

I.N.S.E.C.T. Wall Twin: Designing for and with Insects, Fungi, and Humans

DAN PARKER*
University of Melbourne

ASYA ILGÜN*
University of Graz
Graz University of Technology

ARIEL CHENG SIN LIM
Royal Danish Academy

HANA VAŠATKO
Graz University of Technology

DAN VY VU
Eindhoven University of Technology

NATALIA PIÓRECKA
Bartlett School of Architecture

SVENJA KEUNE
Royal Danish Academy of Fine Arts
University of Borås

* The first and second authors contributed equally to this work.

KEYWORDS
Biodesign; interspecies design; more-than-human architecture; interspecies collaboration; digital fabrication; mycelium; 3D printing; textiles.

LICENSE
CC BY-NC-ND

HOW TO CITE
Parker, Dan, Asya Ilgün, Ariel Cheng Sin Lim, Hana Vašatko, Dan Vy Vu, Natalia Piórecka and Svenja Keune. 2023. “I.N.S.E.C.T. Wall Twin: Designing for and with Insects, Fungi, and Humans.” *Temes de Disseny* 39: 228-247. <https://doi.org/10.46467/TdD39.2023.228-247>

This pictorial confronts the urgent need to shift design practices in response to the past and ongoing destruction of habitat structures and the resulting losses of biodiversity. To do this, it illustrates the first iteration of I.N.S.E.C.T. Wall Twin: an architectural installation that endeavours to support coexistence between local insects, fungi, and humans. The installation is an outcome of the workshop “Interspecies Exploration by Bio-Digital Manufacturing Technologies” during the first part of the I.N.S.E.C.T. Summer Camp (Newcastle upon Tyne, United Kingdom, August 2022). The 9-day workshop brought together a group of four organisers and nine selected participants to engage with the challenges of designing for and with other living beings. Aiming to develop novel approaches to creating urban habitat structures, the workshop involved parametric design, clay 3D printing, mycelium-based composites, and freeform crocheting. We explored questions of interspecies design by prototyping objects iteratively while conversing and reflecting. Our discussion lists the insights we gained from this process of collaborative and critical making. We offer suggestions for involving a range of human and nonhuman stakeholders in design; reflect on practical and ethical questions when working with living materials; identify challenges of foregrounding nonhuman needs while dealing with technical or logistical constraints; and outline ways to approach the complexity of intervening in ecosystems. These considerations may help inform the future work of designers who want to integrate the perspectives of multiple species into their designs. As a living laboratory undergoing continual monitoring, I.N.S.E.C.T. Wall Twin provides a useful foundation for developing further iterations and a community that exceeds the duration of the camp.

1
INTRODUCTION. NONHUMAN STAKEHOLDERS
IN ARCHITECTURAL DESIGN

Business-as-usual urban development increases impervious surfaces and degrades habitats that many species depend on (McKinney 2008). These predominantly abiotic ecosystems put species under pressure to adapt quickly to novel environments, affecting the diversity, phenology, physiology, behaviour, abundance, and ecological interactions of species (refer to references and examples in Theodorou 2022). Extinctions and reduced species populations can diminish ecological functions that are crucial to maintaining healthy ecosystems (Ebenman, Säterberg, and Sellman 2017). For example, insects have roles in food webs, nutrient cycling and decomposition, plant reproduction and seed dispersal, pest control, and soil formation and fertility (Theodorou 2022). The anthropocentric

D. PARKER, A. ILGÜN ET AL.

nature of prevailing architectural-design practices damages such ecological processes. Yet, many organisms can adapt to human-implemented shapes and materials that are comparable to the structures with which they evolved (Sarkar and Bhadra 2022). Hence, there is a need to broaden existing architectural work by incorporating nonhuman stakeholders—not only ones that have obvious benefits for humans—into the design of built environments (Hernandez-Santin et al. 2022; Roudavski 2018). However, the complexity of designing for and with other living beings challenges research traditions in design that are based on simplification and solving human-centred problems (Gatto and McCardle 2019). How can designers begin to confront the complexity of relations between beings (animals, plants, microorganisms) and their environments? To explore this question, this pictorial discusses the workshop “Interspecies Exploration by Bio-Digital Manufacturing Technologies” during the first part of the I.N.S.E.C.T. Summer Camp (Newcastle upon Tyne, United Kingdom, August 2022).



Fig. 1. I.N.S.E.C.T. Wall Twin shortly after installation. Credit: Natalia Piórecka.

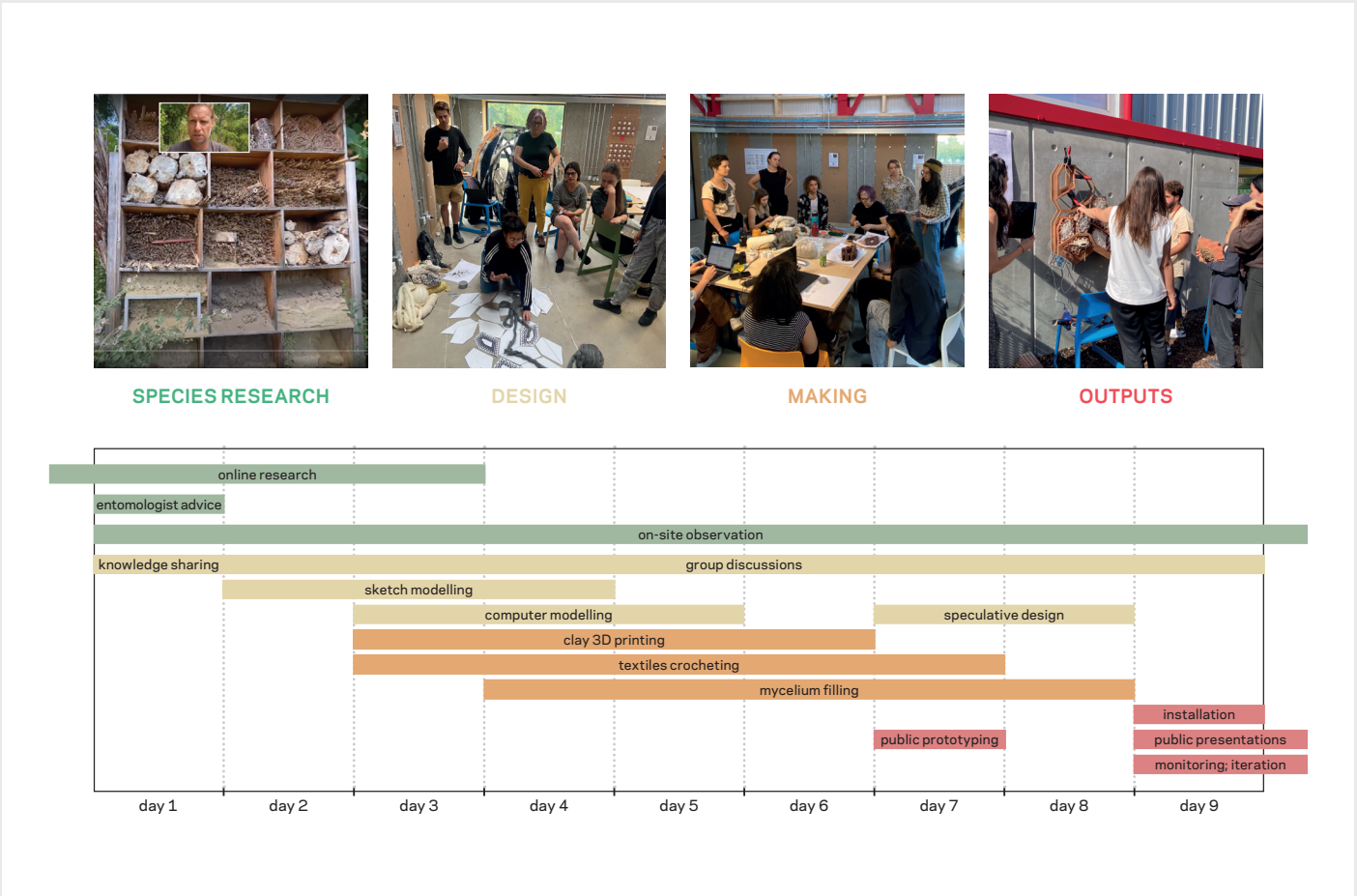


Fig. 2. The process of the workshop “Interspecies Exploration by Bio-Digital Manufacturing Technologies”. Credit: Gernot Kunz, Laurin Kilbert, Colleen Ludwig, and Hana Vašatko.

2 WORKSHOPPING INTERSPECIES-DESIGN APPROACHES

The 9-day workshop brought together a group of four organisers and nine selected participants to design and build an architectural installation at the OME, a facility for testing ideas and technologies for the built environment (Hub for Biotechnology in the Built Environment 2023). The workshop programme evolved around four objectives:

- I. *Collaboration*: engaging with the challenges of designing for and with other living beings by materialising an artefact as a foundation for developing further iterations and a community that exceeds the duration of the camp. This kind of collaborative and critical making (Lindström et al. 2021; Ratto 2011) can assist exploration of more-than-human participation in design through prototyping objects iteratively while conversing and reflecting (c.f. Forlano 2016; Romani, Casnati, and Ianniello 2022; Roudavski and Jahn 2016).
- II. *Materiality*: developing novel approaches to creating habitat structures by exploring the intersections and potentials of parametric design, clay 3D printing, mycelium composites, and freeform crocheting. The novel combinations of materials and techniques derive from the practices of the four workshop organisers.
- III. *Design*: rethinking typical architectural elements, such as walls, from the perspective of nonhuman stakeholders—namely insects. Such efforts are important for reconfiguring features of cities (e.g., impervious surfaces of roads and buildings) that lead to declines in insect numbers and species diversity (Geslin et al. 2016).
- IV. *Ecology*: proposing an alternative to conventional ways of creating habitat structures for insects and monitoring performance. Conventional “insect hotels” can support pollinating bees, wasps, earwigs, and other arthropods (Harris et al. 2021). However, if designed poorly or not maintained, insect hotels risk spreading disease or supporting already common species (Moenen 2012).

I.N.S.E.C.T. Wall Twin is the physical outcome from the workshop. It is a façade installation for insects that we humans developed with fungi (Figure 1). This pictorial describes the design, making, and monitoring of the installation before offering insights gained during and after the workshop (Figure 2).

3 MEETING THE STAKEHOLDERS

Our design for the installation aims to support a range of above-ground dwelling insect species (excavators and cavity nesters),

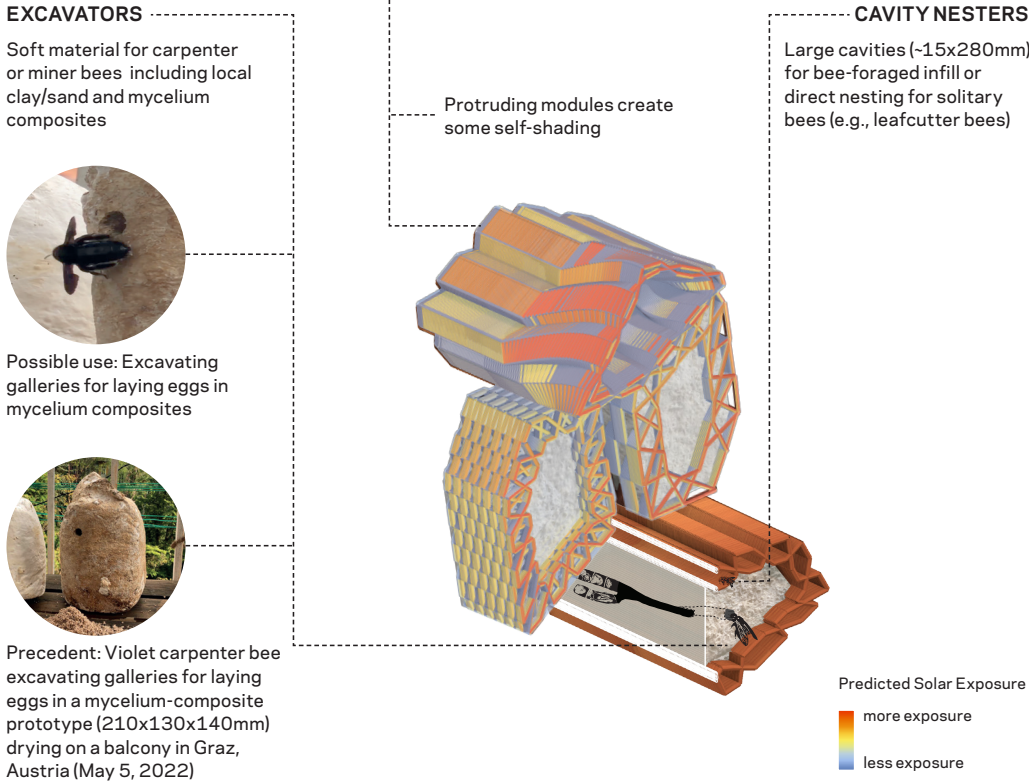


Fig. 3. The design of modules to target both excavating and cavity-nesting insects. Credit: Asya Ilgün and Ariel Lim.

as well as some ground burrowers. To understand the insects' needs, we consulted online databases, scientific literature, and biologists. We scanned the observations of local species on iNaturalist and made portraits, including information about their habitat, nest types, climates, lifecycles, and preferred materials. Even though the biological requirements of each species can vary, we sought to identify shared properties that one structure could provide in order to accommodate not just one, but several native species. In addition, we had a virtual field visit with an entomologist who showed and explained a well-functioning insect hotel on one of Austria's most biodiverse farms, Biohof Gunczy Glanz an der Weinstraße (Kunz 2023). The tour provided details on the geometrical and material qualities that bees and other insects require in their nests. For example, most wild bee species excavate nests into soft yet sculptable materials such as rotten wood, the pith of plants, sand, and clay. Many commercial insect hotels, which support few and already common species, do not provide suitable dimensions or opportunities for excavation. Wild bees that nest in pre-existing holes, such as in trees, prefer certain sizes. Holes are typically 4–8 mm and up to 15 mm in diameter. Depths of holes range between 80–300 mm. Nesting aids of various sizes and materials can help support a greater diversity of species. Other important considerations include creating suitable microclimates for larval growth and hibernation as well as safe movement paths that prevent insects from harming themselves by touching rough inner-wall surfaces (for references and further reading, see Wiesbauer 2020; Westrich 2013).

semi-sacrificial scaffolding for living mycelium. Mycelium (the vegetative part of fungi) grows through and binds substrates of waste materials with lignocellulosic composition, such as woodchips, cardboard, and paper (Vašatko et al. 2022). The result is a thermally and acoustically insulating, cost-effective, regenerative, and completely biodegradable composite material (Van Wylick et al. 2022). Mycelium-based composites have the potential to support complex interactions that exist between many fungus and insect species. For example, prior to the workshop, one of the authors observed a violet carpenter bee (*Xylocopa violacea*) excavating galleries for laying eggs into a pre-grown mycelium composite that was drying in intense sunshine on a south-facing balcony table. As scaffolds for mycelium composites, textiles and 3D-printed clay can produce detailed and bespoke geometries at the small scales needed for insects (Ilgün and Schmickl 2022). Digitally fabricated structures, such as 3D-printed clay (Crawford et al. 2022), can support living organisms by producing surface patterns, roughness (e.g., layered grooves), and porosity that accumulate water and nutrients (Mustafa, Prieto, and Ottele 2021).

5 DESIGNING AND MAKING THE I.N.S.E.C.T. WALL TWIN

Based on the species requirements, material strategies, and infrastructural constraints, we proposed a modular system to house mycelium composites. The modules feature cavities of varying shapes, sizes, depths, thicknesses, porosities, material infills, and entry directions, with the aim of supporting both cavity nesters and excavators (Figures 3 and 4). This design extends an algorithm developed as part of the project, Hiveopolis (Ilgün and Schmickl 2022). Because the modules are parametrically modelled, they can be adjusted to any shape or size and tiled across wall surfaces (Figure 5). For the installation,

4 ESTABLISHING MATERIAL STRATEGIES

The workshop sought to develop techniques that could match both the material and geometrical properties that the stakeholders require. We explored clay and textiles as permanent and

Fig. 4. The design and making strategies. Credit: Natalia Piórecka, Asya Ilgün, and Ariel Lim.

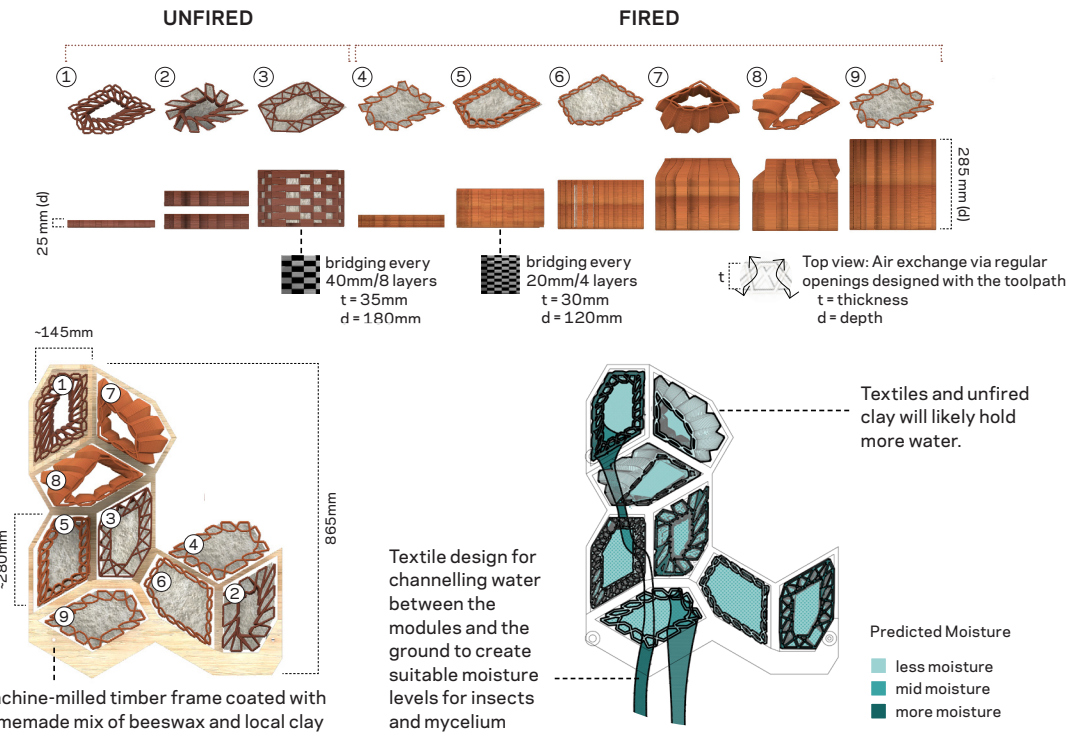
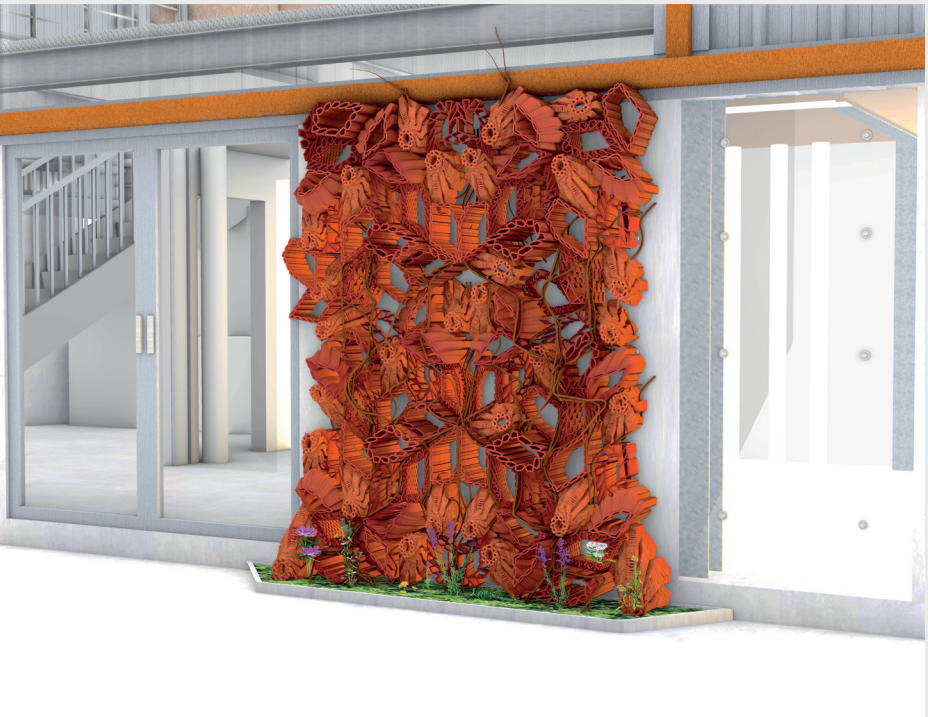


Fig. 5. The possibilities of tiling modules across wall surfaces. Credit: Mamoun Nukumanu and Natalia Piórecka



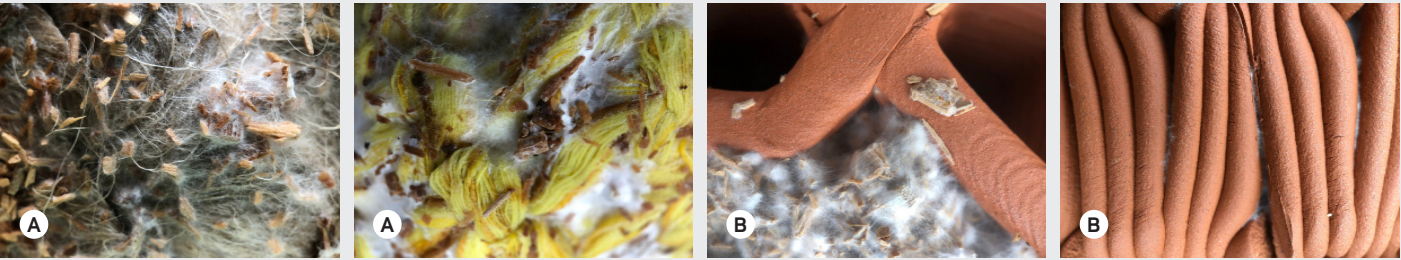


Fig. 6. The making and installation of I.N.S.E.C.T. Wall Twin. Credit: Colleen Ludwig, Hana Vašatko, Natalia Piórecka, and Ariel Lim.

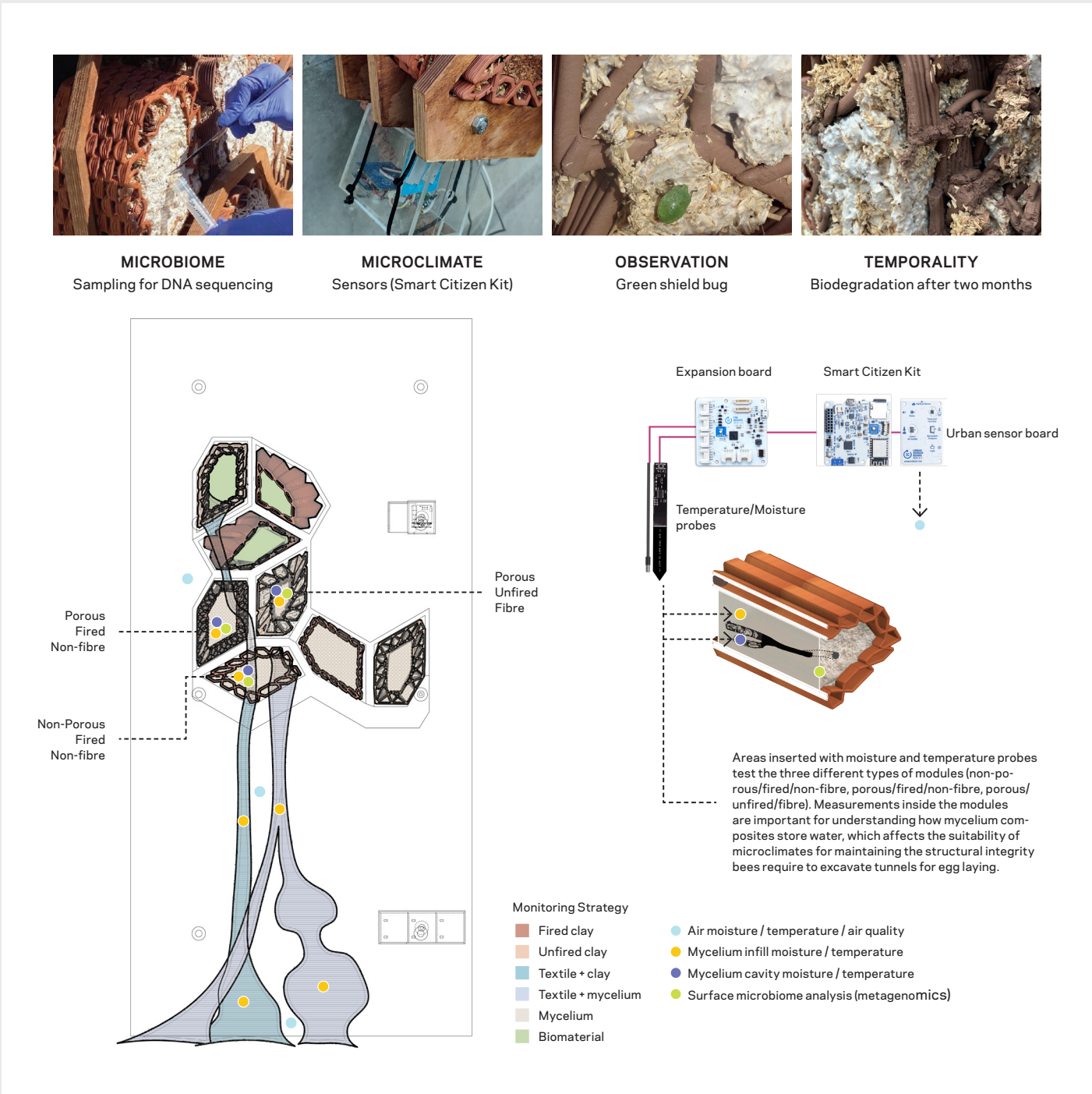


Fig. 7. The monitoring strategy for I.N.S.E.C.T. Wall Twin. Credit: Danvy Vu.

we employed a variation of the type 5 pentagon tessellation (Ahmad 2017). We 3D-printed nine earthenware (clay) modules, including three infused with 4% cellulose fibres and six without (Figure 4). We only fired the structurally supporting modules in order to explore the possibilities of allowing unfired modules to degrade and attract different organisms. Some modules contain locally foraged leaves, hollow sticks, soil, clay, and sand to provide possible shelter, nesting, or foraging materials for insects. A timber frame arranges the modules in a formation that creates a variety of shading conditions with connectivity that allows for moisture transfer and mycelial growth (Figures 3 and 4). Following guidelines for constructing insect hotels (e.g., Moenen 2012), the installation is elevated off the ground and south-facing, where exposure to sunlight engenders suitable temperatures for insect habitation. Crocheted textiles create connections between modules that potentially provide bridges for ground-dwelling insects to access the modules, transfers of moisture between the modules and the ground, and additional structures for insect habitation. Some textiles were dipped in clay, and others were filled with mycelium-inoculated substrate to explore different temporalities (Figure 6). To strengthen the mycelium before its exposure to the local environment, we used substrate with pre-grown mycelium (Reishi or Lingzhi, *Ganoderma lucidum*), autoclaved the clay and textile pieces, and stored the inoculated pieces in a temperature-controlled room. Heat-treating is a common practice to stop the growth of mycelium before use as a material. However, since we considered mycelium a collaborator and not just a material, we kept it alive and responsive to its environment. A mycologist, one of the workshop participants, provided guidance on monitoring the mycelium during its maturation phase and handling the mycelium composites during assembly.

6

MONITORING FOR FUTURE ITERATIONS

How can we gauge the installation’s performance? We are interested in understanding how different organisms respond to the diverse geometries and materials over time. Therefore, we developed a multi-faceted monitoring approach that brings together advanced technologies, expertise from scientists, and the support of local human residents. Ongoing monitoring will provide insights into the installation’s microbiomes, microclimates, insect use, and biodegradation (Figure 7). Microbiomes of habitats are essential for resilient and functioning ecosystems as well as the health of humans, animals, and plants (Berg et al. 2020; Peixoto et al. 2022). With the input from experts in environmental microbiology, we collected samples to assess microbial communities (e.g., bacteria, archaea, and fungi) on the installation compared to a control area on the concrete wall. We hope to observe diverse microbiomes that are beneficial (not pathogenic or otherwise harmful) to insects. The analysis will also track the mycelium’s condition to explore the feasibility of supporting living materials in urban environments. We are using microclimate sensors (custom Smart Citizen Kit) to measure temperature, humidity, light, and air quality in key locations. Internal microclimates influence cavity selection (e.g., some bees prefer cavities that are not too hot or windy), egg hatching,

larval development, and susceptibility to pathogens (Wilson et al. 2020). We want to understand the changes in microclimates as fungal cells of mycelium respire, degrade, and regenerate. In addition, colleagues and a neighbour are regularly visiting the installation to examine its condition and document insect use. These observations will indicate whether the installation can attract threatened species or whether it favours already common species. We anticipate that most uptake will occur in the spring, which is when many species are active and in search of nesting locations. At this early stage, it is important to note that what constitutes success goes beyond the immediate use of the installation. The aim of the workshop was not to attempt to produce a finished product—this requires years of testing and monitoring. Instead, we see the installation as a living laboratory and platform for further research. Post-workshop prototyping is investigating interlocking modules that aid assembly, connectivity, and self-support (Figure 8 right), as well as clay-textile composites that assess geometric complexity, temporality, and the resulting influences on microclimate (Figure 8 left). We will iterate these designs in response to observations of species using or avoiding certain geometries, microclimates, or material qualities.

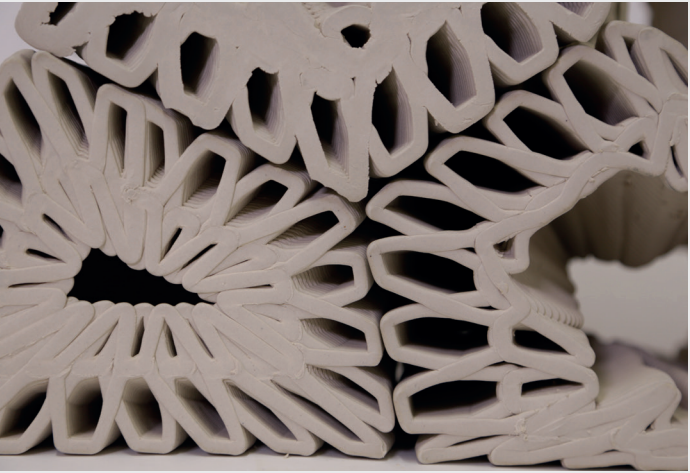
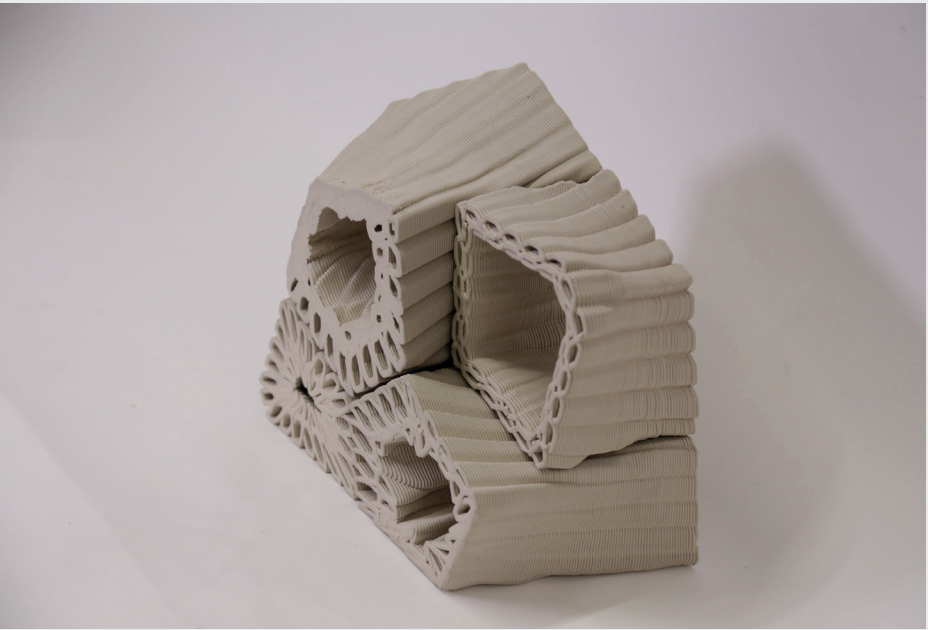
7

CONCLUDING REMARKS. CHALLENGES AND INSIGHTS FOR FUTURE RESEARCH

We conclude with a list of insights gained from the workshop, which may help inform the future research of our community and other designers.

- I. *Collaboration*: involving different stakeholders in interspecies design, especially scientists and the public, is crucial to translate scientific knowledge into artefacts that humans and other species accept. Yet, establishing collaboration can be challenging due to differences in terminology, scepticism or preconceptions, or simply lack of time. The feedback we received from the public, as well as both designers and biologists, reiterates the importance of tailoring engagements for specific audiences, demonstrating the research value but not overclaiming the benefits, and attending to the questions that arise. For instance, some might wonder why human-made structures are necessary in addition to planting, while others might not see the research value in projects that do not have immediate benefits for threatened species. Our installation, albeit preliminary and driven by designers, has sparked interest from non-designers (e.g., ecologists) who would like to join the next camp (Hvalsø, Denmark, 2023).
- II. *Materiality*: critical and collaborative making are useful modes of inquiry into the challenges and opportunities of designing for and with nonhuman species. As an example, working with living materials and nonhuman collaborators raises practical and ethical questions that warrant further theorisation. Bringing living mycelium into new environments could favour some species over others or expose local species

Fig. 8. The ongoing prototyping work since the workshop.
Left: clay-textile prototypes.
Right: Clay-micelium prototypes.
Credit: Svenja Keune, Ariel Lim, Asya Ilgün, and Hana Vašatko.



to conditions they are unfamiliar with (e.g., dense mycelial tissue). Designers might exploit strains of easy-to-grow mycelium over cultivating local ones since this takes time and requires access to specific equipment and protocols. Further, sterilisation of substrates for inoculation aids mycelial growth but requires ethanol or thermal treatments that kill other organisms in the substrate. The workshop provided excellent opportunities to reflect on such topics, especially during daily group discussions, hand-modelling exercises, and a public prototyping workshop. Iterative prototyping using digital tools also helped us discover possibilities for nonhuman stakeholders. For example, we found that big and regular holes in module walls allowed mycelium to colonise these areas. The nonperforated modules create crevices that might benefit some insects as the mycelium detaches from the clay over time. The next camp will use these insights and dedicate more time to exploring opportunities for co-creation with a range of human and nonhuman stakeholders.

Design: computer-aided design and manufacturing offer considerable opportunities to support biological diversity in cities (Weisser et al. 2023), but it is easy to forget about nonhuman stakeholders when dealing with technical, logistical, and time constraints. One notable challenge is fostering ongoing care of human-made habitat structures in the field. Humans can and should provide long-term support for species that expand or change resources (e.g., plants) in response to anthropogenic activities and climate change. Asides from obtaining the necessary funding, it can be difficult to persuade others to keep an installation in place long enough to observe the changes. This is especially apparent when encouraging ecological interactions such as animals excavating cavities and fungi rotting. Although such biodegradation is an important aspect of biological cycles and environmental sustainability, some might object for reasons of safety, aesthetics, or surprise. Experiments in controlled conditions offsite can be useful but long-term testing of designs in situ is critical to account for the relationships between organisms. The next camp will create a digital map to foreground the needs of and engage more deeply with nonhuman stakeholders. Before the camp starts, each participant will choose a local species, document relevant biological information, and research cultural associations, including art and literature.

Ecology: Proposing experimental designs for other species is exciting and worthwhile, but intervening in ecosystems is complex and comes with risks (Parker, Soanes, and Roudavski 2022) richness, and diversity of human and nonhuman cultures. Design that aims to address these issues will depend on interspecies cultures that support the flourishing of all organisms. Combining research in architecture and urban ecology, we focus on the design of urban habitat-structures. Design of such structures presents practical, theoretical, and ethical challenges. In response, we

seek to align design to advancing knowledge of non-human cultures and more-than-human justice. We present interspecies design as an approach that incorporates human and nonhuman cultural knowledge in the management of future habitats. We ask: what is an ethically justifiable and practically plausible theoretical framework for interspecies design? Our central hypothesis is that the capabilities approach to justice can establish goals and evaluative practices for interspecies design. To test this hypothesis, we refer to an ongoing research project that aims to help the powerful owl (*Ninox strenua*). Human intervention can cause ecological traps, such as when structures like asphalt entice insects into laying eggs on low-quality substrates that do not support hatching (Robertson and Hutto 2006). In the case of insect habitats, biologists note the potential dangers of disease spread in condensed spaces for multiple species (MacIvor and Packer 2015). Computer tools can help to work through such considerations by generating models that respond to multiple ecogeographic variables, including vegetation, buildings, and climates (Roudavski and Parker 2020). In future work, we plan to integrate ecological and species-specific data into the module algorithm to refine cavity sizes, openings and closings, porosities, and material infill (distributions, densities, volumes). Our design did not include pollen and nectar resources, given the nearby plantations of native flowers. However, our next iterations will consider broader ecosystem traits when selecting sites and proposing artefacts.

We hope that our insights, learnings, and challenges to the theoretical, conceptual, and practical considerations of designers who want to integrate the perspectives of species into their work.

ACKNOWLEDGEMENTS

The materials and part of the technical equipment used during the first part of the I.N.S.E.C.T. Summer Camp on "Interspecies Exploration by Bio-Digital Manufacturing Technologies" were funded by Connected Everything UK and the HBBE Engagement Fund for the Mycology for Architecture Special Interest Group. The second part, "Towards Multispecies Worldings as an Everyday Design Practice", was supported by the Danish Arts Foundation under the Craft and Design Projects in Denmark and Abroad programme. The project is part of Svenja's postdoctoral research, "Designing and Living with Organisms", which is financed by the Swedish Research Council (Reference number 2020-00459) and involves the Centre for Information Technology and Architecture (CITA) at the Royal Danish Academy and the Smart Textile Design Lab at the Swedish School of Textiles, University of Borås. The project is part of Asya's doctoral thesis, under the tentative title "Living Architecture for Honeybees" which is supported by the Field of Excellence "Complexity of Life in Basic Research and Innovation" (COLIBRI) at the University of Graz and the EU H2020 FET-Proactive project "HIVEOPOLIS" (no. 824069). Dilan Ozkan (HBBE) and Laurin Kilbert (Symbiotic Spaces) contributed to funding retrieval and co-organised the workshop. Participants in the 2022 summer camp included Ariel Lim, Colleen Ludwig, Dan Parker, Lera Niemackl, Mamoun Nukumanu, Natalia Piórecka, Olatz Pereda, Hana Vašatko, Danyu Vu. In addition, we would like to thank the Berg Lab at the Technical University of Graz Institute of Environmental Biotechnology for supporting us with the microbiome-related supervision and ongoing technical analysis, Smart Citizen of IAAC Fablab Barcelona for helping with monitoring and developing custom Smart Citizen Kits, and Gernot Kunz at the University of Graz Institute of Biology for his efforts in giving the initial inputs on the insect hotel design parameters.

BIOGRAPHIES

Dan Parker
University of Melbourne

Dan Parker is a designer and researcher at the University of Melbourne, Australia. His PhD investigates innovative design approaches that can support coexistence between humans and other animals in urban environments. His interdisciplinary research combines work in ecology, design, and environmental humanities. Dan conducts fieldwork in the Italian Alps and studies a Diploma in Modern Languages (Italian) at the University of New England. He holds a Bachelor of Environments and a Master of Architecture from the University of Melbourne. Specialising in digital architectural design, Dan has taught several design subjects, worked in architectural practice, and held positions in digital fabrication labs.

Asya Ilgün
University of Graz
Graz University of Technology

Asya Ilgun is a designer and researcher. Her main territory of research-by-design is framed as experimental ways of using technologies (computational design, deposition-based additive manufacturing, and biotechnologies) to make new types of structures that breed the questioning of architectural boundaries, supporting the dual occupancy of humans and other living organisms. She holds a Master's in Architecture from the Royal Danish Academy of Fine Arts – Schools of Architecture, Design and Conservation (KADK) in the CITAstudio: Computation in Architecture programme. Currently, she is a doctoral candidate at the Institute of Architecture and Media, Technical University of Graz, while conducting her research at the Artificial Life Lab of the Institute of Biology, University of Graz, Austria. Her role in this group is to think of the material interfaces where biology and technology merge within the design, material and fabrication track of the FET-EU project HIVEOPOLIS - a technologically enhanced housing for honeybees. She also moderates the maker and designer community-related work package of this project. She has exhibited and shared her work at conferences and events, including the Stryia Show in Kunsthaus Graz, Vienna Design Week and Respond Copenhagen. She has also received Distributed Design EU mobility and maker awards.

Ariel Cheng Sin Lim
Royal Danish Academy

Ariel is an architect and researcher with a BSc in Architecture and Sustainable Design from the Singapore University of Technology and Design and an MA in Computation in Architecture from the Royal Danish Academy. She is interested in engaging digital modelling and fabrication processes to create new forms of expressions. Her current specialisation is in 3D printing, having worked with a variety of materials such as mycelium, cellulose, and clay. With an interest in fabricating artefacts for other living organisms, she also experiments with material porosity to create bioreceptive structures that promote more biodiverse urban environments.

Hana Vašatko
Graz University of Technology

Hana Vašátko is an architect based in Graz, Austria. Her work primarily focuses on mycelium-based composites and bio-based materials in an architectural context. In 2020, she began working as a student project assistant at the SFB (Special Research Programme) project "Advanced Computational Design" in the subproject "Material and Structurally Informed Freeform Structures" at the Institute of Architecture and Media, Graz University of Technology. After finishing her studies, she continued working as a project assistant on the same project and started her doctoral studies on the hybridisation of mycelium-based composites and clay. The wider research context of her work is focused on experimental architecture, but due to its interdisciplinary nature, it also finds its connections to other disciplines, such as mycology and geology. She and her colleagues have published several conference papers and presented their work in exhibitions at the Kunsthaus Graz, the Ars Electronica Museum in Linz, the Museum of Science and Technology in Belgrade, etc.

Dan Vy Vu
Eindhoven University of Technology

Dan Vy Vu (The Netherlands) is an Industrial Design master's graduate from the Eindhoven University of Technology. Her work focuses on implementing computational, data-driven and other digital design solutions for future urban ecologies towards blurred boundaries between nature, society, and technology.

Natalia Piórecka
Bartlett School of Architecture

Natalia Piórecka is a multidisciplinary designer with an architectural education looking at the possibilities of blurring the boundaries between nature and design. She graduated from Newcastle University (UK) with a BA in Architecture and is continuing her education at the master's level on the MArch Bio-Integrated Design course at the Bartlett School of Architecture, University College London (UK). With an architectural background, her work challenges conventional approaches to sustainability, ecology and materials. Through Experimental Architecture and the emerging field of Biodesign (also Bio-Integrated Design), she embodies her passion for natural sciences and novel technologies, looking for solutions that promote cooperation with nature. In her projects, she combines scientific and material research along with digital tools and fabrication, seeking sustainable solu-

tions within the field of design and architecture to reduce the negative impact on the environment. Through experimental design processes, Natalia creates projects that aim to explore both the potential and limits of the materials created by organisms such as bacteria or mycelium. Fascinated by the potential of living organisms applied within the design fields, she promotes a new product lifecycle, challenging the status quo of ever-lasting materials integrating natural processes of growth and decay as an inseparable part of the production strategy.

Svenja Keune, PhD
Royal Danish Academy of Fine Arts
University of Borås

Svenja Keune holds a BA and MA in textile design from the University of Applied Sciences in Hamburg, where she focused on the potential of merging textiles with electronics to create 'communicative surfaces' and explore 'poetic interactions' between textile surfaces, objects and people. During her PhD project on "Textile Farming" within the MSCA ArcInTexETN, she turned towards seeds as a potential biological alternative and as a dynamic material for textile design. In order to explore alternative ways of living that the textile plant hybrids might propose, Svenja built and moved into a Tiny House on Wheels to live together with the research experiments. Her current interests include post-anthropocentric perspectives on textile and spatial design, additive manufacturing, multispecies relationships, design ethics, permaculture design processes, co-creation, and community building. Svenja Keune is a postdoctoral researcher at the Swedish School of Textiles, University of Borås, in Sweden and at the Centre for Information Technology and Architecture (CITA) at the Royal Danish Academy in Copenhagen, where she is currently working on 'Designing and Living with Organisms (DLO)', a 3-year project funded by an international postdoc grant from the Swedish Research Council.

REFERENCES

Almad, Monika. 2017. *Fünfecke Und Ihre Parkkettierungen*. Göttingen: HAWK University of Applied Sciences and Arts.

Berg, Gabriele, Daria Rybakova, Doreen Fischer, Tomislav Cernava, Marie-Christine Champomier Vergès, Trevor Charles, Xiaoyulong Chen, et al. 2020. "Microbiome Definition Re-Visited: Old Concepts and New Challenges." *Microbiome* 8 (1): 103. <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00875-0>.

Crawford, Assia, Pichaya In-na, Gary Caldwell, Rachel Armstrong, and Ben Bridgens. 2022. "Clay 3d Printing as a Bio-Design Research Tool: Development of Photosynthetic Living Building Components." *Architectural Science Review* 65 (3): 185–95. <https://doi.org/10.1080/00038628.2022.2058908>.

Ebenman, Bo, Torbjörn Säterberg, and Stefan Sellman. 2017. "Ecologically Effective Population Sizes and Functional Extinction of Species in Ecosystems." In *Adaptive Food Webs: Stability and Transitions of Real and Model Ecosystems*, edited by John C. Moore, Kevin S. McCann, Peter C. de Ruiter, and Volkmar Wolters, 45–61. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316871867.006>.

Forlano, Laura. 2016. "Decentering the Human in the Design of Collaborative Cities." *Design Issues* 32 (3): 42–54. <https://doi.org/10.1162/DESI.200398>.

Gatto, Gionata, and John R. McCardle. 2019. "Multispecies Design and Ethnographic Practice: Following Other-Than-Humans as a Mode of Exploring Environmental Issues." *Sustainability* 11 (18): 5032. <https://doi.org/10.3390/su11185032>.

Geslin, Benoît, Violette Le Féon, Morgane Folschweiler, Floriane Flacher, David Carmignac, Eric Motard, Samuel Perret, and Isabelle Dajoz. 2016. "The Proportion of Impervious Surfaces at the Landscape Scale Structures Wild Bee Assemblages in a Densely Populated Region." *Ecology and Evolution* 6 (18): 6599–6615. <https://doi.org/10.1002/ecs3.2374>.

Harris, B.A., E.M. Poole, S.K. Brame, and S.V. Pennisi. 2021. "Consumer-Ready Insect Hotels: An Assessment of Arthropod Visitation and Nesting Success." *Journal of Entomological Science* 56 (2): 141–55. <https://doi.org/10.18474/j749-8004-56.2.141>.

Hernandez-Santin, Cristina, Marco Amati, Sarah Bekessy, and Cheryl Desha. 2022. "A Review of Existing Ecological Design Frameworks Enabling Biodiversity Inclusive Design." *Urban Science* 6 (4). <https://doi.org/10.3390/urbansci6040095>.

Hub for Biotechnology in the Built Environment. 2023. "OME." 2023. <http://bbe.ac.uk/ome/>.

Ilgun, Asya, and Thomas Schmickl. 2022. "Mycelial Beehives of Hiveopolis: Designing and Building Therapeutic Inner Nest Environments for Honeybees." *Biomimetics* 7 (2): 1–21. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7020075>.

Kunz, Gernot. 2023. "Über Mich." Gernot Kunz. 2023. https://gernot.kunzweb.net/ueber_mich.html.

Lindström, Kristina, Per-Anders Hillgren, Ann Light, Michael Strange, and Li Jönsson. 2021. "Collaboration: Collaborative Future-Making." In *Routledge Handbook of Social Futures*, edited by Carlos López Galviz and Emily Spiers, 104–16. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429440717>.

MacIvor, J. Scott, and Laurence Packer. 2015. "Bee Hotels" as Tools for Native Pollinator Conservation: A Premature Verdict? *PLOS ONE* 10 (3): e0122126. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122126>.

McKinney, Michael L. 2008. "Effects of Urbanization on Species Richness: A Review of Plants and Animals." *Urban Ecosystems* 11 (2): 161–76. <https://doi.org/10.1007/s11252-007-0045-4>.

Moenen, Rosita. 2012. "De Broedparasiet Cacoexenus Indagator (*drosofilidae*) En De Parasitoïden Melittobia Acasta (*eulophidae*) En Coelopencyrtus (*encyrtidae*) Bij Solitaire Bijen in Kunstmatige Nestgelegenheden." *Entomologische*

Berichten 72 (1-2): 63–70.

Mustafa, Kazi F., Alejandro Prieto, and Marc Ottele. 2021. "The Role of Geometry on a Self-Sustaining Bio-Receptive Concrete Panel for Facade Application." *Sustainability* 13 (13): 7453. <https://doi.org/10.3390/su13137453>.

Parker, Dan, Kylie Soanes, and Stanislav Roudavski. 2022. "Interspecies Cultures and Future Design." *Transpositiones* 1 (1): 183–236. <https://doi.org/10.14220/trns.2022.1.1.183>.

Peixoto, Raquel S., Christian R. Voolstra, Michael Sweet, Carlos M. Duarte, Susana Carvalho, Helena Villela, Jeantine E. Lunshof, et al. 2022. "Harnessing the Microbiome to Prevent Global Biodiversity Loss." *Nature Microbiology* 7 (11): 1726–35. <https://doi.org/10.1038/s41564-022-01173-1>.

Ratto, Matt. 2011. "Critical Making: Conceptual and Material Studies in Technology and Social Life." *The Information Society* 27 (4): 252–60. <https://doi.org/10.1080/01972243.2011.583819>.

Robertson, Bruce A., and Richard L. Hutto. 2006. "A Framework for Understanding Ecological Traps and an Evaluation of Existing Evidence." *Ecology* 87 (5): 1075–85. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[1075:AFFUE-T\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[1075:AFFUE-T]2.0.CO;2).

Romani, Alessia, Francesca Casnati, and Alessandro Ianniello. 2022. "Codesign with More-Than-Humans: Toward a Meta Co-Design Tool for Human-Non-Human Collaborations." *European Journal of Futures Research* 10 (1): 17. <https://doi.org/10.1186/s40309-022-00205-7>.

Roudavski, Stanislav. 2018. "Notes on More-than-Human Architecture." In *Undesign: Critical Practices at the Intersection of Art and Design*, edited by Gretchen Coombs, Andrew McNamara, and Gavin Sade, 24–37. Abingdon: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315526379>.

Roudavski, Stanislav, and Gwyllim Jahn. 2016. "Activist Systems: Futuring With Living Models." *International Journal of Architectural Computing* 14 (2): 182–96. <https://doi.org/10.1177/1478077116638946>.

Roudavski, Stanislav, and Dan Parker. 2020. "Modelling Workflows for More-than-Human Design: Prosthetic Habitats for the Powerful Owl (*Ninox strenua*)." In *Impact - Design with All Senses: Proceedings of the Design Modelling Symposium, Berlin 2019*, edited by Gengnagel, Christoph, Baverel, Olivier, Burry, Jane, Thomsen, Mette Ramsgaard, and Weinzierl, Stefan, 554–64. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29829-6_43.

Sarkar, Rohan, and Anindita Bhadra. 2022. "How Do Animals Navigate the Urban Jungle? A Review of Cognition in Urban-Adapted Animals." *Current Opinion in Behavioral Sciences* 46: 101177. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2022.101177>.

Theodorou, Panagiotis. 2022. "The Effects of Urbanisation on Ecological Interactions." *Current Opinion in Insect Science* 52: 100922. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2022.100922>.

Van Wylick, Aurélie, Elise Elsacker, Li Li Yap, Eveline Peeters, and Lars De Laet. 2022. "Mycelium Composites and Their Biodegradability: An Exploration on the Disintegration of Mycelium-Based Materials in Soil." In *Construction Technologies and Architecture*, edited by Sofiane Amziane and Mohammed Sonebi, 1:652–59. Stafa: Trans Tech Publications. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/CTA.1>.

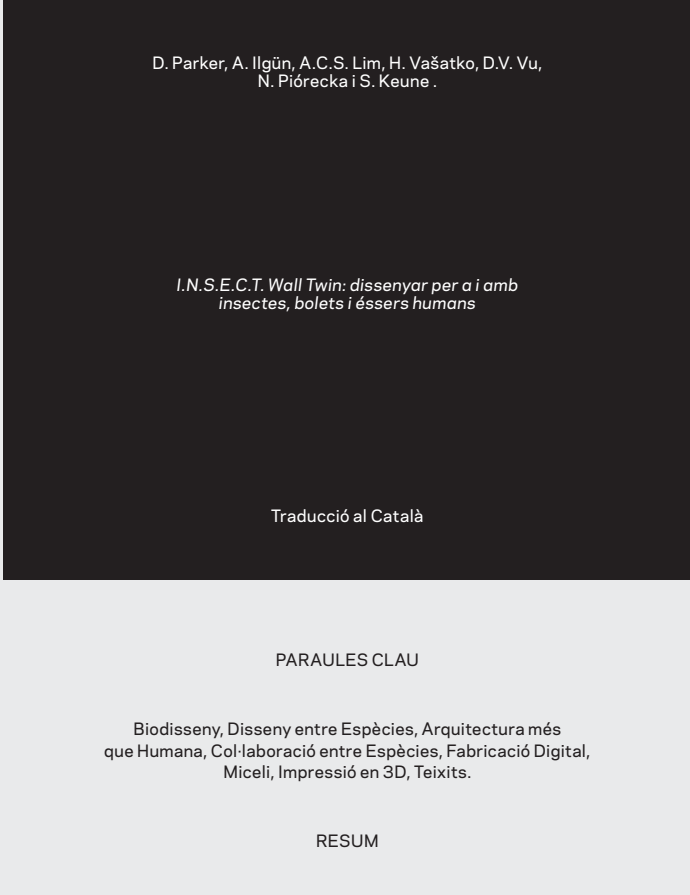
Vašatko, Hana, Lukas Gosch, Julian Jauk, and Milena Stavric. 2022. "Basic Research of Material Properties of Mycelium-Based Composites." *Biomimetics* 7 (2). <https://doi.org/10.3390/biomimetics7020051>.

Weisser, Wolfgang W., Michael Hensel, Shany Barath, Victoria Culshaw, Yasha J. Grobman, Thomas E. Hauck, Jens Joschinski, et al. 2023. "Creating Ecologically Sound Buildings by Integrating Ecology, Architecture and Computational Design." *People and Nature* 5 (1): 4–20. <https://doi.org/10.1002/pan3.10411>.

Westrich, Paul. 2013. *Wildbienen: Die Anderen Bienen*. Munich: Verlag Dr. Friedrich Pfeil.

Wiesbauer, Heinz. 2020. *Wilde Bienen: Biologie, Lebensraumdynamik Und Gefährdung*. Stuttgart: Ulmer.

Wilson, Elisabeth S., Claire E. Murphy, Joseph P. Rinehart, George Yocum, and Julia H. Bowsher. 2020. "Microclimate Temperatures Impact Nesting Preference in *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae)." *Environmental Entomology* 49 (2): 296–303. <https://doi.org/10.1093/ee/nvaa012>.



Aquest article il·lustrat afronta la necessitat urgent de canviar les pràctiques de disseny com a resposta a la destrucció passada i present d'estructures d'hàbitats i les consegüents pèrdues de biodiversitat. A aquest efecte, mostra la primera versió d'I.N.S.E.C.T. Wall Twin, una instal·lació arquitectònica que té l'objectiu de fomentar la coexistència entre insectes locals, bolets i éssers humans. La instal·lació és el resultat del taller "Interspecies Exploration by Bio-Digital Manufacturing Technologies" que es va impartir durant la primera part del campament d'estiu I.N.S.E.C.T. (Newcastle upon Tyne, Regne Unit, agost de 2022). Durant nou dies, el taller va reunir un grup de quatre organitzadors i nou participants seleccionats per enfrontar-se als desafiaments de dissenyar per a altres éssers vius i amb altres éssers vius. Amb el propòsit de desenvolupar nous plantejaments per crear estructures d'hàbitats urbans, el taller va incorporar disseny paramètric, impressió en 3D amb argila, compostos basats en miceli i ganxet de forma lliure. Vam analitzar qüestions del disseny entre espècies mitjançant el prototipatge iteratiu d'objectes mentre intercanviàvem impressions i reflexionàvem. La nostra anàlisi enumera els coneixements que vam adquirir a través d'aquest procés de fabricació col·laborativa i crítica. Oferim recomanacions per implicar en el disseny una sèrie d'actors humans i no humans, reflexionem sobre qüestions pràctiques i ètiques quan treballem amb materials vius, identifiquem els desafiaments que comporta posar en primer pla necessitats no humanes mentre ens enfrontem a limitacions tècniques o logístiques i esbossem formes d'abordar la complexitat que suposa intervenir en ecosistemes. Aquestes consideracions poden ajudar a documentar el treball futur de dissenyadors que vulguin integrar enfocaments multispecíes en els seus dissenys. Com a laboratori vivent sotmès a supervisió contínua, I.N.S.E.C.T. Wall Twin proporciona una base útil per al desenvolupament de noves versions i d'una comunitat que perduri després del campament.

El desenvolupament urbà normal genera un augment de les superfícies impermeables i degrada hàbitats dels quals depenen moltes espècies (McKinney 2008). Aquests ecosistemes predominantment abiòtics exerceixen pressió sobre les espècies perquè s'adaptin ràpidament a nous entorns, i això afecta la diversitat, la fenologia, la fisiologia, el comportament, l'abundància i les interaccions ecològiques de les espècies (vegeu-ne referències i exemples a Theodorou 2022). Les extincions i la reducció de poblacions d'espècies poden provocar la disminució de funcions ecològiques que són crucials per mantenir la salut dels ecosistemes (Ebenman, Säterberg i Sellman 2017). Per exemple, els insectes tenen una important funció en les xarxes tròfiques, en la descomposició i en els cicles de nutrients, en la reproducció de plantes i en la dispersió de llavors, en el control de plagues i en la formació i la fertilitat dels sòls (Theodorou 2022). La naturalesa antropocèntrica de les pràctiques de disseny arquitectònic predominants perjudica aquests processos ecològics. Amb tot, molts organismes poden adaptar-se a formes i materials implementats pels humans que es poden comparar amb les estructures en què es van desenvolupar (Sarkar i Bhadra 2022). Per això cal estendre el treball arquitectònic actual bo i incorporant-hi actors no humans —no només els que aporten beneficis evidents

als éssers humans— en el disseny d'entorns construïts (Hernandez-Santin et al. 2022; Roudavski 2018). Malgrat tot, la complexitat que implica dissenyar per a altres éssers vius i amb altres éssers vius és un desafiament de les tradicions de recerca en disseny, que es basen en la simplificació i resolució de problemes antropocèntrics (Gatto i McCardle 2019). Com poden els dissenyadors començar a afrontar la complexitat de les relacions entre éssers (animals, plantes, microorganismes) i els seus entorns? Per estudiar aquesta qüestió, aquest article il·lustrat analitza el taller "Interspecies Exploration by Bio-Digital Manufacturing Technologies" que es va celebrar durant la primera part del campament d'estiu I.N.S.E.C.T. (Newcastle upon Tyne, Regne Unit, agost de 2022).

2	
TALLER SOBRE PLANTEJAMENTS DEL DISSENY ENTRE ESPÈCIES	
Durant nou dies, el taller va reunir un grup de quatre organitzadors i nou participants seleccionats per dissenyar i crear una instal·lació arquitectònica a l'OME, un centre per a l'assaig d'idees i tecnologies per a l'entorn construït (Hub for Biotechnology in the Built Environment 2023). El programa del taller va girar al voltant de quatre objectius:	
I.	<i>Col·laboració</i> : afrontar els desafiaments de dissenyar per a altres éssers vius i amb altres éssers vius materialitzant un artefacte com a base per al desenvolupament de noves versions i d'una comunitat que perduri un cop acabat el campament. Aquest tipus de creació col·laborativa i crítica (Lindström et al. 2021; Ratto 2011) pot servir per estudiar la participació més que humana en el disseny a través del prototipatge iteratiu d'objectes mentre s'intercanvien impressions i es reflexiona (c.f. Forlano 2016; Romani, Casnati i Ianniello 2022; Roudavski i Jahn 2016).
II.	<i>Materialitat</i> : desenvolupar nous enfocaments per crear estructures d'hàbitats analitzant les interaccions i els potencials del disseny paramètric, la impressió en 3D amb argila, els compostos de miceli i el ganxet de forma lliure. Les noves combinacions de materials i tècniques tenen el seu origen en les pràctiques dels quatre organitzadors del taller.
III.	<i>Disseny</i> : replantejar elements arquitectònics típics, com ara parets, des de la perspectiva d'actors no humans, principalment insectes. Aquestes iniciatives són importants per a la reconfiguració de característiques de les ciutats (per exemple, superfícies impermeables de carreteres i edificacions) que provoquen la disminució de la població d'insectes i de la diversitat d'espècies (Geslin et al. 2016).
IV.	<i>Ecologia</i> : proposar una alternativa a maneres convencionals de crear estructures d'hàbitats per a insectes i supervisar-ne el funcionament. Els "hotels d'insectes" convencionals poden acollir abelles pol·linitzadores, vespes, papaoelles i altres artròpodes (Harris et al. 2021), però si no es dissenyen correctament o no se'n fa un manteniment, els hotels d'insectes poden arribar a propagar malalties o poden servir de niu per a espècies comunes (Moenen 2012).
El resultat palpable del taller I.N.S.E.C.T. Wall Twin és una instal·lació a la façana per a insectes, desenvolupada per humans i bolets (Figura 1). Aquest article il·lustrat descriu el disseny, la creació i la supervisió de la instal·lació per oferir més endavant els coneixements obtinguts durant i després del taller (Figura 2).	
3	
CONÈIXER ELS ACTORS	
El nostre disseny de la instal·lació té com a objectiu crear un espai per a una sèrie d'espècies d'insectes que viuen a la superfície (excavadors i que nien en cavitats) i altres que s'enterren. Per conèixer les necessitats dels insectes, vam consultar bases de dades en línia, literatura científica i biòlegs. Vam analitzar les observacions sobre espècies locals a iNaturalist i vam elaborar diagrames que incloïen informació sobre el seu hàbitat, tipus de niu, climes, cicles de vida i materials preferits. Tot i que els requisits biològics de cada espècie poden variar, preteniem identificar les característiques compartides que hauria d'oferir una estructura per allotjar no només una, sinó diverses espècies nadiues. A més, vam fer una visita de camp virtual amb un entomòleg que ens va ensenyar i ens va explicar el bon funcionament d'un hotel d'insectes situat en una de les granges amb més biodiversitat d'Àustria, Biohof Gunczy Glanz an der Weinstraße (Kunz 2023). La visita ens va permetre conèixer detalls sobre les característiques geomètriques i els materials que les vespes i altres insectes necessiten als seus nius. Per exemple, la majoria d'espècies d'abelles silvestres excaven els seus nius en materials tous però emmottlables com ara fusta podrida, medul·la de plantes, sorra i argila. Molts hotels d'insectes comercials, ideats per poques espècies comunes, no ofereixen oportunitats per a l'excavació o no tenen les mides adients. Les abelles silvestres que fan el niu en forats ja existents, per exemple, a arbres, prefereixen una mida determinada. Els forats normalment tenen un diàmetre de 4 a 8 mm, encara que poden arribar als 15 mm, i una profunditat de 80 a 300 mm. Els nius-refugi de diferents mides i materials poden ajudar a acollir una gran diversitat d'espècies. Altres aspectes importants són la creació de microclimes adients per al creixement larval i la hibernació, així com la creació de rutes de moviment segur per evitar que els insectes es facin mal quan toquen les superfícies rugoses de les parets interiors (per consultar referències i material bibliogràfica addicional, vegeu Wiesbauer 2020; Westrich 2013).	
4	
ESTABLIR ESTRATÈGIES DE MATERIALS	
El taller volia desenvolupar tècniques que poguessin aplegar tant les propietats geomètriques com el material que necessitaven els insectes. Vam estudiar l'argila i els teixits com estructures permanents i semisacrificables per a miceli viu. El miceli (la part vege-	

tativa dels bolets) creix a través dels substrats de materials residuals amb composició de lignocel·lulosa, com serradures, cartró i paper, i els cohesiona (Vašatko et al. 2022). El resultat és un material compost que és aïllant tèrmicament i acústicament, econòmic, regeneratiu i totalment biodegradable (Van Wylick et al. 2022). Els compostos amb base de miceli tenen potencial per mantenir les complexes interaccions que hi ha entre molts bolets i espècies d'insectes. Per exemple, abans del taller, un dels autors va observar una abella fustera (*Xylocopa violacea*) excavant galeries per pondre ous en un compost de miceli que prèviament s'havia cultivat i que s'estava assecant sota un sol intens a la taula d'una terrassa orientada al sud. De la mateixa manera que les estructures dels compostos de miceli, els teixits i l'argila impresa en 3D poden produir geometries detallades i fetes a la mida de les petites escales que necessiten els insectes i ser el suport per a compostos de miceli (Ilgun i Schmickl 2022). Les estructures fabricades digitalment, com l'argila impresa en 3D (Crawford et al. 2022), poden acollir organismes vius creant patrons superficials, rugositats (per exemple, solcs en capes) i porositat per acumular aigua i nutrients (Mustafa, Prieto i Ottele 2021).

5	
DISSENYAR I FABRICAR LA I.N.S.E.C.T. WALL TWIN	
Basant-nos en les necessitats de les espècies, les estratègies de materials i les limitacions infraestructurals, vam proposar un sistema modular per allotjar compostos de miceli. Els mòduls tenen cavitats de mides, formes, profunditats, gruixos, porositats, farciments de material i direccions d'entrada diferents, amb l'objectiu d'allotjar tant insectes excavadors com insectes que nien en cavitats (figures 3 i 4). Aquest disseny amplia un algorisme desenvolupat com a part del projecte <i>Hiveopolis</i> (Ilgun i Schmickl 2022). Com que els mòduls estan modelats paramètricament, poden ajustar-se a qualsevol forma o mida i poden cobrir la superfície de les parets (Figura 5). Per a la instal·lació emprem una variació del tessell·lat pentagonal de tipus 5 (Ahmad 2017). Vam imprimir en 3D nou mòduls de fang (argila), tres impregnats amb un 4 % de fibres de cel·lulosa i sis sense aquestes fibres (Figura 4). Només vam coure els mòduls de suport estructurals per analitzar les possibilitats d'atraure diferents organismes que tenien els mòduls sense coure en degradar-se. Alguns mòduls contenen fulles recollides localment, branques buides, terra, argila i sorra per proporcionar un possible refugi, niu o materials que serveixin d'aliment per a insectes. Un bastidor de fusta disposa els mòduls en una formació que crea diferents condicions d'ombra amb connexió que permet la transferència d'humitat i el creixement micelià (figures 3 i 4). Seguint les directrius de la construcció d'hotels d'insectes (per exemple, Moenen 2012), la instal·lació està elevada del terra i orientada al sud, on l'exposició a la llum del sol genera temperatures adients perquè els insectes l'ocupin. El ganxet crea connexions entre mòduls que serveixen potencialment com a ponts perquè els insectes terrestres hi accedeixin, transfereix la humitat entre els mòduls i la terra i crea estructures addicionals perquè s'hi assentin insectes. Alguns teixits es van submergir en argila i altres es van farcir amb substrat inoculat amb miceli per estudiar diferents temporalitats (Figura 6). Per enfortir el miceli abans d'exposar-lo al medi ambient local, vam utilitzar substrat amb miceli cultivat prèviament (Reishi o Lingzhi, <i>Ganoderma lucidum</i>), vam esterilitzar en una autoclau l'argila i les peces tèxtils, i vam guardar les peces inoculades en una sala amb temperatura controlada. El tractament tèrmic és una pràctica comuna per aturar el creixement del miceli abans d'utilitzar-lo com a material. Tot i amb això, com que considerem que el miceli és col·laborador i no només material, el mantenim viu i sensible al seu entorn. Un micòleg, un dels participants al taller, ens va orientar sobre la supervisió del miceli al llarg de la seva fase de maduració i la manipulació dels compostos de miceli durant el muntatge.	
6	
SUPERVISIÓ DE FUTURES VERSIONS	
Com podem mesurar l'eficiència de la instal·lació? Estem interessats a conèixer com responen diferents organismes a diferents geometries i materials amb el pas del temps. Per això hem desenvolupat un plantejament de seguiment polifacètic que combina tecnologies avançades, l'experiència de científics i el suport d'humans locals. El seguiment continu proporcionarà informació sobre els microbiomes, els microclimes, l'ús que els insectes facin de la instal·lació i la seva biodegradació (Figura 7). Els microbiomes dels hàbitats són essencials per preservar la resiliència i el funcionament dels ecosistemes, així com per a la salut dels éssers humans, els animals i les plantes (Berg et al. 2020; Peixoto et al. 2022). Amb la contribució d'experts en microbiologia mediambiental, recollim mostres per avaluar les comunitats microbianes (és a dir, bacteris, arqueus i fongs) que hi ha a la instal·lació en comparació amb una àrea de control a la paret de formigó. Esperem observar diferents microbiomes beneficiosos (no patògens ni nocius) per als insectes. L'anàlisi també farà un seguiment de l'estat del miceli per estudiar la viabilitat de mantenir materials vius en entorns urbans. Utilitzem sensors microclimàtics (Smart Citizen Kit personalitzats) per mesurar la temperatura, la humitat, la lluminositat i la qualitat de l'aire en punts clau. Els microclimes interns influeixen en la selecció de la cavitat (per exemple, algunes abelles prefereixen cavitats en què no hi hagi gaire calor o vent), la incubació dels ous, el desenvolupament larval i la susceptibilitat a patògens (Wilson et al. 2020). Volem entendre els canvis en els microclimes a mesura que les cèl·lules fúngiques de miceli respiren, es degraden i es regeneren. A més, alguns companys i un veí visiten regularment la instal·lació per examinar-ne l'estat i documentar l'ús que en fan els insectes. Aquestes observacions indicaran si la instal·lació pot atraure espècies amenaçades o si afavoreix l'allotjament d'espècies ja comunes. Preveiem que la major captació es produirà a la primavera, quan moltes espècies estan actives i busquen llocs per fer-hi el niu. En aquesta primera etapa cal destacar que l'èxit de la instal·lació va molt més enllà de l'ús immediat que se'n fa. L'objectiu del taller no era provar de fabricar un producte acabat —això requereix anys d'assajos i de seguiment. En lloc d'això, veiem la instal·lació com un laboratori vivent i una plataforma per a futures recerques. El prototipatge posterior al taller està investigant mòduls entrelaçats que faciliten el muntatge, la connectivitat i l'autosuport (Figura 8 dreta), així com compostos d'argila i teixit que avaluen la complexitat geomètrica, la	

temporalitat i les influències resultants sobre el microclima (Figura 8 esquerra). Farem iteracions d'aquests dissenys com a resposta a l'observació de l'ús o no ús que facin les espècies de determinades geometries, microclimes o propietats dels materials.

7
OBSERVACIONS FINALS. DESAFIAMENTS
I PERSPECTIVES PER A FUTURES INVESTIGACIONS

Acabem amb una enumeració dels coneixements que vam adquirir al taller, que poden servir per documentar futures investigacions de la nostra comunitat i d'altres dissenyadors.

- Col·laboració:** la implicació de diferents actors en el disseny entre espècies, especialment de científics i ciutadans, és fonamental per traslladar el coneixement científic a artefactes que siguin acceptats pels éssers humans i altres espècies. Tot i amb això, establir una col·laboració pot ser complicat a causa de diferències terminològiques, escpticisme o idees preconcebudes, o simplement per manca de temps. La resposta que rebem de la ciutadania, així com de dissenyadors i biòlegs, reitera la importància d'adaptar la participació a audiències específiques, demostrant el valor de la recerca, però sense sobreestimar-ne els beneficis i atenen les qüestions que puguin sorgir. Per exemple, pot ser que algunes persones es preguntin per què a més de plantar cal crear estructures fetes pels humans, mentre que d'altres persones pot ser que no vegin el valor de la recerca en projectes que no aporten beneficis immediats per a espècies amenaçades. La nostra instal·lació, tot i que és provisional i està dirigida per dissenyadors, ha suscitat l'interès de no dissenyadors (per exemple, ecologistes), als quals agradaria participar en el proper campament (Hvalso, Dinamarca, 2023).

- Materialitat:** la creació col·laborativa i crítica és una manera útil d'investigar sobre els desafiaments i les oportunitats de dissenyar per a espècies no humanes i amb espècies no humanes. Per exemple, treballar amb materials vius i col·laboradors no humans planteja qüestions pràctiques i ètiques que requereixen una teorització més gran. Dur el miceli viu a nous entorns podria afavorir algunes espècies per sobre d'altres o exposar les espècies locals a condicions amb què no estan familiaritzades (per exemple, teixit micelià dens). Els dissenyadors podrien aprofitar soques de miceli de fàcil creixement en comptes de cultivar soques locals perquè això demana temps i requereix accés a equips i protocols específics. A més, l'esterilització de substrats per a la inoculació ajuda al creixement micelià, però necessita tractaments tèrmics o amb etanol que matin altres organismes del substrat. El taller va oferir oportunitats excel·lents per reflexionar sobre aquests temes, especialment durant els debats diaris en grup, els exercicis de modelatge manual i un taller de prototipatge públic. El prototipatge iteratiu utilitzant eines digitals també ens va ajudar a descobrir possibilitats per als actors no humans. Per exemple, descobrir que els forats grans i regulars de les parets del mòdul permetien que el miceli colonitzés aquestes àrees. Els mòduls no perforats desenvolupen esclletes de les quals es poden beneficiar alguns insectes a mesura que el miceli se separa de l'argila amb el pas del temps. En el proper campament s'utilitzaran aquests coneixements i es dedicarà més temps a estudiar oportunitats per a la creació amb una varietat d'actors humans i no humans.

- Disseny*: la fabricació i el disseny assistit per ordinador ofereixen grans oportunitats per afavorir la diversitat biològica a les ciutats (Weisser et al. 2023), però és fàcil oblidar-se dels actors no humans quan ens enfrontem a restriccions tècniques, logístiques i temporals. Un desafiament notable és promoure la cura contínua d'estructures d'hàbitats artificials al camp. Els éssers humans poden i han de proporcionar un suport a llarg termini a les espècies que amplien o modifiquen recursos (per exemple, les plantes) com a resposta a activitats antropogèniques i al canvi climàtic. A més d'obtenir el finançament necessari, pot resultar difícil persuadir altres persones perquè mantinguin una instal·lació en un lloc prou temps com per observar els canvis. Això és especialment evident quan es fomenten interaccions ecològiques com les d'insectes excavadors de cavitats i descomposició de bolets. Tot i que aquesta biodegradació és un aspecte important dels cicles biològics i de la sostenibilitat mediambiental, hi ha persones que podrien oposar-s'hi per motius de seguretat, estètica o estranyesa. Els experiments realitzats en condicions controlades fora de les instal·lacions poden ser útils, però l'assaig a llarg termini de dissenys *in situ* és fonamental per explicar la relació entre organismes. En el campament següent es crearà un mapa digital per destacar les necessitats dels actors no humans i establir-hi un compromís més profund. Abans no comenci el campament, cada participant triarà una espècie local, en documentarà la informació biològica rellevant i sondejarà associacions culturals, entre altres, d'art i literatura.

- Ecologia:** proposar dissenys experimentals per a altres espècies és una experiència emocionant i valuosa, però intervenir en ecosistemes és complicat i té riscos (Parker, Soanes i Roudavski 2022). La intervenció humana pot provocar paranys ecològics, com quan estructures com l'asfalt invitin els insectes a pondre ous en substrats de baixa qualitat que no suporten la incubació (Robertson i Hutto 2006). En el cas dels hàbitats dels insectes, els biòlegs destaquen els potencials perills de la propagació de malalties en espais reduïts per a múltiples espècies (MacIvor i Packer 2015). Les eines informàtiques poden ajudar-nos a resoldre aquestes qüestions mitjançant la generació de models que responguin a nombroses variables ecogeogràfiques, com ara la vegetació, les edificacions i els climes (Roudavski i Parker 2020). En un treball futur tenim previst integrar dades ecològiques i específiques de les espècies en l'algorisme dels mòduls per ajustar les mides de les cavitats, les obertures i els tancaments, les porositats i el fardament de material (distribucions, densitats, volums). El nostre disseny no va incloure recursos de pol·len i nèctar a causa de la proximitat de plantacions de flors autòctones. Amb tot, les nostres properes iteracions tindran en compte característiques més

Esperem que els nostres coneixements, ensenyaments i desafiaments contribueixin a les consideracions teòriques, conceptuals i pràctiques dels dissenyadors que vulguin integrar plantejaments multispecíes en la seva obra.

AGRAÏMENTS

Als materials i alguns equips tècnics que es van utilitzar durant la primera part del campament d'estiu I.N.S.E.C.T. titulat "Interspecies Exploration by Bio-Digital Manufacturing Technologies" ha estat finançat per Connected Everything UK i per l'HBBE Engagement Fund per al grup d'especial interès Mycology for Architecture. La segona part, "Towards Multispecies Worldings as an Everyday Design Practice", ha tingut el suport de la Danish Arts Foundation a través del programa Craft and Design Projects in Denmark and Abroad. El projecte forma part de la investigació postdoctoral de Svenja Keune, "Designing and Living with Organisms", que està finançada pel Swedish Research Council (número de referència 2020-00459), en què participa el Centre for Information Technology and Architecture (CITA) de la Royal Danish Academy i el Smart Textile Design Lab de la Swedish School of Textiles, University of Borås. El projecte forma part de la tesi doctoral d'Aysla Ilgún, que duu el títol provisional de "Living Architecture for Honeybees" i que ha tingut el suport del camp d'excel·lència "Complexity of Life in a Basic Research and Innovation" (COLIBRI) de la University of Graz i el projecte H2020 FET-Proactive HIVEOPOLIS (núm 824069) finançat amb fons europeus. Diane Ozkan (HBBE) i Laurin Kilbert (Symbiotic Spaces) van contribuir a la recepció de fons i van coorganitzar i moderar el taller. Els participants del campament d'estiu de 2022 van ser Ariel Lim, Colleen Ludwig, Dan Parker, Lera Niemackl, Mamoun Nukumanu, Natalia Piórecka, Olatz Pereda, Hana Vašatko i Danvy Vu. A més, voldríem agrair al Berg Lab de l'Institute of Environmental Biotechnology de la Technical University of Graz el suport que ens ha donat en la supervisió relacionada amb el microbioma i l'anàlisi tècnica contínua, a Smart Citizen Lab d'IAACFlab Barcelona per ajudar-nos a supervisar i desenvolupar Smart Citizen Kits personalitzats, i a Gernot Kunz de l'Institute of Biology de la University of Graz pels seus esforços a l'hora de donar-nos les primeres informacions sobre els paràmetres de disseny de l'hotel per a insectes.

BIOGRAPHIES

Dan Parker
University of Melbourne

Dan Parker és dissenyador i investigador a la University of Melbourne, Austràlia. El seu doctorat investiga nous enfocaments de disseny que poden promoure la coexistència entre els éssers humans i altres animals en entorns urbans. La seva recerca interdisciplinària combina treballs en els camps de l'ecologia, el disseny i les humanitats mediamambientals. Parker duu a terme treball de camp als Alps italians i estudia una diplomatura en Llengües Modernes (italià) a la Universitat de New England. Té una llicenciatura en Medi Ambient i un màster en Arquitectura de la University of Melbourne. Especialitzat en disseny arquitectònic digital, Parker ha impartit algunes assignatures de disseny, ha treballat en la pràctica arquitectònica i ha ocupat diferents càrrecs en laboratoris de fabricació digital.

Asya Ilgün
University of Graz
Graz University of Technology

Asya Ilgún és dissenyadora i investigadora. El seu principal camp de recerca a través del disseny es planteja com formes experimentals d'utilitzar tecnologies (disseny computacional, fabricació d'additius basada en deposició i biotecnologies) per crear nous tipus d'estructures que posin en qüestió els límits de l'arquitectura, donant suport a la doble ocupació per éssers humans i altres organismes vius. Té un màster en Arquitectura de la Royal Danish Academy of Fine Arts - Schools of Architecture, Design and Conservation (KADK) al CITAstudio: programa Computation in Architecture. Actualment és estudiant de doctorat a l'Institute of Architecture and Media, Technical University of Graz, alhora que duu a terme la seva recerca a l'Artificial Life Lab de l'Institute of Biology, University of Graz, Àustria. La seva funció en aquest grup és reflexionar sobre les interrelacions materials allà on la biologia i la tecnologia es fusionen en els processos de disseny, materials i fabricació del projecte *ET-UE HIVEOPOLIS*, un rusc tecnològicament millorat per a abelles. També modera el paquet de treballs relacionats amb la comunitat de dissenyadors i fabricants d'aquest projecte. Ha exposat i compartit el seu treball en diferents esdeveniments i conferències, com ara Stryia Show a Kunsthau Graz, Vienna Design Week i Respond Copenhagen. A més, ha rebut premis de mobilitat i fabricant Distributed Design de la UE.

Ariel Cheng Sin Lim
Royal Danish Academy

Ariel Cheng Sin és arquitecta i investigadora i té una llicenciatura en Arquitectura i Disseny Sostenible de la Singapore University of Technology and Design i un màster en Computació en Arquitectura de la Royal Danish Academy. Està interessada a participar en processos de fabricació i modelització digital per crear noves formes d'expressió. La seva especialització actual és la impressió en 3D, en què ha treballat amb diferents materials, com ara el micel·lar, la cel·lulosa i l'argila. A causa del seu interès a fabricar artefactes per a altres organismes vius, també experimenta amb la porositat dels materials per crear estructures bioinspirades que promouguin entorns urbans amb més biodiversitat.

CÀPSULA IL·LUSTRADA 242

Hana Vašatko
Graz University of Technology

Hana Vašátko és arquitecta i resideix a Graz (Austria). El seu treball se centra principalment en compostos basats en miceli i materials de base biològica en un context arquitectònic. El 2020 va començar a treballar com ajudant del projecte estudiantil SFB (programa de recerca especial) *Advanced Computational Design*, dins del subprojecte *Material and Structurally Informed Freeform Structures* a l'Institute of Architecture and Media, Graz University of Technology. Després d'acabar els estudis, va seguir treballant com a ajudant en el mateix projecte i va començar el doctorat sobre la hibridació d'argila i compostos basats en miceli. El context general de recerca del seu treball se centra en l'arquitectura experimental, però a causa de la seva naturalesa interdisciplinària, també troba connexions amb altres disciplines, com ara la micologia i la geologia. Ella i les seves companyes han publicat nombroses ponències i han presentat el seu treball en exposicions al Kunsthaus Graz, a l'Ars Electronica Museum de Linz, al Museum of Science and Technology de Belgrad, etc.

Dan Vy Vu
Eindhoven University of Technology

Dan Vy Vu (Països Baixos) té un màster en Disseny Industrial de la Eindhoven University of Technology. El seu treball se centra a implementar solucions informàtiques basades en dades i altres solucions de disseny digital per a futures ecologies urbanes orientades a difuminar els límits entre natura, societat i tecnologia.

Natalia Piórecka
Bartlett School of Architecture

Natalia Piórecka és dissenyadora multidisciplinària amb formació arquitectònica i examina les possibilitats de desdibuixar els límits entre natura i disseny. Es va graduar a la Newcastle University (Regne Unit) amb una llicenciatura en Arquitectura i continua els seus estudis fent un màster en Disseny Biontegrat a la Bartlett School of Architecture, University College London (Regne Unit). Amb formació en arquitectura, el seu treball desafia els plantejaments convencionals de sostenibilitat, ecologia i materials. A través de l'arquitectura experimental i el camp emergent del biodisseny (també disseny biontegrat), personifica la passió per les ciències naturals i les noves tecnologies, i busca solucions que promoguin la cooperació amb la natura. En els seus projectes combina recerca científica i sobre materials, amb la fabricació i eines digitals, amb l'objectiu de trobar en el camp del disseny i l'arquitectura formes sostenibles de reduir l'impacte negatiu sobre el medi ambient. A través de processos de disseny experimentals, Piórecka crea projectes amb l'objectiu d'explorar tant el potencial com els límits dels materials creats per organismes com bacteris o miceli. Fascinada pel potencial dels organismes vius aplicats als camps del disseny, promou un nou cicle de vida dels productes, desafiant l'estatu quo de materials impermeables mitjançant la integració de processos naturals de creixement i descomposició com una part inseparable de l'estratègia de producció.

Svenja Keune, PhD
Royal Danish Academy of Fine Arts
University of Borås

Svenja Keune té una llicenciatura i un màster en disseny tèxtil de la University of Applied Sciences d'Hamburg, on es va centrar en el potencial de fusionar teixits amb electrònica per crear "superfícies comunicatives" i explorar "interaccions poètiques" entre superfícies tèxtils, objectes i persones. Durant el seu projecte de doctorat sobre "Textile Farming" dins del MSCA ArcInTexETN, es va centrar en les llavors com una alternativa biològica potencial i com un material dinàmic per al disseny tèxtil. Amb l'objectiu d'explorar formes alternatives de vida que poden proposar els híbrids de planta tèxtil, Keune va construir una petita casa sobre rodes per viure-hi juntament amb els experiments de recerca i si hi va mudar. Els seus interessos actuals inclouen les perspectives postantropocèntriques sobre el disseny espacial i tèxtil, la fabricació d'additius, les relacions entre espècies, l'ètica del disseny, els processos de disseny de permacultura, la cocreació i la construcció de comunitats. Keune és investigadora postdoctoral de la Swedish School of Textiles, University of Borås, de Suïssa, i del Centre for Information Technology and Architecture (CITA) de la Royal Danish Academy de Copenhagen, on actualment treballa en "Designing and Living with Organisms (DLO)", un projecte triennal finançat pel Swedish Research Council.

FIGURES

Fig. 1. I.N.S.E.C.T. Wall Twin. Crèdit: Natalia Piórecka.

Fig. 2. Procés del taller "Interspecies Exploration by Bio-Digital Manufacturing Technologies". Crèdit: Gernot Kunz, Laurin Kilbert, Colleen Ludwig i Hana Vašatko.

Fig. 3. Disseny de mòduls destinats tant a insectes excavadors com als que nien en cavitats. Crèdit: Asya Ilgün i Ariel Lim.

- **EXCAVADORS.** Material tou per a abelles fusters o mineres, incloent-hi compostos de miceli i sorra/argila local. Possible ús: excavació de galeries per a la posta d'ous en compostos de miceli. Precedent: abella fustera excavant galeries per a la posta d'ous en prototip de compost de miceli (210 x 130 x 140 mm) assecant-se en una terrassa a Graz, Àustria (5 de maig de 2022).
- **NIADORS EN CAVITATS.** Grans cavitats (~15 x 280 mm) per omplir amb aliments per a abelles o per a posta directa d'abelles solitàries (per exemple, abelles que tallen fulles).

Fig. 4. Disseny i estratègies de fabricació. Crèdit: Natalia Piórecka, Asya Ilgün i Ariel Lim.
Vista superior: intercanvi d'aire a través d'obertures regulars dissenyades

mitjançant mecanització. Bastidor de fusta fresat revestit amb una barreja de cera d'abella i argila local. Disseny tèxtil per canalitzar l'aigua entre els mòduls i la terra amb l'objectiu de crear nivells d'humitat adients per als insectes i el miceli. Els teixits i l'argila no cuita probablement absorbiran més aigua.

Fig. 5. Possibilitats de recobrir amb mòduls les superfícies de les parets. Crèdit: Mamoun Nukumanu i Natalia Piórecka.

Fig. 6. Fabricació i instal·lació d'I.N.S.E.C.T. Wall Twin. Crèdit: Colleen Ludwig, Hana Vašátko, Natalia Piórecka i Ariel Lim.

- A. TEIXITS + MICELI. Fabricació: ganxet teixit amb llana natural cardada, fibres de lli sense tractar i cotó de diversos fils; esterilitzat a 121 °C durant 30 minuts i després refredat; farcit amb substrat inoculat amb miceli i deixat créixer durant tres dies. Creixement: l'alt contingut en cel·lulosa dels materials basats en plantes de cotó i fibres de lli proporciona excel·lents nutrients per al creixement del miceli; la proteïna fibrosa de la llana ofereix condicions menys idònies per al creixement micelià, però permetrà el creixement superficial sobre les fibres mentre ingereix el farciment de substrat. Temporalitat: el creixement micelià es pot aturar a causa de les condicions climàtiques i d'un temps d'incubació relativament curt; la forma canviarà a mesura que el substrat es vagi desintegrant, però probablement penjarà fins que els components lignocel·lulosos també comencin a perdre integritat.
- B. ARGILA CUITA + MICELI. Fabricació: argila en 3D impresa; introduïda al forn fins assolir un estat sec (és a dir, només una petita quantitat d'aigua entre les partícules d'argila); cuita a 1140 °C, eliminant l'aigua i unint les partícules d'argila. Creixement: la fabricació mitjançant extrusió amb base de pasta crea petites cavitats d'aire que permeten que el miceli creixi a través de les capes impreses; els buits en els elements cuits s'omplen amb substrat inoculat amb miceli que seguirà creixent a través de la superfície, presumiblement en punts en què és possible l'intercanvi d'oxigen; per exemple, a través de les capes impreses; les condicions climàtiques influïràn en la continuació del creixement. Temporalitat: l'argila cuita tindrà una vida útil substancialment més llarga que l'argila sense coure; el farciment orgànic dins dels buits començarà a desintegrar-se primer, i el mòdul ceràmic buit seguirà intacte.
- C. TEIXITS + ARGILA. Fabricació: ganxet teixit a partir de llana natural cardada, fibres de lli sense tractar i cotó de diversos fils; sense farciment; parcialment submergit en engalba líquida i penjat per mantenir la seva forma durant el procés d'assecat. Temporalitat: algunes zones canviaran de manera diferent perquè els materials i les geometries absorbeixen l'aigua de maneres diferents; l'exposició a la pluja i a la humitat probablement farà que l'estructura perdi integritat ràpidament i comenci a penjar; és probable que l'argila desaparegui del tot al cap d'un temps; el cotó i el lli possiblement començaran a desintegrar-se primer, mentre que la llana serà la que mantingui la integritat més temps.
- D. ARGILA SENSE COURE + MICELI. Fabricació: argila en 3D impresa; col·locada al voltant dels mòduls cuits que proporcionen suport estructural i una certa protecció davant de les condicions climàtiques. Creixement: el miceli principalment assimilarà el substrat inoculat amb miceli, però a més s'estendrà per sobre de les fibres cel·luloses de l'argila; el miceli podrà créixer a través de l'argila no cuita i cobrir del tot la superfície del mòdul, en funció de les condicions i el temps de creixement (per exemple, humitat i temperatura). Temporalitat: la durabilitat serà baixa perquè tant l'argila no cuita com el substrat inoculat tendeixen a desintegrar-se quan s'exposen als elements.

Fig. 7. Estratègia de supervisió de l'I.N.S.E.C.T. Wall Twin. Crèdit: Danvy Vu. Arees d'inserció de sondes d'humitat i temperatura assignant els tres tipus de mòduls diferents (no porós/cuit/sense fibra, porós/cuit sense fibra, porós/no cuit/amb fibra). Els mesuraments fets a l'interior dels mòduls són importants per a entendre com emmagatzemen aigua els compostos de miceli, cosa que afecta la idoneïtat dels microclimes per mantenir la integritat estructural que necessiten les abelles per excavar túnels i pondre ous.

Fig. 8. Treball de prototipatge en desenvolupament després del taller. Crèdit: Svenja Keune, Ariel Lim, Asya Ilgün i Hana Vašatko.

REFERÈNCIES

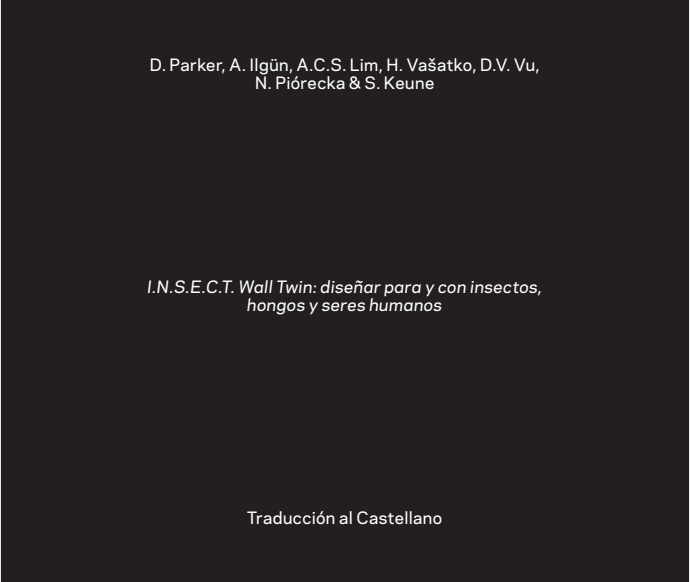
Veure llistat complet de referències a la pàgina 239.

TEMES DE DISSENY #39

CÀPSULA IL·LUSTRADA 242

D. PARKER, A. ILGÜN ET AL.

243



PALABRAS CLAVE
Biodiseño, Diseño entre Especies, Arquitectura más que Humana, Colaboración entre Especies, Fabricación Digital, Micelio, Impresión 3D, Tejidos.
RESUMEN

Este artículo ilustrado afronta la necesidad urgente de cambiar las prácticas de diseño como respuesta a la destrucción pasada y presente de estructuras de hábitats y las consiguientes pérdidas de biodiversidad. Para ello, muestra la primera versión de I.N.S.E.C.T. Wall Twin, una instalación arquitectónica cuyo objetivo es fomentar la coexistencia entre insectos locales, hongos y seres humanos. La instalación es resultado del taller "Interspecies Exploration by Bio-Digital Manufacturing Technologies" que se impartió durante la primera parte del campamento de verano I.N.S.E.C.T. (Newcastle upon Tyne, Reino Unido, agosto de 2022). Durante nueve días el taller reunió a un grupo de cuatro organizadores y nueve participantes seleccionados para enfrentarse a los desafíos de diseñar para y con otros seres vivos. Con el propósito de desarrollar nuevos enfoques para crear estructuras de hábitats urbanos, el taller incorporó diseño paramétrico, impresión 3D en arcilla, compuestos basados en micelio y ganchillo de forma libre. Analizamos cuestiones del diseño entre especies mediante el prototipado iterativo de objetos mientras cambiábamos impresiones y reflexionábamos. Nuestro análisis enumera los conocimientos que adquirimos a través de este proceso de fabricación colaborativa y crítica. Ofrecemos recomendaciones para involucrar en el diseño a una serie de actores humanos y no humanos, reflexionamos sobre cuestiones prácticas y éticas cuando trabajamos con materiales vivos, identificamos los desafíos que conlleva poner en primer plano necesidades no humanas mientras nos enfrentamos a limitaciones técnicas o logísticas y esbozamos formas de abordar la complejidad que supone intervenir en ecosistemas. Estas consideraciones pueden ayudar a documentar el trabajo futuro de diseñadores que quieran integrar enfoques multispecies en sus diseños. Como laboratorio viviente sometido a supervisión continua, I.N.S.E.C.T. Wall Twin proporciona una base útil para el desarrollo de nuevas versiones y de una comunidad que perdure después del campamento.

1 INTRODUCCIÓN. ACTORES NO HUMANOS EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO
El desarrollo urbano normal genera un aumento de las superficies impermeables y degrada hábitats de los que dependen muchas especies (McKinney 2008). Estos ecosistemas predominantemente abióticos ejercen presión sobre las especies para que se adapten rápidamente a nuevos entornos, lo que afecta a la diversidad, fenología, fisiología, comportamiento, abundancia e interacciones ecológicas de las especies (véanse referencias y ejemplos en Theodorou 2022). La naturaleza antropocéntrica de las prácticas de diseño arquitectónico predominantes perjudica a estos procesos ecológicos. Sin embargo, muchos organismos pueden adaptarse a formas y materiales implementados por los humanos que son comparables a las estructuras en las que se desarrollaron (Sarkar y Bhadra 2022). De ahí que haya una necesidad de expandir el trabajo arquitectónico actual incorporando actores no humanos —no solo aquellos que aportan beneficios evidentes a los seres humanos— en el diseño de entornos construidos (Hernandez-Santin et al. 2022; Roudavski 2018). Sin embargo, la complejidad que implica diseñar para y con otros seres vivos desafía las tradiciones de investigación en diseño, que están basadas en la simplificación y resolución de problemas centrados en lo humano (Gatto y McCardle 2019). ¿Cómo pueden los diseñadores comenzar a afrontar la complejidad de las relaciones entre seres

TEMES DE DISSENY #39

(animales, plantas, microorganismos) y sus entornos? Para estudiar esta cuestión, este artículo ilustrado analiza el taller “Interspecies Exploration by Bio-Digital Manufacturing Technologies” celebrado durante la primera parte del campamento de verano I.N.S.E.C.T. (Newcastle upon Tyne, Reino Unido, agosto de 2022).

2 TALLER SOBRE ENFOQUES DEL DISEÑO ENTRE ESPECIES
Durante nueve días el taller reunió a un grupo de cuatro organizadores y nueve participantes seleccionados para diseñar y crear una instalación arquitectónica en el OME, un centro para el ensayo de ideas y tecnologías para el entorno construido (Hub for Biotechnology in the Built Environment 2023). El programa del taller giró en torno a cuatro objetivos:
I. Colaboración: afrontar los desafíos de diseñar para y con otros seres vivos materializando un artefacto como base para el desarrollo de nuevas versiones y de una comunidad que perdure tras finalizar el campamento. Este tipo de creación colaborativa y crítica (Lindström et al. 2021; Ratto 2011) puede servir para estudiar la participación más que humana en el diseño a través del prototipado iterativo de objetos mientras se cambian impresiones y se reflexiona (c.f. Forlano 2016; Romani, Casnati y Ianniello 2022; Roudavski y Jahn 2016).

II. Materialidad: desarrollar nuevos enfoques para crear estructuras de hábitats analizando las interacciones y los potenciales del diseño paramétrico, la impresión 3D en arcilla, los compuestos de micelio y el ganchillo de forma libre. Las novedosas combinaciones de materiales y técnicas tienen su origen en las prácticas de los cuatro organizadores del taller.
III. Diseño: replantear elementos arquitectónicos típicos, como paredes, desde la perspectiva de actores no humanos, principalmente insectos. Estas iniciativas son importantes para la reconFiguración de características de las ciudades (por ejemplo, superficies impermeables de carreteras y edificaciones) que provocan la disminución de la población de insectos y de la diversidad de especies (Geslin et al. 2016).
IV. Ecología: proponer una alternativa a modos convencionales de creación de estructuras de hábitats para insectos y supervisar su funcionamiento. Los “hoteles de insectos” convencionales pueden albergar abejas polinizadoras, avispas, tijeretas y otros artrópodos (Harris et al. 2021), pero si no se diseñan correctamente o no se mantienen, los hoteles de insectos pueden llegar a propagar enfermedades o servir de hogar para especies ya comunes (Moenen 2012).

El resultado palpable del taller I.N.S.E.C.T. Wall Twin es una instalación en fachada para insectos, desarrollada por humanos y hongos (Figura 1). Este artículo ilustrado describe el diseño, la creación y la supervisión de la instalación para después ofrecer los conocimientos obtenidos durante y después del taller (Figura 2).

3 CONOCER A LOS ACTORES
Nuestro diseño de la instalación tiene como objetivo dar cabida a una serie de especies de insectos que viven en superficie (excavadores y que anidan en cavidades) y algunas otras que se entierran. Para conocer las necesidades de los insectos, consultamos bases de datos en línea, literatura científica y a biólogos. Analizamos las observaciones sobre especies locales en iNaturalist y elaboramos diagramas que inclúan información sobre su hábitat, tipos de nido, climas, ciclos de vida y materiales preferidos. Aunque los requisitos biológicos de cada especie pueden variar, pretendíamos identificar las características compartidas que una estructura debería ofrecer para alojar no solo a una, sino a varias especies nativas. Además, realizamos una visita de campo virtual con un entomólogo que nos enseñó y explicó el buen funcionamiento de un hotel de insectos situado en una de las granjas con mayor biodiversidad de Austria, Biohof Gunczy Glanz an der Weinstraße (Kunz 2023). La visita nos dio a conocer detalles sobre las características geométricas y los materiales que las avispas y otros insectos necesitan en sus nidos. Por ejemplo, la mayoría de especies de abejas silvestres excavan sus nidos en materiales blandos pero moldeables como madera podrida, médula de plantas, arena y arcilla. Muchos hoteles de insectos comerciales, ideados para unas pocas y ya comunes especies, no ofrecen oportunidades para la excavación o no cuentan con las dimensiones adecuadas. Las abejas silvestres que hacen sus nidos en agujeros preexistentes, como en árboles, prefieren determinados tamaños. Los agujeros normalmente tienen un diámetro de 4 a 8 mm, aunque pueden llegar hasta los 15 mm, y una profundidad de 80 a 300 mm. Los nidos-refugio de varios tamaños y materiales pueden ayudar a acoger una gran diversidad de especies. Otros aspectos importantes son la creación de microclimas adecuados para el crecimiento larval y la hibernación, así como de rutas de movimiento seguro para evitar que los insectos se dañen al tocar las superficies rugosas de las paredes interiores (para consultar referencias y material bibliográfico adicional, véase Wiesbauer 2020; Westrich 2013).

4 ESTABLECER ESTRATEGIAS DE MATERIALES
El taller quería desarrollar técnicas que pudieran reunir tanto las propiedades geométricas como el material que necesitaban los insectos. Estudiamos la arcilla y los tejidos como estructura permanente y semisacrificable para micelio vivo. El micelio (la parte vegetativa de los hongos) crece a través de los sustratos de materiales residuales con composición lignocelulósica, como virutas de madera, cartón y papel, y los cohesiona (Vašatko et al. 2022). El resultado es un material compuesto térmica y acústicamente aislante, econó-

5 DISEÑAR Y FABRICAR LA I.N.S.E.C.T. WALL TWIN
Basándonos en las necesidades de las especies, las estrategias de materiales y las limitaciones infraestructurales, propusimos un sistema modular para alojar compuestos de micelio. Los módulos disponen de cavidades de diferentes tamaños, formas, profundidades, espesores, porosidades, rellenos de material y direcciones de entrada, con el objetivo de albergar tanto a insectos excavadores como a los que hacen sus nidos en cavidades (Figuras 3 y 4). Este diseño amplía un algoritmo desarrollado como parte del proyecto, Hiveopolis (Ilgun y Schmickl 2022). Como los módulos están modelados paramétricamente, pueden ajustarse a cualquier forma o tamaño y recubrir la superficie de las paredes (Figura 5). Para la instalación empleamos una variación del teselado pentagonal tipo 5 (Ahmad 2017). Imprimimos en 3D nueve módulos de barro (arcilla), tres de ellos impregnados con un 4 % de fibras de celulosa y seis sin estas fibras (Figura 4). Únicamente cocimos los módulos de soporte estructurales para analizar las posibilidades de atraer a diferentes organismos que tenían los módulos sin cocer al degradarse. Algunos módulos contienen hojas recolectadas localmente, ramas huecas, tierra, arcilla y arena para proporcionar posible refugio, nido o materiales que sirvan de alimento para insectos. Un bastidor de madera dispone los módulos en una formación que crea diversas condiciones de sombra con conexión que permite la transferencia de humedad y el crecimiento micelial (Figuras 3 y 4). Siguiendo las directrices de la construcción de hoteles de insectos (por ejemplo, Moenen 2012), la instalación está elevada respecto al suelo y orientada al sur, donde la exposición a la luz del sol genera temperaturas adecuadas para que los insectos la ocupen. El ganchillo crea conexiones entre módulos que sirven potencialmente como puentes para que los insectos terrestres accedan a ellos, transfiere la humedad entre los módulos y la tierra y crea estructuras adicionales para el asentamiento de insectos. Algunos tejidos se sumergieron en arcilla y otros se rellenaron con sustrato inoculado con micelio para estudiar diferentes temporalidades (Figura 6). Para fortalecer el micelio antes de su exposición al medio ambiente local, utilizamos sustrato con micelio desarrollado previamente (Reishi o Lingzhi, <i>Ganoderma lucidum</i>), esterilizamos en autoclave la arcilla y las piezas textiles, y almacenamos las piezas inoculadas en una sala con temperatura controlada. El tratamiento térmico es una práctica común para detener el crecimiento del micelio antes de su uso como material. Sin embargo, como consideramos el micelio como colaborador y no solo como material, lo mantenemos vivo y sensible a su entorno. Un micólogo, uno de los participantes en el taller, proporcionó orientación sobre la supervisión del micelio a lo largo de su fase de maduración y el manejo de los compuestos de micelio durante el montaje.

CÁPSULA ILUSTRADA

mico, regenerativo y completamente biodegradable (Van Wylick et al. 2022). Los compuestos con base de micelio tienen potencial para mantener las complejas interacciones que existen entre muchos hongos y especies de insectos. Por ejemplo, antes del taller, uno de los autores observó una abeja carpintera violeta (*Xylocopa violacea*) excavando galerías para poner huevos en un compuesto de micelio previamente cultivado que se estaba secando bajo un sol intenso en la mesa de una terraza orientada al sur. Los tejidos y la arcilla impresa en 3D pueden producir geometrías detalladas y hechas a medida de las pequeñas escalas que necesitan los insectos y ser el soporte para compuestos de micelio. (Ilgun y Schmickl 2022). Las estructuras fabricadas digitalmente, como la arcilla impresa en 3D (Crawford et al. 2022), pueden acoger organismos vivos creando patrones superficiales, rugosidad (por ejemplo, surcos en capas) y porosidad para acumular agua y nutrientes (Mustafa, Prieto y Ottele 2021).

5 DISEÑAR Y FABRICAR LA I.N.S.E.C.T. WALL TWIN
Basándonos en las necesidades de las especies, las estrategias de materiales y las limitaciones infraestructurales, propusimos un sistema modular para alojar compuestos de micelio. Los módulos disponen de cavidades de diferentes tamaños, formas, profundidades, espesores, porosidades, rellenos de material y direcciones de entrada, con el objetivo de albergar tanto a insectos excavadores como a los que hacen sus nidos en cavidades (Figuras 3 y 4). Este diseño amplía un algoritmo desarrollado como parte del proyecto, Hiveopolis (Ilgun y Schmickl 2022). Como los módulos están modelados paramétricamente, pueden ajustarse a cualquier forma o tamaño y recubrir la superficie de las paredes (Figura 5). Para la instalación empleamos una variación del teselado pentagonal tipo 5 (Ahmad 2017). Imprimimos en 3D nueve módulos de barro (arcilla), tres de ellos impregnados con un 4 % de fibras de celulosa y seis sin estas fibras (Figura 4). Únicamente cocimos los módulos de soporte estructurales para analizar las posibilidades de atraer a diferentes organismos que tenían los módulos sin cocer al degradarse. Algunos módulos contienen hojas recolectadas localmente, ramas huecas, tierra, arcilla y arena para proporcionar posible refugio, nido o materiales que sirvan de alimento para insectos. Un bastidor de madera dispone los módulos en una formación que crea diversas condiciones de sombra con conexión que permite la transferencia de humedad y el crecimiento micelial (Figuras 3 y 4). Siguiendo las directrices de la construcción de hoteles de insectos (por ejemplo, Moenen 2012), la instalación está elevada respecto al suelo y orientada al sur, donde la exposición a la luz del sol genera temperaturas adecuadas para que los insectos la ocupen. El ganchillo crea conexiones entre módulos que sirven potencialmente como puentes para que los insectos terrestres accedan a ellos, transfiere la humedad entre los módulos y la tierra y crea estructuras adicionales para el asentamiento de insectos. Algunos tejidos se sumergieron en arcilla y otros se rellenaron con sustrato inoculado con micelio para estudiar diferentes temporalidades (Figura 6). Para fortalecer el micelio antes de su exposición al medio ambiente local, utilizamos sustrato con micelio desarrollado previamente (Reishi o Lingzhi, <i>Ganoderma lucidum</i>), esterilizamos en autoclave la arcilla y las piezas textiles, y almacenamos las piezas inoculadas en una sala con temperatura controlada. El tratamiento térmico es una práctica común para detener el crecimiento del micelio antes de su uso como material. Sin embargo, como consideramos el micelio como colaborador y no solo como material, lo mantenemos vivo y sensible a su entorno. Un micólogo, uno de los participantes en el taller, proporcionó orientación sobre la supervisión del micelio a lo largo de su fase de maduración y el manejo de los compuestos de micelio durante el montaje.

¿Cómo podemos medir la eficiencia de la instalación? Estamos interesados en conocer cómo responden diferentes organismos a diversas geometrías y materiales con el paso del tiempo. Por lo tanto, hemos desarrollado un enfoque de seguimiento polifacético que reúne tecnologías avanzadas, la experiencia de científicos y el apoyo de humanos locales. El seguimiento continuo proporcionará información sobre los microbiomas, los microclimas, el uso que hagan los insectos de la instalación y su biodegradación (Figura 7). Los microbiomas de los hábitats son esenciales para preservar la resiliencia y el funcionamiento de los ecosistemas, así como para la salud de los seres humanos, los animales y las plantas (Berg et al. 2020; Peixoto et al. 2022). Con la contribución de expertos en microbiología medioambiental, recogimos muestras para evaluar las comunidades microbianas (es decir, bacterias, arqueas y hongos) existentes en la instalación en comparación con un área de control en la pared de hormigón. Esperamos observar diversos microbiomas beneficiosos (no patogénicos ni dañinos) para los insectos. El análisis también hará un seguimiento del estado del micelio para estudiar la viabilidad de mantener materiales vivos en entornos urbanos. Utilizamos sensores microclimáticos (Smart Citizen Kit personalizados) para medir la temperatura, la humedad, la luminosidad y la calidad del aire en ubicaciones clave. Los microclimas internos influyen en la selección de la cavidad (por ejemplo, algunas abejas prefieren cavidades donde no haga demasiado calor o viento), la incubación de los huevos, el desarrollo larval y la susceptibilidad a patógenos (Wilson et al. 2020). Queremos entender los cambios en los microclimas a medida que las células fúngicas de micelio respiran, se degradan y se regeneran. Además, algunos compañeros y un vecino visitan regularmente la instalación para examinar su estado y documentar el uso que hacen de ella los insectos. Estas observaciones indicarán si la instalación puede atraer a especies amenazadas o si favorece el alojamiento de especies ya comunes. Prevemos que la mayor captación se producirá en primavera, cuando muchas especies están activas y en búsqueda de lugares para hacer sus nidos. En esta primera etapa cabe destacar que lo que constituye el éxito va más allá del uso inmediato de la instalación. El objetivo del taller no era intentar fabricar un producto acabado —esto requiere años de ensayos y seguimiento—. En vez de ello, vemos la instalación como un laboratorio viviente y una plataforma para futuras investigaciones. El prototipado tras el taller está investigando

6 SUPERVISIÓN DE FUTURAS VERSIONES
¿Cómo podemos medir la eficiencia de la instalación? Estamos interesados en conocer cómo responden diferentes organismos a diversas geometrías y materiales con el paso del tiempo. Por lo tanto, hemos desarrollado un enfoque de seguimiento polifacético que reúne tecnologías avanzadas, la experiencia de científicos y el apoyo de humanos locales. El seguimiento continuo proporcionará información sobre los microbiomas, los microclimas, el uso que hagan los insectos de la instalación y su biodegradación (Figura 7). Los microbiomas de los hábitats son esenciales para preservar la resiliencia y el funcionamiento de los ecosistemas, así como para la salud de los seres humanos, los animales y las plantas (Berg et al. 2020; Peixoto et al. 2022). Con la contribución de expertos en microbiología medioambiental, recogimos muestras para evaluar las comunidades microbianas (es decir, bacterias, arqueas y hongos) existentes en la instalación en comparación con un área de control en la pared de hormigón. Esperamos observar diversos microbiomas beneficiosos (no patogénicos ni dañinos) para los insectos. El análisis también hará un seguimiento del estado del micelio para estudiar la viabilidad de mantener materiales vivos en entornos urbanos. Utilizamos sensores microclimáticos (Smart Citizen Kit personalizados) para medir la temperatura, la humedad, la luminosidad y la calidad del aire en ubicaciones clave. Los microclimas internos influyen en la selección de la cavidad (por ejemplo, algunas abejas prefieren cavidades donde no haga demasiado calor o viento), la incubación de los huevos, el desarrollo larval y la susceptibilidad a patógenos (Wilson et al. 2020). Queremos entender los cambios en los microclimas a medida que las células fúngicas de micelio respiran, se degradan y se regeneran. Además, algunos compañeros y un vecino visitan regularmente la instalación para examinar su estado y documentar el uso que hacen de ella los insectos. Estas observaciones indicarán si la instalación puede atraer a especies amenazadas o si favorece el alojamiento de especies ya comunes. Prevemos que la mayor captación se producirá en primavera, cuando muchas especies están activas y en búsqueda de lugares para hacer sus nidos. En esta primera etapa cabe destacar que lo que constituye el éxito va más allá del uso inmediato de la instalación. El objetivo del taller no era intentar fabricar un producto acabado —esto requiere años de ensayos y seguimiento—. En vez de ello, vemos la instalación como un laboratorio viviente y una plataforma para futuras investigaciones. El prototipado tras el taller está investigando

Concluimos con una enumeración de los conocimientos adquiridos en el taller, que pueden servir para documentar futuras investigaciones de nuestra comunidad y de otros diseñadores.

I. Colaboración: la implicación de diferentes actores en el diseño entre especies, especialmente de científicos y ciudadanos, es fundamental para trasladar el conocimiento científico a artefactos que sean aceptados por los seres humanos y otras especies. Sin embargo, establecer una colaboración puede ser complicado debido a diferencias terminológicas, escepticismo o ideas preconcebidas, o simplemente por falta de tiempo. La respuesta que recibimos de la ciudadanía, así como de diseñadores y biólogos, reitera la importancia de adaptar la participación a audiencias específicas, demostrando el valor de la investigación, pero sin sobrestimar los beneficios, y atendiendo las cuestiones que puedan surgir. Por ejemplo, puede que algunos se pregunten por qué además de plantar es necesario crear estructuras hechas por los humanos, mientras que otros puede que no vean el valor de la investigación en proyectos que no aportan beneficios inmediatos para especies amenazadas. Nuestra instalación, aunque provisional y dirigida por diseñadores, ha suscitado el interés de no diseñadores (por ejemplo, ecologistas) a los que les gustaría participar en el próximo campamento (Hvalsø, Dinamarca, 2023).

II. Materialidad: la creación colaborativa y crítica es una manera útil de investigar sobre los desafíos y las oportunidades de diseñar para y con especies no humanas. Por ejemplo, trabajar con materiales vivos y colaboradores no humanos plantea cuestiones prácticas y éticas que merecen una mayor teorización. Llevar el micelio vivo a nuevos entornos podría favorecer a algunas especies sobre otras o exponer a las especies locales a condiciones con las que no están familiarizadas (por ejemplo, tejido micelial denso). Los diseñadores podrían aprovechar cepas de micelio de fácil crecimiento en lugar de cultivar cepas locales porque esto lleva tiempo y requiere acceso a equipos y protocolos específicos. Además, la esterilización de sustratos para la inoculación ayuda al crecimiento micelial, pero necesita tratamientos térmicos o con etanol que maten a otros organismos del sustrato. El taller ofreció excelentes oportunidades para reflexionar sobre estos temas, especialmente durante los debates diarios en grupo, los ejercicios de modelado manual y un taller de prototipado público. El prototipado iterativo utilizando herramientas digitales también nos ayudó a descubrir posibilidades para los actores no humanos. Por ejemplo, descubrimos que los agujeros grandes y regulares de las paredes del módulo permitan que el micelio colonizara estas áreas. Los módulos no perforados desarrollan grietas de las que pueden beneficiarse algunos insectos a medida que el micelio se separa de la arcilla con el paso del tiempo. En el próximo campamento se utilizarán estos conocimientos y se dedicará más tiempo a estudiar oportunidades para la cocreación con una variedad de actores humanos y no humanos.

III. Diseño: la fabricación y el diseño asistido por ordenador ofrecen grandes oportunidades para favorecer la diversidad biológica en las ciudades (Weisser et al. 2023), pero es fácil olvidarse de los actores no humanos cuando nos enfrentamos a restricciones técnicas, logísticas y temporales. Un desafío notable es promover el cuidado continuo de estructuras de hábitats artificiales en el campo. Los seres humanos pueden y deben proporcionar apoyo a largo plazo a las especies que amplían o modifican recursos (por ejemplo, las plantas) como respuesta a actividades antropogénicas y al cambio climático. Además de obtener la financiación necesaria, puede resultar difícil persuadir a otros para que mantengan una instalación en un lugar el suficiente tiempo como para observar los cambios. Esto es particularmente evidente cuando se fomentan interacciones ecológicas como las de insectos excavadores de cavidades y descomposición de hongos. Aunque esta biodegradación es un aspecto importante de los ciclos biológicos y la sostenibilidad medioambiental, algunos podrían oponerse por razones de seguridad, estética o extrañeza. Los experimentos realizados en condiciones controladas fuera de las instalaciones pueden ser útiles, pero el ensayo a largo plazo de diseños *in situ* es fundamental para explicar la relación entre organismos. En el siguiente campamento se creará un mapa digital para destacar las necesidades de los actores no humanos y establecer un compromiso más profundo con ellos. Antes de que el campamento comience, cada participante elegirá una especie local, documentará información biológica relevante y sondeará asociaciones culturales, entre otras, de arte y literatura.

IV. Ecología: proponer diseños experimentales para otras especies es una experiencia emocionante y valiosa, pero intervenir en ecosistemas es complejo y entraña algunos riesgos (Parker, Soanes y Roudavski 2022)richness, and diversity of human and nonhuman cultures. Design that aims to address these issues will depend on interspecies cultures that support the flourishing of all organisms. Combining research in architecture and urban ecology, we focus on the design of urban habitat-structures. Design of such structures presents practical, theoretical, and ethical challenges. In response, we seek to align design to advancing knowledge of nonhuman cultures and more-than-human justice. We present interspecies design as an approach that incorporates human and nonhuman cultural knowledge in the management of future habitats.

D. PARKER, A. ILGÜN ET AL.

módulos entrelazados que facilitan el montaje, la conectividad y el autosoporte (Figura 8 derecha), así como compuestos de arcilla y tejido que evalúan la complejidad geométrica, la temporalidad y las influencias resultantes sobre el microclima (Figura 8 izquierda). Realizaremos iteraciones de estos diseños como respuesta a la observación del uso o no uso que hagan las especies de determinadas geometrías, microclimas o propiedades de los materiales.

7 OBSERVACIONES FINALES. DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES
Concluimos con una enumeración de los conocimientos adquiridos en el taller, que pueden servir para documentar futuras investigaciones de nuestra comunidad y de otros diseñadores.
I. Colaboración: la implicación de diferentes actores en el diseño entre especies, especialmente de científicos y ciudadanos, es fundamental para trasladar el conocimiento científico a artefactos que sean aceptados por los seres humanos y otras especies. Sin embargo, establecer una colaboración puede ser complicado debido a diferencias terminológicas, escepticismo o ideas preconcebidas, o simplemente por falta de tiempo. La respuesta que recibimos de la ciudadanía, así como de diseñadores y biólogos, reitera la importancia de adaptar la participación a audiencias específicas, demostrando el valor de la investigación, pero sin sobrestimar los beneficios, y atendiendo las cuestiones que puedan surgir. Por ejemplo, puede que algunos se pregunten por qué además de plantar es necesario crear estructuras hechas por los humanos, mientras que otros puede que no vean el valor de la investigación en proyectos que no aportan beneficios inmediatos para especies amenazadas. Nuestra instalación, aunque provisional y dirigida por diseñadores, ha suscitado el interés de no diseñadores (por ejemplo, ecologistas) a los que les gustaría participar en el próximo campamento (Hvalsø, Dinamarca, 2023).

II. Materialidad: la creación colaborativa y crítica es una manera útil de investigar sobre los desafíos y las oportunidades de diseñar para y con especies no humanas. Por ejemplo, trabajar con materiales vivos y colaboradores no humanos plantea cuestiones prácticas y éticas que merecen una mayor teorización. Llevar el micelio vivo a nuevos entornos podría favorecer a algunas especies sobre otras o exponer a las especies locales a condiciones con las que no están familiarizadas (por ejemplo, tejido micelial denso). Los diseñadores podrían aprovechar cepas de micelio de fácil crecimiento en lugar de cultivar cepas locales porque esto lleva tiempo y requiere acceso a equipos y protocolos específicos. Además, la esterilización de sustratos para la inoculación ayuda al crecimiento micelial, pero necesita tratamientos térmicos o con etanol que maten a otros organismos del sustrato. El taller ofreció excelentes oportunidades para reflexionar sobre estos temas, especialmente durante los debates diarios en grupo, los ejercicios de modelado manual y un taller de prototipado público. El prototipado iterativo utilizando herramientas digitales también nos ayudó a descubrir posibilidades para los actores no humanos. Por ejemplo, descubrimos que los agujeros grandes y regulares de las paredes del módulo permitan que el micelio colonizara estas áreas. Los módulos no perforados desarrollan grietas de las que pueden beneficiarse algunos insectos a medida que el micelio se separa de la arcilla con el paso del tiempo. En el próximo campamento se utilizarán estos conocimientos y se dedicará más tiempo a estudiar oportunidades para la cocreación con una variedad de actores humanos y no humanos.
III. Diseño: la fabricación y el diseño asistido por ordenador ofrecen grandes oportunidades para favorecer la diversidad biológica en las ciudades (Weisser et al. 2023), pero es fácil olvidarse de los actores no humanos cuando nos enfrentamos a restricciones técnicas, logísticas y temporales. Un desafío notable es promover el cuidado continuo de estructuras de hábitats artificiales en el campo. Los seres humanos pueden y deben proporcionar apoyo a largo plazo a las especies que amplían o modifican recursos (por ejemplo, las plantas) como respuesta a actividades antropogénicas y al cambio climático. Además de obtener la financiación necesaria, puede resultar difícil persuadir a otros para que mantengan una instalación en un lugar el suficiente tiempo como para observar los cambios. Esto es particularmente evidente cuando se fomentan interacciones ecológicas como las de insectos excavadores de cavidades y descomposición de hongos. Aunque esta biodegradación es un aspecto importante de los ciclos biológicos y la sostenibilidad medioambiental, algunos podrían oponerse por razones de seguridad, estética o extrañeza. Los experimentos realizados en condiciones controladas fuera de las instalaciones pueden ser útiles, pero el ensayo a largo plazo de diseños <i>in situ</i> es fundamental para explicar la relación entre organismos. En el siguiente campamento se creará un mapa digital para destacar las necesidades de los actores no humanos y establecer un compromiso más profundo con ellos. Antes de que el campamento comience, cada participante elegirá una especie local, documentará información biológica relevante y sondeará asociaciones culturales, entre otras, de arte y literatura.

IV. Ecología: proponer diseños experimentales para otras especies es una experiencia emocionante y valiosa, pero intervenir en ecosistemas es complejo y entraña algunos riesgos (Parker, Soanes y Roudavski 2022)richness, and diversity of human and nonhuman cultures. Design that aims to address these issues will depend on interspecies cultures that support the flourishing of all organisms. Combining research in architecture and urban ecology, we focus on the design of urban habitat-structures. Design of such structures presents practical, theoretical, and ethical challenges. In response, we seek to align design to advancing knowledge of nonhuman cultures and more-than-human justice. We present interspecies design as an approach that incorporates human and nonhuman cultural knowledge in the management of future habitats.

245

We ask: what is an ethically justifiable and practically plausible theoretical framework for interspecies design? Our central hypothesis is that the capabilities approach to justice can establish goals and evaluative practices for interspecies design. To test this hypothesis, we refer to an ongoing research project that aims to help the powerful owl (Ninox strenua. La intervención humana puede provocar trampas ecológicas, como cuando estructuras como el asfalto invitan a los insectos a poner huevos en sustratos de baja calidad que no soportan la incubación (Robertson y Hutto 2006). En el caso de los hábitats de los insectos, los biólogos destacan los potenciales peligros de la propagación de enfermedades en espacios reducidos para múltiples especies (MacIvor y Packer 2015). Las herramientas informáticas pueden ayudarnos a resolver estas cuestiones mediante la generación de modelos que respondan a numerosas variables ecogeográficas, como la vegetación, las edificaciones y los climas (Roudavski y Parker 2020). En un trabajo futuro tenemos previsto integrar datos ecológicos y específicos de las especies en el algoritmo de los módulos para ajustar los tamaños de las cavidades, las aberturas y cerramientos, las porosidades y el relleno de material (distribuciones, densidades, volúmenes). Nuestro diseño no incluyó recursos de polen y néctar debido a la cercanía de plantaciones de flores autóctonas. Sin embargo, nuestras próximas iteraciones tendrán en cuenta características más amplias de los ecosistemas a la hora de seleccionar lugares y proponer artefactos.

Esperamos que nuestros conocimientos, enseñanzas y desafíos contribuyan a las consideraciones teóricas, conceptuales y prácticas de los diseñadores que quieran integrar enfoques multispecies en su obra.

AGRADECIMIENTOS

Los materiales y algunos equipos técnicos empleados durante la primera parte del campamento de verano I.N.S.E.C.T. titulado “Interspecies Exploration by Bio-Digital Manufacturing Technologies” han sido financiados por Connected Everything UK y el HBBE Engagement Fund para el grupo de especial interés Mycology for Architecture. La segunda parte, “Towards Multispecies Worldings as an Everyday Design Practice”, ha contado con el apoyo de la Danish Arts Foundation a través del programa Craft and Design Projects in Denmark and Abroad. El proyecto forma parte de la investigación posdoctoral de Svenja Keune, “Designing and Living with Organisms”, que está financiada por el Swedish Research Council (número de referencia 2020-00459), en la que participa el Centre for Information Technology and Architecture (CITA) de la Royal Danish Academy y el Smart Textile Design Lab de la Swedish School of Textiles, University of Borås. El proyecto forma parte de la tesis doctoral de Asya Ilgün, bajo el título provisional “Living Architecture for Honeybees” que ha contado con el apoyo del campo de excelencia “Complexity of Life in Basic Research and Innovation” (COLIBRI) de la University of Graz y el proyecto *H2020 FET-Proactive HIVEOPOLIS* (n.º 824069) financiado con fondos europeos. Dilan Ozkan (HBBE) y Laurin Kilbert (Symbiotic Spaces) contribuyeron a la recepción de fondos y coorganizaron y moderaron el taller. Los participantes del campamento de verano de 2022 fueron Ariel Lim, Colleen Ludwig, Dan Parker, Lera Niemackl, Mamoun Nukumanu, Natalia Piórecka, Olatz Pereda, Hana Vašatko y Danvy Vu. Además, nos gustaría agradecer al Berg Lab del Institute of Environmental Biotechnology de la Technical University of Graz el apoyo que nos ha prestado en la supervisión relacionada con el microbioma y el análisis técnico continuo, a Smart Citizen de IAAC Fablab Barcelona por ayudarnos a supervisar y desarrollar Smart Citizen Kits personalizados, y a Gernot Kunz del Institute of Biology de la University of Graz por sus esfuerzos a la hora de darnos las primeras informaciones sobre los parámetros de diseño del hotel para insectos.

BIOGRAFÍAS

Dan Parker es diseñador e investigador en la University of Melbourne, Australia. Su doctorado investiga novedosos enfoques de diseño que pueden promover la coexistencia entre los seres humanos y otros animales en entornos urbanos. Su investigación interdisciplinaria combina trabajos en el campo de la ecología, el diseño y las humanidades medioambientales. Parker realiza trabajo de campo en los Alpes italianos y estudia una diplomatura en Lenguas Modernas (italiano) en la University of New England. Posee una licenciatura en Medio Ambiente y un máster en Arquitectura de la University of Melbourne. Especializado en diseño arquitectónico digital, Parker ha impartido diversas asignaturas de diseño, ha trabajado en la práctica arquitectónica y ha ocupado diversos cargos en laboratorios de fabricación digital.

Asya Ilgün
University of Graz
Graz University of Technology

Asya Ilgün es diseñadora e investigadora. Su principal campo de investigación a través del diseño se plantea como formas experimentales de utilizar tecnologías (diseño computacional, fabricación de aditivos basada en deposición y biotecnologías) para crear nuevos tipos de estructuras que ponen en cuestión los límites de la arquitectura, apoyando la doble ocupación por seres humanos y otros organismos vivos. Posee un máster en Arquitectura de la Royal Danish Academy of Fine Arts - Schools of Architecture, Design and Conservation (KADK) en el CITAstudio: programa Computation in Architecture. En la actualidad es estudiante de doctorado en el Institute of Architecture and Media, Technical University of Graz, al mismo tiempo que lleva a cabo su investigación en el Artificial Life Lab del Institute of Biology, University of Graz, Austria. Su función en este grupo es reflexionar sobre las interrelaciones materiales donde la biología y la tecnología se fusionan

en los procesos de diseño, materiales y fabricación del proyecto *FET-UE HIVEOPOLIS*, una colmena tecnológicamente mejorada para abejas. También modera el paquete de trabajos relacionados con la comunidad de diseñadores y fabricantes de este proyecto. Ha expuesto y compartido su trabajo en diversos eventos y conferencias, entre otros, Stryria Show en Kunsthaus Graz, Vienna Design Week y Respond Copenhagen. Además, ha recibido premios de movilidad y fabricante Distributed Design de la UE.

Ariel Cheng Sin Lim
Royal Danish Academy

Ariel Cheng Sin es arquitecta e investigadora y posee una licenciatura en Arquitectura y Diseño Sostenible de la Singapore University of Technology and Design y un máster en Computación en Arquitectura de la Royal Danish Academy. Está interesada en participar en procesos de fabricación y modelización digital para crear nuevas formas de expresión. Su especialización actual es la impresión 3D, en la que ha trabajado con diversos materiales, como micelio, celulosa y arcilla. Debido a su interés en fabricar artefactos para otros organismos vivos, también experimenta con la porosidad de los materiales para crear estructuras biorreceptivas que promuevan entornos urbanos con mayor biodiversidad.

Hana Vašatko
Graz University of Technology

Hana Vašatko es arquitecta y reside en Graz (Austria). Su trabajo se centra principalmente en compuestos basados en micelio y materiales de base biológica en un contexto arquitectónico. En 2020 comenzó a trabajar como ayudante del proyecto estudiantil SFB (programa de investigación especial) *Advanced Computational Design*, dentro del subproyecto *Material and Structurally Informed Freeform Structures* en el Institute of Architecture and Media, Graz University of Technology. Tras finalizar los estudios, continuó trabajando como ayudante en el mismo proyecto y comenzó el doctorado sobre la hibridación de arcilla y compuestos basados en micelio. El contexto general de investigación de su trabajo se centra en la arquitectura experimental, pero debido a su naturaleza interdisciplinaria, también encuentra sus conexiones con otras disciplinas, como la micología y la geología. Ella y sus compañeras han publicado numerosas ponencias y han presentado su trabajo en exposiciones en el Kunsthaus Graz, el Ars Electronica Museum en Linz, el Museum of Science and Technology en Belgrado, etc.

Dan Vy Vu
Eindhoven University of Technology

Dan Vy Vu (Países Bajos) posee un máster en Diseño Industrial de la Eindhoven University of Technology. Su trabajo se centra en implementar soluciones informáticas, basadas en datos y otras soluciones de diseño digital para futuras ecologías urbanas orientadas a difuminar los límites entre naturaleza, sociedad y tecnología.

Natalia Piórecka
Bartlett School of Architecture

Natalia Piórecka es diseñadora multidisciplinar con formación arquitectónica y examina las posibilidades de desdibujar los límites entre naturaleza y diseño. Se graduó en la Newcastle University (Reino Unido) con una licenciatura en Arquitectura y continúa sus estudios realizando un máster en Diseño Biointegrado en la Bartlett School of Architecture, University College London (Reino Unido). Con formación en arquitectura, su trabajo desafía los enfoques convencionales de sostenibilidad, ecología y materiales. A través de la arquitectura experimental y el campo emergente del biodiseño (también diseño biointegrado), encarna la pasión por las ciencias naturales y las nuevas tecnologías, buscando soluciones que promuevan la cooperación con la naturaleza. En sus proyectos combina investigación científica y sobre materiales, junto con fabricación y herramientas digitales, con el objetivo de encontrar en el campo del diseño y la arquitectura formas sostenibles de reducir el impacto negativo sobre el medio ambiente. A través de procesos de diseño experimentales, Piórecka crea proyectos cuyo objetivo es explorar tanto el potencial como los límites de los materiales creados por organismos como bacterias o micelio. Fascinada por el potencial de los organismos vivos aplicado en los campos del diseño, promueve un nuevo ciclo de vida de los productos, desafiando el *statu quo* de materiales imperecederos mediante la integración de procesos naturales de crecimiento y descomposición como una parte inseparable de la estrategia de producción.

Svenja Keune, PhD
Royal Danish Academy of Fine Arts
University of Borås

Svenja Keune posee una licenciatura y un máster en diseño textil de la University of Applied Sciences de Hamburgo, donde se centró en el potencial de fusionar tejidos con electrónica para crear “superficies comunicativas” y explorar “interacciones poéticas” entre superficies textiles, objetos y personas. Durante su proyecto de doctorado sobre “Textile Farming” dentro del MSCA ArcInTexETN, se centró en las semillas como una alternativa biológica potencial y como un material dinámico para el diseño textil. Con el objetivo de explorar formas alternativas de vida que pueden proponer los híbridos de planta textil, Keune construyó y se mudó a una pequeña casa sobre ruedas para vivir junto a los experimentos de investigación. Sus intereses actuales incluyen las perspectivas posantropocéntricas sobre el diseño espacial y textil, la fabricación de aditivos, las relaciones entre especies, la ética del diseño, los procesos de diseño de permacultura, la cocreación y la construcción de comunidades. Keune es investigadora posdoctoral en la Swedish School of Textiles, University of Borås, en Suiza, y en el Centre for Information Technology and Architecture (CITA) de la Royal Danish Academy en Copenhague, donde trabaja actualmente en “Designing and Living with Organisms (DLO)”, un proyecto trianual financiado con una beca posdoctoral internacional del Swedish Research Council.

FIGURAS

Fig. 1. I.N.S.E.C.T. Wall Twin. Crédito: Natalia Piórecka.
Fig. 2. Proceso del taller “Interspecies Exploration by Bio-Digital Manufacturing Technologies”. Crédito: Gernot Kunz, Laurin Kilbert, Colleen Ludwig y Hana Vašatko.
Fig. 3. Diseño de módulos destinados tanto a insectos excavadores como a los que anidan en cavidades. Crédito: Asya Ilgün y Ariel Lim.

- EXCAVADORES: Material blando para abejas carpinteras o mineras, incluyendo compuestos de micelio y arena/arcilla local. Posible uso: excavación de galerías para la puesta de huevos en compuestos de micelio. Precedente: abeja carpintera violeta excavando galerías para la puesta de huevos en prototipo de compuesto de micelio (210 x 130 x 140 mm) secándose en una terraza en Graz, Austria (5 de mayo de 2022).
- ANIDADORES EN CAVIDADES. Grandes cavidades (~15 x 280 mm) para rellenar con alimento para abejas o para puesta directa de abejas solitarias (por ejemplo, abejas cortadoras de hojas).

Fig. 4. Diseño y estrategias de fabricación. Crédito: Natalia Piórecka, Asya Ilgün y Ariel Lim.

- Vista superior: intercambio de aire a través de aberturas regulares diseñadas mediante mecanización. Bastidor de madera fresado revestido con una mezcla casera de cera de abeja y arcilla local. Diseño textil para canalizar el agua entre los módulos y la tierra con el objetivo de crear niveles de humedad adecuados para los insectos y el micelio. Los tejidos y la arcilla no cocida probablemente absorberán más agua.

Fig. 5. Posibilidades de recubrir con módulos las superficies de las paredes. Crédito: Mamoun Nukumanu y Natalia Piórecka.

Fig. 6. Fabricación e instalación de I.N.S.E.C.T. Wall Twin. Crédito: Colleen Ludwig, Hana Vašatko, Natalia Piórecka y Ariel Lim.

- A. TEJIDOS + MICELIO. Fabricación: ganchillo tejido con lana natural cardada, fibras de lino sin tratar y algodón de múltiples hebras; esterilizado a 121. °C durante 30 minutos y después enfriado; relleno con sustrato inoculado con micelio y dejado crecer durante tres días. Crecimiento: el alto contenido en celulosa de los materiales basados en plantas de algodón y fibras de lino proporciona excelentes nutrientes para el crecimiento del micelio; la proteína fibrosa de la lana ofrece condiciones menos idóneas para el crecimiento micelial, pero permitirá el crecimiento superficial sobre las fibras mientras ingiere el relleno de sustrato. Temporalidad: el crecimiento micelial puede detenerse debido a las condiciones climáticas y a un tiempo de incubación relativamente corto; la forma cambiará a medida que el sustrato se desintegre lentamente, pero probablemente colgará hasta que los componentes lignocelulósicos también comiencen a perder integridad.
- B. ARCILLA COCIDA + MICELIO. Fabricación: arcilla 3D impresa; introducida en horno hasta alcanzar un estado seco (es decir, solo una pequeña cantidad de agua entre las partículas de arcilla); cocida a 1140°C, eliminando el agua y uniendo las partículas de arcilla. Crecimiento: la fabricación mediante extrusión con base de pasta crea pequeñas cavidades de aire que permiten que el micelio crezca a través de las capas impresas; los vacíos en los elementos cocidos se rellenan con sustrato inoculado con micelio que seguirá creciendo a través de la superficie, presumiblemente en puntos donde es posible el intercambio de oxígeno, por ejemplo, a través de las capas impresas; las condiciones climáticas influirán en la continuación del crecimiento. Temporalidad: la arcilla cocida tendrá una vida útil sustancialmente más prolongada que la arcilla sin cocer; el relleno orgánico dentro de los huecos comenzará a desintegrarse en primer lugar, y el módulo cerámico hueco permanecerá intacto.
- C. TEJIDOS + ARCILLA. Fabricación: ganchillo tejido a partir de lana natural cardada, fibras de lino sin tratar y algodón de múltiples hebras; sin relleno; parcialmente sumergido en engobe líquido y colgado para mantener su forma durante el proceso de secado. Temporalidad: algunas zonas cambiarán de modo diferente porque los materiales y geometrías absorben el agua de distinta manera; la exposición a la lluvia y a la humedad probablemente hará que la estructura pierda integridad rápidamente y empiece a colgar; es probable que la arcilla desaparezca completamente después de un tiempo; el algodón y el lino posiblemente comenzarán a desintegrarse primero, mientras que la lana será la que más tiempo mantenga su integridad.
- D. ARCILLA SIN COCER + MICELIO. Fabricación: arcilla 3D impresa; colocada alrededor de módulos cocidos que proporcionan soporte estructural y cierta protección frente al clima. Crecimiento: el micelio principalmente asimilará el sustrato inoculado con micelio, pero además se expandirá sobre las fibras celulósicas de la arcilla; el micelio podría crecer a través de la arcilla no cocida y cubrir completamente la superficie del módulo, dependiendo de las condiciones y el tiempo de crecimiento (por ejemplo, humedad y temperatura). Temporalidad: la durabilidad será baja porque tanto la arcilla no cocida como el sustrato inoculado tienden a desintegrarse cuando se exponen a los elementos.

Fig. 7. Estrategia de supervisión del I.N.S.E.C.T. Wall Twin. Crédito: Danvy Vu.

- Áreas de inserción de sondas de humedad y temperatura ensayan los tres tipos de módulos diferentes (no poroso/cocido/sin fibra, poroso/cocido/sin fibra, poroso/no cocido/con fibra). Las mediciones realizadas en el interior de los módulos son importantes para comprender cómo los compuestos de micelio almacenan agua, lo que afecta a la idoneidad de los microclimas para mantener la integridad estructural que necesitan las abejas para excavar túneles y poner huevos.

Fig. 8. Trabajo de prototipado en desarrollo después del taller. Crédito: Svenja Keune, Ariel Lim, Asya Ilgün y Hana Vašatko.

REFERENCIAS

Ver listado completo de referencias en la página 239.