



Politecnico di Torino

Dipartimento di Architettura e Design
Corso di Laurea in Design e Comunicazione

A.A. 2025/2026

Riprogettazione delle arnie per il benessere delle Api

Analisi critica delle arnie industriali e soluzioni innovative

Relatore: Campagnaro Cristian
Candidata: Nicoletti Angelica

Abstract

[IT]

La presente tesi indaga la riprogettazione delle arnie destinate all'apicoltura hobbistica con un approccio orientato al benessere dell'ape (*Apis mellifera*) e alla sostenibilità ambientale. Il lavoro prende avvio da un'analisi critica delle arnie industriali tradizionali, mettendone in evidenza i limiti in termini di stress per la colonia, alterazione del microclima interno, materiali impiegati e modalità di gestione da parte dell'apicoltore.

Attraverso lo studio del comportamento naturale delle api e delle caratteristiche dell'habitat spontaneo (cavità arboree, organizzazione del nido, regolazione termo-igrometrica), la ricerca individua criteri progettuali alternativi capaci di favorire condizioni più affini a quelle naturali. Particolare attenzione è rivolta alla forma dell'arnia, alla separazione funzionale tra nido e melario, alla riduzione delle interferenze durante le operazioni di controllo e raccolta, nonché alla scelta di materiali traspiranti e non tossici.

Il progetto sviluppato propone un sistema di arnia innovativo, pensato per l'apicoltura hobbistica, che integra soluzioni formali e costruttive volte a migliorare il microclima interno e a favorire i comportamenti naturali della colonia, mantenendo al contempo un'adeguata ergonomia e semplicità d'uso per l'apicoltore. La tesi si colloca nel contesto della crisi attuale delle api, offrendo un contributo progettuale che unisce design, ecologia e attenzione al benessere animale.

Abstract

[EN]

This thesis investigates the redesign of beehives for hobbyist beekeeping through an approach focused on the well-being of the honeybee (*Apis mellifera*) and environmental sustainability. The research begins with a critical analysis of conventional industrial beehives, highlighting their limitations in terms of colony stress, disruption of the internal microclimate, material choices, and management practices adopted by beekeepers.

By examining honeybee behavior and the characteristics of natural habitats such as tree cavities, nest organization, and thermo-hygrometric regulation the study identifies alternative design criteria aimed at recreating conditions closer to those found in nature. Particular attention is given to hive geometry, the functional separation between brood chamber and honey super, the reduction of disturbances during inspection and harvesting, and the use of breathable, non-toxic materials.

The developed project proposes an innovative beehive system specifically designed for hobbyist beekeeping, integrating formal and constructive solutions intended to improve the internal microclimate and support natural colony behaviors, while ensuring ergonomic access and ease of use for the beekeeper. Positioned within the broader context of the current pollinator crisis, this thesis offers a design-driven contribution that connects product design, ecology, and animal welfare.

Indice

Introduzione	12
1. Le Api e il loro ruolo	15
1.1 Tipologie di Api	15
1.1.1 L'Apis Mellifera e gli insetti impollinatori	
1.1.2 Le api come specie chiave	
1.2 Struttura sociale e divisione dei compiti	19
1.2.1 Una società gerarchica e organizzata	
La regina	
Le api operaie	
I fuchi	
1.2.3 Comunicazione e Cooperazione	
1.3 Calendario biologico e produttivo delle api	23
1.3.1 Ciclo Annuale di produzione del miele	
Primavera	
Estate	
Autunno	
Inverno	
1.4 Impollinazione e il suo ruolo	27
1.4.1 Il processo di impollinazione	
1.4.2 Percezione cromatica e il suo ruolo per l'imbottinatura	
1.4.3 Impatto per la biodiversità	
1.4.4 Ecosistemi collegati	
1.5 Perché le api sono fondamentali per l'uomo	32
1.5.1 Un sistema coeso	
1.5.2 Conseguenze dirette sull'economia	
1.5.3 Impatto indiretto	
1.6 Il fenomeno della scomparsa delle api	36
2.1.1 Il collasso di un ecosistema	

2.1.1 Cause principali	
2. L'habitat naturale delle Api	39
2.1 Distinzione Terminologica	39
2.1.1 Distinguere tra alveare e arnia	
Alveare Naturale	
Arnia	
2.2 Struttura dell'Alveare	41
2.2.1 Le Cavità	
2.2.2 Materiali naturali	
2.2.3 Componenti principali	
Favi	
Covata	
Scorte Alimentari	
2.3 Un ambiente regolato	48

4.1.1	Cos'è un'arnia		4.5.6	Impatto della forma sul microclima e sul comportamento delle api	
4.1.2	Cenni storici sull'evoluzione delle arnie				
	Antichità				
	Medioevo				
	Età moderna				
	Sviluppi Contemporanei				
4.2	Le arnie razionali e le loro tipologie	71	5.	Analisi progettuale	93
4.2.1	Cosa sono le arnie razionali	71			
4.2.2	Arnie razionali a sviluppo verticale		5.1	Analisi del target	93
	Arnia Dadant Blatt		5.1.1	Gli apicoltori hobbisti	
	Arnia Langstroth		5.1.2	Bisogni specifici del target	
	Arnia Layens		5.1.3	Limitazioni rispetto all'apicoltura professionale standard	
4.2.3	Arnie razionali a sviluppo orizzontale				
	Top Bar Hive keniana		5.2	Considerazioni progettuali sulle arnie	93
	Top Bar Hive tanzaniana		5.2.1	Problemi riscontrati nella gestione delle arnie	
4.2.4	Considerazioni comparative tra arnia razionale a sviluppo verticale e orizzontale		5.2.2	Requisiti progettuali	
4.3	Struttura di un'arnia razionale	79	5.3	Casi studio	98
4.3.1	Struttura Langstroth		5.3.1	Criteri di selezione	
4.4	Legislazione e normative	83		Arnia Bienenkugel	
4.4.1	Regole da seguire				

6.2.6	La II tavolo di appoggio	
6.2.7	La scelta del materiale	
6.2.8	Disegni tecnici	
6. 3	Metodo di costruzione	126
6.3.1	Struttura portante e produzione del corpo	
6.3.2	Le top bar dell’arnia	
6.3.3	Sostegno in lamiera	
6.4	Stima dei costi	129
7.	Conclusioni	131
8.	Bibliografia e sitografia	133

Introduzione

La presente tesi è incentrata sulla riprogettazione delle arnie destinate all'apicoltura hobbistica, con un approccio fortemente orientato al benessere e alla salvaguardia dell'ape (*Apis mellifera*). Il lavoro si propone di analizzare criticamente le armature industriali attualmente diffuse, evidenziando i punti critici legati a materiali, forma e gestione, e confrontandoli con le caratteristiche dell'habitat naturale della specie, in cui le api hanno sviluppato strategie ottimali di termoregolazione, gestione dell'umidità e costruzione dei favi.

L'obiettivo principale della tesi è sviluppare un concept progettuale di arnia che migliori la compatibilità tra l'ambiente artificiale e le esigenze biologiche della colonia, promuovendo un modello di apicoltura hobbistica sostenibile, più rispettoso del ciclo naturale delle api e allo stesso tempo più semplice da gestire per apicoltori alle prime armi o con risorse limitate.

1. Analisi e ricerca preliminare

Dedicata all'analisi e alla ricerca preliminare che costituiscono il fondamento teorico del progetto. In primo luogo, viene approfondito lo studio delle api, del loro habitat naturale e del loro ruolo ecologico, evidenziandone l'importanza per la biodiversità, i sistemi agricoli e gli equilibri ambientali. Tale analisi si inserisce nel contesto più ampio della crisi di declino delle popolazioni di api, esaminandone le principali cause e le implicazioni per l'apicoltura contemporanea.

Successivamente, la ricerca si concentra sull'apicoltura e sulle arnie artificiali, analizzando i modelli attualmente diffusi, i materiali comunemente impiegati e le soluzioni costruttive adottate. Particolare attenzione è rivolta allo studio delle geometrie e delle forme tradizionali delle arnie, spesso caratterizzate da volumi regolari e spigoli netti, messe a confronto con le forme naturali degli alveari, generalmente più curvilinee e irregolari.

La sezione approfondisce inoltre le esigenze specifiche degli apicoltori critica dei

hobbisti, evidenziando i limiti delle arnie standard rispetto a una gestione autonoma, semplificata e orientata al benessere della colonia piuttosto che alla massimizzazione della produzione. Attraverso una valutazione sistemi esistenti, viene analizzato il rapporto tra struttura dell'arnia, materiali, microclima interno e comportamento delle api, ponendo in luce le principali criticità e definendo i requisiti funzionali e biologici che guideranno lo sviluppo del progetto.

2. Sviluppo del progetto

Partendo dai risultati della fase di ricerca, viene proposta una soluzione progettuale innovativa, in cui forma, materiali e sistemi di gestione sono pensati per ridurre lo stress della colonia, migliorare le prestazioni termoisolative e semplificare le operazioni dell'apicoltore. In questa parte vengono illustrate le scelte progettuali, i materiali selezionati, le geometrie adottate e la configurazione dei telai, evidenziandone i vantaggi rispetto agli standard industriali.

In sintesi, la tesi si pone come obiettivo non solo la miglioramento delle condizioni di vita della

Capitolo 1

Le Api e il loro ruolo

Le api (*Apis mellifera*) rappresentano una delle specie più rilevanti per il mantenimento degli ecosistemi terrestri. La loro importanza va ben oltre la produzione di miele e altri prodotti apistici, poiché esse svolgono un ruolo fondamentale nei processi di impollinazione entomofila, indispensabili per la riproduzione di numerose piante a fiore. Attraverso il trasferimento del polline, le api contribuiscono alla diversità genetica delle comunità vegetali, alla stabilità degli ecosistemi e al sostegno delle reti trofiche naturali.

Nel corso del tempo, *Apis mellifera* ha instaurato una stretta relazione con l'uomo, che ne ha favorito la diffusione globale attraverso l'apicoltura, rendendola un elemento centrale nei sistemi agricoli contemporanei. Tuttavia, l'inserimento dell'ape in contesti produttivi intensivi ha comportato una crescente artificializzazione delle sue condizioni di vita, esponendola a nuovi fattori di stress. Il recente declino delle popolazioni di api evidenzia la necessità di approfondire la conoscenza della specie e del suo ruolo ecologico, ponendo le basi per una riflessione critica sulle pratiche antropiche e sulle strategie di tutela.

di approfondire la conoscenza della specie e del suo ruolo ecologico, ponendo le basi per una riflessione critica sulle pratiche antropiche e sulle strategie di tutela.

1.1 Tipologie di Api

1.1.1 L'Apis mellifera e gli Insetti impollinatori

Le api costituiscono un gruppo estremamente eterogeneo di insetti impollinatori appartenenti all'ordine degli Imenotteri, comprendente oltre 20.000 specie descritte a livello globale, caratterizzate da differenti strategie di nidificazione, livelli di socialità e gradi di specializzazione ecologica.¹ Accanto alle poche specie eusociali del genere Apis, la maggior parte delle api è rappresentata da specie selvatiche solitarie, che nidificano nel suolo, in cavità naturali o in materiali vegetali, e svolgono un ruolo fondamentale nell'impollinazione delle piante spontanee e di numerose colture agricole, spesso in modo complementare o più efficiente rispetto alle api domestiche in contesti locali.² Ulteriori gruppi, come le api sociali senza pungiglione (tribù Meliponini) [Fig.1], diffusi principalmente nelle regioni tropicali, contribuiscono in modo significativo al mantenimento della biodiversità forestale, pur avendo una relazione limitata con i sistemi produttivi industrializzati.³ Nonostante tale elevata biodiversità, l'Apis mellifera riveste una posizione centrale negli studi scientifici e nelle pratiche di gestione degli impollinatori, in virtù della sua ampia distribuzione geografica, del comportamento generalista e della possibilità di allevamento in colonie numerose e stabili. Queste caratteristiche hanno favorito la sua integrazione nei sistemi agricoli e ne hanno fatto il principale impollinatore utilizzato a livello globale.⁴ Tuttavia, la forte dipendenza di Apis mellifera da ambienti artificiali come l'arnia, unita all'intensificazione delle pratiche apistiche, ha reso questa

1 Michener, C.D., The Bees of the World. 2nd ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2007.

2 Garibaldi, Steffan-Dewenter, Winfree, et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. Proceedings of the national academy of sciences, 2013

3 ROUBIK, D.W. Stingless bee nesting biology. Apidologie, 2006

4 POTTS, S.G., BIESMEIJER, J.C., KREMEN, C., NEUMANN, P., SCHWEIGER, O., KUNIN, W.E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends in Ecology & Evolution, 2010

specie particolarmente esposta a stress ambientali, patogeni e alterazioni del microclima del nido.^{5,6} Per tali ragioni, pur riconosc

Circa il **75% delle principali colture alimentari mondiali dipende** [Fig. 2], almeno in parte, dall’impollinazione animale, e le api rappresentano il gruppo di impollinatori più efficiente e diffuso.⁷

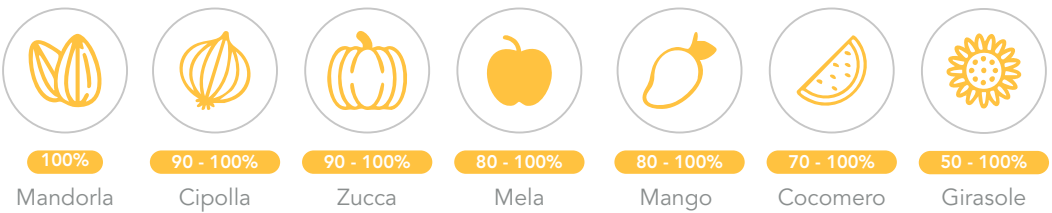
Attraverso il trasferimento del polline, le api favoriscono la fecondazione delle piante, influenzando direttamente la **diversità genetica**, la **resilienza delle comunità vegetali** e la stabilità degli ecosistemi naturali.

Il ruolo delle api si estende ben oltre la produzione agricola: esse contribuiscono alla struttura delle **reti trofiche**, sostenendo indirettamente numerose specie animali che dipendono dalle piante impollinate per nutrimento o habitat.⁸ La diminuzione delle popolazioni di api comporta quindi effetti a cascata, con una riduzione della biodiversità vegetale e una semplificazione degli ecosistemi.

Studi ecologici dimostrano che la perdita degli impollinatori, e in particolare delle api, può determinare una **riduzione significativa della riproduzione delle piante selvatiche**, alterando la composizione floristica e favorendo specie meno dipendenti dall’impollinazione entomofila.⁹ Questo fenomeno incide negativamente sulla capacità degli ecosistemi di adattarsi ai cambiamenti ambientali e climatici.

Nel caso specifico dell’**Apis mellifera**, oltre alla sua importanza ecologica, va considerata la stretta relazione con l’uomo, che ne ha favorito la diffusione globale attraverso l’apicoltura. Tuttavia, tale domesticazione ha anche reso la specie più vulnerabile a stress ambientali, patogeni e pratiche apistiche intensive, accentuando il rischio di declino.¹⁰

In questo contesto, la tutela delle api non riguarda esclusivamente la conservazione di una singola specie, ma assume un valore sistemico, poiché la loro sopravvivenza è strettamente connessa al **funzionamento degli ecosistemi**, alla sicurezza alimentare e alla sostenibilità delle attività agricole.



7
POTTS, S.G., BIESMEIJER, J.C., KREMEN, C., NEUMANN, P., SCHWEIGER, O., KUNIN, W.E. Global pollinator declines:

alla funzione riproduttiva, la regina svolge un ruolo fondamentale nella coesione sociale della colonia, grazie al rilascio di feromoni che regolano il comportamento delle operaie, inibiscono lo sviluppo ovarico delle altre femmine e mantengono l’unità dell’alveare.¹²

Le api operaie

Le api operaie sono femmine sterili e costituiscono la maggioranza della popolazione. Esse svolgono tutte le attività necessarie al funzionamento della colonia, secondo una divisione del lavoro legata all’età, nota come polietismo temporale. Le principali mansioni includono:

- Pulitrici (1–3 giorni): pulizia delle celle e preparazione degli spazi per la deposizione delle uova.
- Nutrici (4–12 giorni): alimentazione delle larve e della regina tramite pappa reale.
- Costruttrici (12–18 giorni): produzione di cera e costruzione dei favi.
- Guardiane (18–21 giorni): difesa dell’ingresso dell’alveare.
- Bottinatrici (oltre i 21 giorni): raccolta di nettare, polline, acqua e propoli all’esterno. [Fig. 4,5]

	Ruolo	Età (in giorni)
✦	Pulitrici	1–3
✦	Nutrici	4–12
✦	Costruttrici	12–18
✦	Guardiane	18–21
✦	Bottinatrici	oltre 21

Questa flessibilità comportamentale consente alla colonia di adattarsi rapidamente alle condizioni ambientali e alle necessità interne, rendendo il sistema altamente resiliente.¹³

12
WINSTON, M.L. The Biology of the Honey Bee. Cambridge: Harvard University Press, 1987.

13
WINSTON, M.L. The Biology of the Honey Bee. Cambridge: Harvard University Press, 1987.

1.2.2 Comunicazione e cooperazione

La complessa organizzazione sociale delle api mellifere è resa possibile da sofisticati sistemi di **comunicazione chimica** e **comportamentale**, che consentono il coordinamento di migliaia di individui all’interno della colonia. Tra questi, un ruolo centrale è svolto dai **feromoni**, sostanze chimiche rilasciate da diversi membri della colonia in particolare dalla regina e dalle operaie che regolano la divisione del lavoro, la riproduzione, la difesa dell’alveare e la coesione sociale. Il feromone mandibolare della regina, ad esempio, contribuisce a mantenere l’ordine sociale inibendo lo sviluppo ovarico delle operaie e segnalando la presenza di una regina fertile.¹⁵

Accanto alla comunicazione chimica, le api utilizzano forme avanzate di comunicazione comportamentale, tra cui la celebre **waggle dance** (danza dell’addome) [Fig. 6], descritta per la prima volta da Karl von Frisch. Attraverso specifici movimenti oscillatori e orientamenti rispetto alla verticale del favo, le bottinatrici sono in grado di trasmettere informazioni precise sulla direzione, distanza e qualità delle fonti di cibo rispetto alla posizione del sole.¹⁶ Questo sistema simbolico rappresenta uno dei casi **più complessi** di comunicazione non verbale nel regno animale.

15
WINSTON, M.L. The Biology of the Honey Bee. Cambridge: Harvard University Press, 1987

16
VON FRISCH, K. The Dance Language and Orientation of Bees. Cambridge (MA): Harvard University Press, 1967

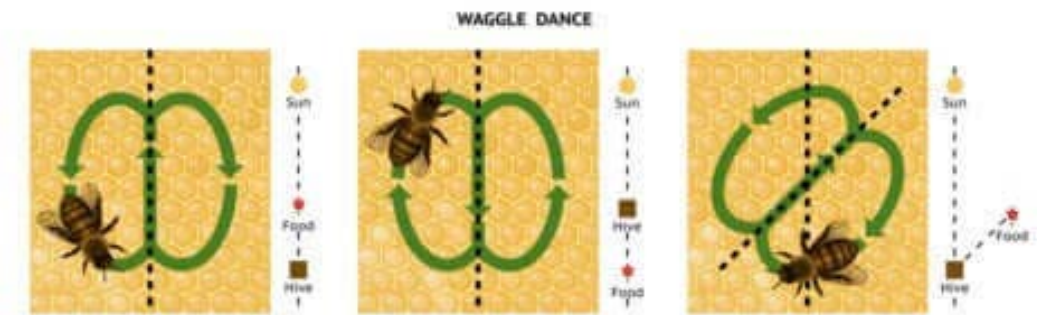


Fig.6
Raffigurazione del movimento a otto della danza dell’addome delle api

L’integrazione tra segnali chimici e comportamentali consente alla colonia di funzionare come un sistema adattivo collettivo, capace di ottimizzare lo sfruttamento delle risorse e di rispondere in modo flessibile alle variazioni ambientali. Tale efficienza comunicativa è un elemento chiave del concetto di colonia come superorganismo, in cui il comportamento emergente del gruppo supera

Come precedentemente evidenziato, circa il 75 % delle principali colture alimentari mondiali dipende, in misura variabile, dall’impollinazione animale, con le api che si configurano come i **principali agenti impollinatori** grazie alla loro ampia diffusione, al comportamento di bottinamento e alla capacità di visitare un elevato numero di fiori durante una singola uscita.³⁰ Colture quali fruttiferi, ortaggi, leguminose e semi oleosi traggono benefici significativi dall’attività impollinatrice delle api, che influisce non solo sulla quantità delle produzioni, ma anche sulla qualità dei prodotti agricoli.



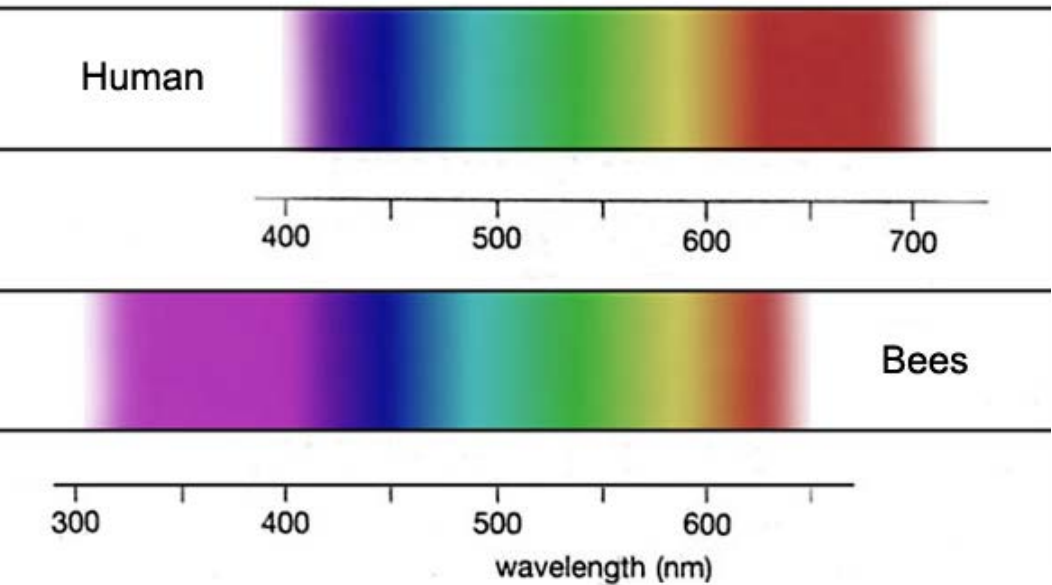
30
POTTS, Simon G.; BIESMEIJER, Jacobus C.; KREMEN, Claire; et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends in Ecology & Evolution, 201

Numerosi studi dimostrano che la presenza delle api determina un aumento della **pezzatura dei frutti**, una migliore **uniformità di forma**, una maggiore percentuale di **allegagione** e una **qualità nutrizionale superiore dei raccolti**. L’impollinazione entomofila contribuisce inoltre alla **stabilità delle rese agricole**, riducendo la variabilità produttiva legata a fattori ambientali e climatici.³¹ Al contrario, la riduzione o l’assenza delle popolazioni di api comporta cali significativi nelle rese agricole, con conseguenze dirette sulla produttività

31
GARIBALDI, Lucas A.; STEFFAN-DEWENTER, Ingolf; WINFREE, Rachael; et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. Science, 2013

e sull’economia del settore primario. Il declino degli impollinatori è stato individuato come una minaccia concreta per la sicurezza alimentare globale, in quanto aumenta la dipendenza da pratiche di impollinazione artificiale o manuale, spesso costose e difficilmente sostenibili nel lungo periodo.³² In questo contesto, la tutela delle api assume un valore strategico non solo dal punto di vista ecologico, ma anche economico e sociale, rendendo necessario un ripensamento delle pratiche agricole e apistiche

Numerosi studi dimostrano che le api mostrano una preferenza cromatica marcata per fiori di colore **blu, violetto e giallo**, mentre risultano meno attratte da tonalità rosse o monocromatiche prive di contrasto.³⁴ La percezione del colore è strettamente integrata con altri stimoli sensoriali, quali la forma del fiore e l’odore, contribuendo alla memorizzazione delle risorse alimentari e alla fedeltà floreale. Queste preferenze visive rivestono un ruolo rilevante non solo in ambito ecologico, ma anche nella progettazione di elementi artificiali legati all’apicoltura, come arnie e ingressi dell’alveare, la cui colorazione può facilitare l’orientamento delle api e ridurre fenomeni di deriva tra colonie.³⁵



34
CHITTKA, Lars; MUTH, Felix. Color vision in insects: mechanisms and ecology. Current Opinion in Insect Science, 2018

35
SEELEY, Thomas D. The Wisdom of the Hive. Cambridge (MA): Harvard University Press, 1995

Fig.11
Spettro dei colori visibile all’occhio umano (in alto), c, rispetto alla visione delle api (in basso)

1.4.3 Impatto per la biodiversità

Oltre al loro ruolo fondamentale nei sistemi agricoli, le api svolgono una funzione cruciale nella conservazione della biodiversità naturale. Attraverso l’impollinazione entomofila, esse favoriscono la riproduzione di numerose specie di piante spontanee, contribuendo al mantenimento della struttura, della resilienza e della **stabilità degli ecosistemi** terrestri.³⁶ L’attività impollinatrice delle api contribuisce anche alla conservazione della diversità genetica delle popolazioni vegetali, un elemento fondamentale

36
OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? Oikos, 2011

per l’adattamento delle specie ai cambiamenti ambientali e climatici. La riduzione delle popolazioni di impollinatori comporta spesso fenomeni di **impoverimento floristico** e un aumento della **vulnerabilità degli ecosistemi**.³⁷

1.4.4 Ecosistemi collegati

1.5 Importanza delle api per l'uomo

1.5.1 Un sistema coeso

Le api non svolgono solo un ruolo ecologico, ma hanno anche un impatto diretto e significativo sulle attività umane, influenzando la **produzione agricola**, l'**economia** locale e globale e la disponibilità di **risorse alimentari**. La loro presenza è essenziale per garantire cibo, materie prime e stabilità ambientale, rendendole fondamentali per il benessere dell'uomo e il funzionamento degli ecosistemi.

In particolare, come già accennato, le api rappresentano agenti impollinatori cruciali per numerose colture alimentari. Frutta, ortaggi, piante da seme e colture industriali beneficiano della loro attività, che incrementa sia la quantità sia la qualità del raccolto.³⁹

La produzione agricola dipende in gran parte dall'impollinazione animale, e le api si distinguono come i **principali impollinatori** grazie alla loro ampia distribuzione, al comportamento di bottinamento e alla capacità di visitare un elevato numero di fiori in ogni uscita. Parallelamente, l'apicoltura sfrutta il comportamento naturale delle api per ottenere miele, cera, propoli, pappa reale e polline, risorse preziose per il consumo umano e per diverse applicazioni industriali e nutrizionali. La combinazione di agricoltura e apicoltura consente di implementare pratiche sostenibili, nelle quali le api supportano la produttività agricola, mentre l'uomo interviene per alleviarle e proteggerle, assicurando la salute e la resilienza delle colonie.

³⁹ KLEIN, Alexandra M.; VAISSIÈRE, Bernard E.; CANE, James H.; et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B*, 2007

1.5.2 Conseguenze dirette sull'economia

Le api esercitano un impatto significativo anche sul piano economico, sia attraverso la produzione di beni materiali sia mediante la fornitura di servizi ecosistemici essenziali. Tra i prodotti apistici, il miele rappresenta una risorsa alimentare di rilievo a livello locale e globale, caratterizzata da un **valore commerciale** consistente e da una filiera produttiva diffusa. Accanto ad esso, cera e propoli trovano ampio impiego nei settori **cosmetico** [Fig. 12], **farmaceutico** [Fig. 13] e **artigianale** [Fig. 14], contribuendo ulteriormente all'economia dell'apicoltura.⁴⁰

⁴⁰ KLEIN, Alexandra M.; VAISSIÈRE, Bernard E.; CANE, James H.; et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops.



Fig.13 (Sx)
Un medicinale per la gola a base di propoli dell'azienda "Apiinflore"

Fig.14 (Dx)
Un esempio artigianale di candela in cera d'api

Oltre alla produzione diretta di beni, il contributo economico più rilevante delle api è legato alla loro funzione di impollinatori. Il servizio ecosistemico dell'impollinazione svolto dalle api mellifere e da altri insetti impollinatori è stato stimato in decine di miliardi di euro annui a livello globale, incidendo in modo determinante sulla produttività agricola, sulla sicurezza alimentare e sul reddito degli agricoltori.⁴¹ La riduzione delle popolazioni di api comporterebbe pertanto non solo un danno ecologico, ma anche un impatto economico rilevante, con conseguenze dirette sui sistemi agricoli e sulle economie

1.5.3 Impatto indiretto

L'impatto indiretto delle api risulta tuttavia ancora più rilevante. Attraverso l'impollinazione, le api garantiscono la riproduzione di un'ampia parte delle colture alimentari e delle piante selvatiche, influenzando in modo determinante la disponibilità, varietà e qualità degli alimenti **destinati al consumo umano**. La presenza delle api è quindi strettamente legata alla

sicurezza alimentare, alla **diversificazione delle diete** e alla stabilità delle filiere agricole.^{42,43}

Inoltre

Capitolo 2

L'habitat naturale delle api

2.1 Distinzione terminologica

2.1.1 Distinguere tra alveare naturale e arnia

Nel contesto dell'apicoltura e della biologia delle api, è fondamentale distinguere tra i termini alveare e arnia.

Alveare naturale

Alveare, come termine singolo, si riferisce alla colonia di api stessa, intesa come organismo sociale composto da api operaie, fuchi e ape regina, e dall'insieme dei favi che esse costruiscono. L'alveare comprende quindi sia gli individui viventi sia la struttura di cera nella quale essi vivono, immagazzinano miele e polline, allevano le larve e regolano microclima e umidità.¹ Mentre la cavità in cui si annidano viene definita alveare naturale, o nido d'api [Fig.1].

¹
SEELEY, Thomas D. Honeybee
Democracy. Princeton: Princeton
University Press, 2010

semplicemente contenitori di miele o covata, ma una struttura dinamica e adattiva, intimamente connessa al comportamento delle api e alle caratteristiche fisiche della cavità che le ospita. Forma, disposizione e materiale concorrono in modo determinante al benessere della colonia e all'efficienza energetica dell'intero sistema. ¹⁵

¹⁵ SEELEY, Thomas D. Honeybee Democracy. Princeton: Princeton University Press, 2010

Covata

La covata rappresenta il nucleo biologico e funzionale della colonia di Apis mellifera, comprendendo **uova**, **larve** e **pupe** ospitate all'interno delle celle dei favi [Fig.6]. Essa è generalmente localizzata nella **zona centrale** del nido, dove le condizioni microclimatiche risultano più stabili e controllabili. Questa disposizione non è casuale, ma risponde a un'evoluzione adattativa che consente di ridurre le dispersioni termiche e di ottimizzare l'uso dell'energia collettiva della colonia.

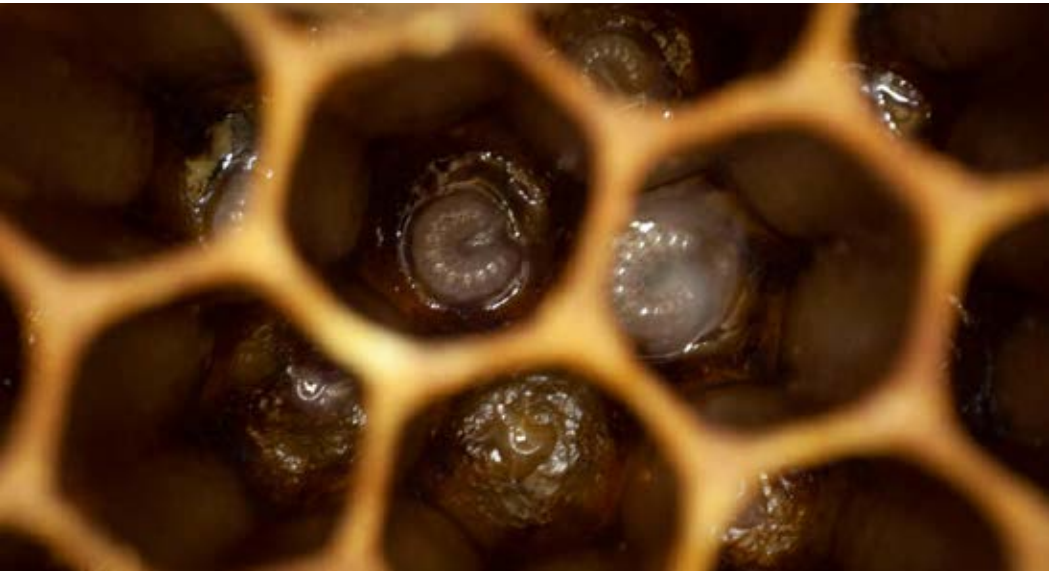


Fig.6
Primo piano di celle di covata con all'interno delle larve d'api

Lo sviluppo della covata richiede condizioni ambientali estremamente precise. La temperatura ottimale si mantiene intorno ai 34–35 °C, con variazioni tollerabili molto ridotte; scostamenti anche di pochi gradi possono causare ritardi nello sviluppo, malformazioni o aumento della mortalità larvale.

Allo stesso modo, l'umidità relativa deve essere mantenuta entro un intervallo adeguato per prevenire la disidratazione delle larve o la proliferazione di patogeni fungini e batterici.

La regolazione del microclima della covata è affidata a complessi comportamenti collettivi delle api operaie. Queste intervengono att

Capitolo 3

Apicoltura e la vita delle api addomesticate

3.1 Evoluzione dell'apicoltura

3.1.1 Storia dell'apicoltura

Nel corso dei secoli, il rapporto tra l'uomo e le api è stato fondamentale: questi insetti non solo garantiscono l'equilibrio degli ecosistemi attraverso l'impollinazione, ma forniscono anche una preziosa fonte di nutrimento e sostanze zuccherine, in particolare il miele, utilizzato dall'uomo ben prima dello sviluppo dell'agricoltura.¹ Le origini dell'apicoltura sono molto antiche e difficili da datare con precisione, ma testimonianze certe ne attestano la pratica già nell'Antico Egitto intorno al 2400 a.C. Bassorilievi rinvenuti nel **tempio solare di Niuserra ad Abu Gurab** [Fig. 1] raffigurano scene di raccolta e lavorazione del miele e costituiscono una delle prime rappresentazioni iconografiche di **alveari artificiali**. In questo contesto, l'ape

¹
CRANE, Eva. The World History of Beekeeping and Honey Hunting. New York: Routledge, 1999

L’accumulo di questi fattori di disturbo determina una riduzione della longevità delle api, un’alterazione dei comportamenti di bottinamento e difesa e una maggiore suscettibilità a parassiti e patogeni, come Varroa destructor e Nosema spp., instaurando un circolo vizioso in cui colonie più stressate risultano meno produttive e richiedono interventi gestionali sempre più frequenti, con un ulteriore peggioramento del benessere complessivo.²⁴

3.3.3 Un’apicoltura standardizzata

Com accennato nel corso degli ultimi decenni, l’apicoltura moderna ha progressivamente modificato il rapporto evolutivo tra Apis mellifera e l’ambiente naturale, contribuendo in modo indiretto a un indebolimento della resilienza delle colonie. La gestione intensiva, basata su controlli frequenti, trattamenti sistematici contro i patogeni e interventi correttivi continui, ha ridotto la **pressione selettiva naturale** che, in condizioni selvatiche, favorisce colonie più adattabili e resistenti. Studi condotti su popolazioni di api non gestite mostrano infatti una **maggiore capacità di autoregolazione**, una **migliore resistenza** a Varroa destructor e una minore incidenza di collassi di colonia rispetto alle api allevate in contesti intensivi.²⁵

L’assistenza costante dell’uomo, se da un lato consente di mantenere produttive colonie altrimenti destinate a soccombere, dall’altro favorisce la sopravvivenza e la riproduzione di linee genetiche meno robuste, aumentando la **dipendenza dell’ape dall’intervento apistico**. Questo fenomeno è ulteriormente accentuato dalla **selezione artificiale** orientata principalmente alla docilità e alla produttività di miele, piuttosto che alla resistenza a stress ambientali e patogeni.²⁶ Di conseguenza, le colonie allevate tendono a manifestare una ridotta capacità di risposta autonoma ai disturbi, richiedendo **interventi sempre più frequenti** per il controllo delle malattie, la gestione delle scorte e la stabilizzazione del microclima dell’arnia. Tale circolo vizioso contribuisce a una progressiva perdita di “competenza ecologica” delle api, rendendo difficile la loro sopravvivenza senza supporto umano e accentuando la fragilità complessiva del sistema apistico.²⁷

24
BRODSCHNEIDER, R.;
CRAILSHEIM, K.
Nutrition and health in honey
bees. Apidologie, 2010

25
SEELEY, T.D.
The Lives of Bees: The Untold
Story of the Honey Bee in the
Wild. Princeton: Princeton
University Press, 2017

26
BÜCHLER, R.; BERG, S

Capitolo 4

Tipologie di arnie e normative

4.1 Evoluzione e tipologie di arnie

4.1.1 Cos'è un'arnia

Mentre un alveare naturale è la conformazione naturale che si trova in natura, creata per ospitare una famiglia di api, un'arnia è una **struttura artificiale** progettata per ospitare una colonia di *Apis mellifera*, permettendo sia lo sviluppo naturale dei favi sia la gestione delle operazioni apistiche e la raccolta dei prodotti dell'alveare. La sua funzione principale è ospitare e proteggere la colonia, garantendo al contempo un microclima interno stabile e favorevole alla salute delle api. Inoltre, l'arnia facilita **l'accesso dell'apicoltore** per ispezioni periodiche, raccolta del miele, trattamento dei parassiti e altre operazioni di gestione.¹

All'interno dell'arnia, le api costruiscono i favi su **telai** [Fig. 1], ossia

¹
CRANE, Eva. *The World History of Beekeeping and Honey Hunting*. New York: Routledge, 1999

due tipologie principali: arnie a **favi fissi** e arnie a **favi mobili**.

Le arnie razionali a favi mobili, introdotte a partire dal XIX secolo, costituiscono il modello alla base dell’apicoltura moderna. Esse sono dotate di telai o cornici mobili che possono essere rimossi singolarmente dall’apicoltore, consentendo ispezioni, raccolta del miele e interventi sanitari senza compromettere l’integrità del nido. Questo sistema ha reso possibile una gestione più efficiente, standardizzata e sostenibile della colonia. Tra i modelli più noti rientrano Langstroth, Dadant, Layens e Top Bar Hive. All’interno delle arnie razionali a favi mobili è possibile individuare una seconda importante classificazione, basata sullo sviluppo spaziale della colonia: arnie a sviluppo verticale e arnie a sviluppo orizzontale.

4.2.2 Arnie razionali a sviluppo verticale

Le arnie razionali a sviluppo verticale rappresentano il modello più diffuso nell’apicoltura moderna e commerciale. La loro struttura si basa su corpi sovrapposti modulari, all’interno dei quali sono alloggiati telai mobili standardizzati che consentono all’apicoltore di ispezionare la colonia, controllare la covata e raccogliere il miele senza distruggere i favi. Questo sistema deriva dal principio dello spazio dell’ape (bee space), che permette la mobilità dei telai evitando costruzioni indesiderate di cera o propoli. Le arnie verticali sono progettate per favorire l’espansione della colonia verso l’alto, seguendo parzialmente il comportamento naturale delle api, che in cavità profonde tendono a sviluppare il nido in verticale. Tuttavia, la forte standardizzazione e l’elevata frequenza di manipolazione rendono queste arnie particolarmente adatte a una gestione intensiva, con implicazioni sia positive sia critiche per il benessere della colonia.⁸

Arnia Dadant-Blatt

L’arnia Dadant-Blatt è uno dei modelli più utilizzati in Europa e in Italia, soprattutto in ambito professionale.

Si tratta di un’arnia verticale caratterizzata da un corpo nido ampio e da melari sovrapposti di dimensioni ridotte rispetto al nido.

Il corpo nido ospita generalmente 10 o 12 telai, di grandi dimensioni (circa 43,5 × 30 cm), che offrono un’ampia superficie per la covata. I mel

colonia.²⁴ Al contrario, le geometrie naturali dell’habitat delle api mellifere, come le cavità di alberi o di rocce, presentano superfici prevalentemente curvilinee o ellissoidali, prive di spigoli marcati. Queste forme contribuiscono a ridurre i ponti termici e favoriscono una distribuzione più omogenea del calore e dell’umidità all’interno del nido, migliorando la stabilità del microclima. Inoltre, la continuità delle superfici interne consente una costruzione dei favi più coerente con i comportamenti innati della colonia, avvicinandosi maggiormente alle condizioni riscontrabili in ambiente naturale.²⁵ Studi e sperimentazioni recenti hanno evidenziato come arnie caratterizzate da geometrie ellissoidali o cilindriche possano migliorare il comfort termico dei favi, ridurre il consumo energetico necessario alla termoregolazione e favorire una maggiore coesione della colonia, grazie alla continuità spaziale dell’involucro interno.^{26,27}

4.4.6 Impatto della forma sul microclima e sul comportamento delle api

La forma dell’arnia svolge un ruolo determinante nella definizione del microclima interno, influenzando in modo diretto la temperatura, l’umidità e i meccanismi di ventilazione naturale. Nelle arnie a geometria squadrata, la presenza di angoli accentuati favorisce la formazione di condensa e comporta una maggiore variabilità igrometrica, con possibili ricadute negative sulla stabilità dell’ambiente interno. Al contrario, le arnie caratterizzate da superfici curvilinee o ellissoidali consentono una distribuzione più uniforme della temperatura e una maggiore stabilità dell’umidità relativa, riducendo significativamente il rischio di condensa lungo le pareti e migliorando l’efficienza del microclima complessivo.²⁸ Tre agli aspetti fisici, la geometria dell’arnia incide anche sul comportamento della colonia. In spazi interni curvilinei, i favi tendono a essere costruiti in modo più regolare e strutturalmente solido, con una minore formazione

di cera irregolari, facilitando così la gestione e le ispezioni. La continuità spaziale favorisce inoltre una colonizzazione più omogenea del nido e una maggiore fluidità nei movimenti delle api all’interno dell’arnia. Questi fattori contribuiscono a ridurre lo stress sia per la colonia sia durante le operazioni di controllo da parte dell’apicoltore, con un conseguente miglioramento del benessere complessivo dell’alveare.²⁹

Capitolo 5

Analisi progettuale

5.1 Analisi del target

5.1.1 Gli apicoltori hobbisti

L'apicoltura hobbistica rappresenta una pratica in crescita in Italia e nel mondo, caratterizzata da individui o piccoli gruppi che allevano api principalmente per passione e per autoconsumo, piuttosto che per fini commerciali. La comprensione del target è fondamentale per progettare arnie che rispondano alle esigenze specifiche degli apicoltori hobbisti, garantendo praticità, sicurezza e sostenibilità.

Requisiti microclimatici indiretti

Le dimensioni dell’arnia devono consentire il mantenimento della temperatura della covata tra 34 e 35 °C e un’umidità relativa controllata intorno al 50–65 %. Da questi parametri derivano indicazioni progettuali quali spessore minimo delle pareti, continuità dei materiali e assenza di spifferi non controllati.

5.3 Casi studio

5.3.1 Criteri di selezione

Per la selezione dei casi studio presentati in questa tesi, si è adottato un criterio orientato al **benessere delle api**, privilegiando arnie progettate per **ridurre lo stress** della colonia e favorire **comportamenti naturali**. In particolare, sono stati scelti modelli che imitano le **forme più spontanee** dei nidi selvatici, come cavità tonde o leggermente arrotondate, che consentono una termoregolazione efficiente, una ventilazione naturale e una distribuzione ottimale della covata e delle scorte. Questo approccio permette di evidenziare le soluzioni progettuali che coniugano sostenibilità, ergonomia per l’apicoltore e rispetto dei ritmi biologici della colonia, rispetto alle arnie standardizzate e squadrate tipiche dell’apicoltura industriale, in cui l’attenzione è principalmente rivolta alla massimizzazione della produzione. La scelta di casi studio basati su tali principi offre inoltre un riferimento concreto per confrontare vantaggi e limiti di modelli alternativi rispetto alle pratiche tradizionali.

Arnia Bienenkugel

La Bienenkugel rappresenta un esempio innovativo di arnia progettata per promuovere il benessere delle api e facilitare la gestione hobbistica. [Fig.4] Si tratta di un’arnia sferica, ispirata alla naturale propensione delle api a costruire favi in cavità tonde, evitando angoli che favorirebbero dispersioni termiche. La forma arrotondata consente alle api di mantenere la temperatura della covata costante intorno a 35 °C, riducendo il consumo energetico della colonia rispetto a cavità squadrate. Il design compatto permette ispezioni rapide senza sollevamento di pesi eccessivi, rendendo l’arnia adatta anche a bambini e apicoltori con forza fisica limitata. La forma tondeggiante e il sistema di ventilazione integrato favoriscono un microclima stabile, riducendo la proliferazione di patogeni e miglior

alle prime esperienze. L'obiettivo è promuovere un'apicoltura più lenta, consapevole e sostenibile, in cui le operazioni non disturbino la colonia e riducano lo stress fisico dell'apicoltore.

Capitolo 6

Sviluppo del progettuale

6.1 Il concept

6.1.1 Principi guida

Lo sviluppo del concept progettuale si fonda sulla volontà di superare l'impostazione funzionalista e produttiva che caratterizza gran parte delle arnie contemporanee, ponendo al centro la ricostruzione di condizioni ambientali più vicine all'alveare naturale. L'arnia viene quindi concepita non come semplice contenitore tecnico, ma come habitat artificiale, capace di mediare tra le esigenze biologiche della colonia e le necessità operative dell'apicoltore.

6.2.5 Dimensioni e distanze

Il dimensionamento dell’arnia è stato definito sulla base di un equilibrio tra riferimenti normativi, requisiti biologici della colonia e qualità dello spazio interno. La capienza del corpo nido è pari a circa 40 litri, mentre il melario presenta un volume di circa 33 litri. Questi valori rientrano nei range dimensionali comunemente adottati nelle arnie razionali e riconosciuti come idonei a garantire uno sviluppo equilibrato della colonia, assicurando superfici sufficienti per la covata, le scorte e la circolazione interna. Allo stesso tempo, tali proporzioni favoriscono il corretto movimento delle api tra i favi, il mantenimento del bee space [Fig. 5] e una distribuzione più uniforme delle condizioni termo-igrometriche, elementi fondamentali per la stabilità del microclima interno. Il rapporto tra volume del nido e del melario risulta inoltre funzionale alla gestione stagionale, evitando sovradimensionamenti che potrebbero compromettere l’efficienza energetica della colonia, soprattutto nei periodi più freddi.

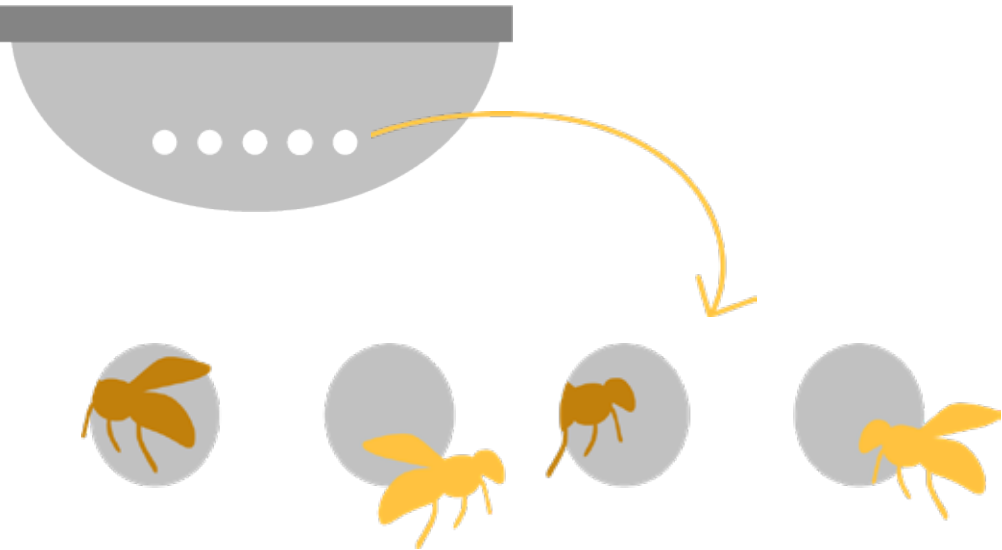


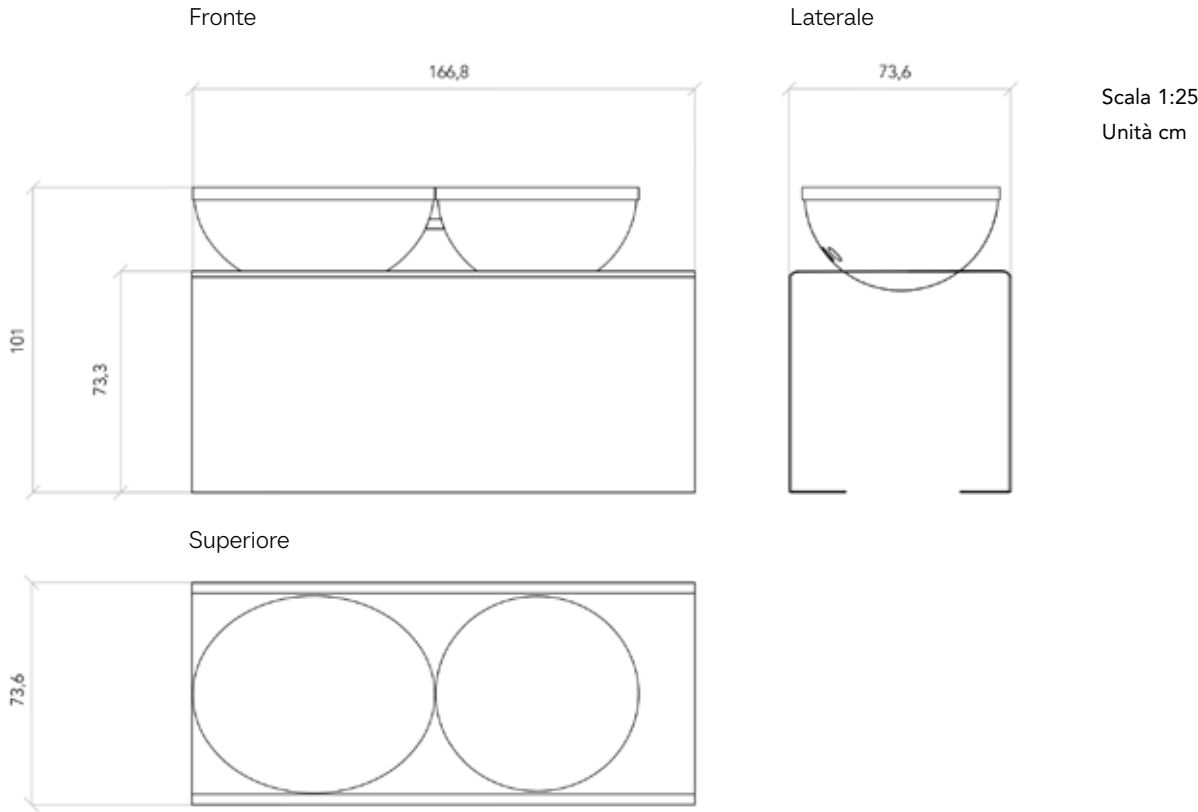
Fig. 5
Bee space per l’uscita
dall’arnia

6.2.6 Il tavolo di appoggio

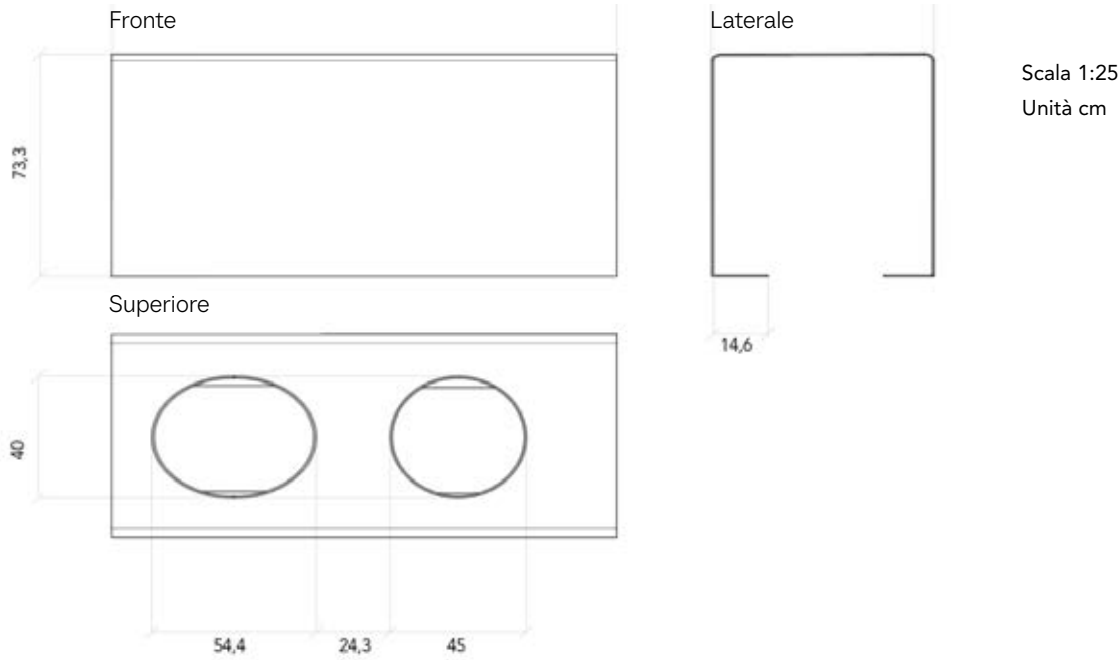
Il basamento dell’arnia è stato progettato con l’obiettivo di coniugare stabilità strutturale e praticità ergonomica durante le operazioni di ispezione. La struttura è realizzata in lamiera di acciaio zincato, scelta per le sue elevate proprietà di resistenza alla corrosione e agli agenti atmosferici. Attraverso un processo di piegatura a freddo, il foglio metallico acquisisce una geometria ottimizzata che garantisce una solida base d’appoggio, distribuendo uniformemente il carico del nido e dei melari sul terreno.

Una caratteristica distintiva di questo sostegno è l’estensione longitudinale sul lato del melario: questa sporgenza è stata appositamente concepita come piano d’appoggio ausiliario, permettendo all’apicoltore di posizionare temporaneamente gli

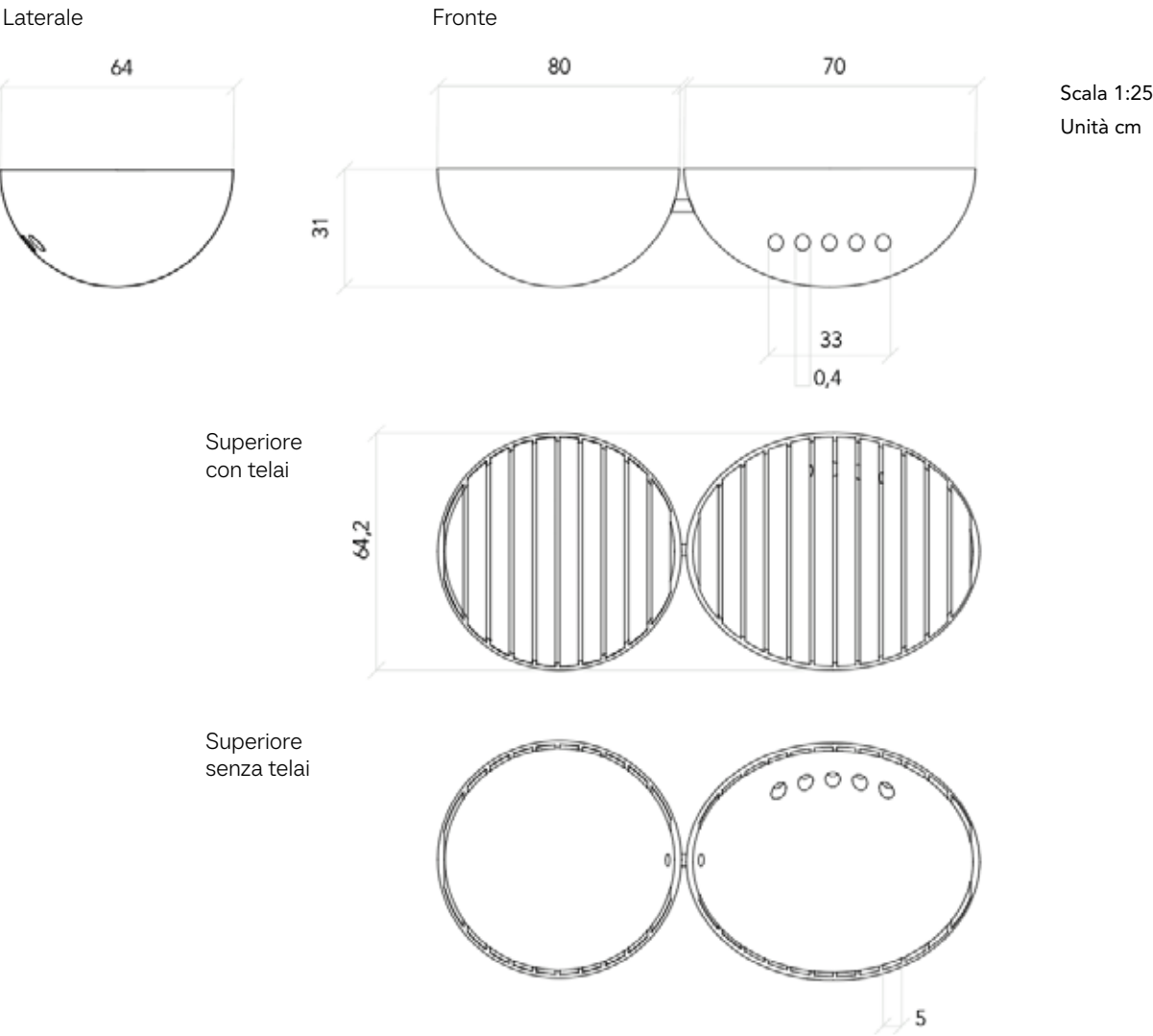
Vista ortogonale struttura



Vista ortogonale sostegno di appoggio



Vista ortogonale arnia



Vista ortogonale telai

