

P.U.L.T. FICTION

**L'equilibrio tra uomo e tecnologia
per un'agricoltura sostenibile.**

**Angela Ilaria Cirilli | Valentina Diaferio Azzellino
Rosina Iacovino | Simona Pucillo**

**Relatore:
Prof.re Fabrizio Valpreda**

**Correlatore:
Prof.re Andrea Di Salvo**



PIC4SeR

Luglio 2018



P.U.L.T. FICTION

**L'equilibrio tra uomo e tecnologia
per un'agricoltura sostenibile.**

**Tesi di Laurea Magistrale
in Design Sistemico**

Laureande:

Angela Ilaria Cirilli

Valentina Diaferio Azzellino

Rosina Iacovino

Simona Pucillo

Relatore:

Prof.re Fabrizio Valpreda

Correlatore:

Prof.re Andrea Di Salvo

A.A. 2017/2018

ABSTRACT

INTRODUZIONE

La finitezza delle risorse del pianeta Terra	11
Il modello economico attuale e i suoi limiti	15
La nascita dell'Economia Circolare	16
1. I criteri dell'Economia Circolare e il pensiero sistemico	17
2. La necessità di essere “resiliente”	20
Agricoltura e System Thinking	22

PARTE I

Lo scenario agricolo globale	29
1. Le ragioni di un cambiamento	29
Nuove strategie sostenibili	35
1. Sustainability Development Goals	35
2. Obiettivi Agenda 2030	36
3. Lo sviluppo sostenibile nel contesto italiano	37
I modelli agricoli intensivi	40
1. Agricoltura convenzionale	40
2. Perché l'agricoltura industriale non è più praticabile?	43
Nuovi scenari agricoli “naturali”	46
1. Agroecologia	46
1.1 Agricoltura biologica	49
1.1.1 I pilastri del biologico	50
1.1.2 Perché l'agricoltura biologica è sostenibile?	51
1.2 L'agricoltura organica e rigenerativa	54
Nuovi scenari agricoli “tecnologici”	55
1. L'agricoltura di Precisione	55
1.1 L'ultima frontiera innovativa	56
1.2 I limiti dell'AdP	58
1.3 Vantaggi e svantaggi	59
1.4 Le tecnologie dell'AdP	60
Lo scenario Italiano: i numeri dei modelli produttivi analizzati	63
1. Il territorio Italiano	63
1.1 I numeri dell'agricoltura convenzionale	64
1.2 I numeri dell'agricoltura agroecologica	65
1.2.1 L'agricoltura biologica in Italia	66
1.2.2 L'agricoltura biologica sul territorio piemontese	68
1.3 I numeri dell'agricoltura di precisione	68

PARTE II

Analisi dello scenario agricolo e definizione dello scenario progettuale	71
Perché integrare biologico e sensoristica?	72
1. Un modello agricolo sostenibile come strategia di sviluppo	72
2. Integrazione tecnologica	73
Le fasi del Biologico	73
1. Preparazione del terreno	74
1.1 Pulizia del terreno	76
1.2 Pacciamatura	76

1.3 Solarizzazione	78
1.4 Falsa semina	79
1.5 Fertilizzazione	79
1.6 Letame	80
1.7 Compost	82
1.8 Sovescio	83
2. Semina	85
2.1 Semente biologico	85
2.2 Rotazioni colturali	86
2.3 Consociazioni colturali	88
3. Crescita	89
3.1 Lotta biologica	90
3.2 Trappole chemio-cromo-attrattive	92
3.3 Reti anti-insetto	92
3.4 Prodotti fitosanitari	92
3.5 Controllo della flora spontanea	93
3.6 Il pirodiserbo	94
4. Raccolta	95
4.1 Auto-produzione dei semi	95
4.2 Conservazione post-raccolta	96
La sensoristica, lo scenario	100
I sensori	101
2. Perché implementare i sensori	102
2. Tipologie di sensori	103
 PARTE III	
Il concept	107
Casi studio	108
1. Pollution sensing	108
2. HarvestGeek	110
3. Grüt: A Gardening Sensor Kit for Children	112
La ricerca parte dal territorio	115
Individuazione del target di riferimento	118
1. Il metodo esigenziale	121
Il caso studio: Vita di campo	124
1. Inquadramento dell'azienda	125
2. Analisi delle azioni	127
Individuazione e sviluppo delle criticità	127
1. Incrocio dei dati raccolti	130
Punti di sviluppo per concept	131
1. Acidità del suolo	132
2. Sostanza nutritiva	134
3. Patogeni	136
La scelta della coltura	138
1. La fragola	138
2. L'insalata	141
3. Il peperone	143
Perché la fragola?	145

PARTE IV	
Il progetto	149
1. PIM: Plant Intelligent Monitoring	152
Asset tecnologico: i componenti	152
1. Arduino UNO	152
2. Sensore umidità suolo	153
3. Sensore DHT-11	154
4. Fotoresistore	154
5. Sensore FC-37	154
Assemblaggio e programmazione	157
1. Test sensori in studio: assemblaggio	157
2. Test sensori in studio: programmazione	158
2.1 Programmazione del sensore di umidità del suolo	158
2.2 Programmazione del sensore DHT-11	159
2.3 Configurazione del fotoresistore	159
2.4 Programmazione del sensore di pioggia FC-37	159
Analisi e incrocio dei dati raccolti	160
1. Testing in <i>Vita di campo</i>	162
Sviluppo del prototipo: i nuovi componenti	164
1. Adafruit Feather M0 RFM95 LoRa Radio	164
2. Antenna RF LoRa	166
3. Batteria ai polimeri di ioni di litio (ASR00008)	166
4. Pannello solare 0.5w	166
La scocca	168
1. Costi realizzazione prototipo	169
Acquisizione, trasmissione e interpretazione: come funziona?	174
Interaction design	176
Gli utenti	177
1. Analisi dei personas	177
L'esperienza utente	182
1. Empathy map	182
2. I touchpoint	186
3. Una giornata tipo	188
4. La Customer Journey map	194
Sviluppo interfaccia dell'applicazione mobile	200
1. User Flow	200
2. Wireframe app	201
3. Mockup app	204
4. User testing	206
Sviluppi futuri	208
Conclusioni	209
 Bibliografia	 213
 Sitografia	 215

ABSTRACT

La **sostenibilità del sistema agricolo** è la problematica mondiale che preoccupa maggiormente: emissioni, sfruttamento di risorse disponibili in quantità limitata, inquinamento da prodotti di sintesi, ecc. Questo è il punto di partenza per un'analisi dei diversi approcci agricoli esistenti. Il **modello agricolo biologico**, scelto come scenario progettuale, si basa essenzialmente su **pratiche agronomiche preventive**, limitando lo sfruttamento delle risorse naturali e favorendo la rigenerazione dell'ecosistema agricolo. L'individuazione e l'analisi di un'**azienda biologica tipo** con la quale avviare il lavoro di tesi è stato un passo determinante. Tale analisi ha permesso di definire le criticità presenti nel processo lavorativo dal punto di vista dell'agricoltore e delle colture per poter intervenire e apportare un miglioramento qualitativo. Intrecciando le pratiche agricole dell'azienda con le nuove tecnologie è stato possibile effettuare valutazioni qualitativamente migliori e significative sul fronte della prevenzione delle avversità. Infatti, un sistema **M2P** (Machine to Person), consente di instaurare una **comunicazione** tra utente e strumenti tecnologici, attraverso uno scambio di **informazioni**. Per approfondire tale tema è stata stretta una collaborazione con il Centro Interdipartimentale per la Robotica di Servizio *PIC4SeR*, tramite il quale è stato possibile conoscere le tecniche e le tecnologie applicabili al settore agricolo. Ne è risultata la realizzazione di un asset tecnologico da **sensori** in grado di captare dati utili all'agricoltore per **monitorare alcune variabili atmosferiche e pedologiche**. Tali dati

raggiungono immediatamente l'agricoltore grazie agli innovativi strumenti di trasmissione LAN che sono stati adottati in progetto.

Il fine ultimo di questo sistema di **monitoraggio e trasmissione**, è quello di agire in ottica **preventiva**, al fine di **controllare** lo stato di salute delle proprie colture. Infine, l'**incrocio dei diversi dati** acquisiti ha fornito i mezzi per poter individuare alcune situazioni di criticità durante le quali è facile supporre la proliferazione di alcune avversità. Il sistema tecnologico in questione rappresenta la chiave per **dar "voce" alle piante** affinché esse siano in grado di **comunicare direttamente con l'agricoltore**, richiedendo così il suo intervento tempestivo, se necessario.

Il lavoro di tesi trova il sunto in un sistema **IoT** focalizzato sull'utente, che ha dato vita ad una fitta rete di informazioni in grado di relazionare uomo, natura e innovazione.

Il punto di arrivo è stata la progettazione di un **servizio** che include la sperimentazione di un **prototipo e di un'applicazione**, la quale permette all'agricoltore di interfacciarsi con i dati acquisiti. Tale servizio è un sistema **modulare** e facilmente **implementabile** con altre componenti e in altri sistemi agricoli sostenibili con finalità di **supportare** il lavoro umano e seguire l'agricoltore nella fase decisionale. Dall'analisi e progettazione è scaturito il titolo di tesi *PULT FICTION. L'equilibrio tra uomo e tecnologia per un'agricoltura sostenibile*. L'acronimo "PULT" racchiude le parole Pioggia, Umidità, Luminosità e Temperatura, ovvero i valori restituiti all'agricoltore. "FICTION", invece, che dall'inglese si traduce come *finzione e invenzione*, è stato accostato all'acronimo per ricordare l'incredulità e lo stupore degli agricoltori durante la fase di user testing, nel realizzare quanto fosse facile monitorare le proprie colture e intervenire immediatamente. Si è creato un equilibrio tra le parti uomo e tecnologia per avviare il cambiamento sostenibile.

INTRODUZIONE

La finitezza delle risorse del pianeta Terra

Per introdurci al meglio nel tema che si tenterà di sviluppare lungo questo lavoro vorremmo partire da un'interessante **critica all'economia classica** che delinea l'economista italiano Mauro Bonaiuti e che possiamo ritrovare nell'importante testo di Nicholas Georgescu-Roegen: *Bioeconomia, verso un'altra economia ecologicamente e socialmente sostenibile*. I limiti di questo pensiero tradizionale sono di natura pratica e metodologica: esso va contro le leggi fondamentali della natura ed è mosso da un processo infinito di domanda che stimola produzione, che genera capitale, che incrementa la domanda. Bonaiuti, inoltre, ci introduce alla scoperta del pensiero economico, fisico e biologico del professore Georgescu-Roegen, fondatore della **Bioeconomia**. L'economista rumeno sostiene che tale economia necessita di modifiche fondamentali poiché il processo economico di produzione ha dei costi, in termini di materia ed energia, che vanno sempre più degradandosi, e ovviamente, rischiamo che il pianeta Terra, la natura generalmente così come viene idealizzata, contrariamente a quanto si possa pensare, ci presenti presto o tardi un salato conto da pagare. La produzione e il consumo dell'economia attuale, infatti, sostengono la teoria dell'infinità dei processi, mossi dal capitale naturale che genera capitale monetario che, a sua volta, incentiva la domanda in un circolo vizioso infinito di beni e altro capitale prodotti. Ma non è così, perché l'economia ha a che fare con la

materia e con le risorse naturali. Ne deriva gio-
coforza una forte riduzione di questi elementi,
e ciò va a costituire il principale elemento di
criticità del nostro attuale sistema economico.
La realtà infatti afferma la **finitezza del sistema
Terra** e delle sue risorse¹. Già nel 1972 il Club di
Roma, costituito da Donella H. Meadows, Dennis
L. Meadows, Jørgen Randers e William W.
Behrens, ha affermato che una **crescita illimita-
ta avrebbe portato al collasso del pianeta**.
Tutta l'analisi del caso e i modelli di simulazione
vennero pubblicati nel *Rapporto sui limiti dello
sviluppo (The Limits to Growth)*, che lo stesso
Club aveva in precedenza commissionato al MIT
(Massachusetts Institute of Technology). Queste
simulazioni, approntate tramite un computer
World3, avevano come scopo la predizione delle
conseguenze che la continua crescita della
popolazione avrebbe avuto sull'ecosistema
terrestre e sulla stessa sopravvivenza della
specie umana².

1. N. Georgescu-Roegen,
*Bioeconomia. Verso un'altra
economia ecologicamente e
socialmente sostenibile*, 2003,
Bollati Boringhieri.

2. D.H. Meadows, D.L. Meadows,
J. Randers, W.W. Behrens III, *The
limits to growth*, 1972, Universe
Books New York.

“Consumo, dunque sono”

Il modello economico dell'ultimo secolo è
stato uno delle maggiori cause di miglio-
ramento economico generale, ma al tem-
po stesso anche la causa della crisi dovuta
dalla diminuzione delle risorse naturali.
*«[...] Il Capitalismo ha aumentato la pro-
spettiva di vita, ma ci ha rubato tempo.*
Tutto è diventato merce di scambio, tutto in ven-
dita. Ci ha trasformato in una società del consu-
mo con un bisogno costante di crescere perché
sennò diventa una tragedia. Abbiamo inventato
una montagna di consumi superflui... buttiamo
via, compriamo e ributtiamo via. Quando com-
pro qualcosa o tu compri qualcosa non lo com-
priamo con i soldi, ma con il tempo che abbiamo
speso a guadagnare soldi. Con l'unica differenza
che l'unica cosa che non si può comprare è la
vita, si esaurisce, ed è terribile. La vita è trop-
po bella per darle così poca importanza. Forse,
dobbiamo aspettare che si diffonda il malcon-
tento per renderci conto del valore che hanno
le cose più semplici e fondamentali della vita».
Queste sono le parole dell'ex Presidente

3. B. Zygmunt, *Consumo dunque sono*, 2007, Editori Laterza.

dell'Uruguay José Mujica, con le quali critica il sistema economico e sociale moderno. Come lui anche Georgescu e Zygmunt Bauman, hanno trovato parole forti per descrivere la società che ci circonda. Zygmunt Bauman, sociologo e filosofo polacco, in *Consumo, dunque sono*³ sembrerebbe essere completamente d'accordo con le parole di Mujica. Egli, infatti, ritiene che viviamo nella **"società dei consumatori"**, il cui valore supremo è il diritto e l'obbligo alla **"ricerca della felicità"** – una felicità istantanea e perpetua che non deriva tanto dalla soddisfazione dei desideri quanto dalla loro quantità e intensità -. Eppure, dice Bauman, rispetto ai nostri antenati **noi non siamo più felici**: siamo più **alienati**, al limite, **isolati**, spesso vessati, e soprattutto prosciugati da vite frenetiche e vuote, costretti a prendere parte a una competizione grottesca per la visibilità e lo status, in una società che vive per il consumo e trasforma tutto in merce. Ciononostante stiamo al gioco e non ci ribelliamo, né sentiamo alcun impulso a farlo. Anche Georgescu muove una **critica al comportamento del consumatore odierno e alla sua ricerca di felicità**. Contesta l'affermazione: *"L'Homo Oeconomicus è razionale"*. Questa concezione spiega che il consumatore ha sempre agito secondo una **razionalità strumentale**, fin dalla notte dei tempi: Eva raccolse la mela sull'albero della vita per avere la saggezza divina. Si tende ad agire in un certo modo solo per cercare di ottenere qualcosa. Con l'evolversi di questo comportamento si è arrivati alla degenerazione, poiché l'uomo ha trasformato il mondo che lo circonda, la natura, per ottenere quello che desidera, per essere felice. La razionalità strumentale, quindi, porta ad un agire senza tener conto delle conseguenze e della sopravvivenza. Da qui l'espressione:

"Chi vuole la felicità trova l'infelicità"

Il benessere di un sistema dipende dalle relazioni che si generano al suo interno, per cui l'uomo andando a modificare l'ambiente per

soddisfare i propri desideri non riuscirà ad essere felice poiché genererà reazioni che l'uomo stesso (la parte) non può controllare. Si ottiene inevitabilmente una differenza tra **aspettative** e **realtà** con conseguenze che ricadono sulla società, sull'ecosistema e sull'individuo stesso, generando **INFELICITÀ**⁴.

Il problema delle società dei giorni nostri è il **limite di orizzonte temporale**, caratterizzato dalla tendenza a guardare ad un futuro troppo vicino, e che porta ad interrogarci principalmente su cosa mangiare per cena, anziché farci preoccupare dei problemi a lungo raggio che oggi sembrano lontani anni luce, ma che così tanto distanti poi non sono.

Questo concetto spesso espresso da Serge Latouche, economista e filosofo francese, attraverso il "**teorema dell'alga verde**": un bel giorno, incoraggiata dall'uso massiccio di concimi chimici da parte degli agricoltori circostanti, una piccola alga verde comincia a prosperare in un grandissimo stagno. Anche se la sua diffusione annua è rapida, di una progressione geometrica con fattore 2, nessuno se ne preoccupa. In effetti, benché raddoppi ogni anno, l'alga arriverà a coprire l'intera superficie dello stagno in trent'anni, e al termine del ventiquattresimo anno non sarà colonizzato che il 3% dello specchio d'acqua. Probabilmente ci si comincerà a preoccupare quando l'alga avrà colonizzato la metà della superficie, facendo così gridare ad un *allarme eutrofizzazione*, - ovvero di asfissia della vita acquatica -. Sebbene per arrivare al punto critico ci siano voluti decenni, sarà sufficiente un solo anno per provocare la morte irrimediabile dell'ecosistema lacustre. Ecco, noi siamo arrivati esattamente al momento in cui l'alga verde ha colonizzato la metà del nostro stagno.

In questa situazione, sarebbe urgente riscoprire la saggezza della **lumaca**. La lumaca non solo ci insegna la necessaria lentezza, ma ci impartisce una lezione indispensabile. «*La lumaca* - spiega Ivan Illich, scrittore austriaco e precursore della teoria della decrescita sostenibile - *costruisce la delicata architettura del suo guscio aggiungendo una dopo l'altra delle spire sempre più larghe, poi smette bruscamente e comincia a creare delle circonvoluzioni*

4. N. Georgescu-Roegen, Bioeconomia. *Verso un'altra economia ecologicamente e socialmente sostenibile*, 2003, Bollati Boringhieri.

5. S. Latouche, *Breve trattato sulla decrescita serena*, 2008, Bollati Boringhieri.

stavolta decrescenti. Una sola spira più larga darebbe al guscio una dimensione sedici volte più grande. Invece di contribuire al benessere dell'animale, lo graverebbe di un peso eccessivo. A quel punto, qualsiasi aumento della sua produttività servirebbe unicamente a rimediare alle difficoltà create da una dimensione del guscio superiore ai limiti fissati dalla sua finalità. Superato il punto limite dell'ingrandimento delle spire, i problemi della crescita eccessiva si moltiplicano in progressione geometrica, mentre la capacità biologica della lumaca può seguire soltanto, nel migliore dei casi, una progressione aritmetica»⁵. Illich sostiene che la crisi economica che stiamo vivendo trova origine nelle politiche attuate dai governi del mondo occidentale, i cui poteri centrali risiedono nelle banche e nelle multinazionali, che in nome della crescita condannano alla miseria, alla malattia ed alla guerra centinaia di milioni di uomini.

Il modello economico attuale e i suoi limiti

Il modello economico attuale **take-make-dispose** si basa sull'utilizzo di input derivanti da risorse da sempre ritenute disponibili in quantità illimitate.

Le aziende estraggono dal pianeta materiali, che utilizzano per creare un prodotto, il quale viene venduto ad un consumatore. Il prodotto viene poi gettato quando non serve più al suo scopo. In termini di volume, nel 2010 circa 65 miliardi di tonnellate di materie prime sono entrate in circolo nell'apparato produttivo derivante dal sistema economico attuale, e questa cifra crescerà fino a circa 82 miliardi di tonnellate nel 2020⁶. Di conseguenza, negli ultimi anni, l'approvvigionamento di queste risorse è risultato essere sempre più difficile in quanto vincolato a limiti naturali, che risultano essere degli impedimenti alla loro sempre crescente richiesta⁷. Infatti, secondo le stime riportate dal documento *Towards the Circular Economy*, della Ellen

6. Ellen MacArthur Foundation, *Towards the circular economy. Economic and business rationale for an accelerated transition*, pp. 11-20, 2013.

7. Cfr. <http://www.assolombarda.it/servizi/ambiente/documenti/rapporto-geo-sulla-circular-economy> | consultato al 31 maggio 2018.

MacArthur Foundation (2013), **il modello di consumo lineare non sarà a lungo sostenibile**. Si prevedono entro i prossimi vent'anni 3 miliardi di consumatori in più e tra il 2009 e il 2030 i consumatori della classe media passeranno da 1,9 a 4,9 miliardi, di cui il 90% proveniente dalla regione Asia-Pacifico. Questa fascia di popolazione vorrà beneficiare delle migliori condizioni finanziarie anche attraverso l'acquisto di un maggior numero di beni. La crescente domanda proveniente dalle economie emergenti potrebbe far aumentare esponenzialmente lo sfruttamento di materie prime, ma dato il vincolo di risorse disponibili sul nostro pianeta, tutto ciò si tradurrebbe in un incremento del costo degli input e quindi dei prezzi dei prodotti⁸.

8. Tratto da Tesi in *L'Economia Circolare che cambia le Imprese*, 2017, Università degli studi di Padova.

La nascita dell'Economia Circolare

Come risposta alla crisi del modello di consumo lineare che si sta manifestando sotto diversi aspetti, nasce l'Economia Circolare. *«Un'economia industriale concettualmente rigenerativa che mira a consentire flussi efficaci di materiali, energia, lavoro e informazioni in modo che il capitale naturale e sociale possa essere ricostruito. Un'economia che punta a ridurre l'utilizzo di energia per unità di output e ad accelerare lo spostamento verso l'uso di energie rinnovabili attraverso la progettazione, trattando tutto ciò che è presente nell'economia come una fonte di valore. L'idea va oltre ai requisiti della produzione e del consumo di beni e servizi. Il concetto dell'economia circolare è fondato nello studio di sistemi reali, non lineari e ricchi di feedback, in particolare dei sistemi vitali»⁹.*

Questa è la definizione di Economia Circolare della Ellen MacArthur Foundation. Il concetto attorno cui si è sviluppata è frutto dell'unione di diversi concetti e scuole di pensiero. Una prima idea di base è originaria addirittura del diciottesimo secolo, ed è ger-

9. Cfr. <http://www.ellenmacarthurfoundation.org> | consultato al 31 maggio 2018.

eco
progettazione 1

modularità
e versatilità 2

energie
rinnovabili 3

10. G. Pauli, *Blue economy 2.0*,
2016, Edizioni Ambiente.

approccio
sistemico 4

recupero
dei materiali 5

mogliata nei decenni successivi per arrivare a riassumersi nel concetto di “sostenibilità”. Dalla nascita del termine fino ad una sua finale definizione sono trascorsi addirittura più di 300 anni. La denominazione è stata infatti coniata nel 1713 e da lì in poi si sono susseguite una serie di personalità, del mondo economico e non, che partendo da definizioni e considerazioni di autori del passato hanno contribuito alla determinazione di ciò che è oggi il significato di Economia Circolare. Un grande contributo nel tema è stato apportato nel 2010 dall'imprenditore ed economista Gunter Pauli, fondatore della ZERI Foundation (Zero Emissions Research and Initiatives), autore del rapporto *Blue economy*, base originaria del movimento open-source. Il manifesto del movimento racchiude molti dei concetti visti in precedenza e ne aggiunge di nuovi, tra i quali: la necessità di imitare la Natura e dunque i suoi **sistemi non lineari**; il rifiuto dello stesso concetto di “scarto di produzione”, perché ogni prodotto può essere fonte di un nuovo prodotto in un nuovo sistema; l'aver creato un rapporto implicazionale tra i concetti diversità e benessere e il concetto base che un **business sostenibile** deve rispettare risorse, cultura e tradizioni locali ed utilizzare risorse rinnovabili¹⁰.

1. I criteri dell'Economia Circolare e il pensiero sistemico

Come affermano gli autori Fritjof Capra e Pier Luigi Luisi nel loro scritto *Vita e natura, una visione sistemica*, oggi è necessario che la società, nella sua interezza, percepisca e metabolizzi il cambiamento radicale verso cui ci stiamo spingendo. Una comunità sempre più estesa di sostenitori caldeggia un **cambio di paradigma**, inteso come una vera e propria rivoluzione: una **visione integrata e sistemica** capace di includere la dimensione biologica, cognitiva, sociale ed ecologica della vita. «Una società sostenibile è una società in cui i modi di vivere, gli affari, l'economia,

le strutture materiali e le tecnologie non interferiscono con la capacità intrinseca della natura disostenere la vita»¹¹.

Questi sono i criteri di base, da cui derivano alcuni fondamenti che riassumono le diverse teorie originarie della Circular Economy. I fondamenti sono: l'**eliminazione del rifiuto** che dal concetto "Cradle to Cradle" (dalla rielaborazione del modello di Stahel), secondo McDonough e Braungart, la soluzione è progettare i beni seguendo da subito il principio che **"il rifiuto non esiste"**. Questi prodotti, nel momento in cui entrano nel ciclo di produzione successivo, possono addirittura aumentare il proprio valore, dunque fare upcycling; l'**utilizzo di azioni a cascata**, che significa utilizzare gli "scarti" derivanti da un sistema come input per un altro sistema, trasferendo "a cascata" il loro valore da prodotti scartati a prodotti nuovi; la **resilienza**, ovvero, in un contesto che evolve rapidamente e in cui l'incertezza è alta, la resilienza si costruisce attraverso flessibilità e diversità. Dal punto di vista etimologico, infatti, indica la capacità di un sistema di affrontare uno shock. Come diceva Nietzsche *Quello che non mi uccide, mi fortifica*, ed è con questa massima che possiamo descrivere il significato più profondo della parola stessa¹².

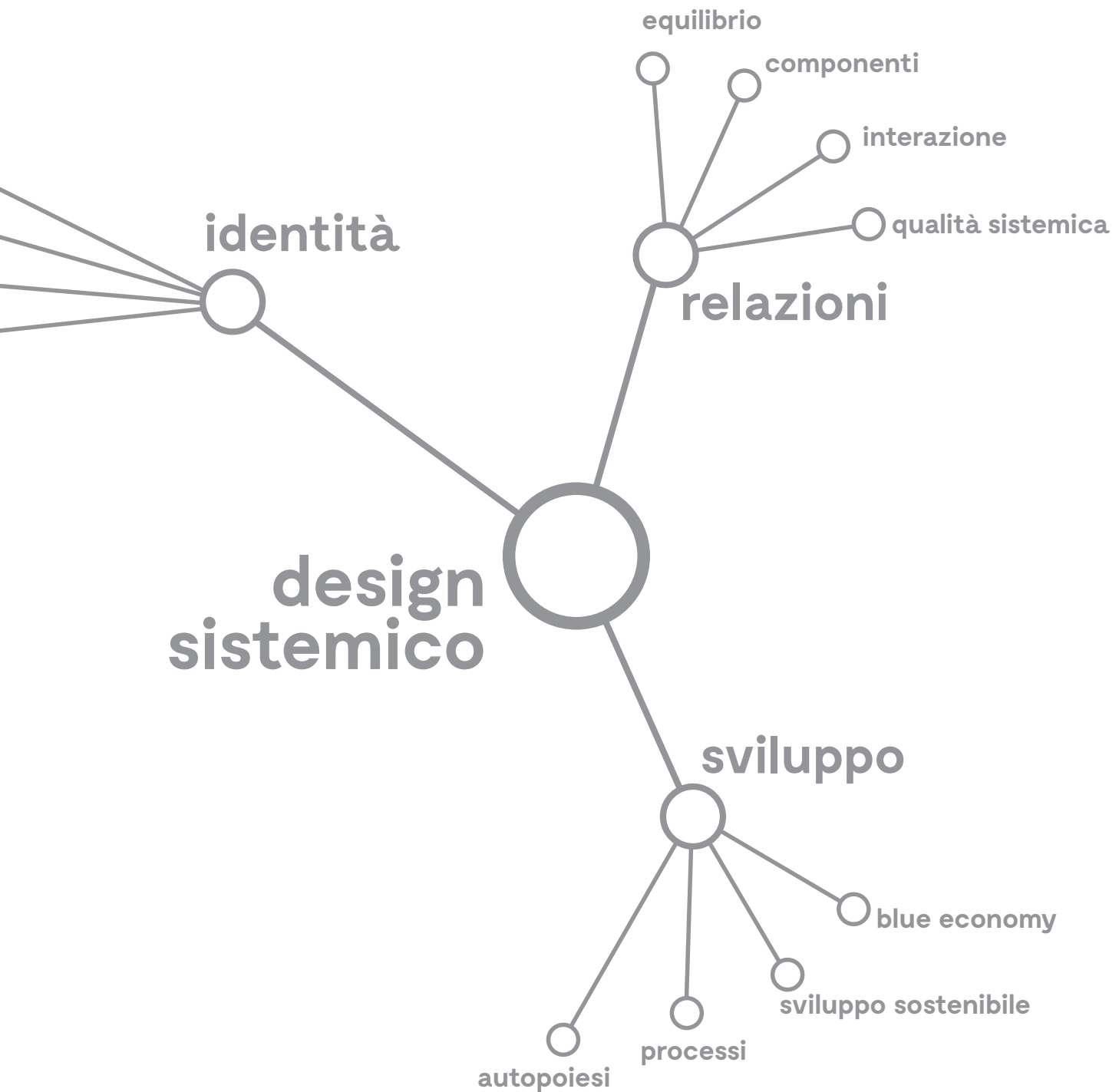
Nello specifico, in Economia Circolare un sistema per essere resiliente richiede **modularità, versatilità e capacità di lavorare con molti input diversi**. Per farlo diventano fondamentali nodi e connessioni inter-settoriali ed intra-settoriali.

In quest'ottica c'è bisogno di attuare un **pensiero sistemico** che consiste nel capire come all'interno di un insieme le diverse parti si influenzino reciprocamente.

11. F. Capra, P.L. Luisi, *Vita e natura. Una visione sistemica*, 2014, Aboca.



12. A. Zolli, A.M. Healy, *Resilienza. La scelta di adattarsi ai cambiamenti*, 2014, Rizzoli.



Il Design sistemico progetta le relazioni tra i componenti che generano il sistema, valorizza l'identità e le risorse locali e produce sviluppo e benessere per il singolo e la collettività. Le interazioni che intercorrono tra i componenti generano relazioni con il fine di trovare un equilibrio. Il risultato è la qualità del sistema creato. Lo schema è una rielaborazione tratta dal sito systemicdesign.org. Da questa si sviluppa la struttura comunicativa del presente lavoro di tesi.

FOCUS: Il concetto di resilienza

Il termine resilienza deriva dal vocabolo latino *resilire*, il cui significato è «saltare indietro, rimbalzare» e indica l'attitudine di un corpo (o di un sistema) a resistere ad una forza esterna o a tornare nella sua posizione di equilibrio dopo aver subito una perturbazione. Il termine è frequentemente usato in vari ambiti, dall'ecologia - dalla quale nasce - all'economia e alla psicologia. Il fil rouge che accomuna questi campi così diversi è proprio la capacità di un individuo, di un materiale, di un ecosistema, o di un'organizzazione di tornare alle condizioni originarie dopo aver subito uno shock. Tuttavia, tale capacità è limitata in quanto un sistema, a seconda dell'alterazione subita, potrebbe assumere una diversa modalità di funzionamento provocando, in questo modo, un cambiamento di identità. Gli studi teoretici sulla resilienza si possono far risalire agli anni Sessanta, grazie alle pionieristiche analisi dell'ecologo canadese Crawford Stanley Holling, e hanno gradualmente influenzato molti campi di studio oltre a quello riguardante le scienze naturali, come le discipline psicologiche e psichiatriche, lo studio della complessità dei sistemi umani e naturali, la geografia umana, la gestione delle calamità naturali, le scienze dei materiali, fino all'economia.

2. La necessità di essere “resiliente”

Nel libro *Resilienza. La scelta di adattarsi ai cambiamenti*, l'intento degli autori Andrew Zolli e Ann Marie Healy, è quello di avanzare un dialogo globale sul concetto di resilienza, allo scopo di far intendere come le persone e i sistemi persistano, in modo tale da recuperare e proporre nuove strategie di vita per far fronte al cambiamento. Partendo da questi parametri possiamo cogliere **la relazione tra resilienza e design sistemico**, in quanto quest'ultimo cerca di studiare e riprogettare quel flusso di materia che scorre tra

un sistema e l'altro. Sia il design sistemico che il termine resilienza – nell'accezione di Zolli –, cercano di portare avanti un processo di equilibrio affinché siano organizzati e ripensati i comportamenti degli abitanti all'interno del loro ambiente. Ogni singola componente, infatti, crea delle relazioni tra materia, energia e informazione. Dunque, risulta più facile capire come l'intento dei progettisti sistemici non sia solo quello di mettere l'uomo al centro del progetto, ma creare una coscienza resiliente nell'individuo stesso che gli possa permettere di adattarsi al meglio al suo status sociale, culturale e ambientale. Il design sistemico, quindi, rappresenta un metodo per far nascere negli individui la consapevolezza su ciò che potrebbe cambiare ed evolversi. In un futuro prossimo, il verificarsi di cambiamenti irreversibili finirà, inevitabilmente, per spostare l'interesse verso una strategia di adattamento al rischio e, pertanto, verso una sempre maggior attenzione alla resilienza. Il vero problema è che, ad oggi, non viviamo in un sistema ideale ma in un sistema reale composto da milioni di persone che sono continuamente colpite da eventi disastrosi e irreversibili, ed alle quali persone occorre dare soluzioni concrete ed etiche, che seppur imperfette siano in grado di garantire loro un futuro. Il mondo, in una condizione di disequilibrio provocato da innumerevoli fallimenti, costituisce il substrato adatto ad essere studiato approfonditamente e compreso. I luoghi o le situazioni più resilienti sono, paradossalmente, quelli che subiscono, o hanno subito, più frequentemente, esperienze di turbamento: in essi si trova la memoria condivisa che qualcosa di traumatico può ancora accadere. Quindi la resilienza nasce con lo stesso scopo del design sistemico ovvero quello di aiutare la popolazione, le organizzazioni e i sistemi vulnerabili a resistere e persino a prosperare in seguito a imprevedibili eventi distruttivi. Laddove la sostenibilità vuole ristabilire l'equilibrio globale, la resilienza esplora i modi per gestire un mondo che non è in equilibrio¹³.

13. A. Zolli, A.M. Healy, *Resilienza. La scelta di adattarsi ai cambiamenti*, 2014, Rizzoli.

Agricoltura e System Thinking

«Newton separated light into parts [different colours] while Goethe was interested to see what happened when parts [different colours] were joined together».

«Newton separò la luce in parti [colori diversi], mentre Goethe fu interessato nel vedere quello che accadde quando le parti [colori diversi] si congiungono».

Brian Goodwin

Lo sviluppo agricolo del secolo scorso è stato caratterizzato da un impressionante aumento dei sistemi di produzione, che hanno provocato un maggiore sfruttamento del suolo, delle risorse fossili, della manodopera e ha approfittato degli incredibili progressi che hanno contraddistinto il campo tecnologico. I risultati, tuttavia, sono segnati da compromessi negativi legati allo sviluppo. Esempi delle problematiche conseguenze sono l'ineguale distribuzione di cibo e reddito a livello locale, regionale e globale, la restrizione della biodiversità, la diminuzione delle riserve idriche e gli effetti collaterali derivanti dall'uso delle biotecnologie. Non si hanno effetti solo «puntiformi» dalle perturbazioni antropiche che hanno impattato sugli ecosistemi: acqua, aria e suolo non fungono solo da ricettori di inquinanti, ma ne sono anche veicolo di diffusione. Anche se la fonte d'inquinamento è puntuale, la contaminazione si diffonde nell'ambiente per poi inserirsi nelle catene alimentari fino a raggiungere l'uomo, che è l'elemento "terminale" quasi sempre¹⁴. Emerge una crescente sensazione di pericolo per il degrado degli ambienti biofisici, le distorsioni degli ambienti socio-economici e le dislocazioni di ambienti culturali troppo spesso associati alle pratiche agricole. Ragion per cui aumenta la necessità di una nuova scienza e prassi di complessità per affrontare queste relazioni problematiche tra l'agricoltura e gli ambienti in cui è condotta. Il pensiero e le pratiche dei sistemi stanno emergendo come utili a

14. Walter Ganapini, *Per una lettura sistemica del rapporto tra agricoltura ed ambiente*, in "Micron", Aprile 2016.

15. J.B. Schiere, R. Groenland, A. Vlug, H. Van Keulen, *System Thinking in Agriculture an overview*, capitolo 4, 2004.

risolvere tali problematiche. Tale approccio comprende l'analisi dei sistemi, l'ingegneria alla base degli stessi, la cibernetica e la biologia degli ecosistemi. Assumendo che il mondo sia composto da sistemi in trasformazione, gli studiosi di sistemi in agricoltura cercano di progettare nuovi agro-ecosistemi che siano allo stesso tempo produttivi, stabili, equi e sostenibili¹⁵. Anche molti consumatori e agricoltori hanno iniziato a mettere in discussione l'atteggiamento di controllo dei moderni approcci in ambito agricolo, che hanno come risultato lo sfruttamento e/o la distruzione di risorse naturali o l'accesso iniquo alle risorse. Gli scettici hanno iniziato a chiedersi per quanto tempo possiamo continuare a utilizzare le riserve fossili ai ritmi attuali. Alcuni agricoltori si rivolgono all'agricoltura biologica, mentre altri esitano a fare investimenti necessari per rimanere al passo con le recenti tendenze dell'agricoltura. In altre parole, vengono messe in discussione le pratiche precedentemente accettate e i paradigmi tradizionali, che vengono rivalutati. La teoria dei Sistemi Complessi ritiene che l'agricoltura sia una combinazione interagente tra natura, suolo e uomo tra i quali avvengono scambi di materie, informazioni e flussi, generando ulteriore valore. L'agricoltura è decisamente più di una semplice fornitura di cibo a breve termine, ed è necessario rigettare l'illusione che un intervento squilibrante su di una componente dell'insieme "risorse" possa non produrre effetti sull'intero insieme. Gli agricoltori non possono ignorare le funzioni di una fauna apparentemente inutile, né le popolazioni urbane sottovalutare il fatto che i loro interessi e stili di vita si intrecciano con il benessere e la sostenibilità dell'agricoltura. Nuovi processi e criteri vengono sviluppati per monitorare e co-evolvere con la salute del sistema. La teoria dei Sistemi Complessi ha più che un valore strumentale: ha un significato per la visione del mondo, dell'uomo e per le pratiche agricole, la ricerca agricola, la definizione delle politiche e l'insegnamento. L'uomo è una parte della natura piuttosto che un governante che la controlla. Tra tutte le problematiche causate dal sovrautilizzo delle risorse e dalla inadeguata condotta umana, il Cambiamento Climatico globale

implica, più che mai, l'urgenza di ripensare il "modello" agricolo, economico, politico e sociale ed arrivare ad un uso programmatico ed efficiente di risorse, intrinsecamente limitate in quantità, per garantire una risposta sostenibile ai bisogni dell'umanità nel pieno rispetto della natura. Questa grande problematica globale ha indotto a ricercare indicatori che aiutassero a prevedere i fenomeni ed a progettare misure e politiche di adattamento orientate a promuovere **resilienza** nelle comunità umane così come nei processi naturali¹⁶. Qui di seguito vengono affrontati nello specifico tutte le problematiche globali strettamente connesse con il comportamento umano in relazione con l'ambiente. Inoltre, vengono esposti gli obiettivi a breve e lungo termine che ogni Stato si prefigge di portare a termine, per il benessere degli ecosistemi come soluzione alle problematiche illustrate.

16. R.J. Bawden, *Systems Thinking and Practice in Agriculture*, articolo 7, vol. 74, pp. 2362-2373, 2010, ScienceDirect.

ricerca

PARTE I

Lo scenario agricolo globale

1. Le ragioni di un cambiamento

«Ci sono numerose ragioni per pensare che il momento del cambiamento sia arrivato»¹.

17. C. Peano, F. Sottile, *Agricoltura slow*, 2017, Slow Food Editore.

A partire dalla metà del secolo scorso, l'**agricoltura moderna** è stata una delle maggiori cause di impoverimento delle risorse naturali, che fino a quel momento avevano permesso una fiorente attività agricola e produttiva. Il quadro di tale sistema rurale si basa sulla **semplificazione degli ordinamenti colturali** e sulla forte dipendenza da **input esterni**, sul massiccio impiego di **sostanze di sintesi**, come fertilizzanti, diserbanti, insetticidi e sull'utilizzo sfrenato della **meccanizzazione** in campo. Questo ha comportato la restrizione delle sostanze nutritive specifiche del terreno (azoto, fosforo, potassio ecc.) e, di conseguenza, il peggioramento del flusso di assorbimento dei nutrienti nel sistema suolo-pianta. A ciò va ad aggiungersi il problema dell'erosione del suolo e una drastica riduzione della biodiversità colturale e ambientale. Abbiamo vissuto una lunga era in cui l'obiettivo primario è stato il **produttivismo spinto**, durante la quale la brama dell'accumulo ha portato a storture sociali ed economiche dagli effetti devastanti. Questo modello di agricoltura industriale rappresenta un'enorme minaccia per l'ambiente e per la salute del consorzio umano. Purtroppo, i danni causati a livello mondiale

dall'agricoltura convenzionale sono decisamente allarmanti: l'*United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) ha affermato che il settore agricolo – e in misura particolare i sistemi produttivi intensivi – contribuisce in maniera significativa al **cambiamento climatico**. La concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera è, infatti, aumentata del 40% dall'età pre-industriale, e ciò è avvenuto a causa delle emissioni derivanti dall'uso dei combustibili fossili, oltre che essere conseguenza delle pratiche intensive di allevamento e dello **sfruttamento del suolo**². In particolare quest'ultimo evento accade perché l'agricoltura ha sempre più bisogno di aree fruibili e, come detto in precedenza, necessita di dosi massicce di fertilizzanti chimici, il tutto a discapito della superficie coperta dalle foreste che, al contrario, assorbe CO₂ mitigando le emissioni di origine antropica³. Un circolo vizioso, dunque, che mette l'agricoltura in una condizione sia di vittima (calo della resa delle colture), che di carnefice (tra le prime cause dei cambiamenti climatici). Tra clima e agricoltura esiste un rapporto biunivoco: la variabilità climatica rappresenta una delle principali cause di instabilità nella produzione agricola e dei relativi rischi della coltivazione. Tuttavia, l'agricoltura deve ancora affrontare la doppia sfida volta alla riduzione delle emissioni di gas serra e adattarsi contemporaneamente alle nuove condizioni climatiche.

18. IPCC Report, *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis*, 2013. L'IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) è un organismo che fa parte delle Nazioni Unite.

19. L'attività antropica consiste nella combustione di fonti fossili a scopo energetico per il settore pubblico civile, industriale e terziario, nella deforestazione tropicale, nell'attività industrializzata, etc., determina un aumento dei gas serra in atmosfera, in particolare dell'anidride carbonica (CO₂), del metano (CH₄), del protossido di azoto o ossido di diazoto (N₂O), innalzando e alterando l'effetto serra naturale. L'anidride carbonica è il gas serra maggiormente emesso a causa dell'attività antropica.

«Occorre superare la cultura della dissipazione e dello scarto. Occorre superare i nostri limiti per essere in grado di vivere nel limite delle risorse disponibili [...]»⁴.

Il problema del **depauperamento delle risorse** rappresenta una delle criticità più ardue da risolvere. L'uso non sostenibile delle risorse naturali non solo minaccia la resilienza degli ecosistemi, ma ha anche implicazioni dirette e indirette sulla salute e gli standard di vita. Entro

20. Tratto dalla Prefazione di Catia Bastioli (Presidente Kyoto Club, 2015) del libro di G. Pauli, *Blue Economy 2.0*, 2015, Edizioni Ambiente.

21. Definisce le risorse in senso ampio, includendo «*materie prime come i minerali, le biomasse e le risorse biologiche, mezzi ambientali come l'aria, l'acqua e il suolo, risorse di flusso come l'energia eolica, geotermica, delle maree e solare, e lo spazio*» (EC, 2005).

22. Come espresso per esempio in un discorso sul «*Nuovo ambientalismo*» dell'ex Commissario europeo Janez Potočnik del 20 giugno 2013 (CE, 2013).

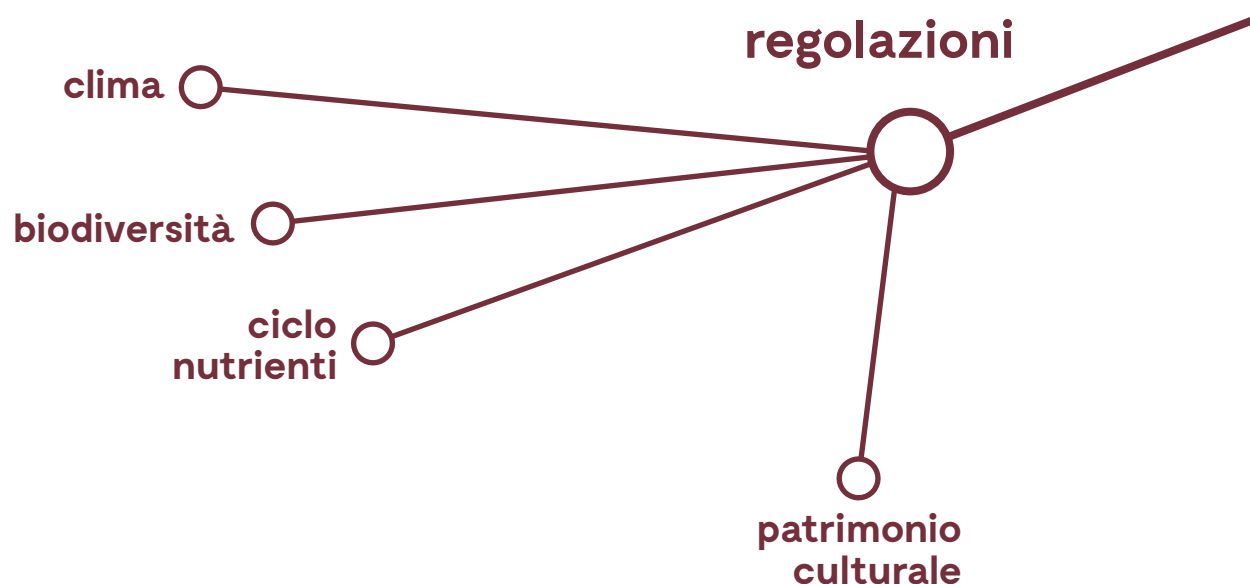
il 2050, il numero di persone sul nostro pianeta raggiungerà i **9 miliardi** e questa crescita sarà probabilmente accompagnata da un'intensificazione della concorrenza globale per le **risorse** e da una crescente pressione sugli ecosistemi. Questi sviluppi portano a chiederci se i **limiti ecologici** del pianeta possono sostenere la crescita economica in funzione dei nostri ritmi di consumo. E la risposta è negativa, come dimostrato da scienziati ed esperti del settore come Gunter Pauli, Fritjof Capra, Donella Meadows. Quando si parla di **risorse naturali**⁵ si fa riferimento ad un insieme di risorse, da quelle energetiche e idriche per arrivare a quelle ambientali. Attualmente, nel settore agricolo, si parla di alcune problematiche quali la scarsità delle falde acquifere e della loro contaminazione, di **stress idrici** causati da un uso sregolato dell'acqua dolce – l'agricoltura globale ne utilizza il 70% – necessaria alla **produzione agroalimentare**, ecc. È l'intera filiera produttiva che richiede un alto consumo di acqua: dalla coltivazione, alla trasformazione industriale, alla preparazione ed è tutto strettamente relazionato al clima, al tipo di suolo, al tipo di coltivazione e ai metodi di irrigazione. È chiaro che il rendimento economico di domani dipenderà dalla nostra capacità di far diventare le **questioni ambientali** una parte fondamentale delle nostre politiche economiche e sociali⁶, piuttosto che limitarci a considerarle come una componente aggiuntiva.

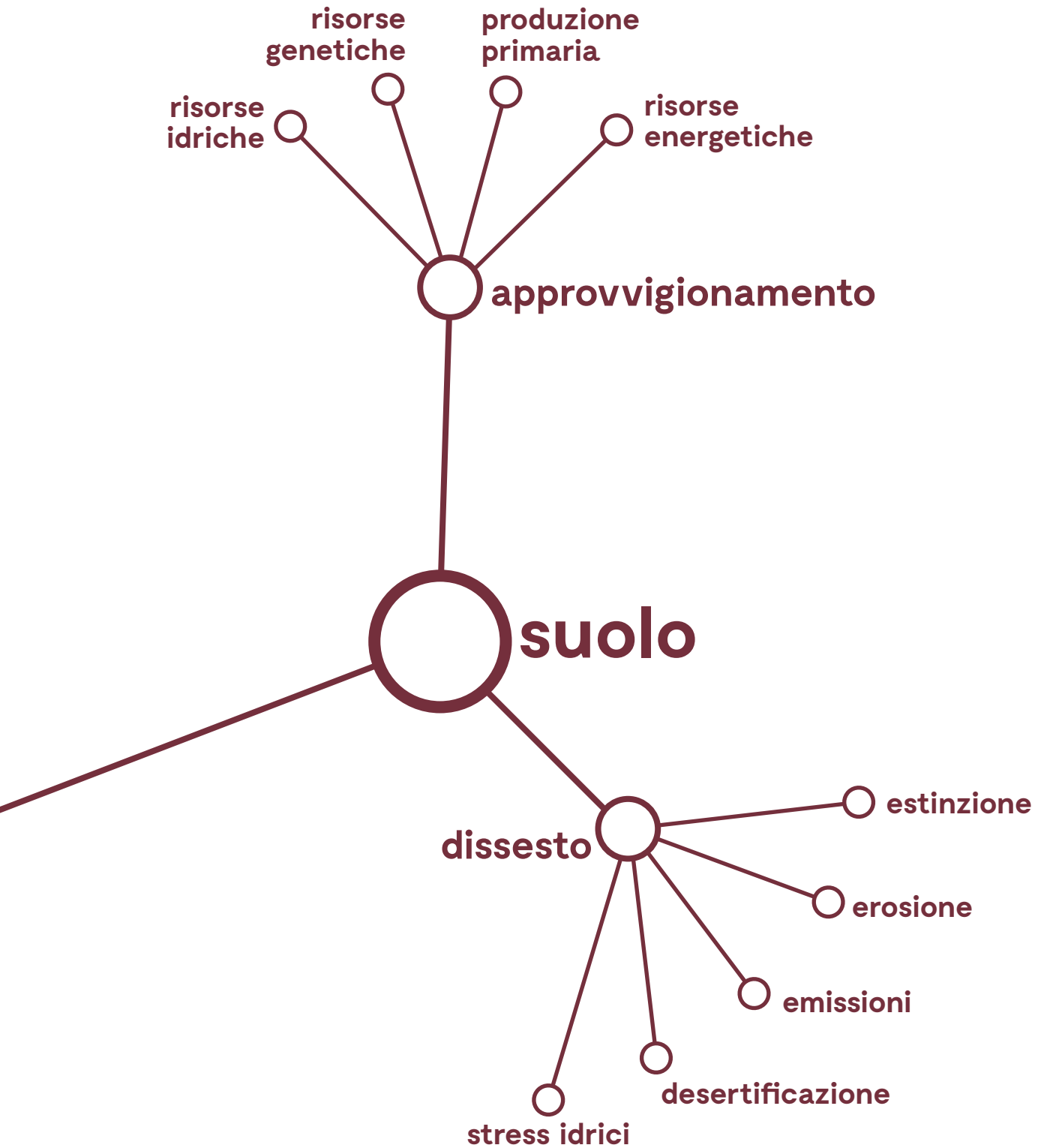
«Il suolo è uno dei beni più preziosi dell'umanità. Consente la vita dei vegetali, degli animali e dell'uomo sulla superficie della terra»⁷.

23. Dalla Carta Europea del Suolo, Consiglio d'Europa, 1972.

Nel corso dell'ultimo secolo, fattori come l'aumento demografico e le attività umane, in concomitanza con il progresso industriale e tecnologico, hanno contribuito a trasformare drasticamente le tecniche per l'utilizzo del suolo, arrivando a sottoporlo ad uno sfrutta-

mento che è stato definito di *tipo intensivo*. Il degrado, la frammentazione, l'erosione e l'uso inadeguato delle risorse stanno mettendo a rischio la fornitura dei servizi ecosistemici fondamentali, minacciando la biodiversità. Negli ultimi anni si è cercato di far fronte a questo problema preservando il patrimonio genetico dall'erosione o dall'estinzione per evitare la perdita di varietà vegetali, razze animali e microrganismi del terreno. Esistono diversi fattori diretti e indiretti che influiscono negativamente sulla biodiversità e fertilità del suolo. Tra questi riveste particolare importanza la **diminuzione della sostanza organica**: ad esempio la concimazione chimica dei terreni, che avviene attraverso l'uso di prodotti industriali artificiali, impoverisce il suolo, favorendo l'**infertilità** e i processi di desertificazione. È molto infrequente che questi fenomeni accadano singolarmente; nella maggior parte dei casi dipendono gli uni dagli altri, poiché facenti parte tutti del medesimo **ecosistema**, e quindi, di conseguenza, i danni apportati al suolo riguardano sia la salute dell'ambiente naturale che dell'uomo. Il suolo è stato troppo a lungo considerato un semplice supporto inerte sul quale coltivare senza valutare la naturale attitudine e senza tenere conto dei rischi per la biodiversità e per gli equilibri ambientali.





Dallo schema sopra illustrato si evince la stretta connessione tra il suolo e le sue funzioni naturali.

Biodiversità è una parola di recente coniazione che è stata usata per la prima volta nel settembre del 1986, durante il primo *National Forum on Biodiversity*, tenutosi a Washington dal biologo Edward O. Wilson. Egli afferma che in ogni Nazione coesistono tre patrimoni diversi: *quello materiale, quello culturale e quello biologico*, e se dei primi due, perché ce ne occupiamo regolarmente nella vita quotidiana, abbiamo ampia consapevolezza, del terzo non si può dire lo stesso, in quanto sembra riguardarci infinitamente meno⁸.

Con il termine *biodiversità* si intendono diversi aspetti della “complessità” degli ecosistemi: dal numero delle specie vegetali o animali presenti, alla variabilità genetica e paesaggistica. Si tratta, evidentemente, di un **argomento molto complesso**, a causa dei numerosi fattori in gioco che si influenzano tra loro nel determinare la struttura complessa delle comunità ecologiche, ovvero il loro grado di biodiversità. Un sistema biologicamente vario possiede di per sé gli anticorpi per reagire agli organismi dannosi e ripristinare il proprio status quo.

Infatti, si parla di *resilienza degli ecosistemi*, ossia la capacità di tornare allo stato “naturale” anche dopo grandi modifiche ambientali.

La perdita del patrimonio genetico⁹, come afferma Wilson, causerebbe una perdita di fonti di informazioni scientifiche: “*Non vedranno mai la luce nuovi raccolti, nuovi legnami, fibre, pasta per carta, piante adatte alla bonifica del suolo, sostituti del petrolio, e tanti altri generi utili*”¹⁰. Nel panorama agricolo attuale questo pericolo è sempre più vicino: la meccanizzazione, infatti, è nemica della diversità, in quanto l’agricoltura industriale ha bisogno di uniformità e produttività, e quindi del sistema monocolturale.

L’equilibrio ambientale si è rotto quando la società ha iniziato a gestire le fattorie come industrie. L’industria non tollera i tempi della natura, non ha stagioni né tempi morti. Deve produrre sempre, tanto, velocemente e nel modo più efficiente possibile. “*In 70 anni abbiamo distrutto i tre quarti dell’agro-biodiversità che i contadini avevano selezionato nei 10.000 anni precedenti*”¹¹.

24. Wilson e. O., *La diversità della vita*, 1993, Rizzoli.

25. Inteso come “*Complesso dei caratteri ereditari che vengono trasmessi per mezzo dei geni*”. Dizionario di La Repubblica | consultato al 31 maggio 2018.

26. Wilson e. O., *La diversità della vita*, 1993, Rizzoli.

27. Cfr. <http://www.slowfood.com> | consultato al 31 maggio 2018.

«La biodiversità è felicità»¹²

28. C. Petrini, *Bilancio sociale 2016*, Fondazione Slow Food per la Biodiversità ONLUS.

29. Strategia dell'UE per la biodiversità fino al 2020.

30. Slow Food è un'associazione internazionale non profit impegnata a ridare valore al cibo, nel rispetto di chi produce in armonia con ambiente ed ecosistemi, grazie ai saperi di cui sono custodi territori e tradizioni locali.

Carlo Petrini – sociologo, scrittore e attivista italiano – descrive le biodiversità come l'essenza della felicità dell'ecosistema. È felicità perché è rispetto per la natura ed indica armonia tra uomo e natura; è salute per il buon cibo raccolto; è bellezza dei paesaggi; è possibilità di scelta; è libertà¹³.

Uno degli enti che a livello nazionale ed internazionale ha accolto con favore la Strategia per la biodiversità dell'UE è l'associazione *Slow Food*¹⁴, della quale Petrini è il fondatore. Slow Food si impegna a mettere in atto una politica di interventi per la salvaguardia della biodiversità in Europa. Gli obiettivi che si pone sono: sostenere e valorizzare il lavoro dei piccoli produttori; salvaguardare l'ambiente, i territori e la cultura; diffondere la conoscenza del valore della biodiversità.

Nuove strategie sostenibili

1. Sustainability Development Goals

Per far fronte ai problemi globali ambientali, economici e sociali è necessario intervenire per raggiungere un nuovo livello di sviluppo improntato alla sostenibilità. Sono necessarie **nuove politiche** che vadano al di là di un approccio puramente economico e redditizio. Bisogna affrontare e ridimensionare il benessere socio-economico globale. Infatti all'ordine delle questioni emergenti possiamo trovare il problema della ricchezza della popolazione, caratterizzata da una estesa *disuguaglianza*, anche in territorio nazionale, derivante anche dalla recente e profonda crisi economica. La disuguaglianza può essere combattuta efficacemente solo adottando una visione integrata e ripristinando uno sviluppo sostenibile, equilibrato e inclusivo. L'**Organizzazione delle Nazioni Unite** ha re-

dato, il 25 settembre 2015, l'**Agenda 2030** che si è posta come obiettivo l'attuazione di una strategia innovativa per risolvere i suddetti problemi mondiali. Ogni Paese aderente al programma deve impegnarsi a definire una propria **strategia** di sviluppo sostenibile nota come "National Sustainable Development Strategies 2017/2030" (NSDS) le cui linee guida sono sintetizzate dalle "5P": **Persone, Pianeta, Prosperità, Pace e Partners**, laddove le prime quattro riguardano la sfera domestica mentre l'ultima la cooperazione internazionale¹⁵.

La NSDS si colloca a partire da una nuova visione finanziaria, e punta ad un'**economia circolare** basata sulla riduzione di emissioni e sulla capacità di essere **resiliente** agli impatti climatici e sociali. Questa nuova economia è un modello che si scontra con l'attuale politica economica che mira allo sfruttamento delle risorse naturali e a massimizzare i profitti, perdendo totalmente di vista le questioni ambientali e sociali e provocando gravi danni globali¹⁶.

31. Cfr. <http://www.sustainabledevelopment.un.org> | consultato al 31 maggio 2018.

32. Cfr. <http://www.economiacircolare.com> | consultato al 31 maggio 2018.

2. Obiettivi Agenda 2030

«The new agenda is a promise by leaders to all people everywhere. It is an agenda for people, to end poverty in all its forms – an agenda for the planet, our common home»¹⁷.

L'adozione dell'Agenda è un evento storico di collaborazione planetaria. Per far fronte agli attuali problemi di sostenibilità tutti i Paesi vengono chiamati a contribuire allo sforzo di cambiare il mondo attuale per renderlo più equo, superando la distinzione tra paesi sviluppati, emergenti e in via di sviluppo.

Nell'Agenda sono stati analizzati 17 punti¹⁸ (*goals*) fondamentali che rappresentano le emergenze su cui dover necessariamente intervenire per raggiungere gli obiettivi prefissati, abbandonando le metodologie attualmente deleterie per la salute del nostro pianeta. Oltre all'Agenda 2030 dell'ONU è stata ideata un'altra strategia dall'Unione Europea: **Europa**

33. Ban Ki-moon Segretario Generale delle Nazioni Unite (dal 2007 al 2016).

34. Cfr. <http://www.un.org/en/index.html> | consultato al 31 maggio 2018.

2020. Questo è un programma decennale avviato dal 2010 con alcune prerogative di sviluppo da conseguire entro il 2020. Mira alla crescita intelligente, sostenibile ed inclusiva per superare le carenze dell'economia europea e renderla più competitiva e produttiva sullo scenario europeo. Gli **obiettivi** di tale strategia riguardano:

raggiungere il 75% del tasso di occupazione ← per la fascia d'età compresa tra i 20 e 64 anni;

investire il 3% del PIL europeo ← in ricerca e sviluppo;

ridurre le emissioni di gas; ←

utilizzare energia da fonti rinnovabili e ← aumentare l'efficienza energetica;

ridurre l'abbandono scolastico; ←

ridurre la condizione di povertà e ← sostenere l'integrazione sociale¹⁹.

35. Cfr. http://www.ec.europa.eu/info/business-economy-euro/economic-and-fiscal-policy-coordination/eu-economic-governance-monitoring-prevention-correction/european-semester/framework/europe-2020-strategy_it | consultato al 31 maggio 2018.

Tuttavia, l'esistenza di diverse Agende crea perplessità e confusione all'interno dei vari Paesi, offuscando quelli che sono gli obiettivi e le soluzioni prefissati dai vari programmi, ritardando così i possibili risultati attesi. Per queste ragioni gli esponenti della Commissione Europea hanno confermato che verrà esposta una *roadmap* integrata per l'implementazione degli SDGs, in modo tale da evitare la coesistenza di agende differenti e incoerenti²⁰.

36. Rapporto redatto da ASviS (Alleanza Italiana per lo Sviluppo Sostenibile) 2016, *L'Italia e gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile*, 2016, p.19.

3. Lo sviluppo sostenibile nel contesto italiano

Per quanto riguarda la situazione nazionale, come viene redatto sul report del 2016 dell'ONU, i cambiamenti nell'ottica sostenibile procedono molto a rilento a causa della focalizzazione su altre questioni: **economiche** (crescita del PIL, innovazione ecc.); **sociali** (povertà,

**1**

povertà
zero

**11**

città e
comunità
sostenibili

**2**

fame
zero

**3**

benessere
e salute

**4**

istruzione
di qualità

**5**

uguaglianza
di genere

**12**

consumo e
produzioni
responsabili

**6**

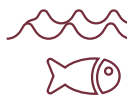
acqua
pulita
e igiene

**13**

agire per
il clima

**7**

energia
accessibile
e pulita

**14**

la vita
sottacqua

**8**

lavoro
dignitoso
e crescita
economica

**15**

la vita
sulla terra

**9**

industria,
innovazione e
infrastrutture

**16**

pace,
giustizia e
istituzioni forti

**10**

ridurre le
disuguaglianze

**17**

partnership
per gli
obiettivi

The Global Goals.

37. Rapporto redatto da ASviS (Alleanza Italiana per lo Sviluppo Sostenibile) 2016, *L'Italia e gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile*, 2016, p. 27.

38. Rapporto redatto da ASviS (Alleanza Italiana per lo Sviluppo Sostenibile) 2016, *L'Italia e gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile*, 2016, p. 30.

disuguaglianza ecc.); **ambientali** (inquinamento nelle città, dissesto idro-geologico ecc.) e **istituzionali** (sfiducia nei confronti della classe politica attuale ecc.). Purtroppo, oggi, tali tematiche sono trattate singolarmente, mentre andrebbero comprese nella loro interazione poiché facenti parte tutte dello stesso sistema. Tuttavia, sta aumentando l'interesse nazionale verso soluzioni sostenibili, ma la Strategia è ancora troppo generica ed è da approfondire in termini di obiettivi e azioni concrete²¹. Al termine del secondo anno dalla pubblicazione dell'Agenda, ancora il 77% della popolazione italiana non era a conoscenza degli SDGs (*Sustainability Development Goals*), e, rispetto al resto dei Paesi dell'Unione, la distanza che presenta l'Italia nei confronti della nuova strategia è ancora molto ampia. Tuttavia, il Paese sta procedendo in modo da integrare il più possibile gli enti regionali e locali affinché sviluppino iniziative conformi alla strategia sostenibile nazionale²².

I modelli agricoli intensivi

L'agricoltura influisce profondamente sugli ecosistemi modificandoli in maniera radicale. A consolidare tale riflessione ha contribuito il tracciamento del quadro generale del sistema agricolo odierno e lo studio delle relazioni che intercorrono tra quest'ultimo, l'ambiente e la società. Da questo assunto prende le mosse il nostro lavoro di tesi. In questo capitolo si analizzeranno, in dettaglio, le diverse pratiche agricole e gli impatti che queste hanno sulla qualità del suolo e delle risorse. In ultima istanza, si individuerà il modello agricolo che danneggia in misura minore l'ecosistema Terra e, mantenendo un punto di vista critico, si rintracceranno i suoi punti di debolezza e le possibili soluzioni applicabili.

39. P. Gunter, *Blue economy 2.0*, 2015, Edizioni Ambiente.

«[...]non c'è dubbio alcuno che la sfida prioritaria del nostro millennio consista nella ricerca di modelli di sviluppo in grado di conservare le risorse del pianeta preservando e aumentando la qualità della vita dei suoi abitanti»²³.

1. Agricoltura convenzionale

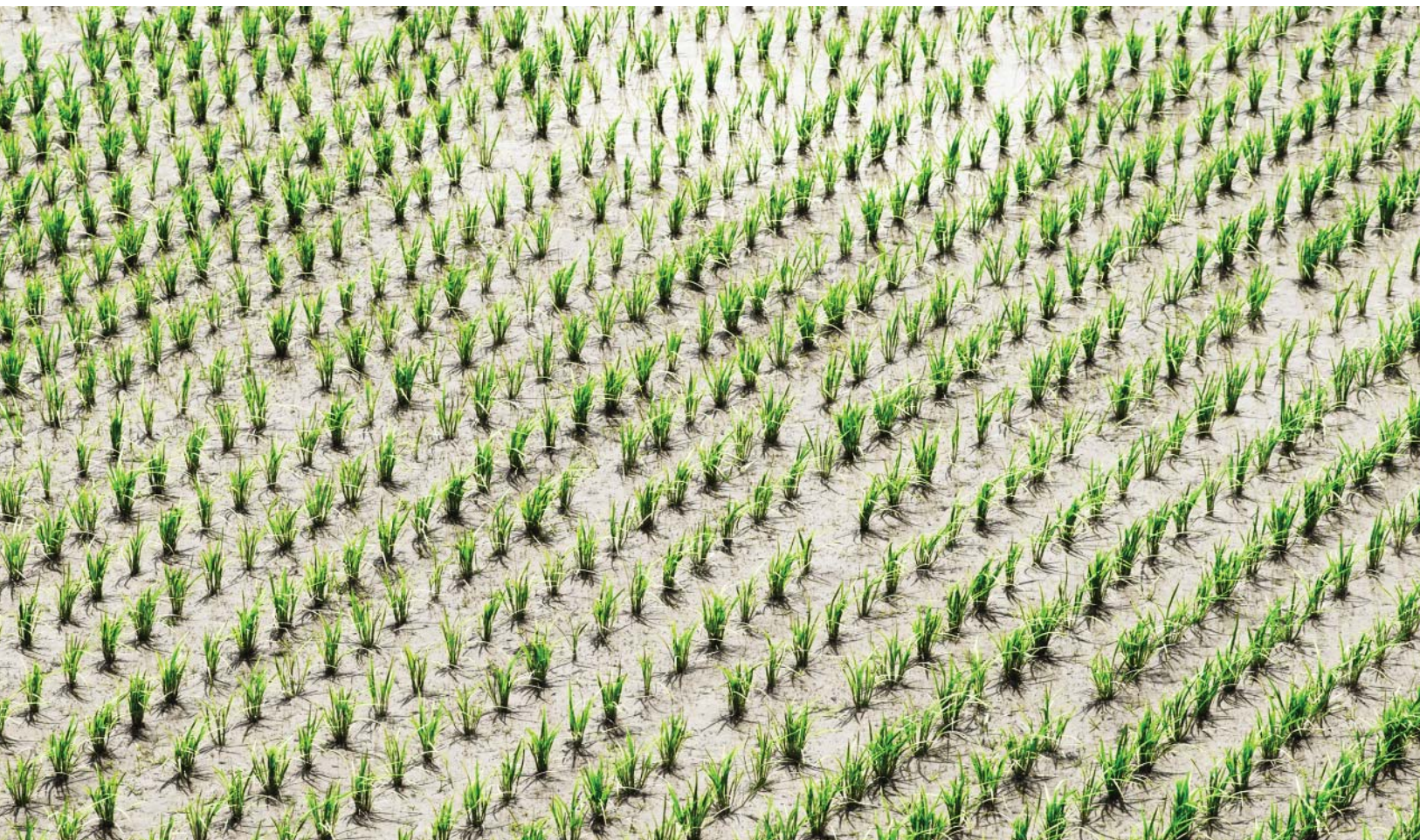
L'**agricoltura industriale** o convenzionale, affonda le sue radici nel progetto di ricerca messicano della *Rockefeller Foundation*, messo in atto a partire dagli anni Quaranta, sotto la guida del genetista americano **Norman Borlaug**²⁴. Il progetto prevedeva la selezione di nuove varietà in grado di soddisfare le crescenti richieste alimentari che provocavano, al contempo, un aumento delle aree a rischio di carestia. Lo scopo finale era quello di **aumentare le rese** per ettaro e rendere più semplice e veloce la raccolta, tramite l'introduzione di **mezzi meccanici**. L'incremento delle rese è stato possibile

40. N. Borlaug, premio Nobel per la pace nel 1970 per il suo operato e per «aver nutrito il mondo».



con la selezione di **ibridi** più adatti all'agricoltura meccanizzata e maggiormente reagenti all'utilizzo di **fertilizzanti**. Questo ha avuto fortissime ripercussioni sulla vitalità del suolo, sulla qualità delle acque e sulla salute degli agricoltori.

Foto di Ryo Yoshitake/Unsplash.



FOCUS: La rivoluzione verde

Gli esiti positivi della sperimentazione hanno scatenato una vera e propria rivoluzione nelle pratiche agrarie tradizionali: l'introduzione di fitofarmaci, mezzi meccanici, fertilizzanti, OGM (Organismi Geneticamente Modificati) ha condotto il sistema agricolo sempre più verso l'uso esclusivo di **input esterni**. Tale rivoluzione prende il nome di **Rivoluzione verde**, la quale, a partire dagli anni quaranta, si è posta l'obiettivo di rispondere, in modo rapido e concreto, ai problemi alimentari riguardanti la "sicurezza" (*food security*) e, in particolare, di trovare una soluzione alla questione della carenza alimentare che, in virtù della crescita demografica, affliggeva i Paesi più poveri. I risultati ottenuti sono stati molto soddisfacenti in termini **quantitativi** soprattutto nei Paesi in via di sviluppo, dove si è potuto registrare un'effettiva riduzione del rischio di sottonutrizione, ma la sua diffusione, così repentina e incontrollata, ha inaugurato una stagione di risultati controversi: agli incrementi delle rese produttive hanno fatto seguito le pesanti ricadute sull'ambiente e sulla salute delle persone. Numerosi studi hanno ampiamente dimostrato l'insostenibilità e l'inequità sociale di tale sistema agricolo, in particolar modo per la tecnica agronomica applicata che prende il nome di **monocoltura**. Tale metodologia prevede la destinazione di un intero terreno agricolo ad una sola specie o varietà vegetale per più anni, al fine di **massimizzare le rese** ed il **profitto**. In realtà i **vantaggi economici** sono apparenti: ad esempio, nel caso di una crisi del mercato o di una calamità naturale, i rischi di perdita dell'intero raccolto sarebbero consistenti, se non devastanti. Infatti, come dichiara l'agronomo Miguel Altieri in un'indagine condotta in America dopo l'uragano Mitch, "*gli agricoltori che praticavano monocoltura convenzionale hanno subito molti più danni rispetto a coloro che impiegavano pratiche di diversificazione*"²⁵. Esaminando tale studio, si evince quanto siano effettivamente dannosi i sistemi produttivi intensivi, tanto che, come è stato dimostrato dai risultati dell'indagine, i lotti agricoli diversificati avevano dal

41. M.A. Altieri, C. Nicholls, L. Ponti, *Agroecologia. Sovranità alimentare e resilienza dei sistemi produttivi*, 2015 Fondazione Giangiacomo Feltrinelli, p. 22.

42. M.A. Altieri, C. Nicholls, L. Ponti, *Agroecologia. Sovranità alimentare e resilienza dei sistemi produttivi*, 2015 Fondazione Giangiacomo Feltrinelli, p. 22.

20% al 40% in più di strato superficiale di terreno, unitamente ad una maggiore umidità ed a una inferiore effetto di erosione²⁶, dunque, uno stato di vitalità e benessere migliore.

2. Perché l'agricoltura industriale non è più praticabile?

Al giorno d'oggi è ormai noto che l'agricoltura intensiva non ha aiutato né gli agricoltori, né la salute dei terreni, né i consumatori²⁷: la sua apparente efficienza e produttività nasconde enormi costi sociali, ambientali ed economici.

43. C. Fritjof, P.L. Luisi, *Vita e natura. Una visione sistemica*, 2015, Aboca.

Gli effetti a lungo termine di un'agricoltura basata quasi esclusivamente sulla **chimica** sono stati disastrosi per l'integrità dei terreni, per la salute umana e per l'ambiente naturale: non solo non è riuscita a garantire una produzione di alimenti sicura e abbondante per tutti, ma è stata, inoltre, avviata ipotizzando che sarebbero state sempre disponibili le risorse di acqua e di energia. Inoltre, il massiccio impiego dei prodotti di sintesi (concimi, ammendanti, fertilizzanti, pesticidi ecc.) ha fatto sì che questi diventassero la principale fonte di nutrimento per il suolo coltivato, poiché trattati come un sostituto del concime organico. Purtroppo questo è accaduto nel momento in cui la Rivoluzione verde ha creato l'impressione che la fertilità del suolo dipendesse dalle fabbriche chimiche, e che le rese agricole potessero essere misurate esclusivamente in termini di merci per il mercato²⁸. Oggi, l'uso massiccio della chimica, presenta diversi svantaggi: il numero delle malattie parassitarie dovute a virus, batteri e funghi, è in costante aumento; inoltre, con l'introduzione di varietà seminatrici estranee a quelle locali, una certa quantità di virus e batteri è

44. Vandana S., *Monocolture della mente. Biodiversità, biotecnologia e agricoltura scientifica*, Torino, 1995, Bollati Boringhieri.

passata da un continente all'altro causando gravi squilibri agli ecosistemi agricoli. Un'analisi risalente al 2015 e diretta dall'Istituto Crea (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria) ha evidenziato che in Italia l'uso dei prodotti fitofarmaceutici in agricoltura è pari a 107.256 tonnellate²⁹, e nonostante, negli ultimi anni, siano state evidenziate le conseguenze dirette provocate dall'utilizzo di tali prodotti, l'istituto ha comunque notato un incremento della quantità impiegata pari al 4,6%³⁰.

Come ampiamente dimostrato, il legame tra biodiversità e agricoltura è innegabile. La perdita di **biodiversità**, sia **alimentare** che **ambientale**, è costantemente minacciata dagli impatti provocati dall'attività umana. L'attuale modello agricolo contribuisce, anche e in buona parte, a ridurre al minimo le varietà delle specie presenti sul territorio: l'utilizzo di **fertilizzanti e pesticidi**, la rimozione di **habitat semi-naturali** come siepi e fasce alberate a cui va ad aggiungersi il ricorso a lavorazioni meccaniche pesanti, hanno contribuito a distruggere il **patrimonio genetico** dell'ecosistema Terra. Lo conferma un dato della Fao secondo il quale il 75% delle varietà vegetali è ormai perso irrimediabilmente. Purtroppo oggi questa diversità di forme di vita è sempre più minacciata, e rischia di assottigliarsi sempre più con conseguenze imprevedibili per l'intera umanità: soltanto il 17% delle specie e degli habitat e l'11% degli ecosistemi principali sono protetti dalla legislazione e sono in buone condizioni; mentre il 25% circa delle specie animali – mammiferi, anfibi, uccelli, ecc. – sono costantemente a rischio estinzione.

Quando si parla di diversità alimentare, si fa riferimento a sementi, piante ibride e ai semi OGM, impiegati nell'agricoltura intensiva. I **semi ibridi** sono particolari sementi selezionate a seguito di incroci mirati che danno vita a piante contraddistinte da peculiari caratteristiche di resistenza e di produttività. Nella selezione di una varietà ibrida, tutto avviene secondo natura. Il problema, infatti, non è da ricercare nel metodo di produzione dei semi ibridi, bensì nella speculazione commerciale: chi coltiva piante ibride diventa dipendente dalle aziende produttrici perché è convinto che acquistando

45. Crea (Centro Politiche e bioeconomia), *L'agricoltura italiana conta 2017*, 2017.

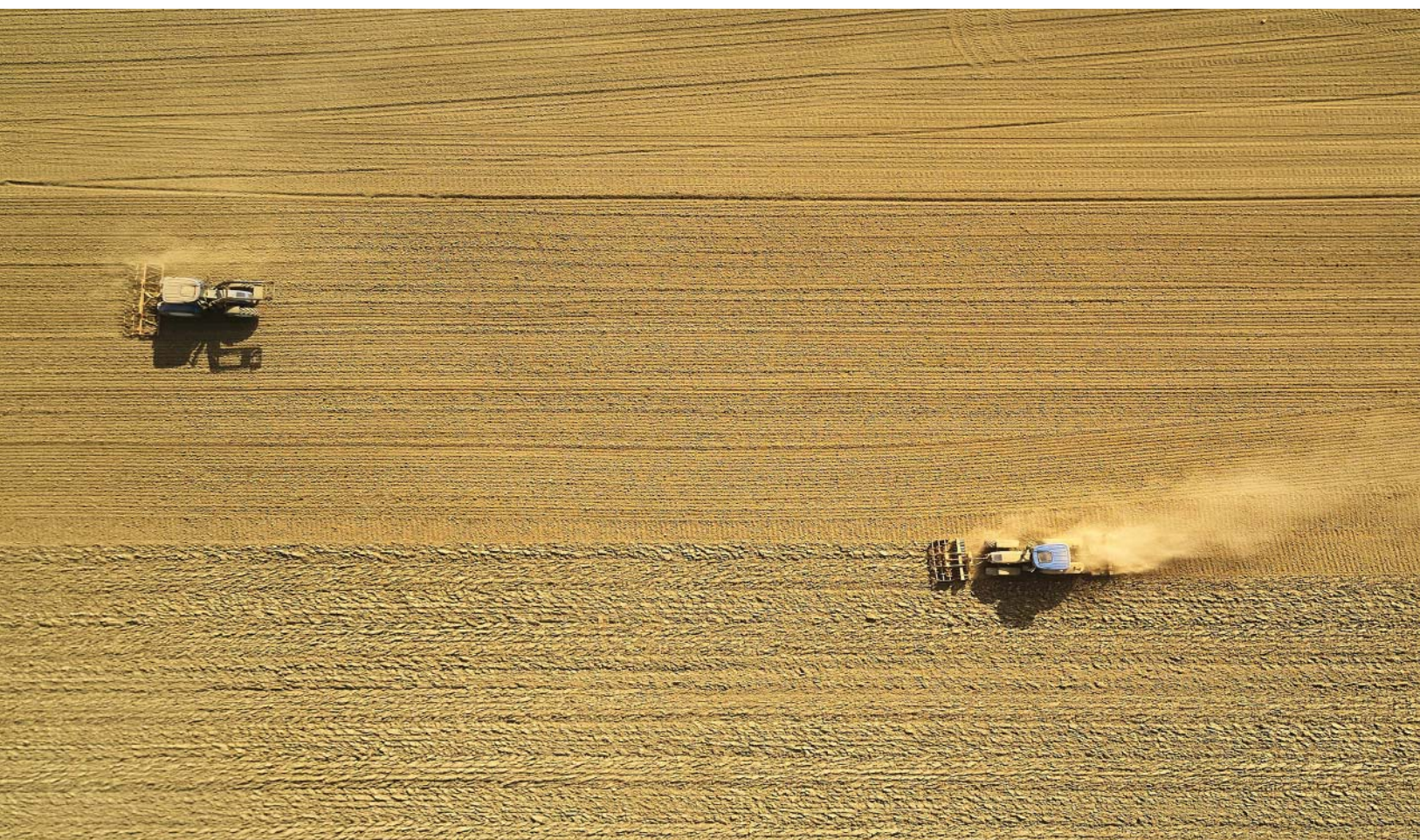
46. Cfr. <http://www.crea.gov.it> | consultato al 31 maggio 2018.



47. Organismi geneticamente modificati (Ogm): sono organismi il cui materiale genetico (Dna) non è stato modificato dalla moltiplicazione e/o ricombinazione naturale bensì attraverso l'introduzione di un gene modificato o di un gene di un'altra varietà o specie.

varietà appositamente selezionate riuscirà ad ottenere un buon raccolto. A differenza di questi, i **semi transgenici**, o **OGM**, sono il risultato di una manipolazione genetica³¹ che avviene nei laboratori, dove numerosi ingegneri genetisti sviluppano semi transgenici dalle particolari caratteristiche: elevata produttività; ottima resistenza ai pesticidi; elevata adattabilità alle necessità dell'agricoltura convenzionale. La loro diffusione e applicazione ha causato, nel tempo, una diminuzione incontrollata delle quantità di varietà coltivate, e, di conseguenza, un'alterazione della dieta alimentare. In conclusione, l'attività industriale intensiva ha creato uno squilibrio tra il massiccio sfruttamento delle risorse e la loro capacità di rigenerazione: la maggior parte delle materie prime coinvolte nei processi non sono rinnovabili, e, il loro sfruttamento, non può durare ancora a lungo.

Foto di Johny Goerend/Unsplash.



Nuovi scenari agricoli “naturali”

1. Agroecologia

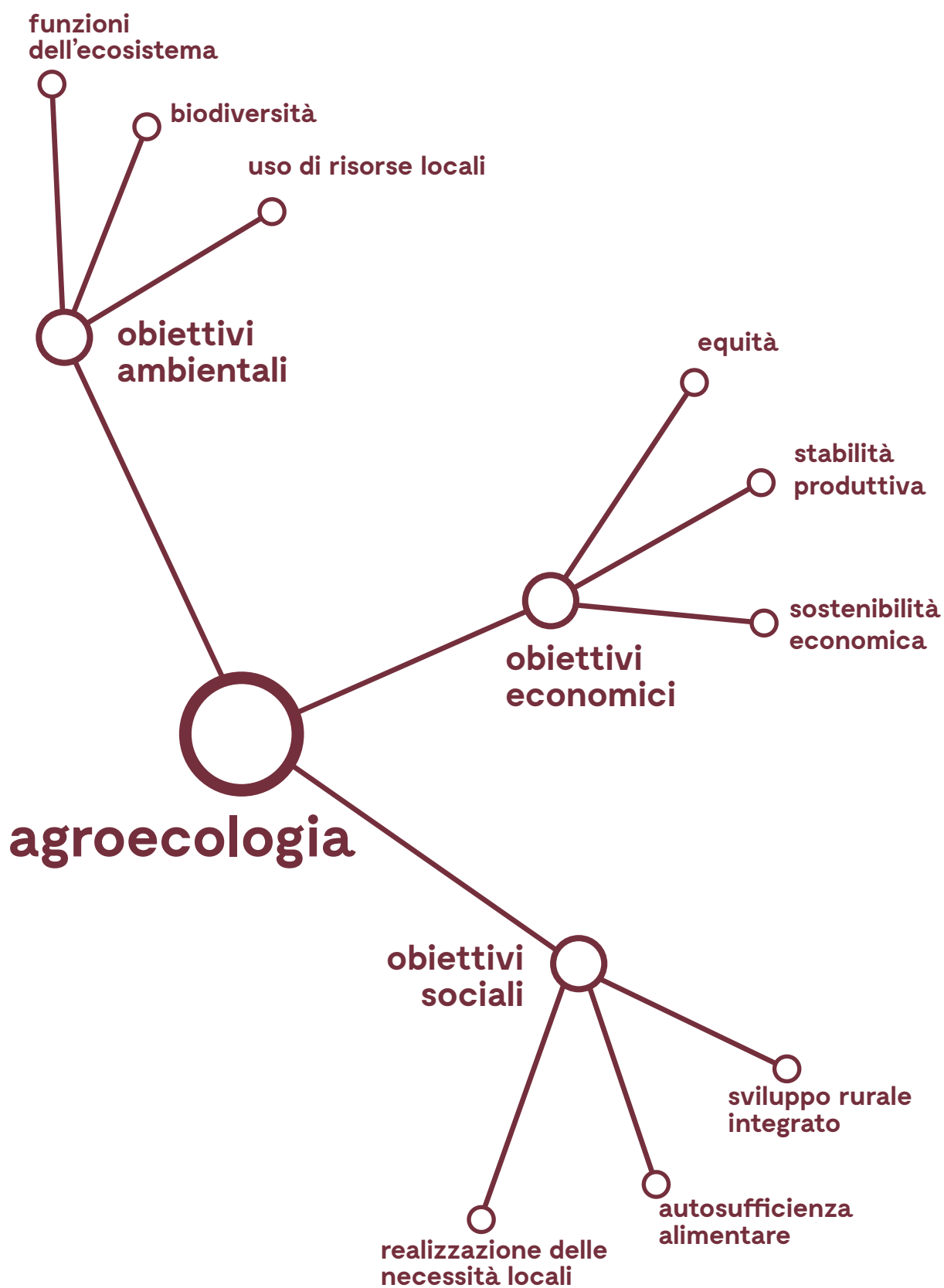
La ricerca agronomica, dal secondo dopoguerra in poi, si è concentrata principalmente sugli effetti che le pratiche di gestione del suolo, delle piante e dell'acqua potevano esercitare sulla produttività delle colture, con un approccio fortemente focalizzato sul prodotto, e non sul processo produttivo.

Ed è proprio dagli anni ottanta che, con gli ecologi M. Altieri (1989) e S. Gliessman (1997)⁴⁸, nasce il termine **agroecologia**, inteso come un **nuovo approccio** finalizzato a coniugare la produzione e la conservazione delle risorse naturali ed offrire, secondo quest'ottica, strumenti di pianificazione e gestione sostenibile degli agroecosistemi. L'idea di questo nuovo modello agricolo è quella di sfruttare le **relazioni naturali e sinergiche** che si attuano spontaneamente nell'ecosistema, con lo scopo di migliorare i sistemi agricoli imitando i processi naturali, per creare interazioni biologiche e resilienti tra le componenti dell'agroecosistema. Come suggerisce il nome, l'agroecologia nasce, in particolare modo, dall'incontro tra due discipline, l'**agronomia e l'ecologia**, e arriva a coinvolgere anche altre discipline come la zoologia, la botanica, la fisiologia vegetale, ecc. che interagiscono e influenzano l'agricoltura e l'ambiente.

48. Paper by Thomas, V.G., Kevan, P.G., *Basic principle of agroecology and sustainable agriculture*, in "Journal of Agricultural and Environmental Ethics", 1993, pp. 1-19.

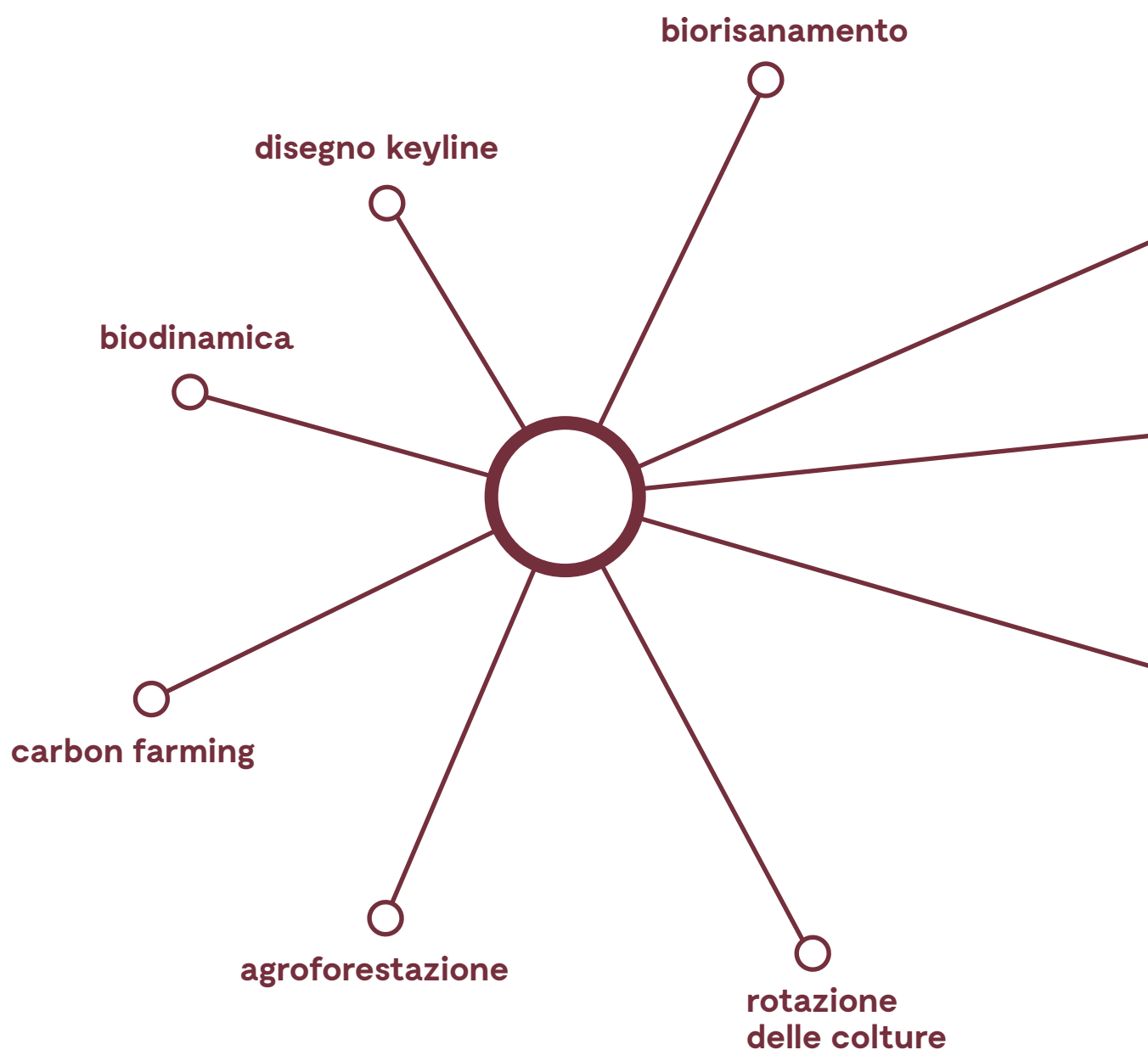
49. C. Peano, F. Sottile, *Agricoltura slow*, 2017, Slow Food Editore.

«L'agroecologia non può essere definita esclusivamente né come disciplina scientifica né come movimento sociale e neppure come un approccio agricolo. Si tratta piuttosto di un concetto che interseca queste tre dimensioni»⁴⁹.



Nello schema rappresentato si illustrano gli obiettivi che persegue il modello agroecologico.

Come dichiara l'agronoma Cristiana Peano nel suo libro *Agricoltura slow*, l'agroecologia, deve essere vista non solo come un insieme di pratiche che rinunciano a input chimici di sintesi, ma anche come un percorso basato sul presupposto che, all'interno di qualsiasi dimensione, l'organizzazione dei rapporti interni determina i risultati. Ed è proprio in questo nuovo scenario che nascono nuovi approcci e tecniche agronomiche sostenibili, tra i quali l'agricoltura biologica.



Nello schema sono illustrate le pratiche agricole (permacultura, policoltura ecc..) e le tecniche agronomiche sostenibili (disegno keyline e biorisanamento) previste dall'agroecologia.

50. COM (2011) 571:
*Comunicazione della commissione
 al parlamento europeo, al
 consiglio, al comitato economico e
 sociale europeo e al comitato delle
 regioni. Tabella di marcia verso
 un'Europa efficiente nell'impiego
 delle risorse, 2011.*

biointensiva

permacoltura

policoltura

1.1 Agricoltura biologica

L'agricoltura biologica – dalla traduzione anglosassone di *organic agriculture* – è una tecnica di coltivazione e di produzione “*basata sull'interazione tra le migliori pratiche in materia di ambiente ed azione per il clima, per la biodiversità e la salvaguardia delle risorse naturali*”³⁴.

Si tratta di un metodo di coltivazione che ammette solo l'impiego di sostanze naturali, escludendo l'utilizzo di sostanze di sintesi per la concimazione dei terreni e per la lotta alle piante infestanti, e, inoltre, bandisce l'impiego di organismi geneticamente modificati (**OGM**). Si tratta di un modello di produzione che ricorre, essenzialmente, a **pratiche preventive** evitando lo sfruttamento eccessivo delle risorse naturali, in particolare del **suolo, dell'acqua e dell'aria**. Inoltre, sfruttando la naturale fertilità del suolo, l'agricoltura biologica cerca di promuovere la **biodiversità** delle specie coltivate, nel rispetto dell'agro-sistema e dell'ambiente. Tali caratteristiche rappresentano i pilastri dell'agricoltura biologica: essa si fonda su **principi** e **pratiche** ideati per minimizzare l'impatto umano sull'ambiente e, allo stesso tempo, permettere al sistema agricolo di operare nel modo più naturale possibile. A differenza degli altri modelli produttivi, che saranno esaminati di seguito, l'agricoltura biologica rappresenta l'unico **modello produttivo regolamentato** a livello europeo – con il Reg. (CEE) n° 2092/91 -. Questo ha consentito subito una larga diffusione e riconoscimento, sia da parte dei produttori che dei consumatori. Infatti, la produzione biologica oggi non è più un settore di nicchia: a livello europeo e internazionale è uno dei settori più dinamici dell'agricoltura, tanto che la superficie ad esso dedicata cresce a ritmi sempre più incalzanti.

1.1.1 I pilastri del biologico⁵¹

Il **movimento del biologico** fu fondato circa cento anni fa da un gruppo di visionari che compresero le relazioni che intercorrono tra il nostro stile di vita, il cibo che mangiamo, il modo in cui produciamo gli alimenti, la nostra salute e quella del pianeta.

Un movimento del biologico comune emerse nei primi anni settanta grazie al lavoro della fondazione **IFOAM**– International Federation of Organic Agriculture Movements–, nata con lo scopo di rappresentare al meglio gli interessi del movimento. La stessa organizzazione definì i principi sui quali, successivamente, si sarebbe basata l'agricoltura biologica⁵²:

↳ trasformare il più possibile le aziende in un **sistema agricolo autosufficiente** attingendo alle risorse locali;

↳ salvaguardare la **fertilità naturale del terreno**;

↳ evitare ogni forma di inquinamento determinato dalle **tecniche agricole**;

↳ produrre alimenti di elevata **qualità** nutritiva in quantità sufficiente.

Nei decenni successivi, il biologico si è diffuso nei vari Paesi, tanto che i primi standard di produzione e trasformazione che andavano ad allinearsi a determinati schemi di certificazione hanno portato, negli anni ottanta, alla formazione della prima normativa ufficiale, introdotta inizialmente in Europa e negli Stati Uniti d'America.

Ad oggi, come affermato dalla Consigliera delegata M. G. Mammuccini di FederBio in occasione del G7 del 2017, tenutosi a Bergamo, diventa sempre più importante produrre con il metodo biologico, dati gli evidenti vantaggi ambientali, sociali, economici che esso apporta alla nostra società.

“Il biologico si configura come l'opzione strategica più consona per affrontare le grandi sfide future, come il contrasto al cambiamento climatico, il recupero della biodiversità e della ferti-

51. Cfr. https://ec.europa.eu/agriculture/organic/organic-farming/what-is-organic-farming/producing-organic_it | consultato al 31 maggio 2018.

52. Cfr. <http://feder.bio/la-storia-del-biologico-dal-bio-1-0-al-3-0/> | consultato al 31 maggio 2018.

53. Cfr. <https://www.efanews.eu/it/item/900-g7-il-biologico-come-modello-di-sistemi-agricoli-sostenibili.html> | consultato al 31 maggio 2018.

lità dei suoli. Ed è proprio la transizione verso il modello di agricoltura biologica che può rappresentare l'innovazione fondamentale in grado di tenere insieme sostenibilità ambientale, sociale ed economica dei sistemi agricoli e alimentari”³⁷.

1.1.2 Perché l'agricoltura biologica è sostenibile?

L'aspetto innovativo dell'agricoltura biologica risiede nella sua stessa natura: esso rappresenta un approccio socialmente inclusivo ed economicamente ed ecologicamente **resiliente**. Pur non essendo ad impatto zero, perché nessuna attività umana lo è, esso rappresenta un **modello di sviluppo** sostenibile, che promuove e sostiene la sovranità alimentare, volto com'è a garantire la conservazione della biodiversità ed il diritto delle comunità locali ad esercitare il controllo sulle proprie risorse, restituendo loro un ruolo decisionale. In sostanza, si tratta di un nuovo **modello di consumo** che traccia un nuovo stile di vita più sostenibile: mette al centro delle decisioni aziendali il produttore/contadino, l'ambiente, il territorio e la salute del consumatore. I risultati ottenuti finora sono indiscutibilmente notevoli, ma, purtroppo, si registra ancor oggi una bassa percentuale di conversione all'agricoltura biologica e la crescita dei terreni coltivati seguendo questa metodologia è molto più lenta dello sviluppo dinamico del mercato. Infatti, l'IFOAM ha recentemente rappresentato, nel manifesto del **Biologico**³⁸, la necessità di individuare un percorso che possa portare l'attuale settore biologico (definito come Biologico 2.0) da un ruolo di nicchia a quello di **principale sistema di produzione sostenibile a livello globale**. In ultima istanza, a confermare le potenzialità del biologico, diversi studi, come quelli condotti dall'INEA (Istituto Nazionale di Economia Agraria)³⁹, attestano il minor impatto ambientale del modello biologico rispetto all'agricoltura convenzionale. Di seguito si riportano le motivazio-

54.
Cfr. <http://feder.bio/la-storia-del-biologico-dal-bio-1-0-al-3-0/> | consultato al 31 maggio 2018.

55. L. Bernardini, F. Ciannavei, D. Marino, F. Spagnuolo, *Lo scenario dell'agricoltura biologica in Italia*, 2006, INEA.

ni per le quali, oggi, è necessario convertire la produzione al metodo biologico.

Per il benessere del suolo

I terreni coltivati con il metodo biologico contengono quantità più elevate di materia organica rispetto a quelli convenzionali. Il **mantenimento del benessere del suolo** è l'obiettivo primario che ogni agricoltore biologico persevera, poiché, un suolo in piena salute consente di mantenere una buona produttività nel tempo. Questo è reso possibile poiché nel biologico non è consentito l'uso dei **prodotti di sintesi**, diserbanti, insetticidi, concimi ecc., i cui effetti negativi impattano direttamente sull'ambiente, sui prodotti coltivati e, in ultima istanza, anche sui consumatori.

Foto di Jens Johnsson/Unsplash



56. Report redatto da CREA (Centro di ricerca Politiche e Bioeconomia), *L'agricoltura italiana conta 2017*, Roma 2017.

Per la biodiversità

“Esiste una stretta relazione tra le tecniche di coltivazione biologica e il mantenimento della biodiversità: la tutela di quest’ultima non è solo un principio fondamentale della filosofia biologica, ma rappresenta uno strumento essenziale per praticare questo metodo di coltivazione”⁴⁰. L’impatto dell’agricoltura biologica sulla biodiversità risulta minore rispetto a quello causato dall’agricoltura convenzionale, ed è riscontrabile a livello di flora, fauna e di preservazione degli habitat. Il rispetto della diversità ambientale è un criterio fondamentale: la creazione di un **equilibrio ecologico** tra suolo, piante e ambiente, garantisce una maggiore qualità dei prodotti alimentari preservando il contesto stesso entro il quale si sviluppano.

Per la diversificazione

Per il biologico la multifunzionalità è, infatti, contestualmente una questione di **cultura aziendale**, di **sostenibilità economica** e di «**necessità strutturale**». Diversificazione e multifunzionalità rappresentano, dunque, l’unica risposta possibile ai processi di standardizzazione e omologazione indotti dalla globalizzazione economica. Diversificare, dunque, risulta essere una prerogativa assoluta: l’impiego di **semi** autoctoni in favore dell’agrobiodiversità ed in particolare, delle risorse genetiche vegetali; l’utilizzo di **tecniche agrarie** differenti che, sinergicamente, contribuiscono a raggiungere buoni risultati sia per le coltivazioni, che per l’ambiente; agevolare la **produzione**, rendendo più ampio il paniere di prodotti offerti.



Per l'ambiente

Le varie tecniche agronomiche del biologico, come il mancato utilizzo di fertilizzanti sintetici, il sequestro di carbonio da parte del suolo e la riduzione delle emissioni di anidride carbonica, contribuiscono a ridurre le emissioni dei gas serra. Questo suggerisce che una conversione globale ai metodi di **gestione biologica** trasformerebbe l'agricoltura da principale fattore di cambiamento climatico ad attività a impatto climatico ridotto.

1.2 L'agricoltura organica e rigenerativa

“L'Agricoltura Organica e Rigenerativa è un insieme di tecniche e buone pratiche agricole che permettono di produrre alimenti sani con minori costi di produzione”⁴¹.

I tecnici della organizzazione non governativa Deafal A.O.R. (Agricoltura Organica e Rigenerativa) definiscono, con queste parole, le caratteristiche di questo nuovo modello agricolo, il quale parte dalla concezione che un **suolo** vitale e ricco, soprattutto da un punto di vista microbiologico, possa far ottenere naturalmente delle colture sane e resistenti.

Anche l'agricoltura rigenerativa si avvale di alcuni principi utili alla progettazione di un sistema agricolo biodiverso, efficiente dal punto di vista energetico e rispettoso delle risorse naturali e resilienti:

- ↳ migliorare il riciclo delle biomasse (sostanza organica e elementi nutritivi);
 - ↳ valorizzare la biodiversità funzionale (nemici naturali, antagonisti, ecc.);
 - ↳ minimizzare le perdite di energia, acqua, sostanze nutritive e risorse genetiche;
 - ↳ diversificare specie e risorse genetiche.
- Con la messa in atto di questi obiettivi si cerca

57. Cfr. <http://www.agricolturaorganica.org/> | consultato al 31 maggio 2018.

di porre l'accento su una serie di buone pratiche che consentono di gestire, in modo più corretto, l'attività aziendale: dall'utilizzo delle acque alle corrette rotazioni e consociazioni dei campi, utili ad evitare perdite di nutrienti nel terreno; dai sovesci alla concimazione naturale.

Nuovi scenari agricoli “tecnologici”

1. L'agricoltura di Precisione

L'introduzione della tecnologia nel settore agricolo prende il nome di **agricoltura di precisione** (AdP) – dall'inglese *Precision Agriculture* o *Site Specific Farming Management* –, e nasce negli Stati Uniti d'America agli inizi degli anni novanta. È una **strategia gestionale dell'agricoltura** che si avvale di moderne strumentazioni ed è mirata all'esecuzione di interventi agronomici tenendo conto delle effettive esigenze colturali e delle caratteristiche biochimiche e fisiche del suolo. Secondo una definizione più estensiva di AdP questa può essere descritta come:

58. Documento del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, *Linee guida per lo sviluppo dell'agricoltura di precisione in Italia*, settembre 2017.

«una gestione aziendale (agricola, forestale e zootecnica) basata sull'osservazione, la misura e la risposta dell'insieme di variabili quantitative, al fine di definire un sistema di supporto decisionale per l'intera gestione aziendale, ottimizzando i rendimenti nell'ottica di una sostenibilità avanzata di tipo climatica, ambientale, economica, produttiva e sociale»⁴².

Ed è in questo contesto che opera PIC4Ser (Poli-TO Interdepartmental Centre for Service Robotics), un centro nato in un momento storico in cui il ruolo dei robot sta cambiando. Questi saranno infatti in grado di affiancare gli esseri umani nelle attività lavorative e nella vita quotidiana.

L'obiettivo del Centro è quello di creare una comunità all'interno della quale vi siano diverse competenze in grado di affrontare i disparati scenari di applicazione (agricoltura di precisione, città intelligenti, ricerca e salvataggio, sistemi di pattugliamento e di allarme rapido, sostegno alla vita per anziani e disabili, riabilitazione, indagine archeologica/sicurezza/protezione, ecc.) e le relative soluzioni sperimentali robotiche.

Sin dal primo incontro è emersa la direzione che il centro vuole perseguire, tramite l'adozione delle tecniche e delle tecnologie proprie dell'AdP, che come descritto nei successivi paragrafi, comportano dei limiti. Per queste ragioni, il lavoro di tesi ha intrapreso una via alternativa, che si discosta da quella del centro, per poi ricongiungersi nella figura centrale e nel ruolo che il design elabora per l'interazione uomo-macchina.

1.1 L'ultima frontiera innovativa

Lo scopo dell'agricoltura di precisione è quello di fornire ad ogni pianta esattamente ciò di cui ha bisogno, per crescere in modo ottimale e ottimizzare la produzione agronomica, riducendo al contempo gli input. Questa sarebbe la descrizione estremamente sintetica di tale pratica che ha come obiettivo principale quello di **migliorare**

l'efficienza dei processi agricoli. Ed è proprio per migliorare il rendimento delle colture che viene introdotta la componente tecnologica.

La letteratura scientifica è concorde nell'affermare che l'agricoltura di precisione contribuisce in vari modi alla **sostenibilità**, confermando l'idea "intuitiva" che **ridurre la quantità** di prodotti chimici, applicandoli solo dove essi sono necessari, apporti dei benefici ambientali con effetti sulla qualità delle acque, del suolo, dell'aria e sulla questione energetica.



“L’agricoltura di precisione non è la soluzione per tutti i mali, ma si dimostra uno strumento flessibile e potente per risolvere problemi definiti e circoscritti di qualsiasi regione del globo. È anche adattabile a tutte le altre forme di agricoltura proponibili come quella biologica, quella multifunzionale, le coltivazioni per la produzione di biocombustibili, l’agricoltura di sussistenza e così via, perché ne valorizza e razionalizza le finalità”⁴³.

59. Bruno Basso, *ENEA per Expo*, Michigan State University, East Lansing, 2015.



Foto di William Daigneault/
Unsplash.

1.2 I limiti dell'AdP

I limiti principali di uno sviluppo più ampio di queste tecniche sensoristiche sono legati a diversi fattori.

In prima istanza, l'individuazione della **variabilità** ambientale rappresenta una vera e propria sfida progettuale. Infatti, questa racchiude una mole di informazioni relative a svariati parametri che vanno dalla composizione del suolo, al clima atmosferico, sino alle analisi preventive della produttività. Dunque, la variabilità rappresenta lo "strumento" principale sul quale si basa l'intera raccolta dati, utile a definire i parametri sui quali poter definire scelte e strategie da adottare, con l'obiettivo di aumentare la produttività delle colture, monitorare le rese e ridurre gli sprechi. Trattandosi di informazioni che variano notevolmente in un arco di tempo ristretto, e che provengono da più sorgenti (sensori), la frequenza di acquisizione è spesso elevata: **la gestione, la sintesi e l'interrogazione** di tali informazioni non è ancora sufficientemente adeguata.

Di conseguenza l'**interpretazione dei dati** raccolti richiede più di una competenza professionale. Trattandosi, come detto, di sensori che rilevano un insieme di variabili ambientali, talvolta è difficile tradurli in un linguaggio facilmente comprensibile da parte degli agricoltori. È necessaria, quindi, una rete di diverse figure professionali utili a comprendere in maniera esaustiva tali informazioni e fornire una guida valida per l'azione.

In conclusione, oltre alle ragioni suddette, da non sottovalutare sono anche gli **investimenti iniziali**: le spese per l'acquisizione di hardware, droni e sensori dedicati sono notevoli e ad oggi risulta difficile che la maggior parte dei produttori agricoli piccoli e medi abbia la disponibilità economica per affrontare tali spese.

1.3 Vantaggi e svantaggi

L'introduzione e l'integrazione dei processi di *Information Technology* in agricoltura, ha consentito di valutare e classificare i benefici attesi in merito all'introduzione dell'innovazione. L'impiego della tecnologia contribuisce ad ottenere una serie di **benefici economici**, risultanti dall'ottimizzazione e razionalizzazione dell'utilizzo delle risorse principali (acqua, fertilizzanti, agrofarmaci), e **benefici ambientali** riscontrabili nella riduzione dell'impiego delle sostanze chimiche di sintesi⁴⁴. In ultima analisi, è possibile definire una serie di implicazioni positive relative quali:

aumento della qualità gestionale ←
degli appezzamenti;

ottimizzazione degli input produttivi ←
con conseguente risparmio;

diminuzione dell'energia ←
impiegate dalle macchine;

miglioramento delle caratteristiche ←
qualitative della produzione;

rese più elevate ed omogenee; ←

riduzione degli input chimici e ←
dell'impatto ambientale.

Non ci sono solo aspetti positivi, infatti, il più grande ostacolo da sormontare è rappresentato dai grandi investimenti iniziali di cui ha bisogno un'azienda e dai costi per il personale qualificato che sia in grado di utilizzare gli strumenti, poiché il compito non è comune. Ciò è dimostrato da diversi esperti del settore, come il direttore tecnico di Agrisfera⁴⁵, il quale afferma che *“per avere un ritorno dell'investimento in tempi ragionevoli sui cereali l'azienda deve poter contare su più di 50 ettari”*.

60. Cifr. Tesi di Gatto Simone, *Applicazione delle tecnologie di Agricoltura di Precisione nella coltivazione del Mais in una azienda cerealicola-zootecnica*, 2013.

61. Soc. Coop. Agr. tra Ravenna e Ferrara con 900 ettari di grano, il cui processo di lavorazione è totalmente ad agricoltura di precisione.

1.4 Le tecnologie dell'AdP

Per le modalità di **acquisizione dati** esistono diverse tecniche e metodi: ogni strumento possiede delle caratteristiche differenti in base alla funzione che esso svolge. Di seguito sono descritte alcune delle principali tecnologie che l'agricoltura di precisione ha integrato nei propri dispositivi.

Riferimenti spaziali (GPS)

Il sistema di posizionamento globale, meglio noto come GPS, è lo strumento migliore per identificare e registrare la posizione di un oggetto sulla superficie terrestre. Attraverso una rete dedicata di satelliti artificiali in orbita, il sistema satellitare fornisce, ad un terminale mobile o ad un ricevitore GPS, informazioni sulle sue **coordinate geografiche**, in ogni condizione meteorologica e ovunque sulla Terra. La localizzazione avviene tramite la trasmissione di un segnale radio da parte di ciascun satellite e l'elaborazione dei segnali ricevuti da parte del ricevitore. Il suo grado attuale di accuratezza è dell'ordine dei metri, e dipende dalle condizioni meteorologiche, dalla disponibilità e dalla posizione dei satelliti rispetto al ricevitore, dalla qualità e dal tipo di ricevitore. L'introduzione del sistema GPS ha reso possibile l'esecuzione di alcune operazioni come la **mappatura** precisa dei **raccolti**, la guida dei mezzi su traiettorie parallele, il campionamento del suolo e la distribuzione dei fertilizzanti e pesticidi a volume variabile nello spazio, e, in ultima istanza, la guida in automatico dei veicoli agricoli.

Sistemi Informativi Geografici (GIS)

Il **G.I.S.** (Geographical Information System) o sistema informativo geografico, è un'applicazione software che permette acquisire, controllare, integrare, elaborare e rappresentare dei dati che

62. Le mappe di prescrizione indicano la quantità di input da distribuire nelle diverse zone del campo. Sono il risultato dell'incrocio di molti dati derivanti da mappe di vigore o mappe di produzione (ottenute rilevando punto per punto la produzione durante la stagione precedente) e da analisi del suolo. Nei diversi appezzamenti vengono individuate zone omogenee fra loro per caratteristiche e potenziale produttività e stabilite quantità diverse di seme, concime e prodotti fitosanitari da distribuire in dosi variabili.

sono spazialmente riferiti alla superficie terrestre. L'analisi dei dati raccolti nel GIS consente di creare una **mappa di prescrizione**⁴⁶, al fine di evidenziare la disformità dell'appezzamento e il livello di nutrizione del terreno. In questo modo l'agricoltore è in grado di variare la concimazione in ogni zona del campo in funzione delle reali necessità. Attraverso la sovrapposizione della mappa del terreno con quella di produzione, risulta facile risalire alla causa che porta ad una bassa resa in una determinata area del campo.

Telerilevamento

Il telerilevamento, in inglese *remote sensing*, è un metodo di indagine non distruttivo che consente di indagare alcune proprietà delle superfici sulla base del loro comportamento riflettivo (firma spettrale) rispetto alle diverse lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico. Le **informazioni** acquisite, sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo, riguardano lo stato di salute del terreno e della coltura; l'andamento del ciclo produttivo e la fase di maturazione della coltura stessa. Tutte queste informazioni possono essere recepite in tempi brevi e, ripetendo l'acquisizione più volte nel corso del ciclo colturale, è possibile ottenere dati aggiornati sulla coltura.

Tecnologie per l'applicazione a dosaggio variabile

Un'altra funzione dell'AdP è la **comprensione dei dati** raccolti, i quali, una volta interpretati, consentono di gestire, in maniera autonoma, la razionalizzazione e la distribuzione degli input, quali semi, concimi, pesticidi, acqua, ecc., tramite tecnologie dette **TAV** (Tecnologie per l'applicazione a dosaggio variabile). Questo tipo di analisi vengono messo in atto solo una volta che sono stati raccolti i dati necessa-

ri attraverso le tecnologie sopra analizzate. La metodologia impiegata dalla tecnologia TAV si basa su **sensori** che rilevano, in tempo reale, i parametri relativi alla coltura (caratteristiche del terreno, stato della coltura, resa, ecc.), i quali vengono poi utilizzati come indicatori per la distribuzione e regolazione dei vari input produttivi. Le componenti necessarie per acquisire e gestire i dati raccolti sono le seguenti:

↳ **sensori**: forniscono i dati acquisiti;

↳ **unità di acquisizione ed elaborazione**: legge ed elabora i dati di input e le mappe di prescrizione;

↳ **unità di controllo**: gestisce gli attuatori dell'applicazione a dosaggio variabile, sulla base delle informazioni ricevute dall'unità precedente;

↳ **attuatori**: agiscono sul sistema di regolazione dell'attrezzatura trasformando gli impulsi e gli input ricevuti in azioni fisiche.

Lo scenario Italiano: i numeri dei modelli produttivi analizzati

1. Il territorio Italiano

Dal punto di vista orografico l'Italia è caratterizzata prevalentemente da una superficie collinare per il 42%, montana per il 35% e pianeggiante per il 23%. Tuttavia, secondo i dati rilevati al termine del 2016, la maggior parte della popolazione si localizza in pianura (49% di residenti) e in collina (39%), ovvero nelle aree con un più alto tasso di sviluppo territoriale, e solo il 12% risiede nei comuni di montagna. Relativamente alla copertura del suolo, il territorio italiano è suddiviso tra superfici agricole utilizzate (SAU) per il 51% del totale e territori boscati e ambienti semi-naturali per il 41%; mentre le superfici artificiali rappresentano il 7%, con una distribuzione sul territorio nazionale molto irregolare derivante dalle caratteristiche orografiche e al diverso livello di urbanizzazione. Da questa analisi si evince come il nostro Paese sia fortemente caratterizzato da un'economia basata sulle produzioni agricole. A conferma di ciò, possiamo notare che sul territorio italiano sono stanziati oltre un milione di proprietà agricole, specializzate in diversi settori: cerealicole, risicole, ortofrutticole, ecc., riconducibili, in maggior numero, a piccole e medie realtà contadine tradizionali⁴⁷.

63. Istituto nazionale di statistica
ISTAT, *Annuario Statistico Italiano*,
Roma, 2017.

1.1 I numeri dell'agricoltura convenzionale

La coltivazione industriale di tipo “intensivo” è ancora largamente diffusa in Europa e in Italia.

Tuttavia, nelle coltivazioni industriali, si rileva un decremento, negli ultimi anni, sia della superficie investita (-5,5%) che della produzione raccolta (-4,0%)⁶⁴. Questo tipo di coltivazione è nota per il massiccio utilizzo di sostanze di sintesi al fine di incrementare la produttività delle piantagioni e del suolo. I **fertilizzanti**, ad esempio, ricoprono il ruolo specifico di creare, ricostituire, conservare o aumentare la fertilità del terreno. In Italia, le regioni con la più elevata distribuzione di fertilizzanti in agricoltura sono concentrate principalmente nel Nord.

Nel 2015 le regioni che hanno registrato i valori più consistenti sono state la Lombardia, il Veneto e l'Emilia-Romagna. I valori minori sono stati rilevati in Valle d'Aosta e in Trentino-Alto Adige. Nel Centro, invece, il primato è spettato alle regioni Toscana e Lazio, mentre nel Mezzogiorno i valori più alti sono stati riscontrati in Puglia e i più bassi in Basilicata e Molise. Rispetto alla crescita di fertilizzanti registrata nel 2013 e nel 2014, il 2015 è stato caratterizzato da un calo del 4,1% del loro impiego, per un totale di 1,06 tonnellate utilizzate.

In agricoltura convenzionale si fa anche largo uso di **fitosanitari**, utilizzati per proteggere i vegetali da organismi nocivi. L'utilizzo dei prodotti fitosanitari è aumentato del 23%.

Le regioni con la più elevata distribuzione di prodotti fitosanitari in agricoltura si collocano nel Nord, in particolare nel Nord-est⁶⁵.

64. Cfr. <https://www.istat.it/> | consultato al 31 maggio 2018.

65. Istituto nazionale di statistica ISTAT, *Annuario Statistico Italiano*, Roma, 2017.

1.2 I numeri dell'agricoltura agroecologica

66. Cifr. *Nuove strategie sostenibili* in "Introduzione".

67. Cfr. <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/11777> | consultato al 31 maggio 2018.

68. <https://www.foodweb.it/> | consultato al 31 maggio 2018.

In accordo con le ultime strategie e politiche sostenibili europee e mondiali⁵⁰, si stanno riscoprendo e diffondendo alcune pratiche agricole tradizionali. Molti di questi approcci e pratiche, che hanno a cuore l'ecosistema naturale, sono sconosciute ai più, fa però eccezione l'approccio biologico, oramai diffuso a livello globale e sottoposto a regolamentazione. Il potenziale rivoluzionario del modello biologico è confermato dal successo globale dell'agricoltura bio, cresciuta, negli ultimi anni, sia in termini di superfici convertite (+57,8% per complessivi oltre 7,4 milioni di ettari) sia in termini di operatori (2,4 milioni di operatori in 179 Paesi nel 2015)⁵¹. L'exploit è frutto di una maggiore attenzione all'argomento, e si può notare quanto il tema della sostenibilità sia sempre più al centro delle politiche di sviluppo del nostro Paese e non solo. Infatti, i dati Ismea-Nielsen del primo semestre 2017, relativi alle vendite dei prodotti bio, confermano il trend positivo del settore (+15,2%): tale atteggiamento denota una grande fiducia da parte del consumatore nei confronti del prodotto che presenta la tipica "fogliolina verde", simbolo di qualità, sostenibilità e territorialità⁵².

1.2.1 L'agricoltura biologica in Italia

L'Italia è leader europeo per numero di operatori nel settore del biologico, i quali ammontano ad un totale di 72.154 (dati aggiornati al 2016)⁶⁹. Andando nel dettaglio dei 72.154 operatori totali, 55.567 sono i produttori esclusivi (aziende agricole). A questi si sommano 7.581 preparatori esclusivi (aziende che effettuano attività di trasformazione e commercializzazione, compresa la vendita al dettaglio); 8.643 produttori-preparatori (aziende agricole che svolgono sia attività di produzione che di trasformazione e commercializzazione), ed infine, 363 importatori (che possono essere anche preparatori).

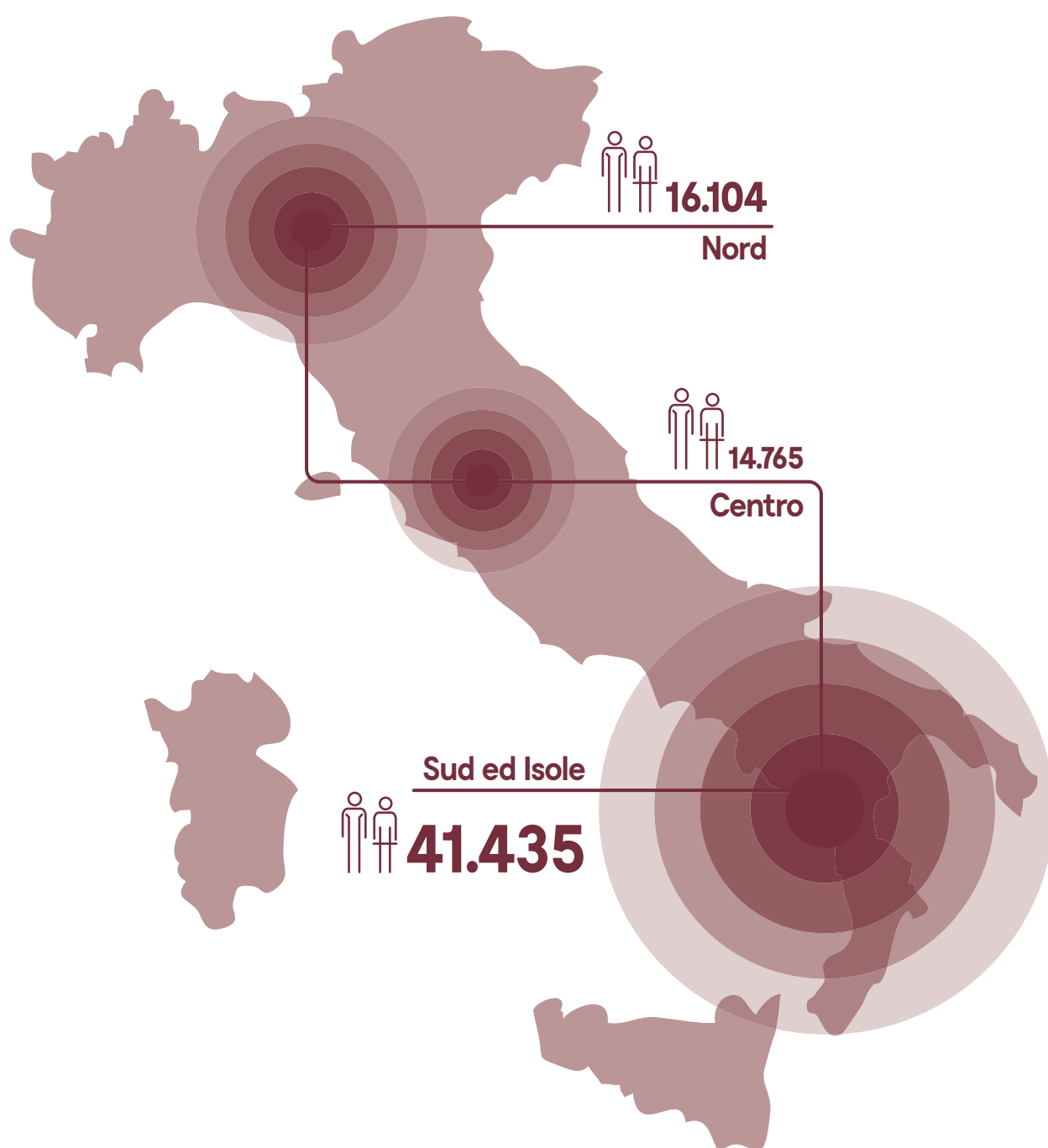
Di conseguenza anche le vendite dei prodotti biologici è in crescita, con un aumento del 19% rispetto agli anni precedenti. Alle tendenze di mercato corrispondono anche le scelte degli agricoltori che, nel 2016, hanno convertito al biologico 300 mila ettari portando ad un totale di 1,8 milioni gli ettari coltivati con il metodo biologico.

Dunque, anche dal punto di vista dei consumatori si riscontra un'accresciuta coscienza ecologica: il cambiamento degli stili di vita e delle scelte di consumo, hanno spinto le famiglie a rivolgersi sempre più spesso ai prodotti bio. Nel 2017 il 78% delle famiglie italiane ha acquistato almeno un prodotto biologico contro il 53% del 2012⁷⁰. Questi dati evidenziano il forte dinamismo del comparto, che fa posizionare l'Italia al 6° posto nel mondo per SAU adibito ad agricoltura biologica e al 2° posto in Europa, dopo la Spagna, con quasi 1.400.000 ettari. L'incidenza della superficie bio sul totale della superficie nazionale coltivata risulta pari al 12%⁷¹.

69. Cfr. <http://www.sinab.it/> | consultato al 31 maggio 2018.

70. Cfr. <http://www.nomisma.it/index.php/it/> | consultato al 31 maggio 2018.

71. Rapporto Sinab, Mipaaf, ISMEA, CIHEAM, *Bio in cifre 2017*, luglio 2017, Sinab.



Nell'illustrazione è rappresentata la diffusione del metodo biologico in base al numero degli operatori impiegati in questo settore. Come si evince, sia dallo schema che dal paragrafo 9.2.1, il Sud è l'area geografica italiana con il più alto numero di impiegati.

1.2.2 L'agricoltura biologica sul territorio piemontese

All'interno del contesto nazionale, tuttavia è presente una forte dislocazione del comparto agricolo biologico. Nell'area Nord-ovest del Paese (Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia e Liguria) l'attività biologica è molto più scarsa rispetto a quanto avviene al Sud. Al Nord troviamo impegnati solo 16.464 operatori, un numero parecchio esiguo se messo a confronto con i 40.925 oramai attivi al meridione. In Piemonte negli ultimi anni, la pratica agricola biologica si sta, però, diffondendo rapidamente. Tra le regioni del Nord-ovest è quella che presenta un maggior numero di operatori, ben 2.304 unità. Tuttavia rimane bloccata al 15° posto nelle classifiche che considerano tutte le regioni italiane, con solo il 3,6% della superficie agricola regionale impegnata nel biologico. Se consideriamo che la media nazionale di superficie adibita a biologico è il 12% del totale, possiamo affermare che la regione Piemonte ha ancora molta strada da fare, soprattutto tenendo presente che la regione prima in classifica, la Calabria, ha destinato alle colture biologiche il 31,5% della superficie regionale⁵⁶.

72. Cfr. <http://www.sinab.it/> | consultato al 31 maggio 2018.

1.3 I numeri dell'agricoltura di precisione

Ad oggi appena l'1% della superficie agricola coltivata in Italia vede l'impiego di mezzi e tecnologie di agricoltura di precisione. L'obiettivo che si pone il Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali è di raggiungere la quota del 10% della superficie agricola nazionale entro il 2021, e per avvicinare questo risultato ha intenzione di impiegare alcuni particolari piani di azione. Alcuni punti fondamentali relativi a questi interventi prevedono: finanziamenti per la conversione agricola che favoriscano l'utilizzo delle strumentazioni di precisione; la promozione degli *Open Access* dei dati raccolti in

73. Documento del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, *Linee guida per lo sviluppo dell'agricoltura di precisione in Italia*, settembre 2017.

74. Documento del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, *Linee guida per lo sviluppo dell'agricoltura di precisione in Italia*, settembre 2017.

campo per elaborare statistiche e soluzioni standard; promozione e sostegno di ricerche, studi e sperimentazioni per ottimizzare le tecnologie e il trasferimento dati⁵⁷.

Sul fronte Piemontese, dopo un'attenta analisi del contesto, è stata individuata una necessità: *“limitare la contaminazione delle risorse non rinnovabili da parte delle attività agricole”*. In tale analisi si rileva come l'attuazione delle misure agroambientali nelle programmazioni attuate nel periodo 2000-2013, abbia portato apprezzabili riduzioni dell'uso di fitofarmaci e della presenza dei relativi residui nelle acque, nel suolo e nei prodotti.

Per conseguire obiettivi di questo carico, in particolare quelli relativi all'ambiente, si prevedono approcci innovativi quali, ad esempio, l'adozione delle pratiche innovative dell'agricoltura di precisione o l'impiego di cultivar più performanti a parità di input rispetto a quelli tradizionali⁵⁸.

PARTE II

Analisi dello scenario agricolo e definizione dello scenario progettuale

Nel capitolo precedente è stato illustrato il quadro generale riguardante i vari metodi agronomici oggi impiegati. Tale inquadramento ha permesso di selezionare lo scenario di riferimento sul quale poter sviluppare il lavoro di tesi. Lo scenario selezionato riguarda quello dell'**agricoltura biologica** e nel capitolo che segue verrà presentata un'**analisi qualitativa e quantitativa** dei metodi produttivi e delle misure agronomiche previste dal regolamento. Un'analisi simile è stata necessaria proprio per poter comprendere meglio le operazioni eseguite e le **fasi** che caratterizzano tale modello agricolo. Al termine della suddetta sezione, seguirà un'analisi sul tema della **sensoristica**, altro scenario dal quale prenderà spunto il lavoro di tesi.

Perché integrare biologico e sensoristica?

1. Un modello agricolo sostenibile come strategia di sviluppo

«Biologico significa sostenibilità autentica nei settori dell'agricoltura e della nutrizione: questo settore può dare il proprio contributo decisivo alle sfide globali che abbiamo di fronte, come la fame, il cambiamento climatico e la riduzione delle risorse naturali»¹.

Scegliere l'agricoltura biologica è diventata una prerogativa necessaria per portare vantaggi significativi sia al benessere degli individui, che all'intero pianeta. Grazie ad un approccio ecosistemico, socialmente inclusivo, economicamente ed ecologicamente resiliente, l'agricoltura biologica rappresenta la più grande **innovazione** in campo agricolo e alimentare dell'ultimo secolo, capace di far fronte alle grandi sfide future, come il contrasto al cambiamento climatico, il recupero della biodiversità e della fertilità dei suoli². Dopo decenni di attività agricole industriali ad altissima redditività, i danni causati all'ecosistema da tale modello agricolo sono quanto mai evidenti. Sorge spontanea la necessità di spingersi verso un approccio migliorativo e rigenerativo: abbiamo, nelle nostre mani, tutte le capacità necessarie ad avviare il cambiamento, basta solo concretizzarlo in maniera unita e collaborativa³.

75. Markus Arbenz, manager di IFOAM.

76. Cifr. <https://www2.unccd.int/actions/global-land-outlook-glo> | consultato al 31 maggio 2018.

77. Istituito nel 1994, le Nazioni Unite contro la desertificazione (UNCCD) sono l'unico accordo internazionale legalmente vincolante che collega ambiente e sviluppo alla gestione sostenibile del territorio.

2. Integrazione tecnologica

Oggi il tema più che mai centrale è la sostenibilità ambientale, aspetto che interessa in particolar modo la produzione alimentare. Per poter migliorare la sostenibilità di ogni singola azienda agricola, la sua competitività nel mercato e la sua stessa resilienza, oggi è quanto mai necessario fare un passo in avanti, guardando alle opportunità offerteci delle nuove tecnologie, che vedono ampia applicazione soprattutto in campo agricolo e che consentono di aumentare lo spettro decisionale nel pieno rispetto dell'ambiente e dell'uomo.

78. Raffaele Maiorano,
presidente Giovani agricoltori di
Confagricoltura (Anga).

«L'innovazione tecnologica e digitale sta cambiando il volto dell'agricoltura moderna, nell'ottica di renderla sempre più sostenibile»⁴.

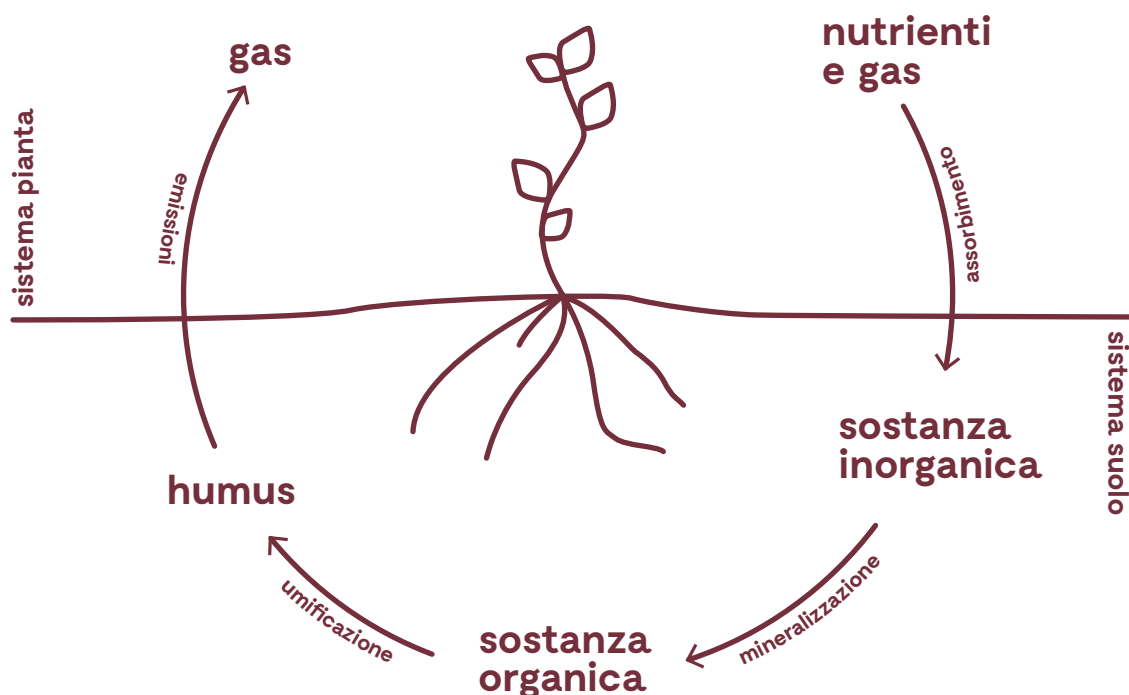
Le fasi del Biologico

In questo paragrafo, per una più semplice comprensione, sono state individuate quattro fasi principali che caratterizzano la produzione agricola, presentate nel seguente ordine: preparazione del terreno, semina, crescita e raccolta. Individuate ed esaminate tali fasi, si procede con l'analisi qualitativa e quantitativa di tali processi, al fine di individuare una possibile base di intervento progettuale.

1. Preparazione del terreno

La preparazione del terreno si configura come una delle fasi fondamentali della pratica agronomica analizzata. Subito dopo la raccolta di una coltura, il suolo è sprovvisto di alcuni nutrienti essenziali, quali vitamine e minerali, che condizionano fortemente la resa produttiva delle colture che seguono. Un suolo ben costituito è composto per il 45% di minerali; 50% di aria e acqua, 5% di componente organica. Quest'ultima a sua volta è composta dal 10% di radici e dal 10% di micro fauna e flora. Se si seziona il terreno in strati, si nota come la **rizosfera**, fascia nella quale si dirama l'apparato radicale delle piante, è lo strato più ricco di materiale organico: è in questa zona che, grazie all'azione di sintesi dei microrganismi, si trasforma la sostanza organica in humus, composta da carbonio (55%), ossigeno e idrogeno (38%), azoto (5%) e altri elementi⁵.

79. C. Peano, F. Sottile, *Agricoltura slow*, 2017, Slow Food Editore.



Nello schema qui rappresentato, si riassumono i processi che avvengono nel sottosuolo, specificatamente nella rizosfera, dunque, è lo strato in cui sono

presenti, in maggiore quantità, le sostanze nutritive di cui necessita la pianta per crescere. La composizione e la qualità dell'humus è condizionata dalla qualità della sostanza organica di partenza, poiché dipende dalla coltura che è stata insediata. Per questo nell'agricoltura naturale si adoperano una serie di **pratiche agronomiche** che hanno lo scopo di fertilizzare il suolo reintegrando i minerali e le vitamine mancanti. Durante tale fase l'agricoltore mette in atto una serie di **lavorazioni**, con semplici attrezzi o con macchine più sofisticate, con lo scopo di modificare lo stato fisico del suolo per renderlo idoneo alle coltivazioni desiderate. Anche le lavorazioni, dunque, come qualunque scelta aziendale, devono essere sinergiche agli obiettivi principali del metodo biologico, ovvero la **conservazione** e il **miglioramento** della **fertilità organica**. In conclusione, ogni agricoltore che vuole ottenere un output di alta qualità, deve mettere in pratica, sin dal principio, le migliori pratiche agronomiche per mantenere inalterate le condizioni del suolo e delle colture nel pieno rispetto dell'ambiente.

Focus: lavorazioni terreno

Per quanto riguarda le lavorazioni, i concetti fondamentali da tener ben presenti per la creazione di un ambiente favorevole alla germinazione sono: lavorazioni preferibilmente non profonde (non superare i 30 cm di profondità); evitare il ribaltamento e la miscelatura degli strati del terreno, se non quelli superficiali. Non trovano, infatti, alcuna giustificazione né il rivoltamento in profondità degli strati superficiali, che provocherebbe l'interramento della sostanza organica accumulata nei primi strati di terreno; né la lavorazione in profondità, che provocherebbe un peggioramento delle condizioni per l'umificazione della stessa sostanza organica, data la scarsità di ossigeno e la minor presenza di microrganismi.

1.1 Pulizia del terreno

Prima di piantare una nuova coltura è necessario effettuare una **pulizia del suolo** tramite la rimozione, manuale o meccanica, delle erbe infestanti e spontanee. La scelta dei mezzi da utilizzare è da valutare in base ad alcuni fattori come l'altezza delle infestanti, la loro copertura sul campo e la tipologia di coltura piantata (alberi da frutto, ortaggi ecc.). Tale procedura è di fondamentale importanza, poiché estirpare anche la radice delle infestanti significa ritardare, il più a lungo possibile, il ripresentarsi dell'erba infestante, ovvero il principale vettore di malattie per le colture.

1.2 Pacciamatura

La pacciamatura rientra tra le pratiche agronomiche mirate a limitare la riproduzione e la dispersione delle erbe infestanti. Tale tecnica sfrutta il principio della **devitalizzazione delle malerbe**: agisce impedendo il passaggio della luce, creando in tal maniera condizioni inadatte alla **germinazione delle infestanti**. Tuttavia, è una pratica che implica una particolare attenzione, poiché, se non viene ben calibrata, la coltura può subire attacchi da parte di alcuni agenti patogeni. Un altro fattore da considerare è il **periodo** in cui viene eseguita la pacciamatura. Essenzialmente si adopera due volte l'anno: in primavera e in autunno. Nella prima parte dell'anno è necessaria per mantenere il terreno fresco e ben umido, in modo da favorire la crescita delle piante e limitare l'attacco di erbe infestanti. Nella seconda parte dell'anno, invece, la pacciamatura è necessaria per proteggere il suolo da gelate e piogge abbondanti.

Per quanto riguarda il **materiale** utilizzabile per la pacciamatura, è possibile distinguere tre tipologie: materiali **organico**, **inorganico** e **plastico**.



Organico: ideale per l'agricoltura biologica ◀
e organica. È composto da aghi di pino, compost, corteccia sminuzzata, erba di sfalcio, fieno, foglie, letame, muschio, residui di potature, torba ecc.;

inorganico: composto da ◀
ciottoli, ghiaia, lapilli ecc.;

plastico: comprende tessuti in fibra ◀
e film plastici. È un materiale poco sostenibile dal punto di vista ambientale poiché non biodegradabile.

Foto di Valentina Diaferio Azzellino
presso Azienda agricola *Vita di campo*.



Focus: pacciamatura

Il telo pacciamante viene disposto **prima** della **semina** o del **trapianto** sulle file (se il campo è molto vasto per questioni di costi) o sull'intera area da coltivare, coprendo anche l'interfila. Per creare lo strato di pacciamatura (spesso 15 centimetri) è necessario realizzare una miscela tra gli elementi organici per favorire la compattazione dei singoli elementi⁶.

80. B. Mollison, R. Mia Slay,
Introduzione alla permacultura,
2008, Editrice Aam Terra Nuova.

1.3 Solarizzazione

La solarizzazione rappresenta un **metodo preventivo** poco costoso e di facile applicazione che viene utilizzato nell'agricoltura biologica per ridurre la carica di inoculo di alcuni patogeni terricoli (funghi, batteri) e per devitalizzare i semi di alcune specie infestanti. Questa tecnica, sfruttando l'**energia solare**, aumenta la temperatura del terreno opportunamente ricoperto con plastiche in polietilene (PE). Il telo funge da copertura, al di sotto del quale i valori termici che si raggiungono, protratti per diversi giorni, permettono di arrestare l'insorgere di problemi.

L'efficacia della solarizzazione dipende dalle temperature raggiunte dal terreno e dalla sua attenta preparazione. Per poter essere efficace si lavora dapprima il terreno, per i primi 30 cm di profondità, e successivamente si irriga con abbondantemente acqua. Questa operazione consente sia la **trasmissione del calore** dagli strati più superficiali a quelli più profondi, che la stimolazione delle attività vitali di funghi, parassiti e infestanti, in modo da renderli **vulnerabili al calore**. Eseguite le operazioni suddette, si ricopre il terreno con il film plastico, di norma trasparente e incolore. La copertura deve essere mantenuta per un minimo di 35-40 giorni nella stagione di massima insolazione (fine giugno - agosto), prima di procedere all'impianto delle coltivazioni.

1.4 Falsa semina

Rientra tra le **lavorazioni secondarie** e serve a ridurre il numero di **semi di infestanti** germinabili presenti nel suolo. È una tecnica impiegata, soprattutto, in orticoltura e cerealicoltura. La tecnica si effettua mediante lavorazione della superficie del terreno, in modo da permettere la rottura dell'eventuale crosta esterna, finitura del letto di semina e interruzione della risalita capillare dell'acqua. In questo modo vengono a crearsi le condizioni ideali per la **germinazione dei semi delle malerbe**. Dopo 2 o 3 settimane, quando le infestanti cominciano ad emergere (non hanno ancora raggiunto i 2 cm di altezza), si effettua un passaggio con macchinari progettati allo scopo di eliminare la flora presente (ad esempio una leggera erpicatura). Se necessario, questa operazione può essere ripetuta più volte. Entro 24-48 ore si procede alla semina o al trapianto, evitando il rimescolamento degli strati di terreno, che potrebbe riportare in superficie nuovi semi. In caso di elevati livelli di infestazione, può essere utile ripetere l'operazione, se le condizioni climatiche lo permettono e l'epoca di semina o di trapianto della coltura non subisce un ritardo eccessivo.

1.5 Fertilizzazione

La parola "fertile" non corrisponde, come convenzionalmente viene interpretato, a "concimato". Concimato è un termine che si riferisce ad un terreno al quale sono stati aggiunti degli elementi nutritivi senza tener conto di tutto ciò che si relaziona con quanto è stato aggiunto. La **fertilità**, invece, rappresenta un insieme di caratteristiche fisiche, chimiche e soprattutto biologiche (sostanza organica o humus) che possono essere conosciute solo osservando attentamente il terreno. Infatti, la diminuzione del livello di fertilità dei suoli è un fenomeno rilevante, specialmente nei paesi del Sud Europa, ed in particolar modo in Italia, dove si sono

registrati molti casi in cui il contenuto di sostanza organica è inferiore all'1%. Questa diminuzione rappresenta un campanello d'allarme, poiché un terreno ricco di humus, migliora la **struttura**

del suolo e la **vivibilità** stessa delle piante.

Nell'ecosistema agricolo, a differenza di quanto accade negli ecosistemi naturali, l'uomo allontana, con la raccolta, una parte della sostanza organica (elementi nutritivi, microrganismi, ecc.) che si forma durante la coltivazione, causando una riduzione consistente di humus. Ed è proprio per questa ragione che tutti gli agricoltori (non solo quelli impegnati nel biologico) devono impegnarsi a **reintegrare** la sostanza organica adoperando dei prodotti specifici come **letame o compost**, oppure interrando **sovesci e residui colturali**. Di seguito si esamineranno, più in dettaglio, le due tipologie di fertilizzanti naturali maggiormente impiegati nell'agricoltura biologica.

Focus fertilizzazione

Uno strumento interessante per calcolare la giusta quantità di humus da apportare potrebbe essere il **bilancio umico**⁷. Questo si occupa di verificare se l'humus disperso durante l'intero ciclo produttivo viene reintegrato attraverso interventi agronomici (interramento dei residui colturali, sovesci ecc.) o tramite fertilizzazione (compost e concimi organici).

81. Cifr. http://storico.coldiretti.it/organismi/inipa/area%20formazione/cd%20probio/files/06_prod_vegetale/06_06_prod_vegetale.htm | consultato al 31 maggio 2018.

1.6 Letame

L'utilizzo di letame costituisce una delle pratiche più antiche e tradizionali impiegate per concimare il suolo. Il concime letamato è una miscela composta da residui vegetali (paglia, fieno, scarti che costituiscono la lettiera del bestiame) e deiezioni animali (bovini ed equini). Tale miscela attraversa una fase di fermentazione (che per il letame maturo dura tra i sei e i nove mesi) al se-

guito della quale può essere utilizzata come un vero e proprio fertilizzante. In questo caso prende il nome di **letame maturo**, che risulta meno umido e più ricco di sostanze nutritive, poiché digestate dai microrganismi. L'uso di letame fresco comporterebbe la possibilità di insorgenza e trasmissione di malattie tra le coltivazioni. Una condizione fondamentale da tenere in considerazione, se si pratica agroecologia, è l'utilizzo esclusivo di letame proveniente da allevamenti biologici, poiché in essi viene prestata una cura particolare all'alimentazione e al benessere del bestiame. Anche la lettiera delle stalle deve rispettare delle normative, come l'assenza di vernici o altre sostanze chimiche che, nel momento in cui trovassero impiego in campo agricolo, inquinerebbero sia il suolo che le coltivazioni. Il letame è un concentrato di elementi nutritivi quali azoto, fosforo, potassio, calcio, magnesio, zolfo e altri microelementi. Questi nutrienti tendono quasi a raddoppiare in condizione di letame maturo.

Oltre alla funzione concimante, il letame svolge anche l'importante funzione di **ammendante**, ovvero apporta sostanza organica al terreno migliorandolo dal punto di vista fisico, chimico e biologico. Inoltre, il letame maturo ha anche la capacità di trattenere bene l'umidità del terreno e favorisce il miglioramento della sua struttura, rendendolo più facile da lavorare.

Il periodo migliore per distribuire il letame è l'**autunno**, in modo tale da far raggiungere al terreno il picco di nutrienti in primavera. I tempi variano a seconda dei diversi tipi di colture impiegate. Infatti, sulle **piante perenni** è ideale distribuirlo poco prima della messa a dimora, cosa che assicurerà alle piante in accrescimento un ambiente ospitale per le giovani radici e una «banca» di elementi nutritivi a cui attingere. Per le **colture annuali**, invece, il letame viene solitamente distribuito ogni 3-5 anni prima della semina o del trapianto delle colture che maggiormente possono giovare della sua presenza: cucurbitacee (zucchino, cetriolo e melone), solanacee (pomodoro, peperone, melanzana, patata) ecc..

1.7 Compost

Anche il compost, come il letame, ha la funzione di **ammendante**. Il Compost impiegabile nel metodo biologico si distingue in due categorie: Ammendante Compost Verde (ACV) e Ammendante Compost misto (ACm), a seconda che le matrici organiche di origine siano, rispettivamente, solo **scarti vegetali** (sfalci d'erba, ramaglie, potature, legno) oppure scarti vegetali mescolati ad altri **rifiuti organici** (umido domestico, scarti dell'agroindustria, digestati, fanghi di depurazione, altri sottoprodotti agroforestali).

Per giungere alla completa trasformazione del compost, la materia deve prima attraversare una fase di **bio-ossidazione**, durante la quale avvengono processi di decomposizione delle parti organiche più facilmente degradabili, che inducono un innalzamento termico tale da comportare una simultanea igienizzazione della massa. Dopodiché avviene la fase di **maturazione**, in cui la massa si stabilizza, dando vita alla sostanza umica, ovvero la sostanza nutritiva, anche detta humus, derivante dalla bio-degradazione microbica della sostanza organica.

Focus compost o letame

Volendo fare un confronto tra letame e compost generico, possiamo notare che le rispettive **quantità** di prodotto impiegate per apportare al suolo 1 tonnellata di humus sono, rispettivamente, di 25 e 16 tonnellate. A parità di sostanza organica reintegrata, le quantità di elementi minerali apportate variano considerevolmente tra letame e compost: se si considera l'apporto di azoto (N), infatti, questo raddoppia con l'uso di compost. Resta costante, invece, la quantità di fosforo (P_2O_5), mentre il livello di potassio (K_2O) resta leggermente al di sopra per il letame rispetto al compost.

L'uso di tale pratica agronomica ha, sicuramente un aspetto positivo ormai consolidato: contribuisce a contrastare il fenomeno della "desertificazione", che si concretizza

quando il contenuto di sostanza organica del suolo è inferiore all'1 - 2 per cento.

La differenza tra letame, compost, sovesci e altri residui colturali si riscontra nella presenza dei microelementi: in ognuno di essi questi sono avvertiti in quantità differenti. Ciò comporta, di conseguenza, anche un loro differente utilizzo, sia in termini qualitativi che quantitativi, ma il fine comune è sempre quello di reintegrare la sostanza organica.

1.8 Sovescio⁸

82. Cifr. <https://www.aiablombardia.it/sovescio/> | consultato al 31 maggio 2018.

83. Report AIAB in Piemonte, *L'agricoltura biologica. Fondamenti e norme*, 2016.

È un'antica **tecnica agronomica** indispensabile nel metodo biologico per gli innumerevoli vantaggi che essa offre. Questa pratica, considerata una valida alternativa alla letamazione, presenta molte qualità: apporta sostanza organica, aumenta l'attività microbica e migliora la struttura del terreno, aiuta all'insediamento di insetti utili e al mantenimento di acqua nel terreno. Investire in un buon sovescio significa investire nella coltura da reddito che segue⁹. Lo scopo principale è quello di limitare il numero di piante spontanee in favore sia della coltura che della flora spontanea che potrebbe essere utile all'intero agrosistema. Per avviare la **concimazione verde**, o sovescio, è necessario selezionare la coltura di copertura da deporre in base all'apporto di biomassa necessario per il suolo. Generalmente, le colture utilizzate sono le **leguminose**, le **crucifere** e le **graminacee**. Le **leguminose** (trifoglio, erba medica, fava, pisello, ecc.) apportano una grande quantità di azoto, grazie alla loro capacità di catturare l'**azoto atmosferico** che viene rilasciato nel suolo come nutrimento per le piante coltivate. Queste garantiscono anche una buona copertura del suolo dagli sbalzi di temperatura poiché attenuano i raggi solari in estate e limitano il gelo in inverno. Le **crucifere** hanno la capacità di assimilare i minerali fosfati più insolubili e producono una gran quantità di **fosforo**.

Le **graminacee** hanno un'azione di **soppressione delle infestanti** e possono assorbire l'**azoto** solubile.

Tuttavia, una coltivazione ripetuta degli stessi sovesci può causare l'insorgere di problemi legati ad attacchi di insetti e di parassiti. Per questo motivo è consigliabile adoperare contemporaneamente diverse colture di copertura, tra quelle citate, per offrire maggiore protezione e nutrimento¹⁰. Se ne trova conferma anche nel volume¹¹ di Cristiana Peano e Francesco Sottile, esperti in Arboricoltura: *“Generalmente l'erbaio misto è la soluzione tecnica più corretta poiché vi è un equilibrio nei tempi di rilascio dei nutrienti (nelle leguminose è più rapido e più lento, in ordine progressivo, per crocifere e graminacee), per diversità e per competizione (poiché tra loro si “aiutano”)”*.

84. Cifr. <https://www.aiablombardia.it/sovescio/> | consultato al 31 maggio 2018.

85. C. Peano, F. Sottile, *Agricoltura slow*, 2017, Slow Food Editore.

Focus sovescio

La **tecnica** per incorporare la biomassa nel suolo è di primaria importanza per un buon risultato agronomico. La **massa vegetale** non deve marcire, ma **decomporsi** in contatto con l'aria.

Un concime verde fresco incorporato troppo profondamente in un suolo compatto o povero di drenaggio può causare la fermentazione anaerobica estremamente dannosa per le colture seguenti. Prima di trapiantare le **colture da reddito** è necessario far trascorrere almeno 15-20 giorni per permettere alla massa di decomporsi¹².

86. Decreto Ministeriale n. 18354 del 2009.

2. Semina

87. Cifr. http://scs.entecra.it/sementi_biologiche.htm | consultato al 31 maggio 2018.

Dopo aver pulito correttamente il suolo che dovrà ospitare la coltura, prende avvio la fase di **semina**. Il suo successo dipende, in primo luogo, dalla qualità e germinabilità dei semi utilizzati che dovrebbero provenire da allevamenti biologici, e pertanto certificati. È possibile, però, che questi possano provenire da metodi convenzionali, data la scarsa reperibilità¹³. In base alle caratteristiche fisiologiche delle piante e alla struttura del terreno, esistono **tecniche di semina** differenti.

A spaglio: è una tecnica utilizzata  per le specie che possono crescere vicine (è il caso della rucola o delle insalate da taglio) e si attua distribuendo omogeneamente i semi sul terreno.

A file: è una tecnica impiegata per le piante  che richiedono più spazio, come le carote o l'aglio. Si procede creando solchi paralleli, poco profondi, nei quali si sparge la semente. Per entrambe le tipologie di semina è fondamentale considerare la distanza che dovrà essere rispettata, poiché varia a seconda del tipo di ortaggio che si sta seminando. La pratica della semina, dunque, si configura come la fase più importante e il suo insuccesso sarà dovuto, sicuramente, a diversi fattori come, ad esempio, l'interramento troppo profondo o un'irrigazione eccessiva.

2.1 Semente biologico

Per quanto riguarda le metodologie alla base dell'agricoltura biologica, prerogativa assoluta è l'impiego di materiale di propagazione sano e di elevata qualità. Questo è importante anche per il **recupero e la valorizzazione delle varietà locali** e per la tutela della **biodiversità vegetale**. A causa della difficoltà nel reperimento di materiale di propagazione certificato biologico, è

consentito agli operatori far ricorso, in caso di comprovata irreperibilità della varietà desiderata, a materiali di propagazione in conversione e, qualora anche questi non fossero disponibili, a sementi e materiale di propagazione non ottenuti con metodo di produzione biologico (articolo 45 del Regolamento CE n. 889/08), purché non trattati con prodotti non conformi.

Focus disponibilità sementi

Per aiutare gli operatori del settore nel reperimento delle informazioni, la normativa europea prevede che ogni Stato membro istituisca una banca dati informatizzata nella quale devono essere elencate le varietà reperibili sul territorio¹⁴. Purtroppo la disponibilità dei sementi prodotti con il metodo biologico è, ancor oggi, deficitaria, e non a caso sono state previste ampie deroghe per consentire, fino al 2035, l'utilizzo di sementi convenzionali.

A tal riguardo è lodevole che il nostro Paese, con un apposito decreto del Mipaaf, si sia già dotato di una **banca dati nazionale**, denominata *PlantA-Res*, dedicata alle attività inerenti la **salvaguardia e la valorizzazione delle Risorse Genetiche Vegetali (RGV)**¹⁵.

Il numero di varietà attualmente iscritte al Registro è pari a 6146, di cui il 43% è rappresentato dai cereali (inclusi mais e riso), il 25% dalle specie ortive, seguite dal gruppo delle specie oleaginose, fibra (16%) e foraggiere (12%). Le varietà che ad oggi risultano iscritte ai registri sono 4638 per le agrarie e 1508 per le ortive¹⁶.

88. Cifr. http://scs.entecra.it/sementi_biologiche.htm | consultato al 31 maggio 2018.

89. Cifr. <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/6760> | consultato al 31 maggio 2018.

90. Sistema Informativo Agricolo Nazionale (SIAN).

2.2 Rotazioni colturali

La rotazione, o avvicendamento colturale, è una pratica indispensabile che permette di evitare i fenomeni di stanchezza del terreno; consente, inoltre, di conservare ed aumentare la fertilità e la struttura del terreno e di impedire il diffonder-

91. Il decreto del Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali n. 18354 del 27/11/2009.

si incontrollato di infestanti e parassiti. Questa pratica agronomica prevede l'impiego di specie che migliorano la fertilità del terreno, che non ospitano gli stessi parassiti e che competano con le infestanti. La successione di colture differenti, non sensibili agli stessi organismi nocivi, contribuisce infatti a interrompere gli attacchi. La scelta di una corretta e più ampia rotazione mantiene più alta la biodiversità dell'agroecosistema, riduce la pressione selettiva nei confronti dei patogeni e dei parassiti e contribuisce a migliorare la **fertilità del terreno** con conseguenti effetti positivi sulla nutrizione delle piante. Un decreto del Ministero¹⁷ definisce le regole minime per gli avvicendamenti culturali di seminativi e orticole. Tra le informazioni descritte nel decreto, ad esempio, si riporta che sullo stesso terreno devono avvicendarsi almeno due cicli di piantagione di colture diverse, di cui almeno uno composto da leguminose o da un sovescio. Dunque, l'agricoltore bio sceglie le colture e le varietà da ruotare, e nel farlo deve considerare tutti i **fattori ambientali, pedologici, culturali**, cercando di favorire, quando è possibile, le varietà autoctone o geneticamente resistenti a malattie e fisiopatie.

Focus: rotazione

L'agricoltura sostenibile tenta di reintrodurre la rotazione delle colture come tecnica funzionale al ripristino della fertilità e alla conservazione delle colture. Le colture maggiormente adatte agli scopi di questa metodologia si dividono in:

colture da rinnovo, come mais e colza,  che a fine ciclo lasciano il terreno con una migliore struttura dovuta alle loro lavorazioni;

colture miglioratrici, come le leguminose,  che rilasciano azoto nel suolo;

colture depauperanti, come le graminacee,  che provocano una riduzione maggiore di sostanze nutritive nel suolo

2.3 Consociazioni colturali

Con il termine consociazione si indica una tecnica che consente di valorizzare le complesse interazioni esistenti tra le piante, e che vede la coltivazione contemporanea di due o più specie sullo stesso suolo. Tale tecnica permette di aumentare nello spazio la **biodiversità** dell'agro-ecosistema, assicurando una maggiore capacità di resistenza alle avversità. Consociando specie con caratteristiche biologiche e fisiche diverse è possibile assicurare un maggiore sfruttamento delle risorse da parte delle colture da reddito, riducendo, di conseguenza, la quota di risorse disponibili per la flora infestante. Grazie a questa caratteristica si ha una naturale limitazione del loro sviluppo. Il principio della coltivazione mista è stato introdotto in agricoltura ispirandosi a ciò che avviene in natura: appare difficile rilevare l'esistenza di una sola specie all'interno di un ecosistema naturale. Non tutte le coltivazioni sono tra loro consociabili: tra molte si instaura una competizione negativa, mentre altre non traggono alcun vantaggio dal crescere insieme. Per questo l'esperienza di ogni agricoltore è fondamentale per la creazione di veri e propri **modelli di consociazione**. Tali modelli consentiranno all'agricoltore di ottenere numerosi vantaggi, non soltanto in termini di **varietà colturale**, ma anche in termini di **benessere del suolo**.



3. Crescita

La **protezione delle colture** durante la fase di crescita rappresenta un punto nodale in agricoltura biologica e si basa sulla conoscenza del biotopo, della comunità vivente e delle interrelazioni che legano le diverse componenti. L'agricoltore biologico svolge un ruolo attivo nella **gestione fitosanitaria**, in quanto deve riuscire a contenere le avversità sfruttando al meglio le sue conoscenze nell'ambiente in cui opera, sulle caratteristiche del suolo, sui cicli biologici degli organismi presenti nell'agro-ecosistema e sulle interazioni esistenti tra gli organismi viventi e l'ambiente.



Foto di Valentina Diaferio Azzellino
presso Azienda agricola *Vita di campo*.

Per le suddette ragioni, adottare delle **misure biologiche** come la lotta biologica – di cui tratteremo successivamente – o l'uso di trap-

pole, consentirebbe all'agricoltore di creare un ambiente di per sé poco ospitale nei confronti delle **infestanti**, concorrendo a limitarne lo sviluppo e a contenere il successivo ricorso alle **misure dirette**, come i **prodotti fitosanitari**. In conclusione, solamente attraverso la conoscenza dell'ambiente agro-ecologico è possibile riuscire ad evitare danni irreparabili su cui dover intervenire con l'uso esclusivo di prodotti fitosanitari, al fine di ridurre l'impiego.

3.1 Lotta biologica

La **lotta biologica** è una tecnica che sfrutta i rapporti di antagonismo fra gli organismi viventi, con la finalità di contenere la densità delle popolazioni di **patogeni** e **fitofagi**. Per le sue prerogative la lotta biologica non abbate la popolazione di un organismo dannoso, bensì la mantiene entro livelli tali da non costituire un danno, salvaguardando gli **antagonisti autoctoni** esistenti. Questo aspetto differenzia nettamente la lotta biologica da altri mezzi di difesa, come ad esempio la lotta chimica convenzionale e la lotta biotecnica, nelle quali è previsto l'azzeramento della popolazione dell'organismo dannoso.

La lotta biologica può essere condotta con differenti strategie alternative. Non esiste una modalità più valida delle altre: ogni metodo va inquadrato in uno specifico ambito applicativo in relazione alla biologia delle specie interessate, alle caratteristiche climatiche e ambientali in cui si opera e alla dimensione del contesto. Per questi motivi esistono diversi metodi come:

↳ **metodo propagativo**

Consiste nell'**introduzione** di uno o più nemici naturali del fitofago che si vuole combattere, con l'obiettivo di far acclimatare a un nuovo ambiente gli organismi ausiliari introdotti. Il metodo propagativo è il più efficace in una prospettiva di lungo termine, perché risolve definitivamente il problema di un fitofago grazie alla sua peculiare capacità di auto-mantenimento.

metodo inondativo

Consiste nella **liberazione** di un numero elevato di esemplari di un predatore o un parassitoide in modo tale da alterare sensibilmente, in tempi relativamente brevi, i rapporti numerici fra la popolazione del fitofago e quella dell'antagonista.

metodo inoculativo

Si tratta del metodo più applicato e consiste in **lanci periodici** di esemplari di una specie, autoctona o introdotta, già presente nell'agro-sistema. Molte specie necessitano di una periodica reintroduzione perché la popolazione deve essere sistematicamente **ripristinata** o perché il **potenziale biologico** è indebolito da specifiche condizioni ambientali sfavorevoli. Questo consente di contrastare la riduzione della **biodiversità** negli agrosistemi. L'assenza o la rarefazione di questi esemplari nell'ambiente può comportare la scomparsa o la drastica riduzione del potenziale biologico di una determinata specie, rendendo necessaria pertanto l'inoculazione periodica.

Focus: lotta biologica

Il metodo propagativo si può applicare seguendo due differenti approcci: introducendo una sola specie antagonista, o più specie antagoniste. Le due strategie sono differenti, ma gli studiosi hanno dimostrato una maggiore efficacia del secondo approccio rispetto al primo: difficilmente si riesce a controllare un fitofago introducendo una sola specie antagonista, mentre le prospettive di successo aumentano con l'introduzione di più specie, soprattutto quando queste sono in grado di adattarsi a microambienti differenti.

3.2 Trappole chemio-cromo-attrattive

Tra i metodi di difesa dagli insetti si annoverano le trappole anti insetto, che sfruttano la caratteristica di alcuni insetti di essere attratti da specifiche lunghezze d'onda della **radiazione luminosa**. Si tratta di pannelli colorati (ogni insetto è attratto da un colore diverso) cosparsi di colla, capaci di intrappolare gli insetti che vi si poggiano. Possono essere utilizzate sia per il **monitoraggio**, in modo da quantificare la diffusione dei fitofagi, che per la **cattura massale** delle specie dannose.

3.3 Reti anti-insetto

Le reti anti-insetto, o bioreti, sono realizzate in monofilo di polietilene e svolgono la funzione di barriera per il passaggio degli **insetti**. Vengono impiegate, in particolar modo, su colture arboree e, generalmente, esplicano anche una funzione di **contenimento** delle malattie fungine, grazie alla riduzione del grado di umidità della vegetazione. Solitamente sono di colore bianco per ombreggiare il meno possibile, mentre quelle di colori scuri svolgono anche una funzione di ombreggiamento che va dal 60 all'80%.

3.4 Prodotti fitosanitari

La scelta di non utilizzare prodotti fitosanitari induce l'agricoltore a porre, quindi, particolare attenzione alle tecniche preventive, con l'obiettivo di creare condizioni colturali sfavorevoli alla crescita delle malerbe e favorevoli alla crescita delle colture. A completamento delle misure preventive e solo nel caso in cui le strategie di protezione non sono state sufficienti a contenere le avversità, è consentito, in agricoltura biologica, l'impiego di prodotti fitosanitari⁹². Soprattutto

92. Elenco dei fitosanitari consentiti presente nell'allegato II del Regolamento CE n. 889/2008, le modalità di applicazione sono presenti nel Regolamento CE n. 834/2007.

tutto in questo caso, gli operatori sono tenuti a conservare gli **elementi giustificativi** attestanti la necessità di ricorrere a tali prodotti poiché, essendo consentito in minima parte l'uso di qualsiasi tipo di fitofarmaco (fungicidi, battericidi, insetticidi ecc.), il loro utilizzo sarà oggetto di valutazione nel corso delle visite ispettive dell'organismo di controllo. Tra i prodotti consentiti molti di questi sono sostanze di **origine vegetale** o **animale**, come gli oli, i microrganismi, o sostanze prodotte da questi ultimi.

3.5 Controllo della flora spontanea

L'agricoltura biologica riconosce alla **flora spontanea** un ruolo ecologico utile, poiché costituiscono un elemento chiave dell'agro-ecosistema. Le specie spontanee possono, infatti, svolgere un'azione di riduzione della **perdita di nutrienti** quando in esubero rispetto alle esigenze della coltura, o, in sua assenza, di **riduzione dei fenomeni erosivi**. In questo caso possono svolgere anche un ruolo attrattivo di **insetti impollinatori** o di **nemici naturali dei patogeni**, nonché fungere da **piante trappola** per alcuni organismi nocivi. L'attenzione si focalizza, quindi, non sull'eradicazione delle infestanti, ma su una loro efficace e razionale gestione, in modo da ridurre sia i danni sulle produzioni che i danni sull'ambiente. Il **contenimento** e la **gestione della flora infestante** non deve, quindi, essere limitato a una singola coltura o ad un ciclo colturale, ma va realizzato nel medio-lungo termine, sia in termini temporali (in condizioni di assenza della coltura) che spaziali (non solo i campi coltivati ma l'intero ambiente agricolo). Dunque, nei sistemi produttivi biologici possono essere tollerati livelli di malerbe purché non danneggino significativamente le rese, svolgendo così un **ruolo ecologico** (le *companion plants*). In conclusione, per ogni agricoltore biologico è fondamentale conoscere lo stato di salute delle proprie colture, soprattutto in fase di maturazione, poiché, non essendogli con-

sentito l'utilizzo di prodotti fitosanitari per il contenimento delle infestanti, la sua unica possibilità consiste nell'intervento meccanico o manuale (se la zona interessata non risulta essere particolarmente ampia).

3.6 Il pirodiserbo

Tra le tecniche di contenimento si annovera il pirodiserbo, un metodo utilizzato per la **disinfezione** delle aree meno accessibili. È una pratica che impiega dispositivi a fiamma o a raggi infrarossi per l'eliminazione delle erbe infestanti. L'efficacia di questo shock termico varia in funzione dello stadio di sviluppo delle infestanti e della loro morfologia, risultando maggiormente efficace su piante giovani. Tale pratica trova anche applicazione nella sterilizzazione dei residui colturali da inoculi di agenti patogeni

4. Raccolta

La raccolta rappresenta la fase conclusiva del ciclo produttivo. Per ogni agricoltore biologico è fondamentale scegliere le epoche ottimali di raccolta, che possono variare in base alla tipologia di frutto. Una volta che il frutto giunge a maturazione, momento in cui tutte le caratteristiche organolettiche sono state raggiunte, l'agricoltore provvederà alla raccolta del prodotto fresco.

4.1 Auto-produzione dei semi

93. Pubblicazione Regione Toscana, Giunta Regionale, *Un seme, un ambiente. Manuale di autoproduzione delle sementi*, Dipartimento Agricoltura e Foreste, UniFi, 1995 | consultata al 31 maggio 2018.

94. C. Peano, F. Sottile, *Agricoltura slow*, 2017, Slow Food Editore.

95. Regolamento (CE) N. 889/2008 Art. 29.

Durante gli ultimi cento anni, migliaia di **varietà locali** di semi si sono estinti, con una perdita stimata intorno al 75% di diversità genetica agricola¹⁹. Molti agricoltori minori producono semi direttamente in azienda: operano una selezione tra le varietà di piante prediligendo quelle **autoctone**, poiché tollerano meglio determinate condizioni climatiche. La selezione di una semente prevede diverse capacità: selezionare i frutti da cui estrarre i semi, e conservare gli stessi in modo corretto²⁰. Queste sono tutte caratteristiche che rientrano nelle competenze dei piccoli agricoltori che, così facendo, mettono in atto sforzi considerevoli per incrementare la produzione di sementi e specie vegetali biologiche, al fine di **diversificare l'offerta**²¹ di varietà e specie vegetali. Ad oggi, però, la normativa vigente in merito alla produzione dei semi rende sempre più complessa tale operazione a causa delle normative inerenti alla registrazione delle varietà e agli aspetti sanitari. Ciò nonostante, le conoscenze sui semi e sul materiale di propagazione restano un importantissimo patrimonio dei piccoli agricoltori. In conclusione, selezione, lavorazione, conservazione e mantenimento sono i passaggi essenziali da rispettare per la continuità della specie e delle varietà.

4.2 Conservazione post-raccolta

Durante la conservazione, e nel corso delle fasi successive di trasporto e commercializzazione, è possibile che il raccolto subisca delle alterazioni di origine microbiologica e fisiologica, che costringono l'agricoltore a considerare quella parte di raccolto come **scarto** aziendale.

In conclusione, negli ultimi vent'anni la lotta biologica si è rivelata una strategia efficace per combattere la maggior parte dei patogeni che attaccano i frutti durante il periodo post-raccolta, anche se le ricerche in questo settore sono da considerarsi ancora agli inizi: in Italia, per esempio, non si è ancora giunti a formulare e registrare un prodotto utilizzabile in questo ambito.

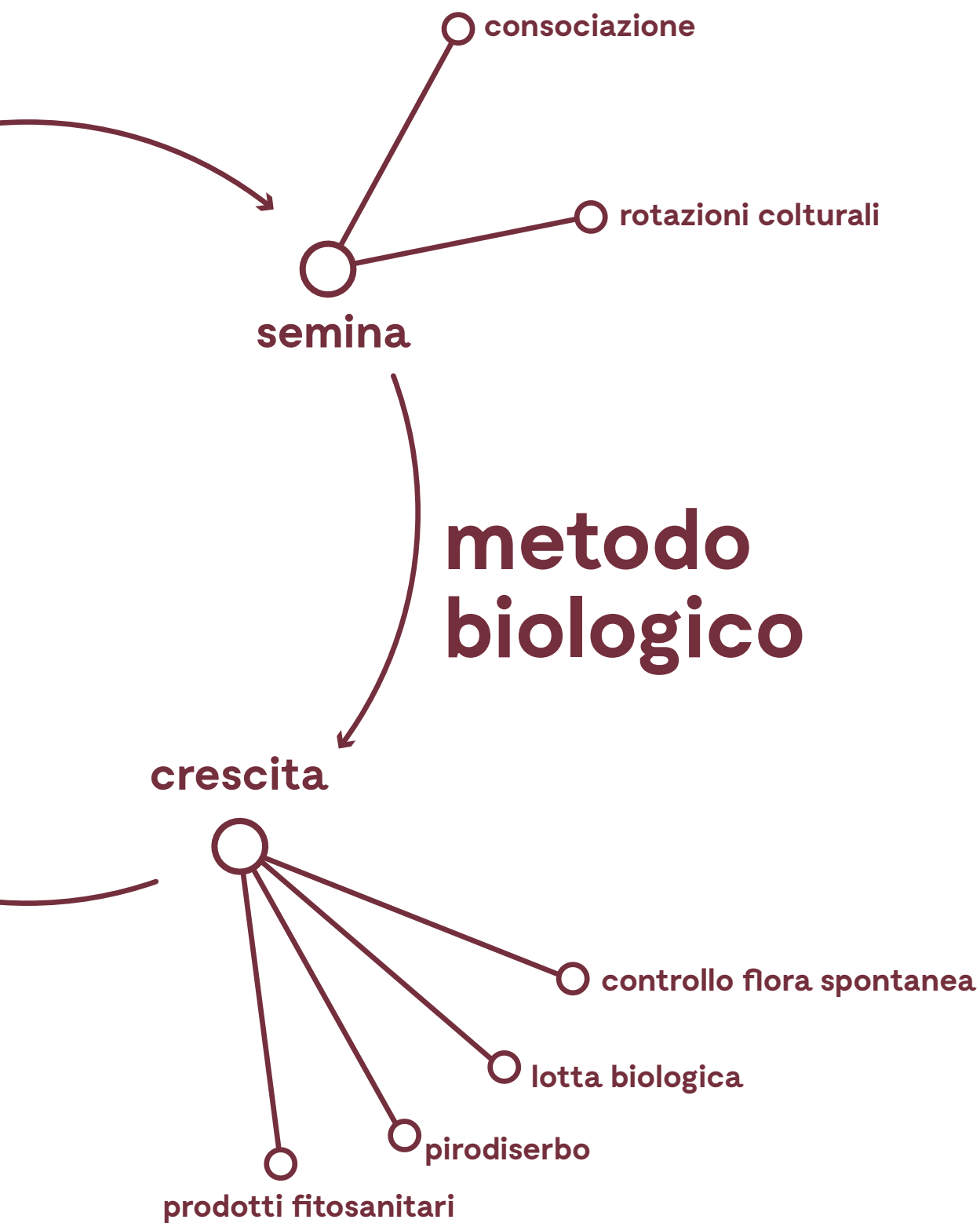


Foto di Monika Grabkowska /
Unsplash





Nello schema qui rappresentato, si riassumono tutte le azioni che può compiere un agricoltore biologico, suddivise in base alle quattro azioni principali: preparazione, semina, crescita, raccolta.



La sensoristica, lo scenario

Oggi gli agricoltori sono i custodi delle risorse ma hanno bisogno di un metodo per utilizzarle e conservarle in modo più efficace.

È possibile farlo attraverso la comunicazione **M2P** (Machine to Person), la quale consente una relazione biunivoca tra gli utenti e gli strumenti tecnologici. Questo consente di supportare l'azione decisionale dell'agricoltore, attraverso una raccolta di informazioni che altrimenti non sarebbero reperibili percettivamente e/o visivamente. Lo stesso ex Ministro delle politiche agricole alimentari e forestali, Maurizio Martina, ha sottolineato l'impegno sul fronte dell'agricoltura 2.0 (che punta ad investire risorse sulle nuove tecnologie con un approccio sostenibile) e delle biotecnologie: *“Investire sulle migliori tecnologie vuol dire investire sul nostro futuro, contribuendo a migliorare il lavoro e la qualità della vita, senza però perdere mai di vista il patrimonio unico che abbiamo e che ci rende un punto di riferimento a livello mondiale: la biodiversità”*⁹⁶.

Dunque, l'introduzione della tecnologia, oggi, può offrire una soluzione tangibile ai problemi che affliggono il settore dell'agricoltura: qualità dei prodotti, monitoraggio e conservazione delle risorse, sono solo alcuni dei modi in cui

l'Internet agricolo delle cose può trasformare la produzione agricola e alimentare.

Con una rete di **sensori** gli agricoltori possono facilmente **monitorare una varietà di variabili ambientali** e prendere decisioni informate, e andrebbe a rappresentare, quindi, una soluzione valida ai problemi suddetti. Ed è proprio dalle peculiarità intrinseche dei sensori, quali modularità, flessibilità, personalizzazione, che prende l'avvio il lavoro di tesi. Grazie ad essi l'agricoltore si assicura un efficace strumento per il monitoraggio dei consumi, la conservazione delle risorse idriche e il monitoraggio ambientale senza sforzi economici e organizzativi propri dell'azienda agricola.

96. Cifr. <https://www.partitodemocratico.it/politiche-2018/martina-agricoltura-alimentazione-ambiente-sviluppo-sostenibile-italia/> | consultato al 31 maggio 2018.

I sensori

97. Definizione fornita da ANSI
(American National Standard
Institute).

Un sensore è “*dispositivo in grado di fornire un segnale di uscita output) in risposta ad uno specifico segnale di ingresso (input). Il segnale in uscita è sempre una grandezza elettrica, il segnale in entrata può essere una qualunque quantità, proprietà o condizione chimico-fisica*”²³.

Acquisito il segnale, il flusso di informazioni che ne deriva deve essere poi analizzato in tempo reale e trasmesso ad un sistema di elaborazione e memorizzazione dati. Si parla di **sistema multisensoriale** quando le informazioni di più sensori concorrono a definire la conoscenza di un ambiente. Talvolta, in questi sistemi possono registrarsi problemi di acquisizione (monitoraggio di un evento, di un processo, ecc.) e in questi casi la scheda di acquisizione deve essere multicanale e può funzionare secondo varie modalità, per esempio acquisendo un campione per ciascun canale in successione. Una caratteristica fondamentale che ogni sensore deve possedere è, sicuramente, la sensibilità, che viene definita come il rapporto tra la variazione della grandezza d'uscita e la variazione di quella d'ingresso, ossia, ad una piccola variazione della grandezza d'ingresso deve corrispondere una grande variazione di quella d'uscita. Questo consente di ottenere dei dati molto precisi, in relazione alla grandezza misurata. Per queste ragioni la sensoristica trova valida applicazione nel settore agricolo, dove la variabilità delle informazioni è molto elevata. Infatti consentirebbe di conoscere in tempo reale e in modo preciso il tipo di problema che insorge in campo e di intervenire tempestivamente per risolvere la complicazione individuata.

1. Perché implementare i sensori

Di base i sensori costituiscono il primo anello della catena di elementi tecnologici che concorrono all'estrazione di informazione dal mondo reale, con lo scopo di incrementare le conoscenze sul medesimo e apportare un miglioramento della capacità decisionale dell'utente che impiega la tecnologia. La correlazione tra le grandezze misurate e il lavoro dell'agricoltore permette di ricavare ulteriori informazioni che aiutano a **prevedere** e **controllare** la qualità del proprio operato. Inoltre, operando con tali strumenti, si tende ad agire avendo coscienza dei problemi globali: il benessere del pianeta, in relazione ai problemi ambientali, è anche, e soprattutto, nelle mani di chi lavora la terra. Tenendo sotto controllo la qualità delle colture e del suolo si opera ai fini del benessere dell'ecosistema, riducendo l'inquinamento atmosferico, pedologico e alimentare. È, dunque, indiscutibile l'incidenza che può avere un monitoraggio tecnologico sulle coltivazioni e sulla sostenibilità ambientale e sociale. Per queste ragioni, al giorno d'oggi, è più che mai forte l'idea di un connubio tra tecnologia applicata e metodi produttivi. Dall'analisi delle tecnologie è emerso l'enorme potenziale della **sensoristica**, che vede l'applicazione di strumenti che consentono la raccolta di dati ricavati da misurazioni ottiche, termiche e meccaniche, tutti elementi utili alla determinazione delle proprietà pedologiche, dello stato di salute delle piante e delle condizioni climatiche. Inoltre, le potenzialità di un sensore si riscontrano anche nelle sue proprietà intrinseche: adattabilità, economicità, funzionalità e programmabilità.

2. Tipologie di sensori

Una volta individuato il ruolo di un sensore e comprese le sue possibili applicazioni, è fondamentale classificare ed analizzare le varie tipologie, per poter operare una selezione in base al funzionamento e alle caratteristiche intrinseche. I sensori si differenziano per le proprie caratteristiche, e, convenzionalmente, sono distinti in base a sei classi: sensori di tipo **meccanici** (lunghezza, area, volume, velocità angolare, accelerazione, massa, forza, pressione); **termici** (temperatura, calore specifico, conducibilità termica ecc.); **elettrici** (carica, intensità di corrente, tensione, resistenza elettrica ecc.); **magnetici** (intensità di campo, permeabilità ecc.); **chimici** (composizione, concentrazione, velocità di reazione, pH); **radianti** (lunghezza d'onda, polarizzazione, intensità di fase)²⁴. Un'analisi puntuale sulle caratteristiche dei sensori disponibili sarà affrontata nel quarto capitolo, nel quale si analizzeranno quelli più adeguati al conseguimento degli obiettivi progettuali, in accordo con le esigenze degli utenti. Nel capitolo che segue, infatti, verrà illustrata la ricerca dell'azienda tipo che sarà individuata all'interno del contesto piemontese, al fine di acquisire conoscenze e consapevolezza delle criticità sulle quali intervenire con i mezzi suddetti.

98. Cifr. http://www.uniroma2.it/didattica/MA2/deposito/SENSORI_ELCH.pdf | consultato al 31 maggio 2018.

processi

PARTE III

Il concept

Le ricerche preliminari fin qui esposte sono conseguenza dell'esperienza di studio dei metodi di coltivazione e della loro ricaduta sulla vita quotidiana che ci ha portato a spostare la nostra attenzione sulla creazione di un prodotto che fosse indirizzato ad entrambe le parti coinvolte e non solo. L'idea di base è quella di inserirsi in un contesto sistemico in cui favorire, al tempo stesso, ambiente, consumatori e produttori, considerandoli come parti di un complesso inscindibile. A tal fine abbiamo riscontrato nell'implementazione di asset tecnologici una risposta efficace. Così facendo mettiamo in primo piano l'uomo e l'ecosistema in cui agisce utilizzando la tecnologia come **INTERMEDIARIO** e come **METODO** per migliorare il footprint. La visione del progetto è ecologica, poiché si intende, per l'uomo/agricoltore, la ricerca della miglior modalità di stare al mondo e di interagire con l'ecosistema che lo circonda, riportandolo ad un rapporto con la natura più semplice, avendo ben presente che l'uomo, in quanto specie, è parte del tutto.

Casi studio

Individuato lo scenario e tenuti in considerazione i punti finora esaminati, nel seguente paragrafo si illustrano le possibili aree di intervento sulle quali si sviluppa l'intero progetto.

I temi individuati riguardano le seguenti soluzioni:

↳ **monitoraggio:** la possibilità di controllare una situazione che può diventare critica in qualsiasi momento, consente, all'agricoltore, di essere sempre aggiornato sulla condizione.

Inoltre l'ausilio, costante e regolare, di un controllo simile, in aggiunta all'esperienza e competenza dell'agricoltore, dona un valore aggiunto alla sua figura e al suo operato.

↳ **comunicazione pianta-uomo:** lo scenario tecnologico esaminato precedentemente si configura proprio in questo punto: come possiamo mettere in comunicazione piante ed esseri umani? La soluzione proposta si riferisce esattamente all'applicazione di un asset tecnologico in grado di catturare delle informazioni utili ma non comunicabili verbalmente. Per ogni area di intervento sono stati individuati una serie di **casi studio** dai quali poter trarre spunti e conferme progettuali. Ogni caso studio individuato presenta dei pro e dei contro rispetto ai nostri punti di sviluppo, di seguito descritti in dettaglio.



1. Pollution sensing

Il progetto di ricerca *Pollution sensing*⁹⁹, avviato dai ricercatori della Goldsmiths College di Londra, prevede l'attività di **monitoraggio** dei dati relativi alla qualità dell'aria direttamente per mano dei cittadini. Nell'ottobre del 2014, i ricercatori lanciano il progetto denominato *Citizen Sense*, tramite il quale hanno distribuito trenta **Citizen Sense kit** composti da sensori ambientali per la rileva-

99. Cifr. <https://citizensense.net/> | consultato al 31 maggio 2018.

100. Il sensore BTEX indica sensori specifici in grado di rilevare benzene, toluene, etilbenzene, xilene.

zione di particolato (Speck PM2.5), e da un sensore BTEX² per composti organici volatili (benzene, toluene, etilbenzene e xilene). Oltre al kit personale, ai residenti collaboratori è stato consegnato un libretto delle istruzioni che contiene suggerimenti per registrare al meglio le **osservazioni** delle condizioni ambientali, al fine di comprenderne gli effetti sulla salute.



Foto del dispositivo *Citizen Sense*
Dustbox/citizensense.net

Inoltre, per una raccolta dati più efficiente, il team di studiosi ha installato diverse Frackbox per il monitoraggio di ossidi di azoto, ozono, temperatura, umidità e vento. Dunque, le pratiche di monitoraggio, organizzate in questa maniera, fanno sì che i dati rilevati provengano direttamente dall'utente/cittadino che, tramite l'utilizzo di smartphone e dispositivi di rete, è in grado di **interagire** attivamente con le modalità di osservazione ambientale e raccolta dei dati. Per **sensibilizzare** ogni singolo

cittadino ad una partecipazione attiva, i ricercatori hanno creato una piattaforma comunitaria attraverso la quale decidere le posizioni e le aree, unitamente alla **visualizzazione dati** sia storici che in tempo reale. Focus del progetto di ricerca è stato quello di dare vita ad una comunità che fosse in grado di rendersi conto della realtà che la circonda, al fine di metabolizzare ed affrontare il cambiamento ambientale.

Per tali ragioni il progetto, concluso a giugno 2015, si è rivelato essere uno dei primi casi in cui i residenti, che hanno utilizzato tecnologie di monitoraggio digitale a basso costo, sono parte integrante del progetto.

2. HarvestGeek

Sempre nell'ambito della **sensoristica integrata**, il progetto *HarvestGeek*³, ideato e creato da Michael Alt, software engineer ed analyst, si configura come uno dei migliori lavori di automazione open source (è stato infatti realizzato con Arduino) che prevede la creazione di un sistema in grado di **controllare** lo stato delle colture. Le operazioni di controllo sono gestite da un set, HarvestBot, il quale è composto da una serie di diversi hardware attraverso i quali è possibile **l'acquisizione di dati fondamentali**.

Difatti la SensorStation è composta da:
una centralina (BaseStation) che gestisce la comunicazione wireless (raggio 80 – 100 metri) con le altre centraline, per inviare i dati in rete;
uno schermo LCD che mostra i vari dati raccolti dalle altre centraline;
una centralina (SensorStation) che permette di monitorare la temperatura dell'aria, l'umidità dell'aria e del terreno e l'intensità della luce;
una centralina (HydroStation) che consente di monitorare il pH e le soluzioni nutrienti.

Tra le varie funzioni dedicate all'utente, HarvestGeek offre la possibilità di **tracciare** i progressi raggiunti mediante una piattaforma, nella quale si possono segnalare i successi o le difficoltà incontrate, porre domande, ottenere feedback e condividere i risultati con la comunità, e, con

101. Cifr. <https://www.kickstarter.com/projects/2077260917/harvestgeek-brains-for-your-garden> | consultato al 31 maggio 2018



l'incrocio dei dati analitici raccolti, viene presentato un quadro generale della situazione. In quest'ultimo caso il target di riferimento non è rappresentato da agricoltori professionisti, ma da hobbisti e amatori del settore che gestiscono piccoli orti, serre o giardini.

Foto HarvestGeek/ Kickstarter



3. Grüt: A Gardening Sensor Kit for Children

Grüt⁴ è un sistema sviluppato in ambito di tesi dalla ex studentessa Ilaria Zonda, presso il Politecnico di Torino. Il progetto cerca di rispondere alle esigenze specifiche richieste dal target, che in questo caso è rappresentato da ragazzi di età compresa tra 9 e 10 anni, al fine di sviluppare un **sistema** in grado di creare una **connessione** di tipo **utente-pianta**, offrendo così delle competenze tecniche e analitiche che il bambino acquisisce con l'utilizzo dello strumento. Goal finale è la **sensibilizzazione** dell'utente verso i temi della produzione e dello spreco di cibo.

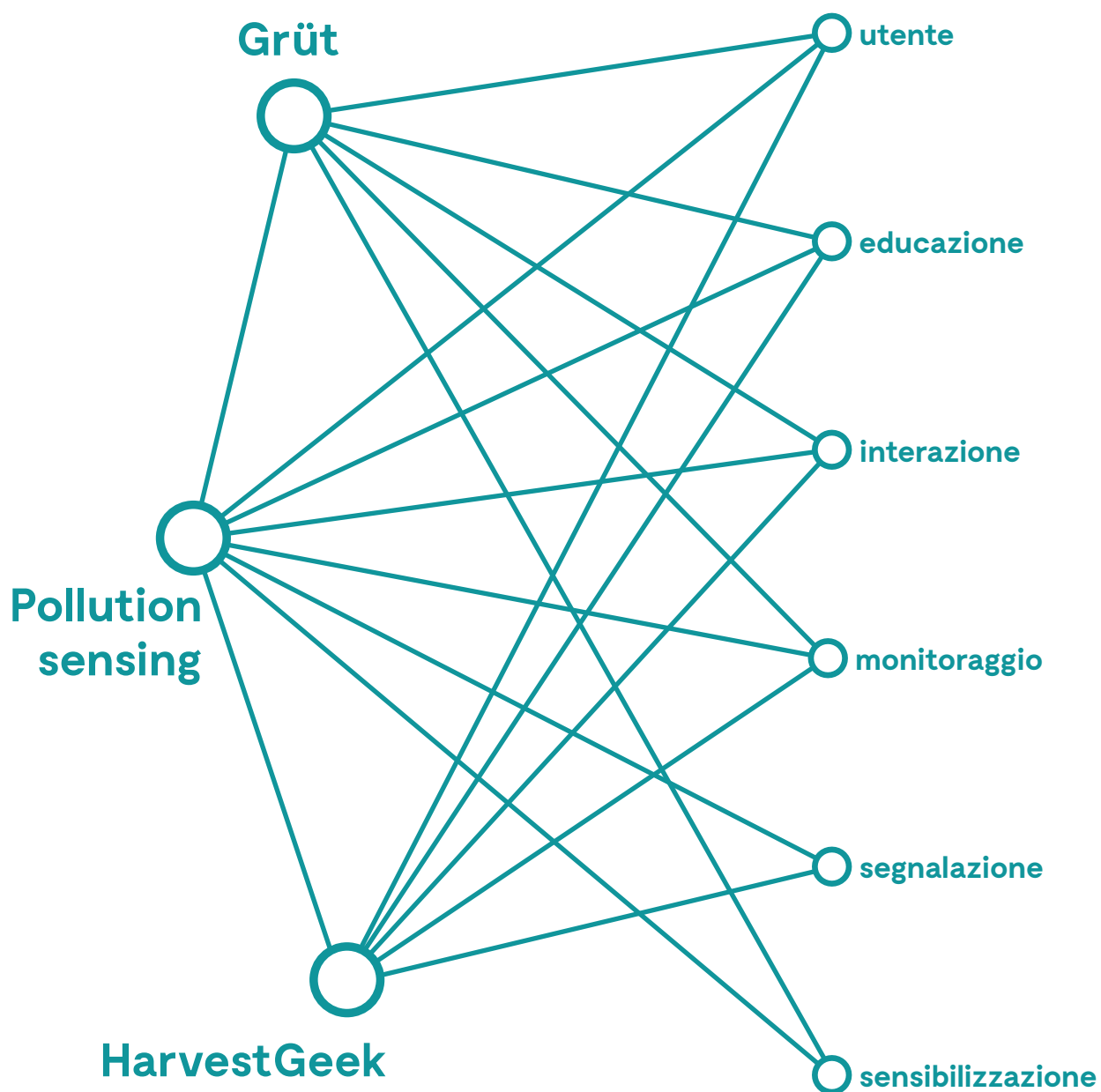
All'utente, infatti, viene chiesto di **eseguire** determinate azioni giorno per giorno per mantenere la pianta in salute, e in questo modo si va a rafforzare non solo la sensazione di responsabilità, ma anche di competenza e autostima. La **percezione** del come le sue azioni vadano ad influenzare il benessere della pianta lo motiva ad essere costante nello svolgere le attività quotidiane ogni giorno. Il kit realizzato si compone di un Arduino Yun, al quale sono collegati tre sensori (per luce, temperatura e umidità) che rilevano i dati e li memorizzano nella scheda Arduino. In una fase successiva le informazioni acquisite vengono inviate tramite Wi-Fi a un database e un'applicazione Web. Una volta che l'utente posiziona il kit nel terreno da analizzare, i sensori tracciano una panoramica delle condizioni della pianta e, se vengono rilevate delle condizioni insalubri, una luce a led rossa **notifica** al bambino lo stato di crisi, che in questa maniera viene **informato** e, soprattutto, invogliato a scoprire come intervenire per porvi rimedio.

102. I. Zonda, in "Sensors" 2016, N. 16, pp. 231-243. [<http://www.mdpi.com/journal/sensors>]



Foto di Ilaria Zonda/ Behance





Nello schema si riassumono le parole chiave che identificano ciascun caso studio preso in esame.

La ricerca parte dal territorio

103. V. Papanek, *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change*, 1972, New York, Pantheon Books.

Come affermato nei capitoli precedenti, il lavoro di tesi verte sulla contaminazione tra l'approccio agricolo biologico e l'applicazione della tecnologia, al fine di arricchire e valorizzare la professione dell'agricoltore "sostenibile". Il primo passo è stato quello di definire l'area geografica in cui intervenire. Come insegna, già nel 1972, il designer ed educatore Victor Papanek in *Progettare per il mondo reale*⁵, un buon designer dovrebbe osservare i veri problemi del mondo in prima persona, conoscerne ogni aspetto e manifestazione, per poi cercare di risolverli. Dunque, la scelta di operare in territorio piemontese è stata ovvia, data la nostra presenza a Torino per motivi di studio. Ciò ha permesso di avere un contatto con la realtà contadina della zona, di instaurare rapporti con gli agricoltori e di relazionarci con alcuni di loro per avviare la fase successiva di analisi dell'utente e di testing del prodotto. La prima relazione avviata è stata quella con **associazioni ed enti** di agricoltori, presenti a Torino, al fine di individuare delle aziende agricole locali da analizzare. Tramite le **associazioni AIAB in Piemonte e Coldiretti Torino**, sono state individuate alcune imprese che praticano agricoltura sostenibile sul territorio torinese e cuneese. La scelta è ricaduta sulle succitate associazioni, sia per l'interesse e curiosità dimostrati nei confronti del progetto, sia per la loro partecipazione attiva sul territorio. Questa collaborazione si è rivelata un fattore indispensabile per la progettazione, fondamentale per un *trade union* che vede come attori attivi progettisti, associazioni ed agricoltori, inseriti in un sistema relazionale essenziale per conoscere i bisogni e le necessità dell'utente finale.

Focus: AIAB

AIAB è un'associazione indipendente, senza scopo di lucro, che persegue vari obiettivi tra cui la **promozione del biologico**, la **tutela della natura** e la **valorizzazione dell'ambiente rurale**. Questo avviene tramite un'instancabile attività di incentivazione di queste realtà, di analisi dei risultati oltre che di diffusione di informazioni circa i metodi dell'agricoltura biologica. L'associazione è attiva principalmente nella gestione dell'intera filiera produttiva biologica, e ne garantisce la sostenibilità ambientale ed etica in ogni fase, dalla produzione agricola al consumo finale⁶.

OrtòBio
Piovano Giuseppe (Trofarello)

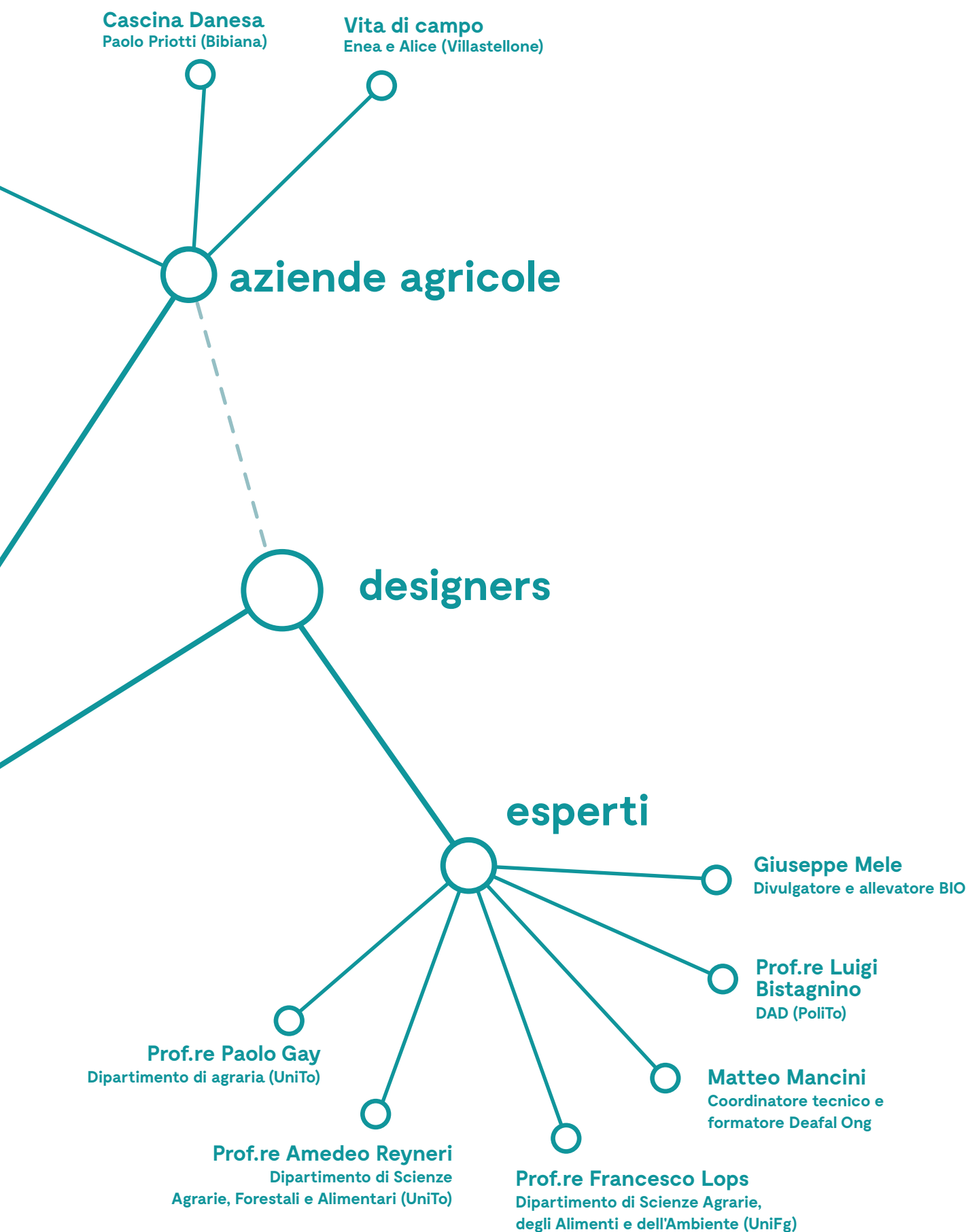
104. Cifr.<http://www.aiabinpiemonte.it/> | consultato al 31 maggio 2018

Focus: Coldiretti

Coldiretti è un'associazione fortemente radicata in Italia e rappresenta la principale Organizzazione Agricola a livello nazionale ed europeo. Il suo ruolo è rappresentare le aziende agricole iscritte con lo scopo di **valorizzare il settore agricolo** come risorsa economica, umana ed ambientale, al fine di favorire lo **sviluppo locale**, valorizzare le **risorse territoriali** disponibili, curare il paesaggio e **migliorare la qualità della vita in campagna**, tutelando sia il produttore che il consumatore.



Nello schema qui illustrato si riassumono le relazioni instaurate tra gli attori del sistema in questa fase di ricerca. I dettagli sono descritti nel paragrafo "La ricerca parte dal territorio".



Individuazione del target di riferimento

Individuate le associazioni di riferimento, il passo successivo è stato quello di incontrare personalmente le aziende che, in una fase preliminare, sono state selezionate tracciando delle caratteristiche ben definite: **posizione, dimensione aziendale, modello produttivo e indirizzo produttivo**, al fine di esaminare dettagliatamente l'operato di ogni singolo agricoltore, per trarre il profilo più congeniale⁷. Per quanto riguarda i fattori di selezione delle aziende, la posizione è riferita al territorio piemontese per le ragioni suddette. La **dimensione aziendale** è un elemento essenziale, in quanto si è ritenuto necessario operare con un'azienda di estensione limitata (da pochi m² a 5 ha), poiché, come dichiarato dagli stessi agricoltori, è più semplice e pratico effettuare le manovre di controllo delle colture. Relativamente al **modello produttivo**, ovvero il metodo di produzione adoperato in azienda, abbiamo individuato come miglior modello quello biologico, più confacente al nostro obiettivo, come descritto nell'introduzione del capitolo. È stato dimostrato che il biologico, ad oggi, rientra tra le pratiche agricole di produzione commerciale più sostenibili ed è, inoltre, in crescente diffusione sul territorio piemontese. La scelta della **tipologia di azienda** (frutticola, orticola, cerealicola ecc.) è scaturita da un'attenta analisi delle diverse categorie. Una volta esaminate, sono state selezionate le aziende ad indirizzo **orticolo** (circa 3.200 ettari coltivati in Piemonte⁸), in quanto dall'analisi è emerso che:

- ↳ i diversi cicli colturali si succedono in modo rapido nell'arco dell'anno (rotazioni annuali);
- ↳ per la natura stessa nel biologico la varietà prodotta consente un mantenimento maggiore della biodiversità del suolo e dell'ambiente, se opportunamente gestito;
- ↳ il suolo presenta una maggiore sensibilità, dovuta a una sproporzione tra la

105. La selezione delle aziende è avvenuta anche tramite il fattore di disponibilità partecipativa dimostrata in fase di colloquio.

106. Report MIPAAF, ISMEA, Sinab, *Il biologico Italiano, BIO in cifre*, 2017, Sinab.

biomassa asportata durante la raccolta e quanta è possibile restituire. In casi del genere si richiede molta attenzione e osservazione da parte dell'agricoltore;

le aziende che adoperano questa tipologia colturale sono quasi sempre a conduzione familiare, e le dimensioni contenute permettono una migliore gestione delle coltivazioni;

tale approccio agricolo è soggetto fortemente alle variazioni climatiche e ambientali;

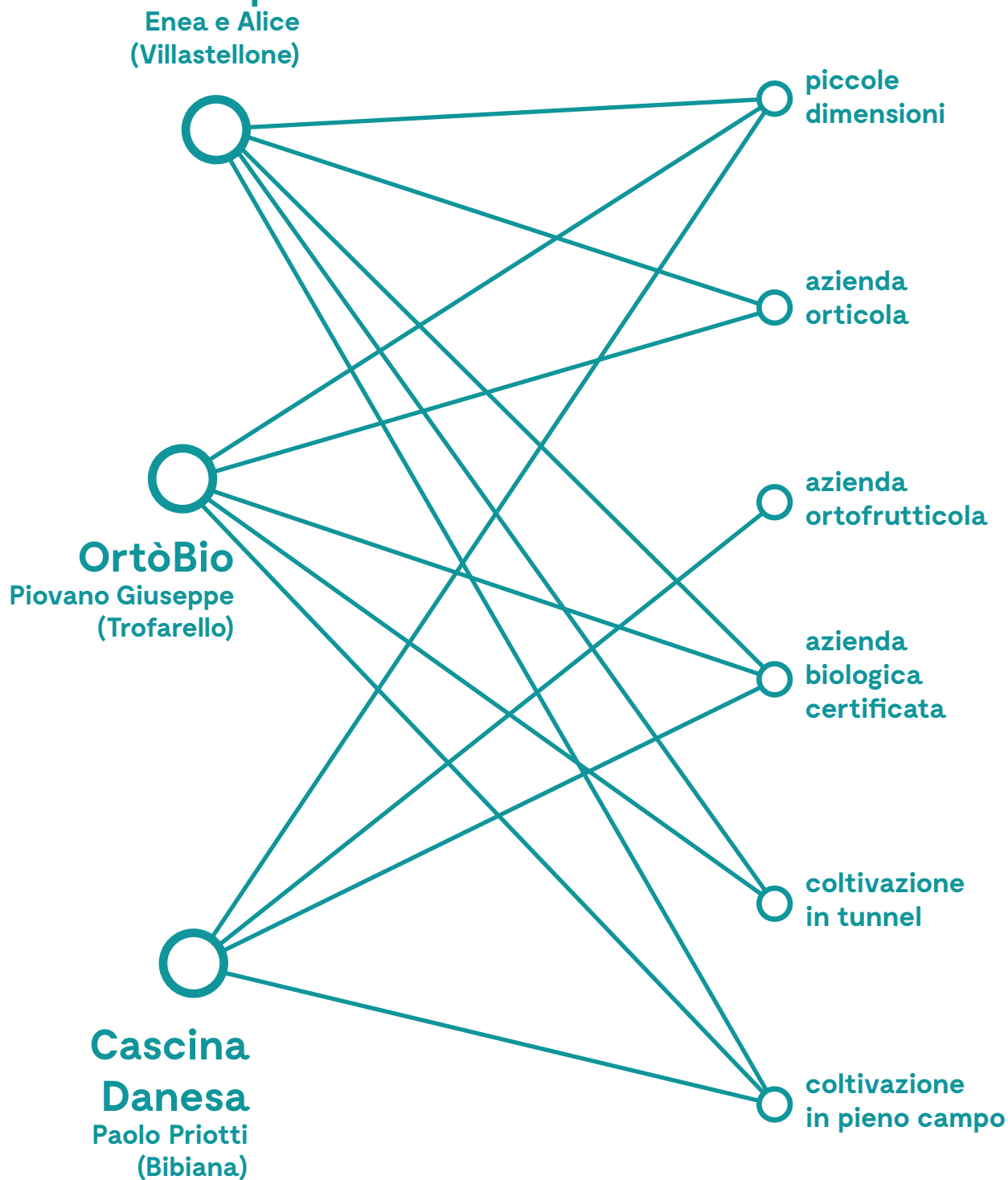
il metodo biologico è il settore che ha registrato il tasso di crescita più elevato nell'arco dell'ultimo anno (categoria ortaggi +48,9%, dato registrato nel 2017⁹), con un aumento positivo delle vendite di ortaggi (+12,7% nel 2017)¹⁰, dando, così, prova dell'attenzione mostrata dal consumatore per la qualità dei prodotti bio.

107. Report MIPAAF, ISMEA, Sinab, *Il biologico Italiano, BIO in cifre*, Sinab, 2017.

108. Dati Ismea-Nielsen relativi al primo semestre 2017.

Definito lo scenario di riferimento, tale analisi è stata utile per comprendere le **problematiche** che ogni singolo agricoltore biologico riscontra nel processo lavorativo. Partendo da un'analisi qualitativa della struttura aziendale sono emerse alcune criticità. Nelle illustrazione che segue sono riassunte in un grafico le caratteristiche identificative delle tre aziende selezionate: **Ortòbio**, **Cascina Danesa** e **Vita di campo**. Le prime due sono state individuate tramite la ricercatrice dell'associazione AIAB Piemonte, Sandra Spagnolo; mentre l'azienda Vita di campo tramite il segretario della provincia di Torino del movimento *Giovani impresa Coldiretti*, Roberto Grassi. Scopo di tale analisi è stato quello di comprendere la struttura dell'azienda "tipo", e, in particolar modo, le **necessità** espresse da ogni agricoltore, in relazione alle criticità riscontrate.

Vita di campo

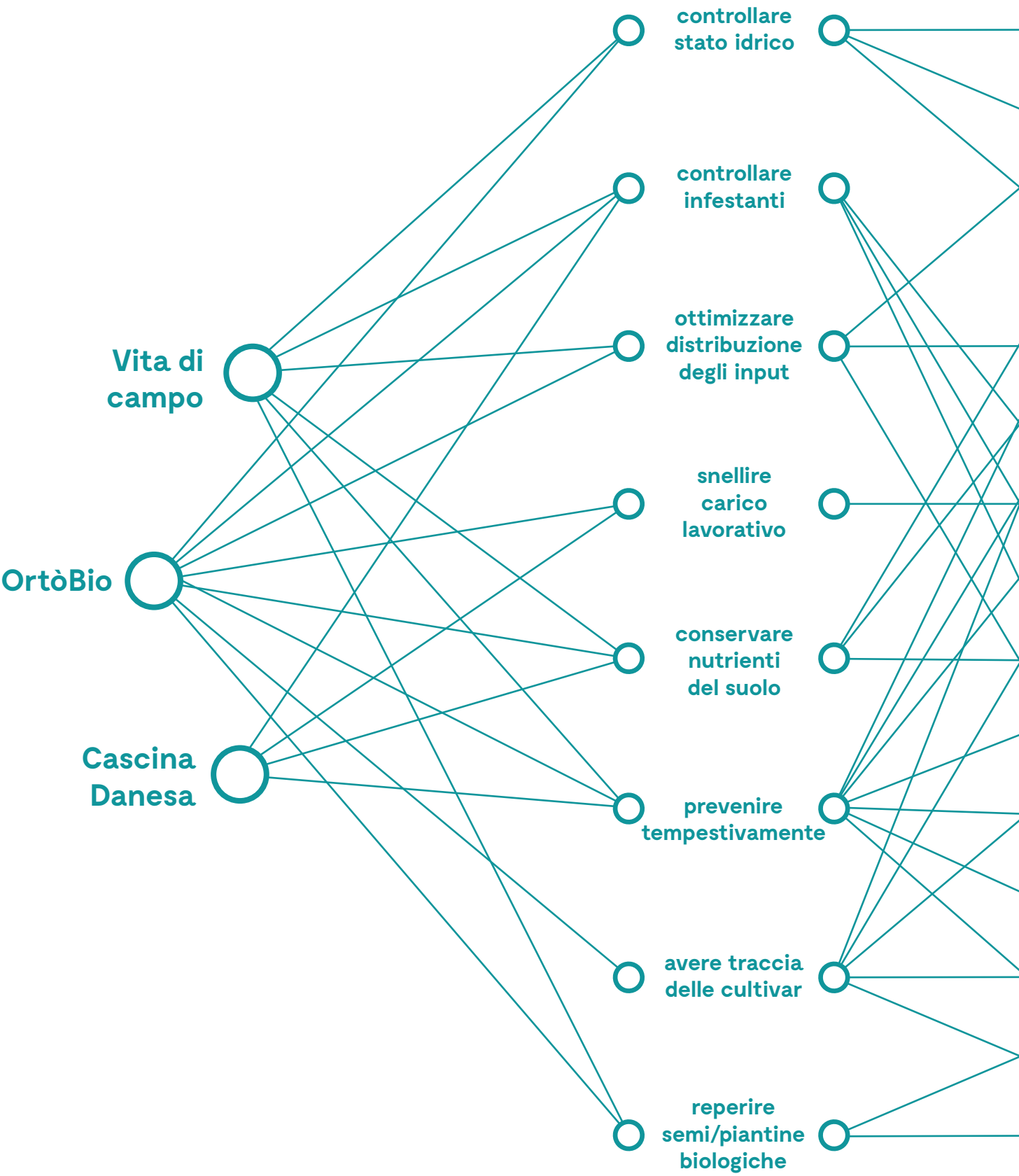


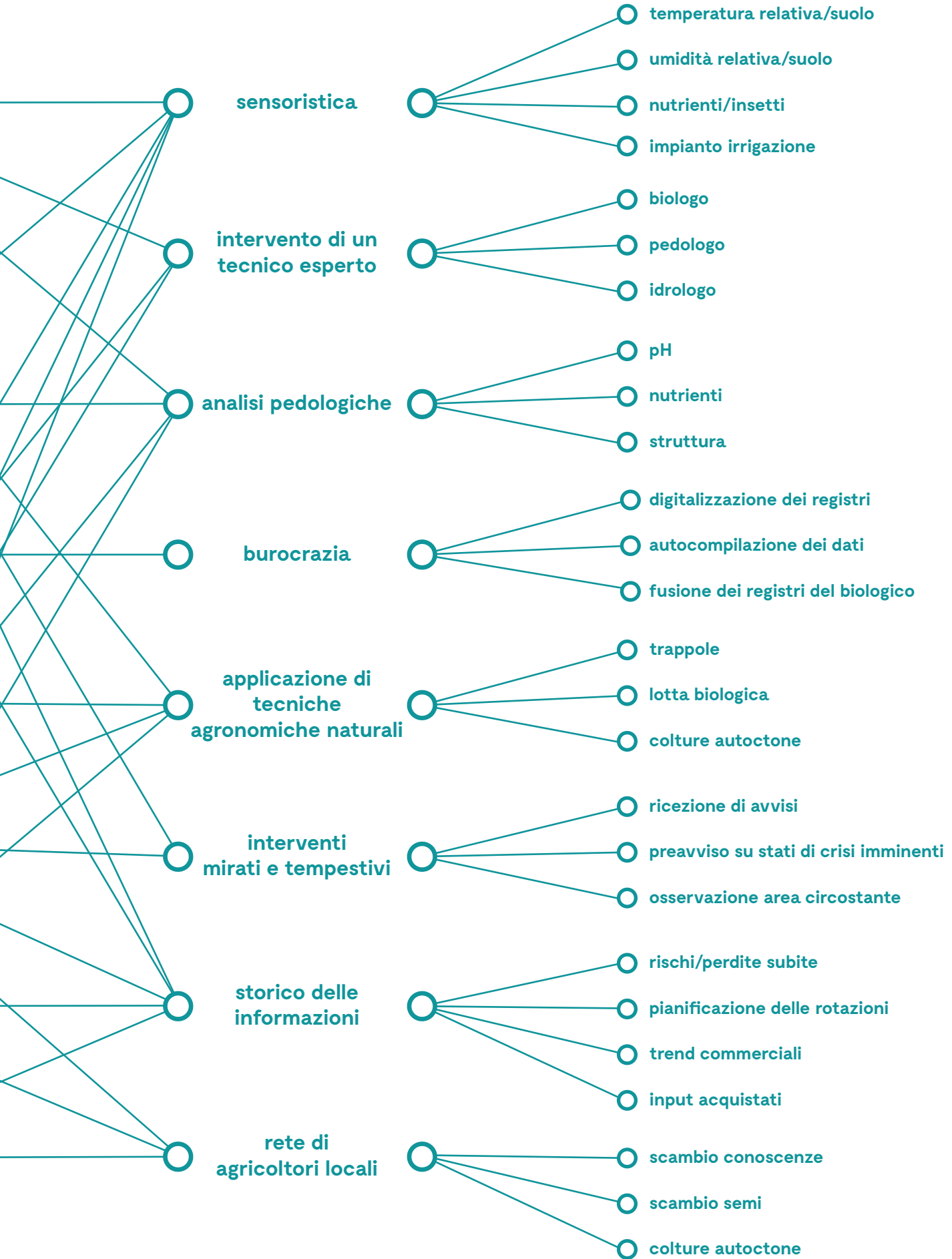
Nel grafico sopra mostrato sono riassunte le caratteristiche identificative delle tre aziende selezionate.

1. Il metodo esigenziale

Il passo successivo è stato quello di estrapolare dal loro contesto le criticità individuate, per poterle esaminare dettagliatamente, al fine di individuare una possibile soluzione. Il metodo utilizzato è stato l'approccio **esigenziale-prestazionale**, che sviluppa le soluzioni di progetto partendo dall'analisi delle relative **esigenze** riscontrate dall'utente, fino alla definizione dei **requisiti** e delle **prestazioni**, allo scopo di valutare qualitativamente l'intervento mirato a soddisfare i bisogni degli utenti. L'analisi esigenziale si prefigge di raggiungere vari obiettivi: comprendere le molteplici soluzioni applicabili alle esigenze individuate, e selezionare i punti critici sui quali ragionare in fase progettuale.

Nello schema si illustrano le esigenze espresse dalle tre aziende, in relazione con i requisiti progettuali e le possibili prestazioni individuate.





Il caso studio: Vita di campo

Svolti gli step necessari per l'individuazione del caso studio, si è giunti alla scelta di collaborare con l'azienda **Vita di Campo**, per diversi motivi: per la disponibilità e l'interesse mostrati nei confronti del progetto, e per la loro sensibilità ai temi della sostenibilità e della tecnologia, dettata anche dalla loro giovane età. Si tratta di un'azienda ortofrutticola sita in Villastellone (TO), avviata nel 2016 da due giovani laureati in Scienze Agrarie, Enea ed Alice. I proprietari hanno acquistato **3 ettari** di terreno da una coppia di anziani agricoltori, che, da sempre, ha gestito l'azienda secondo i principi dell'agricoltura biologica, ereditando così anche una buona base fertile su cui lavorare.

La *mission* aziendale rispecchia tutti i canoni previsti dal metodo biologico: nessun trattamento chimico, lavorazione del terreno ridotta al minimo, promozione della biodiversità, coltivazione dei prodotti locali, riduzione dell'impatto ambientale, riqualificazione del territorio. Enea e Alice rivestono anche l'importante ruolo di divulgatori, infatti organizzano visite all'azienda per far conoscere al pubblico le tecniche di coltivazione adoperate, e per sensibilizzarlo alle tematiche ambientali.

Per quanto concerne la vendita dei prodotti, l'azienda *Vita di campo*, essendo stata acquisita da un'attività già avviata, ha mantenuto i precedenti canali di distribuzione e la certificazione biologica e infatti i prodotti sono riconosciuti¹¹ dall'ente certificatore, I.C.E.A.¹² Piemonte.

È attiva, inoltre, sui mercati rionali di Rivalta e Avigliana, ed è possibile trovarla anche al Mercato biologico di Torino, gestito dalla Coldiretti. Rispettando in pieno i principi del *prodotto a km0*, Enea ed Alice vendono, inoltre, direttamente in azienda. Questa è una particolarità che accomuna la maggior parte dei piccoli-medi agricoltori biologici della zona.



109. Operatore controllato cod. identificativo I2180.

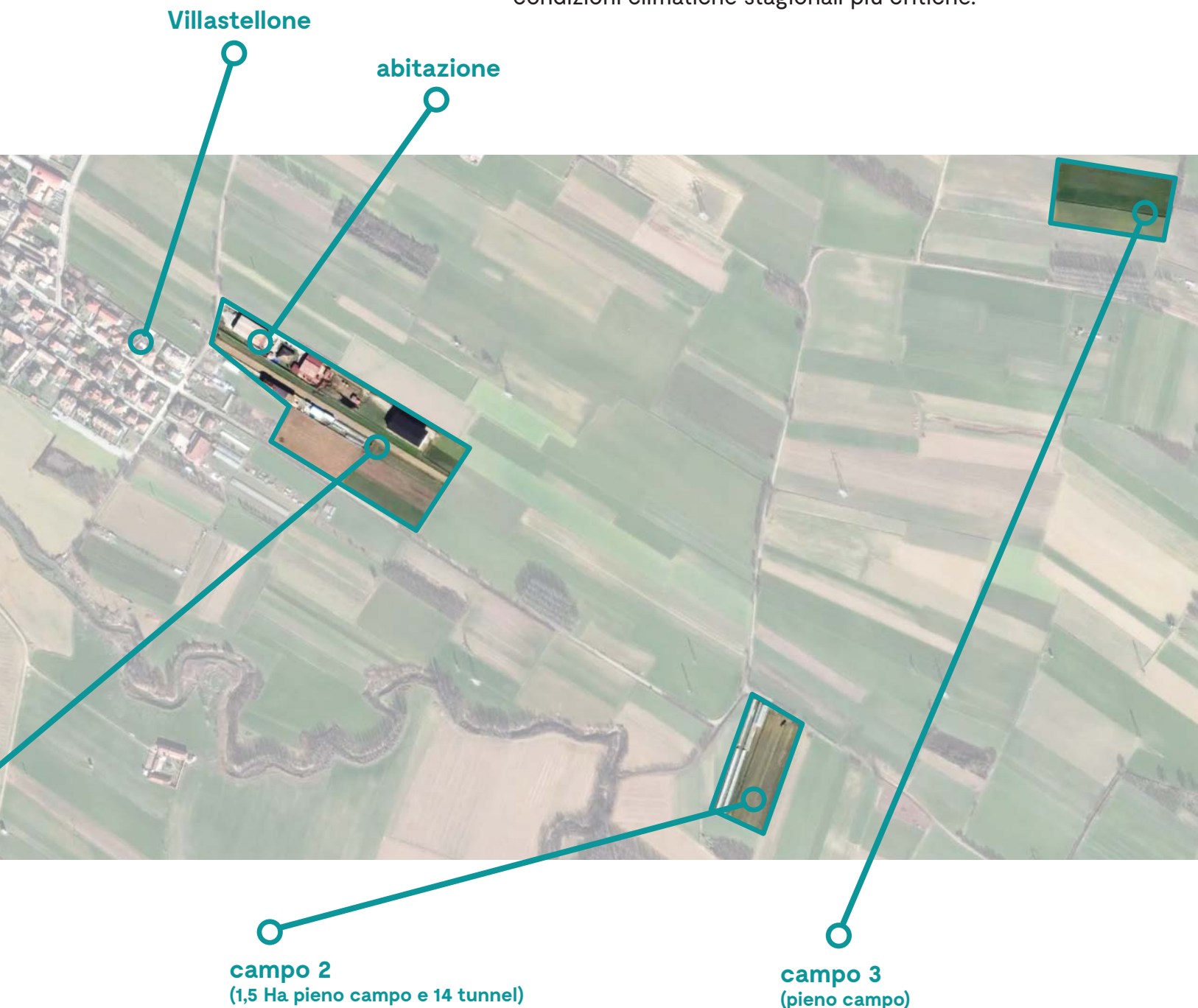
110. I.C.E.A., Istituto per la Certificazione Etica e Ambientale.



campo 1
(300 m² pieno campo e 2 tunnel)

1. Inquadramento dell'azienda

La struttura dell'azienda è ripartita in più zone: i suoli utilizzati sono dislocati su tre aree (per un totale di circa 3 ettari), poco distanti tra loro, e, su alcuni di essi, sono state allestite strutture idonee per la coltivazione in tunnel. Questa tecnica agronomica risulta essere utile per la coltivazione e protezione di alcune colture dalle condizioni climatiche stagionali più critiche.



Come si evince dall'illustrazione, nel campo numero 1 (quello adiacente all'abitazione), ampio circa 300 m², sono presenti due tunnel fissi, oltre che ad un campo aperto coltivato. Nel campo numero 2, di circa 1,5 ettari, sono presenti 12 tunnel fissi di piccole dimensioni e due tunnel mobili, utilizzati per la stagione primaverile/estiva. L'ultimo campo, il numero 3, è adibito interamente alla coltivazione in pieno campo. La struttura dei terreni è di tipo sabbioso, adatto alla coltivazione di orticole.

Durante l'intero anno, indipendentemente dalla stagione, la struttura sopra-illustrata rimane invariata. Ciò che varia sono le colture che vengono trapiantate sia in pieno campo che in tunnel, le quali, in entrambi i casi sono soggette a rotazioni.

Ogni campo e ogni tunnel ospita diverse tipologie di colture, come si nota dall'illustrazione. Talvolta alcuni tunnel presentano diverse famiglie colturali prossime tra loro. Questo aspetto è di estrema importanza in agricoltura biologica, in quanto punta a sostenere e mantenere un alto livello di biodiversità e di sostanza organica nel suolo proprio grazie alle consociazione tra colture differenti. Inoltre, questi avvicendamenti sono molto utili alle piante stesse, in quanto sono in grado, in questo modo, di attingere dal suolo elementi necessari alla propria crescita e al benessere delle colture adiacenti.

Dopo un primo incontro, il passo successivo è stato quello di analizzare in dettaglio ogni singola azione compiuta giornalmente dagli agricoltori.

Tale analisi rappresenta un tassello fondamentale: dopo un primo studio generale delle esigenze¹³ degli agricoltori biologici, in questa fase è stato possibile concentrarci e approfondire le necessità del produttore e del sistema colturale, riferite esclusivamente all'azienda selezionata.

111. Cfr. paragrafo 2, in Cap. III, // *metodo esigenziale*.

2. Analisi delle azioni

Nell'analisi delle attività giornaliere, si è ritenuto opportuno osservare le azioni relative alla stagione coincidente con l'inizio dell'analisi in questione. Per questo motivo, la giornata tipo del “nostro” agricoltore sarà riferita alla primavera e, di conseguenza, anche le coltivazioni considerate sono quelle tipiche della stagione. Come si evince dallo schema, l'agricoltore esegue le operazioni di *routine* sia per le coltivazioni in campo aperto che in tunnel. Le uniche differenze osservabili sono legate agli spazi a disposizione nei due ambienti: nell'eguire la rimozione delle erbe infestanti, in pieno campo è possibile utilizzare strumenti meccanici come i trattori, in quanto lo spazio lo permette; mentre in spazi ristretti come quelli dei tunnel, tale operazione è possibile eseguirla soltanto manualmente o, al limite, con strumenti manuali. Il flusso di azioni rappresentato alle quali l'agricoltore risponde in maniera differente, in base a quanto rileva sul campo.

Individuazione e sviluppo delle criticità

Tale analisi ha permesso di definire le criticità presenti nel processo lavorativo dal punto di vista dell'agricoltore e comprendere, quindi, durante quali fasi sarebbe stato utile e necessario intervenire per apportare un miglioramento esecutivo.

Si è potuto constatare che alcune operazioni essenziali oggi vengono eseguite affidandosi quasi esclusivamente alla **percezione** visiva e tattile, come ad esempio l'irrigazione giornaliera delle colture.

Da una valutazione superficiale possiamo dire che questa specificità non sembra rappresentare una criticità dalle conseguenze gravi, ma, se si considera l'intero ecosistema, dobbia-

mo sottolineare il fatto che l'apporto di una errata **quantità di acqua** può mutare l'equilibrio suolo-pianta.

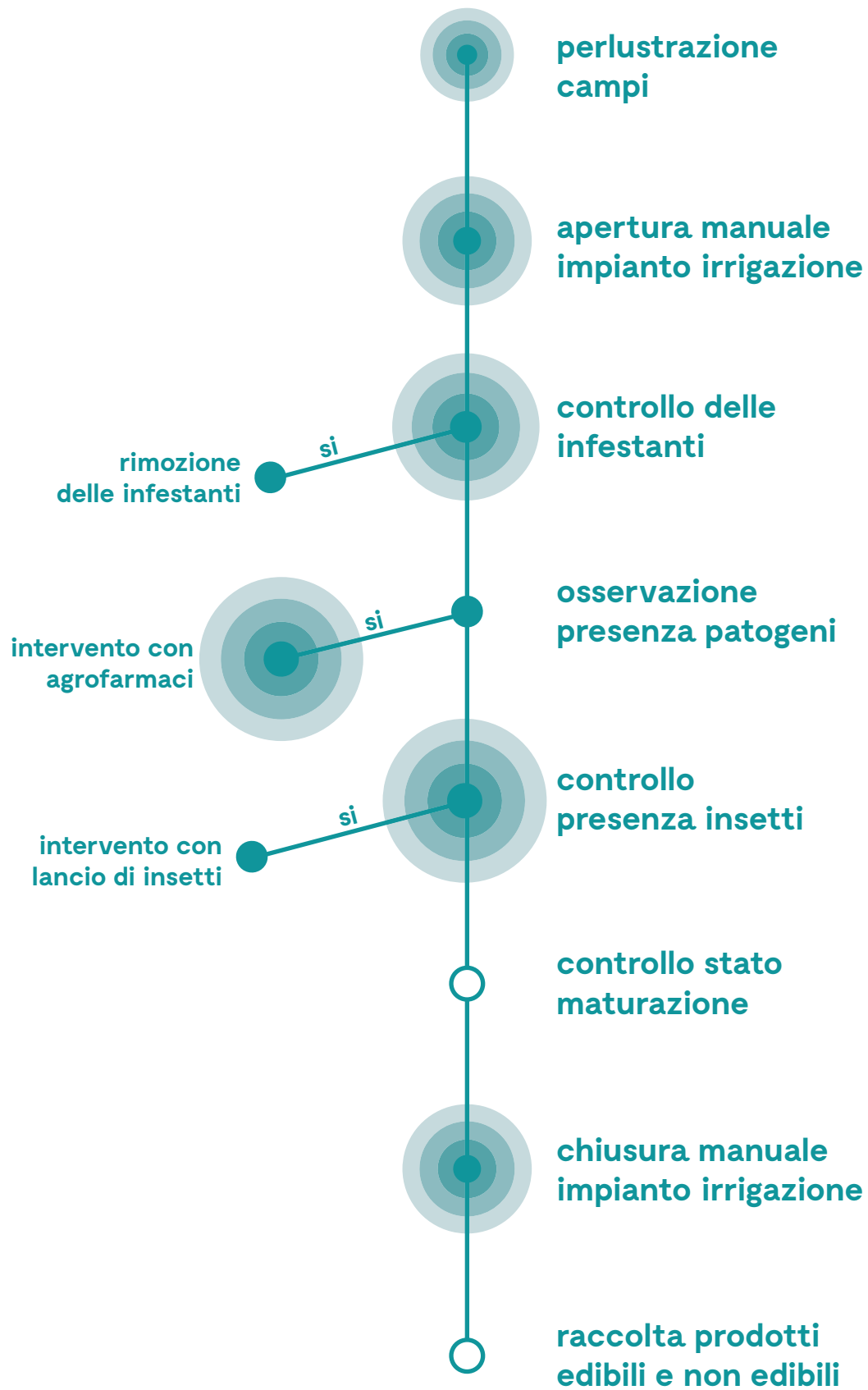
In primo luogo, ogni coltura abbisogna di una specifica quantità di acqua per la propria sopravvivenza, e quindi somministrare una errata quantità può portare al manifestarsi di alcune malattie.

Inoltre, un eccesso idrico può causare **un'asfissia dell'apparato radicale**, ovvero le radici non sono più in grado di "respirare" per colpa del ristagno idrico che si viene a creare in superficie. Al contrario, una carenza di acqua può provocare **l'appassimento delle piante** e causare una **riduzione della resistenza** agli attacchi parassitari.

In una visione molto più ampia, uno dei maggiori problemi ambientali legati all'agricoltura è proprio l'abuso della risorsa idrica, un bene prezioso che spesso viene sprecato. Abbiamo già visto come tutte le strategie di sostenibilità mirano a salvaguardare questa risorsa primaria. Altra problematica riscontrata è l'**intervento anti-parassitario e anti-patogeno** che si concretizza solo nel caso in cui il problema si presenta.

Ciò significa che si interviene per "curare" una patologia che, nella peggiore delle ipotesi, ha già recato danni. Infatti, in un'agricoltura commerciale, in cui gli stessi produttori investono capitale, è essenziale assicurare una produzione adeguata affinché se ne possa trarre vantaggio.

Tale intervento avviene somministrando sulle coltivazioni una certa **quantità di agrofarmaci** che, anche se permessi dalla normativa del biologico perché di origine naturale, vanno comunque ad alterare l'ecosistema. Di frequente si verifica un utilizzo eccessivo di questi agrofarmaci, che causano, in alcune situazioni, necrosi fogliare, decolorazioni o colorazioni particolari a seconda delle sostanze utilizzate. Conoscere il momento e le condizioni adeguate in cui intervenire è fondamentale per evitare danni irrimediabili alle colture e all'ecosistema. Difatti, un altro obiettivo che si persegue con i **programmi di sostenibilità ambientale** è ridurre l'utilizzo di "medicine" per il suolo e le piante, in modo tale da ottenere un prodotto il più possibile naturale e di alto livello qualitativo.



Nel grafico sono rappresentate le macro azioni compiute nell'arco di una giornata con le criticità rilevate.

1. Incrocio dei dati raccolti

Incrociando le esigenze riscontrate da parte degli operatori biologici intervistati con le criticità emerse dal processo produttivo, è stato possibile gettare le basi sulle quali elaborare il *concept* progettuale.

Nello specifico, tra le esigenze più evidenti riscontrate da Enea, sono state selezionate quelle sulle quali poter elaborare una soluzione. Riguardo la gestione della risorsa idrica, ad esempio, Enea ha manifestato la sua difficoltà nella gestione di un intervento tempestivo in caso di problemi e l'incompletezza delle informazioni relative alle condizioni, sia critiche che ideali, delle piante e del suolo. Agendo su questi punti, di conseguenza si interviene in maniera indiretta su diversi fattori quali:

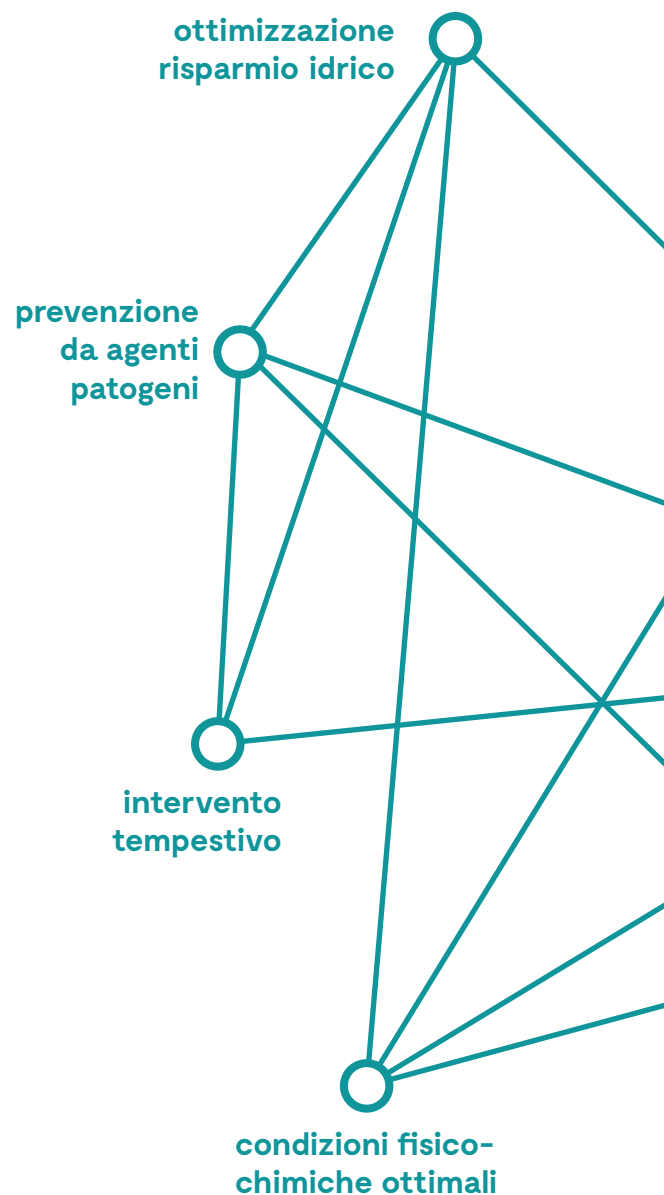
- ↳ un possibile risparmio idrico;
- ↳ un generale benessere dell'ecosistema;
- ↳ una gestione più puntuale delle piante e del suolo (evitando ristagni idrici e diffusione di patogeni).

La gestione di questi fattori consentirebbe, dal punto di vista esecutivo, una migliore messa in pratica del processo produttivo.

L'agricoltore, se costantemente informato delle condizioni ambientali, fisiche e chimiche delle proprie colture, sarebbe in grado di intervenire in maniera tempestiva, evitando e prevenendo danni colturali causati, ad esempio, da muffe, funghi o altri parassiti.

Come precedentemente evidenziato, questa analisi è stata essenziale per il raggiungimento della creazione del *concept*: costruire una solida base concettuale sulla quale elaborare il progetto.

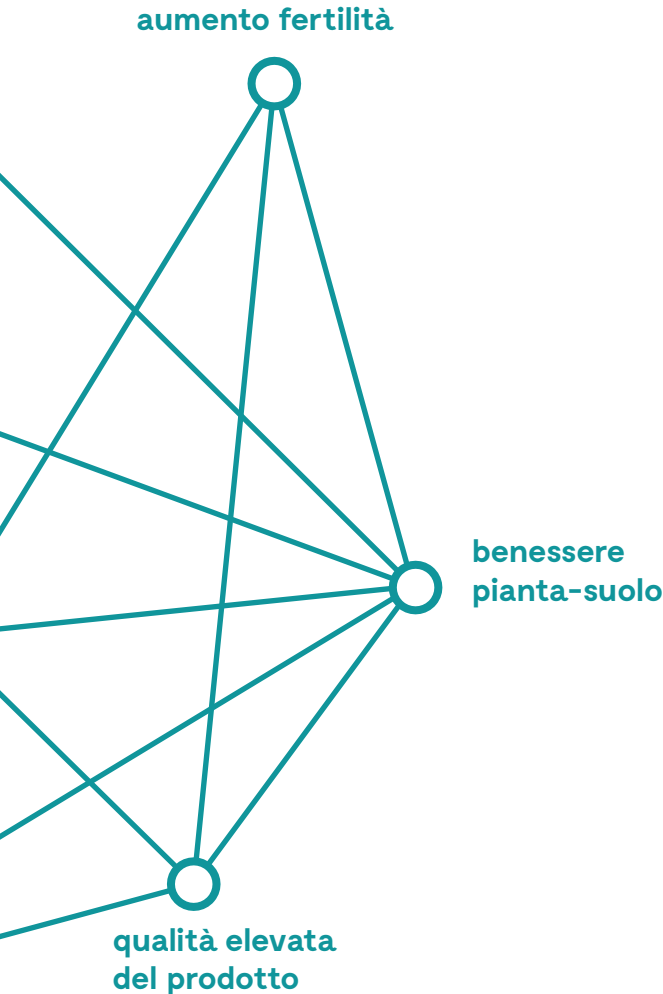
L'incrocio dei dati acquisiti, grazie ad uno studio dettagliato dei *personas*, ci ha resi consapevoli dell'esistenza di una precisa esigenza che si ricollega alla stretta relazione che intercorre tra la pianta e l'agricoltore. Il connettore individuato risiede proprio nell'implementazione della tecnologia, la quale, progettata



ad-hoc, sarebbe in grado di dare “voce” alle piante affinché esse siano in grado di comunicare direttamente con l’agricoltore, richiedendo così il suo intervento tempestivo.

Punti di sviluppo per concept

Dall’individuazione dei “punti gialli” e dall’incrocio dei dati, sono emersi i principali fattori che influenzano, allo stesso modo, il benessere del suolo, delle piante e dell’intero ecosistema agricolo in questione. Ed è proprio dallo svisceramento dei succitati “punti gialli” che si focalizza il tema sul quale si svilupperà la fase di progettazione. Attraverso diverse ricerche e colloqui con esperti del settore, è stato possibile definire quali fossero tali fattori e le relazioni tra di essi, che sono sostanzialmente tre: **acidità del suolo** (analisi del pH), **sostanza nutritiva** e **patogeni**. In ultima istanza, conoscere in che maniera questi fattori influenzano positivamente o negativamente le coltivazioni al fine di salvaguardare la **fertilità del suolo** e il **benessere dell’ecosistema**. Di seguito si potrà vedere una descrizione dettagliata dei fattori esaminati.



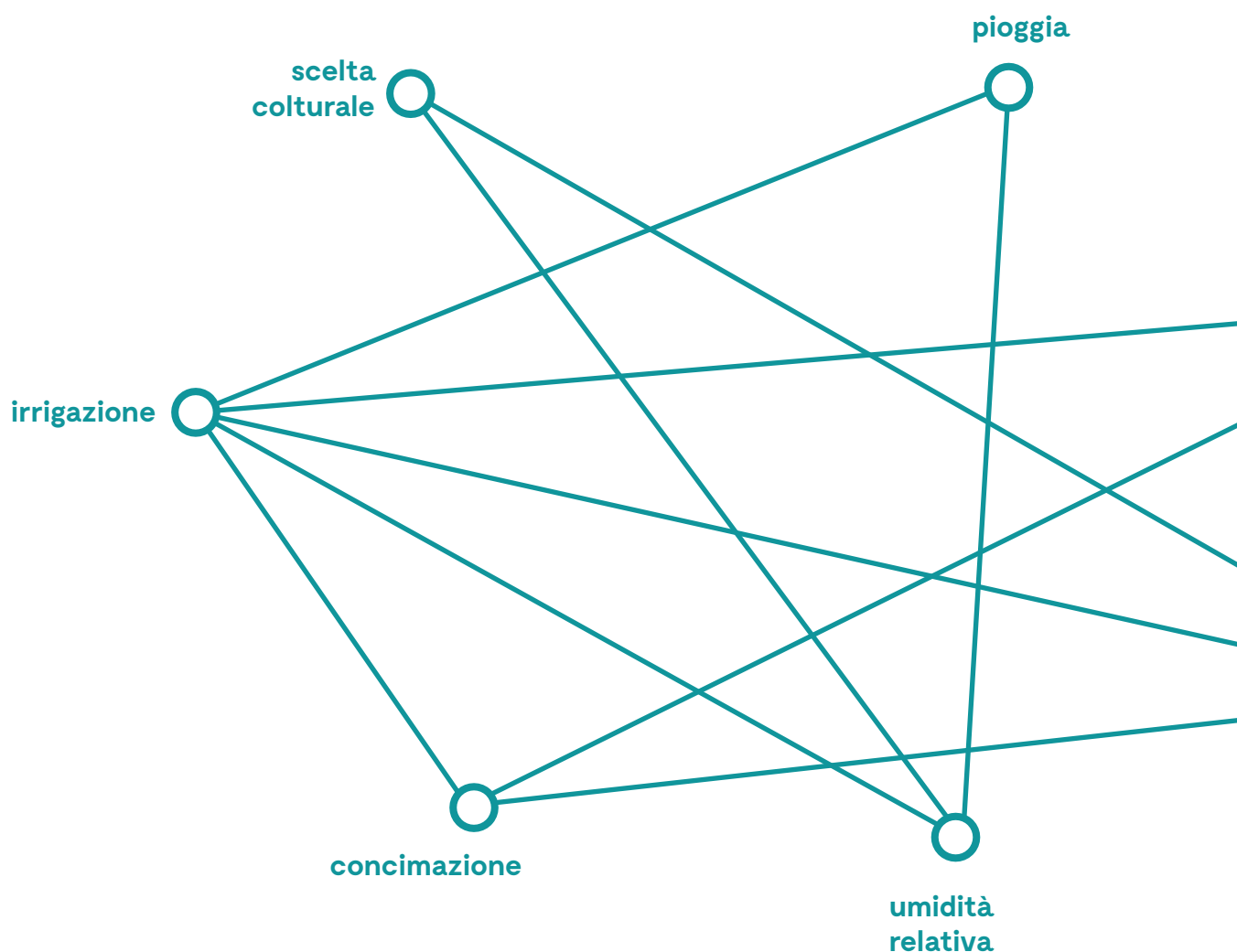
Nel grafico sono rappresentate le macro relazioni tra le esigenze individuate come base per il *concept* progettuale. I dettagli sono descritti nel paragrafo 7.2.

1. Acidità del suolo

La struttura del terreno è una delle più importanti proprietà che determinano lo sviluppo delle colture proprio perché è essa stessa che influenza la profondità che le radici possono raggiungere, il volume dell'acqua che può essere immagazzinata, i movimenti dell'acqua stessa, dell'aria, degli elementi nutritivi, e della fauna terricola.

Insieme al **pH e alla sostanza organica** è il parametro che influenza maggiormente la diversità microbica del suolo. Nello specifico la **reazione del terreno** "è una proprietà chimica che si identifica con il *pH di una sospensione del campione di terreno in soluzione*"¹¹². Le reazioni del suolo sono influenzate da due tipologie di fattori: **cause naturali**, quali processi pedologici (clima e litologia), e **cause antropiche** (che interessano l'uomo).

112. Cifr. https://it.wikipedia.org/wiki/Reazione_del_terreno | consultato al 31 maggio 2018.



113. Cifr. https://www.unirc.it/documentazione/materiale_didattico/1462_2016_409_26745.pdf

114. Le comunità microbiche sono costituite dai microrganismi, i quali possono essere utilizzati come indicatori della qualità del suolo perché svolgono delle funzioni chiave nella degradazione e nel ricircolo della sostanza organica (e dei nutrienti). Inoltre l'attività microbica nel suolo rispecchia la somma di tutti i fattori che regolano la degradazione e la trasformazione dei nutrienti.

115. L. Brussaard, *Biodiversity and Ecosystem Functioning in Soil*, in "Springer", Vol. 26, No. 8 (Dec., 1997), pp. 563-570.

Nello specifico si distinguono le cause naturali in: mineralogia del substrato; reazioni di chemical weathering; mineralizzazione della sostanza organica; regime idrico (dilavamento delle basi di scambio); ossidazione di composti contenenti N, S e Fe ridotti; accumulo di sostanza organica; attività di radici e microbiota. Mentre le cause antropiche in: pratiche agronomiche di concimazione/ammendamento; applicazione di sostanze contenenti S e Fe ridotti; deposizioni acide umide e secche¹⁵.

Il grado di reazione del suolo influenza, in modo determinante, la produzione vegetale e, più in generale, la funzionalità del suolo di mantenimento degli equilibri ambientali. È noto che le piante presentano una diversa tolleranza al grado di reazione del suolo. Il **pH** del terreno, infatti, influisce direttamente su due fattori: regola la disponibilità degli elementi nutritivi nel suolo, favorendo o limitando la loro solubilità; e influenza lo sviluppo, la struttura e l'attività delle **comunità microbiche**¹⁶ che vivono nel sottosuolo e che rappresentano **una straordinaria sorgente di vita per il nostro pianeta**¹⁷. Difatti, nella condizione in cui un suolo presenta un valore elevato (basico o acido) di pH accade che l'attività microbica viene inibita. Un altro punto fondamentale è rappresentato dall'assimilazione degli **elementi nutritivi**: il pH è in grado di determinare la solubilità dei nutrienti presenti nella rizosfera (azoto, fosforo, rame, ferro, zinco), affinché questi possano essere assimilati dalle piante.

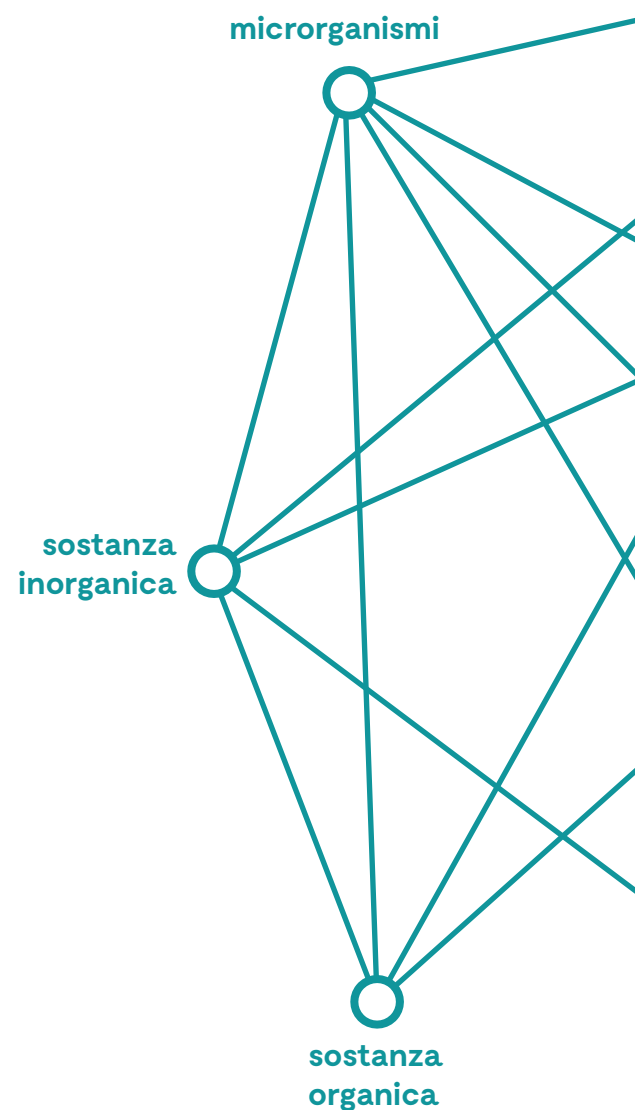
**attività
microbica**

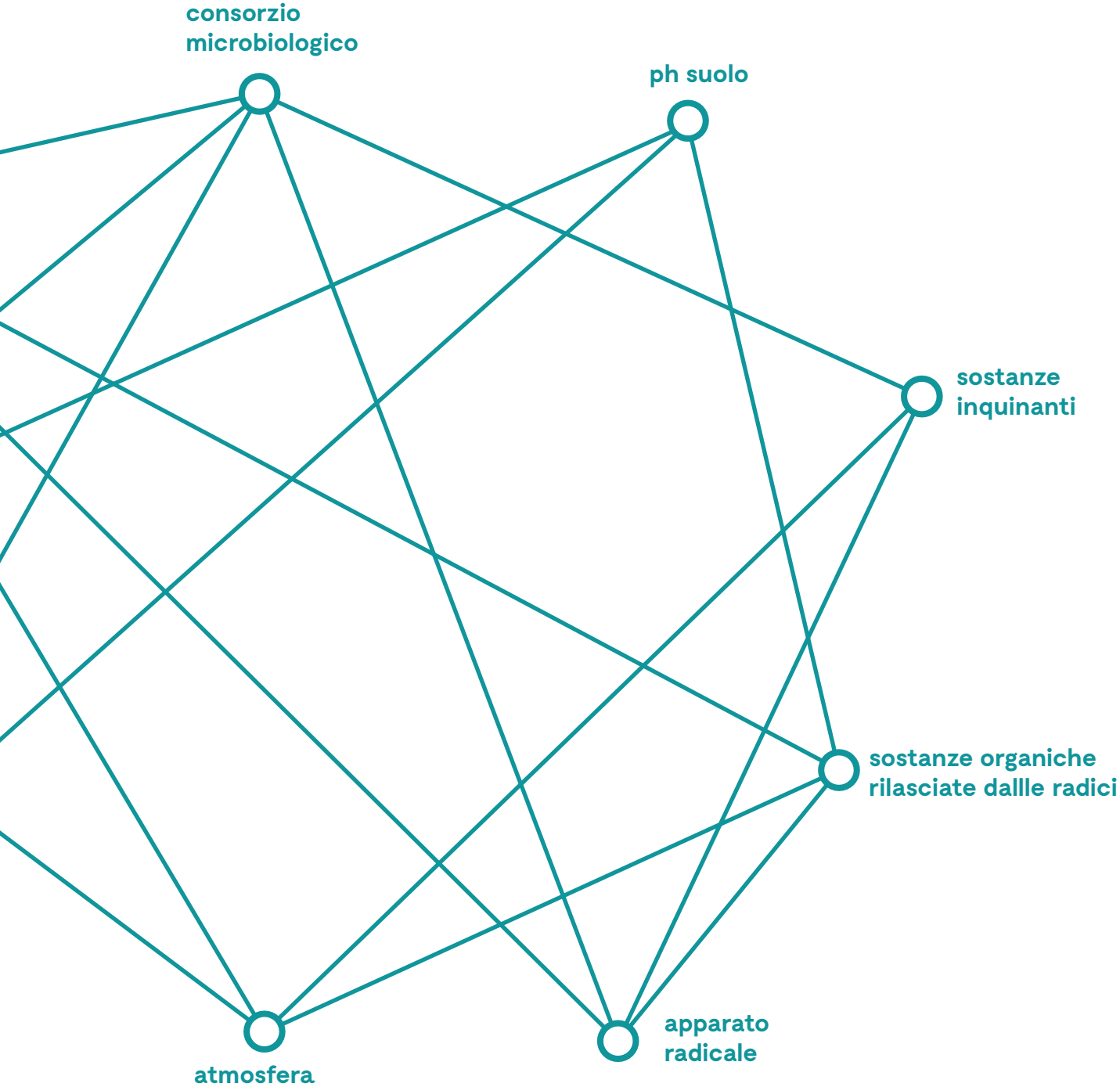
**assimilazione
nutrienti**

Nel grafico sono rappresentate sia le macro azioni compiute dall'agricoltore durante un arco di una possibile giornata, sia i cosiddetti punti critici delle stesse.

2. Sostanza nutritiva

La sostanza organica è composta da una **componente organica** (spoglie animali e vegetali) e da una **componente inorganica** (derivanti da minerali e sali). Le funzioni della sostanza organica in un sistema agricolo sono di **nutrimento**, in quanto rilascia continuamente elementi nutritivi (N, P, K, ecc.), stimolanti per l'accrescimento da parte del sistema radicale, e migliorano le proprietà fisiche in termini di struttura, permeabilità e capacità di trattenimento idrico. Per giungere al completo assorbimento della sostanza organica, è necessario che questa subisca una trasformazione attraverso alcune reazioni di sintesi da parte di organismi presenti nel suolo (lombrichi, batteri, insetti, ecc.). I fattori che influiscono sull'evoluzione della sostanza da inorganica ad organica sono: la sua **tipologia**, in termini di composizione chimica; il **clima**, ovvero le situazioni di piovosità e i livelli di temperatura; la **tipologia di terreno** in funzione, soprattutto, della presenza o assenza di ossigeno, da cui dipende l'intero processo di mutazione (mineralizzazione); l'**intervento antropico**, ovvero le lavorazioni, concimazioni, irrigazioni, e avvicendamenti, gestiti direttamente dall'agricoltore.



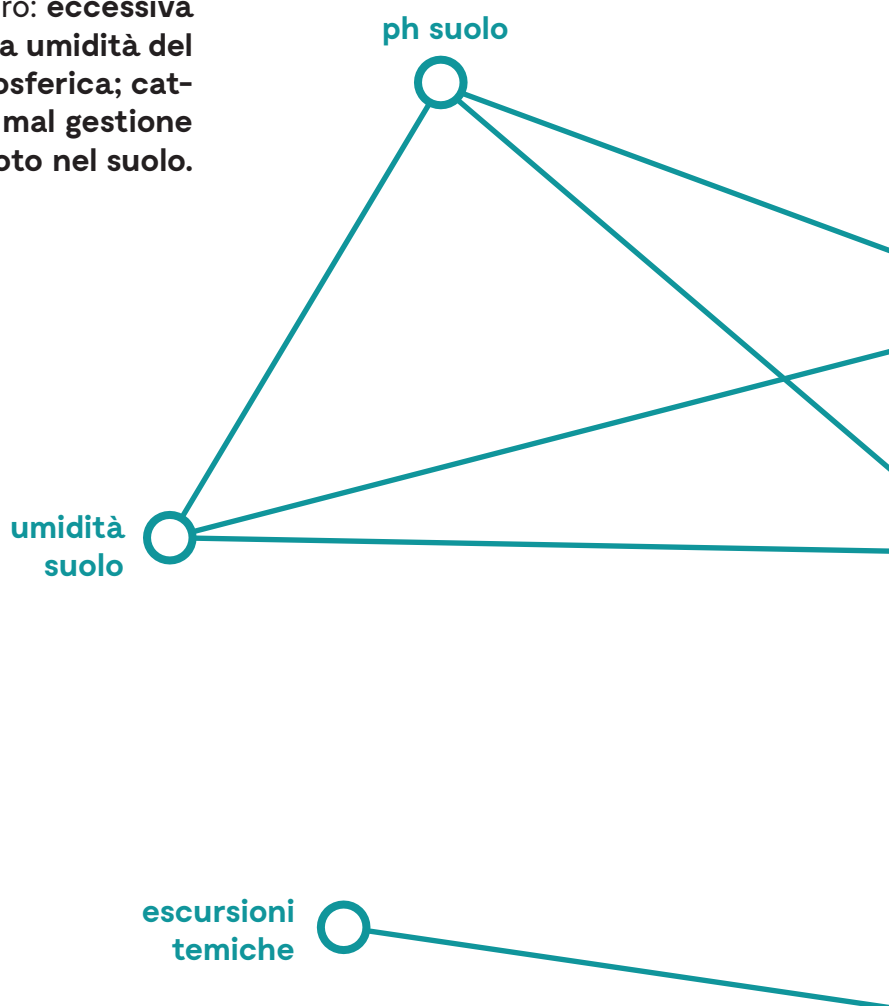


Nel grafico sono rappresentate sia le macro azioni compiute dall'agricoltore durante un arco di una possibile giornata, sia i cosiddetti punti critici delle stesse.

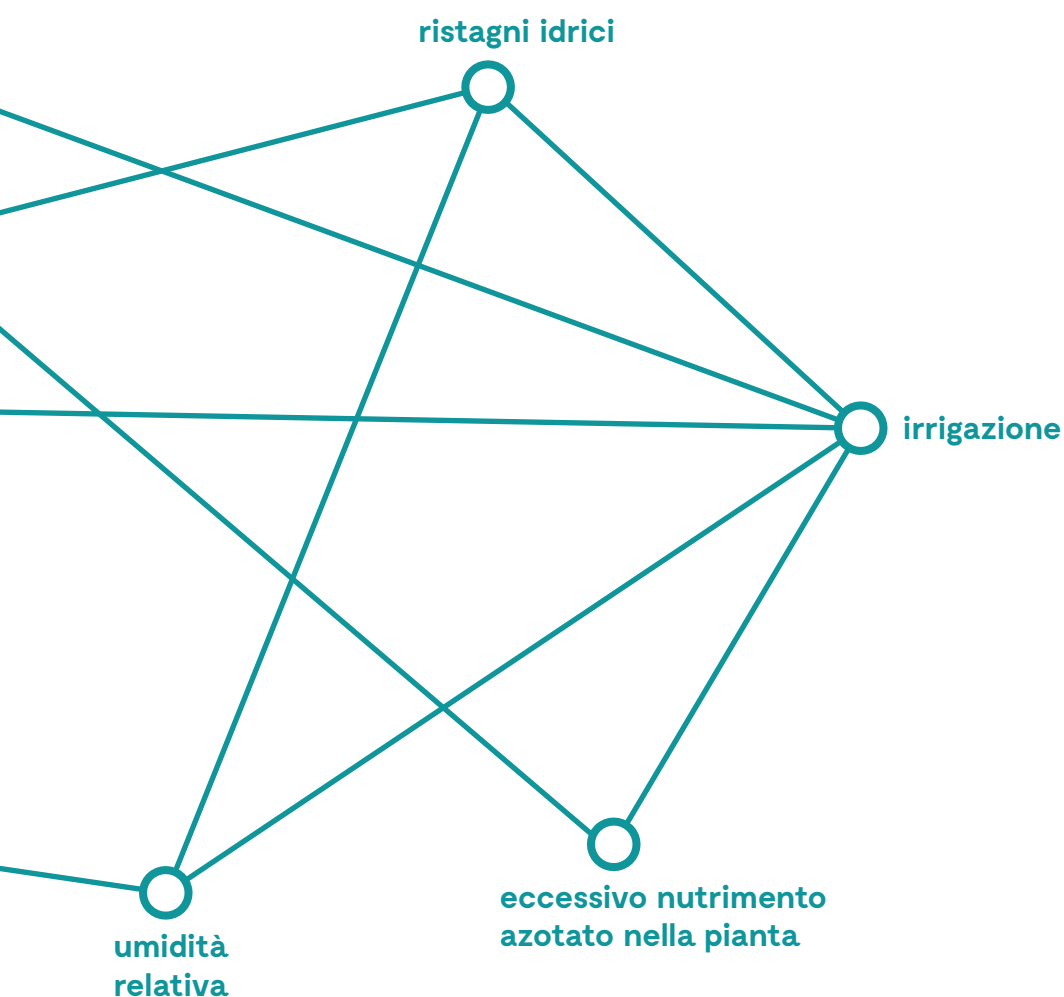
3. Patogeni

La patologia vegetale è quella disciplina che studia le malattie delle piante provocate dalle avversità ambientali e/o dagli **organismi patogeni**. Le malattie delle piante si possono dividere in fisiopatie (malattie non infettive e non parassitarie), dovute a eccezionali **condizioni ambientali** (livelli di temperatura, luce e umidità particolarmente inadatti); malattie infettive, dovute a infezioni da virus (virosi), batteri (batteriosi), funghi (micosi); fitopatie, dovute a altre piante parassite¹⁸. Per quanto concerne i patogeni, essi influenzano particolari fattori che sono indice di insorgenza degli stessi, ovvero: **eccessiva compattezza del suolo; elevata umidità del suolo; eccessiva umidità atmosferica; cattiva areazione della pianta; mal gestione dell'irrigazione e carenza di azoto nel suolo.**

116. Generalmente gli organismi nocivi alle piante vengono suddivisi nei seguenti gruppi: insetti; acari; nematodi; mammiferi roditori; funghi; batteri; virus; viroidi e fitoplasmi. Mentre, per quanto concerne le avversità ambientali, queste sono suddivise in due gruppi: condizioni meteorologiche e pedo-climatiche, e agenti di inquinamento.



Ad esempio, a causa di una somministrazione errata di azoto nel suolo, potrebbero verificarsi seri problemi a livello di coltivazioni. In caso di surplus le piante potrebbero essere meno resistenti alle avversità climatiche e parassitarie. Al tempo stesso, un'insufficienza di azoto potrebbe scatenare una scarsa produzione di clorofilla, causando una riduzione dei processi di fotosintesi. In seconda istanza è stato possibile incrociare tra loro questi fattori, in virtù del fatto che dipendono gli uni dagli altri e si influenzano vicendevolmente. Ad esempio, i livelli di acidità dipendono fortemente dalla presenza di sostanza organica e dall'insorgenza di patogeni (oltre ad altri fattori); viceversa, i patogeni potrebbero presentarsi anche nella situazione in cui i livelli di acidità risultano essere sfasati, probabilmente a causa della variazione di sostanza organica nel suolo (assenza o eccessiva presenza).



Nel grafico sono rappresentate sia le macro azioni compiute dall'agricoltore durante un arco di una possibile giornata, sia i cosiddetti punti critici delle stesse.

La scelta della coltura

Illa luce del nostro concept, siamo tornate sul campo per raccogliere tutte le informazioni relative alle colture di Enea e Alice. La scelta delle colture primaverili/estive è stata presa per rispondere ad una importante necessità: allineare lo sviluppo del progetto con le esigenze degli agricoltori e le colture stagionali, avendo così l'opportunità di lavorare direttamente sul campo. La selezione ha rispettato una serie di specifiche considerazioni osservate anche grazie alla guida di Enea e Alice, con l'obiettivo di risolvere le problematiche da loro avanzate relativamente alle colture più delicate e sensibili all'azione di agenti patogeni, muffe e acari. È a partire da questa selezione che abbiamo individuato tre colture specifiche: la fragola, l'insalata ed il peperone, coltivate sia in tunnel che in pieno campo. Nel paragrafo seguente saranno riportate le informazioni tecniche inerenti ad una corretta crescita di ciascuna delle tre piante in questione¹⁹.

117. Cifr. <http://www.fitodifesa.it/orticole/144-peperone.html> | consultato al 31 maggio 2018.

1. La fragola

La varietà di fragola coltivata da Enea e Alice rientra tra le cosiddette “riflorenti”, caratterizzate da una produzione ripetuta nel corso dello stesso anno. Questa varietà, infatti, fruttifica da giugno a novembre, sia in tunnel che in pieno campo. È tra le più produttive ma anche tra le più difficili da coltivare; difatti, è una tra le specie più esigenti in termini di elementi nutritivi: lo dimostrano i quantitativi asportati che sono tra i più alti tra le specie ortofrutticole. Per questo è molto importante arricchire il suolo di sostanze nutritive con lo sversamento di abbondanti letamazioni, addirittura fino a 600-700 quintali per ettaro. Per quanto riguarda la struttura ed il pH del **terreno** ottimale sul quale poter crescere, esso deve avere un valore compreso tra 5,5 e 6,5, tra il neutro ed il tendenzialmen-

te acido, anche se è in grado di vivere in suoli leggermente più acidi (fino al 7.5). Questa tipologia di fragola richiede terreni tendenzialmente sciolti, ben strutturati (infatti i risultati migliori si ottengono in terreni con una buona dotazione di humus) e profondo (a motivo del fatto che l'apparato radicale ha uno scarso potere penetrante). Per quanto riguarda le specifiche relative alla struttura del suolo, queste combaciano con la struttura pedologica dell'azienda.

Come tutte le colture, anche la fragola richiede delle specifiche **esigenze termiche**, che, in questo caso, differiscono per fase evolutiva. Difatti, durante il riposo vegetativo la pianta utilizza le riserve accumulate e riprende a vegetare a temperature mediamente superiori ai 6°C (grado di calore necessario per interrompere la dormienza delle gemme). Durante la fase vegetativa la temperatura ottimale è invece di 20°C di giorno e 12°C di notte. Esige, invece, temperature superiori ai 25-26°C nel periodo di fioritura e maturazione, ed essendo questa fase tra le più delicate, è bene che non si verifichino sbalzi di temperatura. Infatti, le basse temperature (inferiori ai 2°C) e quelle troppo elevate (più di 34°C) provocano danni al frutto e alla pianta stessa.

Più in generale le fragole prediligono i luoghi freschi, ombreggiati o semi-ombreggiati e non temono il freddo anche se inverni particolarmente rigidi possono disseccare completamente la parte aerea della pianta, che torna a svilupparsi senza problemi durante la primavera successiva.

Per quanto riguarda le **necessità idriche**, queste sono molto elevate, infatti non è possibile avere una produzione redditizia senza l'ausilio di adeguati interventi irrigui, che si aggirano intorno agli 800-1000 m³/ha tra precipitazioni e irrigazioni. Inoltre, nella coltivazione della fragola è bene evitare terreni facili ai ristagni d'acqua e con scarsa ossigenazione perché in essi l'attività radicale risulta limitata, e ciò può favorire lo sviluppo di marciumi radicali. Dunque, le condizioni suddette rappresentano le cause maggiori di sviluppo di patogeni, e proseguiremo segnalando le avversità più comuni che possono colpire sia il frutto che la pianta, e che costringono gli agricoltori ad

un controllo costante della coltura. Tra queste abbiamo individuato: la muffa grigia(botrite), il mal bianco, l'alternaria e il ragnetto rosso.

Il **mal bianco** è una patologia funginea che colpisce germogli, boccioli, frutti e fusto penetrando attraverso le ferite della pianta. Sulle foglie le infezioni precoci sono caratterizzate da piccole aree bianche, dall'aspetto polveroso, che si accrescono in genere sulla pagina inferiore, fino ad assumere un colore porpora/rossastro. Al contempo, i frutti sviluppano macchie scure in corrispondenza delle quali si forma del marciume molle che porta all'avvizzimento del frutto. **Dunque, per evitare l'insorgere di questo patogeno è bene che la pianta sia esposta a molta luce.**

Il periodo estivo è quello che presenta i rischi maggiori, in quanto l'umidità ambientale è elevata (valori maggiori di 65 percento) e viene così favorita una proliferazione più veloce della patologia.

Ma è soprattutto la fase che precede la fioritura, caratterizzata da una forte produzione di nuove foglie, a risultare la più delicata e facilmente attaccabile.

Dunque, riassumendo, i range di sviluppo del patogeno sono questi: temperatura superiore ai 20-25 C°; umidità ambientale maggiore del 80%; piogge abbondanti e ristagni idrici.

La **muffa grigia**, o botrite, è invece una patologia funginea che colpisce germogli, boccioli, frutti e fusto, penetrando attraverso le ferite della pianta. I frutti sviluppano sulle lesioni macchie scure in corrispondenza delle quali si forma del marciume molle che porta all'avvizzimento del frutto. Sul fusto invece compaiono delle macchie, prima più chiare e poi sempre più scure, che si allargano progressivamente sviluppando una muffa grigia vellutata. La muffa grigia predilige climi freschi (12-20 C°) e piovosi ed il suo sviluppo è favorito da innaffiature abbondanti e ristagni idrici. Inoltre, altri fattori contribuiscono al suo sviluppo, come l'umidità ambientale, nel momento in cui supera il 75%, e l'umidità del suolo quando oltrepassa l'85%. Anche in questo caso, la fase della fioritura risulta essere quella maggiormente sensibile alla formazione del patogeno. L'unica pratica per fronteggiare la sua comparsa è la rimozione dei frutti infetti.

Il **ragnetto rosso** è un acaro che attacca le foglie provocandone la decolorazione e una riduzione della produttività, in particolare in coltura protetta, mentre la sua comparsa è meno probabile nelle coltivazioni in pieno campo. La sua presenza si palesa nel momento in cui sulle foglie appaiono piccole macchie chiare che in seguito disseccano, e al contempo la pagina inferiore presenta un reticolo di ragnature, sintomo della presenza di colonie di acari. L'acaro si sviluppa maggiormente in presenza di un clima caldo e secco. Difatti, in condizioni di temperatura superiore ai 34° e umidità maggiore del 65%, la fragola rischia di essere attaccata. L'**alternaria** è un fungo che, in determinate condizioni, può aggredire il frutto. L'infezione avviene a partire da piccole ferite per poi propagarsi su foglie e fusti, creando delle tipiche macchie brune e isolate, caratterizzate da disegni spiralati o concentrici. Sui fusti e sui frutti presenta macchie analoghe ma meno estese, e le condizioni che ne favoriscono lo sviluppo sono: temperatura ambientale intorno ai 20°; un'umidità elevata (maggiore del 70%); un'umidità del suolo maggiore dell'85% e piogge frequenti.

2. L'insalata

L'azienda coltiva otto tipologie di insalate differenti (scarola, indivia, manigotto, canasta, foglia di quercia, ghiaccio, salanova, gentilina). Nello specifico è stata analizzata la foglia di quercia poiché impiantata nel periodo esaminato. Il tipo di **terreno** adatto a tale coltivazione è quello di medio impasto, fresco, ricco di sostanza organica e con un valore del pH compreso tra 6 e 7. Per rendere ancora più confortevole la sua crescita, l'azienda somministra del **lettame maturo** (circa 40-50 tonnellate per ettaro) circa 3-4 mesi prima del suo impianto. L'insalata coltivata in pieno campo è sistemata nel terreno a prose, intervallate da solchi profondi 10-15 centimetri. Questo per evitare ristagni idrici che possono essere pericolosi a causa dell'elevata suscettibilità di questa specie a fito/

fisiopatie provocate da eccessi o deficit idrici.

A differenza della fragola, la foglia di quercia non richiede delle elevate **esigenze termiche**.

Difatti, in condizioni di gelo (temperatura inferiore ai -2 °C), le piante non vengono totalmente danneggiate, ma crescono lentamente e rimangono più piccole. Tuttavia le foglie danneggiate dal gelo diventano facili ospiti di agenti patogeni che, se favoriti dalle condizioni termo-igrometriche dell'aria, infettano l'intero grumolo.

La temperatura media ideale si aggira intorno ai 13°C, al di sotto della quale il ritmo di crescita si rallenta notevolmente. D'altro canto una temperatura troppo elevata (intorno ai 30°C), altera la sua struttura, incidendo anche sulla qualità.

La foglia di quercia, in relazione al fabbisogno di **radiazione solare**, richiede una elevata quantità di luce, la quale influisce sulla crescita della pianta.

Per quanto concerne il **fabbisogno idrico**, questa specie necessita di un livello di umidità relativamente costante durante tutto il ciclo colturale. Generalmente, si stima che bisogna irrigare quando il terreno ha perso circa il 30 per cento dell'acqua disponibile. Il consumo idrico può variare (tra 1500 e 2000 m³/ha) in relazione all'epoca di coltivazione e all'andamento climatico. Il volume stagionale di irrigazione varia in relazione al consumo idrico ed alle piogge utili (generalmente è più elevato nella coltura primaverile) e può superare talvolta i 1000 m³/ha.

Gli stress idrici vanno accuratamente evitati in quanto determinano effetti negativi sulla qualità del cespito (sapore amaro, grumoli poco serrati, allungamento del fusto e prefioritura).

Le avversità più comuni che possono colpire il vegetale sono la peronospora e la batteriosi, oltre che da insetti come gli afidi e le notte.

La **Peronospora** è un tipo di infezione che può colpire la lattuga indistintamente dalla condizione di sviluppo in cui essa si trova, dallo stadio di foglie cotiledonari alla pianta matura. In condizioni di elevata umidità e nella fascia di temperatura compresa tra i 10° e i 15°, sulla pagina inferiore delle foglie si forma una muffetta bianca polverulenta. Sulle piante già sviluppate, l'infezione prende avvio dalle foglie più esterne del cespito che sono a contatto con il terreno,

ma in seguito può estendersi anche alle foglie più interne, con una perdita totale del prodotto. La **Batteriosi** è tra le più frequenti malattie batteriche che colpiscono il vegetale, e si verifica in condizioni di temperatura comprese tra i 23 e i 27° C. Si presenta con la comparsa di macchie giallastre e brune che arrivano a fondersi e formare profonde lesioni lungo le nervature centrali. Gli **afidi**, conosciuti come pidocchi delle piante, sono degli insetti che si sviluppano maggiormente durante il periodo che va dalla primavera all'autunno, ovvero quando le temperature consentono al fitofago un ambiente adatto alla proliferazione. Enea ed Alice li contrastano effettuando lanci di crisoperla, un insetto predatore. Le **nottue**, invece, sono bruchi generati da quelle farfalle notturne che chiamiamo anche falene. Questi insetti, alla nascita, si cibano di foglie, fiori e frutti, danneggiando il raccolto e la pianta. La condizione idonea alla loro comparsa è quando la temperatura è compresa tra i 24 °C e i 28°C.

3. Il peperone

La specie coltivata da Enea e Alice è il peperone a corna di toro, una solanacea a forma di corno allungato, di colore rosso o giallo a maturazione. Il tipo di **terreno** che ospita al meglio questa pianta dev'essere di medio impasto tendente allo sciolto, e allo stesso tempo fresco, con un buon contenuto di azoto ed un pH sub-acido. Difatti, i peperoni prediligono un terreno ricco di sostanza organica, per questo servono 3 kg/mq di **letame maturo**, che gli agricoltori scambiano con degli allevamenti in zona. Le condizioni più idonee per questa coltivazione sono rappresentate da un clima temperato caldo, meglio se privo di sbalzi di temperatura e con **forti quantità di luce**. Infatti una scarsa luminosità arresterebbe l'emissione dei fiori e ridurrebbe la fertilità del polline. Le temperature ottimali per lo sviluppo sono, infatti, condizio-

nate proprio dall'intensità luminosa. Durante giornate assolate i valori si collocano attorno ai 26°C diurni e 16°C notturni; mentre con giornate nuvolose abbiamo 20°C di giorno e 14°C di notte.

La fioritura risulta essere ottimale con una temperatura in un range compreso tra 26–30 °C, e possibilmente, non dovrebbero verificarsi elevate escursioni termiche giornaliere.

Una temperatura elevata (30–35°C), invece, comporterebbe la formazione di macchie decolorate molli, che successivamente assumerebbero una consistenza cartacea. Si può dunque notare come, a differenza dell'insalata, le **esigenze termiche** del peperone siano un po' più elevate. Per la germinazione, ad esempio, la temperatura minima sufficiente ad attivare tale processo si aggira intorno ai 17–18°C, con un optimum vicino ai 30°C. Al superamento dei 35°C la germinazione si arresta.

Il metodo di **irrigazione**, così come nei due casi studiati in precedenza, è quello a manichette forate. Il peperone viene innaffiato da Enea in quantità minore rispetto alle altre due colture (ogni tre/quattro giorni), poiché, come da lui stesso affermato, ha bisogno di "patire" la sete affinché il prodotto finale abbia un sapore più buono e deciso.

Di fondamentale importanza, per il peperone, è sospendere l'irrigazione almeno 48 ore prima della raccolta²⁰.

Tra le più frequenti malattie che colpiscono il peperone possiamo includere il **marciume del colletto**, una patologia che si manifesta con un'alterazione dall'aspetto del colletto, soprattutto nelle fasi giovanili di crescita. Le piante colpite manifestano una crescita stentata associata ad avvizzimenti fogliari anche gravi e persistenti.

Per quanto riguarda i patogeni visti in precedenza, il peperone può essere attaccato dalla muffa grigia e dagli afidi, e le condizioni critiche in cui si possono sviluppare risultano essere identiche a quella della fragola.



118. Enea di Vita di campo.



Foto di Valentina Diaferio
Azzellino/ azienda agricola *Vita di campo*.

Perché la fragola?

Alla luce di questa approfondita analisi abbiamo individuato nella fragola il soggetto più sensibile, una scelta presa in collaborazione con Enea e Alice. Dunque, una volta individuate le caratteristiche tecniche da monitorare (temperatura, umidità, luminosità ecc.), il passo successivo è stato quello di definire l'asset tecnologico in relazione alle esigenze prese in esame. In ultima istanza, si precisa che la scelta di una singola coltura è stata dettata da un'esigenza pragmatica legata al lavoro di tesi e ad una fase di testing, che sarà illustrata nella parte IV. Da progetto, invece, l'asset è modulare e scalabile, applicabile ad ogni tipo di coltura.

progetto

PARTE IV

Il progetto

In questo capitolo prende vita il progetto vero e proprio, e vedrà come protagonista principale l'**utente tipo**, che nel nostro caso corrisponde alle figure di Enea ed Alice, ai quali dedicheremo un servizio volto a soddisfare le loro esigenze, che potrebbero corrispondere, in un futuro prossimo, a quelle di molti altri agricoltori.

L'obiettivo è quello di fornire un **servizio tecnologico innovativo** per il settore dell'agricoltura biologica, al fine di coinvolgere e stimolare gli utenti stessi all'introduzione di una componente tecnologica nell'ambiente di lavoro.

Per raggiungere l'obiettivo prefissato abbiamo sviluppato un modello di **Internet of Things** focalizzato sulla pianta, attraverso il quale siamo arrivate a mettere in stretta correlazione **uomo, natura e tecnologia**.

Protagonisti di tale modello sono i **sensori**, a nostro avviso lo strumento maggiormente in grado di aiutare gli agricoltori nelle proprie operazioni giornaliere, poiché possono fornire una serie di **informazioni** non visibili e impercipienti all'occhio umano, anche nei casi in cui si tratta dell'occhio esperto dell'agricoltore.

Siamo arrivate a realizzare una rete di **sensori** con cui gli agricoltori possono facilmente **monitorare le variabili ambientali** (umidità del suolo, temperatura relativa, ecc.), allo scopo di incrementare le conoscenze sull'ambiente di lavoro, e apportare un miglioramento della capacità di intervento dell'utente.

Per realizzare ciò, il primo passo effet-

tuato è stato quello di individuare le condizioni ambientali sufficienti tali da scatenare l'insorgenza di un patogeno.

Tale processo decisionale ci ha guidato nella realizzazione del prototipo, utile per sperimentare e verificare l'esperienza utente. Difatti, dopo un'attenta analisi sui *personas*, abbiamo studiato e individuato il modo migliore per comunicare le informazioni, elaborando un'interfaccia basata sulle necessità del nostro utente tipo. L'idea del prodotto si fonda sui precetti dell'**open design**, ovvero su un processo decisionale che vede lo *"sviluppo di prodotti fisici, macchine e sistemi attraverso l'uso di informazioni progettuali condivisa pubblicamente"*¹.

Nei paragrafi successivi saranno descritti in dettaglio i diversi passi compiuti durante la fase progettuale, dall'analisi dei *personas*, alla realizzazione dell'asset le caratteristiche tecniche dell'asset tecnologico, il suo funzionamento in relazione agli utenti pianta-agricoltore, e i risvolti individuati.

119. Cfr. https://it.wikipedia.org/wiki/Open_design | consultato al 31 maggio 2018.



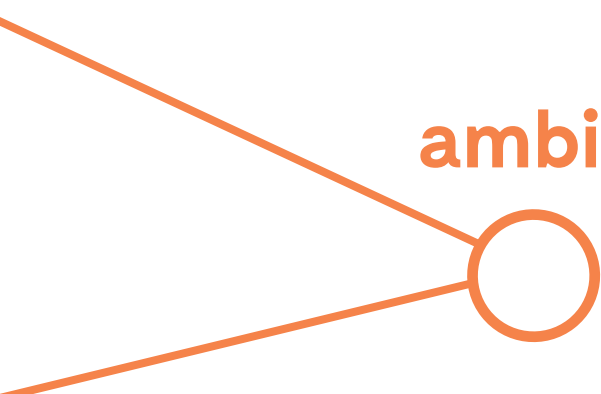
Nello schema si evidenzia la stretta correlazione tra agricoltore (uomo)-ambiente e tecnologia.

Focus: Internet of things

120. Cfr. <https://blogs.cisco.com/author/dave-evans> | consultato al 31 maggio 2018.

121. Cfr. <https://www.internet4things.it/iot-library/internet-of-things-gli-ambiti-applicativi-in-italia/> | consultato al 31 maggio 2018.

“Internet delle cose è solo una delle quattro dimensioni, persone, processi, dati e cose, che compongono il più vasto e integrato mondo dell’Internet of Everything”². Il termine *IoT* (dall’inglese *Internet of Things*) viene utilizzato per la prima volta da Kevin Ashton, ricercatore presso il MIT (Massachusetts Institute of Technology), per definire un insieme di **tecnologie** che permettono di collegare a Internet qualunque tipo di dispositivo e oggetto. Lo scopo è proprio quello di acquisire e trasferire delle **informazioni** per poi rispondere con delle azioni corrispondenti. Con un po’ di fantasia è possibile collegare in rete praticamente ogni cosa³. Per essere connesso un oggetto, una “thing”, deve rispettare fondamentalmente due caratteristiche: avere indirizzo IP che ne consenta l’identificazione univoca in Rete e possedere la capacità di scambiare dati attraverso la rete stessa senza necessitare dell’intervento dell’uomo.



ambiente

1. PIM: Plant Intelligent Monitoring

Dopo aver definito le linee guida del dispositivo elettronico, abbiamo voluto **identificare** l'oggetto attribuendogli un nome che potesse meglio contestualizzarlo e renderlo riconoscibile. La scelta del nome è ricaduta su **PIM**, acronimo di **Plant Intelligent Monitoring**, una denominazione che ci è sembrata valida per riassumere gli intenti del progetto.

Asset tecnologico: i componenti

Partendo dalle richieste dei nostri agricoltori, siamo giunti alla realizzazione di un primo asset tecnologico, di cui, in questo paragrafo, si descriverà la composizione, illustrando anche le motivazioni che ci hanno condotto nella scelta di ogni singolo strumento.

1. Arduino UNO

Risolte le problematiche relative ai sensori, la nostra attenzione si è spostata alla selezione del dispositivo al quale collegarli nella maniera più rapida e pratica. Per queste ragioni ci siamo munite di una scheda Arduino UNO⁴, una scheda elettronica di piccole dimensioni dotata di microcontrollore e circuiteria di contorno. Il punto di forza di questo dispositivo risiede nel fatto che è **liberamente programmabile** e quindi può adattarsi alle esigenze più svariate: i progettisti, infatti, hanno creato un ambiente di sviluppo integrato (IDE) attraverso il quale si può programmare e caricare, nella memoria interna di Arduino, il software (*sketch*) che ne definisce il funzionamento.

Arduino UNO è composto da quattordici Pin digitali programmabili come ingres-

122. Cifr.<https://www.arduino.cc/> | consultato al 31 maggio 2018.

si o uscite, e sei ingressi per l'acquisizione ed elaborazione di segnali analogici. Inoltre, in questa fase di progettazione il microprocessore è dotato di un'uscita USB utile a programmare il sistema di acquisizione. Nei Pin di Arduino sono stati collegati i seguenti sensori, scelti in base alla corrispettiva funzione:

sensore umidità del suolo; 

sensore umidità e temperatura ambientale DTH-11; 

fotoresistore; 

sensore pioggia FC-37. 

Di seguito illustriamo le caratteristiche tecniche di ciascun sensore.

2. Sensore umidità suolo

Per misurare il contenuto volumetrico di umidità nel suolo abbiamo utilizzato un sensore di tipo analogico composto da due sonde e da una resistenza posta tra gli elettrodi. La quantità di umidità viene calcolata inserendo la sonda nel terreno, poiché in questo modo fa circolare la corrente attraverso il suolo. Per calcolare la quantità viene utilizzata una resistenza. In tal modo sarà possibile ottenere il livello di umidità del terreno. In sostanza più acqua è presente nel terreno più il sensore conduce elettricità e meno resistenza viene prodotta; mentre, in caso contrario, ad un terreno asciutto corrisponde una conduzione ridotta di elettricità e di conseguenza si ha una maggior resistenza⁵. Il sensore è caratterizzato da dimensioni ridotte (60x20 mm) e elevata sensibilità ed è capace di monitorare le variazioni di umidità, in maniera accurata e continua nel tempo.

123. Cfr. <http://fablabinario.org/misura-dellumidita-del-terreno-la-ricerca> | consultato al 31 maggio 2018.

3. Sensore DHT-11

Per rispondere alla necessità di acquisire due dati, ovvero temperatura e umidità ambientale, abbiamo utilizzato un sensore digitale di tipo elettrico, composto da un sensore di umidità capacitivo, e un termistore. Per ricavare la misurazione dell'umidità utilizza un metodo resistivo, mentre per ottenere la temperatura utilizza una NTC (termoresistenze con coefficiente di temperatura negativo). La scheda si interfaccia con l'esterno tramite un connettore a 3 Pin, di cui il terzo trasmette il segnale in output. Le sue piccolissime dimensioni (26,7x17,8 mm) ed il suo peso ridotto (solo 2.7 g) ne fanno la periferica ideale per sistemi di monitoraggio ambientale. Per quanto concerne i range di misurazione, questi sono pari a 0-50 C° per la temperatura e 20-90% per l'umidità

4. Fotoresistore

La terza esigenza tenuta in considerazione è stata la misurazione della quantità di luce ambientale. Per far ciò abbiamo inserito nell'asset un sensore analogico LDR (Light Dependent Resistor) che, come suggerisce lo stesso nome, tramite una fotoresistenza varia la propria conduttività al variare dell'intensità luminosa. In presenza di luce, il suo range di misurazione è compreso tra gli 8.000 e i 20.000 Ohm. Anche in questo caso si tratta di un sensore dalle dimensioni ridotte (0,4x0,4 mm).

5. Sensore FC-37

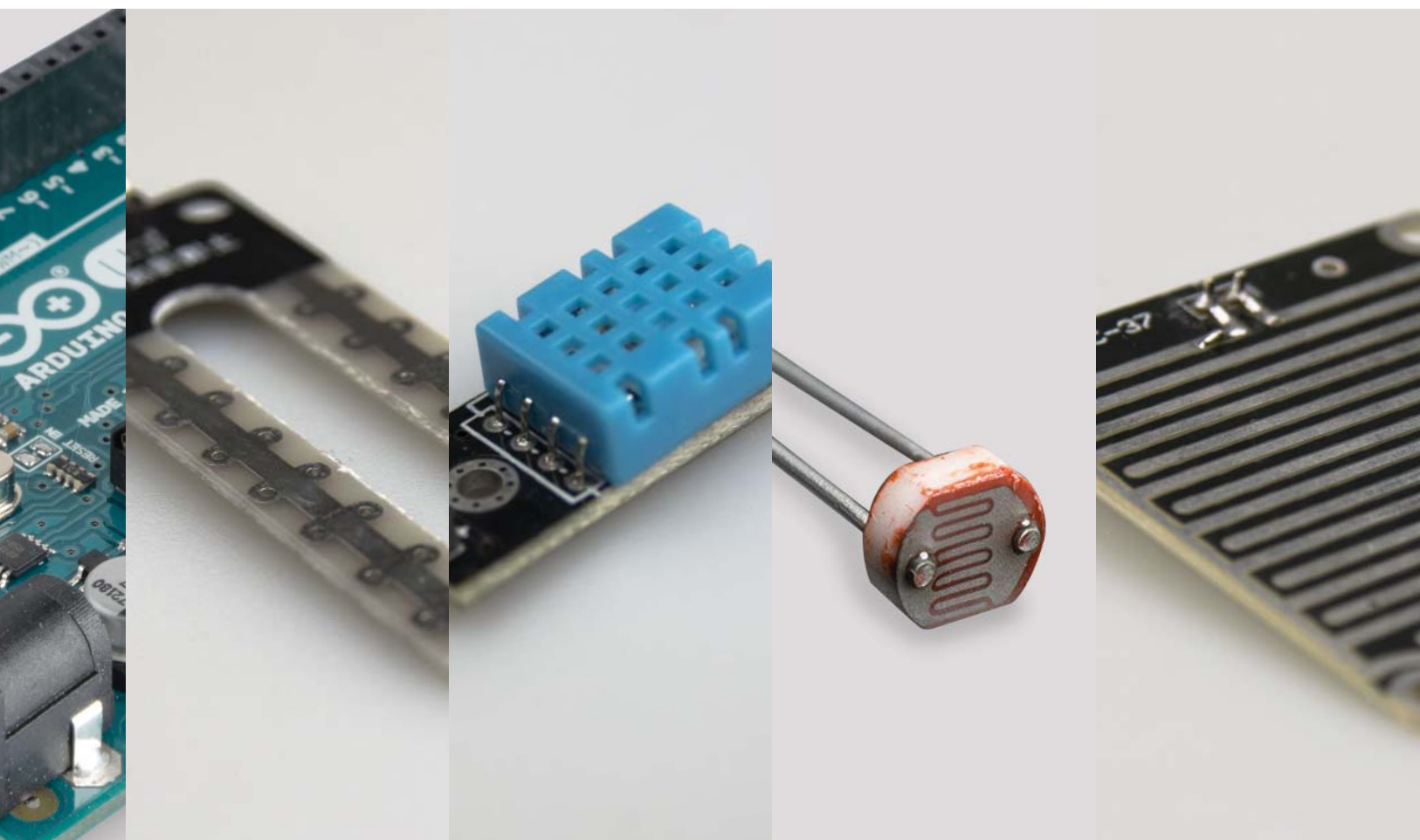
Per rispondere alla necessità di rilevare la presenza di pioggia in campo, abbiamo scelto, per le sue caratteristiche, il sensore di pioggia FC-37.

Sappiamo bene che l'acqua è un ottimo conduttore di elettricità e il sensore, infatti, sfrutta



Da sinistra verso destra: Arduino,
 sensore umidità suolo, sensore
 DHT-411, fotoreistore, sensore
 FC-37.

esattamente questa proprietà: i circuiti stampati su di esso si completano in presenza del liquido e, in questa maniera, generano corrente. In pratica, più il sensore sarà bagnato e più corrente scorrerà nel circuito: in tal modo è possibile essere a conoscenza della presenza o meno della pioggia, e in quale quantità.



124. Cifr. https://www.openhacks.com/uploadsproductos/rain_sensor_module.pdf | consultato al 31 maggio 2018.

Si tratta di un sensore di tipo analogico formato da una resistenza posta tra gli elettrodi, da una scheda elettronica e da un potenziometro per la regolazione della sensibilità dell'uscita digitale. Anche in questo caso il formato è di piccole dimensioni (50x40 mm)⁶. Per quanto concerne la trasmissione dei dati rilevati, tutti i sensori analogici, sono forniti di un collegamento con convertitore A/D. Tutti i sensori appena descritti sono collegati tra loro e Arduino con dei cavi maschio/femmina.

Focus: What makes a good product?

Abbiamo inizialmente selezionato una serie di sensori utile a soddisfare tutti i bisogni riscontrati, con la quale si è realizzato un asset. Quest'ultimo è stato assemblato tenendo ben presente la specificità dei singoli sensori e il loro numero, che doveva essere sufficiente per risultare utile ai soggetti. È stata nostra premura evitare l'errore di implementare funzionalità superflue, scelta dettata soprattutto dalla "semplicità" di costruzione, assemblaggio e programmazione. A conferma di quanto detto si propone un esempio, riportato nell'opera *Designing connected products*⁷, che illustra chiaramente il concetto "What makes a good product". Nel momento in cui si decide di progettare un dispositivo da polso per attività esterne come l'escursionismo, lo strumento dovrà aiutare gli utenti a trovare la strada, rimanendo al sicuro. Dovrà contenere, quindi, un altimetro, un barometro, una bussola e forse un GPS. Ma di fatto si potrebbero aggiungere caratteristiche come, ad esempio, un calendario o dei giochi, funzioni che qualcuno potrebbe utilizzare, ma che potrebbero oscurare lo scopo principale. Una funzionalità in più potrebbe, nel peggiore dei casi, persino rendere più difficile agli utenti l'accesso alle funzionalità di cui davvero necessitano.

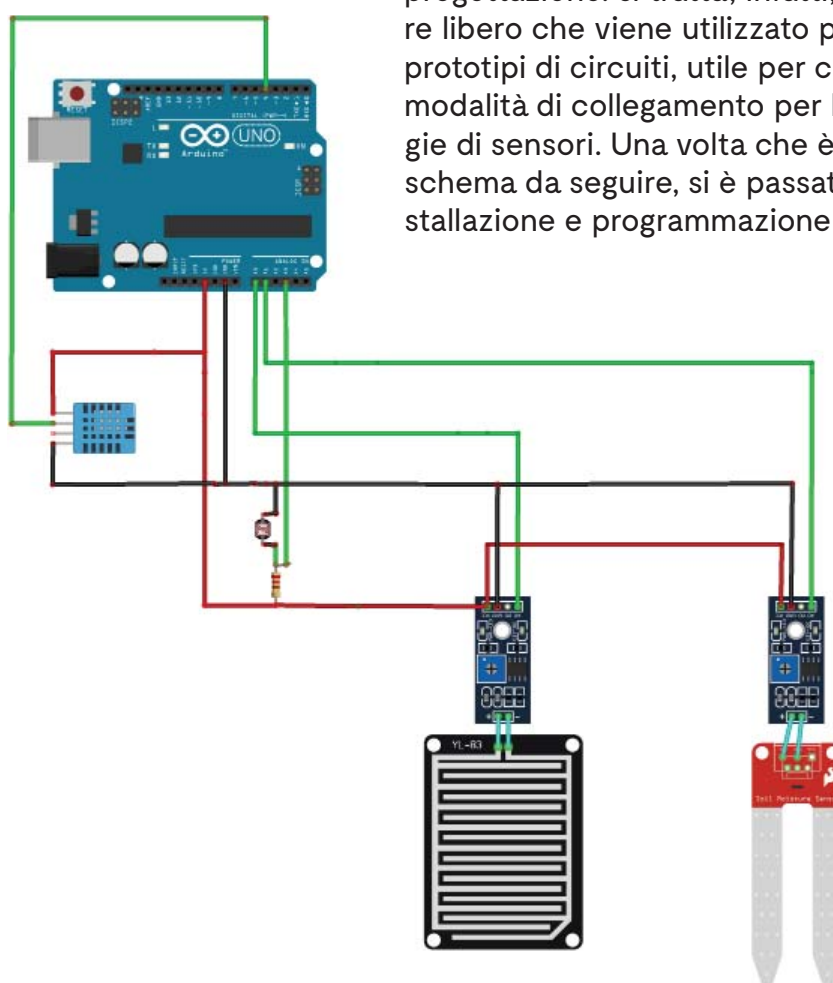
125. C. Rowland, E. Goodman, M. Charlier, A. Lui, A. Light, *Designing connected products. A Curated Collection of Chapters from the O'Reilly Design Library*, 2015, O'Reilly Design Library.

Assemblaggio e programmazione

1. Test sensori in studio: assemblaggio

Definiti gli utenti ed i componenti del sistema tecnologico, nei paragrafi successivi verrà illustrata la fase di assemblaggio delle parti e di programmazione, realizzata sulla base delle necessità del fruitore. Prima di connettere i sensori al microprocessore, è stato fondamentale progettare i diversi collegamenti dei sensori ai Pin della scheda Arduino. Tale processo è stato realizzato dapprima eseguendo uno schema a mano, poi attraverso un software denominato *Fritzing*[®]. La scelta di utilizzare questo software è dovuta, sicuramente, alla sua licenza e alla sua peculiare progettazione: si tratta, infatti, di un software libero che viene utilizzato per l'ideazione di prototipi di circuiti, utile per comprendere le modalità di collegamento per le diverse tipologie di sensori. Una volta che è stato definito lo schema da seguire, si è passati alla fase di installazione e programmazione del dispositivo.

126. Cfr. <http://fritzing.org/home/> | consultato al 31 maggio 2018.



Disegno del circuito del primo prototipo realizzato con Fritzing.

2. Test sensori in studio: programmazione

La fase di installazione e programmazione di ogni sensore ha seguito una procedura ben definita, seguita passo passo da un ingegnere elettronico:

- ↳ creare un collegamento tra il sensore e la *board* di Arduino;
- ↳ programmare lo script nell'IDE⁹;
- ↳ trasferire lo script su Arduino tramite cavo USB;
- ↳ testare il funzionamento del sensore;
- ↳ programmare ogni singolo sensore in base al range di valori utile a dare il segnale in caso di allarme.

127. L'IDE è l'ambiente di sviluppo integrato di Arduino che permette di scrivere, compilare e trasferire i programmi sulla scheda.

2.1 Programmazione del sensore di umidità del suolo

Come descritto nelle schede tecniche, per il sensore di umidità del suolo abbiamo trasformato il range di valori misurabili (da 0 a 1023) in un valore espresso in percentuale.

Questa scelta è stata presa per una questione di intuitività di lettura del dato stesso.

L'acquisizione dei dati segue due letture: più il valore acquisito sarà vicino allo zero maggiore sarà l'umidità riscontrata. Per verificare la lettura in studio abbiamo collocato il sensore dapprima in un bicchiere contenente della terra bagnata, successivamente nella terra asciutta. Nel primo caso la percentuale di umidità riscontrata è del 71% (293), mentre nel secondo caso appena del 10% (1022), ottenendo così un buon risultato.

2.2 Programmazione del sensore DHT-11

Una volta trasformati i valori di umidità in modo tale da esprimerli in percentuale, siamo passate alla fase di verifica del funzionamento. Abbiamo simulato un innalzamento della temperatura avvicinando il sensore ad una fonte di calore, nello specifico un phon per capelli, e il test è andato a buon fine: i valori registrati hanno segnalato una notevole variazione. Per testare la registrazione del valore di umidità abbiamo, invece, avvicinato al suolo asciutto il sensore e, in un momento successivo, dopo aver bagnato la stessa porzione di terra, il sensore ha effettivamente rilevato un aumento percentuale del valore di umidità.

2.3 Configurazione del fotoresistore

Successivamente si è passate ad eseguita la fase di configurazione del fotoresistore, a seguito della quale è stato verificato il funzionamento del sensore, osservando i dati rilevati in due momenti distinti caratterizzati rispettivamente da luce ambientale diretta e luce assente. In quest'ultimo caso il test è avvenuto oscurando il sensore con una mano: i valori hanno registrato una diminuzione dell'intensità luminosa rispetto al momento in cui era colpito da luce diretta.

2.4 Programmazione del sensore di pioggia FC-37

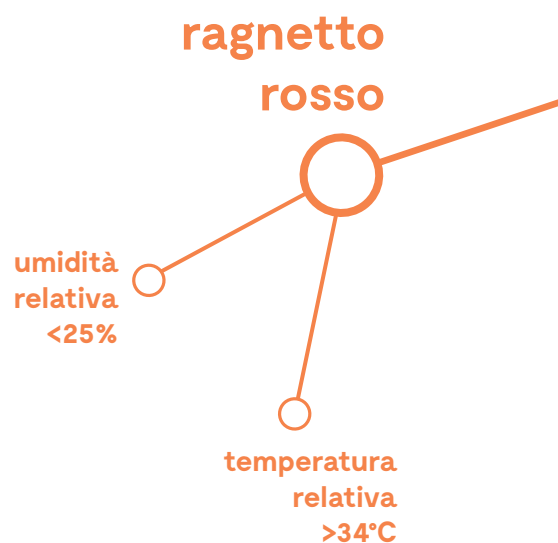
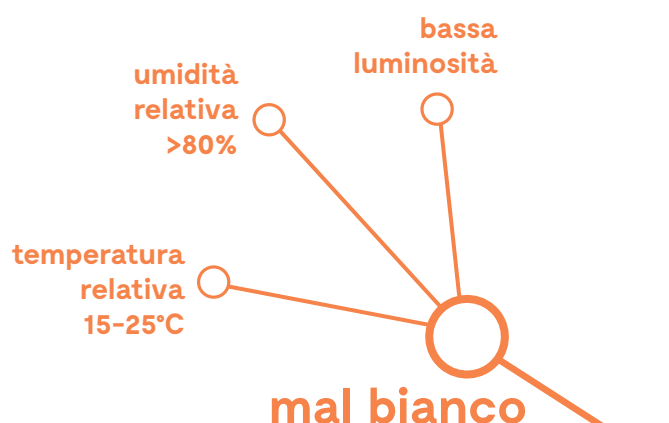
Per quanto riguarda il sensore di rilevazione pioggia, la prassi seguita è stata la stessa. Anche questo sensore registra valori da 0 a 1023, e più i valori sono vicini allo zero e maggiore è la presenza di acqua. Anche questi valori sono stati restituiti in per-

centuale e abbiamo testato il suo funzionamento immergendo il sensore in un bicchiere contenente acqua. Il dato rilevato ha restituito il 100% e quindi il valore massimo di pioggia. Questa fase si è svolta in maniera scorrevole: non sono stati riscontrati problemi in fase di progettazione, salvo delle sporadiche occasioni in cui il PC non ha rilevato la presenza del device inserito nella porta USB di Arduino.

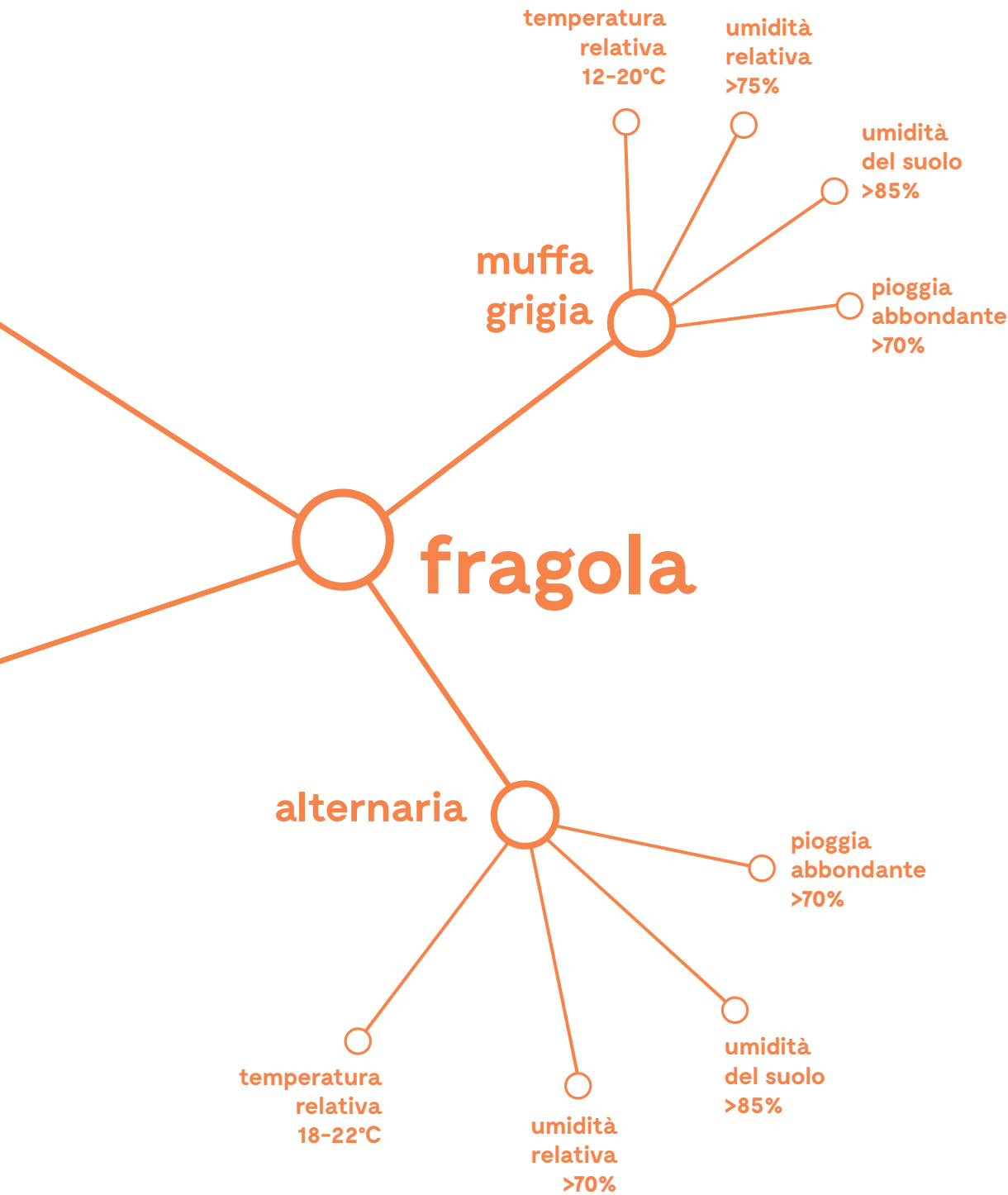
Analisi e incrocio dei dati raccolti

Verificato il funzionamento, sono stati programmati i sensori inserendo i **valori “limite”** (di temperatura e umidità ambientale, umidità suolo, pioggia e luminosità), ovvero i range oltre i quali si potrebbero **sviluppare le condizioni** ideali per l'insorgenza di uno specifico patogeno. Per raggiungere lo scopo prefissato, cioè **avvisare l'agricoltore** nel caso in cui le condizioni ideali per lo sviluppo delle malattie **persistono per sei ore**, è stato necessario **incrociare i dati** visti in precedenza affinché l'informazione ricevuta fosse completa ed esaustiva. La necessità è stata quella di ricercare e verificare quali fossero i range critici per ogni singolo patogeno, che presentano diverse caratteristiche e ambienti di proliferazione. Nella condizione in cui si registra lo stato di allarme, l'agricoltore riceve una notifica sul proprio smartphone che evidenzia lo stato di pericolo, suggerendo così un **intervento mirato e preventivo**.

Nello schema seguente sono rappresentate sinteticamente: le **relazioni** che intercorrono tra i **patogeni** che possono colpire la fragola (muffa grigia, alternaria, mal bianco e ragnetto rosso), le **condizioni ambientali e climatiche** (umidità, temperatura, pioggia, luminosità) che ne determinano la comparsa, e l'asset tecnologico utile a monitorare tali parametri. **Questa analisi vuole evidenziare l'importanza e la premura che abbiamo riserva-**



to nel preservare l'approccio umano che va ad accompagnarsi al processo tecnologico. Infatti, come detto, il sistema al quale giungeremo servirà da sostegno alle operazioni decisionali dell'utente.



Nell'illustrazione sono rappresentate le quattro avversità che colpiscono la fragola, in relazione alle condizioni ambientali e climatiche che ne favoriscono la loro comparsa.

1. Testing in *Vita di campo*

Giunte al termine della fase di costruzione e programmazione del dispositivo in studio, la prima fase di testing completa è avvenuta presso l'azienda Vita di campo, il nostro caso studio. Tale osservazione è stata necessaria per constatare la **reale** sensibilità dei sensori e il 12 maggio 2018, alle ore 15:39, ci siamo recate personalmente sui campi di Enea ed Alice per praticare le analisi.

Foto di Valentina Diaferio
Azzellino/ presso azienda agricola
Vita di campo.



Affinché il test potesse darci dei risultati validi abbiamo monitorato diverse porzioni di terreno che presentavano, in quel momento, delle proprietà divergenti come, ad esempio, maggiore umidità o maggiore secchezza. I sensori sono stati posti centralmente nel campo di fragole, coltivate in **tun-**



nel, e la media dei dati rilevati, nell'arco di tempo pari ad un minuto, è stata: umidità suolo (25.81%), umidità (49,75%), temperatura ambientale (30.5°C), luminosità (1007), temperatura suolo (37°C) e pioggia assente. Al contempo i dati rilevati dalla stazione meteo di Torino Caselle sono stati: temperatura media (19°C), umidità media (72%), pioggia (n/d). Si nota una differenza di dati dalle due sorgenti, infatti i dati restituiti dal nostro dispositivo provengono da una condizione puntuale, a differenza di quelli della stazione meteorologica che restituiscono dati medi riferiti all'intero comune in questione. Registrati questi dati, il dispositivo ha evidenziato, dunque, uno **stato di allarme** per lo sviluppo di un patogeno, poiché i valori di temperatura e umidità ambientale sono compresi del range di possibile sviluppo. In questa fase i sensori sono stati impostati per rilevare i dati ogni 5 secondi cosicché da inquadrare un cambiamento indicativo nell'arco, in questo caso, di un minuto. Una scelta non casuale, dato che si è cercato di capire quale potesse essere il margine di sensibilità delle informazioni che tali sensori riuscivano a captare. In un minuto sono stati rilevati alcuni cambiamenti riguardanti la temperatura ambientale: il sensore ha registrato un aumento di un grado dalla situazione iniziale. La coltivazione delle fragole, come detto in precedenza, avviene sia in tunnel che in campo aperto. È un dato, questo, da non sottovalutare, e abbiamo potuto constatare, una volta posizionato lo strumento di monitoraggio anche in **campo aperto**, differenze sostanziali tra i due terreni. Queste riguardavano soprattutto l'umidità del suolo, la luminosità e l'umidità ambientale, per la presenza di una copertura che isola il terreno dalle condizioni climatiche esterne. Per validare il dispositivo, ci siamo recate anche nei campi limitrofi, distanti circa 1km dalla cascina, alla ricerca di condizioni del suolo differenti. Difatti, dall'analisi sono emersi valori differenti in base alle caratteristiche fisiche del suolo monitorato. Questa prima fase è stata fondamentale per comprendere pienamente come incrociare

le diverse informazioni utili a salvaguardare le coltivazioni e per renderci conto del bisogno principale di Enea e Alice: un metodo per **affrontare al meglio le problematiche che le coltivazioni biologiche comportano.**

Sviluppo del prototipo: i nuovi componenti

Partendo dal primo asset tecnologico, di cui nel paragrafo 2 si leggono le specifiche, abbiamo apportato delle modifiche ai componenti, aggiungendone di nuovi a seconda delle necessità, per arrivare a sviluppare un prodotto **funzionante e solido** dal punto di vista tecnologico. La componente che ha subito maggiori variazioni è stata Arduino Uno, mentre i sensori sono rimasti pressoché gli stessi. Questo ha comportato l'implementazione di altre componenti al fine di migliorarne la struttura: una necessità individuata in fase di testing. Di seguito si illustrano i cambiamenti di cui si è detto.

1. Adafruit Feather M0 RFM95 LoRa Radio

Nel prototipo, in sostituzione di Arduino UNO, è stato inserito un diverso microprocessore denominato **LoRa**¹⁰, che ad oggi risulta essere la tecnologia più efficace per la costruzione di reti IoT.

LoRa è un microcontrollore dotato di un ricevitore a pacchetti "Long Range"¹¹, da cui prende il nome, e da un ingresso USB. Grazie alla sua struttura, LoRa è tra le migliori schede sviluppate per la realizzazione di **reti wireless** (molto più flessibili del Bluetooth e più leggere del Wi-Fi), in grado di **trasmettere a lungo raggio (long range) pacchetti dati** di piccole dimensioni, come quelli nel nostro caso, a distanze di trasmissione dell'ordine di diversi chilometri e

128. Andrea Garrapa, "LoRa contro NB-IoT: qual è la migliore LPWAN per IoT?", in *Firmware*, N° 147, Luglio 2018, pp. 33-36.

129. LoRa è una tecnologia a lungo raggio sviluppata su piattaforma wireless a bassa potenza che si sta consolidando come la scelta migliore per la costruzione di reti Internet of Things.

130. Cfr. <https://www.semtech.com/technology/loral> | consultato al 31 maggio 2018.

anche nelle zone rurali. Inoltre, la trasmissione dei dati viaggia in modalità crittografata end-to-end, un sistema di protezione informatica per salvaguardare i dati dell'utente connessi al web. Il punto di forza di questo trasmettitore/ricevitore risiede proprio nella sua filosofia, poiché è stata progettata specificamente per il **basso consumo**, ha provocato un miglioramento sostanziale in termini di prestazioni della batteria e dell'intero sistema al quale esso è collegato¹². Inoltre, LoRa, oltre ad avere ridotte spese di mantenimento, utilizza bande di frequenze senza licenza e disponibili in tutto il mondo, consentendo a chiunque di usarle liberamente **senza costi e senza licenza**.

Focus: LoRa

Il sistema LoRa Alliance, ideato da un'associazione senza scopo di lucro composta da oltre 500 aziende, abbatte il muro dell'Internet delle Cose. Recentemente, il suo impiego ha visto larga applicazione in progetti di ricerca in campo agricolo, e infatti possiamo individuare molteplici casi studio. Tra questi, ad esempio, la *Libelium Company* di Saragozza (Spagna) ha sviluppato un sistema intelligente per migliorare l'irrigazione e, di conseguenza, la produzione di kiwi. Esistono anche altri casi di applicazione: sempre in Spagna, ad esempio, è stato creato un sistema *smart garden* per il monitoraggio delle aree verdi, mentre se in Italia è stato ideato un nuovo metodo di concimazione per il mais, in Svizzera questo metodo è stato applicato per il monitoraggio delle malattie che colpiscono i vigneti¹³.

131. H.M. Jawad, R. Nordin, S.K. Gharghan, A.M. Jawad, M. Ismail, *Energy-Efficient Wireless Sensor Networks for Precision Agriculture: A Review*, in "Sensor 2017", 17, 1781.

2. Antenna RF LoRa

Per potenziare il segnale della scheda LoRa si utilizza un'antenna¹⁴, che nel nostro caso ha una frequenza di lavoro di 900 Megahertz, utile ad aumentare notevolmente le aree di trasmissione. Dato che si tratta di un'antenna da esterni, essa necessita di un connettore (Adafruit uFL SMIT).

132. Cfr. <https://www.robot-italy.com/it/adafruit-feather-m0-with-rfm95-lora-radio-900mhz.html> | consultato al 31 maggio 2018.

3. Batteria ai polimeri di ioni di litio (ASR00008)

Per sostenere il funzionamento del dispositivo è stato necessario inserire una piccola batteria ricaricabile ai polimeri di ioni di litio, dalla capacità di 1100 mAh ed un voltaggio pari a 3,7 V. La tensione, infatti, può variare da un massimo di 4,2 V, quando è completamente carica, a un minimo di 3,0 V nel momento in cui è, invece, completamente scarica. La batteria include un circuito di protezione per proteggere la batteria da una carica eccessiva e le sue dimensioni sono 42x39x5,5 mm¹⁵.

133. Cfr. https://www.mouser.it/datasheet/2/855/TinyCircuits_ASR00008-1323549.pdf | consultato al 31 maggio 2018.

4. Pannello solare 0.5w

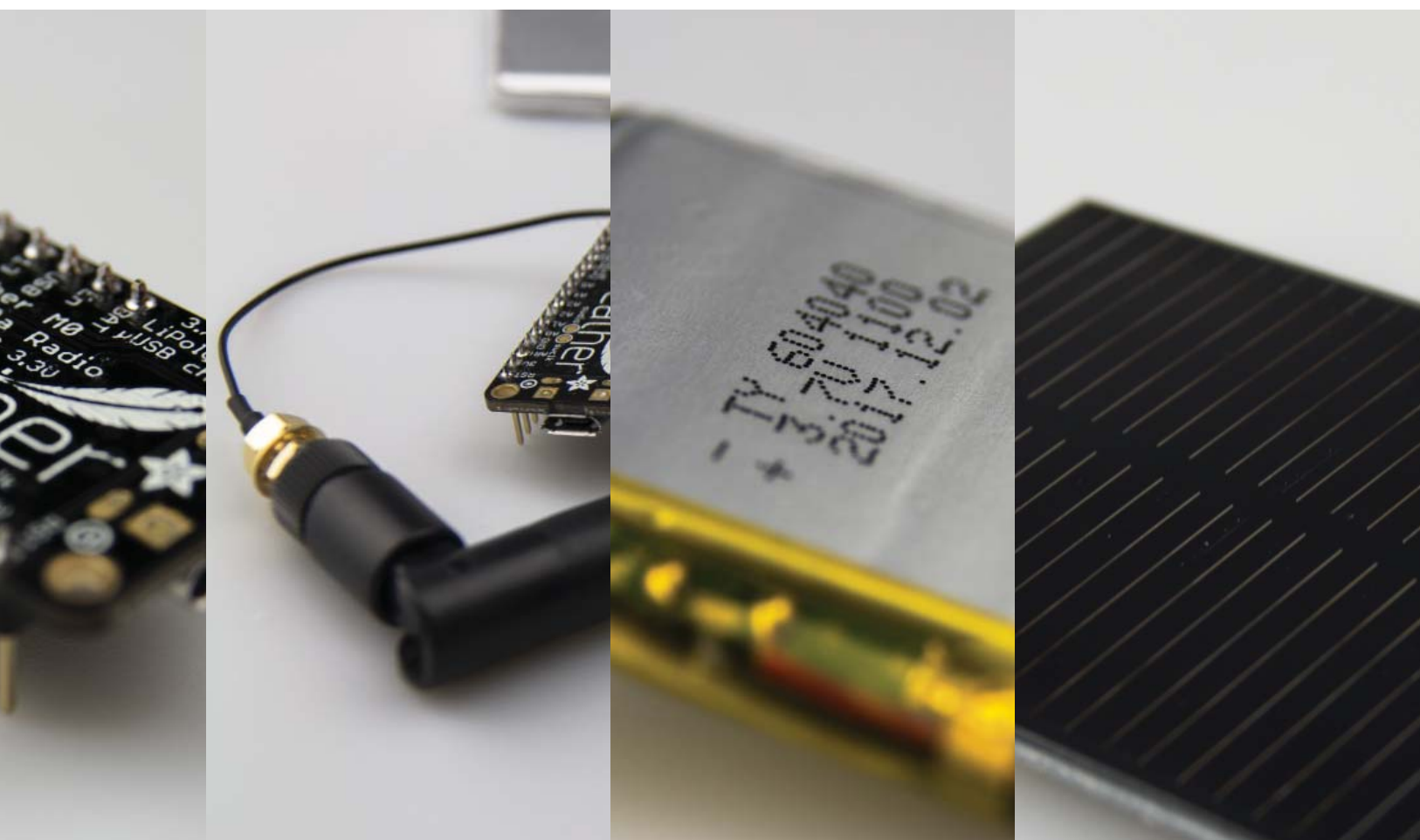
Una novità assoluta presente nel prototipo è il **pannello solare**, dalle dimensioni di 50X70 mm, che è stato abbinato alla scheda di sviluppo LoRa. Possiede un'elevata efficienza, pari al 17% circa (limite standard dei pannelli fotovoltaici maggiormente utilizzati ai giorni nostri), e risulta adatto per un'applicazione da esterni grazie ad un rivestimento epossidico trasparente e ad una sigillatura robusta. La scelta del pannello solare deriva da un ragionamento effettuato sui consumi dei singoli componenti del dispositivo. Ad esempio, ipotizzando un funzionamento molto dispendioso per il quale il 50% della carica si consuma per l'ascolto, mentre per il 50% del tempo è in standby, con una trasmissione



134. mA: milliampere, misura che esprime l'intensità di corrente.

Da sinistra verso destra: LoRa
Radio, antenna RF, batteria,
pannello solare.

dei dati calcolata sull'ora i consumi si aggirano intorno ai 7,6 mA/h¹⁶. Dato che la batteria scelta custodisce un'energia di 1100 mA/ora, la durata sarà pari a 145 ore (sei giorni) senza necessità di ricarica (1100/7,6 mA/h). Visto che l'energia fornita dal pannello utilizzato è di 100 mA, il tempo per la piena ricarica sarà pari a 11 ore (1100/100 mA/h) ma, grazie ai consumi ridotti, la ricarica giornaliera occorrente è di molto inferiore. Il consumo, infatti, è di 7,6 mA/h, a fronte di una ricarica di 100 mA/h in piena luce.



La scocca

In fase conclusiva si è realizzata una scatola nella quale è stata posizionata la strumentazione, seguendo il principio a noi più caro di Louis Sullivan: *“la forma segue la funzione”*¹⁷.

Per poterlo soddisfare abbiamo rispettato due aspetti fondamentali: gli ingombri di ciascun sensore e le posizioni più consone al loro funzionamento. È fondamentale sottolineare che è stato necessario procedere con la realizzazione di una scocca solamente per una questione pratica, in quanto durante la fase di test del prototipo avremmo potuto riscontrare alcune difficoltà a maneggiare lo strumento rischiando di compromettere il sistema. Infatti, anche soltanto l'accidentale scollegamento di un connettore significherebbe l'assenza di segnale o l'acquisizione di un dato errato. La più grande difficoltà è stata riscontrata con il **sensore di umidità e temperatura** relativa per due ragioni: in primo luogo perché, per poter rilevare i dati, doveva essere a contatto con l'aria; in secondo luogo perché non poteva essere esposto direttamente con l'esterno poiché, in caso di pioggia, i circuiti sarebbero incorsi in un danneggiamento. Il problema è stato eluso realizzando, in corrispondenza del sensore, dei micro fori sulla superficie laterale della scocca per far in modo che il sensore captasse comunque i valori di temperatura e umidità provenienti dall'esterno, ma risultasse comunque protetto. Il **sensore di luminosità**, invece, per sua stessa natura, doveva essere posizionato all'esterno, a esposizione diretta con la luce esterna. È stato, dunque, posto sulla parte superiore del dispositivo e, per proteggerlo dalle intemperie, è stato coperto con una cupoletta trasparente. Altresì, il **sensore di pioggia** non aveva particolari necessità, se non quella di essere collocato in cima al dispositivo in posizione inclinata per evitare il depositarsi di acqua piovana. Il **sensore di umidità del terreno**, è stato collocato nella parte inferiore del prototipo affinché potesse essere collocato sotto la superficie del campo, ad una profondità di circa 6 cm, come viene anche segnalato sulla superficie esterna del box. Per evitare

135. Louis Sullivan è stato un architetto statunitense. È considerato il padre del Movimento Moderno negli Stati Uniti d'America. La sua architettura regolata da necessità oggettive, in cui le forme seguono il proprio scopo. È il famoso detto *la forma segue la funzione* che sarà una dei basamenti teorici del Funzionalismo e di riflesso del Movimento Moderno.

136. Per il posizionamento del pannello solare abbiamo calcolato la sua inclinazione ottimale in questo modo: inclinazione ottimale = $3,7 + (0,69 \times \text{Latitudine})$. Quest'ultima è quella del luogo in questione (Villastellone). Dal risultato della operazione risulta che l'inclinazione del pannello dovrà essere pari a 35°.

che la terra entrasse in contatto con gli altri componenti, il sensore dell'umidità è stato isolato dal resto della strumentazione. In conclusione, il **pannello fotovoltaico** è stato collocato in modo tale da ricevere la maggior quantità di luce possibile, posizionandolo con un'inclinazione pari a 35°, secondo la latitudine media della Provincia di Torino¹⁸.

In conclusione, tutti i sensori sono stati inseriti all'interno della scocca, negli appositi spazi, fatta eccezione per il DHT-11 che ha la sua locazione specifica, date le caratteristiche funzionali di cui sopra. Per il sensore DHT-11, invece, è stato realizzato un apposito supporto affinché fosse il più vicino possibile ai fori presenti sulla scocca. Il prototipo, realizzato tramite stampa 3D ad estrusione, si compone di due parti separate, una anteriore ed una posteriore, assemblate tramite un incastro di tipo maschio-femmina. L'esigenza di avere due parti slegate, che possono essere eventualmente divise, deriva dalla necessità di poter sostituire facilmente le componenti in caso di guasto. Per comprendere al meglio il funzionamento del sistema tecnologico, composto dai succitati elementi, nel paragrafo successivo sarà rappresentato e descritto il funzionamento nel suo complesso.

1. Costi realizzazione prototipo

Giunte alla conclusione del nostro percorso, abbiamo riportato i costi sostenuti per le componenti elettroniche, basandoci sul prototipo da noi realizzato. Per la realizzazione di un dispositivo **Pim**, composto dai seguenti elementi, la spesa per la componentistica elettronica ammonta a un totale di **€54,32**. Di seguito le specifiche per ogni prodotto inserito.

- ↳ LoRa Antenna €7,57;
- ↳ Adafruit Accessories uFL SMIT antenna Connector €0,62;
- ↳ Adafruit Feather M0 RFM95 LoRa Radio €28,66;
- ↳ batteria ricaricabile ai polimeri di ioni di litio €6,37;
- ↳ pannello solare €2,53;
- ↳ sensore umidità del suolo €1,30,
- ↳ sensore DTH-11 €1,22;
- ↳ fotoresistenza €0,60;
- ↳ sensore FC-37 €1,50;
- ↳ cavi (40 pezzi) €3,95.

Invece, per quanto riguarda la costruzione del **Pim Gateway**, composto esclusivamente dal kit di LoRa, composta dalla scheda e dall'antenna, la spesa totale affrontata ammonta a **€36,85**.

In ultima istanza, per la realizzazione della scocca stampata in 3D per estrusione, è stato utilizzato come materiale un filamento di ABS.

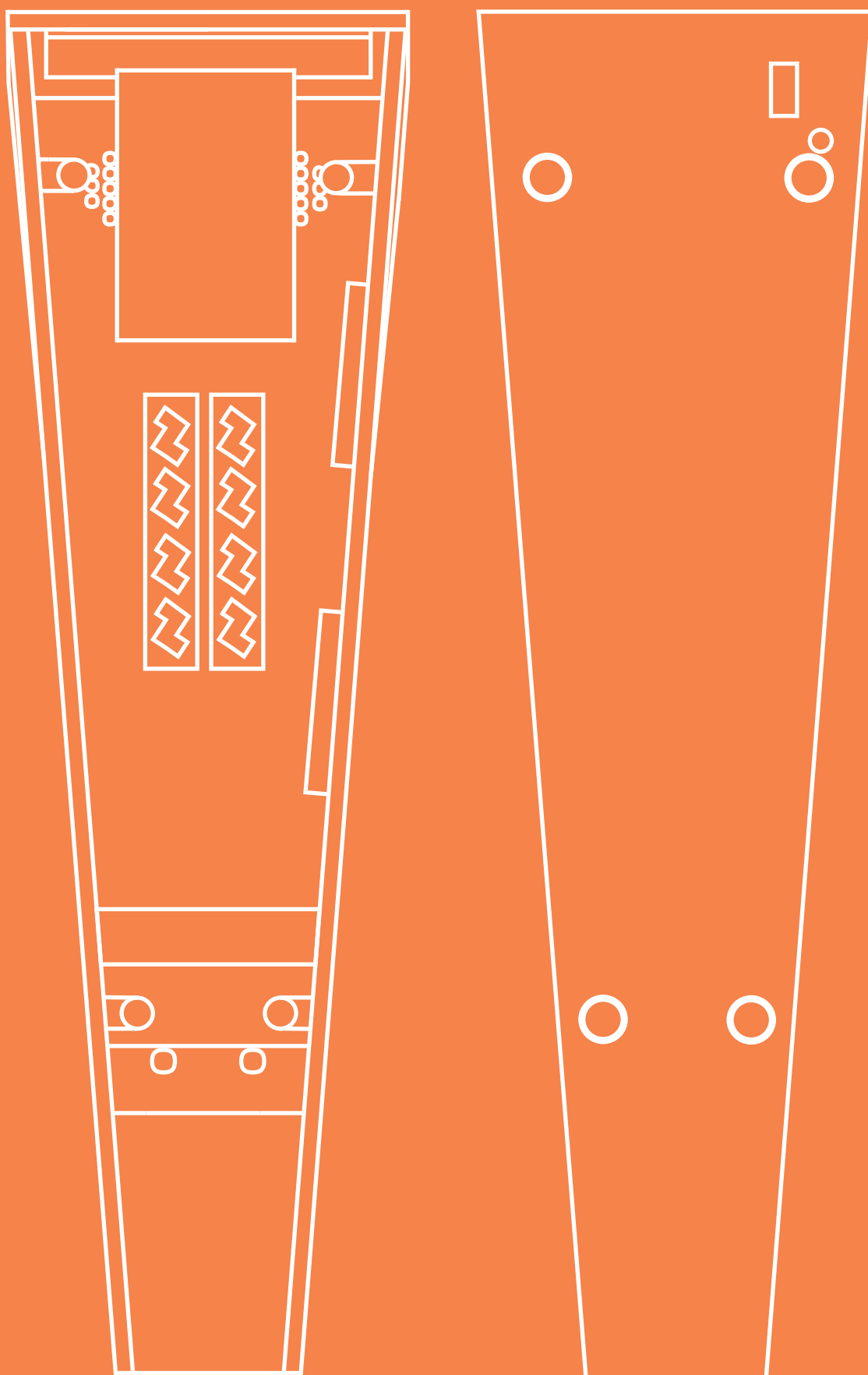
Le due scocche sono state stampate separatamente a causa delle dimensioni dell'intero prototipo, per fare in modo che entrasse all'interno del "building plate".

Per la prima parte di scocca, sono stati utilizzati 39 metri di filamento del diametro di 1,75 mm di colore nero, portato ad una temperatura di 250°C. Il tempo effettivo di stampa è stato di sette ore.

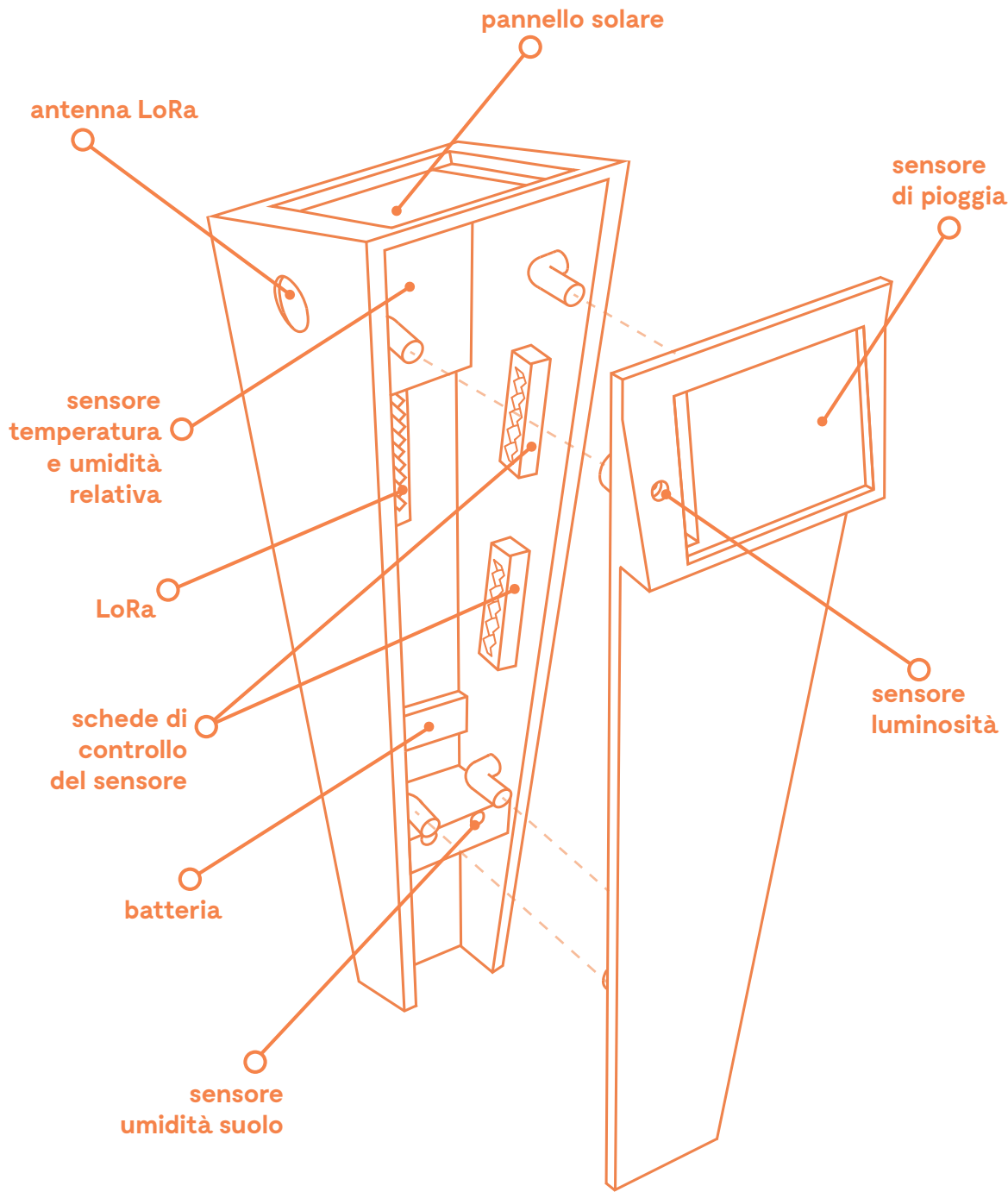
Per la seconda parte della scocca la tipologia di filamento utilizzato è stato il Laywood, un materiale di estrusione realizzato in legno riciclato al 40% combinato con leganti polimerici per consentirgli di fondere e stampare come qualsiasi altro materiale. Sono stati utilizzati 32 metri di filamento per questa parte ed il tempo impiegato è stato di 5 ore, sottoposto ad una temperatura di 220°C.

Ipotizzando un costo sulla base del filamento utilizzato (in tutto 71 metri), siamo giunte ad un totale di **€5,37**. Come già detto, la realizzazione della scocca in questione è solamente funzionale alla praticità di utilizzo in fase di testing del prototipo. Quindi la forma, gli ingombri e gli spessori della stessa, che hanno determinato la quantità di filo utilizzato, sono puramente indicativi. Dunque il costo ipotetico dell'intero prototipo, composto da un Pim ed un Gateway è stato di **€96,54**.

È stata anche avanzata una ipotesi di costi su un **kit composto da un Gateway e tre Pim**, che ipoteticamente potrebbero essere necessari per monitorare una coltura su un filare/campo di piccole dimensioni (ad esempio su una coltura che occupa all'incirca venti metri di terreno, considerando che viene consigliato un monitoraggio multiplo con una distanza di circa sei metri tra ogni dispositivo Pim). Dalle considerazioni precedenti sui costi di ogni componente, sappiamo che il costo unitario per Pim è di **€59,69**; mentre il costo unitario per Gateway è di **€36,85**. Indi per cui, il costo dell'ipotetico kit ammonterà a €215,92.



Nell'illustrazione sono raffigurate le due parti del prototipo in scala 1:1.



Nell'illustrazione è rappresentato il disegno 3D della scocca con le relative indicazioni riguardo la collocazione delle componenti racchiuse al suo interno.

Acquisizione, trasmissione e interpretazione: come funziona?

smartphone



Una volta stabilite le componenti tecnologiche e la funzione del dispositivo, non rimane che chiarire come avviene la **comunicazione campo-dispositivo-interfaccia**.

La programmazione del linguaggio è stata sviluppata sul prototipo appena descritto che, come verrà illustrato nel paragrafo *Risvolti futuri*, subirà delle modifiche per poter essere adattato al prodotto finale.

Anche se il campo non è lontano dall'abitazione, esso potrebbe non essere coperto dalla rete Wi-Fi. Per questo motivo abbiamo individuato nell'installazione di LoRa la soluzione più consona al problema di trasmissione.

Come si evince dallo schema, nella fase di prototipazione il Gateway trasferisce i pacchetti dati ad un device, impiegando, in questo caso, la trasmissione via cavo USB.

La comunicazione delle reti dei sensori wireless (WSN) installati nel dispositivo, avviene, dunque, tramite l'architettura di rete **LoRaWAN**¹³⁷, che gestisce la comunicazione tra LoRa end device (presente in Pim), un *Gateway* e un server di rete.

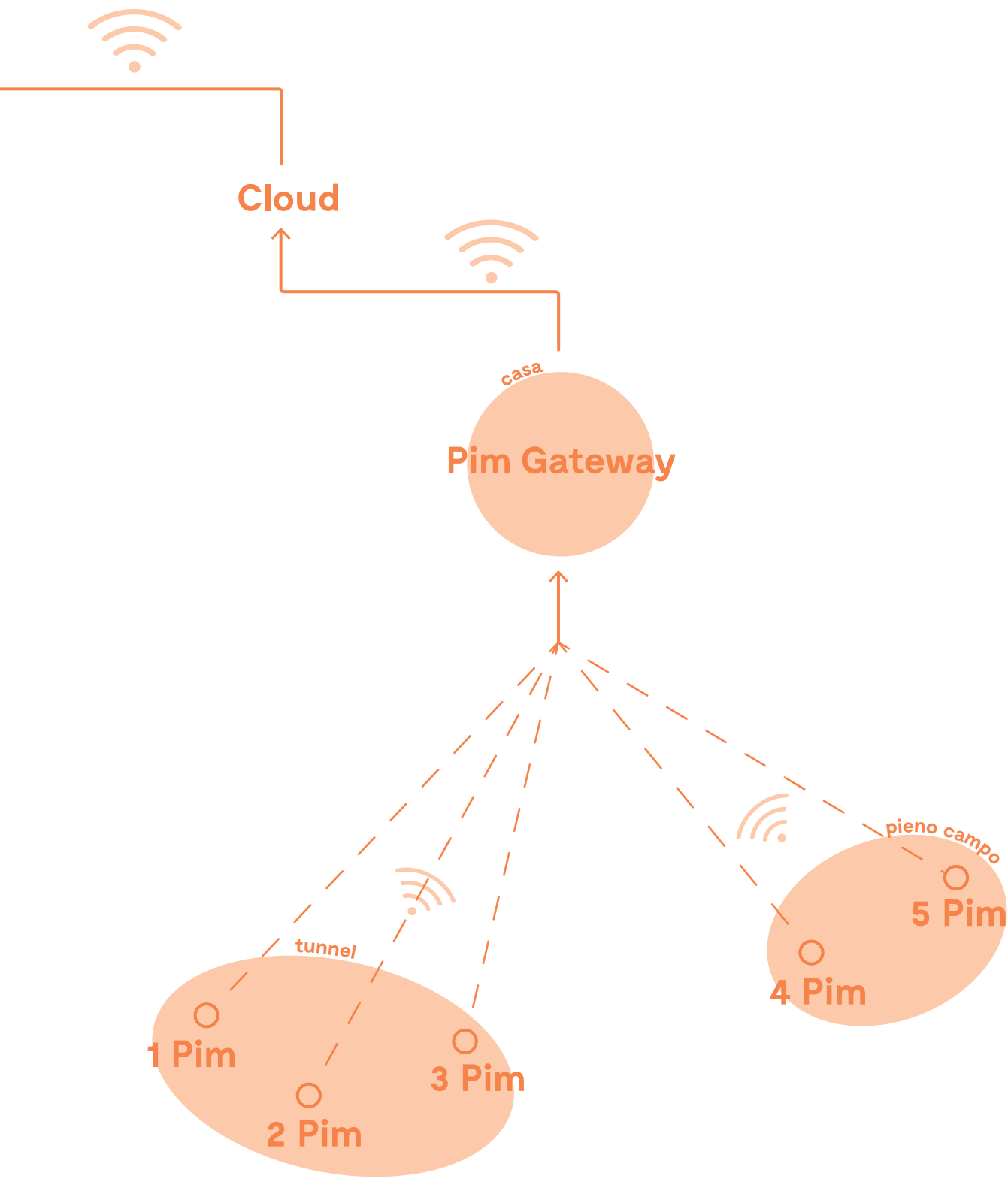
Una volta strutturata la comunicazione dati abbiamo definito il **tempo di acquisizione** degli stessi impostando un intervallo di tempo pari ad **un minuto**.

Si precisa che l'acquisizione dei dati da parte dei sensori è di **tipo puntuale**, ovvero il raggio entro cui vengono catturate le informazioni, in particolar modo del sensore di umidità suolo, è limitato all'area che circonda il dispositivo. Indi per cui, per raggiungere una maggiore efficienza e una visione più ampia delle informazioni relative al suolo e alle colture, sarebbe opportuno inserire più di un Pim.

Nello specifico, per via della conformazione dei campi di Enea e Alice, abbiamo ipotizzato l'installazione di cinque Pim, **di cui due in pieno campo e tre in tunnel**. Come si evince dallo schema, i Pim sono stati disposti ad una distanza di circa 6 metri. La posizione ipotizzata è relati-

137. Cfr. <https://loro-alliance.org/about-lora-alliance> | consultato al 31 maggio 2018.

va alle differenti condizioni pedologiche e ambientali, a causa delle quali si possono verificare delle situazioni critiche a danno delle colture.



Nell'illustrazione suddetta è rappresentato il funzionamento della trasmissione del flusso delle informazioni raccolte dai cinque Pim presenti sia in tunnel che in campo aperto.

Interaction design

“Dietro una semplice interfaccia c’è sempre un sistema complesso”²⁰.

Fino a questo punto ci siamo limitate a definire le peculiarità di Pim, il focus successivo, invece, si concentrerà nel descrivere le modalità di **interazione** tra l’utente e il flusso di dati acquisiti. Le esigenze alle quali andiamo a rispondere, sono risultate dall’analisi dell’utente e riguardano la necessità di **monitorare lo stato di salute dei vegetali** (nel nostro caso delle piante di fragola) attraverso il controllo di **valori di umidità, temperatura, pioggia e luminosità**, al fine di **venire informati** nel caso in cui la coltura rientri in una situazione a rischio.

Il vantaggio di lavorare con un caso studio concreto ha permesso di stabilire, sin dalla fase iniziale, le interazioni indispensabili alla creazione di un’**esperienza utente gratificante e funzionale**. Dunque, nei paragrafi che seguono, si illustrerà la ricerca dettagliata dei nostri utenti, Enea ed Alice.

138. J.Steane, J. Yee, Interaction Design, from concept to completion, 2018, Bloomsbury.

touchpoint

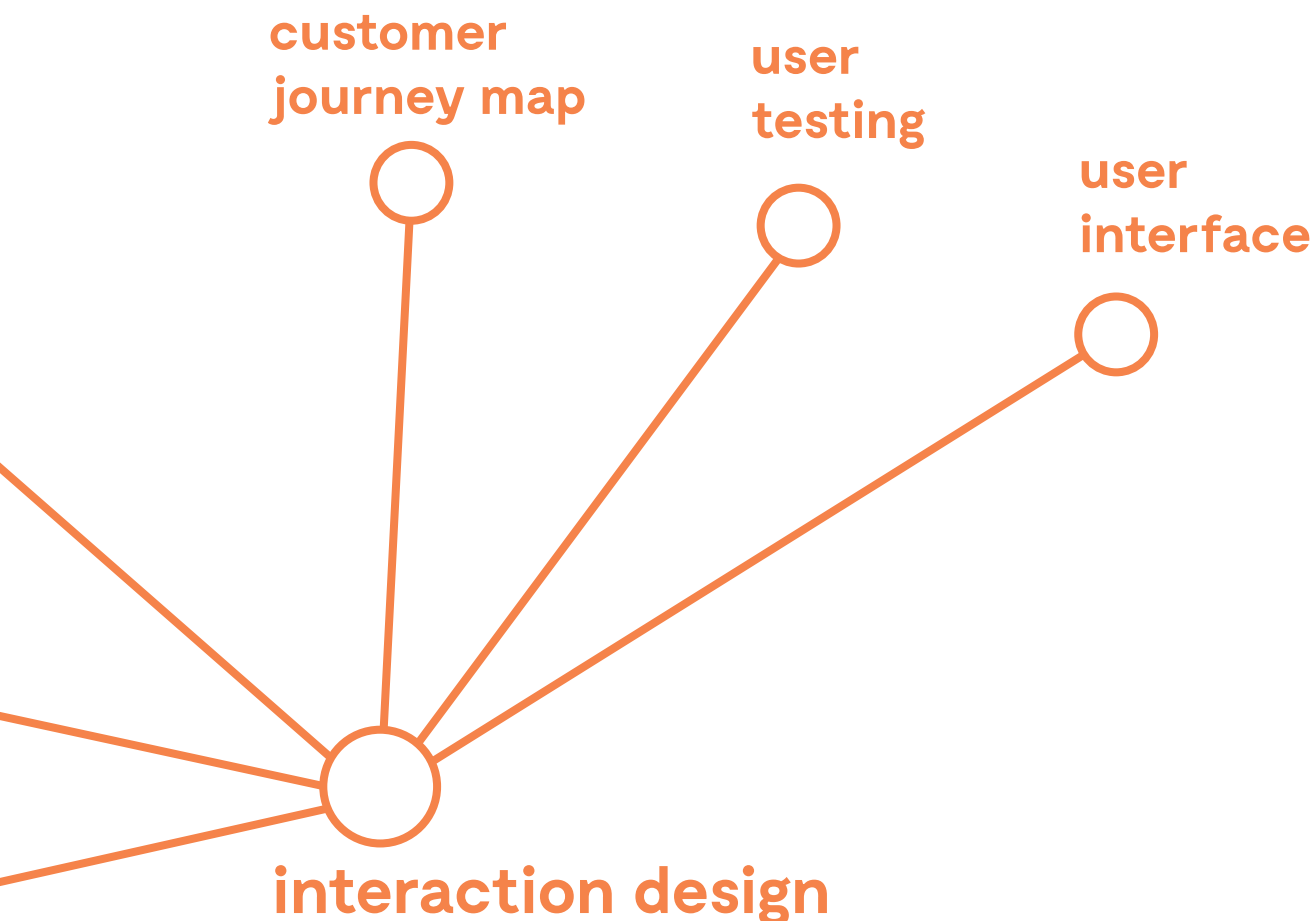
empathy
map

user
analysis

Gli utenti

1. Analisi dei personas

Il primo passo è stato quello di analizzare approfonditamente gli utenti (Enea e Alice), al fine di creare delle schede identificative che potessero essere utili per definire al meglio **abitudini** e **obiettivi**. Sono state inserite le informazioni psicografiche, come interessi, comportamenti, obiettivi, ragioni d'acquisto e paure. Questo ci ha permesso di creare contenuti personalizzati sulle esigenze dei clienti e di capire meglio in che modo il servizio può soddisfare i loro bisogni. Tale analisi troverà impiego nella descrizione dell'esperienza di usabilità da parte degli utenti.



“Vorrei un aiuto tecnologico
per semplificare le attività
in campo”

Enea Garofalo

**27 anni
agricoltore**



Dopo essersi laureato all'Università degli studi di Torino in Scienze e Tecnologie Agrarie, decide di seguire le orme della sua famiglia, contadini da generazioni.

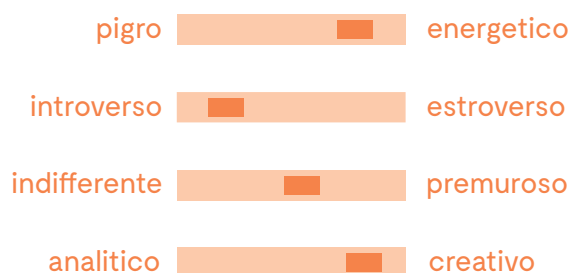
Nel 2016 ha affittato, presso il comune di Villastellone, un appartamento ed un terreno già avviato con certificazione biologica, dando inizio alla sua attività lavorativa, insieme alla compagna Alice.

Inizialmente può sembrare un tipo introverso e burbero, ma, una volta fatta la sua conoscenza emerge il suo lato “giocosso”. È un giovane ragazzo a cui piace molto intrattenersi guardando le partite di calcio; è un appassionato di ciclismo e di teatro.

utilizzo tecnologia



personalità



motivazioni



frustrazioni

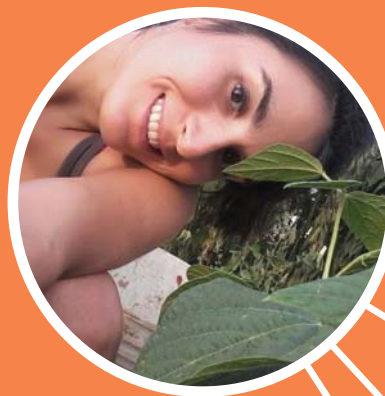
- ↳ E' preoccupato dal continuo sviluppo di patogeni sulle sue piante.
- ↳ Le grandi distanze tra i suoi campi lo turbano.
- ↳ Torna a casa molto stanco a causa delle faticose lavorazioni.

obiettivi

- ↳ Essere avvisato quando c'è qualche situazione di pericolo per la pianta.
- ↳ Tenere sotto controllo lo stato di salute della pianta.
- ↳ Prevenire eventuali malattie della pianta.

Alice Casati

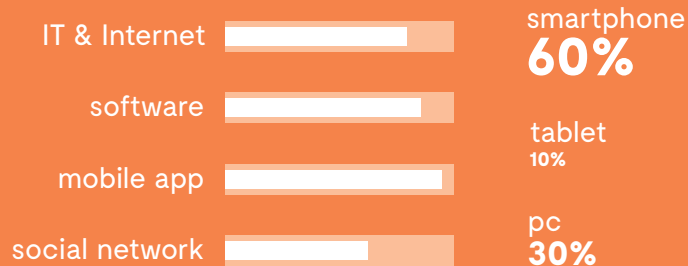
26 anni
agricoltore



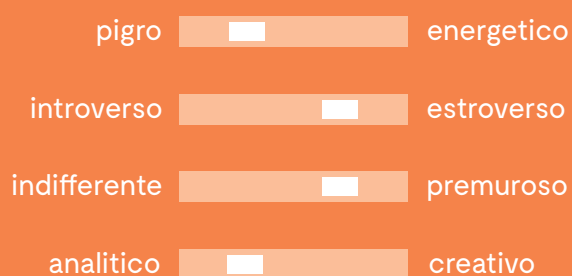
Dopo essersi laureata all'Università di Torino, ha seguito il suo compagno Enea nella professione di agricoltore biologico presso Villastellone. Si è trasferita dalla città alla campagna, a cui si deve ancora abituare, cambiando stile di vita in uno più sostenibile, in compagnia del suo gatto Pepita. Oltre alle attività in campo, si occupa anche della burocrazia prevista dalle normative del biologico e della preparazione dei prodotti per la vendita al mercato. Sin dal primo incontro risulta essere una persona solare ed estroversa. Inoltre adora prendersi cura del loro animale domestico, ed è appassionata di cucina.

“Vorrei provare l’innovazione
in agricoltura biologica”

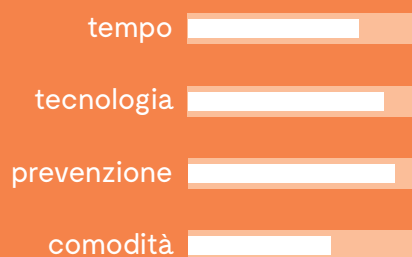
utilizzo tecnologia



personalità



motivazioni



frustrazioni

- ↳ Teme molto il freddo invernale e ciò la porta a essere meno presente in campo.
- ↳ Ha a cuore la salute delle proprie piante e teme l'insorgenza di malattie.

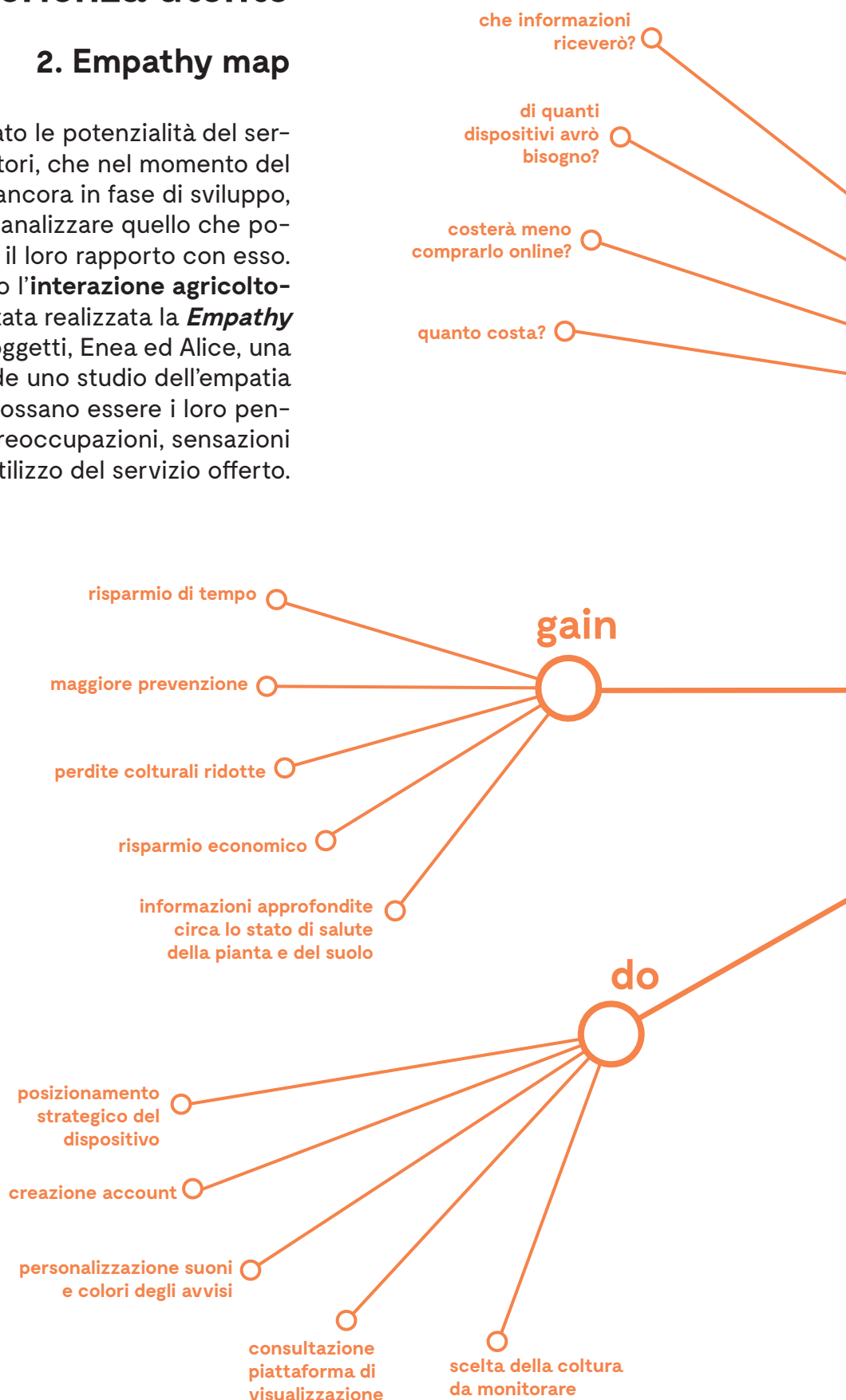
obiettivi

- ↳ Sviluppare sistemi di coltivazione innovativi e sostenibili.
- ↳ Adattarsi maggiormente al nuovo stile di vita e al nuovo ambiente in cui si è trasferita.

L'esperienza utente

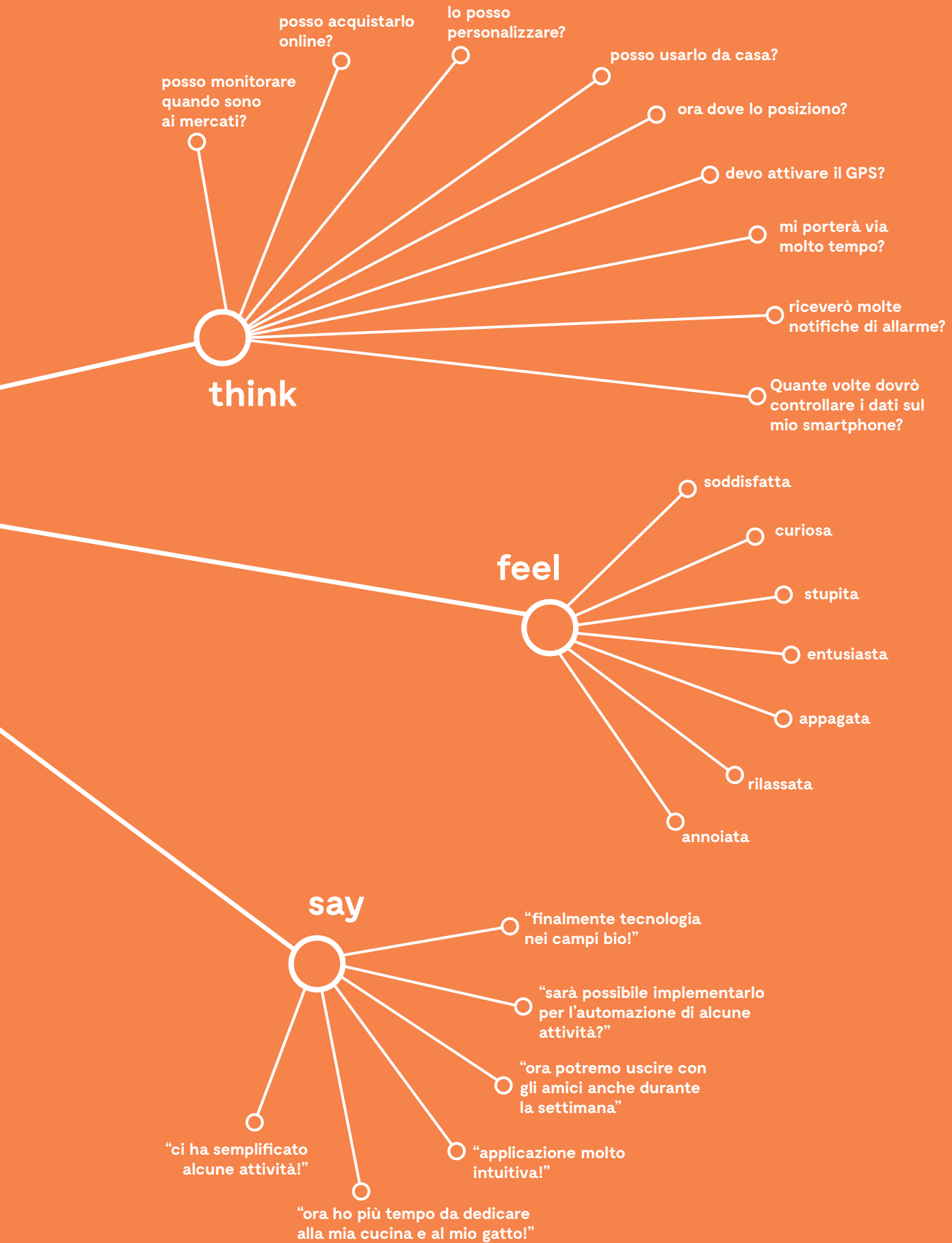
2. Empathy map

Dopo aver mostrato le potenzialità del servizio agli agricoltori, che nel momento del test in campo era ancora in fase di sviluppo, è stato possibile analizzare quello che potrebbe essere il loro rapporto con esso. Per studiare al meglio l'**interazione agricoltore-tecnologia** è stata realizzata la **Empathy map** per entrambi i soggetti, Enea ed Alice, una mappa che prevede uno studio dell'empatia degli utenti: quali possano essere i loro pensieri, le loro azioni, preoccupazioni, sensazioni in relazione all'utilizzo del servizio offerto.



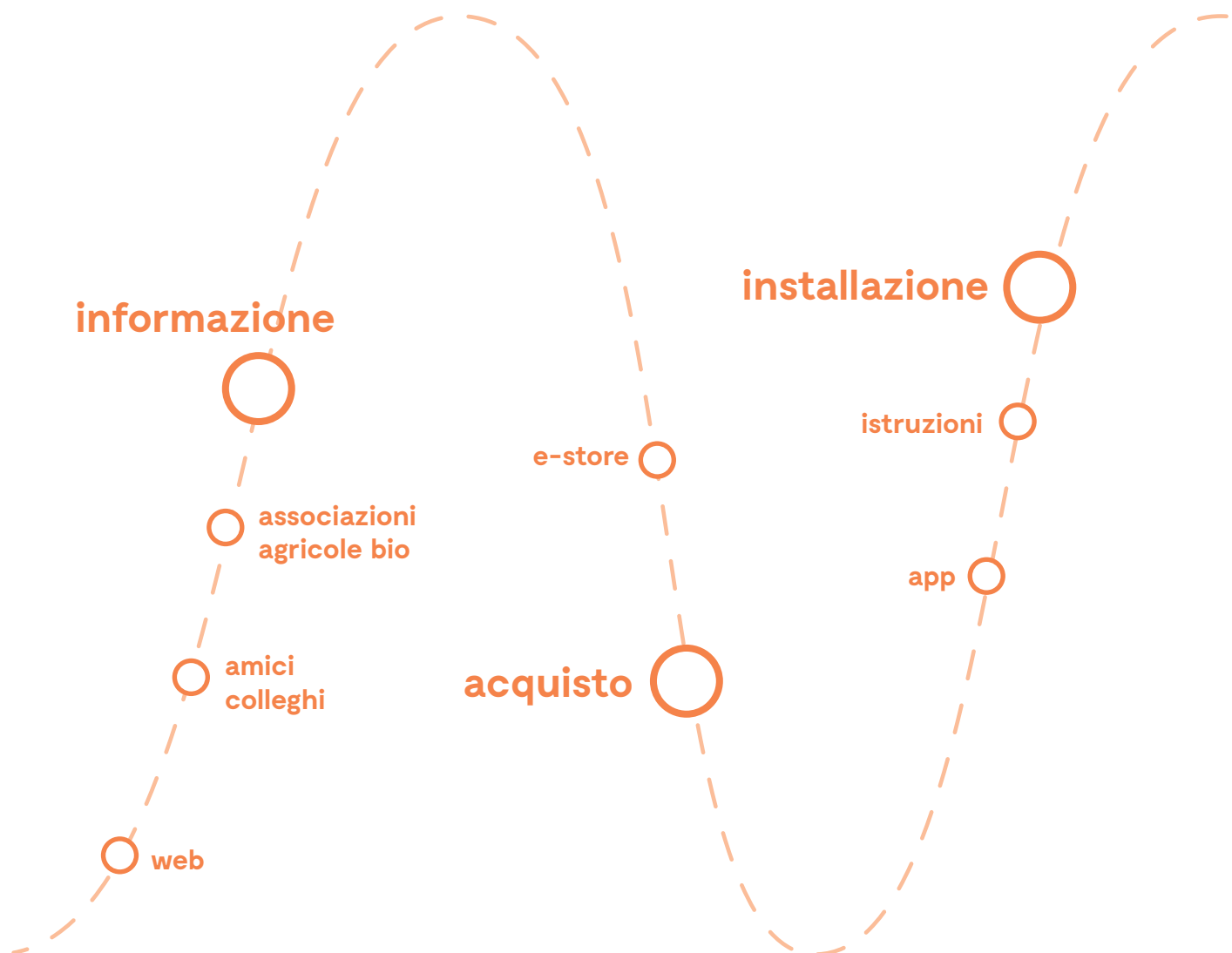


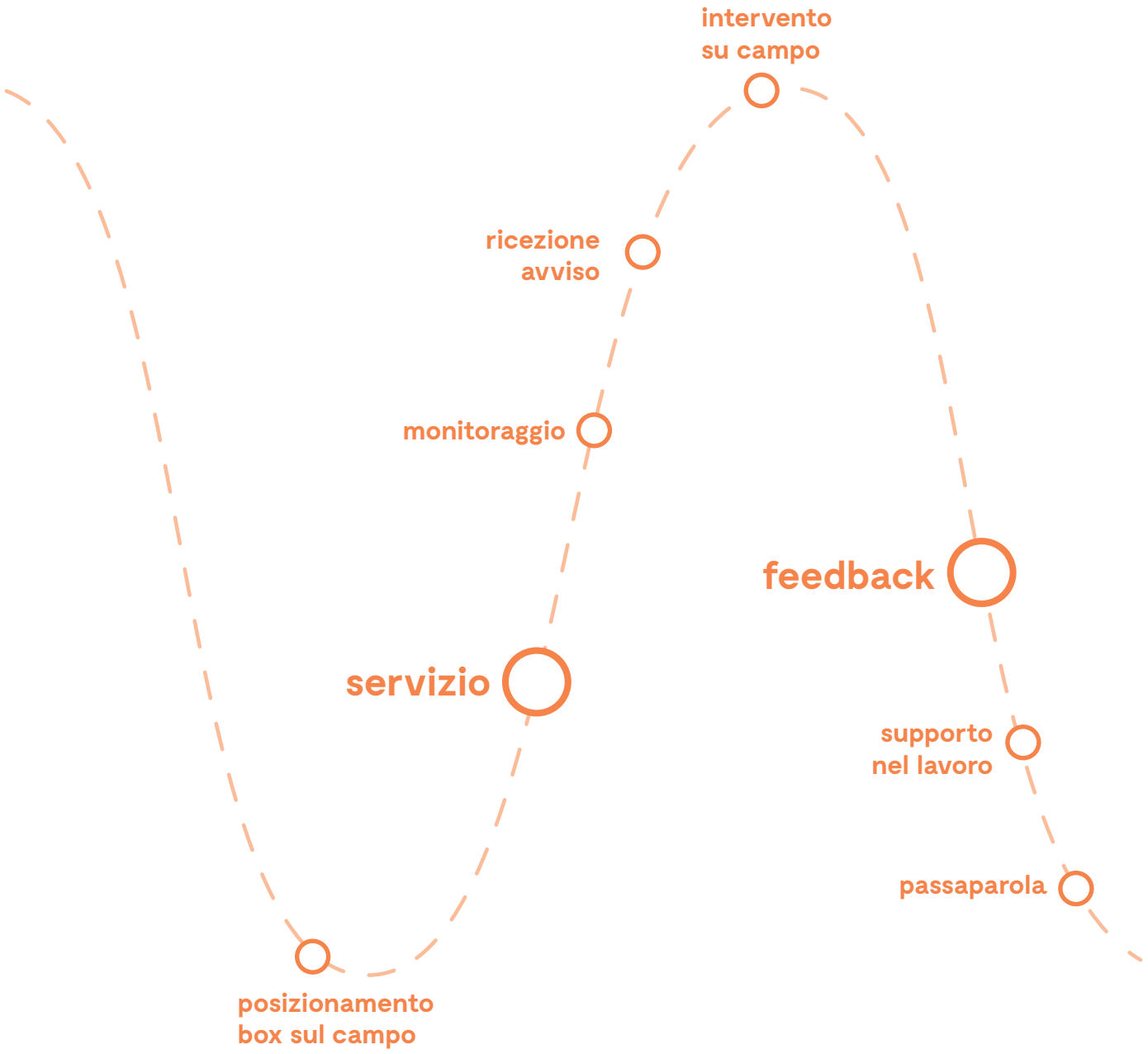




3. I touchpoint

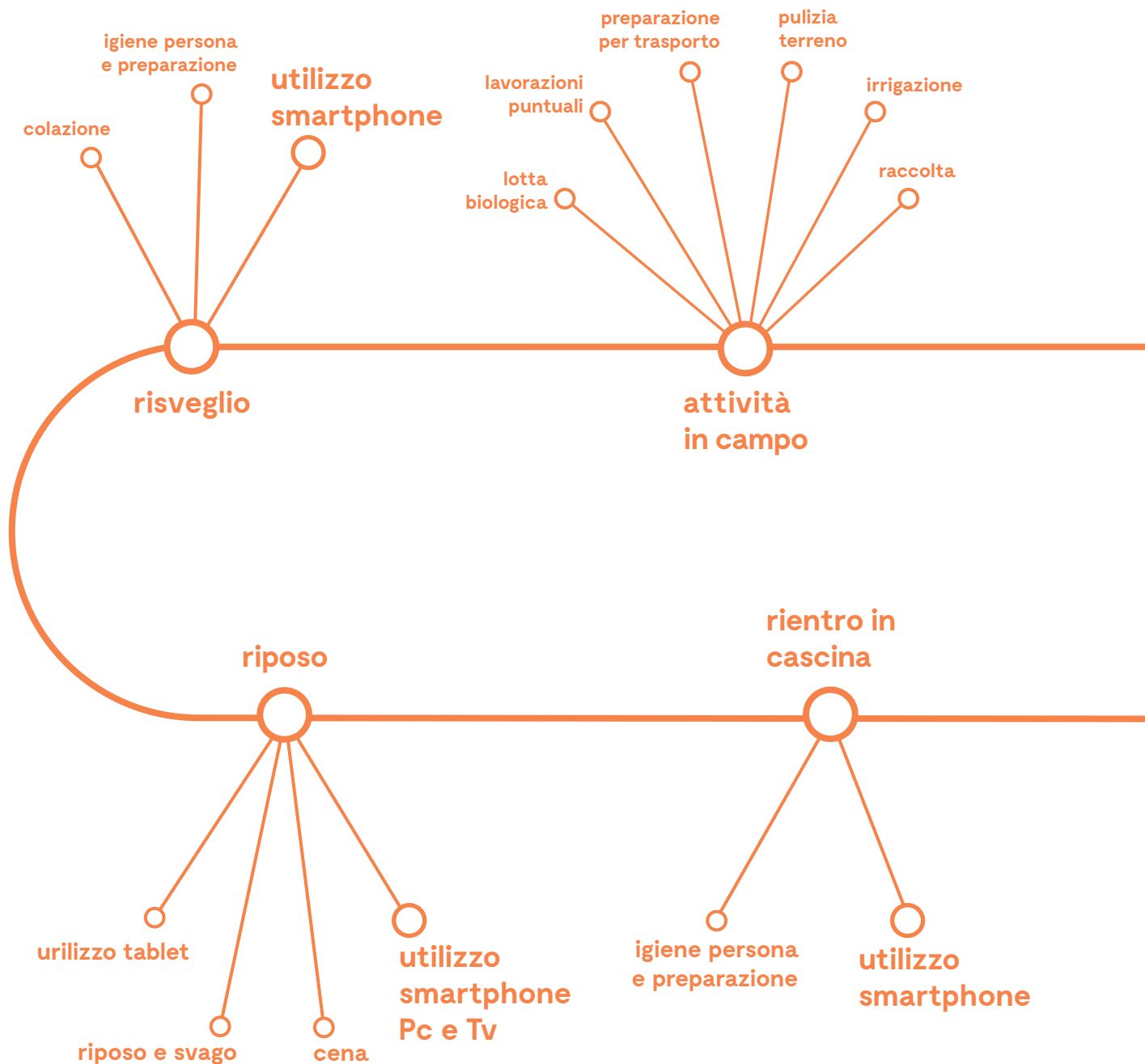
Partendo da qui, è stato essenziale definire dei ***Touchpoints*** in cui vengono mostrate le attività di interazione tra l'utente ed il servizio.



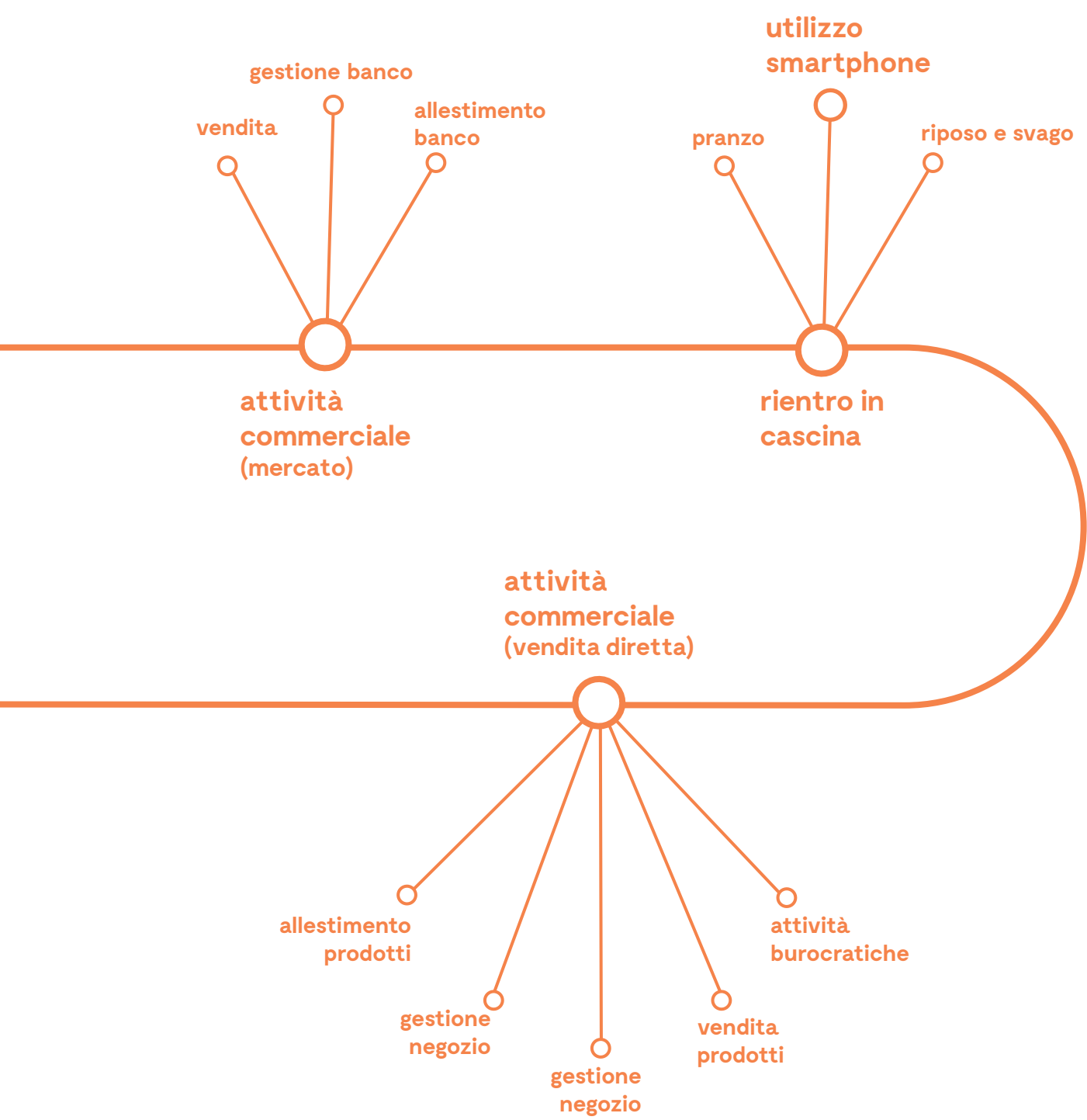


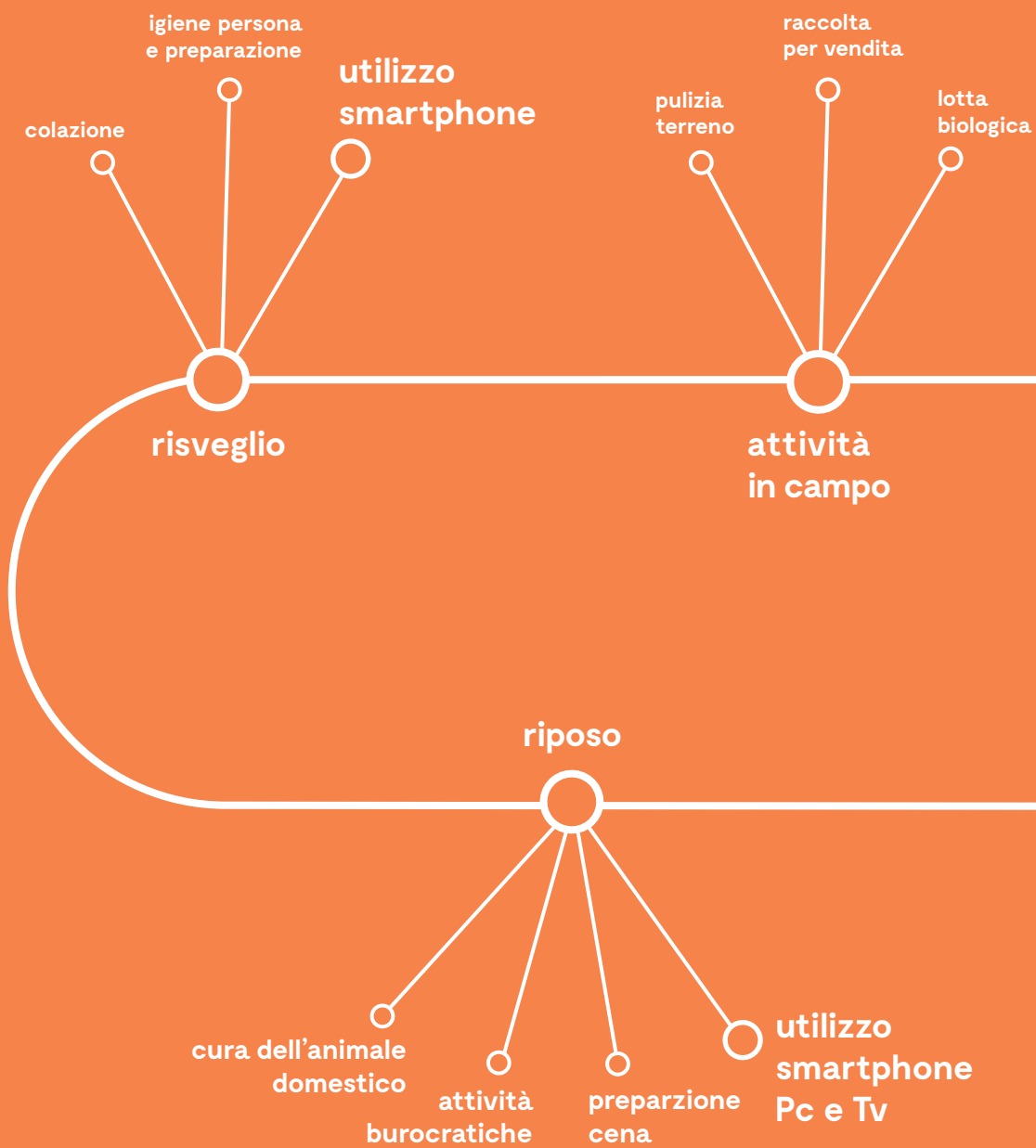
4. Una giornata tipo

Per meglio comprendere queste attività, è stato necessario osservare una **giornata tipo** dei soggetti, per capire come si svolge solitamente la loro giornata lavorativa.

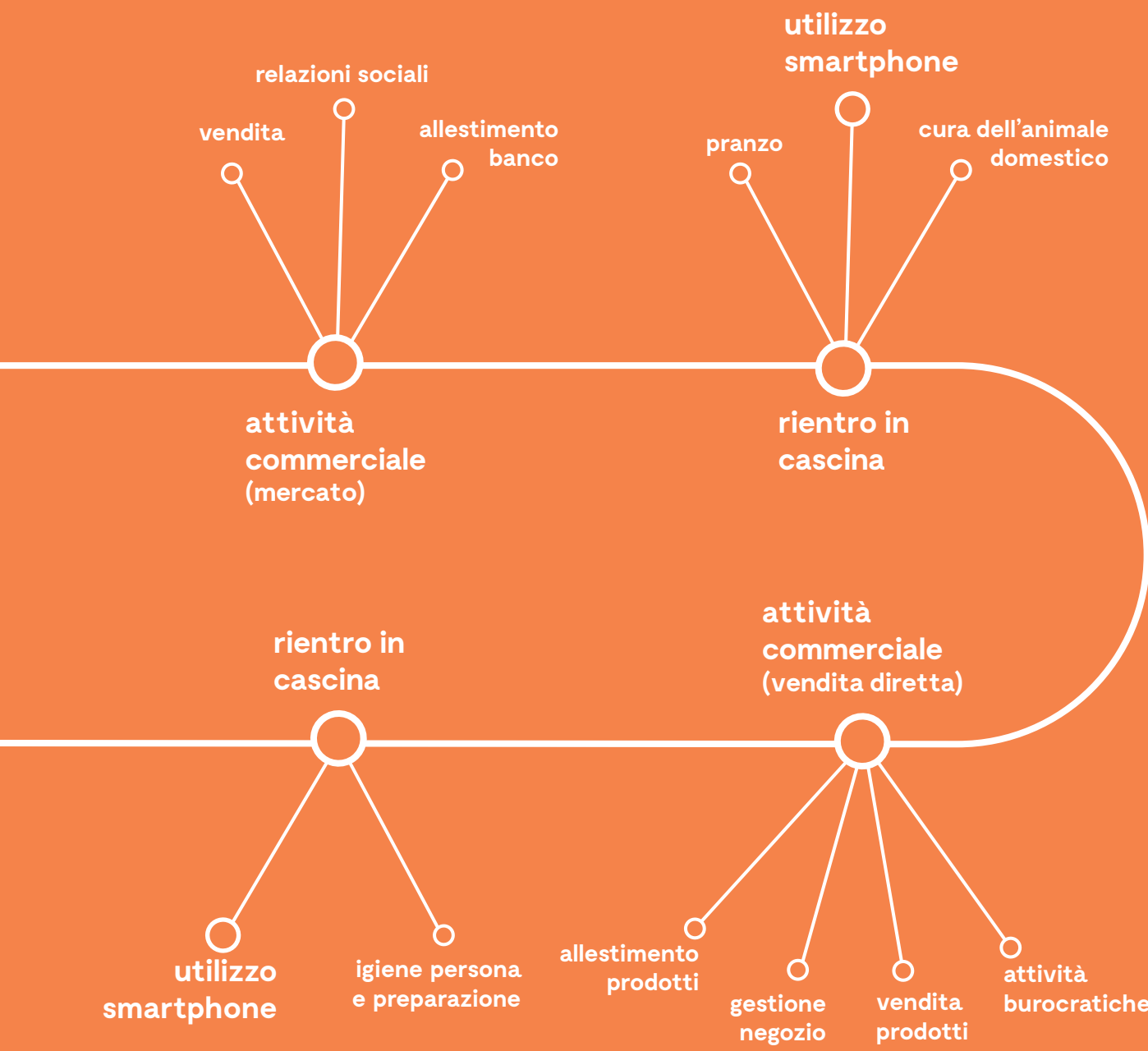


Enea





Alice



Così facendo sono emersi i **momenti** in cui , entrambi gli utenti avrebbero potuto aver bisogno di interfacciarsi con il servizio, come controllare i **dati in tempo reale** o visualizzare lo **storico dati**.

Enea

ore 6:00 ○ risveglio

ore 7:00 ○ attività in campo

ore 9:00 ○ attività commerciale (mercato)

ore 13:30 ○ rientro in cascina

ore 15:00 ○ attività in campo

ore 18:30 ○ rientro in cascina

ore 23:00 ○ riposo

Alice

ore 6:30 ○ risveglio

monitoraggio e storico
dati

ore 7:00 ○ attività in
 campo

controllo allarme

ore 9:00 ○ attività
 commerciale
 (mercato)

controllo allarme

ore 13:30 ○ rientro in
 cascina

monitoraggio, storico
dati e controllo allarme

ore 15:00 ○ attività
 commerciale
 (vendita diretta)

controllo allarme

ore 18:00 ○ rientro in
 cascina

monitoraggio, storico
dati e controllo allarme

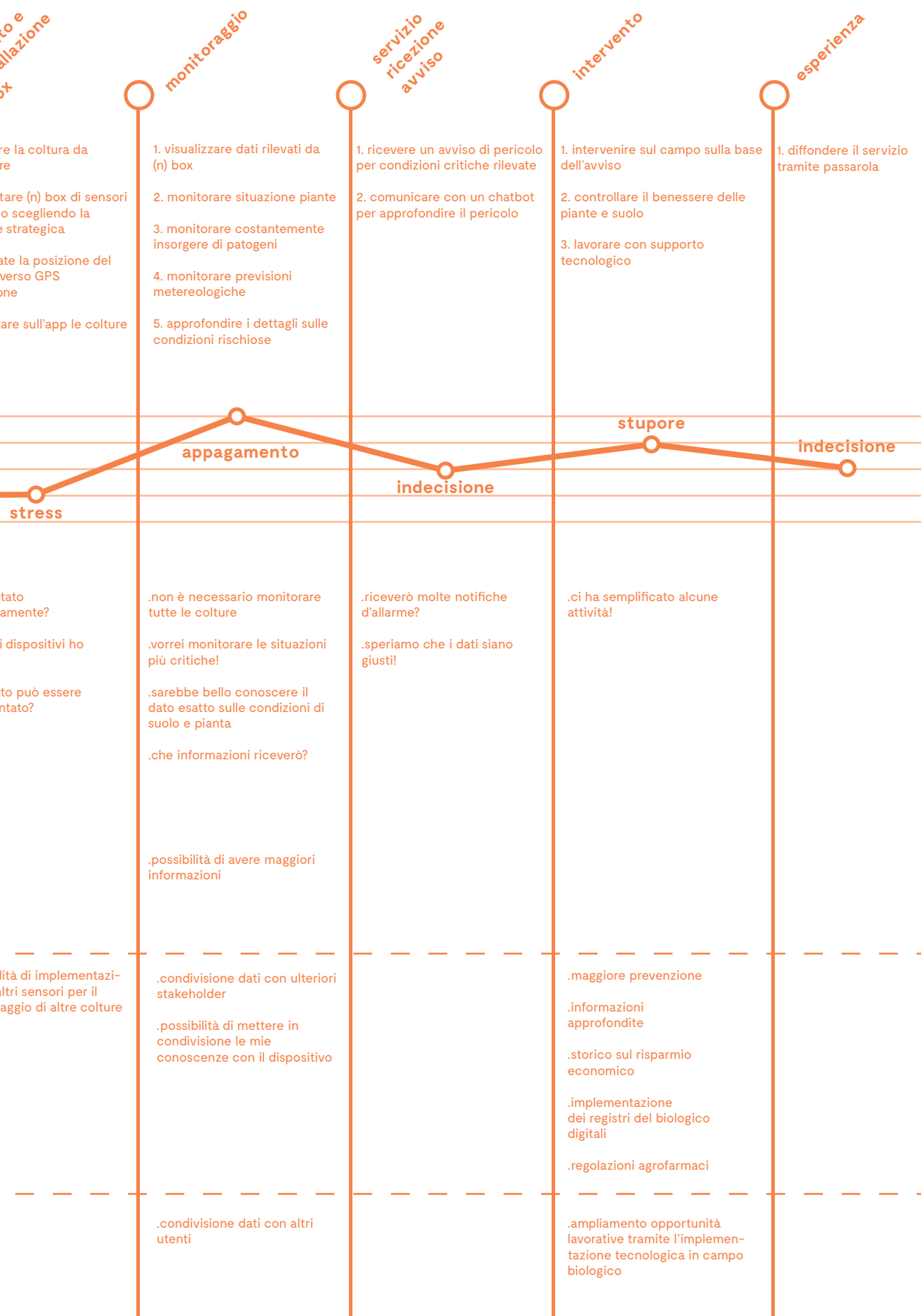
ore 23:00 ○ riposo

5. La Customer Journey map

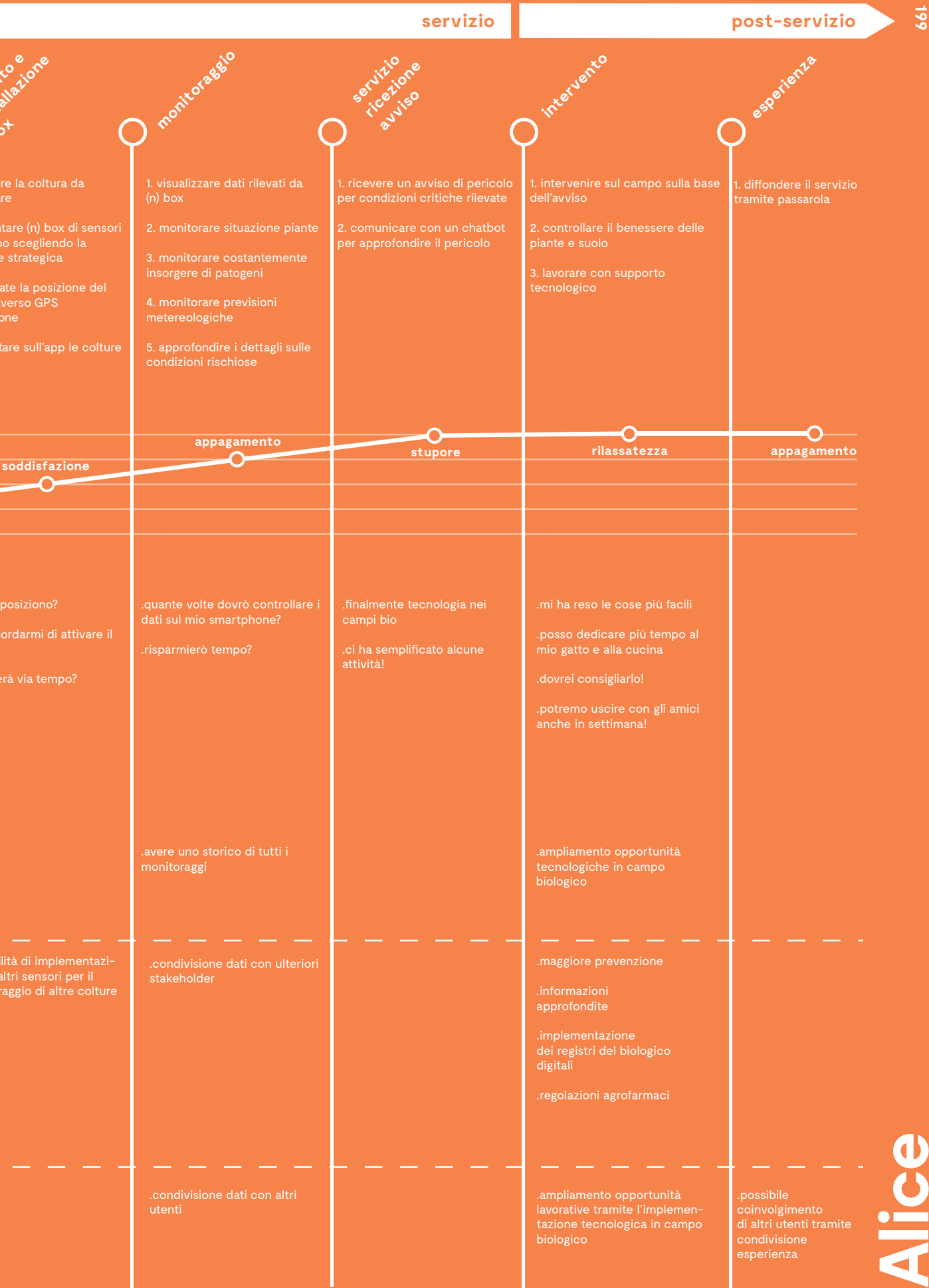
A conclusione dello studio degli utenti si illustra la **Customer Journey map**, che riassume l'analisi suddetta al fine di raccogliere e incrociare le varie informazioni utili allo sviluppo dell'applicazione. Questa mappa permette di suddividere le azioni in tre fasi temporali - **pre-servizio, servizio e post-servizio** - durante le quali vengono relazionati i touchpoints con i sentimenti che l'utente prova durante fasi specifiche dell'uso del servizio, i pensieri che sorgono e le opportunità future. Dalle analisi dei personas, ed in particolar modo dall'analisi della loro giornata tipo, si evince che Enea ed Alice svolgono ruoli differenti all'interno dell'azienda. Difatti, Alice si occupa principalmente della gestione burocratica e amministrativa, unitamente alla gestione della preparazione dei prodotti destinati al mercato, oltre che a recarsi in campo in momenti di particolare bisogno. Enea, invece, si occupa della gestione dei campi, e quindi anche dell'eventuale somministrazione di prodotti naturali utili a curare o prevenire attacchi da insetti o patogeni. È da questa analisi più approfondita che emergono le necessità più impellenti: avere sotto **controllo i campi** anche nei momenti in cui non sono fisicamente presenti ed essere a conoscenza dello **stato di salute delle piante in ogni momento**, poiché accade spesso che una elevata percentuale del raccolto vada perduta a causa di malattie. Come si nota dall'analisi utente, il loro **rapporto con la tecnologia**, nonostante la loro giovane età, non è particolarmente buono. Il loro utilizzo si limita alla navigazione in Internet per consultare pagine di informazione, controllare gli ordini online e i social network, soprattutto per sponsorizzare la pagina Facebook "Vita di campo". La fruizione avviene principalmente tramite smartphone a fini di svago, specialmente quando non sono nei campi o sul luogo di lavoro. Tuttavia abbiamo riscontrato che proprio questo device è quello che si presta maggiormente per i nostri utenti ad un più rapido e facile utilizzo, considerando, come detto, le diverse operazioni che svolgono durante la giornata lavorativa.

Compreso il potenziale tecnologico del servizio, Enea e Alice hanno mostrato un forte interesse nei confronti del progetto, e di fatto hanno dichiarato di voler sfruttare le nuove tecnologie per **facilitare alcune operazioni in campo**, o semplicemente per **monitorare** lo stato di salute del terreno e della pianta. Da qui, incrociate le loro esigenze con i giusti strumenti di interazione, è stato possibile ipotizzare il canale più efficace di comunicazione che ha condotto alla definizione della notifica di **allarme**.









Sviluppo interfaccia dell'applicazione mobile

1. User Flow

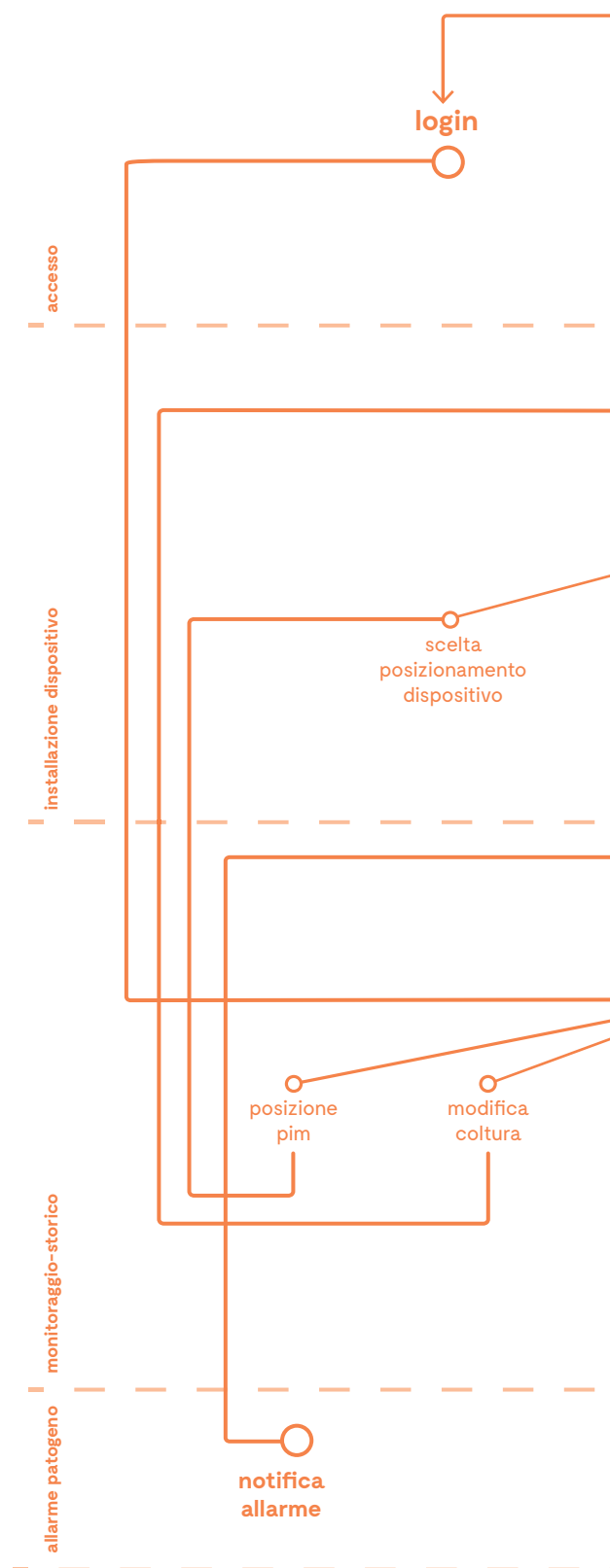
In seguito alla **Customer analysis** è stato possibile procedere alla stesura di un **User Flow**, ovvero un approfondimento sotto forma di flusso di tutte le azioni puntuali che l'utente farà in relazione all'applicazione. Esso traduce in **task** (passaggi) tutte le operazioni e i percorsi che l'utente può effettuare. Ad esempio ogni singola scelta, ogni singolo pulsante che l'utente può premere in una schermata. Le due domande essenziali per la progettazione dell'app sono state le seguenti:

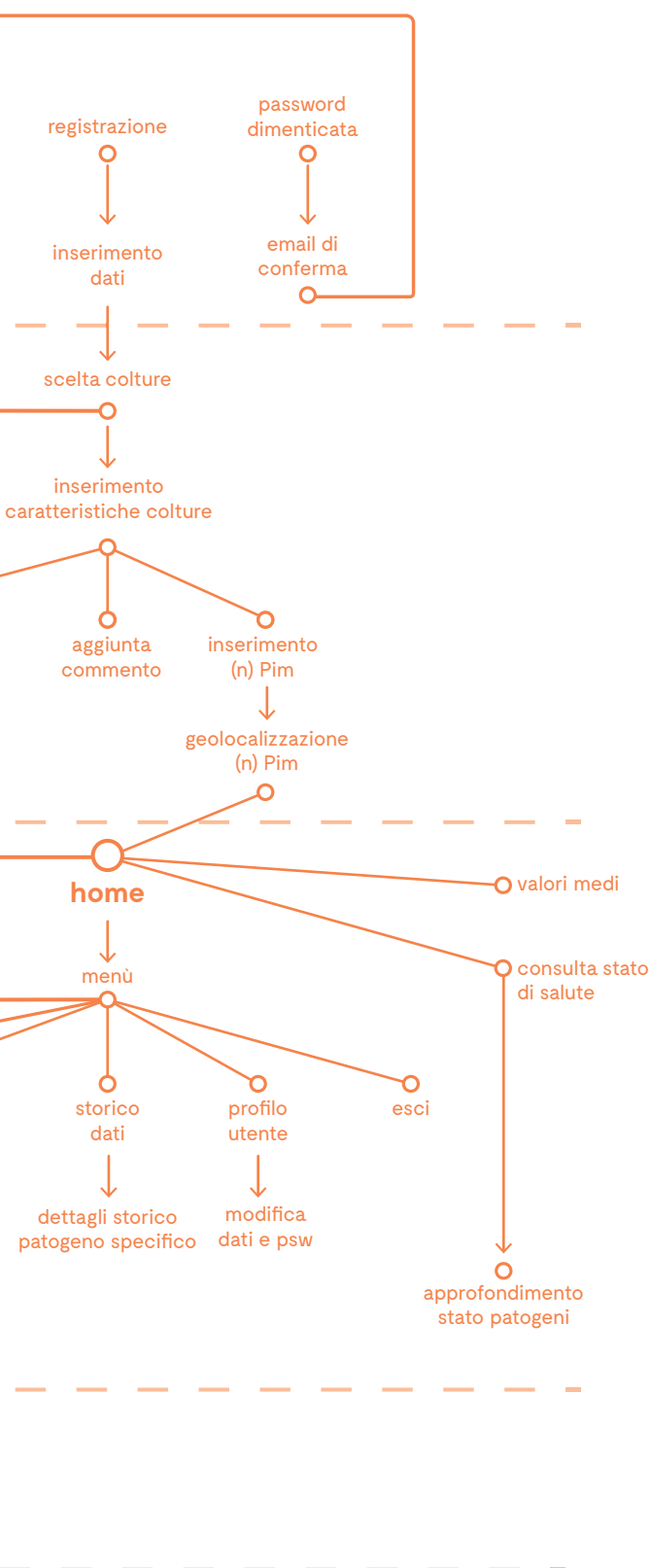
→ qual è l'obiettivo che vuole raggiungere l'utente?

→ quali sono le gesture, azioni, che l'utente può compiere per raggiungere l'obiettivo?.

Come detto, l'obiettivo risiede nel costruire una struttura con la quale l'utente possa facilmente interfacciarsi per comprendere, conoscere e controllare cosa stia accadendo sui propri campi, tenendo sempre in considerazione i momenti della giornata durante i quali ciò possa avvenire. La risposta alla seconda domanda si è rivelata durante la fase di progettazione stessa dell'interfaccia.

Lo schema che segue riassume, dunque, il percorso delle azioni che l'user esegue. Possiamo distinguere quattro aree d'azione. La prima è l'accesso al servizio in cui, però, bisogna distinguere tre situazioni diverse: il caso in cui l'agricoltore sia già registrato e procede con il login, quello in cui procede con la registrazione, ed infine la situazione in cui sia necessario procedere esternamente (tramite indirizzo mail fornito) per il recupero delle credenziali di accesso. Secondo ognuna di queste situazioni, seguiranno azioni differenti. Nel primo caso bisognerà effettuare solo il login che lo indirizzerà direttamente alla schermata

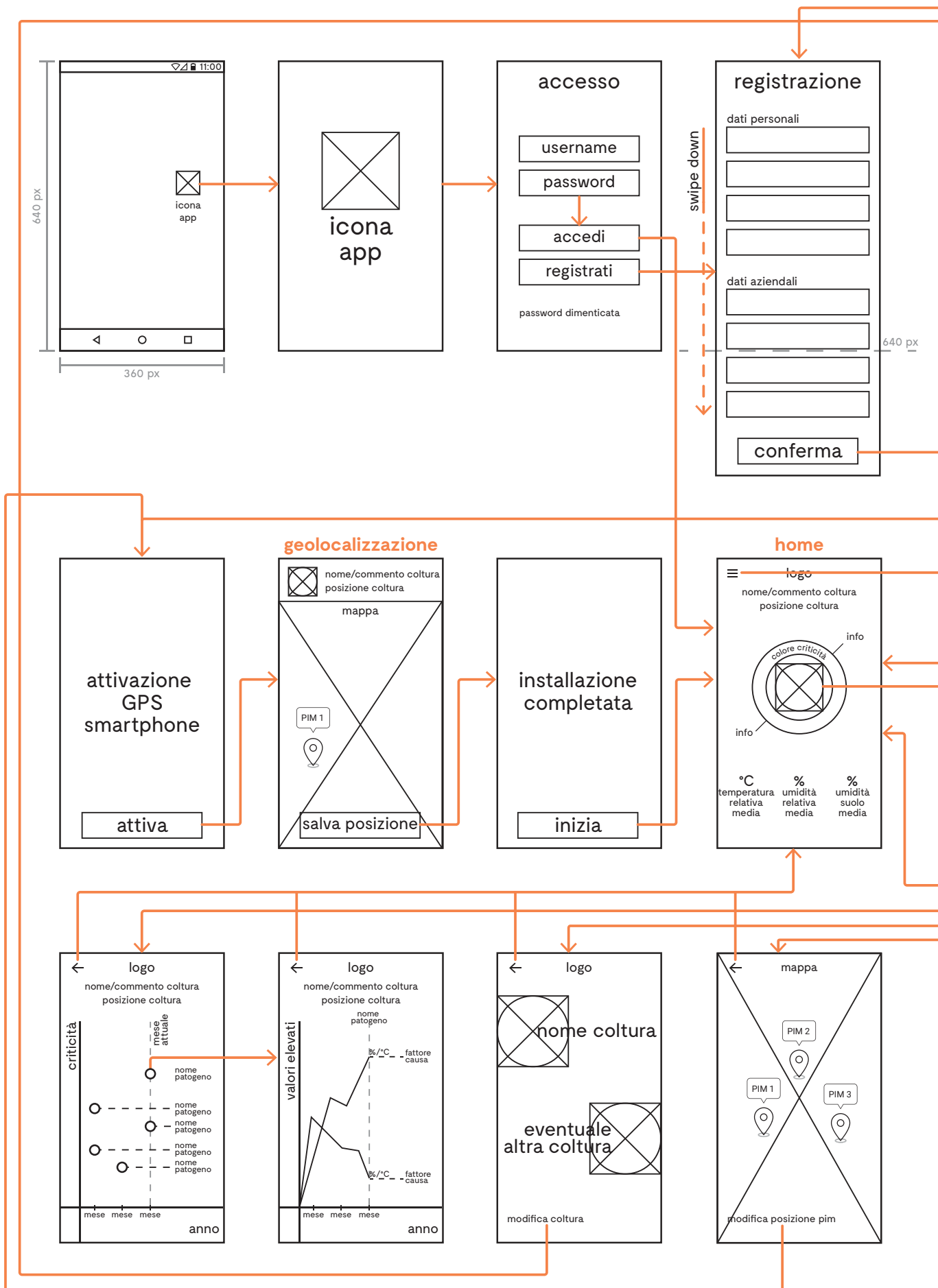


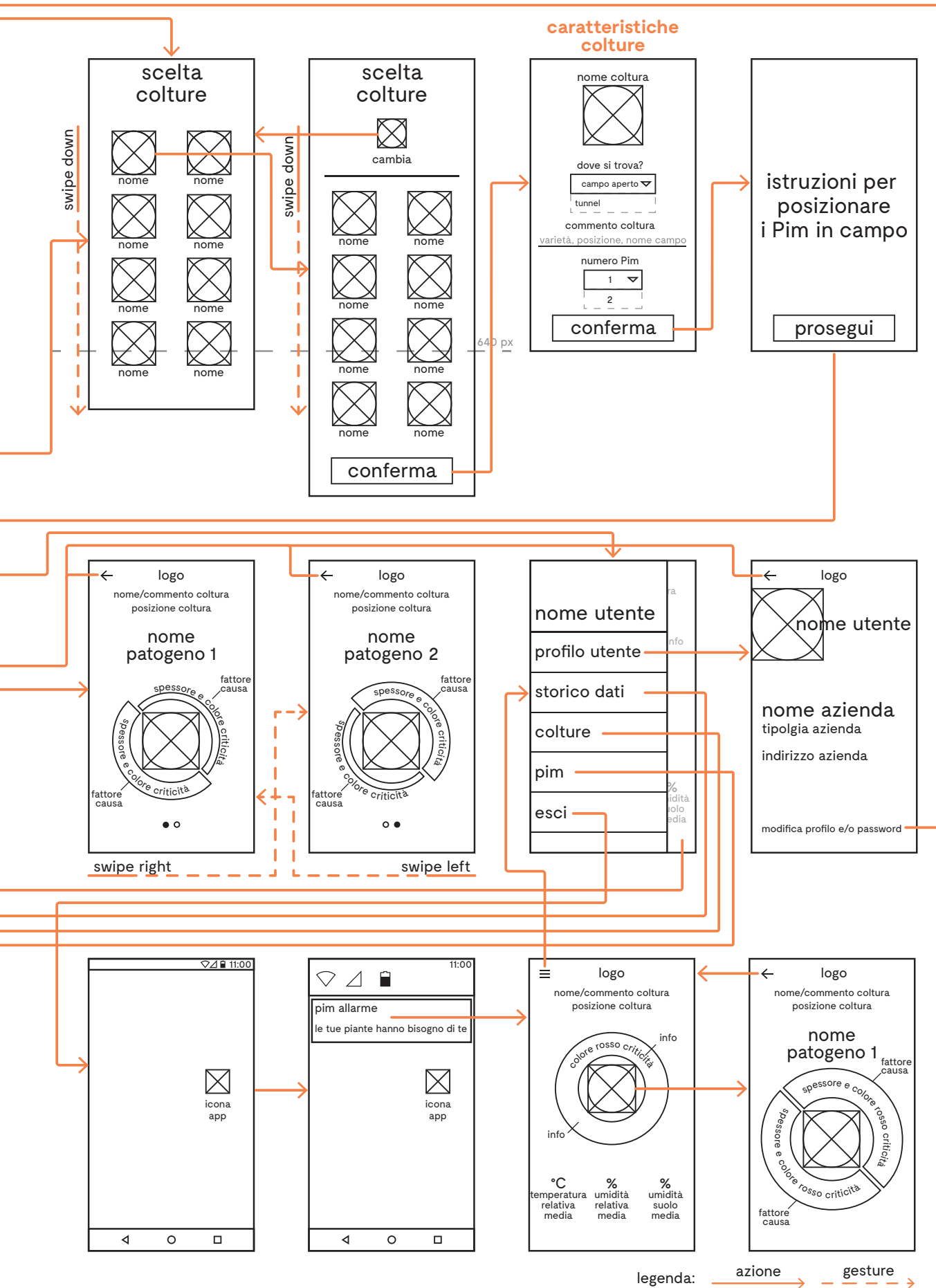


home. Nel secondo caso, essendo la prima volta che interagisce con l'app in questione, l'utente dovrà procedere con le azioni di **registrazione** e di **installazione del dispositivo in campo**, che coincidono con la seconda area d'azione. La terza area riguarda il **monitoraggio** vero e proprio, durante il quale, in qualsiasi momento, si potrà controllare lo stato di salute delle piante. In questa stessa sezione l'utente ha anche la possibilità di consultare lo **storico dei dati** acquisiti nel corso dei mesi. Infine, se le condizioni risultano critiche, l'utente riceve una notifica di allarme dall'app stessa. Questa quarta e ultima area, permetterà di accedere direttamente alla sezione home dell'app con in evidenza le criticità e i patogeni che potrebbero proliferare nelle condizioni in questione.

2. Wireframe app

L'analisi che segue il percorso delle azioni che l'utente compie, riguarda la struttura di un **Benchmark per wireframe**, necessario per valutare l'efficacia del processo tecnico in relazione al flow di azioni precedentemente analizzato. In altre parole, abbiamo disegnato la scena di interazione con la quale si confronterà l'utente. Ogni azione all'interno delle schermate è direttamente collegata ad un *hotspot*. Abbiamo quindi testato il funzionamento di ogni schermata utile di cui dovrà comporsi l'applicazione. Sono stati ipotizzati tutti i tools da inserire, la loro posizione e attraverso quale gesture l'utente si potesse relazionare con essi.





3. Mockup app

Dopo aver testato il *wireframe* delle schermate app, è stato possibile proseguire con lo studio dell'**User Interface**. Partendo dal presupposto che gli utenti caso studio utilizzano uno smartphone con sistema operativo Android, abbiamo seguito come *reference* i tools e i *Material Design*²¹ messi a disposizione da *Google*. In questo modo abbiamo potuto utilizzare il carattere tipografico, le dimensioni, la struttura e le spaziature tipiche di un Android App.

A questo si è aggiunta la scelta delle tonalità cromatiche da utilizzare. Dovendosi rapportare con lavoratori di campo, ci è sembrato concorde usare toni caldi che rimandassero ai colori della terra con sfumature e diverse gradazioni.

Dopo un'attenta ricerca delle references e degli stili grafici da adottare, abbiamo creato il **Mockup** dell'app con lo scopo di trasmettere all'utente delle emozioni quali serietà, intuitività, praticità e un ambiente che metta a proprio agio. In questa fase è stato possibile creare un prototipo digitale dell'app attraverso il software

online *Marvel App*²² col quale abbiamo testato l'aspetto visivo e le gesture direttamente sul display di un nostro smartphone Android, immedesimandoci nel ruolo dell'utente.

Ovviamente, il mockup è stato realizzato ad hoc per un utente ben preciso: l'agricoltore, che tra le diverse operazioni che compie durante la giornata lavorativa, deve avere la possibilità di constatare la salute delle colture in qualsiasi momento. Per cui è essenziale effettuare un User test, in cui l'utente in questione possa utilizzare e approcciarsi all'interfaccia costruita, per poter comprendere come si articola l'**esperienza utente**.

139. <https://material.io/design/> | consultato al 31 maggio 2018.

140. <https://marvelapp.com/> | consultato al 31 maggio 2018.



4. User testing

A conclusione dello studio del mockup, è stato effettuato un test con i nostri agricoltori, Enea ed Alice, per verificare l'efficacia dell'applicazione in termini di **usabilità**.

Abbiamo introdotto loro l'app presentando per sommi capi le funzionalità e le operazioni a cui si stavano approcciando. Tutte le operazioni che riguardano l'installazione sono state eseguite da entrambi sullo stesso dispositivo.

Enea, servendosi del nostro smartphone sul quale è stata prototipata l'app, ha simulato la registrazione e la creazione di un nuovo profilo e ha effettuato senza alcuna difficoltà tutte le operazioni di installazione del dispositivo.

Abbiamo constatato un senso di perplessità solo nel momento in cui doveva attribuire un nome alla coltura, chiedendosi la motivazione avendola appena scelta.

Al contrario, Alice gli ha fatto presente immediatamente la possibilità di avere diversi cultivar di fragole e/o in diversi ambienti. Per cui, hanno deciso di attribuire come nome identificativo la varietà della coltura in questione. Proseguendo, Enea ha potuto visualizzare come avverrebbe la geolocalizzazione dei Pim sulla coltura scelta da monitorare (tale azione non è stata possibile eseguirla realmente in quanto, non essendo l'app sviluppata, non è possibile accedere alle coordinate GPS).

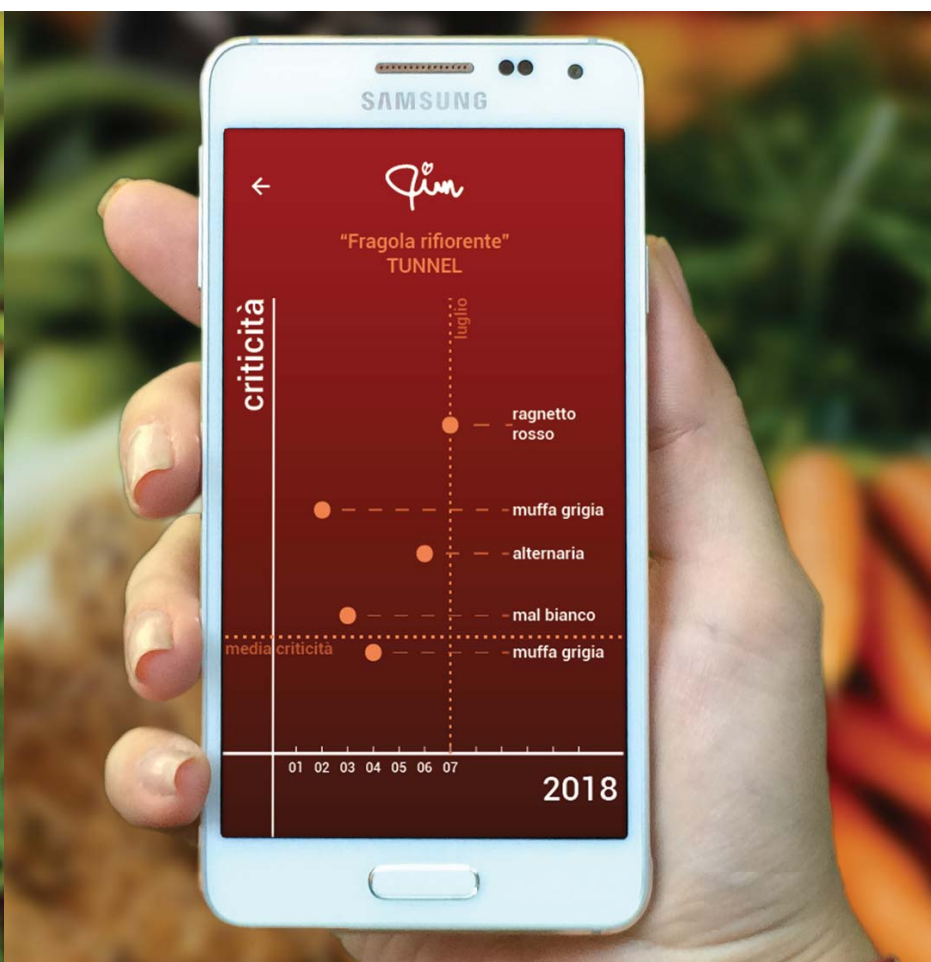
Visualizzando la schermata Home, i nostri utenti hanno ritenuto che ci fossero troppi valori inseriti che per la loro consultazione sembravano essere superflui. È stata mostrata la situazione in cui Pim constata un livello di criticità medio, per cui la fascia di colore attorno all'immagine della coltura monitorata era gialla. Questa ha catturato immediatamente l'attenzione di Enea che ha istantaneamente cliccato sull'immagine centrale della fragola, dimostrando la praticità della grafica utilizzata.

Alice, invece, che solitamente si occupa maggiormente dei banchi mercatali e delle operazioni burocratiche, ha ritenuto molto interessante e utile la consultazione dello storico dei dati e dei patogeni, avendo



Foto di Peter Wendt / Da sinistra verso destra: mockup Home page dell'applicazione e mockup sezione storico dati.

così la possibilità di confrontare facilmente il periodo in cui si è verificata un'avversità con un leggero calo della produzione. Anche la simulazione di notifica di allarme è sembrata loro molto semplice da utilizzare in quanto simile a molte altre notifiche da app. In seguito a questo User test sono state effettuate alcune modifiche visive per rendere l'esperienza utente ancora più congeniale e pratica da usare.



Sviluppi futuri

Giunte al termine di questo lavoro di tesi, che vede la realizzazione del servizio tecnologico – composto dal prototipo (Pim), da un Gateway e da una interfaccia App – ad oggi esponiamo le nostre considerazioni in merito al progetto e al dispositivo realizzato. Siamo certe che oggi esso può presentare delle limitazioni, ma che in un prossimo futuro, potrebbero essere estinte attraverso un ulteriore sviluppo del progetto. Considerando la componentistica del prototipo attuale, il Gateway dotato del dispositivo LoRa, comunica con il pc attraverso il cavo USB. Dunque per trasmettere i dati è necessario lasciare il computer sempre acceso. Per uno sviluppo futuro, il Gateway, invece, potrebbe essere dotato di una scheda Internet, così da non essere necessario il collegamento tramite cavo. In tal modo sarebbe in grado di trasmettere direttamente i dati raccolti dai vari (n) Pim ad un server in Cloud. Il Gateway in questione sarebbe quindi dotato dello shield LoRa, dell'antenna e di una scheda Wi-Fi di dimensioni molto ridotte. Altresì il dispositivo potrebbe inglobare ulteriori sensori adatti a monitorare le condizioni della pianta e del suolo, come il pH-metro o, ancora, un rilevatore di CO₂ o di altri gas emessi in atmosfera. Difatti è un sistema modulare, che potrebbe essere implementato da sensori secondo le necessità dell'utente. Un altro cambiamento che si può adoperare, riguarda la rimozione del sensore di luminosità poiché il pannello solare, con le opportune modifiche, sarebbe in grado di rilevare l'intensità luminosa, oltre a svolgere il suo classico ruolo di incubatore di energia solare. Ovviamente l'inserimento di ciascun nuovo sensore comporterà la progettazione dell'utilizzo di tale dato, sia in termini di linguaggio per l'agricoltore, sia per capire come può essere incrociato con gli altri per fornire informazioni utili. Tra gli sviluppi futuri relativi all'acquisizione dei dati, ci sarà certamente la possibilità di integrare anche dati esterni, provenienti per esempio dalle stazioni meteorologiche, o da un blog che mette

in relazione con l'utente alcune figure professionali, quali, ad esempio, agronomi in modo tale da supportare il suo operato con consulenze. I dati potrebbero, per questa ragione, essere pubblici in modo tale da essere condivisi con altri agricoltori, professionisti o enti interessati. Vedendo l'interazione che c'è stata tra i nostri giovani agricoltori e l'app, e considerando il periodo storico nel quale viviamo in cui si parla sempre più spesso di Intelligenza Artificiale, si potrebbe pensare di implementare all'interno dell'applicazione un bot. Questo permetterebbe all'agricoltore di interrogarlo circa i dati che non sono consultabili sull'app. Un esempio potrebbe essere sapere se pioverà, o chiedere un sunto della situazione settimanale. Sicuramente portando avanti il progetto sarà possibile uno sviluppo in termini di programmazione dell'applicazione mobile, per poi estenderlo anche agli altri sistemi operativi. Infine, si effettuerà uno studio della forma per quanto riguarda la scocca, in modo tale che sia funzionale ed integri aspetti estetici ai fini di una futura commercializzazione.

Conclusioni

Molti sistemi di sensoristica e di monitoraggio per le piante esistono già nel campo commerciale, ma sono principalmente utilizzati per attività agricole intensive e restituiscono i dati in modo troppo tecnico per l'agricoltore. L'aspetto innovativo del progetto **P.U.L.T. FICTION** è l'introduzione di un servizio tecnologico in uno **scenario in scala ridotta**, mirato al coinvolgimento di un **target specifico**. Difatti l'intera ricerca progettuale, si concentra su aziende agricole biologiche di piccole dimensioni. Operando in tale scenario, è stato possibile rispondere, in modo puntuale, alle necessità espresse da entrambi gli agricoltori/utenti, tramite l'elaborazione di alcune informazioni che, espresse in un linguaggio comprensibile dall'utente, potrebbero essere sfruttate per avvantaggiare il loro operato in campo. è stato

possibile giungere a ciò solo dopo un'approfondita ricerca relativamente all'ambito progettuale, all'utente e al lavoro che svolge.

Utilizzando la **tecnologia come intermediario** e la **ricerca olistica come metodo**, abbiamo messo in primo piano l'uomo e l'ecosistema in cui agisce.

Così facendo, siamo riuscite a raggiungere l'obiettivo da noi prefissato, ovvero quello di creare un **equilibrio** tra l'agricoltore, la pianta e la tecnologia.

Nel nostro caso specifico, abbiamo riscontrato un notevole interesse e coinvolgimento da parte degli utenti casi studio. È cambiato anche il loro rapporto con la tecnologia, scoprendo che potrebbe essere d'aiuto alle operazioni giornaliere. Abbiamo trasmesso il valore della progettazione che deve e può estendersi ben oltre una singola disciplina, abbracciando contemporaneamente la tradizione e l'innovazione. Siamo riuscite a infondere la consapevolezza di dover operare per il bene comune, per il nostro ecosistema e per il futuro delle generazioni, sottolineando anche il messaggio dell'importanza di alcune pratiche agricole sostenibili che sono il motore dell'economia alimentare salutare.

Lavorando in parallelo con i professionisti del Centro PIC4SeR è stato possibile mostrare loro scenari alternativi rispetto quelli in cui operano solitamente, in un'ottica più sostenibile.

La realizzazione del nostro progetto è stata possibile anche grazie alla **collaborazione** con altri centri di Ricerca ed enti, come Aiab e Coldiretti i quali hanno manifestato un interesse tale da divenire parte integrante di alcune scelte operative.

Il risultato di tale percorso ha condotto alla ideazione di un sistema che affianca, alla tradizionale professione dell'agricoltura, oggetti materiali e connessioni immateriali, offrendo così la possibilità di avviare un cambiamento. La nostra sfida è stata quella di abbracciare le nuove tecnologie in maniera differente e senza alcun impatto negativo sull'ecosistema.

Bibliografia

Introduzione

- R.J. Bawden, *Systems Thinking and Practice in Agriculture*, articolo 7, vol. 74, pp. 2362-2373, 2010, ScienceDirect.
- F. Capra, P.L. Luisi, *Vita e natura. Una visione sistemica*, 2014, Aboca.
- Ellen MacArthur Foundation, *Towards the circular economy. Economic and business rationale for an accelerated transition*, pp. 11-20, 2013.
- W. Ganapini, *Per una lettura sistemica del rapporto tra agricoltura ed ambiente*, in "Micron", Aprile 2016.
- N. Georgescu-Roegen, *Bioeconomia. Verso un'altra economia ecologicamente e socialmente sostenibile*, 2003, Bollati Boringhieri.
- S. Latouche, *Breve trattato sulla decrescita serena*, 2008, Bollati Boringhieri.
- D.H. Meadows, D.L. Meadows, J. Randers, W.W. Behrens III, *The limits to growth*, 1972, Universe Books New York.
- G. Pauli, *Blue economy 2.0*, 2016, Edizioni Ambiente.
- J.B. Schiere, R. Groenland, A. Vlug, H. Van Keulen, *System Thinking in Agriculture an overview*, capitolo 4, 2004.
- A. Zolli, A.M. Healy, *Resilienza. La scelta di adattarsi ai cambiamenti*, 2014, Rizzoli.
- B. Zygmunt, *Consumo dunque sono*, 2007, Editori Laterza.

Parte I

- ASviS 2016, *L'Italia e gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile*, 2016, pp. 19-30.
- M.A. Altieri, C. Nicholls, L. Ponti, *Agroecologia. Sovranità alimentare e resilienza dei sistemi produttivi*, 2015 Fondazione Giangiacomo Feltrinelli, p. 22.
- L. Bernardini, F. Ciannavei, D. Marino, F. Spagnuolo, *Lo scenario dell'agricoltura biologica in Italia*, 2006, INEA.
- Consiglio d'Europa, *Carta Europea del Suolo*, 1972.
- Crea, *L'agricoltura italiana conta 2017*, 2017.
- C. Peano, F. Sottile, *Agricoltura slow, 2017*, Slow Food Editore.
- C. Petrini, *Bilancio sociale 2016*, Fondazione Slow Food per la Biodiversità ONLUS.
- Documento del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, *Linee guida per lo sviluppo dell'agricoltura di precisione in Italia*, settembre 2017.
- S. Gatto, *Applicazione delle tecnologie di Agricoltura di Precisione nella coltivazione del Mais in una azienda cerealicola-zootecnica*, 2013.
- IPCC Report, *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis*, 2013.
- ISTAT, *Annuario Statistico Italiano*, Roma, 2017.
- Sinab, Mipaaf, ISMEA, CIHEAM, *Bio in cifre 2017*, luglio 2017, Sinab.
- Thomas, V.G., Kevan, P.G., *Basic principle of agroecology and sustainable agriculture*, in "Journal of Agricultural and Environmental Ethics", 1993, pp. 1-19.
- S. Vandana, *Monocolture della mente. Biodiversità, biotecnologia e agricoltura scientifica*, Torino, 1995, Bollati Boringhieri.
- Wilson e. O., *La diversità della vita*, 1993, Rizzoli.

Parte II

AIAB, *L'agricoltura biologica. Fondamenti e norme*, 2016.

B. Mollison, R. Mia Slay, *Introduzione alla permacultura*, 2008, Editrice Aam Terra Nuova.

Decreto Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali n. 18354 del 27/11/2009.

C. Peano, F. Sottile, *Agricoltura slow*, 2017, Slow Food Editore.

Regione Toscana, Giunta Regionale, *Un seme, un ambiente. Manuale di autoproduzione delle sementi*, Dipartimento Agricoltura e Foreste, UniFi, 1995.

Parte III

L. Brussaard, *Biodiversity and Ecosystem Functioning in Soil*, in "Springer", Vol. 26, No. 8 (Dec., 1997), pp. 563-570.

V. Papanek, *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change*, 1972, New York, Pantheon Books.

I. Zonda, Grüt: *A Gardening Sensor Kit for Children*, in "Sensors" 2016, N. 16, pp. 231-243.

S.i.n.a.b., *Il biologico Italiano, BIO in cifre*, Sinab, 2017.

Parte IV

Andrea Garrapa, *LoRa contro NB-IoT: qual è la migliore LPWAN per IoT?*, Firmware, N° 147, Luglio 2018, pp. 33-36.

H.M. Jawad, R. Nordin, S.K. Gharghan, A.M. Jawad, M. Ismail, *Energy-Efficient Wireless Sensor Networks for Precision Agriculture: A Review*, in "Sensor 2017", 17, 1781.

C. Rowland, E. Goodman, M. Charlier, A. Lui, A. Light, *Designing connected products. A Curated Collection of Chapters from the O'Reilly Design Library*, 2015, O'Reilly Design Library.

Sitografia

Introduzione

<http://www.assolombarda.it/servizi/ambiente/documenti/rapporto-geo-sulla-circular-economy>
<http://www.ellenmacarthurfoundation.org>
https://it.wikipedia.org/wiki/Design_sistemico
<http://www.systemicdesign.org>

Parte I

<http://www.slowfood.com>
<http://www.sustainabledevelopment.un.org>
<http://www.economiacircolare.com>
<http://www.un.org/en/index.html>
http://www.ec.europa.eu/info/business-economy-euro/economic-and-fiscal-policy-coordination/eu-economic-governance-monitoring-prevention-correction/european-semester/framework/europe-2020-strategy_it
<http://www.crea.gov.it>
https://ec.europa.eu/agriculture/organic/organic-farming/what-is-organic-farming/producing-organic_it
<https://www.efanews.eu/it/item/900-g7-il-biologico-come-modello-di-sistemi-agricoli-sostenibili.html>
<http://feder.bio/la-storia-del-biologico-dal-bio-1-0-al-3-0>
<http://www.agricolturaorganica.org>
<https://www.istat.it>
<https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/11777> <https://www.foodweb.it>
<http://www.sinab.it>
<http://www.nomisma.it/index.php/it>

Parte II

<https://www2.unccd.int/actions/global-land-outlook-glo>
http://storico.coldiretti.it/organismi/inipa/area%20formazione/cd%20probio/files/06_prod_vegetale/06_06_prod_vegetale.htm
<https://www.aiablombardia.it/sovescio>
http://scs.entecra.it/semi_biologiche.htm
http://scs.entecra.it/semi_biologiche.htm
<https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/6760>
<https://www.partitodemocratico.it/politiche-2018/martina-agricoltura-alimentazione-ambiente-sviluppo-sostenibile-italia>
http://www.uniroma2.it/didattica/MA2/deposito/SENSORI_ELCH

Parte III

<https://citizensense.net>
<https://www.kickstarter.com/projects/2077260917/harvestgeek-brains-for-your-garden>
<http://www.aiabinpiemonte.it>
<http://www.fitodifesa.it/orticole/144-peperone.html>
<http://www.mdpi.com/journal/sensors>

Parte IV

https://it.wikipedia.org/wiki/Open_design
<https://blogs.cisco.com/author/dave-evans>
<https://www.internet4things.it/iot-library/internet-of-things-gli-ambiti-applicativi-in-italia>
<https://www.arduino.cc>
<http://fablabtorino.org/misura-dellumidita-del-terreno-la-ricerca>
<https://www.openhacks.com>
<http://fritzing.org/home>
<https://www.semtech.com/technology/lora>
<https://www.robot-italy.com/it/adafruit-feather-m0-with-rfm95-lora-radio-900mhz.html>
<https://lora-alliance.org/about-lora-alliance>
<https://material.io/design>
<https://marvelapp.com>
<https://cssauthor.com/smartphone-mockup-psd/#Samsung>

