NATURE RESTORATION LAW E PIANO NAZIONALE DI RIPRISTINO DELLA NATURA

Le proposte della Comunità Scientifica Agraria

Associazione Italiana Società Scientifiche Agrarie - AISSA

Accademia dei Georgofili

(Il presente documento è stato condiviso anche con l'Accademia Nazionale di Agricoltura e con il CONAF, Consiglio nazionale dell'Ordine dei dottori agronomi e forestali)

A cura di

Marco Marchetti, Fabio Salbitano, Claudia Arcidiacono, Rita Biasi, Stefano Bovolenta, Tommaso Chiti, Nicoletta Ferrucci, Carmelo Maucieri, Stefano Mocali, Renzo Motta, Alessia Perego

Aprile 2026

Indice

INTRODUZIONE 3
1. PRINCIPI E QUADRO CONCETTUALE DEL RIPRISTINO 6
2. PRIORITÀ ECOLOGICHE E CRITERI DI INTERVENTO 11
3. PIANIFICAZIONE E STRUMENTI OPERATIVI 13
4. I SISTEMI AGRICOLI 17
4.1 Infrastrutture agro-ecologiche e progettazione del paesaggio agrario 19
4.2 Infrastrutture idraulico-agrarie-forestali per la nature restoration dei territori 20
4.3 Biodiversità nei sistemi erbacei 21
4.4 Sul ripristino nei sistemi arborei 22
4.5 Indicatori di efficacia del ripristino idonei per gli agrosistemi arborei 25
5. I SISTEMI PASTORALI E ZOOTECNICI 25
5.1 Dinamiche di degrado e ruolo della gestione 26
5.2 Strategie e strumenti per il ripristino 27
5.3 Criticità e Governance 29
6. I SISTEMI FORESTALI 32
6.1 Degrado e ruolo della gestione forestale sostenibile e adattiva 33
6.2 Elementi strutturali chiave 35
6.3 Pianificazione e monitoraggio 36
7. GLI ECOSISTEMI URBANI 38
7.1 Dal verde alla foresta urbana, alle biocittà 38
7.2 Connessioni città–periurbano–rurale 40
7.3 Infrastrutture verdi, qualità ecologica e governance del ripristino 41
8. I SISTEMI AGRO-FORESTALI 43
8.1 Ruolo strategico nei paesaggi agrari complessi 44
8.2 Integrazione tra produzione e biodiversità e trade off 44
9. CONCLUSIONI 45
10. SCHEMI SINTETICI DI ESEMPI PER SITUAZIONI PRORITARIE 48
10.1 Intensificazione/abbandono in sistemi agricoli 48
10.2 Recupero in ecosistemi forestali 51
10.3 Agrosistemi arborei 52
10.4 Recupero suoli urbani 53
10.5 Sistemi pastorali e zootecnici 54
BIBLIOGRAFIA 55
NOTE 60

INTRODUZIONE

La *Nature Restoration Law* si configura come un imprescindibile avanzamento normativo nell'indirizzare le politiche europee verso un'accresciuta attenzione al ripristino degli ecosistemi e alla salvaguardia della biodiversità. In una prospettiva di ecologia applicata alla gestione delle risorse naturali, i sistemi produttivi agricoli, zootecnici, forestali italiani sono asset fondamentali per un partenariato strategico che si prenda cura di questo processo. Il momento iniziale di tale partnership è costituito dall'adozione di un approccio attuativo che riconosca e valorizzi le specificità dei nostri ecosistemi, le intrinseche differenze territoriali che li caratterizzano e, soprattutto, il ruolo insostituibile che agricoltori e selvicoltori svolgono quotidianamente nella gestione, presidio e cura del paesaggio rurale così come del paesaggio urbano.
Il Regolamento europeo sul ripristino della natura rende necessario chiarire il rapporto tra natura, processi ecologici e biodiversità, evitando sovrapposizioni generiche e automatismi interpretativi che individuino, nella gestione dei sistemi agrari, pastorali e forestali, componenti di mera conflittualità con i quadri ambientali.
Nel contesto italiano, la biodiversità non coincide con condizioni di naturalità intesa come assenza di intervento umano. I paesaggi italiani sono infatti, nella stragrande maggioranza, il risultato di una lunga e continua interazione tra processi ecologici e pratiche agricole, pastorali e forestali. In coerenza con quanto affermato dalla Convenzione Europea del Paesaggio, il paesaggio stesso è il prodotto dell'azione congiunta e dinamica di fattori naturali e antropici, e non può essere interpretato come una realtà statica o "cristallizzata". Numerosi habitat oggi riconosciuti come di elevato valore conservazionistico derivano dalla gestione storica del territorio e dalla sedimentazione di pratiche produttive. Sono paesaggi colturali e culturali. La loro persistenza è spesso strettamente legata al mantenimento di tali pratiche, che hanno contribuito a costruire sistemi complessi, esito di processi di coevoluzione tra attività umane e dinamiche ecologiche nel lungo periodo. In questo senso, la biodiversità italiana è in larga misura una biodiversità "bio-culturale", generata e mantenuta all'interno di paesaggi storicamente abitati e produttivi.
È inoltre fondamentale riconoscere che qualsiasi strategia di ripristino e salvaguardia della biodiversità e dei processi ecologici deve confrontarsi con la natura dinamica dei paesaggi e con le trasformazioni storiche che li hanno caratterizzati. La ricerca sul paesaggio ha infatti messo in discussione l'idea di un passato stabile e armonico contrapposto a un presente degradato: i paesaggi, anche in epoche preindustriali, sono stati soggetti a cambiamenti talvolta rapidi e profondi (Renes, 2015). Ne consegue che la conservazione non può essere intesa come ritorno a uno stato originario o come semplice mantenimento di una configurazione storica, ma come gestione del cambiamento, capace di integrare continuità e trasformazione, nella sostenibilità del funzionamento dei processi e dei sistemi ecologici.
In questo quadro, l'agricoltura, la selvicoltura e, più in generale, le attività del settore primario assumono un ruolo centrale. Esse non solo riguardano una porzione significativa della superficie nazionale, ma hanno storicamente plasmato - e continuano a plasmare - la fisionomia del territorio attraverso una pluralità di sistemi colturali. La marcata

eterogeneità del paesaggio italiano, interpretabile come un mosaico funzionale composto da boschi e foreste, coltivi, siepi, filari arborei, pascoli, boschetti, infrastrutture idraulico-agrarie e sistemazioni del suolo (come terrazzamenti e lunette), rappresenta l'esito di una lunga interazione tra pratiche produttive e processi ecologici, più che una semplice sovrapposizione di elementi antropici.
Disconoscere questa dimensione significa adottare un'idea astratta e decontestualizzata di natura, che tende a separare artificialmente la biodiversità dai contesti socio-economici che ne hanno consentito la formazione e la conservazione. Una simile impostazione rischia inoltre di tradursi in politiche di tutela orientate a "fermare" i processi in atto o a ripristinare configurazioni del passato non più esistenti, in contrasto con i principi stessi della cura dinamica del paesaggio e delle sue componenti.
In molte aree del Paese, questo equilibrio complesso è stato progressivamente compromesso a partire dalla seconda metà del Novecento, in seguito alla polarizzazione tra abbandono delle aree rurali marginali, intensificazione produttiva e consumo di suolo. Le opere di sistemazione idraulico-agrario-forestale, diffuse per secoli nelle aree collinari e montane, rappresentano un patrimonio fondamentale nella gestione e tutela del territorio. Terrazzamenti, muretti a secco, canalizzazioni e sistemi di regimazione delle acque venivano realizzati e mantenuti con cura dalle comunità rurali, che attraverso pratiche tramandate nel tempo garantivano l'equilibrio tra attività umane e ambiente naturale. Con il progressivo abbandono delle aree interne e delle attività agricole tradizionali, molte di queste opere sono state trascurate o lasciate al degrado. La perdita di manutenzione ha contribuito ad aumentare la vulnerabilità dei versanti, favorendo fenomeni di erosione, frane e dissesti idrogeologici. Nonostante la condizione di abbandono, queste sistemazioni conservano ancora oggi un elevato valore, non solo storico e paesaggistico, ma soprattutto funzionale. Se recuperate e integrate nelle politiche di gestione del territorio, possono svolgere un ruolo chiave nella mitigazione del rischio idrogeologico, contribuendo alla stabilità dei suoli, al controllo delle acque e alla resilienza complessiva degli ecosistemi montani e collinari.In tale quadro, è opportuno sottolineare il ruolo dei fabbricati rurali come elementi strutturali del paesaggio agrario storico. Essi rappresentano non solo testimonianze materiali delle pratiche produttive, ma anche nodi funzionali nella gestione del territorio, contribuendo alla continuità delle attività agricole e alla conservazione dell'identità paesaggistica. La loro valorizzazione e riqualificazione dovrebbe essere parte integrante delle strategie di ripristino e pianificazione territoriale.Accanto agli elementi naturali e seminaturali del mosaico agrario, i fabbricati rurali e le infrastrutture storiche (cascine, poderi, sistemi di gestione idraulico-agraria) costituiscono componenti fondamentali del sistema socio-ecologico. Essi svolgono una funzione di presidio territoriale e di supporto alle pratiche agricole, contribuendo indirettamente alla conservazione della biodiversità e alla resilienza dei sistemi rurali.
Il consumo di suolo rappresenta una delle principali criticità riconducibili a processi di pianificazione urbanistica non sempre coerenti con gli obiettivi di sostenibilità territoriale. In questo senso, il ripristino ecologico non può prescindere da una revisione degli strumenti urbanistici, orientata alla riduzione dell'espansione insediativa e al riuso delle aree già urbanizzate.

Tali processi hanno inciso profondamente sulla struttura del mosaico paesaggistico, riducendone la diversità e alterando quelle relazioni tra elementi naturali e antropici che costituiscono il fondamento della biodiversità.
È in fondo il dibattito aperto su integrazione *vs.* segregazione *(sharing-sparing)*[1] che riguarda anche il modo in cui conciliare produzione agricola e conservazione della biodiversità (Sidemo-Holm, Ekroos, and Smith, 2021). Proporre di concentrare la produzione in aree ad alta intensità per "risparmiare" altre superfici da destinare esclusivamente alla natura. O integrare elementi di biodiversità all'interno delle aree produttive, promuovendo sistemi agricoli meno intensivi e strutturalmente più complessi. Nei paesaggi europei caratterizzati da elevata frammentazione e da una storica compenetrazione tra sistemi naturali e produttivi, la letteratura recente evidenzia come approcci puramente orientati all'uno o all'altro risultino spesso insufficienti. In tali contesti, una strategia ibrida appare più efficace (Augustiny et al., 2025), combinando la tutela o il ripristino di nuclei di habitat ad alta naturalità con l'integrazione di elementi ecologici funzionali all'interno della matrice agricola. Questa configurazione consente di rafforzare la connettività ecologica, sostenere i servizi ecosistemici e mantenere la produttività, promuovendo al contempo resilienza territoriale e adattamento ai cambiamenti climatici. In questa prospettiva, risulta opportuno citare i rischi di una visione ideologica del ripristino, che tende a identificare automaticamente la riduzione o la sola cessazione delle attività produttive con un miglioramento dello stato di conservazione. Nei nostri paesaggi italiani, tale approccio rischia spesso di produrre effetti opposti a quelli desiderati, determinando la perdita di nicchie e habitat nonché l'omogeneizzazione strutturale degli ecosistemi e la riduzione della biodiversità funzionale. Condizioni di elevata biodiversità derivano da disturbi intermedi e da una gestione estensiva, mentre sia l'intensificazione sia l'abbandono possono determinare perdita di funzionalità ecologica. Approcci più prossimi alla natura risultano efficaci quando contribuiscono a mantenere l'eterogeneità strutturale, la connettività ecologica e i processi ecosistemici, integrando obiettivi di conservazione e produzione in una prospettiva dinamica e contestuale.
Il ripristino dovrebbe pertanto essere inteso come processo guidato, fondato su conoscenze ecologiche e storiche, e non come semplice sottrazione dell'uso umano del territorio, pur possibile in ambiti determinati e circoscritti come specifica scelta gestionale. Se esistono certamente realtà produttive delle quali non possiamo non riconoscere l'insostenibilità ambientale e che vanno identificate quali spazi prioritari per le attività di ripristino ecologico e funzionale, va d'altra parte deciso cosa intendiamo per degrado[2] e su quale traiettoria evolutiva si possano indirizzare le azioni di diminuzione degli impatti e ripristino dei processi naturali. Va anche tenuto presente che al degrado ecologico corrisponde sempre quello sociale, e che la sostenibilità di processi produttivi adeguati e fondati su metodo scientifico e innovazione nella tradizione può aiutare a recuperare le dimensioni positive di relazione tra città e campagna, pianura e montagna che hanno messo in crisi l'identità di interi territori e certamente portato alla degenerazione dei processi ecologici.
In questo contesto, risulta necessario richiamare quanto esplicitamente previsto dal Regolamento sul ripristino della natura, che sottolinea l'importanza di garantire una transizione socialmente equa, anche attraverso un utilizzo appropriato degli strumenti di mercato e dei meccanismi di finanziamento verde (Considerando 85).

Le strategie di ripristino non possono infatti essere considerate indipendentemente dalla loro sostenibilità economica e sociale, né dalla capacità di mantenere attivo il presidio territoriale da parte degli operatori del settore primario. Interventi che determinino una riduzione non governata delle attività agricole o forestali rischiano di produrre effetti indesiderati, tra cui l'abbandono gestionale e la perdita di controllo sui processi ecologici. Tali dinamiche possono risultare particolarmente critiche nei contesti fluviali e nelle aree golenali, dove l'assenza di gestione attiva può favorire la diffusione di specie invasive alloctone, in contrasto con gli obiettivi di conservazione e ripristino. Ne deriva la necessità di integrare le politiche di ripristino con strumenti economici e gestionali coerenti, capaci di sostenere gli operatori e garantire la continuità delle funzioni ecologiche e produttive del territorio.

Tra i principali fattori di degrado e di compromissione dei processi ecologici ed ecosistemici — ancora insufficientemente riconosciuti nella consapevolezza collettiva — si annoverano il consumo e l'impermeabilizzazione dei suoli, la frammentazione ecologica e colturale, nonché la modifica degli assetti idrologici e cenologici. Tali trasformazioni hanno favorito, tra l'altro, la diffusione di specie opportuniste e generaliste, frequentemente invasive e di origine aliena.

1. PRINCIPI E QUADRO CONCETTUALE DEL RIPRISTINO

Il ripristino ambientale è un processo multi-scalare e adattivo che combina riduzione delle pressioni, recupero naturale e interventi attivi per ristabilire la funzionalità degli ecosistemi. Esso affronta diverse forme di degrado e mira a ricostruire sistemi ecologici in salute, resilienti, capaci di sostenere biodiversità, servizi ecosistemici e benessere umano. Le scale di azione dei percorsi di ripristino vanno dal livello di singolo sito ai contesti aziendali, dal paesaggio ad ambiti regionali di grandi dimensioni. In particolare, il ripristino ambientale concepito a scala di paesaggio è di particolare importanza poiché si fonda sul mosaico agrario e forestale come sistema complesso in cui coesistono superfici produttive, elementi naturali e infrastrutture ecologiche.

La pianificazione urbanistica assume un ruolo determinante nel garantire la coerenza tra scala locale e scala di paesaggio. Attraverso strumenti quali piani regolatori, piani territoriali e strumenti di coordinamento sovracomunale, è possibile integrare gli obiettivi ecologici con le dinamiche insediative, evitando frammentazioni e discontinuità nei sistemi ecologici.

La pianificazione urbanistica assume un ruolo determinante nel garantire la coerenza tra scala locale e scala di paesaggio. Attraverso strumenti quali piani regolatori, piani territoriali e strumenti di coordinamento sovracomunale, è possibile integrare gli obiettivi ecologici con le dinamiche insediative, evitando frammentazioni e discontinuità nei sistemi ecologici.

Un approccio progettuale integrato e sovra-aziendale consente di mantenere i processi ecologici e la biodiversità evitando una separazione artificiale tra sistemi naturali e produttivi, valorizzando il ruolo di agricoltura, zootecnia e selvicoltura nella gestione del territorio e nell'erogazione dei servizi ecosistemici. In tale prospettiva, la letteratura scientifica suggerisce di analizzare il funzionamento del mosaico agro-ecologico considerando eterogeneità strutturale, connettività ecologica, dimensione e forma delle patch e densità degli elementi lineari del paesaggio (siepi, filari, fossi, muretti a secco). Non

è infatti sufficiente la mera presenza di habitat: risultano determinanti la funzionalità ecosistemica e la distribuzione spaziale degli elementi naturali (Marchetti, 2024).

Gli indicatori di biodiversità previsti per il monitoraggio dei sistemi agricoli nell'art. 11 fanno attualmente riferimento a farfalle, stock di carbonio ed elementi del paesaggio ad elevata diversità; appare tuttavia necessario includere anche la biodiversità dei suoli agrari, considerando che il suolo ospita circa il 60% della biodiversità globale (Anthony et al., 2023). In questa prospettiva, dovrebbero essere integrati anche gli indicatori previsti dalla Direttiva (EU) 2025/2360 "Soil Monitoring and Resilience". Poiché la sua implementazione sarà affidata al MASE con il supporto scientifico dell'ISPRA, già coinvolti nell'attuazione della NRL, una convergenza tra tali strumenti rappresenterebbe un passaggio rilevante per rafforzare la valutazione dello stato ecologico dei sistemi agricoli. Le politiche di ripristino dovrebbero quindi riconoscere il suolo agricolo non solo come supporto fisico alla produzione, ma come componente dinamica nella mitigazione climatica e nella resilienza degli agroecosistemi, con implicazioni anche per la salute umana nel quadro del paradigma *One Health*.

La frammentazione costituisce uno dei principali fattori di perdita di biodiversità nei paesaggi agrari e forestali mediterranei. Oltre agli effetti di alcune normative generali (in particolare quelle successorie), le pressioni principali derivano ormai soprattutto dall'espansione delle strutture e infrastrutture urbane (*urban sprawl*), dalla polverizzazione delle terre insediate (*sprinkling*), dalle infrastrutture lineari e dalla intensificazione colturale collegata a processi di semplificazione. Parallelamente si osserva una progressiva ricomposizione forestale, mentre risultano sempre più frammentate le aree aperte - praterie, pascoli e radure nelle zone montane e collinari- e le coltivazioni di pianura e collina, soprattutto a causa dell'artificializzazione del territorio che frammenta paesaggi e fraziona proprietà. Il consumo di suolo produce effetti di degrado che si estendono oltre la superficie direttamente impermeabilizzata, contribuendo anche ai processi di abbandono colturale. Il nostro paese ha abbandonato da tempo lo studio e la rilevazione di dati sistemici sugli usi e la copertura del suolo a livello nazionale, ma il mondo della ricerca supplisce a questi vuoti, e numerosi studi mostrano che la diversificazione strutturale e compositiva del paesaggio agricolo rappresenta un fattore chiave per il ripristino dei processi ecologici e della biodiversità. Recentemente, oltre ai preziosi rapporti annuali tematici curati da ISPRA, è stata completata una revisione inventariale su base ortofotografica multitemporale che conferma questi *trend* generali, in forma sempre più evidente, come emerge dalla tabella seguente (Ottaviano et al., 2026). Dal 1990 ad

oggi, le aree urbane sono esplose, quelle forestali sfiorano i 12 milioni di ettari, mentre le aree agricole e pastorali collassano.

Categorie e sottocategorie IUTI	1990		2008		2022		Var. 1990-2022	
	Sup. ha	%	Sup. ha	%	Sup. ha	%	Sup. ha	%
Aree boscate	*9.149.378*	*30.35*	*9.632.528*	*31.95*	*9.946.146*	*32.99*	*796.768*	*2.64*
Bosco	9.129.005	30.28	9.614.287	31.89	9.882.603	32.78	753.598	2.50
Aree boscate temporaneamente prive di soprassuolo	20.373	0.07	18.241	0.06	63.543	0.21	43.17	0.14
Aree agricole	*14.099.808*	*46.77*	*13.065.378*	*43.34*	*12.703.678*	*42.14*	*-1.396.129*	*-4.63*
Seminativi e altre colture erbacee	11.372.042	37.72	9.992.777	33.14	9.646.978	32.00	-1.725.065	-5.72
Seminativi	11.019.751	36.55	9.378.151	31.11	9.134.293	30.30	-1.885.458	-6.25
Prati stabili	136.975	0.45	399.25	1.32	266.013	0.88	129.037	0.43
Risaie	215.316	0.71	215.376	0.71	246.672	0.82	31.356	0.10
Colture arboree	2.727.765	9.05	3.072.601	10.19	3.056.701	10.14	328.935	1.09
Arboricoltura da frutto e vivai	2.566.151	8.51	2.888.068	9.58	2.910.763	9.65	344.611	1.14
Oliveti	1.577.377	5.23	1.711.942	5.68	1.712.084	5.68	134.707	0.45
Vigneti	506.357	1.68	632.217	2.10	639.033	2.12	132.677	0.44
Agrumeti	174.145	0.58	56.882	0.19	81.634	0.27	-92.511	-0.31
Altri frutteti	308.273	1.02	487.028	1.62	478.012	1.59	169.739	0.56
Arboricoltura da legno	161.614	0.54	184.533	0.61	145.938	0.48	-15.676	-0.05
Praterie	*3.887.097*	*12.89*	*3.885.511*	*12.89*	*3.761.177*	*12.48*	*-125.92*	*-0.42*
Praterie pascoli ed incolti erbacei	2.085.946	6.92	1.810.459	6.01	1.726.752	5.73	-359.194	-1.19
Altre terre boscate	1.801.152	5.97	2.075.053	6.88	2.034.425	6.75	233.274	0.77
Zone umide ed acque	*579.946*	*1.92*	*574.461*	*1.91*	*583.283*	*1.93*	*3.337*	*0.01*
Urbano	*1.632.682*	*5.42*	*2.125.620*	*7.05*	*2.282.978*	*7.57*	*650.296*	*2.16*
Zone improduttive con vegetazione rada o assente	*799.765*	*2.65*	*865.176*	*2.87*	*871.413*	*2.89*	*71.648*	*0.24*

Un aspetto centrale nella definizione e valutazione degli interventi di ripristino riguarda l'uso integrato di indicatori di struttura del paesaggio (eterogeneità, densità di elementi semi-naturali, connettività), indicatori biologici (ricchezza e abbondanza di specie indicatrici), indicatori funzionali (carbonio organico del suolo, attività biologica, servizi ecosistemici) e indicatori di pressione gestionale (intensità degli input, carico di pascolo, dinamica dell'uso del suolo). Questo approccio consente di evitare interpretazioni semplificate e di distinguere traiettorie ecologiche divergenti, nelle quali sia l'intensificazione sia l'abbandono possono determinare condizioni di degrado, sebbene attraverso meccanismi differenti.
L'analisi quantitativa della struttura spaziale del paesaggio viene realizzata attraverso metriche paesaggistiche e indicatori di frammentazione, supportati da strumenti GIS e modelli spazialmente espliciti. Indici quali dimensione media delle patch, edge density, shape index, grado di isolamento, connettività strutturale e funzionale (es. indici di connettività grafica o least-cost path) consentono di descrivere e modellare il funzionamento del mosaico territoriale in relazione ai flussi ecologici. In questo quadro, interventi puntuali e non coordinati, realizzati "a macchia di leopardo", risultano generalmente poco efficaci nel ristabilire la continuità dei processi ecologici, in quanto non incidono in modo significativo sulla riduzione della frammentazione né sull'accessibilità degli habitat. Al contrario, approcci progettuali basati su analisi multicriteriali e modellazione spaziale permettono di individuare configurazioni ottimali per la realizzazione di reti ecologiche e infrastrutture verdi, massimizzando la connettività funzionale e l'efficienza degli interventi. Ne deriva la necessità di integrare sistematicamente metriche di paesaggio, modelli di connettività e strumenti di supporto alle decisioni nei processi di pianificazione e progettazione del ripristino, al fine di orientare le azioni verso assetti territoriali coerenti, continui e in grado di garantire nel tempo la funzionalità ecosistemica.
In questo contesto, il ruolo dei modelli – sebbene spesso implicito – assume una rilevanza centrale come elemento di connessione tra dati, scenari e decisioni. I modelli rappresentano infatti strumenti fondamentali per simulare alternative di intervento e

valutarne preventivamente gli effetti, configurandosi come componenti chiave dei sistemi di supporto alle decisioni (DSS). In tale prospettiva, la modellazione anche integrata dei processi (idrologici, ed eco-idrologici, idraulici, biologici, ecologici, e socio-ecologici, ecc.) mediante approcci *process-based*, empirici, ibridi, data-driven e basati su tecniche di intelligenza artificiale, si inserisce pienamente nelle strategie di gestione adattativa del territorio.
La modellazione dei processi, riproducendo il comportamento dei sistemi e delle loro dinamiche, consente di esplorare scenari alternativi, valutare ex ante le conseguenze delle diverse opzioni di intervento e rappresentare l'evoluzione dei sistemi territoriali nel tempo. Essa favorisce inoltre l'integrazione delle conoscenze provenienti da diversi ambiti disciplinari – dall'agricoltura all'economia, dall'urbanizzazione alla zootecnia, fino ai sistemi forestali – contribuendo a una visione sistemica e interdisciplinare. Allo stesso tempo, permette di individuare e quantificare le principali fonti di incertezza, orientare le attività di monitoraggio verso le variabili più significative e supportare in modo strutturato e trasparente le analisi di scenario, rafforzando così la solidità dei processi decisionali.
Va anche considerato che una quota del 20% di infrastrutture ecologiche - quali siepi, fasce tampone, boschetti, zone umide, prati permanenti e fasce ecotonali - incrementa significativamente biodiversità e servizi ecosistemici (Fahrig et al., 2017; Tscharntke et al., 2012; IPBES, 2019), ma a patto che tali elementi siano coerenti con le condizioni bioclimatiche locali, oggi in accelerata modificazione a causa della crisi climatica. Questa configurazione favorisce la presenza e la mobilità di impollinatori e predatori naturali, rafforzando il controllo biologico dei fitofagi e la stabilità delle rese nel medio periodo. Inoltre, una rete diffusa di elementi seminaturali migliora la connettività ecologica, aumenta la resilienza degli agroecosistemi agli eventi estremi e contribuisce alla regolazione idrologica, al sequestro del carbonio e alla protezione del suolo dall'erosione. In tale contesto, il recupero e lo sviluppo dei sistemi agroforestali rappresentano una strategia promettente per rafforzare la multifunzionalità dei paesaggi agricoli.
Un ulteriore aspetto cruciale riguarda la distinzione tra agroecosistemi intensivi ed estensivi. L'elevata eterogeneità dell'agricoltura italiana rende infatti inadeguata l'applicazione di approcci normativi uniformi. Nelle aree estensive, tipiche delle zone interne, la priorità dovrebbe essere il contrasto all'abbandono e il sostegno alle pratiche tradizionali, che già garantiscono elevati livelli di eterogeneità paesaggistica e biodiversità. L'abbandono delle attività agricole comporta spesso anche il degrado e la perdita del patrimonio edilizio rurale, e della funzionalità delle opere di sistemazione idraulico-agrario-forestale, con effetti negativi sia sul piano paesaggistico sia su quello funzionale. Il recupero dei fabbricati rurali deve essere considerato una leva strategica per il ripristino territoriale, in quanto favorisce il ritorno di attività produttive, il presidio del territorio e la conservazione dei sistemi agricoli tradizionali
Nelle aree ad agricoltura intensiva, invece, le strategie dovrebbero e possono (come dimostrato da AISSA nell'ultimo quaderno, Tagliavini et al., 2024) promuovere l'integrazione funzionale delle componenti di biodiversità grazie a elementi diversificati di rete ecologica e diversificazione colturale che comunque non comprometta, in modo sostanziale, la capacità produttiva.
In questo quadro, il tema delle rese agricole e della sicurezza alimentare assume una chiara dimensione globale. Un incremento della biodiversità ottenuto a scapito della produttività

genera infatti una paradossale contraddizione ambientale: la riduzione della produzione interna si traduce sistematicamente nell'aumento delle importazioni da Paesi caratterizzati da standard ambientali meno stringenti, con conseguente delocalizzazione degli impatti ecologici e incremento delle emissioni associate ai trasporti. Tale dinamica si collega al fenomeno della deforestazione incorporata nelle filiere globali, che l'Unione europea intende contrastare attraverso il Regolamento EUDR, altro tassello fondamentale del *green deal*.

La sfida, pertanto, non consiste nell'opporre biodiversità e produttività, bensì nel promuovere un modello di intensificazione sostenibile, capace di incrementare la produzione riducendo al contempo l'impiego di input e garantendo livelli adeguati e stabili di biodiversità. Il perseguimento di questo obiettivo richiede investimenti in innovazione agronomica, miglioramento genetico, agricoltura di precisione e gestione integrata del suolo e delle risorse idriche.

Una gestione adattativa, basata su monitoraggio continuo e adeguamento progressivo delle pratiche, consente di affrontare l'incertezza e la variabilità dei sistemi socio-ecologici, favorendo traiettorie di ripristino coerenti con le condizioni ambientali e con il mantenimento delle funzioni produttive. La modellazione dei processi, si inserisce pienamente nel paradigma della gestione adattativa, favorendo il collegamento tra attività di monitoraggio, analisi dei dati e processo decisionale.

Una criticità centrale riguarda tuttavia la carenza di conoscenze solide e omogenee sull'effettiva estensione delle aree degradate. In molti casi, infatti, non è chiaro quali sistemi possano essere realmente considerati degradati, né quali processi abbiano determinato la perdita di funzionalità ecologica. A ciò si aggiunge l'incertezza relativa ai tempi di recupero, che dipendono in misura rilevante dal contesto ambientale, dalla storia gestionale e dalle pressioni tuttora attive.

Particolarmente rilevante è inoltre la necessità di distinguere, all'interno della categoria generale di "degrado", situazioni ecologicamente e gestionalmente molto diverse tra loro. Il degrado derivante da pratiche produttive insostenibili, ad esempio, non può essere assimilato a quello conseguente all'abbandono gestionale. La mancata distinzione tra queste traiettorie conduce a diagnosi eccessivamente semplificate e, di conseguenza, a strategie di intervento poco efficaci, che rischiano di trattare in modo uniforme sistemi che richiederebbero invece approcci differenziati, soprattutto nei contesti mediterranei, dove la biodiversità è storicamente associata a sistemi agro-silvo-pastorali a gestione attiva.

La letteratura internazionale sottolinea come il degrado non costituisca una categoria univoca, ma debba essere interpretato come una perdita di funzionalità ecosistemica rispetto a uno stato di riferimento esplicitamente definito (IPBES, 2018). Viene privilegiato l'utilizzo di baseline funzionali, integrate con riferimenti storici e condizioni ecologiche locali, piuttosto che stati naturali teorici (Beller et al., 2020 https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00836). Questo approccio risulta particolarmente appropriato nei paesaggi europei, dove la configurazione attuale riflette una lunga coevoluzione tra sistemi naturali e pratiche antropiche. Viene inoltre evidenziata l'importanza di distinguere tra differenti linee di degrado - ad esempio intensificazione produttiva e abbandono gestionale - poiché esse generano configurazioni ecologiche, dinamiche evolutive e potenzialità di recupero profondamente differenti (Cramer et al., 2008).

In tale prospettiva, la definizione dei valori di riferimento rappresenta un nodo sia concettuale sia operativo di primaria importanza. L'obiettivo di ripristinare il 20% degli ecosistemi degradati entro il 2030 e il 100% entro il 2050 non può infatti fondarsi esclusivamente su criteri quantitativi o nominali, ma deve essere ancorato a una valutazione robusta dello stato di conservazione, della funzionalità ecologica e del ruolo che i diversi sistemi svolgono alla scala territoriale.
Sotto questo profilo, la coerenza tra il Regolamento sul ripristino della natura e le altre iniziative normative europee - in particolare la *Soil Monitoring Law*, le politiche sul *carbon farming* e la PAC - costituisce una condizione essenziale per evitare sovrapposizioni, conflitti tra obiettivi e dispersione delle risorse. Tale esigenza è peraltro coerente con le indicazioni contenute nello stesso Regolamento, che richiama esplicitamente la necessità di costruire sinergie con le altre politiche europee rilevanti ai fini del conseguimento dei suoi obiettivi (ad es. art. 14, par. 10 e par. 14), elementi che dovrebbero trovare un chiaro recepimento nella predisposizione dei piani di ripristino. In assenza di una gerarchia chiara delle priorità, il rischio è quello di perseguire obiettivi numerici formalmente coerenti con il regolamento, ma scarsamente efficaci - se non talvolta controproducenti - sul piano ecologico. La definizione dei valori di riferimento dovrebbe pertanto essere accompagnata da un esplicito e condiviso riordino delle pressioni e delle minacce, finalizzato a identificare i fattori che incidono maggiormente sulla perdita di biodiversità e di funzionalità ecosistemica nel contesto nazionale.
In questa prospettiva, assumono particolare rilievo anche le modalità di classificazione dello stato di conservazione. Recentissimamente, Mauser et al. (2026) hanno mostrato in modo convincente come l'elevata percentuale di habitat forestali classificati come in stato "cattivo" o "scarso" sia in larga misura riconducibile ad un artefatto metodologico. In particolare, gli autori evidenziano come le cosiddette *expert rules*[3] utilizzate nel metodo di valutazione producano effetti distorsivi, determinando una classificazione a cascata che tende a ricondurre un'ampia gamma di condizioni ecologicamente favorevoli entro categorie di stato di conservazione negativo. In vista dell'attuazione della *Nature Restoration Law,* una rappresentazione che attribuisca una quota molto elevata di habitat forestali agli stati "cattivo" o "scarso", associata a una bassa sensibilità del sistema di valutazione rispetto ai cambiamenti ecologici reali, risulterebbe di utilità limitata sia per la definizione delle priorità di intervento sia per un'allocazione efficiente delle risorse disponibili.

2. PRIORITÀ ECOLOGICHE E CRITERI DI INTERVENTO

Prima di tutto va fermato il consumo di suolo, che proprio nelle aree più comode e fertili sottrae alla produzione e ai servizi ecosistemici quote inarrestabili di suolo prezioso, nodo strategico di primaria importanza. Il suolo deve essere riconosciuto come elemento gerarchicamente prioritario nelle politiche di ripristino, in quanto risorsa naturale poco rinnovabile e principale serbatoio di carbonio degli ecosistemi terrestri, la sua degradazione compromette in modo irreversibile la possibilità stessa di ripristino ecologico. Qualsiasi strategia che non ponga il suolo al centro delle valutazioni rischia di intervenire sugli effetti senza affrontarne le cause strutturali.
Peraltro, allo stato attuale, in Italia, manca una normativa nazionale sul consumo di suolo.

Appare, in questa ottica, poco proficuo richiedere ulteriori sforzi agli agricoltori per integrare obiettivi ambientali (riconoscendo loro il ruolo insostituibile di "sentinelle" del

territorio anche in aree a bassa redditività) e al contempo consentire la continua e spesso indifferente e indiscriminata sottrazione di suolo agricolo con potenziale produttivo per usi edificatori o infrastrutturali. Ogni ettaro di suolo fertile impermeabilizzato costituisce una perdita permanente e irrevocabile di potenziale produttivo, di capacità di stoccaggio del carbonio e altri servizi ecosistemici oltre all'opportunità di ospitare biodiversità in forma integrata con le attività agricole.

Lo stato di conservazione nei sistemi agricoli, pastorali e forestali è caratterizzato da criticità di segno opposto: da un lato pratiche produttive non sostenibili, dall'altro l'abbandono delle attività di gestione. Gli indicatori utilizzati devono essere in grado di cogliere entrambe le dimensioni, evitando letture semplificate che associano automaticamente la cessazione delle attività produttive a un miglioramento dello stato ecologico. Un elemento trasversale che attraversa l'intero Piano di ripristino è rappresentato dai rischi di contraddizioni tra obiettivi ecologici, produttivi e sociali. Ogni azione di ripristino implica necessariamente delle scelte e delle rinunce, che devono essere rese esplicite e valutate in modo trasparente. Ignorare l'esistenza di tali *trade-off* rischia di produrre politiche formalmente coerenti, ma sostanzialmente inefficaci, o di spostare le pressioni ambientali da un comparto o da un territorio a un altro. In questo contesto, la modellazione e la simulazione dei processi complessi possono svolgere un ruolo determinante nel supportare una corretta quantificazione e interpretazione degli indicatori, consentendo di rappresentare in modo più realistico le dinamiche sottostanti e le interazioni tra le diverse componenti del sistema. Questi modelli matematici possono essere integrati nei sistemi di supporto alle decisioni (DSS).

L'ecologia applicata e la gestione adattativa rappresentano strumenti essenziali per orientare il ripristino nei sistemi agro-silvo-pastorali. Approcci più prossimi alla natura consentono di mantenere le funzioni produttive riducendo al contempo le pressioni sugli ecosistemi, valorizzando il ruolo delle pratiche tradizionali e adattandole ai cambiamenti ambientali e socioeconomici. La letteratura evidenzia che molte condizioni di elevata biodiversità derivano da disturbi intermedi[8] e da una gestione estensiva, mentre sia l'intensificazione sia l'abbandono possono determinare omologazione e perdita di funzionalità ecologica. La gestione adattativa, basata su modellazione dei processi, monitoraggio continuo e adeguamento progressivo delle pratiche, consente di affrontare l'incertezza e la variabilità dei sistemi socio-ecologici, favorendo traiettorie di ripristino progressivamente più efficaci e coerenti con le condizioni ambientali e con il mantenimento delle funzioni produttive. Approcci più prossimi alla natura risultano efficaci quando contribuiscono a mantenere l'eterogeneità strutturale, la connettività ecologica e i processi ecosistemici, integrando obiettivi di conservazione e produzione in una prospettiva dinamica e contestuale.

Nelle pagine che seguono, il concetto di "ripristino" non implica dunque il ritorno a ecosistemi indisturbati o alla natura selvaggia e incontaminata, non più presente da tempo neanche alle alte quote o in ambiti remoti. "Ripristinare", nei paesaggi agrari d'Italia, significa recuperare e potenziare la funzionalità ecologica, la diversità biologica e la capacità di adattamento alla crisi climatica all'interno di sistemi che sono intrinsecamente produttivi e "vissuti", e non sostituirli con scenari di abbandono, predisponenti disturbi estremi, o con una visione di natura scollegata dalle comunità locali. L'agricoltura e la selvicoltura multifunzionale italiana, se adeguatamente sostenuta da politiche coerenti e

adeguate, può e deve essere il motore di un processo di ripristino che sia capace di tenere insieme, in una sintesi virtuosa, la produzione di cibo e legno, la tutela del paesaggio, la conservazione della biodiversità e la vitalità socioeconomica delle aree rurali. Si inizi invece a ripristinare ciò che è stato degradato dall'artificializzazione e poi troppo spesso abbandonato senza processi di dismissione né ripristino dello stato dei luoghi. L'età industriale del paese è durata lo spazio di un mattino, nell'economia della storia del paese, e ora la logistica e il digitale con l'infrastrutturazione e l'espansione delle città rischiano di moltiplicare gli impatti all'infinito nelle regioni urbane che hanno sostituito le nostre poche regioni agricole altamente produttive.

3. PIANIFICAZIONE E STRUMENTI OPERATIVI

Il Piano di ripristino si inserisce in un quadro di strategie settoriali già attive, in particolare la Strategia europea per la biodiversità al 2030. I processi di pianificazione di area vasta devono integrare tali obiettivi con le esigenze produttive e di gestione del territorio, evitando che l'estensione delle aree protette si traduca in una concentrazione della tutela su sistemi già ampiamente rappresentati. Una pianificazione efficace deve considerare il territorio come un sistema socio-ecologico continuo, garantendo rappresentatività ecologica, connettività funzionale e integrazione tra aree protette e sistemi produttivi. La pianificazione di area vasta consente di considerare matrici agricole, forestali e urbane come parte del sistema ecologico, di affrontare le cause del degrado, di mantenere continuità ecologica e funzionale tra aree protette e territori produttivi, passando da una logica di conservazione "per siti" a una logica di gestione del paesaggio. Le strategie settoriali devono pertanto confrontarsi apertamente con i trade-off tra estensione delle aree protette, mantenimento delle attività produttive e gestione attiva del territorio. L'ampliamento delle superfici sottoposte a tutela rigorosa, se non accompagnato da una valutazione degli effetti sulla produzione e sull'uso del suolo, può generare effetti controproducenti, favorendo l'abbandono gestionale e la perdita di habitat semi-naturali.

L'identificazione delle aree da ripristinare richiede approcci basati su valutazioni multicriteriali, capaci di integrare aspetti ecologici, economici e sociali. Come già anticipato, è necessario distinguere tra degrado legato all'uso insostenibile delle risorse e degrado derivante dall'abbandono, che produce effetti rilevanti sulla biodiversità e sulla struttura del paesaggio. Poiché essi richiedono strategie di intervento diverse: riduzione delle pressioni e gestione sostenibile nel primo caso, interventi attivi di mantenimento o ricostruzione degli habitat semi-naturali nel secondo. La valutazione deve, inoltre, considerare il ruolo delle pratiche produttive tradizionali nella conservazione della biodiversità e della funzionalità ecosistemica, evitando approcci generici che separino artificialmente natura e attività umane. Analisi GIS multicriteriali, modelli basati sulla *Landscape suitability*[5], framework causali (es. modelli *Driver-Pressure-State-Impact-Response* - DPSIR), scenari e modelli di supporto alle decisioni (DSS) consentono di orientare il ripristino verso aree strategiche, massimizzando l'efficacia ecologica e la compatibilità socio-economica[6].

In questo quadro, la crescente disponibilità di modelli matematici applicabili a scala territoriale risulta fondamentale per tradurre i framework causali in strumenti operativi, consentendo la quantificazione degli indicatori, la simulazione degli scenari e

l'alimentazione delle analisi multicriteriali, che altrimenti rischierebbero di rimanere su un piano prevalentemente qualitativo.

L'adozione di approcci multicriteriali nella pianificazione urbanistica consente di integrare variabili ecologiche, ecoidrologiche, economiche e sociali nei processi decisionali. Ciò permette di superare una visione settoriale del territorio, orientando le scelte verso modelli di sviluppo più equilibrati e sostenibili (Tassinari et al., 2013). Framework causali, come i modelli DPSIR, rappresentano strumenti utili per individuare e ordinare le principali pressioni responsabili della perdita di biodiversità e funzionalità ecosistemica, consentendo di orientare le azioni di ripristino verso i fattori effettivamente limitanti. Questo approccio permette di superare una logica puramente quantitativa e di definire priorità di intervento coerenti con le specifiche condizioni ecologiche e gestionali del contesto nazionale.

Dati georiferiti derivanti da cartografia, GIS e telerilevamento rappresentano informazioni essenziali per: mappare in maniera dettagliata uso del suolo, copertura vegetale, infrastrutture e elementi naturali; quantificare l'estensione e la frammentazione degli habitat degradati; valutare la connettività ecologica e la distribuzione spaziale dei servizi ecosistemici; supportare modelli di *Landscape suitability* e analisi multicriteriali; simulare scenari di intervento e ottimizzare la pianificazione mediante DSS.

Nello scenario descritto, le Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (ICT) non devono essere considerate come semplici strumenti dotati di specifiche capacità applicative, quanto piuttosto come una infrastruttura integrata e trasversale. Il loro valore consiste nella capacità di rendere più solide e verificabili le attività di conoscenza ad esempio, la possibilità di mettere in relazione informazioni interoperabili provenienti da fonti diverse permette di costruire validi strumenti di supporto alle decisioni, oltre che la creazione di indicatori affidabili. L'impiego sinergico e coordinato di sensoristica avanzata, tecniche di monitoraggio e gestione dei dati consente di osservare con maggiore affidabilità le dinamiche dei sistemi agricoli, forestali, zootecnici, fluviali, periurbani e urbani. Ne deriva una migliore capacità di interpretare gli scenari territoriali e ambientali e di valutare gli eventuali effetti delle misure adottate. Un contributo rilevante delle ICT deriva inoltre dalla possibilità di archiviare e confrontare informazioni anche tra contesti e scenari territoriali differenti. In questa prospettiva, le ICT rafforzano il carattere adattativo della pianificazione, favorendo l'integrazione tra dati in situ e osservazioni da remoto e contribuendo in questo modo alla costruzione di basi informative condivise e potenzialmente interoperabili.

La pianificazione e la progettazione del paesaggio dovrebbero essere esplicitamente assunte come livello di integrazione tra usi del suolo e assetti insediativi, pratiche di gestione territoriali e obiettivi e prestazioni ecologiche. In tale prospettiva, il paesaggio non è soltanto il contesto entro cui localizzare misure di ripristino, ma la scala a cui verificarne la coerenza territoriale, la compatibilità socioeconomica, la continuità ecologica e la sostenibilità nel tempo. Ciò consente di superare approcci puntuali o frammentari e di orientare gli interventi verso configurazioni territoriali capaci di rafforzare allo stesso tempo biodiversità, resilienza ecosistemica e riconoscibilità dei caratteri identitari dei territori. Coerentemente con il quadro regolatorio europeo, le scelte progettuali devono essere accompagnate da criteri di priorità territoriale, da una chiara esplicitazione delle funzioni attese e da un raccordo stabile tra pianificazione paesaggistica e territoriale,

strumenti urbanistici, programmazione agricola e altri piani di settore in ambito agroforestale. La progettazione del paesaggio non dovrebbe limitarsi a prescrivere vincoli o a individuare aree di tutela, ma dovrebbe definire regole di trasformazione e di gestione capaci di accompagnare il cambiamento, ridurre le pressioni che generano degrado e costruire traiettorie di ripristino territorialmente differenziate, verificabili e socialmente praticabili.

Nonostante l'impostazione normativa della NRL sia coerente con il principio di concentrare gli sforzi nelle aree già riconosciute di valore conservazionistico, per poi estendere le misure di ripristino a tutte le altre, emergono alcune criticità operative e metodologiche. In primo luogo, la perimetrazione di molti siti *Natura 2000* comprende porzioni di territorio che presentano oggi un limitato grado di naturalità o di semi-naturalità, a causa di trasformazioni pregresse, usi agricoli intensivi o urbanizzazioni (Arcidiacono et al., 2018). Ciò può rendere complessa l'individuazione delle effettive aree prioritarie all'interno dei siti stessi e generare una discrepanza tra delimitazione amministrativa e qualità ecologica reale. In secondo luogo, gli strumenti conoscitivi disponibili non sono sempre omogenei o aggiornati o sono affetti da distorsioni. Inoltre, ulteriore elemento critico è la dipendenza delle analisi spaziali dalla scala di osservazione: indicatori quali la frammentazione e la connettività ecologica variano sensibilmente in funzione della risoluzione adottata, influenzando la definizione delle priorità, mentre le trasformazioni territoriali -legate a urbanizzazione, infrastrutturazione o cambiamenti nelle pratiche agricole- avvengono con rapidità. Nei processi tradizionali di pianificazione questo scarto temporale tra dinamica reale del territorio e rappresentazione cartografica comprometteva l'efficacia, così come l'assenza di integrazione di scenari climatici e approcci adattativi, con il rischio di pianificare ripristini non resilienti. In questo contesto, diventa essenziale l'adozione di modelli di pianificazione multiscala e adattivi, capaci di operare dal livello di sito a quello di paesaggio e di evolvere in funzione delle condizioni ambientali e gestionali. La crescente disponibilità di dati da telerilevamento ad alta risoluzione e aggiornamento continuo ha infatti ridotto in modo sostanziale lo scarto temporale tra dinamica reale e rappresentazione cartografica, consentendo il passaggio da strumenti statici a sistemi informativi territoriali dinamici. I nuovi approcci alla pianificazione e progettazione del ripristino si configurano pertanto come sistemi in continuo aggiornamento, basati sul monitoraggio delle performance degli interventi e sul feedback operativo, in grado di supportare processi decisionali adattativi e incrementare nel tempo l'efficacia ecologica e funzionale delle azioni intraprese.

Per quanto concerne la definizione delle priorità territoriali, i processi di selezione tendono a individuare le aree in cui il rapporto tra benefici ecologici attesi e costi di intervento risulta più favorevole e immediato. Questo approccio, sebbene razionale sotto il profilo tecnico-economico, può produrre effetti distorsivi. Si rischia di continuare a privilegiare territori già integri o caratterizzati da minori conflitti, spesso senza considerare la componente sociale o territoriale. Alcuni contesti marginali, di montagna o aree rurali interne o paesaggi agricoli tradizionali in declino, possono avere un valore culturale, identitario o socio-economico che non viene adeguatamente considerato dagli indicatori biofisici. Una pianificazione che non integri tali dimensioni rischia di rafforzare squilibri territoriali (e ridurre l'accettabilità sociale degli interventi). In relazione alla governance e

alla coerenza delle politiche pubbliche, le strategie di ripristino devono integrarsi con politiche agricole, forestali, energetiche, infrastrutturali e di sviluppo locale, in linea con le indicazioni formulate in tal senso dalla NRL. Infatti, in assenza di coordinamento intersettoriale, gli interventi rischiano di essere frammentati, contraddittori o privi di continuità finanziaria, compromettendone l'efficacia nel lungo periodo.

Il ripristino ecologico richiede anche una traduzione operativa in interventi progettati, dimensionati e realizzabili attraverso un approccio tecnico-ingegneristico. In tale prospettiva, assumono un ruolo centrale la progettazione delle opere di ingegneria naturalistica, le infrastrutture verdi e blu, l'applicazione di soluzioni basate sulla natura (*Nature-Based Solutions*, NBS) e l'impiego di tecniche ingegneristiche, che consentono di integrare funzionalità ecologica, stabilità strutturale e sostenibilità economica. La definizione di criteri tecnico-costruttivi, standard progettuali condivisi e protocolli di manutenzione rappresenta una condizione necessaria per garantire efficacia, durabilità e replicabilità degli interventi nel tempo.

Le analisi territoriali multicriteri dovrebbero costituire il supporto ordinario alla selezione e alla prioritarizzazione delle NBS, affinché la scelta delle misure dipenda da una valutazione comparata della loro potenziale efficacia. Integrando fattori e criteri territoriali, paesaggistici, legati al grado di impermeabilizzazione del suolo, climatici, ecologici, insediativi, di compatibilità con le attività produttive, socioeconomici, tali analisi consentono di individuare gli ambiti nei quali gli interventi basati sulla natura possono produrre il maggiore effetto in termini di ripristino, riduzione del rischio e benefici ecosistemici aggiuntivi. Le analisi multicriteria, oltre che in fase di pianificazione e localizzazione degli interventi, possono supportare il collegamento di misure, obiettivi, indicatori e monitoraggio, consentendo una dimostrazione territoriale della pertinenza delle NBS, della loro efficacia e coerenza con gli altri strumenti di pianificazione.

Anche la rinaturazione degli alvei fluviali ha implicazioni rilevanti per la biodiversità, la sicurezza idraulica e la qualità del paesaggio. Tuttavia, tali interventi devono essere inquadrati all'interno di una gestione integrata dell'intero bacino idrografico, che includa esplicitamente la sistemazione dei versanti ai fini della protezione idrogeologica, della riduzione del rischio idraulico, della conservazione del suolo e della regolazione delle risorse idriche, anche in termini di acqua verde. In questo contesto, assumono un ruolo centrale le tecniche di ingegneria naturalistica, a cui le NBS sono parzialmente sovrapponibili, capaci di coniugare stabilità dei versanti, controllo dei deflussi, incremento dell'infiltrazione e recupero delle funzionalità ecosistemiche. Gli interventi di rinaturalizzazione devono quindi favorire non solo il recupero delle dinamiche morfologiche naturali degli alvei, la continuità ecologica e la restituzione di spazi di mobilità ai fiumi, ma anche il riequilibrio dei processi idrologici e geomorfologici a scala di versante e di bacino. Ciò contribuisce alla laminazione diffusa delle piene, alla riduzione dei fenomeni erosivi, al miglioramento della qualità e disponibilità delle risorse idriche e alla valorizzazione paesaggistica. Tali azioni richiedono una pianificazione integrata alla scala di bacino idrografico, capace di coordinare tutela ambientale, sicurezza idraulica, gestione del suolo e attività produttive presenti nei territori circostanti. Un approccio sistemico, coerente con gli obiettivi della NRL, consente di interpretare fiumi e bacini come infrastrutture ecologiche multifunzionali, rafforzando la resilienza complessiva dei paesaggi e promuovendo modelli di sviluppo territoriale più sostenibili.

Le misure di ripristino devono infine comprendere sia interventi attivi sia forme di gestione passiva consapevole, che prevenzione dei disturbi come strategia di base. Le riserve latenti e le OECM[7] possono rappresentare strumenti utili, a condizione che siano inserite in una strategia di gestione chiara e non coincidano con un semplice abbandono del territorio. Nei diversi contesti territoriali, la conservazione e il ripristino possono combinare pianificazione attiva, con interventi diretti su habitat, specie e infrastrutture ecologiche, e pianificazione passiva, che favorisce processi naturali come successione controllata o gestione estensiva. Nelle aree protette e nella *Rete Natura 2000* la pianificazione attiva comprende restauro mirato e gestione di specie, mentre la pianificazione passiva sostiene il mantenimento di habitat e biodiversità tramite regole di uso sostenibile. Nei territori non protetti o OECM, le misure privilegiano approcci indiretti e adattativi, incentivando pratiche agricole sostenibili e infrastrutture ecologiche, garantendo continuità ecologica e integrazione con le attività produttive.

4. I SISTEMI AGRICOLI

I sistemi agricoli costituiscono una componente fondamentale del paesaggio italiano e della biodiversità associata. Il ripristino in ambito agricolo deve affrontare sia le criticità legate a modelli produttivi intensivi non sostenibili, sia quelle derivanti dall'abbandono delle superfici coltivate, in particolare nelle aree interne, collinari e periurbane. Nel contesto del consumo di suolo, la competizione per l'uso del suolo da parte degli impianti fotovoltaici contribuisce ad alimentare preoccupazioni per la salvaguardia del territorio agrario e della sua biodiversità, in quanto possibile causa della perdita o erosione di habitat naturali, di degrado del suolo e frammentazione del paesaggio. L'occupazione permanente del suolo può comportare alterazioni delle proprietà fisiche e biologiche del terreno (compattazione, modifiche del bilancio idrico, riduzione dell'attività microbica), oltre a contribuire alla frammentazione del paesaggio e alla discontinuità delle reti ecologiche. Tali effetti devono essere valutati attraverso approcci integrati che includano analisi di *Land Use Change* (LUC), indicatori di consumo di suolo e valutazioni dei servizi ecosistemici, mediante un approccio dinamico che consenta di superare la frammentazione della disponibilità di dati e introdurre un monitoraggio continuo, come più estesamente descritto in 4.1. In questa prospettiva, la riconversione di impianti fotovoltaici esistenti verso configurazioni agrivoltaiche avanzate rappresenta una strategia potenzialmente idonea a mitigare il consumo netto di suolo (*no net land take*)[4]. L'integrazione funzionale tra produzione energetica e attività agricola può consentire il mantenimento della capacità produttiva del suolo, la conservazione della sostanza organica, la regolazione del microclima e il ripristino di servizi ecosistemici quali impollinazione, regolazione idrica e sequestro di carbonio. Inoltre, una progettazione spaziale orientata alla connettività ecologica può contribuire a ridurre gli effetti di frammentazione, favorendo la continuità degli habitat.[5]

Nei sistemi agricoli, il *trade-off* principale riguarda il bilanciamento tra intensificazione produttiva e sostenibilità ecologica. Ridurre indiscriminatamente la produzione senza intervenire sui fattori strutturali di degrado non comporta necessariamente un miglioramento dello stato di conservazione, ma può tradursi in una delocalizzazione delle

pressioni ambientali e in una maggiore vulnerabilità dei sistemi territoriali. Il ripristino nei sistemi agricoli non può prescindere dalla sostenibilità economica delle aziende. La perdita di redditività rappresenta uno dei principali motori dell'abbandono, con conseguenze dirette sulla gestione del territorio e sulla biodiversità associata. In questo senso, tutelare la produzione agricola sostenibile non costituisce un obiettivo in contraddizione con il ripristino ecologico, ma una sua condizione necessaria. La meccanizzazione sostenibile, il minimo disturbo del suolo e lavorazioni conservative contribuiscono a preservare la struttura del terreno, la biodiversità del suolo e gli habitat semi-naturali, garantendo al contempo la continuità produttiva e favorendo processi di ripristino ecologicamente efficaci. Numerose soluzioni a supporto dell'attività agricola si basano sull'impiego di tecnologie digitali avanzate, in particolare nell'ambito dell'Agricoltura di Precisione (PA), che integra sistemi GPS, droni, piattaforme satellitari, sensori IoT (*Internet of Things*) e algoritmi di Intelligenza Artificiale (IA). Tali strumenti consentono di mappare il terreno, monitorare le colture in tempo reale e gestire gli input in modo sito-specifico, attraverso applicazioni a rateo variabile. A queste si affiancano soluzioni di robotica e automazione impiegate nelle operazioni di semina, diserbo meccanico, raccolta e monitoraggio.
L'integrazione di queste tecnologie con sistemi di supporto alle decisioni aziendali (*Decision Support Systems* – DSS) e con pratiche agronomiche più sostenibili consente di ridurre l'uso di input chimici, le emissioni di CO_2 — anche grazie alla diffusione di macchine agricole ibride ed elettriche — e il compattamento del suolo. Al contempo, tali approcci contribuiscono a migliorare l'efficienza produttiva e la sicurezza alimentare, in linea con gli obiettivi di sviluppo sostenibile delineati dall'Agenda 2030.
L'integrazione di queste tecnologie con DSS richiede l'implementazione di architetture modellistiche in grado di simulare in modo esplicito e coerente i processi idrologici, idraulici, ecologici e gestionali rilevanti. L'affidabilità dei DSS va di pari passo con la qualità della rappresentazione del sistema reale, configurata come *digital shadow*, costruita attraverso l'integrazione di dati osservati e modelli numerici opportunamente parametrizzati. In tale contesto, risultano imprescindibili procedure strutturate di data *quality assessment*, validazione e controllo di coerenza dei dati di monitoraggio, nonché fasi di calibrazione e validazione indipendente dei modelli, con esplicitazione delle incertezze associate alle simulazioni. In presenza di tali requisiti i DSS sono in grado di produrre output robusti e supportare efficacemente analisi di scenario e processi decisionali informati. Un'evoluzione dei DSS basati su *digital shadow* è rappresentata dai sistemi di *digital twin*, in cui la rappresentazione digitale del sistema è dinamicamente accoppiata al sistema reale attraverso flussi di dati quasi in tempo reale e tecniche di *data assimilation*. Questo consente aggiornamento continuo degli stati, calibrazione adattiva e supporto a decisioni operative e predittive. Tuttavia, allo stato attuale, l'applicazione dei digital twin risulta prevalentemente limitata a contesti a scala ridotta, dove infrastrutture IoT e sistemi di monitoraggio ad alta frequenza sono effettivamente disponibili. Di conseguenza, la loro efficacia dipende da requisiti stringenti in termini di qualità e continuità dei dati, robustezza modellistica e capacità computazionale.

4.1 Infrastrutture agro-ecologiche e progettazione del paesaggio agrario

Nel contesto dei sistemi agricoli contemporanei, le infrastrutture agro-ecologiche rappresentano un elemento strategico di progettazione del paesaggio agrario, con l'obiettivo di connettere la scala aziendale con quella territoriale. Tali infrastrutture comprendono reti ecologiche progettate, che comprendono siepi, filari alberati e fasce tampone, con funzioni multiple di connessione ecologica, mitigazione degli impatti agricoli e incremento della biodiversità funzionale. Parallelamente, le sistemazioni del suolo, quali terrazzamenti e opere di regimazione idrica, assumono un ruolo centrale nella stabilità idrogeomorfologica del sistema agricolo, contribuendo alla riduzione dell'erosione e al miglioramento della gestione delle acque superficiali. L'integrazione di queste strutture con pratiche di agricoltura di precisione e sistemi di gestione meccanizzata sostenibile consente di ottimizzare la produttività riducendo al contempo gli impatti ambientali, attraverso un controllo più accurato delle variabili spaziali e temporali della produzione. In questo senso, il progetto del paesaggio agrario diventa un progetto spaziale concreto, in cui infrastrutture ecologiche e infrastrutture produttive vengono co-progettate in maniera sinergica.

Un ulteriore livello di innovazione riguarda l'introduzione di sistemi avanzati di monitoraggio e modellazione del territorio agricolo. L'impiego di tecnologie come rilievi LiDAR, GIS e fotogrammetria consente di ricostruire con elevata precisione la morfologia del suolo e la struttura del paesaggio agrario e di valutare, anche in prima approssimazione, le dinamiche di incremento o decremento delle superfici forestali e delle zone umide, nonché la struttura del sottobosco e, più in generale, degli habitat. Questi dati possono essere integrati in modelli territoriali evoluti e *digital twin* del paesaggio rurale, in grado di simulare dinamiche idrologiche, produttive ed ecologiche.

Ridurre la capacità produttiva interna senza una visione globale comporta il rischio di trasferire le pressioni ambientali verso altri contesti geografici, spesso caratterizzati da standard ambientali più bassi e da impatti ecologici più elevati.

All'interno di questo approccio, risultano fondamentali indicatori di tipo morfologico, idrologico e strutturale, che permettono una valutazione integrata del sistema agricolo oltre i soli parametri biologici. Tale quadro metodologico rafforza il ruolo dell'agronomia, della progettazione del paesaggio come discipline operative, capaci di guidare interventi sostenibili e supportati da evidenze spaziali e dati ad alta risoluzione.

Nell'esempio relativo alla competizione per l'uso del suolo da parte degli impianti fotovoltaici e alla valutazione degli effetti derivanti, gli approcci integrati utilizzati devono essere resi dinamici e adattativi attraverso l'uso di strumenti di analisi geospaziale quali piattaforme *Web-GIS* interoperabili. Tali strumenti, basati su standard OGC (*Open Geospatial Consortium*), permettono l'integrazione di flussi di dati provenienti da diverse fonti e amministrazioni, facilitando l'integrazione di analisi basate su *Remote Sensing* multitemporali (es. dati e servizi derivanti dal programma spaziale dell'Unione europea Copernicus). Questo approccio consente di monitorare costantemente l'efficacia delle strategie di *Land use change* e di modellare la connettività ecologica e i servizi ecosistemici, garantendo che il ripristino dei sistemi agricoli risponda a criteri di priorità spaziale oggettivi e verificabili.

Esempi di traiettorie di ripristino evidenziano il passaggio: (1) da modelli produttivi intensivi non sostenibili a una pianificazione complessiva del sistema alimentare, in cui la riorganizzazione delle filiere e dell'uso del suolo consente di ridurre le pressioni ambientali e migliorare l'efficienza complessiva (Menconi et al. 2022); indicatori rilevanti includono il bilanciamento della domanda e dell'offerta alimentare a km0; la riduzione degli input chimici per unità di superficie, l'efficienza d'uso dei nutrienti (NUE), la variazione del carbonio organico del suolo e l'impronta ecologica delle produzioni; (2) da progetti di riqualificazione delle infrastrutture verdi frammentati a progetti multi-scala di valorizzazione del territorio, con indicatori quali incremento della connettività ecologica (indici di connettività strutturale e funzionale), aumento delle connessioni delle infrastrutture progettate con le risorse economico-agrarie dei territori attraversati; aumento della densità di elementi semi-naturali e miglioramento degli indici di diversità del paesaggio; (3) da progetti di edilizia rurale efficienti esclusivamente dal punto di vista funzionale a progetti a bassa richiesta energetica; indicatori comprendono la riduzione del fabbisogno energetico, il bilancio energetico netto, le emissioni di gas serra associate e l'efficienza complessiva dei sistemi produttivi integrati.

4.2 Infrastrutture idraulico-agrarie-forestali per la nature restoration dei territori

Nel contesto della *nature restoration* dei sistemi agricoli contemporanei, le sistemazioni idraulico-agrario-forestali rivestono un ruolo strategico, contribuendo alla resilienza climatica, alla tutela delle risorse idriche e alla rigenerazione ecologica dei territori. In particolare, questi interventi ed infrastrutture permettono di integrare produzione agricola, gestione sostenibile dell'acqua e conservazione degli ecosistemi, sia in ambito rurale sia nei contesti periurbani e urbani sempre più esposti a pressioni idrologiche e ambientali. Tali infrastrutture comprendono sistemi di raccolta e stoccaggio delle acque meteoriche (cisterne, bacini aziendali, laghetti collinari); reti irrigue efficienti (microirrigazione, subirrigazione, sistemi a goccia intelligenti); opere di drenaggio superficiale e sotterraneo; fasce tampone vegetate e sistemi agroforestali; interventi di rinaturalizzazione dei corsi d'acqua e di riqualificazione fluviale; opere di sistemazione idraulico-forestale con tecniche di ingegneria naturalistica (briglie, palificate, graticciate vive); infrastrutture verdi urbane (rain gardens, tetti verdi, trincee drenanti, sistemi di infiltrazione); sistemi per il riuso delle acque reflue trattate e delle acque non convenzionali; bacini di laminazione e opere per la gestione sostenibile del deflusso urbano (SUDS). Operativamente, queste metodologie si applicano innanzitutto attraverso la modellazione e il monitoraggio dei processi idrologici nei sistemi agro-forestali. L'utilizzo combinato di telerilevamento, sensori in situ e traccianti consente di acquisire dati ad alta risoluzione sulle dinamiche di infiltrazione, evapotraspirazione e deflusso. Queste informazioni permettono di comprendere meglio il funzionamento del sistema suolo-vegetazione-atmosfera e di individuare criticità e potenzialità. Il risultato atteso è una maggiore capacità previsionale e decisionale, che si traduce in interventi più mirati ed efficaci, capaci di ridurre gli sprechi idrici, aumentare la ritenzione nel suolo e ristabilire regimi idrologici più naturali.
Parallelamente, la progettazione e la gestione di opere e impianti per la captazione, l'accumulo, il trasporto, la distribuzione, il recupero, il trattamento naturale e il riuso delle risorse idriche rappresentano un passaggio fondamentale. L'integrazione di sistemi come

bacini di accumulo, reti distributive efficienti e impianti di fitodepurazione consente di valorizzare anche risorse non convenzionali, chiudendo i cicli dell'acqua all'interno dei sistemi produttivi. L'applicazione di queste soluzioni porta a una riduzione della pressione sulle risorse idriche naturali, a un miglioramento della qualità delle acque e a una maggiore autosufficienza dei sistemi agricoli, contribuendo al contempo alla rigenerazione degli ecosistemi acquatici e terrestri.
Un ulteriore aspetto riguarda lo sviluppo e l'ottimizzazione dei sistemi irrigui e di bonifica idraulica. La progettazione di impianti irrigui e di drenaggio adattati alle specifiche condizioni climatiche e pedologiche consente di modulare l'apporto idrico in funzione delle reali esigenze colturali e delle caratteristiche del suolo. L'adozione di tecnologie di irrigazione di precisione permette di incrementare l'efficienza d'uso dell'acqua, riducendo perdite e fenomeni di ristagno o salinizzazione. I benefici attesi includono un miglioramento della produttività agricola, una maggiore resilienza agli stress idrici e una riduzione degli impatti ambientali legati all'uso eccessivo o improprio di input idrici.
Infine, la difesa del suolo e la tutela delle risorse idriche costituiscono un pilastro essenziale per la nature restoration. L'applicazione di misure di adattamento ai cambiamenti climatici e l'adozione di soluzioni basate sulla natura (Nature-Based Solutions, NBS) permettono di intervenire sui processi di erosione, sul controllo del deflusso e sulla stabilizzazione dei versanti. Interventi come le sistemazioni idraulico-forestali, l'ingegneria naturalistica e la riqualificazione della rete idrografica nei bacini periurbani, collinari e montani contribuiscono a ridurre il rischio idrogeologico e a ripristinare la continuità ecologica. I risultati attesi comprendono il miglioramento della qualità del suolo, l'aumento della biodiversità, la riduzione dei fenomeni erosivi e una maggiore capacità dei territori di assorbire e regolare gli eventi estremi, con benefici diffusi sia per gli ecosistemi sia per le comunità umane.
A supporto della scelta degli interventi, del monitoraggio e delle fasi di progettazione e manutenzione, sono oggi disponibili numerose tecnologie e strumenti avanzati. Tra questi si evidenziano i sistemi informativi geografici (GIS) e i modelli digitali del terreno, i modelli idrologici e idraulici distribuiti, le piattaforme di telerilevamento satellitare e da drone, le reti di sensori IoT per il monitoraggio in tempo reale, i sistemi di supporto alle decisioni (DSS) e le tecniche di intelligenza artificiale e *machine learning* per l'analisi predittiva. Inoltre, strumenti BIM (*Building Information Modeling*) e *digital twin* territoriali consentono una gestione integrata e dinamica delle infrastrutture idrauliche nel tempo, migliorando l'efficienza degli interventi e la sostenibilità complessiva dei sistemi agro-ambientali.

4.3 Biodiversità nei sistemi erbacei

Focalizzandoci sui sistemi a colture erbacee, la biodiversità può ridursi sia in condizioni di forte intensificazione sia in situazioni di abbandono, ma attraverso processi ecologici differenti.

1) Nel caso dell'intensificazione spinta, come in una monocoltura continua di mais destinata a insilato, la semplificazione è strutturale e funzionale. La coltivazione ripetuta della stessa specie, associata a lavorazioni profonde, fertilizzazione minerale elevata e

diserbo chimico sistematico, riduce la componente floristica spontanea e riduce drasticamente l'eterogeneità dell'habitat edafico. Questo comporta:

· riduzione della diversità di specie erbacee e artropodi;
· semplificazione delle reti trofiche;
· diminuzione della biomassa microbica e della diversità funzionale del suolo;
· omogeneizzazione del paesaggio agrario.

Inoltre, la continuità colturale e l'assenza di rotazione riducono la diversità radicale e la varietà di apporti organici, influenzando negativamente la struttura del suolo e la sua capacità di stoccaggio del carbonio. La biodiversità viene quindi compressa dalla pressione selettiva esercitata dalle pratiche agronomiche.

2) All'estremo opposto, l'abbandono di superfici precedentemente coltivate a erbacee non garantisce automaticamente un aumento stabile della biodiversità. Nelle prime fasi possono aumentare il numero di specie, ma spesso si assiste alla dominanza di alcune specie avventizie come Sorghum halepense, Setaria spp. o Cynodon dactylon, che tendono a monopolizzare le risorse e a ridurre la diversità funzionale del sistema. In assenza di gestione:

· si perde la regolazione delle dinamiche competitive;
· la successione può essere lenta e discontinua;
· aumentano i rischi di disfunzioni (es. instabilità idrologica);
· si interrompe la produzione agricola e la fornitura di servizi ecosistemici legati all'agroecosistema, in primo luogo la produzione alimentare. L'abbandono, quindi, può generare una fase di instabilità ecologica, con traiettorie imprevedibili e non necessariamente orientate verso sistemi ad alta qualità ecologica.

3) Un sistema intermedio di gestione adattativa sostenibile può invece rappresentare una condizione ottimale per il mantenimento o il miglioramento della biodiversità. In un sistema erbaceo questo può tradursi, ad esempio, in:

· rotazioni colturali diversificate (mais–frumento–leguminose);
· introduzione di colture di copertura (es. senape, veccia villosa, trifoglio incarnato, segale);
· riduzione delle lavorazioni (minima lavorazione);
· gestione integrata delle infestanti;
· mantenimento di fasce inerbite e bordure ecologiche. Queste pratiche aumentano l'eterogeneità temporale (diversità delle colture nel tempo) e spaziale (presenza di microhabitat), favorendo:
· maggiore diversità microbica e macrofaunistica del suolo;
· miglior equilibrio nei cicli dell'azoto e del carbonio;
· incremento degli impollinatori e degli antagonisti naturali;ù
· maggiore resilienza a stress climatici e biotici. In questo contesto, la biodiversità non è né soppressa dall'intensificazione né lasciata all'evoluzione casuale dell'abbandono, ma viene integrata nella funzionalità produttiva del sistema, contribuendo alla stabilità biogeochimica e alla multifunzionalità dell'agroecosistema.

4.4 Sul ripristino nei sistemi arborei

Dato l'obiettivo iniziale della soglia del 20% degli ecosistemi degradati da recuperare nel breve periodo (2030), elemento cardine del PNR è la definizione di criteri di priorità di

intervento. I sistemi arborei (colture legnose agrarie), per la loro importanza ai fini della sostenibilità ambientale e il ruolo in quanto colture permanenti per lo sviluppo di sistemi alimentari più sostenibili, possono essere individuati come ecosistemi agricoli di primaria importanza ai fini del piano di ripristino della Natura. I servizi ecosistemici e culturali associati ai sistemi arborei sono ampiamente documentati dalla ricerca scientifica e dalla letteratura che li ha indicati come sistemi strategici, oltre che per le produzioni agroalimentari alla base della cultura alimentare Mediterranea, anche per lo stoccaggio del carbonio e il *carbon farming*, la salvaguardia della biodiversità, il controllo dei ciclo dell'acqua, la stabilità idrogeologica, la tutela delle culture e tradizioni rurali, la resilienza dei paesaggi italiani. Le colture legnose agrarie, pur rappresentando meno il 17,4% della SAU in Italia (7° Censimento generale Agricoltura – ISTAT 2020) sono presenti nel 71,4% delle aziende agricole. La loro diffusione e la tendenza all'erosione della superficie (- 8,2% ISTAT 2020; -11% AISSA 2025) li rendono ambiti di prioritario interesse.
Il ripristino di questi ecosistemi, se degradati, è intrinsecamente complesso data l'architettura e struttura degli impianti arborei (organizzazione dello spazio e uso della SAU) e la loro localizzazione che non consente di considerarli separatamente da altri ecosistemi, che sono specificatamente oggetto di intervento nel PNR, in particolare gli ecosistemi costieri, quelli forestali e urbani. Il loro recupero funzionale travalica pertanto l'ambito circoscritto dello spazio agricolo e potenzialmente può arrecare benefici diffusi.
Le colture legnose agrarie presentano una geografia peculiare che su tutto il territorio nazionale le vede prevalere nei territori di collina e montagna, sia di aree interne (ad esempio zone appenniniche) che costiere, mentre la presenza nelle pianure o fondovalle è per lo più regionalizzata (es. Trentino-Alto Adige, Emilia-Romagna, Lazio, Puglia, Basilicata, Sicilia). A questa diversa distribuzione geografica possono essere attribuite tipologie prevalenti di degrado: i) l'abbandono nelle aree declivi (montagna interna e costiera) e ii) l'intensificazione colturale nelle aree di pianura[9]. Nel caso dell'abbandono, gli ecosistemi di transizione che si originano dalla mancata gestione delle colture arboree delle aree declivi (inclusi i terrazzamenti) determina l'instaurarsi di condizioni di elevata vulnerabilità quali il rischio di erosione e disfunzionalità del suolo, alterazioni idro-geomorfologiche, incendio, diffusione di specie invasive (comuni nei processi di rinselvatichimento). L'intensificazione colturale comporta invece, se non si adottano modelli agroecologici, quella semplificazione di agrobiodiversità (ecosistemica, specifica, genetica) fortemente impattante sulla qualità dell'ambiente. Nei sistemi semplificati dell'arboricoltura intensiva sono inoltre particolarmente attivi i fattori di degrado dovuti a cause fitosanitarie (patogeni e parassiti esotici o emergenti)[10], in grado di attaccare anche specie forestali e/o ornamentali limitrofe. Da un punto di vista metodologico, la priorità di intervento dovrebbe essere basata su criteri di urgenza, in base allo stato di degrado (parametri quantitativi) e alle caratteristiche geografiche. Gli ambiti di intervento prioritario (gerarchia delle priorità), per gravità delle implicazioni del degrado e per ricadute dei benefici derivabili dal ripristino, potrebbero essere:

- Aree declivi (interne e costiere) (con pendenza 30-45%)
- Fascia costiera (10 km dalla linea di costa) e piccole isole
- Aree periurbane

Data la definizione di questi ambiti geografici prioritari di intervento (aree declive, aree interne, costiere e piccole isole, periurbane), la quantificazione della superficie d'azione potrebbe derivare da una zonazione (valutazione multicriteriale) a scala regionale della distribuzione delle colture permanenti in delle aree a maggiore rischio:

- Frane
- Consumo di suolo
- Incendio
- Alluvioni (e cuneo salino)
- Alterazione climatiche[11] (maggiori variazioni nel regime termico e pluviometrico, incluse isole di calore urbane e peri-urbane)
- Alterazione SOC (desertificazione <1,5%)
- Concentrazione emissione GHGs
- Rischio erosione risorse genetiche agrarie[12]
- Spopolamento[13]

L'occorrenza di queste condizioni è associabile ad una ridotta resilienza dei sistemi arborei. Questa sovrapposizione di strati informativi consentirebbe una mappatura preliminare[14] (e relativa quantificazione dell'estensione superficiale) degli agroecosistemi arborei oggetto di ripristino, oppure attenzionati per la prevenzione del degrado, nonché la loro integrazione con modelli eco-idrologici e territoriali in grado di simulare i processi di bilancio idrico, erosione e dinamiche vegetazionali. Tale integrazione consente di superare una lettura puramente descrittiva e di supportare valutazioni multicriteriali basate su scenari simulati.

La prevenzione dei disturbi come strategia di ripristino della Natura si può applicare anche agli ecosistemi arborei. Gli agrosistemi arborei, nelle loro forme specializzate ma anche quando parte di sistemi agricoli eterogenei, sono usi del suolo in cui si riconosce più facilmente un'elevata complessità ecosistemica. Grazie ad una maggiore applicazione dei principi dell'agricoltura biologica e rigenerativa in filiere come quella olivicola, viticola e, in minor misura frutticola, sono spesso spazi ricchi di elementi caratteristici del paesaggio, aspetti strutturali della SAU riconosciuti come indicatori agro-ecologici (JRC, 2022). Siepi, filari alberati, gruppi di alberi, alberi isolati, fossati, terrazzamenti e muretti in pietra, margini dei campi sono prevalenti in alcuni paesaggi italiani, che a loro volta possono essere indicati di primario interesse per la prevenzione del degrado.

Azioni di salvaguardia dovrebbero interessare:

- il sistema dei terrazzamenti (paesaggio peculiare del sistema agricolo italiano per la verticalità del territorio nazionale)
- il sistema della coltura promiscua ad alberata (paesaggio peculiare della campagna italiana)
- i paesaggi rurali storici iscritti nel Registro Nazionale dei Paesaggi rurali storici (ONPR) (secondariamente i paesaggi GIAHS -FAO o UNESCO -limitrofi alla core area- o espressione di saperi ecologici tradizionali)
- la campagna periurbana[15]
- esemplari vetusti di fruttiferi

Per ciascuno di questi sistemi dovrà essere incentivata la gestione integrata del paesaggio (ILM), come approccio sistemico di intervento sullo spazio agrario, garante della introduzione e del mantenimento di biodiversità e di funzionalità ecologica.

Alcune misure possibili per il settore possono essere:

- sostegno alla conservazione delle risorse genetiche in *situ on-farm* e ai prodotti agroalimentari tipicie tradizionali
- sostegno al reddito delle piccole aziende familiari con deroghe per le modalità di accesso alle misure della PAC
- promozione delle pratiche di agricoltura rigenerativa (in combinazione fra loro)
- promozione di pratiche di risparmio idrico e di efficienza d'uso dell'acqua (agricoltura di precisione)
- ampliamento dell'adozione dell'*agroforestry* nei sistemi arborei intensivi e specializzati.
- estirpazione frutteti/vigneti abbandonati se prossimali a zone di attacco di patogeni o parassiti[16]

4.5 Indicatori di efficacia del ripristino idonei per gli agrosistemi arborei

Gli indicatori di efficacia del ripristino possono essere:

- complessità dell'agro-biodiversità (biodiversità funzionale)
- frequenza degli elementi caratteristici del paesaggio (filari alberati, alberi isolati, siepi, habitat naturali, ecc.)
- indici di biodiversità a scala di paesaggio (es. indice di metrica del paesaggio SDI)
- quantificazione dello stoccaggio del carbonio (INVEST o altri *software* a scala di paesaggio)
- carbonio organico del suolo
- indicatori di fertilità biologica del suolo (artropodi/microbica)
- frequenza degli impollinatori
- frequenza dell'avifauna (per il ruolo delle colture permanenti come spazi di nidificazione e sosta dell'avifauna)
- indicatori di qualità paesaggistica, valore estetico e culturale

5. I SISTEMI PASTORALI E ZOOTECNICI

Nello scenario nazionale, i sistemi pastorali e zootecnici contribuiscono a garantire l'integrità funzionale e la connettività ecologica di molti ecosistemi, risultando determinanti anche per il raggiungimento degli obiettivi di ripristino previsti dalla NRL. La ricchezza biologica di numerosi habitat è infatti l'esito di una coevoluzione millenaria tra processi naturali e pratiche agrosilvopastorali; in tali contesti, la "conservazione attiva" rappresenta la condizione necessaria per il raggiungimento e il mantenimento del "buono stato" ecologico richiamato dalla norma agli articoli 4 e 11. Va tuttavia considerato che l'analisi del ruolo dei sistemi agro-zootecnici nella funzionalità ecosistemica e nella tutela

della biodiversità, deve confrontarsi con le sfide poste da due traiettorie divergenti di degrado. Da un lato l'abbandono gestionale, tipico di molte aree montane e interne, *driver* di semplificazione strutturale e vulnerabilità sistemica; dall'altro l'intensificazione produttiva di pianure e di molti fondovalle, caratterizzata da eccessivi carichi animali, stanzialità e, in particolare per l'allevamento intensivo di monogastrici, da scarsi legami con le risorse locali.

Nella logica di un modello di "*agricultural rewilding*", finalizzato al recupero della funzionalità ecosistemica dei territori, in questo capitolo si propongono diverse misure per gli scenari di progressivo abbandono gestionale, come la valorizzazione della biodiversità genetica delle razze autoctone, l'adozione di approcci gestionali estensivi e biologici e la ricerca di una coesistenza con la fauna. Per gli scenari di zootecnia intensiva, l'implementazione della "zootecnia di precisione", in grado di migliorare l'efficienza alimentare e la gestione degli effluenti, mitigando al contempo le emissioni di gas serra e l'impatto dei nutrienti sui suoli, rappresenta la principale strategia di un possibile sviluppo in linea con gli obiettivi della norma.

Il successo di queste misure, che devono essere formalmente recepite nell'"Elenco Misure" del PNR, richiede una "*governance*" capace di favorire la redditività delle attività agro-zootecniche e di garantire una remunerazione adeguata dei servizi ecosistemici, riconoscendo nell'allevatore un "imprenditore agro-ambientale", figura centrale per il presidio territoriale.

5.1 Dinamiche di degrado e ruolo della gestione

Ripensare il binomio Natura-Biodiversità: il ruolo del pastoralismo

Il PNR offre l'occasione per una revisione critica dei concetti di "naturalità" e "biodiversità", andando oltre l'assunto ideologico che correla implicitamente l'abbandono antropico al recupero ambientale. Al contrario, numerosi habitat caratterizzati da formazioni erbose (Allegato I) sono biocenosi la cui integrità dipende strettamente da pratiche agricole tradizionali. In quest'ottica, il pastoralismo estensivo è un processo ecologico fondamentale per il mantenimento dei parametri di conservazione richiesti dalla norma. Pertanto, se da un lato non si intende sottovalutare l'impatto dell'intensificazione delle attività agro-zootecniche, che pure trova una ragion d'essere in rapporto ai ridotti tassi di autoapprovvigionamento nazionale per i prodotti di origine animale, dall'altro si ritiene indifferibile affrontare i problemi derivanti dal progressivo e poco contrastato abbandono dei territori meno agevoli da gestire.

Mentre nelle zone a elevata vocazione agricola l'efficienza rappresenta il cardine dello sviluppo sostenibile, in linea con il concetto di "intensificazione sostenibile" proposto da AISSA (Tagliavini et al., 2025), in altri contesti, quali la montagna e le aree interne, l'allevamento estensivo basato sul pascolamento e sulle pratiche tradizionali resta l'unica modalità di gestione capace di coniugare sforzo conservativo e finalità produttive (Battaglini et al., 2014). In tali ambiti, 'obiettivo si sposta dalla massimizzazione delle rese all'ottimizzazione della gestione delle risorse locali, garantendo la fornitura di molteplici servizi ecosistemici: dalle funzioni ambientali (biodiversità, sequestro del carbonio, regimazione idrica) a quelle paesaggistiche, culturali e, non ultime, produttive (Bengtsson et al., 2019; Ramanzin et al., 2021).

A livello nazionale esistono numerosi esempi di sistemi zootecnici a carattere estensivo o semi-estensivo che incarnano questo modello. Tra i primi si annoverano l'allevamento brado integrale del bovino maremmano e del bovino sardo. Tra i secondi, l'alpeggio estivo di razze locali di bovini da latte nell'arco alpino; l'allevamento di razze bovine da carne nella dorsale appenninica; la transumanza ovina nelle aree montane.

L'abbandono gestionale come minaccia ecologica

L'abbandono è il principale responsabile del degrado ecologico di una larga parte del territorio nazionale. Anche la NRL individua nel declino dell'agricoltura e della zootecnia estensiva una delle cause del deterioramento di diversi habitat di interesse comunitario. Numerose ricerche hanno ampiamente dimostrato come l'abbandono di molte aree montane, collinari e interne non rappresenti una circostanza intrinsecamente positiva per la conservazione della natura. Al contrario, la cessazione delle tradizionali pratiche agricole legate al pascolamento e alla praticoltura ha determinato la progressiva scomparsa delle aree aperte, con conseguente semplificazione del mosaico paesaggistico e perdita di connettività ecologica tra diverse componenti ambientali (Ronchi et al., 2014).

La cessazione del pascolamento, o la drastica riduzione del carico animale, favoriscono la colonizzazione degli spazi aperti da parte di specie vegetali competitive e dominanti, come nel caso dell'espansione della felce aquilina (*Pteridium aquilinum (L.) Kuhn*) e di diverse specie arbustive. La perdita di prati e pascoli è, inoltre, collegata a una significativa perdita di biodiversità, che coinvolge le componenti floristiche, l'entomofauna, l'avifauna nonché micro e macro-mammiferi (Perevolotsky et al., 1998). Il venir meno del presidio antropico priva il territorio della manutenzione attiva, accrescendone la vulnerabilità al dissesto idrogeologico e agli incendi, oltre a limitarne la fruizione per finalità ricreative, educative e turistiche.

Non trascurabili sono altresì gli effetti dell'abbandono sulla riduzione o scomparsa della biodiversità zootecnica, costituita da razze e popolazioni animali dotate di spiccate doti di rusticità e di adattamento ai contrasti ambientali, compromettendo di conseguenza l'offerta di alimenti tradizionali e identitari, a partire dalle eccellenze lattiero-casearie di montagna. L'esodo delle popolazioni dalle aree montane implica, infine, una perdita del patrimonio di edilizia rurale e del complesso di tradizioni culturali imprescindibili dalle pratiche agricole e zootecniche.

Alla luce di tale scenario, il PNR dovrebbe pertanto prevedere una specifica "diagnosi ecologica" ai fini di colmare le lacune di conoscenza previste dall'Art. 4 comma 9, mappando le zone dove il declino della zootecnia ha compromesso la resilienza territoriale.

5.2 Strategie e strumenti per il ripristino

Biodiversità genetica e valore delle razze locali

Il ripristino della natura previsto dalla NRL può trovare un alleato fondamentale nella diversità genetica animale. Evidenze scientifiche e analisi tecniche (Mastrangelo et al., 2018; Gandini e Pagnacco, 2024) sottolineano l'importanza delle razze locali non specializzate, che presentano una plasticità adattativa decisamente superiore ai genotipi altamente produttivi e specializzati. Tali razze, grazie a spiccate doti di rusticità e frugalità,

garantiscono un'elevata resistenza alle patologie e la capacità di valorizzare efficacemente anche risorse foraggere di scarso valore nutritivo, contribuendo al mantenimento funzionale di contesti marginali.

In tal senso, la tutela dell'agro-biodiversità animale non deve essere intesa come una mera conservazione museale di genotipi locali, bensì come una strategia dinamica per il ripristino di ecosistemi degradati, dove l'animale funge da "tecnologo naturale" nel controllo della successione vegetale. Ad esempio, progetti come il "*Dual Breeding*", incentrato sulla valorizzazione delle razze bovine a duplice attitudine quale modello di zootecnia eco-sostenibile, hanno dimostrato le potenzialità di queste nel coniugare efficienza produttiva e sostenibilità ambientale. L'integrazione di queste popolazioni in piani di gestione dei territori permetterebbe anche di stabilizzare i servizi ecosistemici di regolazione, come la prevenzione degli incendi e la protezione del suolo, garantendo al contempo la vitalità socio-economica delle comunità locali.

Il legame tra genetica e territorio si riflette anche nelle qualità intrinseche ed estrinseche dei prodotti, in una logica di "qualità globale". È noto come il pascolamento attivo modifichi il profilo acidico di latte e carne, migliorandone la composizione, che risulta più favorevole alla salute umana. I prodotti della zootecnia di montagna, oltre a presentare caratteristiche organolettiche e nutrizionali uniche, sono espressione di elevati standard di benessere animale e di conservazione del paesaggio rurale, configurandosi come autentici "indicatori di sostenibilità" del territorio.

Il PNR dovrebbe integrare la tutela della biodiversità zootecnica tra le proprie misure strutturali, incentivando la conservazione 'on-farm' come strumento operativo per il ripristino degli habitat in cattivo stato di conservazione.

Il modello biologico come strategia di ripristino attivo

Il metodo di produzione biologico è esplicitamente riconosciuto dalla NRL come una pratica in grado di favorire la biodiversità e la resilienza degli ecosistemi. Tale riconoscimento si inserisce anche nel quadro della Strategia dell'Unione Europea sulla Biodiversità per il 2030 che, in sinergia con la strategia *Farm to Fork*, fissa l'obiettivo di adibire almeno il 25% dei terreni agricoli all'agricoltura biologica. In questo scenario, l'Italia vanta una posizione avanzata, con una quota di SAU destinata al biologico che ha già superato il 20%, ponendosi come modello di riferimento per il raggiungimento dei target comunitari. Sotto il profilo produttivo, il modello biologico si ritiene non vada inteso come un'alternativa universale ai sistemi ad alta efficienza necessari nelle aree a elevata vocazione agricola, quanto piuttosto come lo strumento d'elezione per il recupero funzionale di quegli ambiti marginali o degradati dove la tutela del capitale naturale è prioritaria.

Per il sistema zootecnico operante in tali contesti, i vincoli imposti — quali il divieto di molecole di sintesi chimica e di OGM, una dieta basata prevalentemente su foraggi per i ruminanti, l'alto livello di autosufficienza alimentare e le limitazioni alla fertilizzazione organica — risultano intrinsecamente coerenti con gli obiettivi di recupero funzionale degli ecosistemi, promuovendo una più efficace chiusura dei cicli dei nutrienti. Tuttavia, la conversione e la gestione biologica comportano oneri gestionali elevati, legati anche a rese inferiori, che rendono necessario un adeguato sostegno, diretto e indiretto, per garantirne la sostenibilità economica nel lungo periodo (Bovolenta, 2022).

Ai fini del ripristino ambientale e per elevare l'efficacia a scala territoriale, sarebbe auspicabile che il PNR favorisse un ulteriore sviluppo dei distretti biologici (L. 23/2022) che, connettendo le diverse attività locali, risponderebbe agli obiettivi della NRL superando la dimensione della singola azienda in favore di un modello di "territorio biologico" integrato.

Gestione sostenibile e adattativa delle risorse prato-pascolive

Il ripristino della funzionalità ecosistemica richiede protocolli e piani di gestione delle cenosi prato-pascolive capaci di armonizzare la resa foraggera con la conservazione della biodiversità. Una gestione attiva e adattativa deve tradursi, per i prati falciati, nella calibrazione del numero di tagli e in concimazioni equilibrate, volte anche a favorire la persistenza di specie impollinatrici. Parallelamente, nei sistemi pascolivi, la regolazione dinamica del carico animale e l'adozione di turni di pascolamento razionali sono essenziali per prevenire il degrado e l'invasione di specie invasive. La biodiversità di prati e pascoli è, quindi, strettamente dipendente dalle scelte gestionali aziendali (Pornaro et al., 2021), pertanto il PNR dovrebbe incentivare pratiche che tengano conto nel contempo del valore conservazionistico del sito e delle caratteristiche quanti-qualitative dei foraggi (erba e fieno), garantendo la sostenibilità ecologica e la redditività delle imprese zootecniche.

Innovazione tecnologica e zootecnia di precisione

La zootecnia "di precisione" offre strumenti tecnologici determinanti per declinare il paradigma dell'intensificazione sostenibile" e supportare le attività di ripristino (Stefanon et al., 2018).

Nelle aree montane e marginali, l'uso di sensori individuali e tecnologie GPS permette di modulare il pascolamento in tempo reale e mappare con accuratezza l'uso delle risorse foraggere; l'implementazione di sistemi di recinzione virtuale e il ricorso al telerilevamento consentono una pianificazione sito-specifica, prevenendo il sovra- e il sotto- pascolamento e favorendo il recupero funzionale della vegetazione, migliorando al contempo la qualità della vita degli operatori e la resilienza socio-economica delle aziende in aree marginali.

In parallelo, nei sistemi più intensivi di pianura, l'adozione di robotica, sensoristica individuale e sistemi di monitoraggio ambientale permette di massimizzare l'efficienza alimentare e ottimizzare la gestione degli effluenti, mitigando le emissioni di gas serra e contenendo l'impatto dei nutrienti sui suoli.

L'integrazione di questi flussi di dati in piattaforme digitali interoperabili consentirebbe di trasformare la gestione aziendale in un sistema di monitoraggio ambientale diffuso. Questo approccio risponde direttamente all'esigenza, dichiarata nella NRL, di disporre di dati armonizzati e standardizzati per la rendicontazione dei progressi. In particolare, le tecnologie digitali potrebbero facilitare il monitoraggio degli indicatori richiesti dall'Art. 11 e non solo, garantendo la tracciabilità e l'oggettività dei risultati ottenuti, requisiti indispensabili per la validazione dei PNR.

5.3 Criticità e Governance

Coesistenza con la fauna selvatica

Il progressivo spopolamento e la contrazione delle attività agro-zootecniche tradizionali hanno favorito in diversi ambiti, ma in particolare nella montagna alpina e appenninica, la ricolonizzazione da parte di specie animali selvatiche, inclusi i grandi carnivori, che nel recente passato erano state controllate, spesso in modo drastico, con lo strumento venatorio. Questo scenario di ripristino spontaneo degli ecosistemi impone oggi di affrontare le complessità legate alla coesistenza tra fauna e attività umane. L'incremento demografico di ungulati e di altre specie opportuniste rappresenta infatti una delle principali minacce, non solo per la redditività delle imprese agricole, ma anche per la stabilità e l'equilibrio degli ecosistemi stessi.

Tale criticità si innesta su un tessuto socio-economico già fragile: gli allevatori di montagna e di molte aree interne affrontano infatti sfide strutturali profonde, che spaziano dall'isolamento geografico e la carenza di servizi, agli effetti del cambiamento climatico e alle difficoltà del ricambio generazionale. In questo contesto di marginalità, la pressione esercitata dalla fauna selvatica — attraverso danni alle colture, competizione trofica e predazioni — rischia di diventare un onere insostenibile.

Un approccio al ripristino che si limiti a favorire genericamente l'espansione di habitat senza prevedere un contestuale e rigoroso governo delle popolazioni faunistiche, rischia concretamente di esacerbare tali criticità. Le misure di ripristino previste dalla NRL, pertanto, dovranno essere integrate da piani di gestione mirati fondati su evidenze scientifiche. Questo è cruciale per evitare che l'obiettivo primario di accrescere la biodiversità si traduca, paradossalmente, in un indebolimento del presidio umano e della vitalità socio-economica delle aree rurali, compromettendone tenuta nel lungo periodo.

Tale coesistenza genera tensioni e conflitti spesso aspri; gli attori locali lamentano frequentemente l'assenza di politiche di gestione adeguate a una realtà in cui i problemi legati alla convivenza ricadono quasi interamente sulla zootecnia estensiva (Franchini et al., 2021; Ramanzin, 2025).

Diverse analisi dimostrano come gli impatti vadano oltre il mero danno diretto, delineando un quadro di fragilità strutturale:

- vulnerabilità dei sistemi: il rischio di predazione è fortemente influenzato dal metodo di gestione; i sistemi a pascolo libero risultano più vulnerabili rispetto a quelli che prevedono un controllo continuo e l'adozione di misure di prevenzione;
- dimensione umana e psicologica: gli allevatori sono soggetti a uno stress cronico legato alla percezione di una perdita di controllo sul territorio. Il senso di isolamento istituzionale è una delle principali cause dell'abbandono;
- danni indiretti e sub-clinici: lo stress da predazione influisce negativamente sul benessere degli animali allevati, causando cali della fertilità, aborti e riduzioni delle performance produttive. Tali perdite, pur essendo rilevanti, non sono solitamente coperte dagli indennizzi pubblici ordinari.

Il PNR dovrebbe quindi prevedere pagamenti e misure proattive di prevenzione che vadano oltre il mero rimborso del danno, includendo il finanziamento strutturale dei costi di gestione aggiuntivi (personale, cani da protezione, tecnologie di sorveglianza) e il riconoscimento economico dei servizi di custodia del territorio svolti dall'allevatore.

Governance e approcci partecipati

L'elaborazione del PNR richiede una pianificazione territoriale che sia partecipativa, integrata e aperta al contributo di tutti gli attori coinvolti. In tale prospettiva, risulta essenziale il riconoscimento all'allevatore del ruolo di "imprenditore agro-ambientale", perno insostituibile della manutenzione attiva e del presidio del territorio.

Sotto il profilo finanziario, il successo del PNR dipenderà dalla capacità di garantire la redditività delle aziende zootecniche multifunzionali, remunerando adeguatamente le utilità sociali e i servizi ecosistemici effettivamente erogati. In linea con quanto evidenziato nel Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale (Comitato Capitale Naturale, 2025), la direzione dei flussi finanziari potrà essere orientata attraverso strumenti economici innovativi, quali i Pagamenti per i Servizi Ecosistemici (PES) e la creazione di mercati per l'*offset* degli impatti naturali, analoghi a quelli previsti per le compensazioni di carbonio. Parallelamente, l'efficacia del piano potrebbe essere sostenuta da una rimodulazione dei sostegni e dei regimi fiscali, riorientando i sussidi ambientalmente dannosi verso misure di ripristino funzionale.

Il PNR si inserisce in un quadro di strategie settoriali già attive, operando in stretta sinergia con la Strategia Nazionale per la Biodiversità al 2030. In particolare, per il settore zootecnico, risulta determinante l'allineamento operativo con la Strategia Nazionale per le Aree Interne, la Strategia Forestale Nazionale, il Piano strategico nazionale per il biologico e la Strategia Nazionale per la Biodiversità Agricola, fondamentale per la tutela del patrimonio genetico animale. Questo allineamento istituzionale deve tradursi in una convergenza sinergica e coordinata delle risorse già disponibili — comprese quelle della PAC, del Fondo Sviluppo e Coesione, dei programmi LIFE e dei Fondi Regionali — volta a creare una rete politica robusta che semplifichi l'accesso alle misure di sostegno ed eviti frammentazioni burocratiche, le quali allontanerebbero inevitabilmente i produttori agricoli dalla gestione attiva del territorio.

Anche l'utilizzo dei Sistemi di Conoscenza e Innovazione in Agricoltura (AKIS) diventa strategico: l'allevatore deve essere sostenuto attraverso percorsi formativi e informativi che gli consentano di acquisire piena consapevolezza del proprio ruolo di custode del capitale naturale e di adottare con successo le innovazioni della zootecnia di precisione.

Scenari di *agricultural rewilding* e indicatori di risultato

La *NRL* rappresenta un'occasione storica per riconoscere il valore della zootecnia estensiva, a patto che il ripristino ecologico preveda un riconoscimento e un sostegno attivo a quelli che vorremmo definire "imprenditori agro-ambientali".

Affinché questa opportunità si traduca in risultati concreti, è tuttavia necessario superare l'attuale impostazione degli indicatori proposti dal Regolamento (UE) 2024/1991. Un monitoraggio che si limiti a parametri biologici parziali — come l'indice delle farfalle comuni o pochi altri indicatori tassonomici — risulta infatti riduttivo per descrivere la complessità degli agro-ecosistemi italiani, dove la biodiversità è l'esito di una co-evoluzione tra uomo e natura.

In questo contesto, appare indispensabile adottare approcci valutativi multi-criterio e multi-indicatore. Questi modelli consentono di misurare l'apporto reale delle aziende agro-zootecniche ai fini del raggiungimento degli obietti di ripristino, attraverso una metrica multidimensionale che non si fermi al dato quantitativo nominale, ma valuti la

funzionalità ecosistemica complessiva. Inoltre, il ripristino non deve essere interpretato come un tentativo velleitario di congelare il paesaggio in uno stato ideale del passato, bensì come una gestione delle dinamiche evolutive. La gestione adattativa, basata su un monitoraggio continuo e sulla capacità di pesare diversi criteri (dalla stabilità del suolo alla prevenzione degli incendi, fino alla tutela del patrimonio genetico animale), permette di affrontare la variabilità dei sistemi socio-ecologici. Solo una valutazione robusta, capace di integrare la dimensione ecologica con quella produttiva e di riconoscere i limiti fisici e biologici dei territori, può garantire traiettorie di ripristino coerenti con gli obiettivi del Regolamento e con il mantenimento del presidio umano.

In una prospettiva di "*agricultural rewilding*", inteso come gestione consapevole e non come abbandono, si possono schematizzare i seguenti scenari d'intervento prioritari:

- **Scenario A (abbandono storico):** si colloca in territori montani e marginali interessati da decenni di spopolamento. La forma di degrado prevalente è la perdita totale del mosaico paesaggistico a causa della chiusura incontrollata delle aree aperte e della semplificazione biologica. Le azioni di ripristino devono prevedere l'analisi della funzionalità residua, individuando zone per una gestione passiva consapevole o aree per il recupero strategico del pascolo (ad esempio come barriera tagliafuoco).
- **Scenario B (abbandono recente):** riguarda contesti collinari e montani dove le attività sono state ridotte solo negli ultimi anni. Il degrado si manifesta con l'insediamento di specie vegetali invasive e arbustive, che tendono a sostituire le specie specialiste nelle aree prato-pascolive. L'azione prioritaria consiste nel coinvolgimento attivo degli allevatori locali ancora in attività per il ripristino delle pratiche di pascolamento sostenibile, frenando la successione ecologica indesiderata e preservando l'integrità biotica del sito.
- **Scenario C (aree montane gestite):** comprende le zone dove la foraggicoltura e l'allevamento estensivo sono ancora vitali, ma fragili. Qui il "degrado" è un rischio potenziale legato alla perdita di redditività e al conseguente abbandono. Le azioni devono puntare al sostegno delle imprese tramite la remunerazione dei servizi ecosistemici — misurati con approccio multi-criterio — e l'integrazione di innovazioni tecnologiche per migliorare la sostenibilità e la qualità del lavoro.
- **Scenario D (aree di pianura):** interessa i sistemi agricoli più intensivi. La forma di degrado è legata alla perdita di connettività ecologica, al compattamento del suolo e all'eccessivo carico di nutrienti. Le azioni di ripristino devono favorire una transizione verso modelli produttivi a migliore compatibilità ambientale, utilizzando la zootecnia di precisione per ottimizzare l'uso delle risorse sul piano zootecnico e implementare "infrastrutture verdi" (siepi, filari, fossati), nelle aree coltivate, essenziali per l'indicatore della diversità paesaggistica dell'Art. 11 comma 2.c.

6. I SISTEMI FORESTALI

L'attuazione della NRL nel settore forestale italiano non può prescindere da una riflessione sulla qualità e sull'interpretazione delle informazioni che fondano le priorità di intervento. I dati ufficiali derivanti dalla rendicontazione ai sensi della *Direttiva Habitat* (periodo 2013–2018), confluiti nel rapporto *State of Nature in the EU*, indicano che solo una quota minoritaria degli habitat forestali europei risulterebbe in stato di conservazione "buono". Questa rappresentazione, ripresa nel dibattito politico e mediatico, costituisce

la base per la stima dei fabbisogni di ripristino richiesti dalla NRL. Tuttavia, tale quadro deve essere interpretato con cautela. Le metodologie adottate per la classificazione dello stato di conservazione, basate su sistemi di *expert rules* e su criteri gerarchici di valutazione, possono generare effetti distorsivi, producendo una "classificazione a cascata" che tende a collocare in categorie negative situazioni ecologicamente non degradate in modo sostanziale. Ne deriva una potenziale divergenza tra condizione ecologica reale e valutazione formale. Questo scarto metodologico può assumere particolare rilevanza nella fase di redazione del Piano Nazionale di Ripristino previsto dalla NRL. Se la rappresentazione dello stato di conservazione non riflette con sufficiente sensibilità le traiettorie dinamiche degli ecosistemi forestali, il rischio è duplice: da un lato, sovrastimare i fabbisogni di ripristino in contesti già in evoluzione positiva; dall'altro, non distinguere con adeguata precisione tra situazioni di effettivo degrado e condizioni strutturalmente complesse ma formalmente non conformi agli standard valutativi. In Italia, dove la superficie forestale è in espansione e molte cenosi forestali stanno evolvendo verso assetti più complessi e maturi a seguito della riduzione delle pressioni storiche, la distinzione tra degrado strutturale e semplice discostamento da parametri normativi è cruciale. La NRL richiede un miglioramento misurabile degli habitat, ma tale miglioramento deve essere ancorato a evidenze ecologiche robuste per proporre stati di degrado realmente valutabili, nello spazio e nel tempo. Ne deriva una implicazione strategica: il ripristino forestale non può essere concepito come risposta automatica a una classificazione negativa, bensì come intervento mirato laddove sussistano reali deficit funzionali – perdita di biodiversità specialistica, compromissione dei suoli, frammentazione critica, instabilità strutturale. In assenza di tali condizioni, la priorità dovrebbe essere assegnata a strategie di prevenzione, accompagnamento evolutivo e monitoraggio adattativo.

6.1 Degrado e ruolo della gestione forestale sostenibile e adattiva

Nella definizione dei livelli di degrado ecologico delle foreste, e di quelle italiane in particolare, la conoscenza delle caratteristiche dei disturbi -naturali, antropici e ibridi- assume particolare rilevanza per qualsiasi valutazione di resilienza e azione di ripristino. Nel quadro delineato dalla Strategia Forestale Nazionale (SFN), la prevenzione dei disturbi assume una centralità strutturale, coerente con l'impostazione della NRL che pone il ripristino in una prospettiva dinamica, orientata al miglioramento dello stato degli ecosistemi e alla riduzione dei fattori di pressione. In Italia, l'aumento della frequenza e dell'intensità di eventi estremi -incendi, schianti da vento, pullulazioni di insetti, siccità prolungate- evidenzia come la resilienza degli ecosistemi forestali non possa essere intesa come mera capacità di recupero post-disturbo, ma come proprietà emergente di sistemi strutturalmente e funzionalmente diversificati. La prevenzione diviene dunque una forma anticipatoria di ripristino: intervenire sulla composizione, sulla struttura verticale e orizzontale, sulla diversità genetica e specifica significa ridurre la vulnerabilità e aumentare la capacità adattativa. In tale prospettiva, la gestione forestale si configura come strumento di governo dei rischi sistemici, capace di integrare obiettivi climatici, produttivi e di conservazione in una logica di multifunzionalità robusta.

NRL introduce obblighi di miglioramento misurabile dello stato degli habitat, ma non prescrive un unico modello operativo. Nel contesto forestale italiano, fortemente

eterogeneo per condizioni ecologiche, storie d'uso e livelli di naturalità, si impone una distinzione concettuale tra prevenzione e ripristino attivo. Il ripristino è prioritario laddove si registrano condizioni di degrado conclamato: semplificazione strutturale estrema, perdita di specie chiave, compromissione dei suoli o fallimento della rinnovazione naturale. In tali casi, interventi mirati – arricchimenti, rinaturalizzazioni, conversioni strutturali – risultano coerenti con gli obiettivi europei di recupero della funzionalità ecosistemica. Diversamente, in popolamenti ancora dotati di buoni livelli di integrità, la prevenzione attraverso una gestione adattativa rappresenta la strategia più efficace. Prevenire significa mantenere traiettorie evolutive compatibili con scenari climatici incerti, evitando che sistemi oggi funzionali diventino gli habitat degradati di domani. La prevenzione dei disturbi rappresenta un elemento chiave per aumentare la resilienza dei sistemi forestali e ridurre la necessità di interventi di ripristino successivi. Questo tipo di prevenzione deve essere considerata parte integrante delle strategie di ripristino. Intervenire ex post, senza affrontare le cause strutturali della vulnerabilità degli ecosistemi forestali, comporta costi elevati e risultati incerti. In questo senso, la gestione attiva orientata alla resilienza rappresenta uno strumento fondamentale di politica forestale.

La nozione di "selvicoltura più prossima alla natura", richiamata dalla Strategia Forestale dell'UE 2030 (Motta e Larsen, 2022), rappresenta uno dei cardini operativi per attuare la NRL nelle foreste gestite. Essa non coincide con l'assenza di gestione, bensì con una gestione ecologicamente informata, capace di emulare i processi naturali e di valorizzare la complessità strutturale. Nel contesto italiano (Marchetti, 2024) tale approccio implica la promozione di popolamenti misti, disetanei, con copertura continua, adeguate quantità di necromassa e microhabitat, nonché una regolazione della densità faunistica coerente con la rinnovazione. L'obiettivo non è la rinuncia alla produzione legnosa, ma la sua integrazione in un quadro di servizi ecosistemici più ampio, dove biodiversità, sequestro di carbonio e stabilità a lungo termine diventano criteri guida della pianificazione. In questa prospettiva, la selvicoltura prossima alla natura funge da ponte tra strategia integrativa e requisiti di ripristino, riducendo la dicotomia tra foreste produttive e foreste di conservazione. La selvicoltura prossima alla natura consente di coniugare produzione legnosa, stabilità degli ecosistemi e conservazione della biodiversità, evitando approcci uniformanti e favorendo strutture forestali più complesse. Anche nei sistemi forestali il ripristino implica *trade-off* tra produzione legnosa, conservazione della biodiversità e prevenzione dei disturbi. La rinuncia totale alla gestione non garantisce automaticamente un miglioramento dello stato ecologico e può aumentare il rischio di eventi estremi, mentre una gestione orientata alla resilienza consente di bilanciare obiettivi ecologici e produttivi. Le dinamiche di evoluzione libera o controllata al di fuori delle aree protette possono contribuire al ripristino, se inserite in una strategia consapevole di gestione territoriale. Sono le Riserve latenti, a dinamica/evoluzione libera o evoluzione controllata fuori da APs. L'uso di forme di gestione passiva consapevole rappresentano infatti strumenti fondamentali per valutare lo stato di conservazione e orientare le politiche di ripristino. I rimboschimenti e i boschi di pianura invece, devono essere valutati in termini di efficacia ecologica e di integrazione nel paesaggio agrario, evitando interventi standardizzati.

6.2 Elementi strutturali chiave

NRL attribuisce particolare rilievo alla tutela e al miglioramento degli habitat forestali di elevato valore naturalistico. In Italia, i boschi vetusti e i boschi monumentali – pur rappresentando una quota limitata della superficie forestale – costituiscono serbatoi di biodiversità, archivi genetici e modelli di riferimento per la dinamica naturale. Accanto a questi nuclei riconosciuti, esistono "riserve latenti": popolamenti abbandonati o scarsamente gestiti che, pur non rientrando formalmente nelle categorie di protezione rigorosa, presentano potenzialità evolutive significative. La loro individuazione e valorizzazione richiedono strumenti conoscitivi avanzati e una pianificazione che sappia integrare protezione integrale e gestione orientata alla naturalità. In tal senso, la distinzione tra foreste vetuste certificate e foreste mature in evoluzione diventa strategica per costruire una rete ecologica funzionale e coerente con gli obiettivi europei di incremento delle aree a protezione rigorosa. Oltre i boschi vetusti e quelli monumentali, anche le riserve latenti svolgono un ruolo strategico nella conservazione dei processi ecologici e devono essere integrati in una visione complessiva di gestione forestale. L'introduzione dei Piani forestali di indirizzo territoriale (PFIT) ad opera dell'art. 6 del d.lgs. 3 aprile 2018 n. 34, Testo Unico in materia di Foreste e Filiere Forestali (TUFF) permette di assegnare precisi indirizzi di gestione a tutte le superfici forestali nazionali. Una parte delle foreste nazionali può quindi, come previsto dalla Strategia forestale nazionale approvata nel 2022, essere destinata alla gestione attiva al fine non solo di produrre legno ma anche di generare i servizi ecosistemici previsti, ed una parte può essere destinata alla gestione passiva intesa non come abbandono ma come superfice forestale che può perseguire l'erogazione dei servizi ecosistemi richiesta grazie alle dinamiche naturali (controllate e monitorate) ed in assenza dell'intervento dell'uomo. Le prime stime indicano che questa parte di foreste destinate alla gestione passiva può essere a livello nazionale prossima al 40%. La parte di queste foreste che è al di fuori di aree protette rappresenta quelle che sono state definite "riserve latenti" cioè aree che sono al di fuori delle aree protette ma nelle quali le foreste sono lasciate ai processi ed alle dinamiche naturali (OECM). La mappatura di queste foreste è fondamentale per la definizione della rete ecologica nazionale e quindi per individuare le aree dove concentrare gli sforzi di protezione e ripristino. La "gestione passiva" rappresenta quindi una grande opportunità di ripristino ma presenta anche dei rischi che devono essere considerati nella pianificazione territoriale:

1) Aumento del rischio di incendi:
    a) L'accumulo di biomassa e materiale vegetale secco, non gestito, può favorire la propagazione di incendi, soprattutto in aree con climi caldi e secchi.
    b) Gli incendi possono diventare più intensi e difficili da controllare, con conseguenze negative per la biodiversità e la sicurezza delle comunità
2) Riduzione della biodiversità:
    a) In alcune aree, l'assenza di interventi può portare alla dominanza di poche specie, riducendo la diversità biologica.
    b) La gestione passiva potrebbe non favorire la presenza di specie che dipendono da habitat creati o mantenuti da interventi umani, come le radure o i boschi aperti.
3) Degrado degli ecosistemi:

a) In foreste già degradate o con problemi ecologici, la mancanza di interventi può impedire il recupero e favorire processi di degrado, come l'erosione del suolo o la diffusione di specie invasive.

4) Perdita di valore economico:
   a) L'abbandono delle pratiche di gestione attiva può ridurre la produzione di legname e altri prodotti forestali, con impatti negativi sull'economia locale e sulle comunità che dipendono dalle foreste.

5) Conflitti sociali:
   a) La gestione passiva può generare tensioni con le comunità locali, soprattutto se queste dipendono dalle foreste per attività tradizionali come il pascolo, la raccolta di legna o altre risorse.

L'applicazione dei PFIT su scala nazionale permetterebbe di valorizzare le foreste destinate a "gestione passiva" (e stiamo parlando del 40% del territorio forestale nazionale) minimizzando i trade-off tra i servizi ecosistemici erogati e minimizzando/gestendo i conflitti sociali. Le aree di ripristino dovrebbero quindi essere inserite con una visione di carattere paesaggistica/territoriale nei punti della rete ecologica nazionale più delicati e bisognosi di ripristino/conservazione.

Nel quadro attuativo della NRL, i rimboschimenti e i boschi di pianura rappresentano un ambito strategico ma al tempo stesso delicato. Le foreste planiziali italiane sono tra gli ecosistemi più frammentati e trasformati, inserite in matrici agricole intensive e infrastrutturate. In questo contesto, il rimboschimento non può essere concepito come mera operazione compensativa o incremento superficiale della copertura arborea, bensì come intervento di ricostruzione ecologica coerente con le dinamiche idrologiche, pedologiche e paesaggistiche locali. L'efficacia ecologica deve essere valutata in termini di connettività, composizione specifica autoctona, funzionalità del suolo e capacità di generare habitat strutturalmente complessi. Interventi standardizzati, basati su modelli colturali uniformi o su specie non pienamente integrate nel contesto biogeografico, rischiano di produrre sistemi semplificati e poco resilienti. Nei paesaggi agrari, la qualità del disegno spaziale, l'interazione con le siepi, le fasce riparie e i corridoi ecologici diventano elementi determinanti per trasformare il rimboschimento in autentico ripristino.

6.3 Pianificazione e monitoraggio

L'attuazione nelle foreste italiane implica inevitabili trade-off. L'aumento della complessità strutturale e della necromassa, funzionale alla biodiversità, può incrementare localmente il rischio di incendio o di diffusione di patogeni se non accompagnato da un'attenta pianificazione. Analogamente, la riduzione dell'intensità dei prelievi può migliorare lo stock di carbonio e la qualità degli habitat, ma incidere sulle filiere produttive e sulla disponibilità di materia prima rinnovabile. La gestione forestale deve quindi muoversi in un quadro multicriteriale, esplicitando le priorità territoriali e temporali. In alcune aree, la produzione sostenibile può rappresentare una leva per la resilienza socio-economica delle comunità montane; in altre, la priorità ecologica può giustificare limitazioni più stringenti. Il nodo non è eliminare i trade-off, ma governarli in modo trasparente e basato su evidenze scientifiche.

La gestione passiva, intesa come scelta deliberata di non intervento, non può essere confusa con l'abbandono. Nel contesto della NRL, essa assume valore solo se inserita in una cornice di monitoraggio e valutazione continua. Lasciare evolvere un popolamento verso condizioni di maggiore naturalità può essere una strategia di ripristino efficace, ma richiede conoscenza delle dinamiche in atto e dei rischi potenziali.
In questo quadro, l'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio (INFC) rappresenta uno strumento fondamentale. Attraverso dati sistematici su struttura, composizione, stock di carbonio e indicatori di biodiversità, l'INFC consente di misurare le traiettorie evolutive e di verificare il raggiungimento degli obiettivi di miglioramento previsti dalla normativa europea. La combinazione tra gestione attiva prossima alla natura, gestione passiva consapevole e monitoraggio inventariale configura un modello italiano di attuazione capace di integrare rigore scientifico, responsabilità gestionale e visione strategica di lungo periodo.

L'approfondimento critico dello stato di conservazione comporta anche una riflessione sugli strumenti conoscitivi. In questo senso, il ruolo dell'INFC, assume una funzione strategica di controbilanciamento e integrazione rispetto alla rendicontazione formale prevista dalla Direttiva Habitat. Mentre quest'ultima si fonda su categorie habitat-tipologiche e su valutazioni sintetiche, l'INFC fornisce dati quantitativi su struttura, composizione, necromassa, stock di carbonio, dinamiche incrementali e rinnovazione. L'integrazione tra questi due livelli informativi può consentire una lettura più fine delle traiettorie evolutive, distinguendo tra habitat effettivamente degradati e habitat in transizione verso stadi di maggiore complessità.

NRL, nel richiedere *target* di miglioramento e monitoraggi periodici, offre l'opportunità di rivedere criticamente i sistemi valutativi, introducendo indicatori più sensibili ai cambiamenti strutturali e funzionali. Ciò è particolarmente rilevante in un Paese come l'Italia, dove la storia gestionale e l'abbandono rurale hanno generato un mosaico di situazioni che non si prestano a letture binarie. In questo quadro, il principio di proporzionalità dovrebbe guidare l'azione: concentrare risorse su contesti di effettiva criticità ecologica; evitare interventi standardizzati su sistemi già in evoluzione positiva; valorizzare la gestione prossima alla natura e la gestione passiva consapevole come strumenti di miglioramento graduale e misurabile.

La fase attuativa rappresenterà un momento delicato, in cui le categorie giuridiche devono essere tradotte in scelte territoriali concrete. In tale passaggio, una lettura acritica dei dati aggregati sullo stato di conservazione potrebbe indurre generalizzazioni fuorvianti, con conseguenze sia ecologiche sia socio-economiche. Diventa così fondamentale distinguere tra rappresentazione statistica e realtà ecologica, tra classificazione formale e funzionalità sistemica. La *governance* forestale italiana, già orientata dalla Strategia Forestale Nazionale verso obiettivi di resilienza, multifunzionalità e adattamento climatico, può trovare nella NRL non tanto un vincolo aggiuntivo, quanto un'occasione per rafforzare la qualità metodologica della pianificazione. In definitiva, il ripristino forestale, per essere efficace, deve fondarsi su tre pilastri integrati:

1. Diagnosi ecologica rigorosa, capace di discriminare il degrado reale dalle imperfezioni formali;
2. Gestione adattativa, orientata alla prevenzione dei disturbi e all'accompagnamento evolutivo;

3. Monitoraggio trasparente e scientificamente fondato, in grado di restituire alla decisione pubblica una rappresentazione fedele delle traiettorie ecosistemiche.

Solo in questo modo NRL potrà tradursi, per i sistemi forestali italiani, in un processo di miglioramento sostanziale e non meramente classificatorio, coerente con la complessità socio-ecologica del territorio nazionale e con la responsabilità intergenerazionale che la gestione forestale inevitabilmente comporta.

Il successo del ripristino forestale dipende in misura sostanziale dalla qualità e dalla coerenza del materiale di propagazione. La Strategia Forestale Nazionale del Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste sottolinea la necessità di rafforzare la filiera vivaistica forestale per garantire disponibilità di materiale autoctono, geneticamente diversificato e tracciabile. In questa direzione si colloca una serie di iniziative per il rilancio della vivaistica forestale, che evidenziano come la domanda crescente di piantine per interventi di forestazione e ripristino richieda programmazione, investimenti strutturali e coordinamento nazionale. La vivaistica non è un segmento meramente tecnico, ma un nodo strategico della resilienza futura: scegliere provenienze adeguate, preservare la variabilità genetica e prevenire l'omogeneizzazione dei materiali significa costruire popolamenti capaci di adattarsi ai cambiamenti climatici. Senza una filiera vivaistica robusta e scientificamente orientata, gli obiettivi quantitativi di ripristino rischiano di non tradursi in qualità ecologica durevole.

7. GLI ECOSISTEMI URBANI

Negli ecosistemi urbani il ripristino ecologico non può essere interpretato come ritorno a condizioni di naturalità indisturbata, ma come processo volto a rafforzare la funzionalità ecologica, la biodiversità e la connettività del sistema urbano, integrando gli spazi vegetati nel metabolismo territoriale della città. Il collegamento tra città, periurbano e territorio rurale costituisce una condizione essenziale per garantire continuità ecologica e mantenere i servizi ecosistemici. Il contesto urbano è caratterizzato da una forte competizione tra funzioni del suolo: conservazione o creazione di spazi verdi, sviluppo edilizio, infrastrutture e servizi. Il ripristino ecologico deve quindi confrontarsi con trade-off tra obiettivi ecologici, sociali ed economici, evitando interventi meramente simbolici che non incidono sulle pressioni strutturali, prima fra tutte il consumo di suolo. Un ripristino efficace richiede pertanto una visione territoriale di area vasta. Specie, flussi genetici e processi ecologici dipendono dalla connettività ecologica, come caratteristica del paesaggio, e dalla presenza di reti ecologiche funzionali. Interventi puntuali o isolati non sono in grado di incidere sulle dinamiche di frammentazione e artificializzazione del territorio; al contrario, approcci fondati su *Green Infrastructure,* pianificazione multicriteriale e gestione adattativa permettono di massimizzare i benefici ecologici minimizzando i conflitti con le altre funzioni urbane.

7.1 Dal verde alla foresta urbana, alle biocittà

In questo contesto, è possibile intervenire sul patrimonio edilizio attraverso approcci progettuali basati sul *Building Information Modelling* (BIM), favorendo, ad esempio,

l'integrazione di tetti verdi negli edifici come soluzione per incrementare la biodiversità, migliorare le prestazioni ambientali e contribuire alla resilienza degli ecosistemi urbani.
Un altro esempio emblematico è rappresentato dal *de-sealing* dei suoli urbani, ovvero la rimozione delle superfici impermeabili e il recupero della permeabilità e funzionalità biologica del suolo. Tale intervento, già previsto nella Strategia nazionale del verde urbano (2018), consente di ripristinare la capacità di infiltrazione delle acque, ridurre il rischio di allagamenti, favorire la ricarica delle falde e migliorare il microclima urbano.
NRL introduce per la prima volta obblighi giuridicamente vincolanti anche per gli ecosistemi urbani, riconoscendo il verde urbano come infrastruttura ecologica primaria e nodo funzionale delle reti ecologiche territoriali. L'articolo 8 del regolamento stabilisce l'obiettivo di assenza di perdita netta di spazi verdi urbani e copertura arborea urbana entro il 2030, con successivo incremento progressivo a partire dal 2031. Il monitoraggio di tali obiettivi avviene attraverso indicatori basati sui dati satellitari del programma europeo Copernicus, in particolare lo strato *CLC Plus* per gli spazi verdi urbani e l'indicatore *Tree Cover Density* per la copertura arborea urbana.
Tuttavia, l'attuale sistema di monitoraggio presenta alcune criticità metodologiche. Gli indicatori satellitari disponibili non sono sempre in grado di rilevare con precisione interventi puntuali o recenti, come la messa a dimora di giovani alberi o interventi diffusi di forestazione urbana. Ciò può generare un disallineamento tra le azioni effettivamente realizzate sul territorio e i risultati registrati nella contabilità ufficiale del ripristino. Per questo motivo, è opportuno affiancare agli indicatori quantitativi strumenti di valutazione più raffinati, come l'analisi delle Zone Climatiche Locali (LCZ) per il monitoraggio del microclima urbano e sistemi di mappatura della qualità dei suoli urbani. Il dibattito scientifico degli ultimi decenni, a partire dall'azione europea COST E12 – *Urban Forest and Trees*, ha progressivamente ridefinito il ruolo dell'ambiente urbano nelle politiche di conservazione. Le città non rappresentano più spazi residuali rispetto agli ecosistemi naturali, ma territori prioritari di intervento, sia per l'elevata concentrazione di popolazione – destinata ad aumentare nei prossimi decenni – sia per l'intensità delle pressioni ambientali e delle vulnerabilità sociali. In questo contesto, le foreste urbane assumono un ruolo centrale. Esse non rappresentano semplicemente un insieme di alberature o parchi pubblici, ma ecosistemi complessi e multilivello, capaci di attivare processi di rigenerazione ecologica. Attraverso ombreggiamento, evapotraspirazione e regolazione del bilancio energetico superficiale, le foreste urbane contribuiscono alla mitigazione delle isole di calore, al miglioramento della qualità dell'aria, alla regolazione idrologica e al rafforzamento della connettività ecologica. I benefici si estendono anche alla salute psico-fisica dei cittadini, in coerenza con l'approccio *One Health*, che riconosce l'interdipendenza tra salute umana, salute degli ecosistemi e benessere sociale.

La Strategia Forestale Nazionale riconosce esplicitamente il ruolo delle foreste urbane e periurbane nella mitigazione e nell'adattamento ai cambiamenti climatici, promuovendo una gestione forestale sostenibile e multifunzionale integrata nel mosaico territoriale. Analogamente, la Strategia Nazionale per la Biodiversità 2030 sottolinea la necessità di integrare tutela e ripristino anche negli ambienti antropizzati, riconoscendo alle infrastrutture verdi urbane una funzione strategica nella conservazione della biodiversità e nel miglioramento della qualità della vita. Alla luce del nuovo quadro normativo europeo, si assiste quindi a una trasformazione concettuale del verde urbano.

La categoria tradizionale, storicamente legata a funzioni ornamentali o ricreative, viene progressivamente sostituita da una visione ecosistemica fondata su due categorie operative: spazi verdi urbani e copertura della volta arborea urbana. Questo passaggio non implica soltanto un aumento quantitativo della vegetazione, ma una trasformazione qualitativa degli spazi vegetati in sistemi ecologici complessi, funzionali e resilienti. In questa prospettiva, la foresta urbana può essere definita come un ecosistema forestale adattato al contesto urbano, caratterizzato da diversità specifica, stratificazione verticale, continuità spaziale e capacità di autoregolazione. La pianificazione urbana deve pertanto integrare principi propri dell'ecologia del paesaggio e della selvicoltura prossima alla natura, superando logiche di gestione standardizzata e monocolturale. L'incremento della copertura arborea deve essere accompagnato da progettazione ecologicamente informata: utilizzo di specie autoctone o climaticamente resilienti, diversificazione genetica, valorizzazione della necromassa ove compatibile con la sicurezza urbana e creazione di continuità ecologiche tra diversi spazi verdi. Parallelamente, il passaggio al paradigma delle infrastrutture ecologiche urbane richiede sistemi di monitoraggio basati su indicatori ecologici, tra cui biodiversità, stato fitosanitario, connettività, capacità di sequestro del carbonio, funzionalità idrologica e mitigazione termica. In questo quadro, la foresta urbana si configura come infrastruttura verde primaria e componente strutturale delle politiche di ripristino, capace di coniugare resilienza climatica, biodiversità e benessere sociale.

7.2 Connessioni città–periurbano–rurale

NRL promuove una visione territoriale integrata del ripristino, superando la frammentazione amministrativa e settoriale. La città deve essere considerata in continuità funzionale con il periurbano e con il sistema rurale circostante. Il superamento della separazione tra urbano e rurale richiede strumenti urbanistici capaci di operare su scala vasta, come i piani territoriali e metropolitani. Tali strumenti possono favorire l'integrazione funzionale tra sistemi urbani, periurbani e agricoli, contribuendo alla costruzione di reti ecologiche e alla gestione sostenibile del territorio. Il gradiente urbano-rurale rappresenta un *continuum* ecologico lungo il quale si modulano pressioni, opportunità e processi ecosistemici. Le aree periurbane, spesso caratterizzate da forte dinamismo d'uso e frammentazione, svolgono un ruolo strategico come zone di interfaccia tra sistemi altamente artificializzati e paesaggi agricoli o forestali. In tali contesti, interventi quali corridoi ecologici, fasce boscate, sistemi agroforestali e parchi agricoli multifunzionali possono rafforzare la connettività ecologica e sostenere i flussi genetici e la dispersione delle specie.

Tra le possibili soluzioni le NBS) rappresentano un cambio di paradigma fondamentale per rendere operativa la visione della NRL. Queste si configurano come interventi ispirati e sostenuti dai processi naturali che si affiancano strategicamente al tradizionale potenziamento del verde forestale. Mentre il verde urbano più esteso e caratterizzato da copertura arborea (parchi, viali alberati, ecc) agiscono come struttura portante della connettività ecologica, le NBS permettono di estendere e rendere operativo tale sistema fin dentro il tessuto urbano più denso e consolidato, agendo dove lo spazio a terra è limitato.

Interventi come la realizzazione di verde pensile (tetti verdi) e depavimentazione di piazze e parcheggi, trasformano l'ambiente costruito da barriera impermeabile a matrice permeabile, consentono di ottenere hotspot per la fornitura di servizi ecosistemici e "*stepping stones*" (isole di sosta) che facilitano il movimento di impollinatori e avifauna lungo il gradiente che va dal territorio rurale al centro cittadino. La sostituzione di superfici inerti con sistemi vegetati e drenanti non solo ripristina localmente la funzionalità del suolo e la regimazione delle acque, ma contribuisce al legame funzionale con le zone periurbane superando la frammentazione tra città e campagna in favore di una resilienza territoriale unitaria e diffusa. La connessione non è soltanto spaziale ma anche funzionale. Le reti verdi e blu contribuiscono alla continuità dei cicli idrologici, alla mobilità delle specie e alla regolazione climatica su scala metropolitana, attenuando gli effetti delle isole di calore urbane e riducendo il rischio idraulico. In questa prospettiva, le foreste urbane e periurbane possono costituire nodi di una rete ecologica territoriale più ampia, contribuendo agli obiettivi di ripristino degli habitat su scala regionale e nazionale. Ciò richiede strumenti di pianificazione coordinati capaci di integrare piani urbanistici, piani forestali, strategie agricole e strumenti di tutela della biodiversità.

7.3 Infrastrutture verdi, qualità ecologica e governance del ripristino

La realizzazione di una rete efficace di *Green Infrastructure* rappresenta uno dei pilastri delle strategie europee per la biodiversità e il ripristino. In ambito urbano e periurbano essa deve essere concepita non come semplice somma di spazi verdi, ma come sistema infrastrutturale complesso, interconnesso e multifunzionale, in cui componenti ecologiche, idrologiche e territoriali sono progettate e gestite secondo criteri prestazionali. La pianificazione multicriteriale costituisce lo strumento attraverso cui integrare obiettivi talvolta confliggenti – conservazione della biodiversità, adattamento climatico, gestione del rischio idraulico, salute pubblica, equità territoriale e fruizione sociale – mediante l'impiego di indicatori ambientali, economici e sociali e l'analisi di scenari alternativi supportati da modelli spazialmente espliciti.

In questo quadro assume un ruolo centrale la necessità di sviluppare strumenti di misurazione, quantificazione e valutazione dei servizi ecosistemici erogati, intesi come benefici multipli forniti dalle infrastrutture verdi (regolazione climatica, sequestro del carbonio, mitigazione rumori, gestione delle acque, supporto alla biodiversità, qualità del suolo, benessere psico-fisico e socio-ambientale). La disponibilità di metriche affidabili e confrontabili diventa infatti condizione essenziale per tradurre la progettazione ecologica in criteri operativi verificabili, supportando sia le decisioni progettuali sia i processi di governance e valutazione delle politiche pubbliche. Tali servizi sono forniti in modo differenziato in base alle caratteristiche della vegetazione coinvolta (specie, età, stato di salute), al microclima, e alle scelte di posizionamento e di inserimento progettuale. Per tale ragione, il ripristino richiede un approccio progettuale che integri in modo sistematico le NBS con criteri tecnico-ingegneristici. La progettazione delle infrastrutture verdi urbane deve includere dispositivi multifunzionali quali tetti e pareti verdi, sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SUDS), bacini e superfici di ritenzione e infiltrazione, aree umide ingegnerizzate, foreste e parchi urbani concepiti come sistemi regolatori ecosistemici e corridoi ecologici capaci di connettere il tessuto costruito con le matrici periurbane e rurali.

Tali interventi devono essere opportunamente dimensionati attraverso modelli idrologici, termici, di bilancio energetico, di prossimità spaziale tra domanda e offerta nella fornitura di servizi ecosistemici, nonché integrati in logiche di progetto che ne garantiscano la coerenza funzionale alla scala di bacino urbano e di paesaggio.

Se correttamente progettati, questi sistemi contribuiscono in modo significativo alla mitigazione delle isole di calore urbane, alla gestione e laminazione delle acque meteoriche, alla riduzione dei picchi di deflusso, al miglioramento del microclima e all'incremento della resilienza urbana rispetto agli eventi estremi. In tale contesto, è necessario tradurre gli obiettivi ecologici in soluzioni progettuali verificabili, basate su criteri prestazionali, standard tecnici e modelli di simulazione, capaci di garantire efficacia, durabilità e manutenzione programmata degli interventi. Ne deriva una concezione del verde urbano non più come elemento residuale o decorativo, ma come infrastruttura tecnica a tutti gli effetti, parte integrante del sistema urbano delle acque, del clima e del suolo, progettata, realizzata e gestita in funzione delle sue performance ecologiche, ambientali e socio-economiche.

In questo quadro, il ripristino urbano richiede anche un'evoluzione dei sistemi di monitoraggio e di governance. È necessario sviluppare piattaforme integrate di osservazione della Terra basate su dati satellitari, rilievi da telerilevamento (drone e LiDAR) e sensori in situ, per monitorare in continuo le prestazioni delle infrastrutture verdi e la loro evoluzione spazio-temporale. Tale approccio consente di ridurre lo scarto tra dinamica reale e rappresentazione cartografica, trasformando i sistemi informativi territoriali in strumenti dinamici di supporto decisionale e gestione adattativa. Parallelamente, strumenti operativi quali il *Green Factor* o Fattore Ecosistemico possono essere utilizzati per valutare, confrontare e incentivare la qualità ecologica degli interventi urbanistici ed edilizi, introducendo metriche prestazionali oggettive nei processi autorizzativi e di pianificazione.

La governance del ripristino deve infine promuovere forme integrate di cooperazione tra istituzioni pubbliche, comunità locali e attori privati, attraverso strumenti contrattuali, partenariati territoriali, modelli di pianificazione, progettazione e gestione partecipata con gli abitanti e modelli di gestione adattativa capaci di sostenere processi di transizione ecologica basati su evidenze misurabili, monitoraggio continuo e aggiornamento progressivo delle strategie di intervento. La pianificazione e la progettazione di sistemi e infrastrutture verdi dovrebbero essere una componente strutturale del piano di ripristino. Essi consentono infatti di realizzare una continuità ecologica tra ambiti urbani, periurbani, agricoli, forestali e fluviali, attraverso reti multifunzionali connesse territorialmente, capaci di esprimere funzioni ecologiche, ma anche di mitigazione climatica, varie funzioni regolatorie, nonché di promuovere la qualità paesaggistica e la fruizione da parte della società. In questa prospettiva, parchi, siepi, filari ed altri spazi ed elementi verdi di varia natura, NBS verdi-blu, aree permeabili e spazi agricoli devono essere letti come parti di un'unica infrastruttura territoriale verde e blu. Tali sistemi e infrastrutture verdi devono essere localizzati, dimensionati e progettati sulla base delle funzioni che devono svolgere: riduzione della frammentazione, attenuazione delle isole di calore, connessione tra habitat, incremento della qualità ecologica diffusa e della biodiversità, funzioni regolatorie, supporto agli impollinatori, laminazione delle acque, ecc. Ne deriva l'esigenza di superare una concezione meramente quantitativa del

verde e di orientarsi verso una lettura prestazionale delle infrastrutture verdi, e una loro stessa progettazione basata sulle performance, nella quale assumono rilievo non solo estensione e copertura, ma anche configurazione spaziale, criteri progettuali e capacità di generare benefici misurabili. La pianificazione e progettazione di sistemi e infrastrutture verdi dovrebbe inoltre costituire una strategia di raccordo tra il ripristino degli ecosistemi urbani e quello degli ecosistemi agricoli e forestali, collegando gli obiettivi relativi alla copertura di verde urbano, alla rinaturazione, alla ricostruzione degli elementi del paesaggio, e alla prevenzione del degrado nei territori più esposti a frammentazione e artificializzazione. Esempi di traiettorie di ripristino includono: (1) il passaggio da progetti di infrastrutture verdi generiche a un'analisi di scenario finalizzata a identificare le soluzioni con maggiori prestazioni nella fornitura di servizi ecosistemici, con indicatori quali la quantificazione multi-servizio (es. raffrescamento urbano, ritenzione idrica, sequestro di carbonio) e l'efficienza spaziale degli interventi; (2) da progetti che massimizzano la fornitura di un insieme limitato di servizi a progetti che bilanciano domanda sociale e offerta ecosistemica, valutati tramite indicatori di mismatch domanda–offerta, accessibilità ai servizi ecosistemici e distribuzione equa dei benefici tra la popolazione; (3) da progetti frammentati a interventi con approccio sistemico (Menconi et al., 2021), in cui gli indicatori comprendono il grado di integrazione tra infrastrutture verdi, la connettività ecologica urbana (es. indici di rete), la continuità degli habitat e la coerenza con strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

Si suggerisce l'obbligo per i Comuni individuati come destinatari delle azioni di ripristino, di adottare tutti gli strumenti di pianificazione del verde previsti e regolati dalle *Linee guida per la gestione del verde urbano e prime indicazioni per una pianificazione sostenibile,* predisposte dal Comitato Nazionale per lo Sviluppo del Verde Pubblico, e non il solo regolamento del verde che nella bozza di PNR è indicato come Regolamento della Natura. La bozza di PRN nazionale prevede per ora solo l'aggiornamento degli "strumenti urbanistici esistenti", ma ciò non basta perchè è stata dimostrata l'insufficienza del Piano strutturale comunale per realizzare una adeguata gestione del verde urbano: è necessario che i Comuni siano obbligati dal PNR a predisporre un Piano del verde, previsto anche dalla Strategia nazionale del verde urbano (2018), parallelo ma distinto dal piano strutturale: questo piano comunale del verde, preceduto dal censimento del verde, consente una gestione programmata degli interventi relativi alla conservazione e incremento del verde urbano, e quindi è lo strumento ideale per perseguire gli obiettivi della NRL. L'efficacia del piano del verde è confermata dalla relativa adozione da parte delle città che si stanno muovendo nella direzione della tutela e dell'incremento del verde urbano.

8. I SISTEMI AGRO-FORESTALI

I sistemi agro-forestali rappresentano un ambito strategico per integrare produzione, conservazione e servizi ecosistemici, costituendo un punto di convergenza tra competenze agronomiche, forestali ed ecologiche.
Il recupero dei sistemi agroforestali rappresenta una strategia chiave per ripristinare funzionalità ecologiche nei paesaggi agricoli, migliorando biodiversità, qualità del suolo e connettività ecologica. Inoltre, questi sistemi offrono un elevato potenziale di mitigazione

climatica grazie alla capacità di sequestrare carbonio nella biomassa e nel suolo, contribuendo al contempo alla resilienza produttiva e alla sostenibilità delle aree rurali. L'adozione della NRL introduce un quadro giuridicamente vincolante per il ripristino degli ecosistemi degradati, includendo esplicitamente gli ambienti agricoli tra gli ambiti prioritari di intervento. In tale prospettiva, i sistemi agroforestali assumono un ruolo strategico quale misura di ripristino attivo, capace di contribuire al raggiungimento degli obiettivi relativi alla biodiversità agricola, alla connettività ecologica e all'incremento degli elementi del paesaggio ad alta diversità. Il regolamento europeo sollecita gli Stati membri a incrementare la presenza di caratteristiche paesaggistiche favorevoli alla biodiversità – quali alberi, siepi e fasce tampone – favorendo una riclassificazione funzionale delle superfici agricole non come spazi esclusivamente produttivi, ma come infrastrutture ecologiche diffuse. Per l'Italia, ciò implica l'integrazione *dell'agroforestry* nei Piani di ripristino nazionali, nella pianificazione territoriale e negli strumenti della politica agricola, riconoscendo formalmente il valore degli alberi in campo come elementi strutturali del capitale naturale.

8.1 Ruolo strategico nei paesaggi agrari complessi

In Italia, i sistemi agroforestali rappresentano una componente strutturale del paesaggio rurale e una forma storica di integrazione tra produzione agricola, gestione forestale e conservazione della biodiversità. Dalle colture promiscue con alberi sparsi ai sistemi silvopastorali appenninici, fino agli oliveti terrazzati mediterranei e alle viti maritate, tali configurazioni hanno modellato nel tempo paesaggi ad alta eterogeneità strutturale, garantendo resilienza ecologica e continuità produttiva. La presenza di alberi in contesti agricoli -filari, siepi, alberi isolati, boschetti, pascoli arborati - ha svolto una funzione multifunzionale: protezione del suolo dall'erosione, regolazione microclimatica, incremento della fertilità organica, stoccaggio di carbonio, offerta di habitat per impollinatori e fauna selvatica. Nel quadro delle transizioni ecologica e climatica, l'*agroforestry* emerge come pratica capace di ricomporre la dicotomia tra intensificazione produttiva e tutela ambientale. Essa consente di diversificare le fonti di reddito aziendale, ridurre la dipendenza da input esterni e rafforzare la stabilità dei sistemi colturali di fronte a eventi estremi. Nel contesto italiano, caratterizzato da elevata frammentazione fondiaria e forte variabilità pedoclimatica, i sistemi agroforestali costituiscono un dispositivo territoriale adattativo, in grado di valorizzare aree marginali, contrastare l'abbandono e mantenere attivi paesaggi culturali di rilevante interesse identitario ed ecologico.

8.2 Integrazione tra produzione e biodiversità e trade off

I sistemi agroforestali costituiscono un dispositivo di ripristino ecologico "per integrazione", in cui la riattivazione delle funzioni ecosistemiche avviene contestualmente alla permanenza dell'uso produttivo del suolo. L'inserimento o il recupero della componente arborea in ambito agricolo incrementa la complessità verticale e orizzontale del paesaggio, favorendo la creazione di habitat diversificati e corridoi ecologici funzionali alla mobilità delle specie. In tal modo, l'agroforestry contribuisce alla ricostituzione delle reti ecologiche, soprattutto nei contesti di pianura intensiva, dove la semplificazione

colturale ha determinato una marcata perdita di biodiversità. Dal punto di vista biofisico, tali sistemi migliorano la struttura del suolo, aumentano il contenuto di sostanza organica, promuovono la regolazione idrologica e mitigano gli effetti delle ondate di calore. L'ombreggiamento e la protezione dal vento riducono lo stress idrico delle colture, mentre l'apparato radicale profondo degli alberi intercetta nutrienti lisciviati, contribuendo a cicli biogeochimici più efficienti. La diversificazione strutturale sostiene comunità di insetti utili, uccelli e microrganismi del suolo, rafforzando i servizi di impollinazione e controllo biologico. Tali contributi assumono così valenza sistemica: *l'agroforestry* non rappresenta un intervento puntuale, ma una strategia di ricostruzione ecologica del mosaico rurale, capace di integrare obiettivi climatici, biodiversità e sicurezza alimentare.

L'implementazione dei sistemi agroforestali comporta inevitabili trade-off con modelli agricoli fortemente specializzati o con destinazioni alternative del suolo. L'introduzione della componente arborea può determinare, nel breve periodo, una riduzione della superficie coltivabile meccanizzabile o un incremento dei costi gestionali. In contesti ad alta intensità produttiva, ciò può essere percepito come una perdita di efficienza economica immediata. Ulteriori tensioni emergono nei territori periurbani, dove la pressione insediativa e infrastrutturale compete con l'uso agricolo multifunzionale, o nelle aree marginali, dove l'abbandono favorisce la ricolonizzazione forestale spontanea, talvolta in contrasto con il mantenimento di paesaggi aperti ad alto valore culturale. La sfida consiste dunque nel governare tali trade-off attraverso strumenti di pianificazione integrata e meccanismi di compensazione economica, riconoscendo che il valore generato dai sistemi agroforestali non si esaurisce nella produzione primaria, ma si estende ai servizi ecosistemici e alla resilienza territoriale nel lungo periodo.

9. CONCLUSIONI

Nel loro insieme, le considerazioni emerse delineano una posizione chiara: il successo del Piano nazionale di ripristino dipenderà dalla capacità di affrontare in modo gerarchico e coerente le principali pressioni sul territorio. In primo luogo, il consumo di suolo, quindi l'abbandono delle pratiche di gestione, e solo successivamente le singole criticità settoriali. Rendere espliciti i *trade-off* non significa indebolire gli obiettivi del ripristino, ma rafforzarne la credibilità. Solo attraverso una valutazione consapevole dei costi ecologici, sociali ed economici delle diverse opzioni è possibile costruire politiche di ripristino efficaci, eque e durature. Il ripristino della natura non può essere concepito come processo separato dalle dinamiche produttive e sociali, ma come parte integrante di una strategia territoriale complessiva, capace di coniugare conservazione, produzione e resilienza degli ecosistemi. L'attuazione della NRL nel contesto italiano richiede un approccio fondato su rigore scientifico, coerenza territoriale e responsabilità istituzionale. Il ripristino non può essere interpretato come semplice riduzione dell'attività produttiva o come ritorno a condizioni di naturalità astratte e decontestualizzate. Nei paesaggi italiani, la biodiversità è spesso il risultato di una lunga co-evoluzione tra processi ecologici e pratiche agro-silvo-pastorali. Ignorare questa dimensione significherebbe compromettere proprio quei sistemi che oggi ospitano una parte rilevante della ricchezza biologica nazionale.

Il Piano Nazionale di Ripristino deve dunque fondarsi su una distinzione chiara tra le diverse traiettorie di degrado — intensificazione non sostenibile, abbandono gestionale, artificializzazione del suolo — e definire priorità coerenti con le pressioni effettivamente dominanti nel territorio italiano. Tra queste, il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo rappresentano la minaccia strutturale più grave e irreversibile, incidendo simultaneamente su produttività, servizi ecosistemici e funzionalità ecologica. Il ripristino efficace richiede inoltre una pianificazione a scala di paesaggio, capace di integrare matrici agricole, forestali, urbane e sistemi fluviali in una logica di continuità ecologica e funzionale. In una prospettiva di pianificazione integrata, risulta fondamentale riconoscere il ruolo dei fabbricati rurali e della struttura insediativa storica come parte del capitale territoriale. La loro tutela e valorizzazione, insieme a una pianificazione territoriale coerente e multilivello, rappresentano condizioni essenziali per garantire l'efficacia delle politiche di ripristino e la sostenibilità a lungo termine dei sistemi agro-silvo-pastorali.

Anche le opere di sistemazione idraulico-agrario-forestale, diffuse per secoli nelle aree collinari e montane, rappresentano un patrimonio fondamentale nella gestione e tutela del territorio. La loro tutela, valorizzazione e integrazione con nuove infrastrutture di sistemazione idraulico-agrarie-forestali, funzionali a una pianificazione territoriale complessiva, rappresentano un elemento strategico fondamentale per rafforzare la resilienza dei territori, migliorare la capacità di adattamento ai cambiamenti climatici e garantire la sostenibilità nel lungo periodo dei sistemi ambientali e produttivi.

Le strategie settoriali devono dialogare tra loro, evitando frammentazioni normative e conflitti di obiettivi, e garantendo coerenza con le politiche agricole, climatiche ed energetiche. In assenza di coordinamento, il rischio è quello di produrre interventi formalmente conformi al regolamento ma deboli sul piano sostanziale. Nei sistemi agricoli e pastorali, la sfida non è scegliere tra produzione e biodiversità, ma costruire modelli di gestione adattativa capaci di integrare funzioni ecologiche e produttive. L'intensificazione sostenibile, la gestione estensiva delle aree interne, la tutela delle colture permanenti, la valorizzazione delle razze autoctone e l'innovazione tecnologica rappresentano strumenti complementari per rafforzare resilienza, sicurezza alimentare e qualità ambientale. La definizione delle aree prioritarie e degli indicatori di efficacia deve basarsi su criteri scientificamente fondati, su sistemi di monitoraggio robusti e su modelli in grado di rappresentare e simulare in modo realistico i processi ecologici, idrologici e gestionali, garantendo una rappresentazione attendibile dello stato di conservazione, evitando distorsioni metodologiche e semplificazioni interpretative. In tale prospettiva, la modellazione dei sistemi territoriali costituisce un passaggio imprescindibile per la quantificazione oggettiva degli indicatori e per l'alimentazione delle analisi multicriteriali, che altrimenti rischiano di rimanere su basi prevalentemente descrittive. Obiettivi quantitativi privi di una chiara gerarchia delle pressioni rischiano di tradursi in interventi inefficaci o controproducenti. Infine, il successo del Piano dipenderà dalla sua accettabilità sociale e dalla sostenibilità economica delle imprese coinvolte. Senza agricoltori, allevatori e gestori forestali attivi, non esiste ripristino possibile nei paesaggi italiani. Il ripristino deve quindi configurarsi come una strategia territoriale integrata, capace di coniugare tutela della biodiversità, produzione alimentare, stabilità idrogeologica, qualità paesaggistica e vitalità delle comunità rurali.

La progettazione di interventi di rigenerazione verde del territorio dovrebbe essere esplicitata come indirizzo trasversale, intesa non come semplice incremento di superfici vegetate, ma come insieme opportunamente progettato in modo coordinato di azioni di riqualificazione territoriale, paesaggistica, funzionale ed ambientale, rivolte soprattutto ai contesti segnati da artificializzazione, dismissione, frammentazione o perdita di permeabilità ecologica. La progettazione di interventi di rigenerazione verde comprende interventi di de-pavimentazione e recupero di aree residuali o degradate e incremento delle connessioni territoriali. Tali interventi, se opportunamente progettati, possono combinare obiettivi di ripristino e benefici di adattamento climatico con contenimento delle isole di calore, miglioramento della qualità dei suoli, supporto alla biodiversità, incremento della fruibilità e della qualità paesaggistica. La rigenerazione verde può quindi rappresentare una categoria operativa particolarmente utile nei territori periurbani e di frangia, nelle pianure altamente infrastrutturate, e nei contesti rurali interessati da processi di abbandono o trasformazione impropria. È importante che gli interventi di progettazione prevedano criteri e indicatori prestazionali e azioni di monitoraggio dell'efficacia, per verificare se gli interventi producono effettivamente un miglioramento durevole delle funzioni ambientali.

Ripristinare, in Italia, significa rigenerare processi ecologici all'interno di sistemi vivi, produttivi e abitati. Significa fermare ciò che distrugge irreversibilmente — consumo di suolo e artificializzazione — e rafforzare ciò che, se correttamente orientato, può essere alleato della biodiversità: gestione attiva, conoscenza scientifica, innovazione responsabile e presidio territoriale.

10. SCHEMI SINTETICI DI ESEMPI PER SITUAZIONI PRORITARIE

10.1 Intensificazione/ abbandono in sistemi agricoli

Ripristino ambientale fra intensificazione e abbandono

1. Logica generale delle due traiettorie
2. Modello concettuale dinamico (traiettorie opposte)
Rappresentazione schematica del sistema lungo un asse di **pressione antropica**.

PRESSIONE ALTA → INTENSIFICAZIONE
PRESSIONE MEDIA → GESTIONE ADATTATIVA SOSTENIBILE (zona ottimale)
PRESSIONE BASSA → ABBANDONO

Entrambe le estremità generano **instabilità ecosistemica**, seppure per ragioni diverse:
•Intensificazione → perdita di complessità biologica.
•Abbandono → perdita di controllo funzionale e paesaggistico.

Dimensione	Intensificazione	Abbandono
Motore del cambiamento	Massimizzazione produttiva	Cessazione della gestione
Dinamica iniziale	Aumento input esterni	Riduzione/azzeramento input
Effetto strutturale	Semplificazione funzionale	Deregolazione successionale
Rischio principale	Degradazione per sovrasfruttamento	Degradazione per mancata gestione
Esito non governato	Collasso funzionale	Traiettoria ecologica instabile
Necessità	Ripristino rigenerativo	Ripristino orientato/assistito

A. C. erbacee

Intensificazione	Abbandono
Monocoltura di *Zea mays*	Ex-seminativi lasciati a successione spontanea
Eccesso di fertilizzazione	Suoli erosi e colonizzati da pioniere
Compattazione	Perdita struttura agronomica
Ripristino: agricoltura conservativa	Ripristino: prato stabile o rimboschimento spontaneo

B. C. arboree

Intensificazione	Abbandono
Impianti ad alta densità di *Olea europaea*	Oliveti terrazzati non più curati
Erosione interfilare	Crollo muretti e dissesto
Stress idrico	Colonizzazione arbustiva
Ripristino: inerbimento e policoltura	Ripristino: recupero paesaggistico e gestione estensiva

C. Pascolo

Intensificazione	Abbandono
Sovrapascolamento con *Ovis aries*	Cessazione del pascolo montano
Desertificazione	Chiusura di paesaggi aperti
Erosione e compattazione	Accumulo di biomassa e rischio incendi
Ripristino: rotazione e mosaico pascoli	Ripristino: reintroduzione pascolo controllato estens.

D. Foreste

Intensificazione	Abbandono
Impianti monospecifici di *Picea abies*	Rimboschimenti di *Pinus nigra* abbandonati
Semplificazione strutturale	Invecchiamento disordinato
Vulnerabilità biotica	Instabilità meccanica, rischio incendi
Ripristino: selvicoltura più prossima alla natura	Ripristino: rinaturalizzazione con diversificazione strutturale e funzionale

Sintesi delle differenze ecologiche

Intensificazione produce:

- Riduzione della biodiversità.
- Alterazione dei cicli biogeochimici.
- Dipendenza da input esterni.
- Artificializzazione del sistema
- ……

Abbandono produce:

- Instabilità funzionale e strutturale con tempi incerti di recupero.
- Possibile invasione di specie alloctone.
- Perdita di paesaggi culturali.
- Discontinuità nei servizi ecosistemici.
- ……

Entrambe le traiettorie possono convergere in un percorso di ripristino articolato:

1. **Stato alterato**
   - Intensivo degradato / Abbandonato instabile.
2. **Fase di diagnosi ecologica**
   - Analisi suolo, biodiversità, idrologia.
3. **Ripristino attivo**
   - Riduzione input (intensivo).
   - Introduzione gestione adattativa (abbandono).
   - Quasi-stabilità biogeochimica e funzionale
4. **Ristrutturazione ecosistemica**
   - Aumento complessità.
   - Diversificazione strutturale.
5. **Sistema maturo resiliente**
   - Multifunzionalità.
   - Equilibrio dinamico funzionale.
   - Servizi ecosistemici equilibrati.

Obbiettivi di ripristino

Componenti ecologiche: Biodiversità, stoccaggio carbonio (fitomassa e suolo),

Processi Naturali: salute del suolo, funzionalità idrologiche, riduzione disturbi biotici disfunzionali (attacchi parassitari massivi), riduzione del rischio di catastrofi naturali (incendi, dissesto)

Componente socio-ecologica: multifunzionalità, aumento servizi ecosistemici

Paesaggio: miglioramento connettività ecologica; percezione di naturalità, diversità di habitat

Sintesi concettuale della traiettoria				
Fase	Ecologica	Processi	Socio-ecologica	Paesaggio
Innesco	Diversificazione iniziale	Riattivazione cicli	Coinvolgimento attori	Riduzione omogeneità
Transizione	Struttura pluristratificata	Autoregolazione	Multifunzionalità	Mosaico complesso
Maturità	Alta biodiversità	Resilienza	Servizi ecosistemici	Continuità ecologica

Stato iniziale – Sistema semplificato

Componenti ecologiche

- Monospecificità
- Struttura coetanea
- Bassa biodiversità
- Suolo acidificato

Processi naturali

- Rinnovazione scarsa
- Ciclo nutrienti rallentato
- Vulnerabilità a disturbi

Socio-ecologico

- Assenza di benefici produttivi
- Servizi ecosistemici limitati
- gestione

Paesaggio

- Omogeneità strutturale
- Bassa connettività

Fase 1 – Innesco della transizione

Interventi chiave

Diradamenti selettivi

Apertura copertura

Facilitazione latifoglie

Gestione adattativa

Obiettivi

Ecologici

↑ diversità floristica

↑ strato arbustivo

Processi

Riattivazione ciclo nutrienti

Migliore infiltrazione idrica

Socio-ecologici

Ridefinizione obiettivi gestionali

Riduzione rischio incendi/schianti

Paesaggio

Riduzione omogeneità

Fase 2 – Transizione strutturale

Ecologia

Bosco misto con co-dominanza

Struttura pluristratificata

Presenza necromassa

Processi

Autoregolazione competizione

Mitigazione microclimatica

Socio-ecologico

Multifunzionalità

Aumento servizi ecosistemici

Paesaggio

Mosaico strutturale complesso

Fase 3 – Bosco maturo resiliente

Componenti ecologiche

Alta biodiversità

Microhabitat

Struttura disetanea

Processi naturali

Rinnovazione continua

Ciclo nutrienti chiuso

Resilienza a disturbi

Socio-ecologico

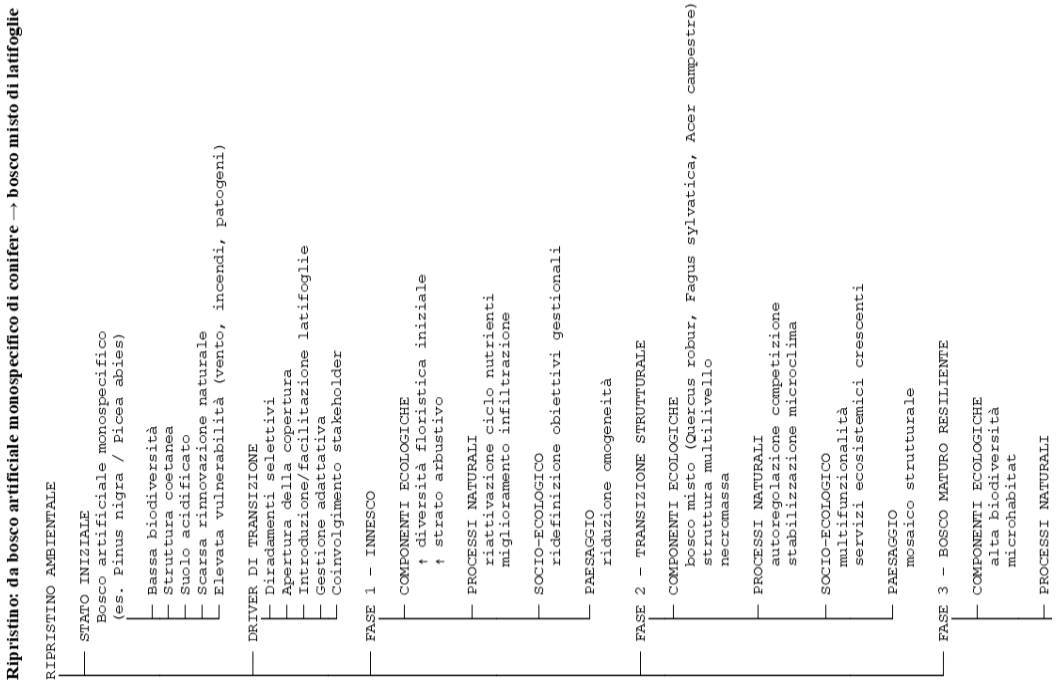
Gestione a basso frequenza e alto valore servizi PRSC

Servizi ecosistemici stabili

Paesaggio

Continuità ecologica territoriale

Elevata eterogeneità spaziale



10.2 Recupero in ecosistemi forestali

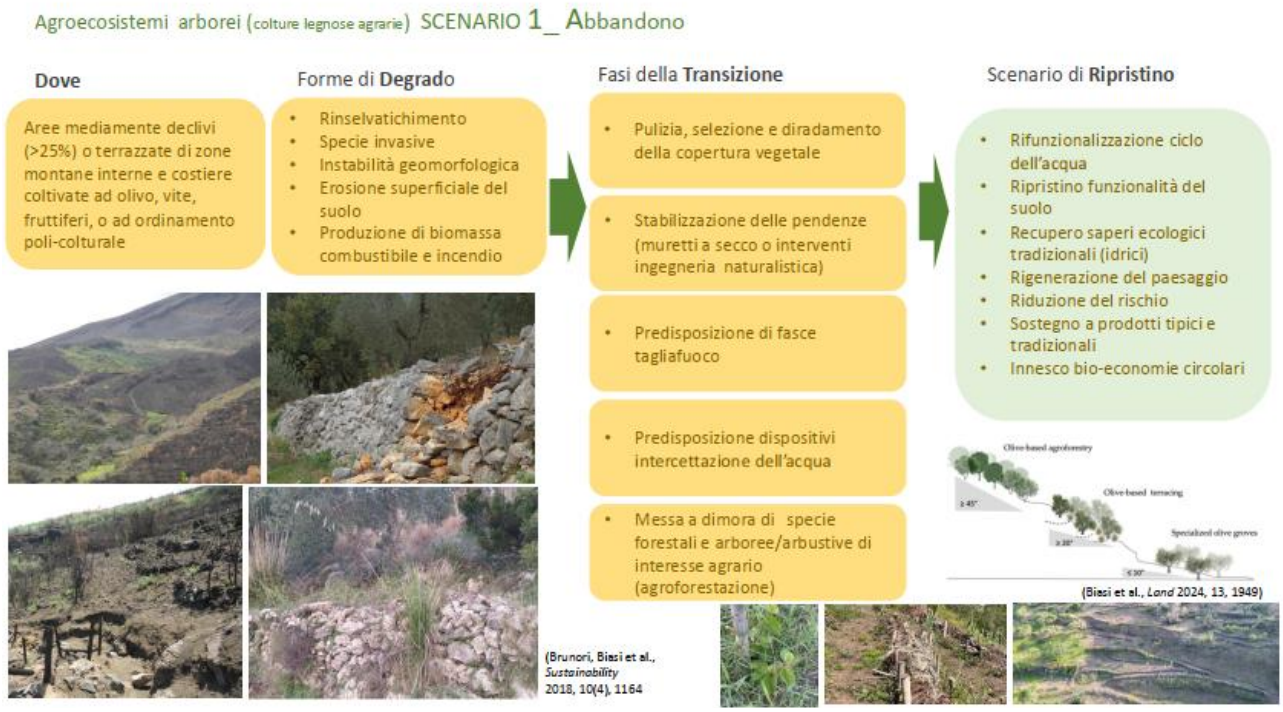
Ecosistemi Forestali SCENARIO 1_Abbandono:
Rimboschimenti di *Pinus nigra* abbandonati

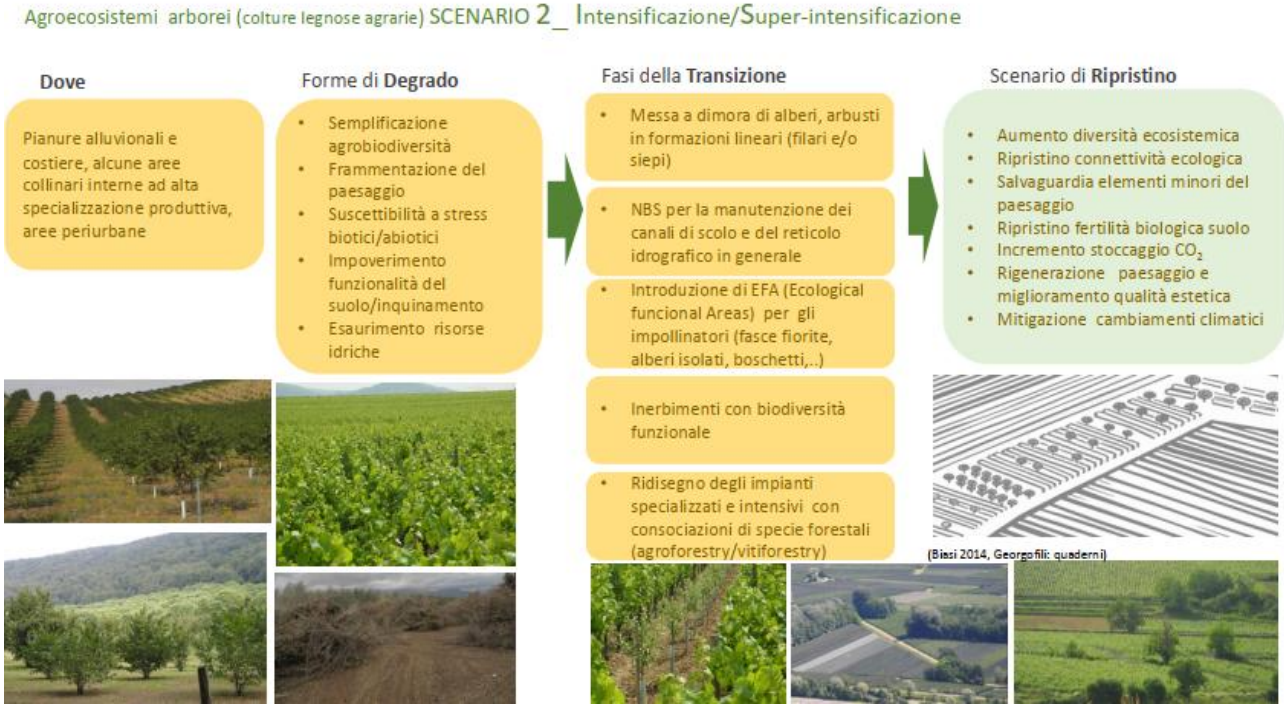
Dove	Forme di degrado	Fasi della transizione	Scenari di ripristino
Aree collinari e montane rimboschite con *Pinus nigra* e non sottoposte a cure colturali	• Ingresso di specie invasive alloctone • Vulnerabilità agli incendi • Erosione del suolo • Diffusione patologie vegetali. • Acidificazione dei suoli	• Diradamenti di preparazione alla rinaturalizzazione; • Diradamenti Selettivi • Interventi per la rinnovazione naturale per il ripristino • Eventuali sottopiantagioni di arricchimento con specie autoctone	• Miglioramento funzionalità del suolo • Riduzione dei rischi di incendio e dissesto • Ripristino caratteri naturali e biocolturali del paesaggio • Aumento biodiversità • Miglioramento cicli biogeochimici

Ecosistemi Forestali SCENARIO 2_Intensificazione:
Boschi a produzione intensiva di abete rosso

Dove	Forme di degrado	Fasi della transizione	Scenari di ripristino
Aree alpine con peccete produttive monospecifiche di *Picea abies*	• Vulnerabilità ai disturbi fisici naturali (vento, tempeste), • Estrema vulnerabilità a attacchi massivi di parassiti xylofagi, • Scarsa resilienza di fronte a danni biotici generalizzati, • Perdita di salute del suolo e innesco processi erosivi.	• Attuazione dei protocolli di Closer-to-nature forestry, • Osservazioni secondo protocolli scientifici della disseminazione e dispersione dei semi di altre specie autoctone, • *Landscape genomics* per la caratterizzazione della diversità dei popolamenti di abete rosso • Interventi per la rinnovazione naturale e la diversificazione specifica, funzionale e fisionomica	• Incremento biodiversità • Maggior resilienza degli ecosistemi forestali di montagna • Riduzione dei rischi dissesto • Ripristino dei caratteri naturali e biocolturali del paesaggio • Miglioramento suoli

10.3 Agrosistemi arborei





10.4 Recupero suoli urbani

Schema sintetico comparativo che evidenzia le traiettorie opposte tra degrado e ripristino dei suoli urbani.

FASE	DEGRADO URBANO	RIPRISTINO URBANO
Stato iniziale	Suolo sigillato Compattazione elevata Inquinamento Bassa biodiversità	Suolo de-sigillato Struttura migliorata Riduzione contaminanti Biodiversità in aumento
Processi	Urbanizzazione intensiva Traffico Abbandono aree Pressione antropica	De-sealing Decompattazione Bonifica Ricostruzione suolo Rinaturalizzazione
Funzionamento	Scarsa infiltrazione Run off elevato Isola di calore Suolo biologicamente povero	Infiltrazione migliorata Regolazione idrica Raffrescamento urbano Attività biologica attiva
Esiti	Degrado persistente Perdita servizi ecosistemici Rischio allagamenti Bassa qualità urbana	Servizi ecosistemici attivi Riduzione allagamenti Miglior qualità ambientale Resilienza climatica

STATO INIZIALE	→	INTERVENTI	→	RISULTATI
Suolo sigillato Compattato Inquinato	→	De-sealing Decompattazione Bonifica Ricostruzione suolo Rinaturalizzazione	→	Suolo permeabile Biodiversità Servizi ecosistemici

Indicatori di successo:

- **Fisici**: porosità, infiltrazione
- **Chimici**: sostanza organica, contaminanti
- **Biologici**: biodiversità, biomassa microbica
- **Funzionali**: regolazione idrica, raffrescamento urbano

Sistemi pastorali e zootecnici

Scenario abbandono - declino

Dove

Aree collinari e montane, con esodo demografico, sottoutilizzate o abbandonate di recente

Bovina di razza Burlina in alpeggio nell'Altopiano di Asiago (B. Ronchi, 2023)

Forme di degrado

- Riduzione o scomparsa di spazi aperti
- Invasione di specie arbustive e arboree
- Semplificazione del paesaggio
- Riduzione della connettività ecologica
- Accumulo di biomassa secca, con rischio di incendi
- Riduzione degli interventi di sistemazione e aumento della vulnerabilità idro-geologica perdita di biodiversità zootecnica
- abbandono e degrado degli edifici rurali

Invasione di felce aquilina in pascoli abbandonati nel Parco Regionale del Matese (B. Ronchi, 2024)

Fasi di ripristino

Azioni a breve termine

- Diagnosi ecologica (verifica degli effetti dell'abbandono sugli ecosistemi e delle criticità ambientali)
- Coinvolgimento proattivo di allevatori e di altri operatori locali
- Verifica di indicatori dello stato di salute del patrimonio prato-pascolivo

Azioni a medio termine

- Ripristino di una praticoltura conservativa e del pascolamento controllato ai fini del mantenimento di habitat
- Supporto per la gestione di razze autoctone e ritorno alla stagionalità dei parti
- Interventi per la mitigazione del conflitto tra allevatori e fauna
- Valutazione della sostenibilità della zootecnia con approcci multi-criterio
- Individuazione, valutazione e pagamento dei servizi ecosistemici erogati

Sistemi pastorali e zootecnici

Scenario sistemi intensivi di fondovalle e pianura

Dove

Aree di fondovalle e di pianura interessate da forme di agricoltura e di zootecnia intensiva o semi-intensiva (razze specializzate, carichi elevati per unità di SAU)

Forme di degrado

- Riduzione della biodiversità vegetale
- Eutrofizzazione delle acque
- Monocolture foraggere
- Riduzione entomofauna e micromammiferi
- Perdita di razze animali locali

Fasi di ripristino

Azioni a breve termine

- Valutazione dell'impronta ambientale delle attività agricole e zootecniche
- Stima dei carichi animali sostenibili per sito
- Coinvolgimento proattivo di allevatori e di altri operatori locali

Azioni a medio termine

- Scelta / miglioramento genetico delle razze allevate con attenzione alla longevità funzionale
- Sostegno alla "zootecnia di precisione" e di sistemi di supporto alle decisioni
- Attenzione alla gestione /trattamento dei reflui
- Ripristino della connettività ecologica e del paesaggio (infrastrutture verdi)

BIBLIOGRAFIA

- Allen, W. L., Street, S. E., & Capellini, I. (2017). Fast life history traits promote invasion success in amphibians and reptiles. *Ecology letters*, *20*(2), 222-230. https://doi.org/10.1111/ele.12728
- Anthony, M. A., Bender, S. F., & Van Der Heijden, M. G. (2023). Enumerating soil biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *120*(33), e2304663120. https://doi.org/10.1073/pnas.2304663120
- Associazione Italiana delle Società Scientifiche Agrarie (AISSA), 2025. L'intensificazione sostenibile. Strumento per lo sviluppo dell'agricoltura italiana. *I Quaderni di AISSA*, 6.
- Augustiny, E., Frehner, A., Green, A., Mathys, A., Rosa, F., Pfister, S., & Muller, A. (2025). Empirical evidence supports neither land sparing nor land sharing as the main strategy to manage agriculture–biodiversity tradeoffs. *PNAS nexus*, *4*(9), pgaf251. https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgaf251
- Battaglini, L., Bovolenta, S., Gusmeroli, F., Salvador, S., Sturaro, E. (2014). *Environmental sustainability of Alpine livestock farms*. Italian Journal of Animal Science, 13(2), 3155. DOI: https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3155
- Bengtsson J., Bullock J.M., Egoh B., Everson C., O'Connor T. (2019). Grasslands-more important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere*, 10, e02582. https://doi.org/10.1002/ecs2.2582.
- Bovolenta S. (2022). *L'allevamento e l'alimentazione della bovina da latte in regime biologico*. In: A. Sandrucci e A. Tamburini (a cura di) Produzioni animali (EdiSES, Napoli), 191-202. ISBN 978-88-3623-0754.
- Carver S. et al. (2021). Guiding principles for rewilding. *Conserv. Biol.* 35, 1882-1893. https://doi.org/10.1111/cobi.13730.
- Catalano, C., Andreucci, M. B., Guarino, R., Bretzel, F., & Leone, M. (Eds.). (2021). *Urban services to ecosystems: Green infrastructure benefits from the landscape to the urban scale*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75929-2
- Celletti, S., Poreba, L., Wawer, R., Padoan, E., Comis, S., & Bartosiewicz, B. (2025). *The potential of nature-based solutions for urban soils: Focus on green infrastructure and bioremediation*. Frontiers in Environmental Science, 2025. https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1634662
- Comitato per il Capitale Naturale (2025). *Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia*. Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE).

- Corson M.S.:, Mondière A., Rorel L., van der Werf H.M.G. (2022). Beyond agroecology: agricultural rewilding, a prospect for livestock systems. *Agricultural systems* 199, 103410.https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103410.
- Fang, C., et al. (2025). *Impact of urban green infrastructure on ecosystem services: A systematic review*. Ecological Indicators, 241, 113885. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113885
- FAO. 2016. Guidelines on urban and peri-urban forestry, by F. Salbitano, S. Borelli, M. Conigliaro and Y. Chen. FAO Forestry Paper No.¬178. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Ferrucci N. (2025). The European Union Regulation on Restoring Nature: a glance at some profiles of forestry interest, in *L'Italia forestale e montana*, pp. 43 -48
- Ferrucci N., (2024). Il regolamento UE sul ripristino della natura: una prima overview, in *Diritto Agroalimentare*, pp. 477-504
- Franchini M., Corazzin M., Bovolenta S., Filacorda S. (2021). The return of large carnivores and extensive farming systems: a review on stakeholders' perception at an EU level. Animals 11(6):1735. https://doi.org/10.3390/ani11061735
- Gandini, G., Pagnacco, G. (2024). *Razze domestiche locali. Capirle, conservarle e promuoverle nel concreto*. Milano University Press, Milano. ISBN: 9791255101963
- Haase, D., Larondelle, N., Andersson, E., Artmann, M., Borgström, S., Breuste, J., et al. (2014). *A quantitative review of urban ecosystem service assessments: Concepts, models, and implementation.* AMBIO, 43, 413–433. https://doi.org/10.1007/s13280-014-0504-0
- Hanna, E., Bruno, D., & Comín, F. A. (2023). *The ecosystem services supplied by urban green infrastructure depend on their naturalness, functionality and imperviousness.* Urban Ecosystems, 27, 187–202. https://doi.org/10.1007/s11252-023-01442-9
- IPBES, 2018. https://files.ipbes.net/ipbes-web-prod-public-files/2018_ldr_full_report_book_v4_pages.pdf
- IPBES, 2019. https://ipbes.net/system/files/2021-06/2020%20IPBES%20GLOBAL%20REPORT%28FIRST%20PART%29_V3_SINGLE.pdf
- Lami, F., Boscutti, F., Peccol, E., Piani, L., De Luca, M., Zandigiacomo, P., & Sigura, M. (2024). Biodiversity-Centric Habitat Networks for Green Infrastructure Planning: A Case Study in Northern Italy. *Sustainability*, *16*(9), 3604. https://doi.org/10.3390/su16093604
- Lorimer J., Sandom C., Jepson P., Doughty C., Barua M., Kirby K.J. (2015). Rewilding: science, practice and politics. *Ann. Rev. Environ. Resour.*, 40: 39-62.

- Marchetti M. (2024). *FORESTE E SOCIETA' - Piccolo Dizionario di Gestione Forestale Sostenibile*. Ed. Compagnia della Foreste, Arezzo, ISBN 978-88-98850-50-1, pp. 370.
- Masini S. (a cura di) (2025). Ripristino della natura e rigenerazione territoriale*, Cacucci Editore*, Bari, ISBN 979-125965-524-0
- Mastrangelo, S., Tolone, M., Di Gerlando, R., Fontanesi, L., Sartori, C., Portolano, B. (2018). *Genomic diversity and population structure of Italian local cattle breeds*. Animal, 12(11), 2231-2241.
- Mauser, H., Kharrat, M. B. D., & Muys, B. (2026). When good forests look bad: Methodological biases in EU conservation status reporting. *Biological Conservation*, *313*, 111610. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111610
- Mercado, G., Wild, T., Hernandez-Garcia, J. Baptista, M. D.,van Lierop, M., Bina, O., Inch, A., Sang, Å. O., Buijs, A., Dobbs, C., Vásquez, A., van der Jagt, A., Salbitano, F., Falanga, R., Amaya-Espinel, J. D., de Matos Pereira, M., Randrup, T. B. (2024). Supporting Nature-Based Solutions via Nature-Based Thinking across European and Latin American cities. Ambio 53, 79–94 (2024). https://doi.org/10.1007/s13280-023-01920-6
- Motta R., Larsen J.B. (2022). Un nuovo paradigma per la gestione forestale sostenibile: la selvicoltura "più" prossima alla natura. Forest@ 19: 52-62. - doi: 10.3832/efor4124-019
- Ottaviano M., Petti B., Tonti D., Munafò M., Lasserre B., Marchetti M. (2026). Trent'anni di Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia (IUTI), uno strumento funzionale per il monitoraggio dei cambiamenti epocali del paesaggio nazionale. Forest@ 23: 11-25. - doi: 10.3832/efor5002-023
- Pearlmutter, D., Calfapietra, C., Samson, R., O'Brien, L., Krajter Ostoić, S., Sanesi, G., & del Amo, R. A. (Eds.). (2017). *The urban forest: Cultivating green infrastructure for people and the environment*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50280-9
- Pearman, P. B., Guisan, A., Broennimann, O., & Randin, C. F. (2008). Niche dynamics in space and time. *Trends in ecology & evolution*, *23*(3), 149-158. https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.11.005
- Perevolotsky A. and Seligman N.G. (1998). *Role of grazing in Mediterranean rangeland ecosystems: inversion of a paradigm*. BioScience, 48(12), 1007-1017. DOI: https://doi.org/10.2307/1313457
- Poreba, L., Glowienka, E., & Siebielec, G. (2026). *Soil ecosystem services in urban areas and methods for their assessment using remote sensing*. Frontiers in Environmental Science, 13. https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1734143

- Pornaro C., Spigarelli C., Pasut D., Ramanzin M., Bovolenta S., Sturaro E., Macolino S. (2021). Plant biodiversity of mountain grasslands as influenced by dairy farm management in the Eastern Alps. Agriculture, Ecosystems and Environment, 320, 107583.

- Ramanzin M., Battaglini L., Bovolenta S., Gandini G., Mattiello S., Sarti F. M., Sturaro E., 2021. *Sistemi Agro-zootecnici e Servizi Ecosistemici. Versione 2.0.* Commissione di studio ASPA "Allevamento e Servizi Ecosistemici". Disponibile online nel sito: http://assaspa.org

- Ramanzin M., 2025. *Sistemi zootecnici alpini e grandi carnivori: possiamo mitigare il conflitto?* In: Atti della Accademia dei Georgofili, Anno 2025 "La zootecnia nelle aree alpine - Innovazioni disponibili per migliorare la sostenibilità dei sistemi produttivi". Bolzano, Italia, 5 dicembre (Accademia dei Georgofili, Firenze), 524-525 (Abstr.). ISBN: 978-88-6032-859-5.

- Renes, H. (2015). Historic Landscapes Without History? A Reconsideration of the Concept of Traditional Landscapes. Rural Landscapes: Society, Environment, History, 2(1): 2, 1–11, DOI: http://dx.doi.org/10.16993/rl.ae

- Revelli, R. (2017). *Urban forests, ecosystem services and modeling.* Forest Research Engineering International Journal, 1(2), 62–63. https://doi.org/10.15406/freij.2017.01.00009

- Ronchi B., Pulina G., Ramanzin M., 2014. Il paesaggio zootecnico italiano. *Franco Angeli editore, Milano.* ISBN: 9788820458751.

- Salbitano, F., Borelli, S., Conigliaro, M., Azlin Yahya, N., Sanesi, G., Chen, Y., Tovar Corzo, G. 2017. Urban Forest Benefits in Developing and Industrializing Countries. In Ferrini, F., Konijnendijk van den Bosch, C.C., Fini, A (eds) Routledge Handbook of Urban Forestry, Routledge, Editors.

- Salbitano, F., Scarascia Mugnozza, G., Marchetti, M. (2026). Cities Walk, Forests Run: Trees and Forests as Nature-based Solutions in Transforming Biocities. In: De Toni, A., Arcidiacono, A., Ronchi, S. (eds) Nature-Positive Cities: Adaptive Spatial Planning in Italy for an Ecological Urban Transition. SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology (). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-06617-6_8

- Sallustio, L., Perone, A., Vizzarri, P., Corona, P., Fares, S., Cocozza, C., Tognetti, R., Lasserre, B., Marchetti, M. (2019) The green side of the grey: Assessing greenspaces in built-up areas of Italy. Urban Forestry & Urban Greening, 37:147-153

- Scarascia-Mugnozza, G. E., Guallart, V., Salbitano, F., Ottaviani Aalmo, G., Boeri, S. (eds.) 2023. Transforming Biocities. Designing Urban Spaces Inspired by Nature. Future City, vol 20. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-29466-2

- Scheuer, S., Jache, J., Kičić, M., Wellmann, T., Wolff, M., & Haase, D. (2022). *A trait-based typification of urban forests as nature-based solutions.* Urban Forestry & Urban Greening, 78, 127780. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127780
- Sidemo-Holm, W., Ekroos, J., & Smith, H. G. (2021). Land sharing versus land sparing—What outcomes are compared between which land uses?. *Conservation Science and Practice*, *3*(11), e530. https://doi.org/10.1111/csp2.530
- Sokolova, M. V., Fath, B. D., Grande, U., Buonocore, E., & Franzese, P. P. (2024). *The role of green infrastructure in providing urban ecosystem services: Insights from a bibliometric perspective.* Land, 13(10), 1664. https://doi.org/10.3390/land13101664
- Stefanon B., Mele M., Pulina G. (2018). Allevamento animale e sostenibilità ambientale. Le tecnologie. Franco Angeli, Milano.
- Suding, K. N. (2011). Toward an era of restoration in ecology: successes, failures, and opportunities ahead. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, *42*(1), 465-487. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102710-145115
- Tagliavini M, Marchetti M., Grignani C., Ronchi B., Corona P., Tognetti R., Dalla Rosa M., Sambo P., Gerbi V., Pezzotti M., Marangon F., Alma A., Battilani P., Bonifacio E., Celi L., Ferrante A., Lacetera N., Macciotta N., Malorgio G., Marone E., Mazzetto F., Perniola M., Pulina G. (2025). *L'intensificazione sostenibile. strumento per lo sviluppo dell'agricoltura italiana. La posizione dell'Associazione Italiana delle Società Scientifiche Agrarie.* Nuova edizione. AISSA - vol. 6 "I Quaderni di AISSA". ISBN - 9788894592580, pp. 83.
- Török P., Lindborg R., Eldridge D., Pakeman R. (2024). Grazing effects on vegetation: biodiversity, management, and restoration. *Appl. Veg. Sci.*, 27: e12794. https://doi.org/10.1111/avsc.12794.
- Tscharntke, T., Clough, Y., Wanger, T. C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., ... & Whitbread, A. (2012). Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological conservation*, *151*(1), 53-59. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.01.068Accademia dei Georgofili, (2025). Le prospettive aperte dal Regolamento dell'Unione Europea n. 2024/1991 sul ripristino della natura: luci e ombre, in I Georgofili - *Quaderni 2025-I*, *Società Editrice Fiorentina*, Firenze, ISBN 978-88-6032-840-3

NOTE

1. Il dibattito "land sharing vs land sparing" riguarda l'alternativa tra integrare biodiversità e produzione nello stesso spazio oppure separare aree produttive intensive e aree destinate esclusivamente alla conservazione.

2. Per degrado si intende la perdita di funzionalità ecosistemica rispetto a uno stato di riferimento esplicitamente definito, non semplicemente una modifica dello stato naturale.

3. Le "expert rules" sono criteri di classificazione basati su soglie e valutazioni esperte utilizzati per attribuire lo stato di conservazione; possono generare automatismi non sempre coerenti con la complessità ecologica reale.

4. Il principio del "no net land take" mira ad azzerare il consumo netto di suolo compensando nuove impermeabilizzazioni con il recupero di superfici già artificializzate.

5. I modelli di "Landscape suitability" stimano l'idoneità ecologica di un'area sulla base di variabili ambientali, climatiche e territoriali.

6. I Decision Support Systems (DSS) sono strumenti informatici che integrano dati ambientali, economici e territoriali per supportare decisioni gestionali e pianificatorie.

7. OECM (Other Effective area-based Conservation Measures) sono aree non formalmente protette ma gestite in modo efficace per produrre risultati di conservazione della biodiversità.

8. Secondo l'ipotesi del disturbo intermedio, livelli moderati di perturbazione possono favorire maggiore biodiversità rispetto a condizioni di stabilità assoluta o di disturbo estremo.

9. Nel caso delle colture legnose agrarie (soprattutto frutteti e vigneti), l'intensificazione colturale non è estranea nemmeno nelle aree interne e collinari, soprattutto là dove al posto di aree agricole eterogenee si sono affermati usi semplificati del suolo come è accaduto per la corilicoltura del Viterbese (VT) e la viticoltura delle colline del Prosecco (TV). Inoltre, forme di abbandono possono invece riguardare anche le aree di pianura soprattutto quelle costiere e periurbane, dove più attivo è il consumo di suolo.

10. Es. *Xylella fastidiosa* (olivicoltura), *Pseudomonas syringae* (actinidicoltura), *Lobesia botrana* e *Drosophila suzukii* (viticoltura).

11. Nel Regolamento EU sul Ripristino della Natura in relazione agli ecosistemi agricoli si fa riferimento esplicito "... tenendo conto dei cambiamenti climatici, delle esigenze sociali ed economiche delle zone rurali e della necessità di garantire la produzione agricola sostenibile nell'Unione." (art.11 NRL).

12. È opportuno mappare le aree a maggior rischio di scomparsa di risorse genetiche agrarie (a scala regionale).

13. I rischi di carattere socioeconomico possono essere comuni ai diversi ecosistemi agrari.

14. Utili gli usi del suolo da: Urban Atlas (per le aree periurbane), Coastal Zones LC-LU Copernicus Land Monitoring Service (CLMS), Olive map (CREA), Catasto viticolo (MASAF).

15. Suoli a vocazionalità agropedologica nella cintura periurbana delle città metropolitane.

16. Vedi misure in Puglia per la lotta alla *Xylella fastidiosa* subspecie fastidiosa con l'estirpazione obbligatoria di mandorleti o piante di mandorlo marginali e abbandonati al fine di eliminare focolai di infezione.