

# GROENE DAKEN & GEVELS

Het op de juiste manier combineren van groen met bebouwing kan een grote impuls geven aan de leefbaarheid in de stad. In dit kennisdocument bekijken we de verschillende typen groene daken en gevels, belichten we de voor- en nadelen van begroeide gebouwen en nemen we een aantal succesvolle casestudies onder de loep.

## 1.1 SOORTEN GROENE DAKEN<sup>1</sup>

Het realiseren van groene daken is één van twee manieren om gebouwen van groen te voorzien. Binnen de groendaken zijn de volgende typen te onderscheiden:

### 1. Extensieve groendaken

- De beplanting van dit type dak bestaat vooral uit mos, sedum, kruiden en grassen (zie Figuur 1).
- Dit type groendak wordt vooral toegepast op onbetreedbare daken, die niet worden gebruikt voor andere doeleinden.
- Geschikt voor lichte constructies.
- Onderhoudsarm en zelfvoorzienend. De planten moeten goed bestand zijn tegen droogte, vorst, incidentele wateroverschotten en tekorten aan voedingsstoffen.



Figuur 1: Extensief groendak<sup>2</sup>

### 2. Semi-intensieve groendaken

- Dit type dak is voorzien van grassen, heesters, kleine boompjes, houtige planten en kruiden. Heeft minimaal één keer per jaar onderhoud nodig.

### 3. Intensieve groendaken

- Ook wel gezien als “daktuin”. Qua beplanting is dit type dak is het meest veelzijdig; er kan een enorme variatie aan planten worden gebruikt (zie Figuur 2).
- Meestal betreedbaar.
- Dient voldoende ondersteund te worden door een stevige constructie (staal, beton).
- Regelmatig onderhoud is een vereiste.



Figuur 2: Intensief groendak<sup>3</sup>

## 1.2 SOORTEN BEGROEIDE GEVELS<sup>4,5</sup>

De tweede manier waarop gebouwen van groen kunnen worden voorzien, is door gebruik te maken van gevelbegroeiing. Ook binnen deze categorie bestaan verschillende subtypen. In Figuur 3 worden de eigenschappen van de verschillende typen dak- en gevelgroen uiteengezet.

### 1. Groene gevels

De term “groene gevels” wordt doorgaans als verzamelnaam voor alle soorten begroeide gevels gebruikt, maar eigenlijk is dit een aparte categorie. Groene gevels zijn de simpelste en meest onderhoudsvriendelijke manier om begroeiing op gevels toe te passen. Deze categorie is weer onder te verdelen in twee subtypes (zie ook Figuur 4):

- Klimplanten op gevel** – Deze planten wortelen vanuit de ondergrond en zijn daarmee grondgebonden. Voor dit type groene gevel worden vooral zelf-hechtende klimplanten gebruikt. Er kan sprake zijn van directe gevelbegroeiing, waarbij de gevel zelf als klimhulp wordt gebruikt, of van indirecte gevelbegroeiing, waarbij men gebruikmaakt van afstandshouders en klimhulpen (gaas, tralie, etc.). Gemiddeld duurt het 3-5 jaar voordat de planten de gevel volledig bedekken.
- Plantenbakken aan gevel** – Hierbij worden verticale vlakken bedekt met planten die wortelen in bakken, en daarmee niet-grondgebonden zijn. De bakken bevatten aarde of een groeisubstraat (minerale wol, vilt, schuim, etc.). Bij dit type gevelgroen is altijd een irrigatiesysteem nodig, omdat de plantenbakken te weinig grondmassa hebben om voldoende vocht vast te houden voor de beplanting.

### 2. Gevelpanelen/Living-wallsystemen (LWS)

Dit worden ook wel “levende gevels” genoemd, bestaande uit prefab panelen en/of modules (zonder aarde). Het integreren van een irrigatie- en voedingssysteem is dan ook essentieel voor het onderhoud van de planten. Hiermee is ook dit systeem niet-grondgebonden.

|                             | Extensief groendak                | Semi-intensief groendak                   | Intensief groendak                             | Klimplanten op gevel                          | Plantenbakken aan gevel            | Gevelpanelen                                |
|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|
| Substraatdikte              | 5-15 cm                           | 10-50 cm                                  | 12-200 cm                                      | n.v.t.                                        | n.v.t.                             | n.v.t.                                      |
| Substraat-samenstelling     | Lichtgewicht, poreus, anorganisch | Poreus, deels organisch                   | organisch                                      | Gevel klimrek of voor houvast, groei in bodem | organisch                          | Doek, schuim, steenwol, anorganisch         |
| Gewicht kg/m <sup>2</sup> * | 30-350                            | 175-750                                   | 200-3500                                       | 20-40                                         | n.v.t. ***                         | Vanaf 80                                    |
| Watergeef-systeem           | niet                              | soms                                      | altijd                                         | niet                                          | soms                               | Vrijwel altijd                              |
| Plantengroepen              | Mos, Sedum, kruiden, grassen      | Grassen, kruiden, vaste planten, heesters | Gazon, kruiden, vaste planten, heesters, bomen | Klimplanten                                   | Klimplanten, hangplanten, heesters | Perkplanten, vaste planten, kleine heesters |
| Tijd volgroeide beplanting  | 0-6 maanden                       | 1 jaar                                    | 1-3 jaar                                       | 3-10 jaar                                     | 0-6 maanden                        | 0-6 maanden                                 |
| Betreedbaarheid             | Meestal niet                      | Meestal niet of deels                     | Meestal wel                                    | n.v.t.                                        | n.v.t.                             | n.v.t.                                      |
| Prijsniveau **              | 20-75 €/m <sup>2</sup>            | 35-150 €/m <sup>2</sup>                   | 40-2000 €/m <sup>2</sup>                       | 20- 50 €/m <sup>2</sup>                       | n.v.t. ***                         | 350-600 €/m <sup>2</sup>                    |
| Hoeveelheid onderhoud       | weinig                            | matig                                     | hoog                                           | weinig                                        | matig                              | hoog                                        |

\* Volledig waterverzadigd gewicht, exclusief sneeuwlast, personen etc.

\*\* Aanlegprijs, incl. materiaal en arbeid, ex BTW (Keressen, 2011) (Hop, 2010)

\*\*\* Bij plantenbakken wordt prijs en gewicht niet per m<sup>2</sup> berekend, maar per bak of strekkende meter.

Figuur 3: De eigenschappen van verschillende typen dak- en gevelgroen<sup>6</sup>



Figuur 4: Typen systemen voor het toepassen van gevelgroen<sup>7</sup>

### 1.3 VOORDELEN VAN BEGROEIDE GEBOUWEN

Het toepassen van begroeide gevels en daken in de stedelijke omgeving brengt een groot aantal voordelen met zich mee, doordat deze groentypes verschillende diensten tegelijk leveren. Hieronder volgt een overzicht van de grootste voordelen die begroeide gevels en daken met zich meebrengen.



#### Verwerking van regenwater<sup>8,9</sup>

Met name groene daken hebben gedurende het hele jaar een grote opvangcapaciteit voor regenwater. Doordat hiermee minder water via het riool hoeft te worden afgevoerd, is er minder kans op wateroverlast. Aangezien er wordt verwacht dat Nederland in de toekomst vaker met extreme regenbuien te maken krijgt, is dit effect van groene daken zeer relevant. Ook blijft met de lokale opvang van regenwater het koelende verdampingseffect in een bepaald gebied behouden en blijft de grondwaterspiegel op peil.

- Met gebruik van wadi's en vergroening van gemiddeld 30% van de daken in een wijk hoeft er geen hemelwater meer via het riool te worden afgevoerd.
- Groene daken kunnen een zeer grote hoeveelheid water verwerken, maar die is variabel. Hun capaciteit hangt af van o.a. de substraatdikte en -samenstelling, type beplanting, de dichtheid van de beplanting en de leeftijd van het groendak.
- Daarentegen slaan groene gevels nauwelijks water op. Deze gevels zijn te combineren met een wateropslag in het gebouw, die bijvoorbeeld water van het dak opvangt en dit beschikbaar maakt voor bewatering van de gevelbeplanting of als grijs water.



#### Luchtkwaliteit<sup>10,11,12,13</sup>

##### Luchtzuivering van vervuilende gassen

Planten zuiveren de lucht doordat ze diverse vervuilende stoffen opnemen (CO<sub>2</sub>, stikstof, etc.). Die zetten ze om in zowel voedingsstoffen voor de plant als zuurstof.

- Een betere luchtkwaliteit draagt bij aan een prettiger woon/werkklimaat en lagere kosten voor de gezondheidszorg.
- Stadsbomen en -heesters vangen meer luchtvervuiling weg dan gras en sedum. Een intensief groendak met heesters heeft een ca. 2 keer hogere zuiveringscapaciteit dan een extensief groendak.
- 19m<sup>2</sup> extensief groendak heeft dezelfde reinigingscapaciteit als een gemiddelde boom. Groene daken en gevels kunnen de bomen en heesters op maaiveldniveau dus niet vervangen, maar zijn wel interessant als aanvulling.

##### Opname van fijnstof

Dankzij het oppervlakte vergrotend vermogen van bladeren neemt groen fijnstof op, dat wordt afgezet op bladeren en plantendelen.

- Bomen hebben de grootste filtercapaciteit. Met name grote, groenblijvende naaldbomen zijn effectief.
- Anderzijds houdt (groot) groen de wind tegen, wat de stofconcentratie op een bepaalde plek juist weer laat toenemen.
- Bij het toepassen van groen moet het blokkeren van de luchtdoorstroming op straat ('groene tunnel') dan ook voorkomen worden. Vooral in nauwe straten met hoge gebouwen kan de luchtdoorstroming lokaal sterk verbeterd worden door te kiezen voor groene gevels in plaats van bomen.

##### Verbeterde kwaliteit van de binnenlucht

Ook binnenshuis kunnen groene wanden de lucht filteren, waarmee ze de werking van mechanische ventilatiesystemen ondersteunen. Daarnaast vangen ze stof en pollen af.

- Door verdamping maakt groen de binnenlucht minder droog, wat leidt tot minder hoofdpijnklachten en een beter concentratievermogen<sup>14</sup>.
- Spatiphyllum is de best bekende luchtzuiverende plant voor binnenshuis. Calathea, Chlorophytum, Areca, Dracaena, Hedera en diverse varens zijn andere goede opties.
- Gebruik van 10 m<sup>2</sup> kroosvaren in een werkruimte met twee personen vermindert de totale ventilatiebehoefte met 25%. Kroosvaren is een van de snelst groeiende planten ter wereld en heeft geen aarde nodig om te groeien<sup>15</sup>.

#### Pluspunten

Wanneer gekeken wordt welk stedelijk-groentype (parken, intensieve groendaken, bomen, groene gevels, gazons, extensieve groendaken) gemiddeld de grootste positieve bijdrage levert aan alle genoemde aspecten, komen parken en intensieve groendaken als beste uit de bus.

Bron tekstvak: <sup>16</sup>





## Stedelijke verkoeling<sup>17,18,19</sup>

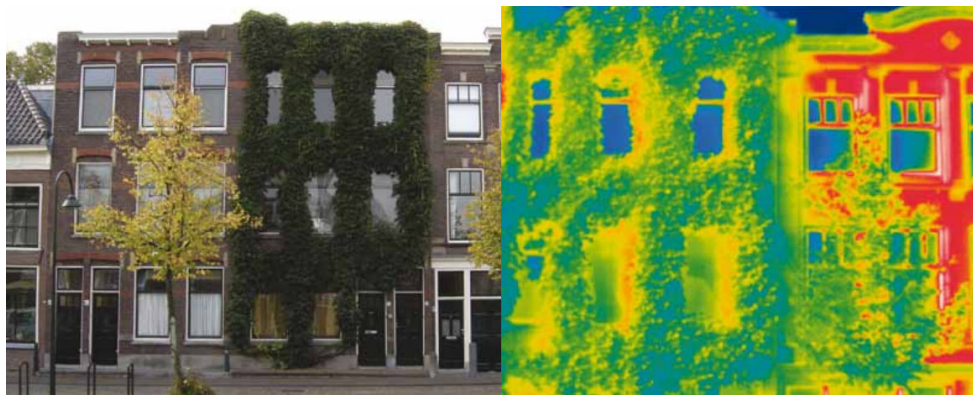
Voor elke 20% meer groen in de stad daalt de piektemperatuur met 1°C. Dit gaat het *Urban Heat Island*-effect (UHI) tegen: het verschijnsel dat de temperatuur in steden hoger is dan op het omringende platteland. In Nederland is het op zomerdagen gemiddeld 2,3°C warmer in de stad dan op het platteland—dit verschil kan zelfs oplopen tot piekwaarden van ca. 8°C. Deze hitte heeft een negatief effect op de gezondheid en arbeidsproductiviteit van stadsbewoners, en verhoogt bovendien de vraag naar energie (airco's) en drink- en koelwater.

Groen koelt de stad op de volgende twee manieren.

### Lagere warmteabsorptie

Onbegroeide gevels absorberen de warmte van de zon. Deze warmte geven ze met name 's nachts weer af aan de koudere buitenlucht en zorgen zo voor stedelijke opwarming. Begroeide oppervlakken daarentegen weerkaatsen een deel van de straling, absorberen straling voor fotosynthese en bieden schaduw (zie Figuur 5).

- Doordat stedelijke opwarming vooral op straatniveau ('street canyons') plaatsvindt, is het toepassen van groen op maaiveld-niveau en gevelgroen het effectiefst om koeling te bieden.
- Als dat niet mogelijk is, biedt dakgroen (lieft op laagbouw) een alternatief. Met reflecterende daken kan echter een gelijkwaardig of zelfs hoger effect bereikt worden.



Figuur 5: Stedelijke verkoeling dankzij groene gevels<sup>20</sup>

### Koeling door verdamping (evapotranspiratie)

Net als grotere oppervlakten stadsgroen (zoals parken) koelen groene gevels en daken de verwarmde lucht door water te verdampen.

- Planten verdampen zoveel dat hun dagtemperatuur zelden boven de 35°C komt, zelfs als het asfalt ernaast warmer dan 60°C is. Dit proces werkt alleen goed als planten voldoende water hebben en niet verdrogen. Het is daarom essentieel om dit aspect mee te nemen in het ontwerp en te zorgen voor goed beheer en irrigatie.
- Grote parken met veel hoge bomen werken het meest verkoelend. Op een zonnige dag heeft een flinke boom alleen al door zijn evapotranspiratie een koelend vermogen van tien airco's.
- Een grote hoeveelheid stadsgroen kan er echter wel voor zorgen dat de luchtvochtigheid hoger wordt, waardoor de gevoelstemperatuur stijgt.



## CO<sub>2</sub>-reductie<sup>21</sup>

Planten zijn in staat CO<sub>2</sub> op te slaan. Groene daken en gevels kunnen dan ook een bijdrage leveren aan CO<sub>2</sub>-reductie.

- Extensieve groendaken en gevels leggen slechts kleine hoeveelheden CO<sub>2</sub> permanent vast. Deze typen begroeiing bestaan vooral uit gras- en sedumsoorten die 's winters geheel afsterven en zo de opgeslagen CO<sub>2</sub> weer afgeven aan de atmosfeer. Intensieve groendaken hebben een hogere opslagcapaciteit.
- (Dak)bomen en heesters zijn het meest effectief in het vastleggen van CO<sub>2</sub>, omdat ze dit in hun hout opslaan.
- Hoe ouder de boom is en hoe meer volume hij heeft, hoe sterker dit effect. Ook legt hardhout (bijv. eik, es) ongeveer twee keer zoveel CO<sub>2</sub> vast als zachthout (bijv. naaldhout).
- Extensieve groendaken en groene gevels helpen wel om CO<sub>2</sub> op andere manier te reduceren: door hun vermogen tot isolatie, vermindering van stedelijke verkoeling en faciliteren van lokale voedselproductie.

### Krap groen

Groene gevels en groene daken zijn vooral interessant op plekken waar geen ruimte is voor ander groen. Anders is het kostenefficiënter om een aantal bomen te planten.



## Warmtehuishouding<sup>22,23,24</sup>

Groene daken en met name gevelgroen dragen bij aan een betere warmtehuishouding van een gebouw. Dit doen ze op twee manieren.

### Isolatie

Tussen de gevel en het groen bevindt zich stilstaande lucht, die werkt als 'extra isolatie' van de gevel. Zo warmt het gebouw minder op in de zomer en verliest het minder energie in de winter. Zo verlagen dak- en gevelgroen de

energiebehoefte van gebouwen, en daarmee ook hun CO<sub>2</sub>-uitstoot.

- Een gebouw met conventioneel dak stoot 46% meer emissies uit dan een groen dak, en verbruikt 2,5 keer zoveel energie.
- Gevelpanelen hebben een grotere isolatiewaarde dan klimplanten of plantenbakken, doordat er een extra luchtspouw, substraat en dragende lagen op de gevel zijn aangebracht.
- Door gebruik te maken van groenblijvende planten wordt het gebouw ook in de winter geïsoleerd. Op een zuidgevel zou juist gekozen kunnen worden voor bladverliezende klimplanten, zodat de zon 's winters de muur wél kan verwarmen.

### Verminderde windsnelheid

Daarnaast vermindert beplanting de windsnelheid rondom de gevel, waardoor gebouwen minder energie verliezen aan de omgeving.

- Bouwfysisch gezien is de overgangsweerstand aan de buitenzijde gelijk aan die aan de binnenzijde, waardoor de constructie een hogere R-waarde heeft.
- Uit onderzoek blijkt dat dit effect bij gevelpanelen nog groter is. Hier kan de R-waarde nog hoger uitvallen, vanwege de extra luchtspouw tussen de gevel en groeimodules.

Bron tekstvak: <sup>25</sup>



## Geluidsreductie<sup>26,27,28</sup>

Groene daken en gevels bieden isolatie tegen geluid, doordat ze het geluid verstrooien en absorberen. De geluidsdemping door beplanting kan oplopen tot 3-10 dB, wat binnenshuis klinkt als 50-90% minder verkeer. Vooral de substraatbodem is hierbij verantwoordelijk voor de geluidsdemping. De planten zelf werken alleen geluiddempend in grote aantallen.

### *Buitenshuis*

Groene gevels en daken zijn vooral effectief in het verminderen van de weerkaatsing van (verkeers)geluid tussen gebouwen. Ook kunnen ze de verplaatsing van geluid over huizen heen tegengaan.

### *Binnenshuis*

Ook binnen kunnen groene wanden voor geluidsdemping zorgen. Bijvoorbeeld in grote ruimten waar men lawaai, echo's of het nagalmen van geluid wil beperken (atria, klaslokalen, kantoortuinen, etc.).

- Een kleine heg rondom een werkplek vermindert het geluid met 5 dB.
- Groene wanden kunnen tot 70% van de erop invallende geluidsenergie absorberen. Door de groene wanden centraal in een ruimte te plaatsen, kan dit effect nog verder vergroot worden, omdat zo de voor- en achterzijde van de wand benut kunnen worden.



## Energieproductie<sup>29</sup>

Groene daken kunnen op de volgende manieren een rol spelen in de energieproductie.

### *Efficiëntere werking zonnepanelen*

Groene daken zijn geschikt voor de plaatsing van zonnepalen en laten deze efficiënter werken. Dankzij de koelere lucht boven een groen dak ten opzichte van een conventioneel dak blijven de panelen koeler, waardoor ze meer stroom kunnen leveren.

### *Plant Microbial Fuel Cell (PMFC)*

Er wordt gewerkt aan nieuwe methoden om energie van dakplanten af te tappen, waarbij micro-organismen in het substraat van het groene dak stroom opwekken. Dit systeem wordt nog niet toegepast in de praktijk, maar is al wel op laboratoriumschaal getest.

## Welke planten?

De ideale plantensoorten voor groene gevels en daken hebben de volgende eigenschappen:

- *Inheems* – Inheemse plantensoorten genieten de voorkeur boven exotische soorten. Ze zijn vaak minder vatbaar voor ziekten en beter aan hun omgeving aangepast.
- *Groenblijvend* – Vanuit esthetisch oogpunt zijn groenblijvende planten een betere keuze dan bladverliezende planten.
- *Geschikt voor de locatie* – De plantsoorten moeten aansluiten bij de ligging van de gevel, de directe omgeving en de mate van zon en schaduw.

Bronnen tekstvak: 30, 31



## Biodiversiteit<sup>32,33</sup>

Groen biedt een schuilplaats, nestelplaats en voedselbron aan dieren, voornamelijk insecten en vogels. Ook kunnen nestkasten geïntegreerd worden in verticaal groen.

- Hoe groter het aantal plantensoorten op een dak, hoe meer variatie er qua fauna voorkomt. Er is echter nog nauwelijks onderzoek gedaan naar welke diersoorten langdurig op daken verblijven.
- Een niet-betreedbaar, intensief groendak (met boompjes en struiken) is voor vogels het meest aantrekkelijke habitat, vanwege de aanwezigheid van beschutting, rust en insecten. Ook bijen komen voor op groendaken, al is dit in lagere aantallen en lagere diversiteit dan in parken of natuurgebieden.
- Variatie in substraatdiepte, diversiteit in vegetatie, het gebruik van lokale grond en het gebruik van inheemse planten stimuleren de biodiversiteit van groendaken. Idealiter worden de gekozen planten afgestemd op de behoeften van de lokale fauna.
- Door groene daken te verbinden met groene gevels, bruggen en randen—die als stapstenen kunnen fungeren tussen grotere stukken groen—kan een ecologische infrastructuur gecreëerd worden in dichtbebouwde steden.



## Voedselvoorziening<sup>34</sup>

Op begroeide gevels en daken kunnen gewassen worden verbouwd. Dit kan in de vorm van individuele “dakmoestuinen” of “dakboerderijen” voor gemeenschappelijk gebruik (zie Figuur 6). Hiervoor bestaat grote belangstelling vanwege de bijdrage die deze toepassing kan leveren aan voedselproductie, milieuvriendelijkheid, innovatie en sociale cohesie in de stad.

- Lokale voedselproductie op daken heeft als voordeel dat er minder transportkilometers te hoeven worden gemaakt, wat gunstig is voor het milieu.
- Nadelen zijn dat meststoffen en potgrond moeten worden aangevoerd, dat meststoffen de kwaliteit van het afstromende water verslechteren en dat dit type van voedselproductie minder efficiënt is dan andere, meer gangbare vormen.



Figuur 6: Een dakboerderij<sup>35</sup>



Vastgoedwaarde<sup>36</sup>

Woningen met groen in de buurt zijn 4–30% meer waard dan vergelijkbare woningen in een niet-groene omgeving. De grootste waardestijging ontstaat als het groen hoogwaardig en toegankelijk is en binnen 400 meter van de woning ligt.

Dak- en gevelgroen in het bijzonder kunnen punten opleveren in de beoordeling op milieukeurmerken, zoals BREEAM. Gebouwen zijn daardoor meer waard en kennen minder leegstand.



Levensduur<sup>37,38</sup>

Groene daken en gevels hebben een positief effect op de levensduur van een gebouw.

Daken

Groene daken verhogen de levensduur van een dak doordat de beplanting grote fluctuaties in de daktemperatuur voorkomt. Groene daken kunnen de levensduur van dakmembranen zelfs verdubbelen van 20 tot meer dan 45 jaar. Dit komt doordat de planten het dak beschermen tegen weersinvloeden en temperatuurverschillen dempen. Door deze langere levensduur kan men besparen op onderhoudskosten en -materialen.

Gevels

Beplanting beschermt de gevel tegen temperatuurverschillen, uv-licht, vorst en vochtinslag. Echter kunnen planten ook ongewenst tussen, achter en onder gevelmaterialen groeien. Dit kan men voorkomen door voor de juiste combinatie van muur, plant en klimsysteem te kiezen (zie Figuur 7). Ook dient rekening te worden gehouden met de staat van de gevel, gewicht van de draagstructuur en van de planten, de door neerslag toegevoegde belasting en de windbelasting.

| Materialen                                  | Compatibiliteit met klimplanten      |                      |
|---------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Natuursteen                                 | Indien niet schisteus/niet bros      | +                    |
| Baksteen                                    |                                      | +                    |
| Mortel                                      | Als de gevel gerenoveerd of nieuw is | +                    |
| Beton                                       |                                      | +                    |
| Hout                                        |                                      | +                    |
| Metaal                                      | Behalve klimop                       | +                    |
| Plastic                                     | Behalve klimop                       | +                    |
| Bebording van hout, leisteen, kunststof ... |                                      | Te vermijden         |
| Pleister of verf                            |                                      | Beslist te vermijden |

Figuur 7: Compatibiliteit van bouwmaterialen met klimplanten<sup>39</sup>



Gezondheid<sup>40,41</sup>

Eerder in dit stuk werden al een aantal indirecte positieve effecten van stadsgroen op menselijk welzijn genoemd. Groen heeft echter ook een direct positief effect op de gezondheid.

- Zo zorgt uitzicht op groen volgens diverse onderzoeken voor een sneller herstel, lagere pijnbeleving, stressreductie, bloeddrukverlaging, beter concentratievermogen, lagere spierspanning en betere mentale gezondheid.
  - Deze positieve effecten nemen toe bij gevarieerdere beplanting en een groter aantal bloemen.
- Laag, netjes geordend groen heeft de voorkeur boven willekeurig geplaatst groen. Ook dient het groen goed onderhouden te worden; verwaarloosd groen werkt averechts.
  - Het groen dient goed zichtbaar en beleefbaar te zijn. Groene gevels zijn daarom effectiever dan groene daken, tenzij die in het zicht liggen of toegankelijk zijn.



Werkplezier<sup>42</sup>

De positieve effecten van groen kunnen ook worden toegepast in de kantoorruimte.

- De aanwezigheid van groen zowel binnen (planten op de werkplek/vergaderruimte) als buiten (groene buitenruimte) vermindert stress, verbetert de concentratie en zorgt voor een hogere tevredenheid ten aanzien van de werkplek.
- Uit onderzoek in Nederland en Groot-Brittannië bleek de productiviteit 15% hoger te liggen in kantoorruimtes met planten ten opzichte van kantoorruimtes zonder planten.

Geschikt voor nieuw en oud

Verticaal groen (vooral in de vorm van gevelpanelen) is erg geschikt om te worden toegepast op zowel bestaande als nieuw te bouwen gebouwen. Aan de buitenzijde aangebracht isolatiemateriaal kan snel en eenvoudig worden afgewerkt met groene gevelpanelen (LWS).



Sociale impact<sup>43</sup>

Tot slot heeft dak- en gevelgroen ook een positieve sociale impact.

Groendaken als ontmoetingsplek

Toegankelijke groendaken kunnen als ontmoetings- of sportplek dienen. Ook een gezamenlijke moestuin kan het sociale contact tussen mensen vergroten. Intensieve groendaken die groot en openbaar toegankelijk zijn lenen zich het beste als ontmoetingsplek. Groene gevels kunnen een locatie aantrekkelijker maken.

Milieuvriendelijk imago

Groene daken en gevels behoren tot de weinige milieuvriendelijke aanpassingen aan gebouwen die direct zichtbaar zijn voor iedereen. Dit biedt eigenaren de mogelijkheid om een duidelijk herkenbaar milieuvriendelijk imago uit te stralen.

Bron tekstvak: <sup>44</sup>



## 1.4 NADELEN EN AANDACHTSPUNTEN VAN BEGROEIDE GEBOUWEN



### Onderhoud<sup>45,46</sup>

Een groene gevel is kwetsbaar en dient regelmatig en zorgvuldig onderhouden te worden, om verwaarlozing en een ontsierde gevel te voorkomen. Ook onderhoud van groene daken gaat gepaard met uitdagingen.

- Zo moet het irrigatiesysteem worden gecontroleerd, de hoeveelheden water en voedingsstoffen gemonitord, de planten gesnoeid en eventueel vervangen. Een goed onderhoudsplan is daarom essentieel.
- Onderhoud van hogere gevels lastiger uit te voeren.
- Faciliteiten die het onderhoud vergemakkelijken kunnen worden verwerkt in het ontwerp om de onderhoudskosten te drukken.
- Het opsporen en repareren van lekkage van groendaken kan lastiger zijn dan bij conventionele daken. Daar tegenover staat dat groendaken minder gevoelig zijn voor lekkage, omdat de beplanting water absorbeert en op natuurlijke wijze bescherming biedt tegen beschadigende uv-straling.



Figuur 8: In het ontwerp van een groendak kan bijvoorbeeld een systeem voor valbescherming worden verwerkt<sup>47</sup>



### Kostbare investering<sup>48,49</sup>

Het realiseren van met name intensieve groendaken en gevelpanelen vraagt om een flinke investering.

- Een niet-grondgebonden groene gevel is duurder dan een grondgebonden groene gevel, omdat er voor een constructie en irrigatiesysteem moet worden gezorgd. Gemiddeld kost de aanleg van een niet-grondgebonden gevel €600-€800/m<sup>2</sup>, inclusief irrigatiesysteem meer dan €1.000/m<sup>2</sup>.
- In sommige gevallen moet er ook rekening worden gehouden met kosten voor een technische ruimte en eventueel een waterreservoir.



### Brandgevaar<sup>50,51</sup>

Groene gevels kunnen het brandgevaar en risico op brandoverslag van gebouwen vergroten. Dit geldt vooral voor de systemen met gevelpanelen, waarachter een luchtschouw aanwezig is die een schoorsteeneffect kan veroorzaken.

- *Lage gebouwen (<10 m)* – Bij lage gebouwen kan men het risico op brand verkleinen door gebruik te maken van onbrandbaar materiaal voor de klimhulp en draagconstructie. Ook kan men kiezen voor onbrandbare of permanent vochtige substraten.
- *Middelhoge gebouwen (10–25 m)* – Bij middelhoge gebouwen kan daarnaast een brandwerende barrière worden geïnstalleerd om de paar verdiepingen, die de vegetatie en luchtpouw doorbreekt. Ook kan men onder het dak voor een zone zonder vegetatie zorgen (ca. 1 meter breed), zodat vlammen zich niet via de gevel naar het dak kunnen verspreiden.



### Inbraakgevoeligheid<sup>52</sup>

Gebouwen met groene gevels kunnen vanwege de klimhulp van de planten gevoeliger worden voor inbraak (zie Figuur 8).



### Aantasting van de constructie<sup>53,54</sup>

Vocht, planten en dieren kunnen de constructie van het gebouw mogelijk beschadigen.

- De constructie moet tegen de plantenwortels en eventueel vocht uit het irrigatiesysteem beschermd worden.
- Met name zelfhechtende klimplanten kunnen schade veroorzaken aan gevelmaterialen. Om dit te voorkomen kan men voor gevelbegroeiing met een klimhulp kiezen.
- Men dient ervoor te zorgen dat dieren de constructie van het gebouw niet kunnen aantasten of kunnen binnendringen.



### Overlast<sup>55,56</sup>

Groen trekt insecten aan, die op hun beurt weer vogels en knaagdieren aantrekken. Deze dieren kunnen voor overlast zorgen. Denk ook aan mogelijke overlast door teken en de eikenprocessierups, of allergische klachten door bijvoorbeeld pollen. Het is slim om deze overwegingen mee te nemen in o.a. de plantenkeuze. Ook is het aan te raden om de gebruikers van het gebouw van tevoren te informeren over mogelijke ongewenste bijeffecten en het gebouw met de juiste voorzieningen uit te rusten, zoals horren.

Bron tekstvak: <sup>57</sup>

#### Nieuwbouw zonder spouw

Bij gebruik van gevelgroen in nieuwbouwconstructies kan men de buitenspouw weglaten. Zo kan de totale constructiedikte aanzienlijk verminderd worden, kan op bouwtijd en (materiaal)kosten worden bespaard, en wordt de milieubelasting van het gebouw verlaagd (minder sloopafval einde levensduur), zonder dat er op bouw fysieke kwaliteit hoeft te worden ingeleverd.



## 1.5 CASE STUDIES

### Sportplaza Mercator<sup>58,59,60</sup>

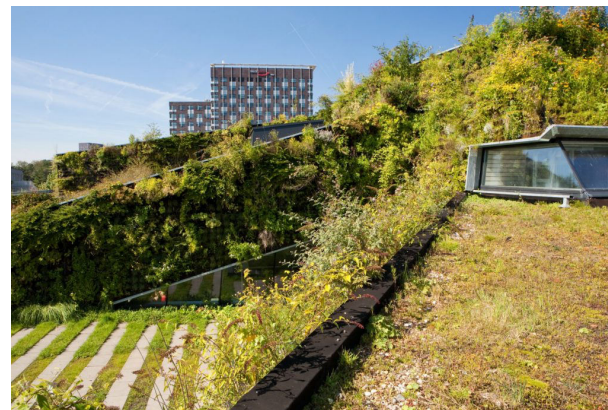
#### AMSTERDAM

Dit in 2006 opgeleverde sportcomplex is “een gebouw overwoekerd door de natuur en het groen”. Het gebouw is voorzien van 3.000 m<sup>2</sup> daktuinen en 1.900 m<sup>2</sup> groene gevels, die zijn ontworpen door de landschapsarchitecten van Copijn. Voor dit project ontwierpen zij hun eigen groene-gevelsysteem Wonderwall, bestaande uit lichtgewicht platen (ca. 100 kilo per m<sup>2</sup>) met jutezakjes die aan de constructie zijn bevestigd. Voor de daken is voor een extensief systeem gekozen, begroeid met sedum, grassen en vaste planten.

In eerste instantie kozen de architecten van Copijn voor een grote variatie aan planten en heesters. Bepaalde soorten bleken het minder goed te doen dan gedacht,

waardoor er van de vijftig soorten nu nog dertig à veertig over zijn. Vooral aan de schaduwzijde bleek het moeilijk beplanting in leven te houden. Daarentegen zijn er diverse planten “aangewaaid”, die juist wel goed op het gebouw bleken te kunnen overleven.

Daarnaast waren er extra leidingen nodig op de zuidgevel. Het in leven houden van de planten bleek sowieso veel leidingwater te kosten: in de eerste jaren verbruikte de planten zo'n 2 miljoen liter per jaar, genoeg om acht maanden lang de zwembaden van het complex te vullen. Door toepassing van een kleinmaziger bevoeiingssysteem en constante monitoring was dit aantal in 2012 teruggebracht tot 700.000 à 800.000 liter per jaar.



Figuur 9 en 10: Sportplaza Mercator<sup>61</sup>

### Spoorhoek<sup>62,63</sup>

#### ARNHEM

Voor dit project heeft Buro Poelmans Reesink bestaande panden in de Arnhemse wijk Spoorhoek voorzien van verticaal groen. De wijk is dichtbebouwd en kende weinig groene elementen. Sinds 2010 heeft de landschapsarchitect diverse blinde kopgevels in de wijk voorzien van schanskorven tot 10,5m hoog, die stapelbaar zijn en los van de gevel geplaatst kunnen worden. Door hun ovale vorm is er weinig schaduwwerking op de beplanting.

De korven zijn voorzien van diverse soorten sedum, grassen en kruiden, die door middel van een irrigatiesysteem bewaterd worden.

In 2017 bleek dat het microklimaat in de straten met groene gevels sterk verbeterd was. De gevels worden minder warm en trekken diverse insecten en vogels aan. Ook bieden de tuinen ruimte aan kosten voor gierzwaluwen en vleermuizen.



Figuur 11 en 12: Groene gevels in de wijk Spoorhoek<sup>64</sup>

### EMA<sup>65,66,67</sup>

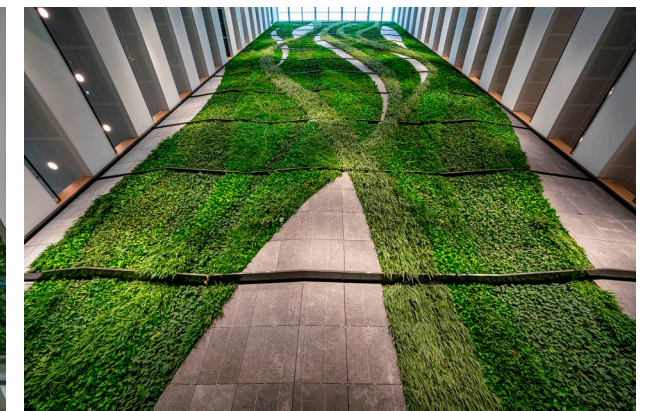
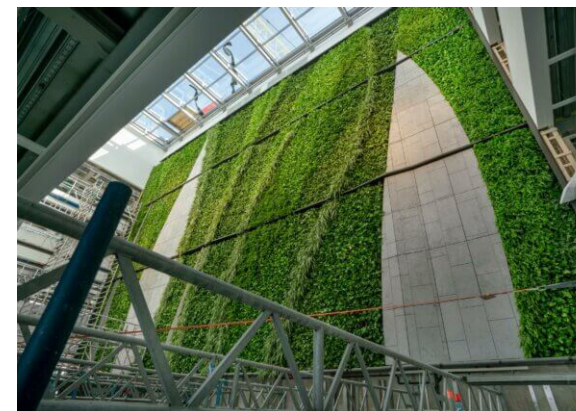
#### AMSTERDAM

Het in 2019 opgeleverde gebouw van de European Medicines Agency (EMA) in Amsterdam is voorzien van een groenwand in het atrium. De wand is 60 meter hoog en 21 meter breed en bestaat uit 52.608 planten, waaronder 8 verschillende plantensoorten.

De wand bestaat uit een stalen constructie waarin diepteverschil is verwerkt, wat de planten een golvende vorm geeft. Dit patroon loopt door in de beplanting op maaiveldniveau en op het dakterras. De planten zitten in cassettes gevuld met steenwol en aarde, wat ervoor zorgt dat ze vochtig blijven. Achter de beplanting schuilt een volledig automatisch irrigatiesysteem dat voortdurend wordt gemonitord:

sensoren in de beplantingspanelen meten de luchtvochtigheid en de voedingswaarden van de wortel. Vervolgens krijgen de planten de juiste hoeveelheid meststoffen en water. Een aantal keer per jaar wordt de wand bovendien gesnoeid.

Vanwege zijn duurzame ontwerp krijgt het gebouw een BREEAM Excellent-certificering. Die waardering is te danken aan de toepassing van duurzame materialen, stadswarmte, lichtsensoren die aan- en uitgaan bij beweging, individuele warmte- en kouderegeling voor optimaal energiegebruik, een regenton van tweehonderd kuub en nest- en vleermuiskasten.



Figuur 13 en 14: Groene wand bij EMA<sup>68,69</sup>



## Trudo Toren<sup>70,71</sup>

### EINDHOVEN

Deze woontoren van 18 verdiepingen is in 2021 opgeleverd, ontworpen door Stefano Boeri en biedt ruimte aan 125 sociale huurwoningen. De toren heeft beboste balkons en ook zijn er een grote gezamenlijke binnentuin en dakterras aanwezig. De toren telt meer dan 9.000 struiken en planten. De bakken waarin de beplanting groeit hebben elk eigen sensoren, waarmee hydratatie en voeding gedurende het hele jaar op peil wordt gehouden.

Begin 2018 werden de geselecteerde bomen al naar kleinere bakken verplaatst, zogeheten *air pots*. Zo konden ze alvast wennen aan hun uiteindelijke omgeving.

Ook kregen de planten een speciale behandeling waarmee de aanmaak van haarwortels werd bevorderd, die belangrijk zijn voor de opname van water en voeding. Hierdoor ondervonden de bomen bij hun uiteindelijke plaatsing een stuk minder verplantingsstress.

Het groenonderhoud voor het gehele gebouw is uitbesteed. Er zijn contractueel afspraken gemaakt met de woningcorporatie om te voorkomen dat de bewoners zelf aan de slag gaan met de planten. Het onderhoud wordt gedaan via een onderhoudsinstallatie en ca. 4 keer per jaar via de woningen.



Figuur 15 en 16: De Trudo Toren<sup>72,73</sup>

## Sherway Gardens Shopping Centre<sup>74</sup>

### TORONTO

Sherway Gardens is een groot winkelcentrum in Toronto, dat zijn deuren opende in 1971. In 2015 is het winkelcentrum gerenoveerd, waarbij een groendak van 9.500 m<sup>2</sup> aan het gebouw is toegevoegd.

Het dak is een extensief dak, begroeid met sedum, en is voornamelijk bedoeld als opvang voor regenwater. Het dak bestaat uit een worteldoek, een drainagemat, twee lagen gerecycled polymeer en een voorgekweekte sedummat, boven op een conventionele dakbedekking.

Het dak heeft geen permanent irrigatiesysteem en is in de periode 2018 tot 2021 helemaal niet geïrrigeerd. Voor extra buffercapaciteit waren ondergrondse waterreservoirs geïnstalleerd in de parkeergarage, maar het dak bleek zoveel water te kunnen opvangen dat de omvang van de reservoirs kon worden verkleind. Het dak kan tot 33,9 liter/m<sup>2</sup> vasthouden. Toch behoort de constructie van het dak tot de meest lichtgewicht systemen die er bestaan: wanneer het dak volledig verzadigd is, weegt het 57 kg/m<sup>2</sup>.



Figuur 17 en 18: Groendak van Sherway Gardens<sup>75</sup>

## Bosco Verticale<sup>76,77,78</sup>

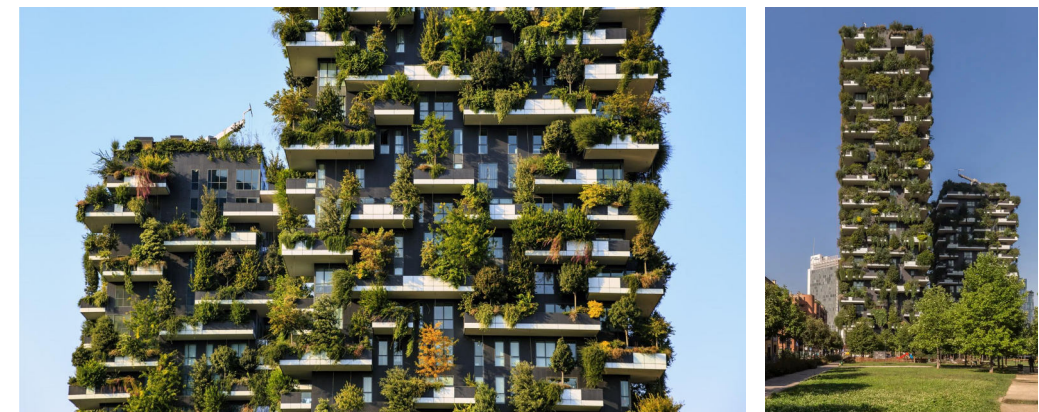
### MILAAN

Bosco Verticale in Milaan, ontworpen door Stefano Boeri, bestaat uit twee begroeide woontorens. De torens zijn 110 meter en 76 meter hoog en beslaan een bruto vloeroppervlak van 40.000 m<sup>2</sup>. De balkons zijn beplant met meer dan 800 bomen, 4.500 heesters en 15.000 sierplanten. In totaal gaat het om 100 verschillende plantensoorten: een diversiteit die gelijkstaat aan de 20.000 m<sup>2</sup> bos. De bouw van het project begon in 2008, werd voltooid in 2014, en kostte 65 miljoen euro.

Vanwege de hoogte van het gebouw, vrijdragende balkons en de zwarte beplanting is de constructie van het gebouw volledig van beton gemaakt. Ook zijn er experimenten gedaan in een windtunnel om de blootstelling van de bomen aan de wind te testen.

Naar aanleiding daarvan zijn er veiligheidselementen toegevoegd, zoals stalen ankers en veiligheidskabels die de bomen op hun plek houden en voorkomen dat afgebroken takken van de torens vallen.

De balkons zijn 3,3 meter diep en voorzien van een waterdicht membraan, een beschermdoek tegen worteldoorslag en een automatisch irrigatiesysteem. De containers van de bomen zijn 1,1 x 1,1 meter in omvang en die van de struiken minimaal 0,5 x 0,5 meter. Het onderhoud van de planten is centraal uitbesteed en wordt gedaan met behulp van twee kranen op het dak van de gebouwen. De planten worden bewaterd met gefilterd grijs water uit het gebouw zelf.



Figuur 19 en 20: Bosco Verticale<sup>79,80</sup>



Quai Branly Museum | Paris<sup>81,82</sup>

PARIS

Dit museum in Parijs is ontworpen door architect Jean Nouvel en voltooid in 2005. De noordwestelijke gevel van het gebouw is voorzien van een levende muur van 200 meter lang en 12 meter hoog, ontworpen en beplant door botanist Patrick Blanc. Deze gevel bevat meer dan 15.000 planten, waaronder 150 verschillende soorten van over de hele wereld.

Blanc heeft hier zijn eigen hydroponsische living-wall-systeem toegepast, genaamd Le Mur Végétal. Bij dit systeem wordt een metalen frame op een dragende muur geplaatst.



Figuur 21 en 22: Quai Branly Museum<sup>83</sup>

Het frame ondersteunt een PVC-plaat van 10 mm dik, waarop twee lagen polyamidevilt van elk 3 mm dik worden bevestigd. Deze lagen bootsen mossen na die op kliffen groeien, en ondersteunen de wortels van vele planten.

Een netwerk van leidingen met controleerbare kleppen zorgt voor voeding vol essentiële voedingsstoffen. Het vilt wordt bevochtigd door middel van capillaire werking, waarna het water langs de wand naar beneden stroomt. Het overvloedige water wordt onderaan opgevangen door een goot en opnieuw in het systeem teruggebracht.

LITERATUURLIJST

<sup>1</sup> Baldwin, E. (2021, 7 oktober). *An Architect's Guide To: Green Roofs*. Website. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/green-roofs/>.

<sup>2</sup> Dakconstructie.be. (2021, 11 maart). *Extensief groendak*. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://www.dakconstructie.be/extensief-groendak>.

<sup>3</sup> Duurzame Scheurkalender. (2019, 14 februari). *Intensief groendak*. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://duurzamescheurkalender.nl/?p=222>.

<sup>4</sup> Lin, H., Xiao, Y., & Musso, F. (2018). Shading Effect and Heat Reflection Performance of Green Façade in Hot Humid Climate Area: Measurements of a Residential Project in Guangzhou, China. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 146. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/146/1/012006>.

<sup>5</sup> Ottelé, M. (2011, 1 juni). The Green Building Envelop: Gevels en planten, de synergie tussen natuur en stedelijke omgeving. *De Hovenier*, 3. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://www.greenkeeper.eu/upload/artikelen/dg311greenbuilding.pdf>.

<sup>6</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013). Ecosysteemdiensten van groene daken en gevels. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR*. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/286734>.

<sup>7</sup> Ottelé, M. (2011, 1 juni).

<sup>8</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013).

<sup>9</sup> Hop, M. E. C. M. (2013). Het nut van stadsgroen. *Dendroflora*, 50, 46–63. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/341566>.

<sup>10</sup> Ottelé, M. (2011, 1 juni).

<sup>11</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013).

<sup>12</sup> Spijker, J. H., Ravesloot, M. B. M., De Vries, S., & Hiemstra, J. A. (z.d.). *Groen en wonen: De meerwaarde van groen in de stedelijke omgeving*. Wageningen University & Research. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://edepot.wur.nl/412102>.

<sup>13</sup> Davis, M., Tenpierik, M., Ramírez, F., & Pérez, M. (2017, mei). More than just a Green Facade: The sound absorption properties of a vertical garden with and without plants. *Building and Environment*, 64–72. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.01.010>.

<sup>14</sup> Wageningen University & Research. (z.d.). *Groen: goed voor de gezondheid*. WUR. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://www.wur.nl/nl/show-longread/Groen-goed-voor-de-gezondheid.htm>.

<sup>15</sup> Pahizkar, H., & Afghani Khoraskani, R. (Reds.). (2017, oktober). Green facade system for indoor air purification. In *Green facade system for indoor air purification (pp. 1151–1160)*.

<sup>16</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013).

<sup>17</sup> Spijker, J. H., Ravesloot, M. B. M., De Vries, S., & Hiemstra, J. A. (z.d.).

<sup>18</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013).

<sup>19</sup> Boezeman, D. F., Donkers, H. W. H. A., & Van Vijfeijken, B. (2018). Hitte wordt hot. *Geografie*, 27(9). Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://repository.ubn.ru.nl/bitstream/handle/2066/197964/197964pub.pdf>.

<sup>20</sup> Ottelé, M. (2011, 1 juni).

<sup>21</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013).

<sup>22</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013).

<sup>23</sup> Davis, M., Tenpierik, M., Ramírez, F., & Pérez, M. (2017, mei).

<sup>24</sup> Hop, M. E. C. M. (2013).

<sup>25</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013).

<sup>26</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013).

<sup>27</sup> Davis, M., Tenpierik, M., Ramírez, F., & Pérez, M. (2017, mei).

<sup>28</sup> Architectura.be. (2020, 14 oktober). *TECHNISCHE INFO. Groene wanden ter verbetering van het akoestische binnen- en buitenklimaat*. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://architectura.be/nl/dossiers/groene-gevels/48995/technische-info-groene-wanden-ter-verbetering-van-het-akoestische-binnen-en-buitenklimaat>.

<sup>29</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013).

<sup>30</sup> Gids Duurzame Gebouwen. (2021d, september 15). *Type vegetatie van de groene gevel*. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/groene-gevel-realiseren/type-vegetatie-groene-gevel?IDC=7419>.

<sup>31</sup> Gids Duurzame Gebouwen. (2021b, september 15). *De locatie van de groene gevel*. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/groene-gevel-realiseren/locatie-groene-gevel?IDC=7414>.

<sup>32</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013).

<sup>33</sup> Davis, M., Tenpierik, M., Ramírez, F., & Pérez, M. (2017, mei).

<sup>34</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013).

<sup>35</sup> Andelhofs, D. (2019, 2 februari). *Maak stadslandbouw op platte daken mogelijk*. Youth4Climate.be. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://youth4climate.be/nl-BE/ideas/maak-stadslandbouw-op-platte-daken-mogelijk>.

<sup>36</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013).

<sup>37</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013).

<sup>38</sup> Gids Duurzame Gebouwen. (2021c, september 15). *Technische kenmerken*. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/groene-gevel-realiseren/technische-kenmerken?IDC=7415>.

<sup>39</sup> Gids Duurzame Gebouwen. (2021a, september 15). *Begroeide gevel of gescheiden groene gevel*. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/begroeide-gevel-gescheiden-groene-gevel?IDC=11096>.

<sup>40</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013).

<sup>41</sup> Spijker, J. H., Ravesloot, M. B. M., De Vries, S., & Hiemstra, J. A. (z.d.).

<sup>42</sup> Spijker, J. H., Ravesloot, M. B. M., De Vries, S., & Hiemstra, J. A. (z.d.).

<sup>43</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013).

<sup>44</sup> Ottelé, M. (2011, 1 juni).

<sup>45</sup> Van Voorthuysen, A. (2020, 15 juli). *Het wonder van groene gevels*. Architectuur.nl. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://www.architectuur.nl/kennis/het-wonder-van-groene-gevels/>.



<sup>46</sup> Marissen, A. (2022, 25 mei). *Hoelang gaat een groendak met EPDM mee?* InterExpress. Geraadpleegd op 26 mei 2022, van <https://www.interexpress.nl/blog/levensduur-groendak-in-combinatie-met-epdm>.

<sup>47</sup> XSPlatforms. (2019, 9 juli). Fall protection: Essential to green roof maintenance. Geraadpleegd op 9 mei 2022, van <https://fallprotectionxs.com/green-roof-maintenance/>.

<sup>48</sup> Hop, M. E. C. M., & Hiemstra, J. A. (2013).

<sup>49</sup> Claeys, I. (2016, 17 juni). *Levende gevels, integratie van groen in de gevelbouw*. Waterbewust Bouwen. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van [https://www.waterbewustbouwen.be/artikel/52/levende-gevels-integratie-van-groen-in-de-gevelbouw/#:%7E:text=Er%20zijn%20verschillende%20manieren%20om,klimhulpmiddelen%20zoals%20Vitis%20\(druif\)](https://www.waterbewustbouwen.be/artikel/52/levende-gevels-integratie-van-groen-in-de-gevelbouw/#:%7E:text=Er%20zijn%20verschillende%20manieren%20om,klimhulpmiddelen%20zoals%20Vitis%20(druif)).

<sup>50</sup> Claeys, I. (2016, 17 juni).

<sup>51</sup> Architectura.be. (2021, 19 oktober). *TECHNISCHE INFO. Brandveiligheid: een belemmering voor de ontwikkeling van groene gevels?* Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://architectura.be/nl/dossiers/groene-gevels/52885/technische-info-brandveiligheid-een-belemmering-voor-de-ontwikkeling-van-groene-gevels>.

<sup>52</sup> Claeys, I. (2016, 17 juni).

<sup>53</sup> Claeys, I. (2016, 17 juni).

<sup>54</sup> Verhulst, L. (2020, 2 december). *Gevelgroen? Integreer onderhoud in uw ontwerp en anticipeer op biodiversiteit*. Architectura.be. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://architectura.be/nl/dossiers/groene-gevels/50293/gevelgroen-integreer-onderhoud-in-uw-ontwerp-en-anticipeer-op-biodiversiteit>.

<sup>55</sup> Wageningen University & Research. (z.d.).

<sup>56</sup> Verhulst, L. (2020, 2 december).

<sup>57</sup> Ottelé, M. (2011, 1 juni).

<sup>58</sup> Jacobs, R. (2011, 1 juni). Groene oase te midden van asfalt, beton en steen: Eerste lustrum van Copijns Wonderwall Sportplaza Mercator Amsterdam. *De Hovenier*, 3. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://www.vakbladdehovenier.nl/upload/artikelen/dg311copijn.pdf>.

<sup>59</sup> Copijn Tuin- en Landschapsarchitecten, Advies, Boomspecialisten, Groenaanleg en Beheer. (2020, 15 juni). *Sportplaza Mercator Amsterdam*. Copijn. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://www.copijn.nl/projecten/sportplaza-mercator/>.

<sup>60</sup> Architectuur.nl. (2018, 25 april). *Genieten van de openheid*. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://www.architectuur.nl/project/genieten-van-de-openheid/>.

<sup>61</sup> Copijn Tuin- en Landschapsarchitecten, Advies, Boomspecialisten, Groenaanleg en Beheer. (2020, 15 juni).

<sup>62</sup> Buro Poelmans Reesink. (z.d.). *Verticaal groen Spoorhoek Arnhem*. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://www.poelmansreesink.nl/verticaal-groen-spoorhoek-arnhem>.

<sup>63</sup> Arnhem Klimaatbestendig. (2017, 6 april). *Verticaal groen Spoorhoek*. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://www.arnhemklimaatbestendig.nl/project/verticaal-groen-spoorhoek/>.

<sup>64</sup> Koninklijke Ginkel Groep. (2017, 11 september). *Standing Garden in Arnhem*. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://www.ginkelgroep.nl/actueel/verticaal-groen-spoorhoek-te-arnhem/>.

<sup>65</sup> Dura Vermeer. (2019, 19 december). *52.608 planten is de groenwand van EMA rijk*. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://www.duravermeer.nl/nieuws/52-608-planten-is-de-groenwand-van-ema-rijk/>.

<sup>66</sup> Koninklijke Ginkel Groep. (2019, 3 september). *Spectaculairste groenwand van Europa is voor EMA*. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://www.ginkelgroep.nl/actueel/spectaculairste-groenwand-van-europa-is-voor-ema/>.

<sup>67</sup> Weessies, R. (2019, 18 november). *Nieuwbouw EMA aan de Zuidas opgeleverd*. Architectenweb. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://architectenweb.nl/nieuws/artikel.aspx?ID=46819>.

<sup>68</sup> Dura Vermeer. (2019, 19 december).

<sup>69</sup> Koninklijke Ginkel Groep. (2017, 11 september).

<sup>70</sup> Trudo. (z.d.). *De Trudo Toren is inclusief*. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://www.trudo.nl/trudo-toren>.

<sup>71</sup> Green Cities Europe. (2021, 20 augustus). *Trudo Toren, Eindhoven*. Geraadpleegd op 3 mei 2022, van <https://www.scribbr.nl/bronnengenerator/apa/new/webpage/>.

<sup>72</sup> SmartCity.Press. (2021, 8 maart). *A breath of fresh air for urban design: PowerNEST and OpenRemote take sustainable living to new heights*. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://smartcity.press/sustainable-living-to-new-heights/>.

<sup>73</sup> Trudo Toren, Eindhoven. (2021, 20 augustus).

<sup>74</sup> Greenroofs.com. (2021, 23 september). *Sherway Gardens Shopping Centre Expansion*. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://www.greenroofs.com/projects/sherway-gardens-shopping-centre-expansion/>.

<sup>75</sup> Greenroofs.com. (2021, 23 september).

<sup>76</sup> Duddilla, K. (2021, 23 september). *Bosco Verticale (Vertical Forest), Milan, Italy*. Design Build Network. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://www.designbuild-network.com/projects/bosco-verticale-vertical-forest-milan/>.

<sup>77</sup> Greenroofs.com. (2019, 23 juli). *Bosco Verticale (Vertical Forest), Milan*. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://www.greenroofs.com/projects/bosco-verticale-vertical-forest-milan/>.

<sup>78</sup> Bianchini, R. (2021, 15 maart). *The Vertical Forest towers in Milan by Boeri. Phenomenon or archetype?* Inexhibit. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://www.inexhibit.com/case-studies/the-vertical-forest-towers-in-milan-by-boeri-phenomenon-or-archetype/>.

<sup>79</sup> Cotto d'Este. (z.d.). Vertical Forest. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://www.cottodeste.be/referenties/vertical-forest>.

<sup>80</sup> Bianchini, R. (2021, 15 maart).

<sup>81</sup> Greenroofs.com. (2022, 14 februari). *Musee du quai Branly Greenwall*. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://www.greenroofs.com/projects/musee-du-quai-branly-greenwall/>.

<sup>82</sup> Homeli. (2015, 15 augustus). *Vertical Garden (Mur Végétal) Living Walls by Patrick Blanc*. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <http://homeli.co.uk/vertical-garden-mur-vegetal-living-walls-by-patrick-blanc/#:%7E:text=These%20layers%20mimic%20cliff%2Dgrowing,minerals%20needed%20for%20plant%20growth>.

<sup>83</sup> Greenroofs.com. (2022, 14 februari).

Foto inleiding: Cotto d'Este. (z.d.). Vertical Forest. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://www.cottodeste.be/referenties/vertical-forest>.

Foto achterblad: Bianchini, R. (2021, 15 maart). *The Vertical Forest towers in Milan by Boeri. Phenomenon or archetype?* Inexhibit. Geraadpleegd op 4 mei 2022, van <https://www.inexhibit.com/case-studies/the-vertical-forest-towers-in-milan-by-boeri-phenomenon-or-archetype/>.