

Microforest HVAC

Traditionele kantoor- en werkomgevingen en de bijbehorende klimaatsystemen hebben een negatief effect op de gebruiker en de gebouwprestatie. Het resultaat is een excessief energiegebruik, lage productiviteit, verminderde mate van creativiteit en vermindert het algemene welbevinden. Klimaatsystemen waarin kwaliteitscomponenten en -ruimten, zoals Microforests, worden mee ontworpen kunnen energie-efficiënter zijn. Daarnaast kunnen zij de productiviteit, het comfort en het algemeen welbevinden verhogen. Samengevat zijn kwaliteit gebaseerde klimaatsystemen effectiever en waardevoller voor gebouweigenaren en gebruikers.

G. (Giancarlo) Mangone, M. Arch. en prof.ir. PG (Peter) Luscuere, Department of Architectural Engineering + Technology, Delft University of Technology
Vertaald door: dr.ir. Lisje Schellen

Traditionele kantooromgevingen verminderen de productiviteit, creativiteit, het welbevinden en comfort. Zo zorgen statische temperaturen voor een toename van stress, reduceren ze de mogelijkheden van individuele thermoregulatie voor het handhaven van het thermisch comfort en verkleinen ze de thermische comfortrange [1]. Privacy, geluid en andere werkplek gerelateerde kwaliteitsissues beïnvloeden bovendien de productiviteit, het welbevinden en comfort. Deze negatieve effecten van slecht functionerende werkomgevingen zijn jaarlijks terug te vinden in substantiële financiële bedrijfsverliezen.

Om het nog erger te maken: het gros van het onderzoek naar de effecten van werkomgevingen op gebouw en productiviteit is voornamelijk gericht op het minder slecht kunnen laten functioneren van dergelijke omgevingen. Een betere benadering zou zijn te onderzoeken hoe kantooromgevingen zodanig kunnen worden ontworpen dat ze goed functioneren. Zo is er relatief weinig onderzoek gedaan naar het ontwerp van werkomgevingen die de creativiteit stimuleren en het energiegebruik

verminderen. Bestaand onderzoek richt zich voornamelijk op het verminderen van 'slecht' gedrag en omgevingskarakteristieken, zoals het reduceren van geluidsoverlast en thermisch discomfort, het voorzien in daglicht en het aanmoedigen van mensen om ervoor te zorgen dat zij hun elektrische apparatuur uitschakelen wanneer ze het kantoor verlaten. De prestatie van werkomgevingen is grootschalig geëvalueerd op basis van de kwantiteit van negatieve kenmerken van de werkomgeving. Echter, het oplossen van deze negatieve prestatiekarakteristieken kan, op zijn best, resulteren in een neutraal presterende werkomgeving – de werkomgeving reduceert niet het gebouw- en de werkprestatie, maar verbetert deze ook niet.

■ POSITIEVE GEBOUWOMGEVINGEN

Hoe kunnen positieve gebouwomgevingen ontwikkeld worden? De evolutionaire ontwikkeling van de mensheid geeft wellicht inzicht in dit probleem. Mensen zijn gedurende miljoenen jaren geëvolueerd door interacties met zinnenprikkende natuurlijke

omgevingen en processen. Onderzoek binnen verschillende wetenschappelijke disciplines, zoals omgevingspsychologie en neuroplasticiteit, hebben vastgesteld dat deze interacties met het inherente dynamische en zinnenprikkende karakter van natuurlijke omgevingen, adaptieve menselijke responsies vereisen. Deze responsies waren essentieel voor de evolutie van het menselijke fysieke, emotionele, probleemoplossende, creatieve en constructieve vermogen dat essentieel is voor de gezondheid, volwassenheid en productiviteit [2-5]. Echter, traditionele en 'nieuwe' kantooromgevingen zijn voor een groot deel niet-stimulerend en niet-reagerend, hetgeen de werknemers 'afstompt'. Toegang tot daglicht was normaliter een gewone leefomstandigheid, niet een faciliteit. Natuurlijke omgevingen waarin mensen verbleven, droegen positief bij aan hun prestatie en welbevinden; de huidige werkomgevingen doen dat niet. De vraag is dus: hoe kunnen we in de huidige tijd positief presterende werkomgevingen ontwikkelen? De potentie van werkomgevingen met een hoge kwaliteit, en de identificatie van de

kenmerken van dergelijke werkomgevingen, blijft voor een groot deel ongedefinieerd. Zo zijn er slechts enkele omgevingskwaliteiten, zoals planten, gevonden die de creativiteit verbeteren [6]. Daarnaast worden de relaties van positieve prestatiekenmerken amper begrepen. Toch richt een groeiend onderzoeksgebied zich nu op het identificeren van de positieve potentie van werkomgevingen. Bovendien wijzen enkele onderzoeksresultaten erop dat het voorzien in positieve prestatie'features' in werkomgevingen, zoals natuurlijke omgevingen, wellicht een grotere invloed hebben op de productiviteit en tevredenheid dan de vermindering van negatieve kantooromgevingskarakteristieken. De ontwikkeling van positieve features in werkomgevingen maken negatieve features wellicht minder belangrijk vanuit het oogpunt van de gebruiker. Positieve werkomgevingen kunnen effectiever zijn, zowel in termen van het verbeteren van de productiviteit en het beheersbaarder maken van de negatieve features als het verkleinen van het effect op de productiviteit, het comfort en de tevredenheid.

POTENTIE VAN MICROFORESTS

Promotieonderzoek, verricht binnen de capaciteitsgroep Architectuur en Bouwtechniek van de faculteit Bouwkunde aan de Technische Universiteit Delft, is gericht op het identificeren en evalueren van de potentie van positieve werkomgevingen. Het doel is om de *gebouwprestatie* (energiegebruik, beheerkosten, ruimtegebruik etc.), *werkprestatie* (creativiteit, productiviteit en welbevinden) en de *ecologische prestatie* (invloed van het gebouw op het lokale ecosysteem) te verbeteren. Dit onderzoek spitst zich voornamelijk toe op het identificeren en evalueren van de potentie van *microforests* die als positief presterende werkomgevingen functioneren. Dit doel wordt bereikt door de integratie van vegetatie in het klimaatsysteem en andere infrastructurele gebouwssystemen. Microforests zijn ruimten die beschikken over een hoge vegetatiedichtheid op drie verschillende verticale niveaus: vloerhoogte (grondbedekking), ooghoogte op zitniveau en boven hoofdhoogte (plafond). Microforests zijn ruimtelijke omgevingen; geen oppervlaktetoepassingen zoals groene wanden en daken. Microforests zijn aantrekkelijker voor de gebruiker. Daarnaast vergroten ruimtelijke omgevingen de mogelijkheden van directe interacties tussen de gebruiker en de natuur, hetgeen als effectiever wordt ervaren in vergelijking tot indirecte interacties (zoals het passeren van een groene wand op weg naar een vergadering of het uitzicht door een raam op een boom) [7]. En inderdaad, de

resultaten laten zien dat deze ontwerpoplossing effectief de gebouw- en gebruikersprestatie kunnen verbeteren. De integratie van *kwaliteitscomponenten* en *-ruimten* in de technische infrastructuur van gebouwen, inclusief klimaatsystemen, kan resulteren in effectievere, robuustere en veerkrachtigere gebouwklimaatsystemen die de beheerkosten verminderen.

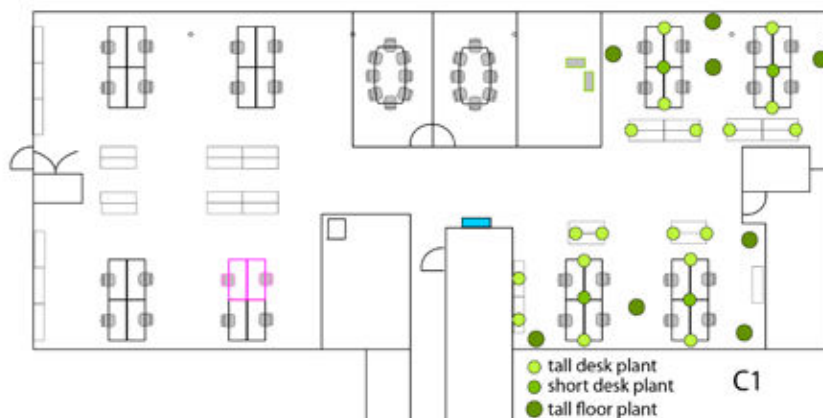
EFFECT VAN PLANTEN

De algemene voordelen van planten zijn goed gedocumenteerd in een veelheid aan wetenschappelijke disciplines en culturen over de hele wereld, zoals 'forest bathing' in Japan en onderzoek naar genezende en herstellende omgevingen. Ten aanzien van mensen en gebouwomgevingen hebben planten verschillende voordelen. Onderzoekers concludeerden bijvoorbeeld dat planten de productiviteit met 10 tot 15% vergroten en de creativiteit met 11 tot 30%. Daarnaast vonden zij dat planten het gebruikerscomfort, de perceptie ten aanzien van de luchtkwaliteit en het ruimtegebruik verbeteren [8] [9] [10] [11]. Ook zijn er algemene schattingen ontwikkeld voor de fysiologische prestatie van planten, zoals hun schaduw- en isolatiepotentie en evaporatiehoeveelheden [12, 13]. Echter, de potentiële prestatievoordelen van het effectief integreren van planten in de gebouwde omgeving zijn nog niet intensief gekwantificeerd en gekwalificeerd. Het effect van het zicht op een plant, in vergelijking met de directe interactie met een natuurlijke omgeving zoals een tuin of bos, is bijvoorbeeld nog niet goed bekend. Dit gebrek aan duidelijkheid maakt het lastig om deze resultaten toe te passen in het ontwerp van werkomgevingen, en om de effecten van ontwerp oplossingen op de werkprestatie te evalueren. Deze ontwerpissues hebben geleid tot algemene, ineffectieve oplossingen ten aanzien van de werkomgeving. Dit onderzoek is daarom gericht op het identificeren en evalueren van mogelijke verbeteringen aan natuurlijke omgevingen, in termen van

microforests, de werk- en bouwprestatie en ecologische prestatie.

EXPERIMENT

Essentieel voor het onderzoeksproces waren: experimenten, observaties van bestaande kantoorgebouwen en kantoren met natuurlijke omgevingen, het ontwerp van 'real world' projecten en interviews met experts uit gerelateerde disciplines en gebouwgebruikers. Het effect van planten op het thermisch comfort van de gebruiker is, bijvoorbeeld, een jaar lang geëvalueerd in een experiment dat verricht werd op het hoofdkantoor van Priva in De Lier. Grote hoeveelheden planten, ongeveer vier per persoon, werden geplaatst in twee 16-persoons kantoren (zie figuur 1). Daarnaast werden de bestaande planten van twee aangrenzende 16-persoonskantoren verwijderd. Het thermisch comfort van de ongeveer 60 werknemers is gemeten via een online vragenlijst die twee keer per dag gedurende een maand in elk seizoen gedurende een jaar werd afgenomen. De thermische condities van de ruimten werden gemeten via thermische sensoren die geplaatst werden op het bureau. Deze sensoren registreerden de luchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid en de verlichtingsniveaus. Eén van de ruimten met planten beschikt hier het gehele jaar over, om zo de langetermijneffecten van de planten op het thermisch comfort te kunnen evalueren. In de andere ruimte met planten worden de planten halverwege iedere maand verplaatst naar het aangrenzende kantoor. Zo kan het effect van de planten op het thermisch comfort binnen eenzelfde groep gebruikers en tussen verschillende groepen gebruikers worden geëvalueerd. De temperatuur varieert gedurende de maand om zo het effect te kunnen evalueren van de planten op het thermisch comfort van de gebruikers onder gebruikelijke temperaturen, maar ook onder hoge zomer- en lage wintertemperaturen. Het doel hiervan is om de potentie van planten te onderzoeken ten

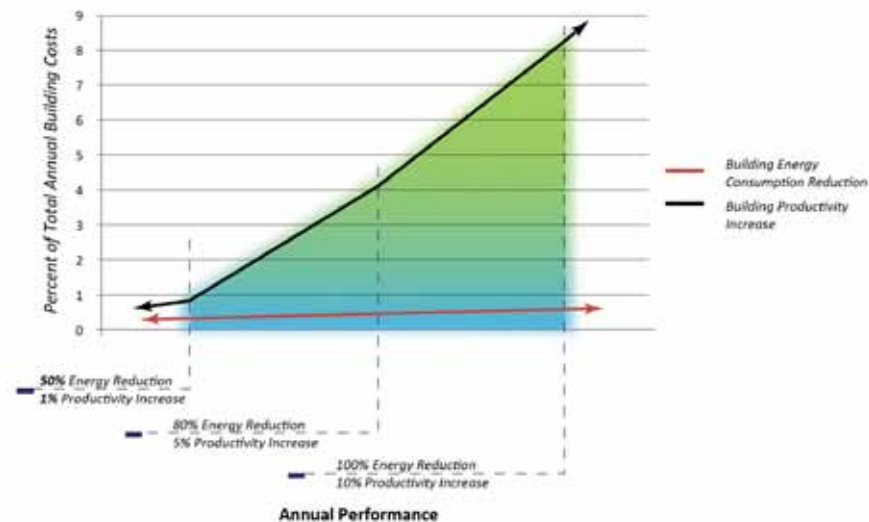


-Figuur 1- Plattegrond van de kantoren van Priva waar elke twee weken gedurende het experiment planten verplaatst werden

aanzien van lagere en hogere temperatuurset-points. Ondanks dat het experiment nog loopt, laten de huidige resultaten zien dat de planten een significant effect hebben op het thermisch comfort van de gebruikers, en dat ze geïntegreerd kunnen worden in werkomgevingen voor het reduceren van het gebouw gebonden energiegebruik. Het lijkt erop dat mensen zich thermisch comfortabeler voelen in de nabijheid van planten, zelfs bij hogere temperaturen in de zomer en lagere temperaturen in de winter. Dit effect staat toe dat de setpoint-temperaturen van werkomgevingen kunnen worden verhoogd in de zomer en verlaagd in de winter, hetgeen het gebouw gebonden energiegebruik vermindert terwijl het comfort, welbevinden, de productiviteit en creativiteit van de gebruikers vergroot wordt. Het is belangrijk om op te merken dat uitzicht op een plant door een naastgelegen raam, en de aanwezigheid van een of twee planten in een 16-persoonse werkomgeving, het thermisch comfort niet lijkt te beïnvloeden. Daarnaast werd het fysieke effect van planten op het gebouw gebonden energiegebruik geëvalueerd gedurende mijn rol als duurzame adviseur voor de architect City Förster, voor de ontwikkeling van een nieuw commercieel kantoorgebouw (11.000 m²) in Accra, Ghana. De klant wilde het prestatiepotentieel bepalen van het gebruik van planten voor het beschaduwden van het gebouw. Het fysische effect van het schaduwden van de planten werd geëvalueerd, en als effectief beoordeeld; wellicht zelfs effectiever dan traditionele zonwering. De integratie van het ontwerp van werkomgevingen, inclusief het gebruik van planten, in het ontwerp van klimaatsystemen kan het gebouw gebonden energiegebruik reduceren, terwijl tegelijkertijd de werkprestatie verbetert. Daaruit volgt dat klimaatsystemen die kwaliteit gebaseerde componenten integreren effectiever zijn en grotere voordelen bieden voor gebouw-eigenaren en gebruikers.

WERK- EN GEBOUWPRESTATIE

Echter, de energiekosten van kantoorgebouwen zijn in het algemeen minder dan 1% (ongeveer 0,6%) van de totale jaarlijkse gebouwkosten. De jaarlijkse kosten van salarissen en bonussen zijn, gemiddeld, 82% van de totale jaarlijkse gebouwkosten. Dit is ongeveer 135 keer meer dan de jaarlijkse energiekosten van een gebouw. Daarom kan een stijging gedurende een jaar van 1% in de productiviteit de energiekosten dekken van 1,35 jaar (figuur 2) [14]. Deze resultaten laten zien dat vanuit een financieel oogpunt gebouw-eigenaren en gebruikers geïnteresseerder zijn in het verbeteren van de productiviteit dan in het reduceren van het gebouw gebonden energiegebruik.



-Figuur 2- Jaarlijkse NLC-energiebesparings- en gebouwproductiviteitswaarden als functie van de totale jaarlijkse gebouwkosten

Daarom zijn klimaatsystemen die de werkprestatie verbeteren veel waardevoller voor gebouw-eigenaren en gebruikers dan traditionele en energie-efficiënte klimaatsystemen. De vraag is nu: hoe kunnen klimaatsystemen tegelijkertijd de werkprestatie en gebouwprestatie efficiënt en effectief verbeteren? Om deze vraag te kunnen beantwoorden, is dit onderzoek gericht op het identificeren van het type en de kwaliteit van werkplekken die werknemers prefereren voor het verrichten van verschillende werktaken die ze uitvoeren op kantoor. Ondanks dat creativiteit en innovatie sterk gerelateerd zijn aan de productiviteit en het succes van bedrijven, heeft dit onderwerp weinig aandacht gekregen. Dit onderzoek heeft 15 verschillende werktaken geïdentificeerd die als essentieel bevonden werden voor werknemers die werken aan creatieve en innovatieve ontwikkelingsprojecten. Daarnaast werden meer dan 75 kenniswerkers, van twee verschillende creatieve bedrijven, geïnterviewd voor het bepalen van de type werkplekken en werkplekkwaliteiten die zij prefereren voor het uitvoeren van deze verschillende creatieve werktaken. Als onderdeel van het interview werd een selectie van 15 werkplekken, inclusief vier verschillende type microforests, aangeboden. Het doel hiervan was om te bepalen welke ruimte hun voorkeur had voor elke afzonderlijke werktaken. De resultaten laten zien dat de kenniswerkers over het algemeen diverse werkomgevingen prefereren. Dit blijkt ook uit de onderzoeksresultaten van andere onderzoekers. Ze prefereren overigens een grotere range aan werkomgevingen dan alleen traditionele kantooromgevingen, waaronder de zogenaamde 'nieuwe' creatieve werkomgevingen die ontwikkeld worden. Daarnaast prefereren kenniswerkers in hoge mate natuurlijke omgevingen voor het verrichten van bijna iedere werktaken. De voorkeur voor verschillende typen microforests werd alleen

gereduceerd voor taken die een continue focus en lage stimulatie vereisen, ondanks dat een specifiek microforesttype als twee na beste werd beoordeeld voor deze concentratietaken. Daarom geven deze resultaten aan dat de huidige werkomgevingen die aangeboden worden aan werknemers niet de juiste ruimten en tools bieden die creatieve werknemers nodig hebben voor het effectief uitvoeren van hun werk. Bovendien identificeren de resultaten van dit onderzoek de specifieke ruimten en kwaliteiten die creatieve werknemers prefereren voor elke afzonderlijke werktaken. Tot slot, microforests kunnen effectieve oplossingen zijn die creativiteit stimuleren, die voorzien in een efficiënte en effectieve werkomgeving en die het gebouw gebonden energiegebruik verminderen.

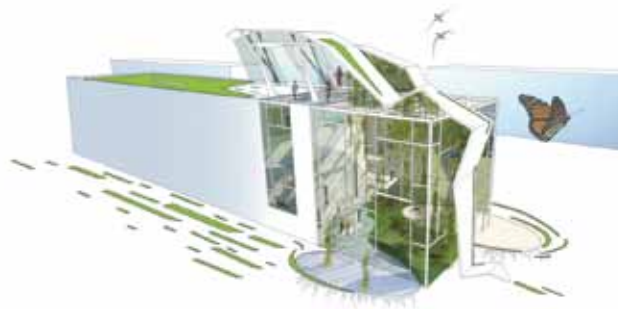
ONTWERPONDERSTEUNING

In aanvulling op voorgaande kan een microforest ook de biodiversiteit en gezondheid (ecologische integriteit) verbeteren van het lokale ecosysteem. Bouwen voor ecologische prestatie is voor een klein deel onderzocht. Er zijn enkele voorbeelden die verder gaan dan het voorzien in groene daken, 'bioswales', groene wanden en bijenkorven. Ondanks dat deze absoluut kunnen bijdragen aan de ecologische integriteit van het lokale ecosysteem, zijn er veel meer effectieve oplossingen met variërende initiële kosten. Daarom werd er een systeem ontwikkeld dat voorziet in de ontwerpondersteuning voor het evalueren van de potentie van de nieuwe constructie en renovatie van traditionele middelgrote commerciële kantoorgebouwen. Het doel hiervan is het verbeteren van de biodiversiteit en gezondheid van het lokale ecosysteem. De resultaten laten zien dat ontwerp oplossingen die de prestatiedoelen van gebouw en gebruiker combineren, ook baat kunnen hebben bij het ondersteunen van de ecologische prestatie

van het lokale ecosysteem. Atria kunnen bijvoorbeeld functioneren als microforest dat tijdelijk onderdak biedt aan inheemse soorten. Daarnaast kan dit microforest voorzien in ecologische diensten zoals het filteren van grijs water en stormwater. Ook kan het in de winter functioneren als zonnecollectorruimte en als thermische buffer voor het gebouw in de zomer, zie figuur 3. Bovendien kan dit microforest onder andere gebruikt worden als ruimte voor informele bijeenkomsten, individuele en groepsworkplekken en pauzeruimte. Door deze ruimten te laten grenzen aan een natuurlijke omgeving is de prestatie en het welbevinden van de gebruikers verbeterd. Het accent van dit artikel ligt op de ontwikkeling van klimaatsystemen. Daarom zal de potentie van de bijdrage die het gebouw kan leveren aan de ecologische prestatie van het lokale ecosysteem niet verder bediscussieerd worden.

INTEGRATIE

De integratie van ontwerp oplossingen die de werknemersprestatie en de gebouwprestatie combineren is nog niet uitgebreid bediscussieerd. Een oplossing werd geëvalueerd in het Accra kantoorgebouwproject. De potentie van een semi-buitentuin ten aanzien van het verminderen van het gebouw gebonden energiegebruik is geëvalueerd. De tuin was bedoeld als informele bijeenkomst ruimte voor gebruikers. De tuin werd ontworpen als microforest: een plafond bekleed met vegetatie en voorzien van bomen, struiken en waterelementen (figuur 4). De hypothese was dat wanneer kantoorgebruikers tijd doorbrachten in de tuin, de vermindering van de totale interne warmtelast van mensen en computers significante energiebesparingen zou opleveren. Er werd bepaald dat wanneer 5 tot 10% van de gebruikers tijd zou doorbrengen in de tuin, de jaarlijkse energiebesparing van het mechanische systeem en de apparatuur meer dan verdubbeld zou kunnen worden



-Figuur 3- Microforest kantoorrenovatie

in vergelijking tot de energiebesparing die het beschaduwden van het gebouw door planten oplevert. Bovendien, zoals de resultaten van het creatieve onderzoek laten zien, heeft deze natuurlijkere informele bijeenkomst ruimte de voorkeur van de kenniswerkers voor het houden van informele bijeenkomsten, pauzeren en verrichten van verschillende werktaken. Een en ander hangt af van de uiteindelijke ontwerp oplossing. Daarnaast, zoals al eerder werd bediscussieerd, wordt het gebruik van planten geassocieerd met een toename in de creativiteit, productiviteit en het algemeen welbevinden van de gebruiker. Het gebruik van de tuinruimte en de bijbehorende kwaliteitservaring en bruikbaarheid van de tuinruimte kan daarom direct gerelateerd worden en het gebouw gebonden energiegebruik, en kan dit laatste verbeteren. Daarnaast wordt de prestatie van de ruimte direct gerelateerd aan de kwaliteit van het ontwerp van de ruimte. De resultaten van dit project laten zien dat de ontwikkeling van hoogwaardige ruimtelijke ontwerp oplossingen de gebouwprestatie en gebruikersprestatie kan verbeteren. In een case studie werd de prestatie van de gebouwde ruimte als effectiever bevonden in vergelijking tot de fysische schaduwpotenties van planten voor het verminderen van het energiegebruik van het gebouw. Dit geeft aan dat het meenemen van hoogwaardige ontwerp oplossingen in technische klimaatsystemen de prestatie van dergelijke systemen kan verbeteren. Deze verbetering is soms groter dan de fysische besparing van het gebouw gebonden energie-

gebruik.

Het is belangrijk om op te merken dat het ontwerp van effectieve en efficiënte microforests afhangt van de context: de condities van de individuele gebouwen, de omringende omgeving en de gebruikers. Echter, dit onderzoek toont aan dat enkel technische klimaatsystemen alleen in staat zijn om gebouwen minder slecht te laten functioneren, in plaats van het voorzien in een positieve presterende gebouwde omgevingen. Daarom biedt het ontwerp van werkomgevingen, inclusief de ontwikkeling van microforests, de potentie om hoogwaardige componenten en ruimten te integreren in het technische klimaatsysteem voor het verbeteren van de effectiviteit van het systeem. Microforests en andere hoogwaardige ontwerp oplossingen kunnen een bijdrage leveren aan het waardevoller maken van gebouw klimaatsystemen binnen de gebouwde infrastructuur. Daarnaast kunnen ze een bijdrage leveren aan de positieve prestatie van bouwprojecten.

DANKBETUIGING

De auteurs willen het PIT fonds, TVVL, van Dorp Installaties en Zuidkoop bedanken voor de financiële bijdrage aan dit onderzoek. Ook willen zij Priva bedanken voor het participeren in de experimenten. City Förster wordt bedankt voor de deelname in het NLC-project en het aanleveren van de originele rendering van het NLC-project en de gepresenteerde projectrendering waarop het vegetatieconcept is gebaseerd.



-Figuur 4- NLC-tuin met vegetatieplafond