## Amytis

Aan & In gebouw >  
Panelen met Cellenopbouw  
[www.amytis2.com](http://www.amytis2.com)

### Wat:

polypropyleen panelen van 120 cm breed en hoogte vanaf 80 cm, waarin planten geplaatst kunnen worden

### Prijs:



(Buiten: € 600-800/m<sup>2</sup> afhankelijk van plantenkeus, leveringstijd & maatwerk)

### Ontwikkeling:

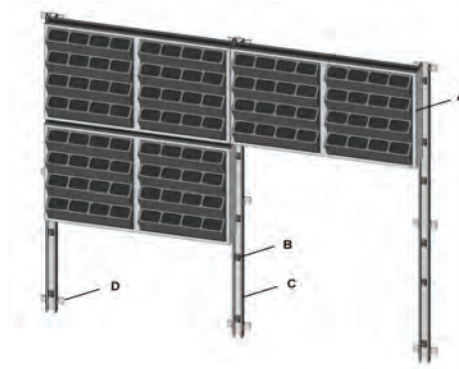


(veel onderzoek gedaan, 12 voorbeeld projecten)

### Onderhoud:



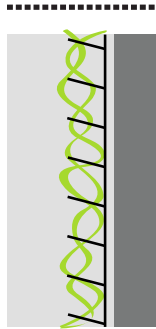
(druppelsysteem door het jaar heen, 2-3x per jaar onderhoud)



[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

[volgende](#)



## Green Livingwall

Aan & In gebouw >  
Panelen met Cellenopbouw

[www.agreenroof.com](http://www.agreenroof.com)

[www.eltlivingwalls.com](http://www.eltlivingwalls.com)

### Wat:

panelen in verschillende standaard maten, opgedeeld in kleinere cellen (ongeveer 15 cm x 10 cm) met aflopende bodem, wortels en water lopen door cellen via groeven

### Prijs:



(buiten kan met eenvoudige planten vanaf €500,-/m<sup>2</sup>, binnen 800,-/m<sup>2</sup>)

### Ontwikkeling:

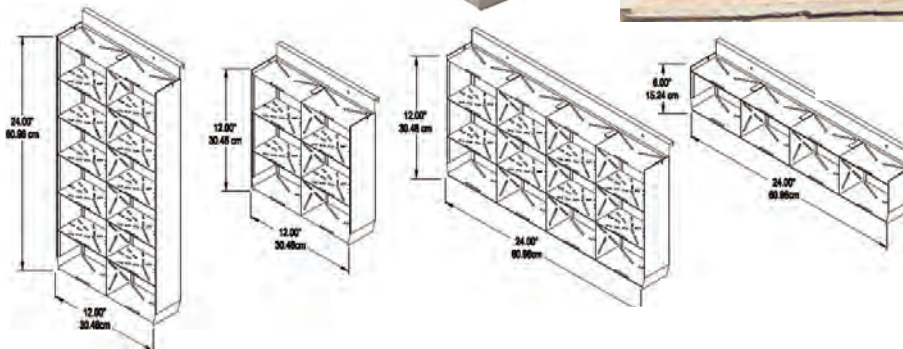


(2 bedrijven in Amerika al ver ontwikkeld, gaat nu internationaal)

### Onderhoud:



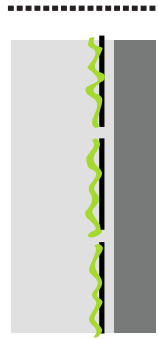
(druppelsysteem geïntegreerd)



naar overzicht

naar vergelijking

volgende



## G-Sky Green Wall Panels

Aan & In gebouw > Modules

[www.greenrooftops.com](http://www.greenrooftops.com)

### Wat:

module van 30 cm x 30 cm, 13 of 25 plantjes per module

### Prijs:

(€900,-/m<sup>2</sup>)

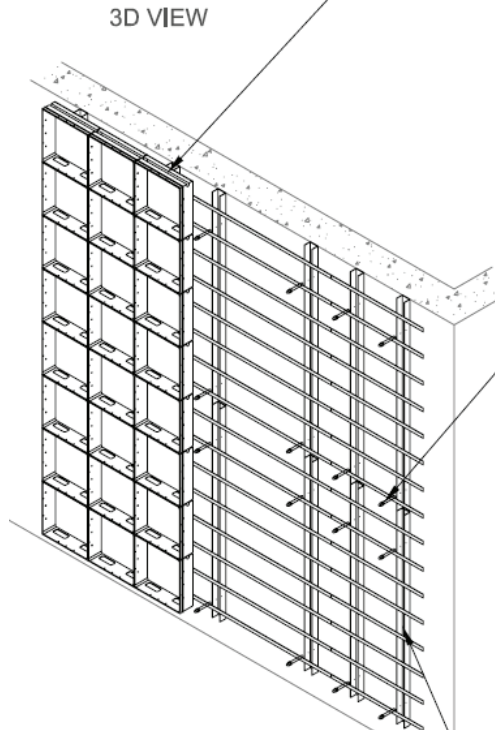


### Ontwikkeling:

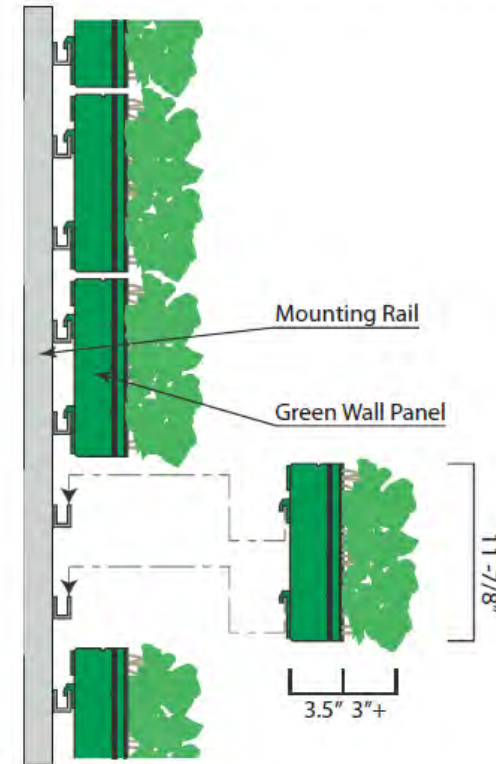
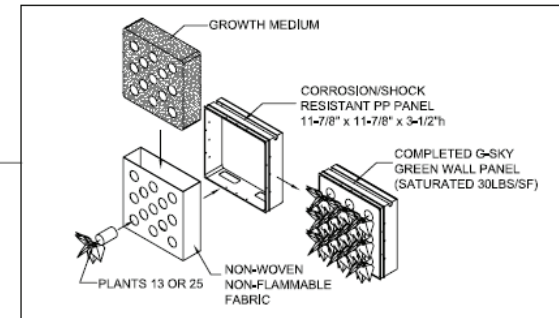


### Onderhoud:

(druppelsysteem, 2-maandelijks onderhoud)



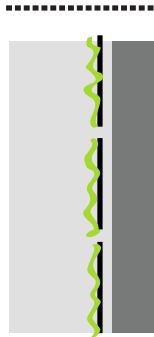
### G-SKY GREEN WALL PANEL ASSEMBLY



naar overzicht

naar vergelijking

volgende



## Tournefol boxen

Aan & In gebouw > Modules

[www.tournefol.it/works.com](http://www.tournefol.it/works.com)

### Wat:

boxen van 30 cm x 30 cm, 16 plantjes per box

### Prijs:

onbekend



### Ontwikkeling:

(bedrijf heeft veel ervaring met groen, maar nog niet zozeer met dit systeem)



### Onderhoud:

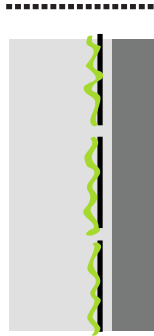
(druppelsysteem geïntegreerd, regelmatig onderhoud nodig)



[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

[volgende](#)



## Plantover (Wallflore)

Aan & In gebouw > Modules

[www.plantover.com](http://www.plantover.com)

### Wat:

modules van 60 cm of 30 cm x 25 cm, 50, cm, 75 cm of 100 cm, bestaat uit mineralen substraat waar planten in wortelen

### Prijs:

(€250,- tot €500,-/m<sup>2</sup>)



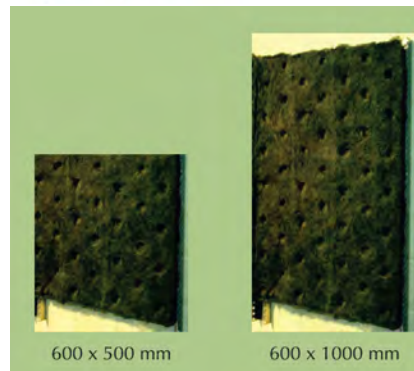
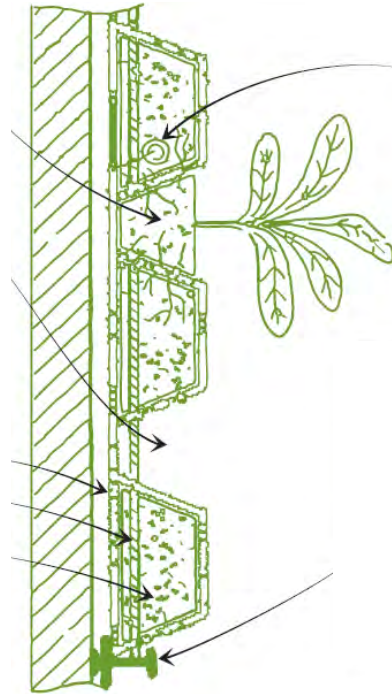
### Ontwikkeling:

(veel informatie beschikbaar, veel voorbeeldprojecten)



### Onderhoud:

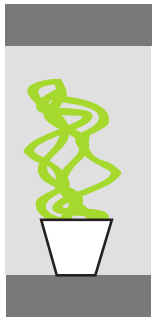
(binnen 1x per seizoen, buiten 1x per jaar)



[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

[volgende](#)



## XL Pot

In gebouw > XL Pot  
[www.zuidkoop.nl](http://www.zuidkoop.nl)  
[www.bloembak.com](http://www.bloembak.com)  
[www.bloomholland.nl](http://www.bloomholland.nl)  
en vele anderen

### Wat:

extra grote potten om extra grote planten/heesters/bomen binnen te plaatsen

### Prijs:



(Prijs kan sterk variëren van €100,-/plant&pot tot €800,-/plant&pot)

### Ontwikkeling:



(systeem bestaat al zeer lang, zeer trendgevoelig)

### Onderhoud:



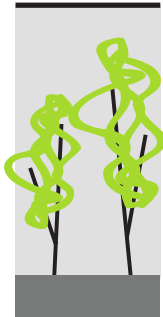
(maandelijks water geven, 2 jaarlijks snoeien)



[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

[volgende](#)



## Atrium Bomen

In gebouw > Atrium Bomen

[www.zuidkoop.nl](http://www.zuidkoop.nl)

[www.esveld.nl](http://www.esveld.nl)

en vele anderen

### Wat:

bomen en heesters die in een licht, hoog en ruim atrium groeien

### Prijs:



(Prijs kan sterk variëren, vanaf €40,- per plant)

### Ontwikkeling:



(systeem bestaat al zeer lang, minder trendgevoelig dan XL Potten)

### Onderhoud:



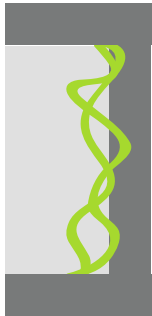
(afhankelijk van plantenkeus 2 maandelijks tot halfjaarlijks onderhoud)



[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

[volgende](#)



## Overloopsysteem Zuidkoop

In gebouw > Groene Wand

[www.zuidkoop.nl](http://www.zuidkoop.nl)

### Wat:

boven elkaar geplaatste modules van 35 cm hoogte en 1m of 2 m breedte, alleen bovenste module krijgt water en d.m.v. overlopen de andere modules ook

### Prijs:



(€500,- tot €600,-/m<sup>2</sup>, waarvan de planten €250,- /m<sup>2</sup> zijn )

### Ontwikkeling:



(dit systeem is nu een aantal keer geplaatst, als de juiste partijen gevonden worden is er een plan voor de ontwikkeling een nieuw systeem)

### Onderhoud:



(2x per jaar snoeien, bewatering met de hand 1x per maand)



[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

[volgende](#)



## Terrascreen

Aan & In gebouw > Groene Wand

[www.tournesolsiteworks.com](http://www.tournesolsiteworks.com)

### Wat:

stalen frame waarin emmers gehangen worden waar de planten in geplaatst worden, inclusief druppelsysteem

### Prijs:

(onbekend)



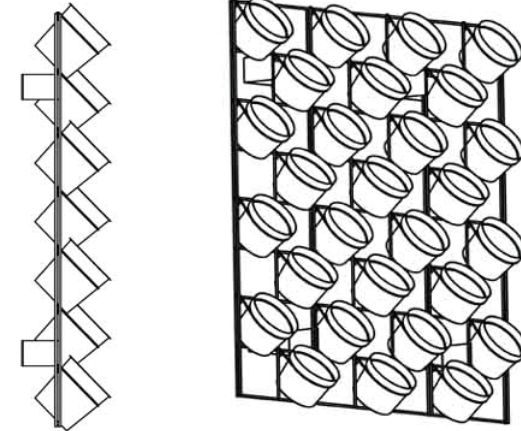
### Ontwikkeling:

(weinig informatie, weinig voorbeelden)



### Onderhoud:

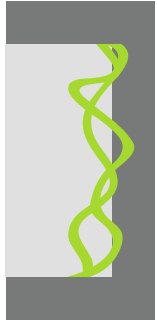
(automatisch druppelsysteem, 2x per jaar snoeien)



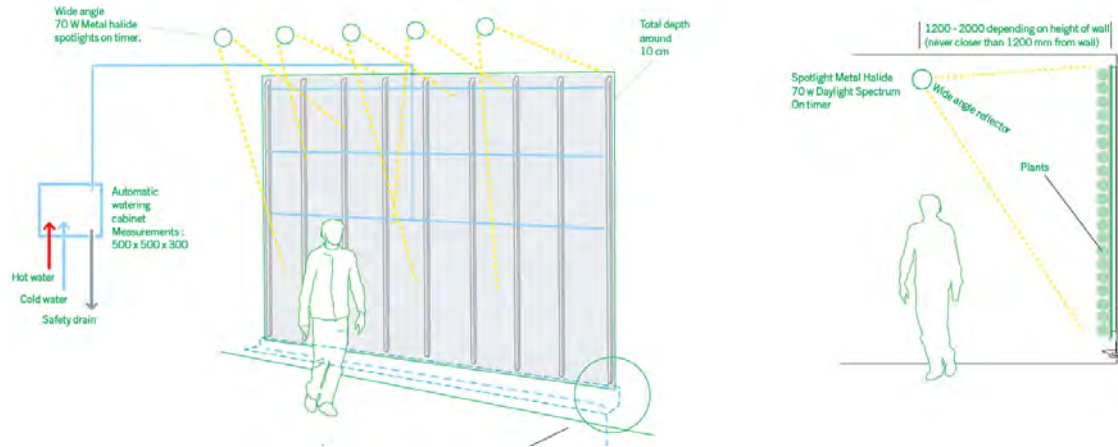
[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

[volgende](#)



**Green Fortune**  
 In gebouw > Groene Wand  
[www.greenfortune.com](http://www.greenfortune.com)



**Wat:**  
 diverse lagen textiel met inkepingen  
 waar de plantjes van in geplaatst  
 worden

**Prijs:** € € € € €  
 (€800,-/m<sup>2</sup>)

**Ontwikkeling:** ● ○ ○ ○ ○  
 (in Scandinavië al veel toegepast, nu nieuw in Nederland, experimenteren met  
 LED verlichting want product heeft nu zeer veel licht nodig)

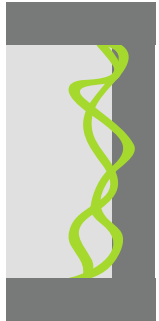
**Onderhoud:** 💧 💧 💧 💧 💧  
 (prijs is inclusief onderhoudscontract, 1x in de 2 weken snoeien,  
 bewatering via druppelsysteem)



naar overzicht

naar vergelijking

volgende



## Vivaria

In gebouw > Groene Wand

[www.vivaria.com](http://www.vivaria.com)

### Wat:

systeem met varenwortel ondergrond (natuurlijk materiaal uit tropisch regenwoud) waar epifyten op groeien (organismen die op planten groeien zonder voedsel te onttrekken)

### Prijs:



(€1200,-/m<sup>2</sup>, duurste component is klimaatsysteem, planten zijn 1/3 a 1/4 van totaalprijs)

### Ontwikkeling:



(eerste wand in 1990 geplaatst, letterlijke kopie van tropisch regenwoud)

### Onderhoud:



(complex bewateringssysteem met druppel- en nevelsysteem, regelmatig onderhoud nodig)



[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

[volgende](#)



## Vegetatiedak (extensief)

Op gebouw > Vegetatiedak  
*vele leveranciers*

### Wat:

onderhoudsarm groendak wat vooral bestaat uit mos, sedum en kruiden, hoogte max. 150 mm, vooral gebruikt als zichtgroen

### Prijs:



(Afhankelijk van leverancier en dak, rond de €80,-/m<sup>2</sup>. Veel gemeentes stellen subsidies beschikbaar vanaf zo'n €25,-/m<sup>2</sup>)

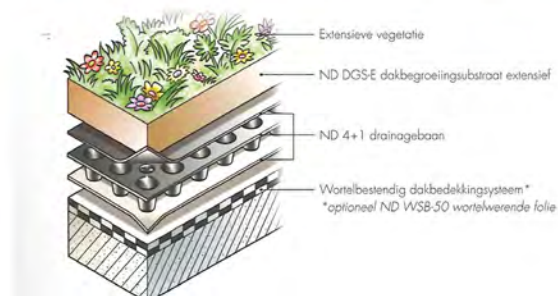
### Ontwikkeling:



### Onderhoud:



(mits goed aangelegd, zeer laag)



[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

[volgende](#)



## Grasdak (intensief)

Op gebouw > Grasdak

*vele leveranciers*

### Wat:

een soort vegetatiedak, maar dan met (sier)grassen, waardoor onderhoud intensiever is dan bij vegetatiedak

### Prijs:



(Afhankelijk van leverancier en dak, rond de €100,-/m<sup>2</sup>. Veel gemeentes stellen subsidies beschikbaar vanaf zo'n €25,-/m<sup>2</sup>)

### Ontwikkeling:



### Onderhoud:

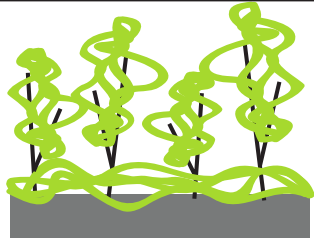
(hoger dan vegetatiedak)



[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

[volgende](#)



## Tuindak (intensief)

Op gebouw > Tuindak

*vele leveranciers*

### Wat:

groendak wat kan bestaan uit grassen, heester en zelfs bomen, opbouwhoogte max 1000 mm

### Prijs:



(Afhankelijk van leverancier en dak, rond de €120,-/m<sup>2</sup>. Veel gemeentes stellen subsidies beschikbaar vanaf zo'n €25,-/m<sup>2</sup>)

### Ontwikkeling:



### Onderhoud:



(hoger dan bij grasdak)






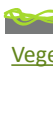
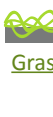



[naar overzicht](#)

[naar vergelijking](#)

[volgende](#)

## Vergelijking

aan	aan&in	in	op
<p><b>Tegen &amp; In</b></p> <p><b>Klimplanten:</b>                        € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Plant-in-beton:</b>                      € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Growcrete:</b>                      € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Kabels/Net/Grid</b></p> <p><b>RVS Staaldraad:</b>                      € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Greenscreen:</b>                      € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Panelen &amp; Cassetten</b></p> <p><b>Limeparts:</b>                      € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Bakken</b></p> <p><b>Kant-en-klaar-haag:</b>                      € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>G-sky Container System:</b>                      € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p>	<p><b>Uit-één-stuk</b></p> <p><b>Wonderwall:</b>                        € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Panelen met cellenopbouw</b></p> <p><b>Amytis:</b>                      € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Green Living Wall:</b>                      € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Modules</b></p> <p><b>G-Sky Greenwall Panels:</b>                      € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Tournesol Boxen:</b>                      € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Plantover (Wallflore):</b>                      € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p>	<p><b>XL in Pot</b></p> <p><b>Groenleveranciers:</b>                        € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Atrium Bomen</b></p> <p><b>Groenleveranciers:</b>                        € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Groene Wand</b></p> <p><b>Zuidkoop:</b>                        € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Terrascreeen:</b>                      € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Green Fortune:</b>                      € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Vivaria:</b>                      € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p>	<p><b>Vegetatiedak</b></p> <p><b>Vele leveranciers</b>                        € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Grasdak</b></p> <p><b>Vele leveranciers</b>                        € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p> <p><b>Tuindak</b></p> <p><b>Vele leveranciers</b>                        € € € € € €                      - . ○ ○ ○ ○                      ▽ ▽ ▽ ▽ ▽ ▽</p>

naar overzicht

## BIJLAGE 4 INTERVIEWS GROENPRODUCT GEBRUIKERS

### Facilitair Managers:

#### Interview #1

Bedrijf: Productschap tuinbouw, De Lier  
Gesproken met facilitair manager Kees Konings

Inleiding: Productschap Tuinbouw staat bekend om de grote groene, exotische wand die zich in de centrale hal in het trappenhuis bevindt. Deze wand was er al voordat Kees Konings er kwam werken en was ook van de vorige eigenaar van het pand, Greenery. De wand was een afscheidscadeau. Verder bevinden zich op alle werkkamers kleinere plantjes op de vensterbank en een grote plant op de grond. Het is dus zeker een groene werkomgeving te noemen)

*1. Wat zijn volgens u voordelen of positieve effecten van het toepassen van groen in gebouwen?*

Groen werkt rustgevend, geluiddempend en heeft een huislijke uitstraling. Het laat ook zien dat de werkgever goed voor zijn/haar werknemers zorgt. Het gebouw krijgt er een opvallende en vriendelijke uitstraling van.

*2. In veel kantoren en openbare gebouwen in Nederland ontbreekt het groen of is het zeer minimaal aanwezig.*

*- Wat is volgens u de reden dat de hoeveelheid groen in gebouwen op zo'n laag niveau blijft steken?*

*- Heeft u het idee dat deze tendens aan het veranderen is? Zo ja, waar merkt u dat aan?*

- Onbekend maakt onbemind. Groen op grote schaal binnen toepassen staat nog in de kinderschoenen. Daarnaast spelen de kosten natuurlijk een belangrijke rol. Omdat de kwaliteiten van groen

erg gevoelsmatig zijn, er zijn geen harde feiten, is het moeilijk tegen de kosten af te wegen. Het blijft dus iets persoonlijks, zoveel mensen, zoveel smaken. Hij denkt wel dat als er een goede presentatie aan bedrijven zou worden gegeven, met goed onderbouwde feiten, dat dan meer bedrijven meer groen zouden toepassen.

- Die tendens is zeker aan het veranderen. Het fenomeen 'groen' wordt bekender. Steeds vaker bellen er bedrijven of komen er mensen langs om naar de groene wand te kijken en te informeren over hoe PT met het groen omgaat.

*3. Hoe vaak wordt het groen in uw gebouw onderhouden? Is dit een grote kostenpost?*

De wand wordt 1x per maand onderhouden. Dan komt er iemand langs om te snoeien en de kapotte orchideeën te vervangen. Voor de kantoorbeplanting komt er 2x per maand iemand langs die de planten water geeft. Daarnaast komt er 1x in de 2 maanden iemand langs die de kantoorplanten snoeit of verpot. Dit is redelijk intensief omdat het dan uiteindelijk minder werk is: een kwestie van bijhouden. Het onderhoud van de wand kost zo'n €15.000 euro per jaar, van de kantoorbeplanting zo'n €12.000 euro per jaar.

#### Interview #2

Rabobank Westland, de Lier  
Gesproken met facilitair manager Gerard Willems

Inleiding: het nieuwe gebouw van Rabobank Westland is gericht op duurzaamheid, licht en groen. In de grote, hoge, open foyer zijn vele vierkante meters bakken met bodembedekkers te vinden. Daarnaast staat er een grote boom in het midden van de ruimte. De architect (Böhtlingk Architectuur) heeft dit in samenspraak met Willems gedaan.

*1. Wat zijn volgens u voordelen of positieve effecten van het toepassen van groen in gebouwen?*

Gerard is ervan op de hoogte dat mensen beter functioneren als ze in de omgeving, of zelfs alleen maar zicht hebben op groen. Ook van CO2 en chemische stof opname is hij op de hoogte. Toch is het groen in het atrium hoofdzakelijk geplaatst om de link naar de tuinbouw in het Westland te leggen, om de transparantie van het gebouw te benadrukken en het symbolische idee van 'met z'n allen om een boom zitten' (wat dat dan ook is). De akoestiek in het atrium is erg goed, ze zijn ervan op de hoogte dat groen hierbij een rol speelt maar deze is niet uitgerekend.

*2. In veel kantoren en openbare gebouwen in Nederland ontbreekt het groen of is het zeer minimaal aanwezig.*

*- Heeft u het idee dat deze tendens aan het veranderen is? Zo ja, waar merkt u dat aan?*

*- Wat is volgens u de reden dat de hoeveelheid groen in gebouwen op zo'n laag niveau blijft steken?*

De architect die ook bij het gesprek zat vertelde dat er tegenwoordig inderdaad meer vraag naar groen is. Gerard zei dat in het eerste jaar de kantoren heel minimalistisch zijn gehouden; geen planten en geen kunst. Dit omdat men in het begin heel veel wilt, er dan aan gewend raakt dat er niks is en als ze het uiteindelijk krijgen dan veel minder nodig hebben. Toch zijn er medewerkers naar hem toegekomen met de vraag om meer groen op de werkplek te plaatsen. Dat komt er binnenkort aan.

Volgens Gerard is onderhoud geen reden om groen in een commercieel bedrijf niet toe te passen. Met een onderhoudscontract heb je er geen omkijken meer na. Het is echter wel een risico, stel dat de boom in het atrium dood gaat, dan heb je een groot probleem omdat de boom toch de vitaliteit van het gebouw uitstraalt. Dat probleem heb je met kunst natuurlijk niet. Ook ingewikkelde watergeef systemen hebben een risico in zich dat er lekkage ontstaat. Waarschijnlijk zijn veel facilitair managers bang voor dit soort risico's.

In het atrium van deze bak is expres maar 1 boom geplaatst, omdat de architect dat sterker vond dan meerdere. Ook zou meer groen het invallende daglicht juist belemmeren. Ook de zichtlijnen die er nu zijn zouden verloren gaan. Veel daglicht is dus niet automatisch groen licht voor veel groen, over de compositie hiervan moet nog goed nagedacht worden. Daarnaast zou teveel groen niet meer bij het gewenste imago van een bank passen. Het Westland is nuchter en zit niet te wachten op teveel fratsen.

*3. Hoe vaak wordt het groen in uw gebouw onderhouden? Is dit een grote kostenpost?*

Er is een onderhoudscontract afgesloten en 1x in de maand komt daar iemand voor langs. Bij de boom komt wel een heleboel techniek kijken. De aanschaf en plaatsing had heel veel voeten in aarde en was zeer prijzig, maar was het uiteindelijk zeker waard.

### **Interview #3**

Facilicom, bedrijf dat allerlei facilitaire diensten voor bedrijven aanbiedt.

Gesproken met Stijn van Kessel

*1. Wat zijn volgens u voordelen of positieve effecten van het toepassen van groen in gebouwen?*

Is redelijk op de hoogte van de positieve effecten van groen.

*2. In veel kantoren en openbare gebouwen in Nederland ontbreekt het groen of is het zeer minimaal aanwezig.*

*- Wat is volgens u de reden dat de hoeveelheid groen in gebouwen op zo'n laag niveau blijft steken?*

*- Heeft u het idee dat deze tendens aan het veranderen is? Zo ja, waar merkt u dat aan?*

*- Volgens Stijn zijn het vooral financiële redenen waardoor groen niet*

op grotere schaal wordt toegepast. Onderhoud is niet zo'n probleem; er wordt een onderhoudscontract afgesloten en dan heeft de facilitair manager er eigenlijk verder weinig omkijken naar.

- Ja, maar denkt dat doordat bedrijven moeten bezuinigen door de crisis er nu juist minder groen wordt toegepast aangezien groen in zo'n geval toch een van de eerste onderdelen is die eruit kunnen.

*3. Hoe vaak wordt het groen in uw gebouw onderhouden? Is dit een grote kostenpost?*

Stijn denkt 1x in de 6 weken, dat zou in ieder geval acceptabel zijn. In het geval van bijvoorbeeld hydrocultuur ligt dat anders, dat gaat prima met onderhoud 1x in de 3 maanden.

## Architecten

### Interview #4

Architectenbureau DP6  
Gesproken met Chris Suijker

*1. Wat zijn volgens u voordelen of positieve effecten van het toepassen van groen in gebouwen?*

Moet lachen om deze vraag want vindt het een echte collegevraag. Heeft de kennis van groene eigenschappen niet heel paraat. Begint over duurzame, esthetische en gebruikersaspecten, beetje vaag. Noemt dan dat groen een plezierig beeld op levert, als bijvoorbeeld het park horizontaal maar ook verticaal doorloopt. Groen is goed voor CO<sub>2</sub> opname. Groen op het dak kan werken als water buffering. Als ik de andere positieve effecten van groen opnoem herkent ze deze wel allemaal. Voordat ze naar een opdrachtgever gaat waarbij dit ter sprake komt zou ze dit nog even opzoeken

*2. Wat zijn de reacties van opdrachtgevers op ontwerpen waarin u*

*groen heeft toegepast?*

In eerste instantie erg positief, maar de uitvoering laat uiteindelijk te wensen over. (zie vraag 3)

*3. Vaak wordt ontworpen groen uiteindelijk wegbezuinigd. Wat zijn hiervoor de argumenten en welke partij geeft deze argumenten? In welke fase gebeurt dit?*

Het wordt niet eens wegbezuinigd, het komt er eigenlijk helemaal niet doorheen. Ze geeft heel duidelijk aan dat kosten en onderhoud zeker niet het grootste probleem zijn, eerder de onduidelijkheid over waar het nou precies onder valt. Er heerst angst over het beheer, bijvoorbeeld in een huidig stedenbouwkundig project in Amsterdam waar gedeeltelijk huur- en gedeeltelijk koopwoningen voorkomen. In dit project wil DP6 eigenlijk groen aan de gevel toepassen, maar wie is hiervoor verantwoordelijk? Bij de bewoners van de koopwoningen de bewoners zelf, en bij de bewoners van de huurwoningen de verhuurder? Of de gemeente? Dit zijn lastige kwesties waar nog niet veel ervaring mee is dus opdrachtgevers durven hun vingers er vaak niet aan te branden.

*4. Is er een bepaald groen product dat u mist in het groene marktsegment?*

Nee

*5. In hoeverre zorgt u als architect voor de uitvoering van het groen?*

Ze weet niet of dat altijd zo gaat, maar in het geval van DP6 wordt er een externe partij bijgehaald, een groen leverancier, die het dan verder afhandelt. DP6 heeft zelf ook niet de know-how over groen. DP6 zit er zelf niet heel erg achteraan in hoeverre het groen uitgevoerd wordt. Op de vraag of bij de projecten het Lyceum in Ypenburg en het Radix in Wageningen het getekende groen ook daadwerkelijk gebouwd is, heeft ze niet echt een antwoord want ze is er niet meer geweest sinds het helemaal af is. Op de foto's die op de website staan is er echter niks van te zien.

**Interview #5**

Architectenbureau Venhoeven CS (architecten Mercator gebouw)  
E-mail ontvangen van Jos-Willem van Oorschot, lid van het management team.

*1. Wat zijn volgens u voordelen of positieve effecten van het toepassen van groen in gebouwen?*

Waterberging, fijnstofabsorptie, CO<sub>2</sub> opname, seizoensgestuurde zonwering of isolatie, ecosysteemverbetering, grafittiwierend, binnenstedelijke voedselproductie en psychologisch positief effect op gedrag van mensen (natuur in de stad). *(Wellicht heeft dhr. van Oorschot dit gegoogled voordat hij de vragenlijst invulde red.)*

*2. Vaak wordt ontworpen groen uiteindelijk wegbezuinigd. Wat zijn hiervoor de argumenten en welke partij geeft deze argumenten? In welke fase gebeurt dit?*

In het bouwproces heb je in elke fase te maken met verantwoording van het ontwerp naar het budget. Afhankelijk van het ontwerp is groen daarbij meer of minder belangrijk om de doelstellingen (architectonisch, functioneel, duurzaamheid) van het project te realiseren. In het laatste geval is het voor de opdrachtgever bij budgetoverschreiding mogelijk om onderdelen uit het plan weg te laten.

*3. In hoeverre zorgt u als architect voor de uitvoering van het groen?*

Uitvoeren doet een aannemer, maar in het geval van sportplaza mercator hebben we in de ontwerpfase wel nauw samengewerkt met een hovenier om de techniek van de verticale groengevels te ontwikkelen. In andere gevallen is een externe landschapsarchitect verantwoordelijk voor het groenontwerp.

*4. Is er een bepaald groen product dat u mist in het groene marktsegment?*

Nee, niet waar ik zo snel op kan komen.

*4. In de nieuwere schetsontwerpen van uw bureau zie ik dat er veel meer groen op een geïntegreerde manier ontworpen is dan dat er in gerealiseerde projecten is gebouwd. Is het een juiste constatering dat groen steeds meer een vaste rol inneemt in het ontwerpproces? Is dit een bureau ambitie of een markt vraag?*

Klopt, is zowel ambitie als markt vraag.

**Interview #6**

Architectenbureau Paul de Ruiter (architecten Zuidkas en groen eigen kantoor)

Gesproken met Willem-Jan Landman, later met Renée van Genneep.

*1. Wat zijn volgens u voordelen of positieve effecten van het toepassen van groen in gebouwen?*

Groen geeft een gevoel van rust, geeft een natuurlijk evenwicht aan de werkplaats. Bij dit architectenbureau zijn ze echter ook op de hoogte van de andere effecten van groen. In het project 'Zuidkas' hebben ze een groene kas op het dak geplaatst die alle CO<sub>2</sub> uit het gebouw opneemt.

*2. Wat zijn de reacties van opdrachtgevers op ontwerpen waarin u groen heeft toegepast?*

Altijd erg positief.

*3. Vaak wordt ontworpen groen uiteindelijk wegbezuinigd. Wat zijn hiervoor de argumenten en welke partij geeft deze argumenten? In welke fase gebeurt dit?*

Dit architecten bureau heeft vooral veel groene daken gerealiseerd. Opdrachtgevers vinden dit vaak een erg leuk idee, maar vaak ook erg duur. Onderhoud wordt zelden genoemd als een argument

tegen groen. Dat kan komen doordat groene daken al relatief ver ontwikkeld zijn; de kinderziekten zijn eruit. Bovendien is onderhoud pas een probleem wat na kosten komt.

Het komt ook voor dat groen in eerste instantie uitbezuinigd wordt omdat de opdrachtgever de meerwaarde ervan niet ziet opwegen tegen de prijs. In de loop van het proces kan hij/zij nog wel eens van mening veranderen hierover omdat ze zien dat het bij een totaalplaatje van duurzaam bouwen past en dat het ook echt meerwaarde heeft voor het gebouw. Zo heeft het Transavia gebouw op Schiphol 1000m<sup>2</sup> aan dakgroen, wat niet betreden kan worden maar wat vooral dient als zichtgroen.

#### *4. Is er een bepaald groen product dat u mist in het groene marktsegment?*

Architectenbureau Paul de Ruiter ontwerpt met regelmaat producten, aansluitend op ontwerp opdrachten. De aanzet tot research en development ontstaat meestal door de vraag naar een (bouw)-product dat niet op de markt verkrijgbaar is. Zo'n product wordt vervolgens in eigen beheer ontwikkeld en op de markt gebracht. Al vaak is gebleken dat daarna vanuit de markt een vraag ontstaat naar deze producten.

Zo zijn ze op dit moment ook bezig met een groen product voor binnen. Hier heb ik met binnenhuis architecte Renée van Gennep over gesproken. Zij is op dit moment net begonnen met de ontwikkeling van dit groenproduct. Uitgangspunt is dat het prettig is om temidden van veel groen te werken/zijn. Hierbij is de vraag naar dit product niet uit de markt voortgekomen maar min of meer wel uit de ontwerp opdracht. Zo wil ze dit systeem in een call center toepassen, waar de akoestische werking van groen van nut kan zijn. Het idee is nu dat het een soort modulesysteem wordt wat niet per se als geheel verplaatsbaar is maar wel veranderbaar door middel van verplaatsingen en rotaties van de modules. 'Zodat me steeds in een ander landschap zit.'

Bij de ontwikkeling van een groenproduct voor binnen gaf ze aan dat

er voorzichtig met het watersysteem omgegaan moet worden; bij lekkage is er veel schade in verband met de nabijheid van computers en andere apparatuur. Ook is het slim om uit te gaan van het standaard meubilair wat er al is. Dat het hier aan vast gehangen of geklikt kan worden, dat het dus een toevoeging is. Uiteindelijk moet het plantengevoel geïntegreerd worden.

Ondanks dat het product niet uit een markt vraag is voortgekomen denkt Renée toch dat er een stijgende vraag is naar meer groen binnen. Opdrachtgevers bedenken het niet zelf, maar als je het voorstelt zijn ze er zeer over te spreken. De positieve effecten van groen binnen worden steeds bekender en ze verwacht dat er binnen korte tijd meer groen binnen te vinden zal zijn.

#### *5. In hoeverre zorgt u als architect voor de uitvoering van het groen?*

Ze kiezen zelf de juiste groen leverancier uit (want er zit nogal kwaliteitverschil tussen) en ze zorgen voor een goed onderhoudscontract. Tijdens de uitvoering houden ze goed in de gaten of het ook zo gebouwd wordt zoals ze gepland hadden. Ze blijven dus zeer betrokken want het kan snel

### **Interview #7**

Böhlingk Architecten (architecten Rabobank Westland)  
Gesproken met Rene van den Heuvel

#### *1. Wat zijn volgens u voordelen of positieve effecten van het toepassen van groen in gebouwen?*

Vooral op het gebied van ervaring en beleving: het straalt natuurlijke rust uit, geeft een idee van buiten, geeft een prettige sfeer. De hardere feiten gebruiken zij niet als 'verkoopargument'. Bijvoorbeeld fijnstof opname is volgens hen niet heel erg nodig in gebouwen, tenzij in de buurt van bijvoorbeeld printers.

2. *Wat zijn de reacties van opdrachtgevers op ontwerpen waarin u groen heeft toegepast?*

In het algemeen erg positief. Soms maken ze zich zorgen over de kosten of onderhoud, maar dit komt puur voort uit onwetendheid. Böhrtlingk weet deze argumenten bijna altijd te weerleggen. Het is pas 1 keer voorgekomen dat ze een groen dak er niet door hebben gekregen.

3. *Vaak wordt ontworpen groen uiteindelijk wegbezuinigd. Wat zijn hiervoor de argumenten en welke partij geeft deze argumenten? In welke fase gebeurt dit?*

Böhrtlingk heeft eigenlijk niet zo heel veel te maken met dit fenomeen. Dit omdat ze de tegenargumenten van kosten en onderhoud dus in een vroeg stadium al kunnen weerleggen. Dit komt wel omdat de opdrachtgevers waar zij voor bouwen vaak ook de eindgebruiker van het gebouw zijn. In de projectontwikkeling zou dit allemaal een stuk lastiger zijn.

4. *Is er een bepaald groen product dat u mist in het groene marktsegment?*

Niet echt. Rene is voor een ander project op dit moment wel bezig met het uitzoeken van de mogelijkheid van bamboe in potten, maar dit is eigenlijk niet iets heel erg nieuws. Hij hoopt dat met bamboe een grote hoogte te bereiken valt, waarbij de plant toch in een pot kan staan (dus niet in de grond hoeft).

5. *In hoeverre zorgt u als architect voor de uitvoering van het groen?*

Bijvoorbeeld bij het project Rabobank Westland: De leverancier van het groen is het bedrijf Zuidkoop uit de Lier. Dit is in samenspraak geweest met het facilitair management van de Rabobank. Böhrtlingk had wel bepaald hoeveel m<sup>2</sup> groen er moest komen. Ze hebben ook zelf de boom uitgezocht aangezien deze erg beeldbepalend is. Deze komt van 'Van der Arend Tropical Plantcenter' uit Naaldwijk. Het onderhoud wordt gedaan door Westplant Green Facility.