

D.3.3.1

Analiza smrtnosti čebel

Analisi della mortalità delle api

Executive Summary

This report presents the results of monitoring the health of honey bee colonies and solitary bees at multiple locations in Slovenia and Italy within the Bee2Gether Interreg SLO-ITA project. Using a combination of geographic information systems (GIS), palynological analyses, and monitoring, the impact of landscape structure, land use, and environmental contaminants on pollen diversity and pollinator exposure was assessed. Analyses confirmed that natural and semi-natural environments support higher pollen diversity, while intensively farmed areas are characterized by the dominance of few plant species and distinct chemical profiles. Detected pesticide residues and heavy metals were primarily associated with intensively managed landscapes but remained present mostly at low concentrations.

The results highlight the crucial role of conserving diverse habitats and the prudent use of pesticides, with cross-border collaboration enabling comparative insight across the entire region. The application of advanced tools—electronic hives, GIS data analysis, and routine pollen sampling—provides a multi-level perspective for timely identification of ecological risks and the effectiveness of landscape management practices.

The project showed that natural and heterogeneous landscapes offer stable nutritional resources for pollinators and minimize exposure to environmental contaminants. By contrast, intensively farmed monocultural sites exhibited reduced pollen spectrum and a higher likelihood of pesticide and metal exposure, which may negatively affect long-term pollinator health and ecosystem productivity.

In conclusion, systematic pollen monitoring and harmonized data gathering across borders are recommended for shaping policy measures, promoting sustainable farming, and enhancing pollinator resilience. The Bee2Gether project demonstrates an innovative, transferable monitoring approach that significantly contributes to the long-term sustainability of pollinators and agricultural production at the regional and cross-border scale.

Sintesi esecutiva

Il presente rapporto presenta i risultati del monitoraggio della salute delle colonie di api mellifere e delle api solitarie effettuato in diverse località di Slovenia e Italia, nel quadro del progetto Bee2Gether (Interreg SLO-ITA). Attraverso l'uso di sistemi informativi geografici (GIS), analisi palinologiche e monitoraggi chimici, è stato valutato l'impatto della struttura del paesaggio, dell'uso del suolo e dei contaminanti ambientali sulla diversità delle fonti polliniche e sull'esposizione degli impollinatori ai rischi ambientali. Le analisi hanno confermato che gli ambienti naturali e semi-naturali sostengono una maggiore diversità pollinica, mentre le aree agricole intensive sono caratterizzate dal predominio di poche specie vegetali e da profili chimici distinti. Residui di pesticidi e metalli pesanti sono stati rilevati prevalentemente in contesti agricoli intensivi, ma generalmente a basse concentrazioni.

I risultati sottolineano il ruolo cruciale della conservazione degli habitat diversificati e dell'uso oculato dei pesticidi, mentre la collaborazione transfrontaliera permette una visione comparativa estesa sull'intera regione. L'impiego di strumenti avanzati - arnie elettroniche, analisi GIS e campionamento routinario del polline - consente il riconoscimento multilivello dei rischi ecologici e la valutazione dell'efficacia delle pratiche di gestione ambientale.

Il progetto ha dimostrato che i paesaggi naturali e eterogenei offrono risorse nutritive stabili agli impollinatori e riducono l'esposizione ai contaminanti, mentre i contesti monocolturali intensivi sono più esposti a pesticidi e metalli, con potenziali impatti sulla salute degli impollinatori e sulla produttività degli ecosistemi nel lungo periodo.

Il rapporto raccomanda un monitoraggio sistematico del polline e una raccolta dati armonizzata a livello transfrontaliero come base per le misure politiche, la promozione dell'agricoltura sostenibile e il rafforzamento della resilienza degli impollinatori. Il progetto Bee2Gether offre un modello di monitoraggio innovativo e trasferibile, che contribuisce in modo significativo alla sostenibilità di lungo periodo degli impollinatori e della produzione agricola su scala regionale e transfrontaliera.

Izvelek

Poročilo predstavlja rezultate spremljanja zdravja čebeljih družin in samotarskih čebel na različnih lokacijah v Sloveniji in Italiji, izvedenega v okviru projekta Bee2Gether (Interreg SLO-ITA). Z uporabo geografskih informacijskih sistemov (GIS), palinoloških analiz in monitoringa je bila ocenjena vloga krajinske strukture, rabe tal in okoljskih onesnaževal na pestrosti virov cvetnega prahu ter izpostavljenost opraševalcev tveganjem. Analize so potrdile, da naravna in naravno-kmetijska okolja prispevajo k večji pestrosti peloda, medtem ko za intenzivno kmetijska območja prevladujejo le nekatere rastlinske vrste ter specifični kemični profili. Sledi pesticidov in težkih kovin so bili ugotovljeni predvsem v intenzivno obdelanih okoljih, vendar večinoma v nizkih koncentracijah.

Rezultati poudarjajo ključen pomen ohranjanja raznolikih habitatov ter preudarne uporabe pesticidov, hkrati pa čezmejno sodelovanje omogoča širši primerjalni vpogled nad stanjem v regiji. Uporaba naprednih orodij - elektronski panji, GIS analize in rutinsko vzorčenje peloda - omogoča večnivojsko prepoznavanje ekoloških tveganj in oceno učinkovitosti krajinskega upravljanja.

Pokazali smo, da naravna in krajinsko pestra območja nudijo stabilne prehranske vire opraševalcem in zmanjšujejo obremenjenost z onesnaževalci, medtem ko so intenzivne monokulturne površine bolj izpostavljene pojavu pesticidov in težkih kovin, kar lahko dolgoročno vpliva na zdravje opraševalcev in produktivnost ekosistemov.

Priporočamo sistematično spremljanje peloda in harmonizirano zbiranje podatkov preko mej kot osnovo za ukrepe v politiki, spodbujanje trajnostnega kmetijstva in krepitev odpornosti opraševalcev. Projekt Bee2Gether ponuja inovativen, prenosljiv model monitoringa, ki pomembno prispeva k dolgoročni trajnosti opraševalcev in kmetijske pridelave na čezmejni in regionalni ravni.

Vsebina Indice

Executive Summary	2
Sintesi esecutiva	3
Izveček	4
Uvod	6
Opis posameznih lokacij	13
Slovenija	13
Italija	19
Zaključki in primerjalna analiza	28
Introduzione	30
Descrizione delle singole località	36
Slovenia	36
Italia	43
Conclusioni e analisi comparativa	51

Uvod

Projekt Bee2Gether je namenjen razvoju inovativnega sistema monitoringa čebel ter analizi cvetnega prahu kot indikatorja kakovosti okolja in prehranskih virov opraševalcev v Sloveniji in Italiji. Elektronski panji, obogateni z GIS analizami krajine ter kemijskimi in palinološkimi analizami, omogočajo več nivojsko oceno vpliva različnih tipov okolij – od naravnih in polnaravnih do intenzivnih kmetijskih in urbanih območij – na zdravje in raznolikost opraševalcev. Cilj poročila je predstaviti glavne ugotovitve glede razlik v pestrosti rastlinskih virov, vsebnosti težkih kovin in ostankov pesticidov ter podati priporočila za izboljšano upravljanje krajine in varovanje opraševalcev, skladno z evropskimi smernicami za trajnostno kmetijstvo in biotsko raznovrstnost.

V tabeli so prikazane povprečne vrednosti težkih kovin in podatke o zaznanih pesticidih po tipih okolja, posameznih lokacijah in vrstah čebel (HB - medonosna čebela, SB - čebela samotarka).

Tabela 1. Povprečne vrednosti težkih kovin in pesticidov v vzorcih cvetnega prahu po lokacijah. HB - medonosna čebela, SB - samotarska čebela.

Tip okolja	Leto	Država	Partner	Lokacija	Vrsta čebele	Pesticidi zaznani	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)
Urbano	2024	Slovenija	KIS	Ljubljana	HB	ne	0,03	0,14	/	/
Urbano	2025	Slovenija	KIS	Ljubljana	HB	da	0,01	0,04	/	/
Urbano	2025	Slovenija	KIS	Ljubljana	HB	ne	0,03	0,11	/	/
1	2024	Italija	AVISP	Vallevecchia Canadare	HB	ne	0,02	0,09	0,41	0,05
1	2024	Italija	AVISP	Vallevecchia Canadare	SB	ne	0,02	1,08	2,48	4,65
1	2024	Italija	AVISP	Vallevecchia Pineta	HB	ne	0,01	0,23	0,30	0,10
1	2024	Italija	AVISP	Vallevecchia Valle Perera	HB	ne	0,15	0,11	0,80	0,13
1	2024	Italija	POLOAA	SFILIMBERGO HIVE A 21.016	HB	ne	0,03	0,04	0,12	0,08
1	2024	Italija	POLOAA	SFILIMBERGO HIVE B 24.084	HB	ne	0,03	0,03	0,27	0,10
1	2024	Italija	POLOAA	SFILIMBERGO HIVE C	HB	ne	0,03	0,02	0,11	0,05
1	2024	Italija	POLOAA	SFILIMBERGO HIVE D 23.083	HB	ne	0,03	0,02	0,11	0,04
1	2024	Slovenija	KIS	Rašica	HB	ne	0,08	0,07	/	/
1	2024	Slovenija	NIB	Rašica	SB	ne	0,56	0,35	/	/
1	2024	Slovenija	NIB	Vrtovče	SB	ne	0,01	0,13	/	/
1	2024	Slovenija	ROD	Vrtovče	HB	da	0,03	0,32	/	/
1	2025	Italija	AVISP	Vallevecchia Canadare	HB	ne	0,02	0,05	0,37	0,04
1	2025	Italija	AVISP	Vallevecchia Canadare	SB	ne	0,01	0,55	1,25	1,40
1	2025	Italija	AVISP	Vallevecchia Pineta	HB	ne	0,02	0,03	0,70	0,08
1	2025	Italija	AVISP	Vallevecchia Valle Perera	HB	da	0,00	0,05	0,47	0,17
1	2025	Italija	AVISP	Vallevecchia Valle Perera	HB	ne	0,03	0,03	0,32	0,03
1	2025	Slovenija	KIS	Rašica	HB	da	0,05	0,08	/	/
1	2025	Slovenija	KIS	Rašica	HB	ne	0,03	0,06	/	/
1	2025	Slovenija	NIB	Rašica	SB	ne	0,52	0,33	/	/

Tip okolja	Leto	Država	Partner	Lokacija	Vrsta čebele	Pesticidi zaznani	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)
1	2025	Slovenija	NIB	Vrtovče	SB	ne	0,06	1,71	/	/
1	2025	Slovenija	ROD	Vrtovče	HB	da	0,03	0,03	/	/
2	2024	Italija	AVIS	Vallevecchia Dossetto	HB	ne	0,02	0,13	0,57	0,50
2	2024	Italija	AVIS	Vallevecchia Gambericoltura	HB	ne	0,02	0,18	0,53	0,15
2	2024	Italija	AVIS	Vallevecchia Valle Zignago	HB	ne	0,05	0,20	1,48	0,44
2	2024	Italija	POLOAA	VALERIANO HIVE A 21.074	HB	ne	0,12	0,02	0,24	0,03
2	2024	Italija	POLOAA	VALERIANO HIVE B 24.045	HB	ne	0,17	0,00	0,12	0,00
2	2024	Italija	POLOAA	VALERIANO HIVE C 24.087	HB	ne	0,13	0,03	0,17	0,07
2	2024	Italija	POLOAA	VALERIANO HIVE D	HB	ne	0,11	0,03	0,27	0,09
2	2024	Slovenija	KIS	Roje	HB	ne	0,02	0,04	/	/
2	2024	Slovenija	ROD	Šempeter	HB	da	0,32	0,36	/	/
2	2025	Italija	AVIS	Vallevecchia Dossetto	HB	ne	0,02	0,06	0,58	0,06
2	2025	Italija	AVIS	Vallevecchia Dossetto	SB	ne	0,03	2,30	4,10	6,10
2	2025	Italija	AVIS	Vallevecchia Gambericoltura	HB	ne	0,02	0,04	0,53	0,03
2	2025	Italija	AVIS	Vallevecchia Valle Zignago	HB	da	0,00	0,03	1,20	0,09
2	2025	Italija	AVIS	Vallevecchia Valle Zignago	HB	ne	0,01	0,05	0,31	0,03
2	2025	Italija	POLOAA	Provetta VALERIANO	SB	ne	0,03	1,13	2,65	3,55
2	2025	Slovenija	KIS	Roje	HB	ne	0,03	0,06	/	/
2	2025	Slovenija	NIB	Roje	SB	ne	0,21	0,09	/	/
2	2025	Slovenija	NIB	Šempeter	SB	ne	0,05	1,01	/	/
2	2025	Slovenija	ROD	Šempeter	HB	da	0,01	0,04	/	/
3	2024	Italija	AVIS	Vallevecchia Cao Mozzo	HB	da	0,03	0,18	0,65	0,18
3	2024	Italija	AVIS	Vallevecchia Lugugnana	HB	ne	0,02	0,15	0,48	0,11
3	2024	Italija	AVIS	Vallevecchia Lugugnana	SB	ne	0,31	0,19	0,44	0,31
3	2024	Italija	POLOAA	Provetta SD 2 circa 8,15 gr	SB	ne	0,00	3,66	2,97	6,02
3	2024	Italija	POLOAA	SAN DANIELE HIVE A 21.064	HB	ne	0,10	0,10	0,12	0,33
3	2024	Italija	POLOAA	SAN DANIELE HIVE B 24.082	HB	ne	0,09	0,06	0,07	0,35
3	2024	Italija	POLOAA	SAN DANIELE HIVE C	HB	ne	0,11	0,07	0,10	0,27
3	2024	Italija	POLOAA	SAN DANIELE HIVE D 23.080	HB	ne	0,08	0,08	0,09	0,15
3	2024	Slovenija	KIS	Jable	HB	ne	0,06	0,16	/	/
3	2024	Slovenija	ROD	Dobravlje	HB	da	0,21	0,01	/	/
3	2025	Italija	AVIS	Vallevecchia Cao Mozzo	HB	da	0,05	0,05	0,43	0,02
3	2025	Italija	AVIS	Vallevecchia La Brussa	HB	ne	0,03	0,04	0,65	0,02
3	2025	Italija	AVIS	Vallevecchia Lugugnana	HB	da	0,02	0,12	0,62	0,03
3	2025	Italija	AVIS	Vallevecchia Lugugnana	HB	ne	0,11	0,84	1,33	1,74
3	2025	Italija	AVIS	Vallevecchia Lugugnana	SB	ne	0,20	0,16	0,36	0,32

Tip okolja	Leto	Država	Partner	Lokacija	Vrsta čebele	Pesticidi zaznani	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)
3	2025	Slovenija	KIS	Mengeško polje	HB	ne	0,06	0,07	/	/
3	2025	Slovenija	NIB	Dobravlje	SB	ne	0,00	0,08	/	/
3	2025	Slovenija	NIB	Jablje	SB	ne	0,02	0,07	/	/
3	2025	Slovenija	ROD	Dobravlje	HB	da	0,07	0,06	/	/

Analiza cvetnega prahu, zbranega na različnih lokacijah v Sloveniji in Italiji, je pokazala nekaj značilnih vzorcev glede prisotnosti težkih kovin in pesticidov.

Slovenija

Na urbanih lokacijah (Ljubljana - KIS) so bile koncentracije kadmija (Cd) in svinca (Pb) nizke, pesticidi pa v letu 2024 niso bili zaznani. V letu 2025 je bilo zaznati posamezne vzorce z ostanki pesticidov, vendar ob nizkih vrednostih kovin. Na naravnih lokacijah (npr. Rašica) so bile ravni kovin prav tako nizke, s posameznimi razlikami med medonosno čebelo in čebelo samotarko: slednje so pogosto prinašale cvetni prah z nekoliko višjimi vsebnostmi kovin. V naravno-kmetijskih okoljih (Roje, Šempeter, Vrtovče) so bili rezultati bolj raznoliki - v nekaterih primerih so bili pesticidi zaznani, zlasti pri medonosnih čebelah. V intenzivno kmetijskih območjih (Mengeško polje, Dobravlje, Jable) so bile občasno zaznane višje koncentracije Pb in Cd, hkrati pa tudi prisotnost pesticidov, kar nakazuje večjo obremenitev teh okolij.

Italija

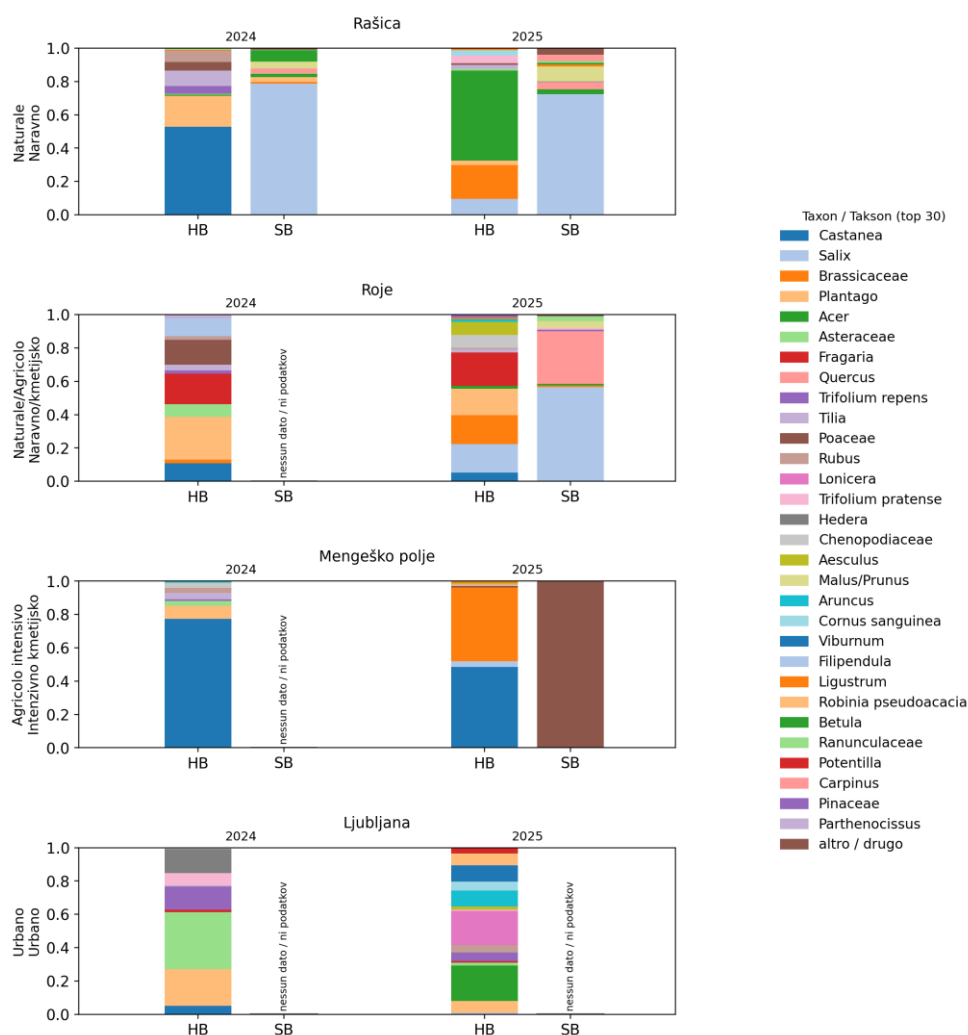
V naravnih okoljih (npr. Vallevecchia Canadare, Pineta, Valle Perera) so rezultati pokazali nekoliko višje vrednosti niklja (Ni) in kroma (Cr), predvsem v vzorcih čebel samotark. Na lokacijah partnerja POLOAA (Spilimbergo) so bile ravni težkih kovin nizke, pesticidi pa niso bili zaznani. V naravno-kmetijskih območjih (Dossetto, Gambericoltura, Valle Zignago, Valeriano) so bile koncentracije Ni in Cr povišane v primerjavi z naravnimi območji, v posameznih primerih so bili prisotni tudi pesticidi. V intenzivno kmetijskih območjih (Cao Mozzo, La Brussa, Lugugnana, San Daniele) so bile občasno zaznane višje koncentracije kovin, predvsem Pb in Cr, skupaj z zaznanimi pesticidi, kar potrjuje večjo izpostavljenost čebel v teh okoljih.

Splošne ugotovitve:

- Nizke obremenitve v urbanih in naravnih okoljih v Sloveniji.
- Višje vrednosti Ni in Cr v italijanskih naravnih in naravno-kmetijskih okoljih, predvsem pri čebelah samotarkah.
- Pesticidi so bili najpogosteje zaznani v naravno-kmetijskih in intenzivno kmetijskih okoljih v obeh državah.
- Čebele samotarke so pogosto prinašale cvetni prah z višjimi vsebnostmi kovin, kar kaže na njihovo drugačno izbiro rastlin in potencialno večjo občutljivost na onesnaženje.

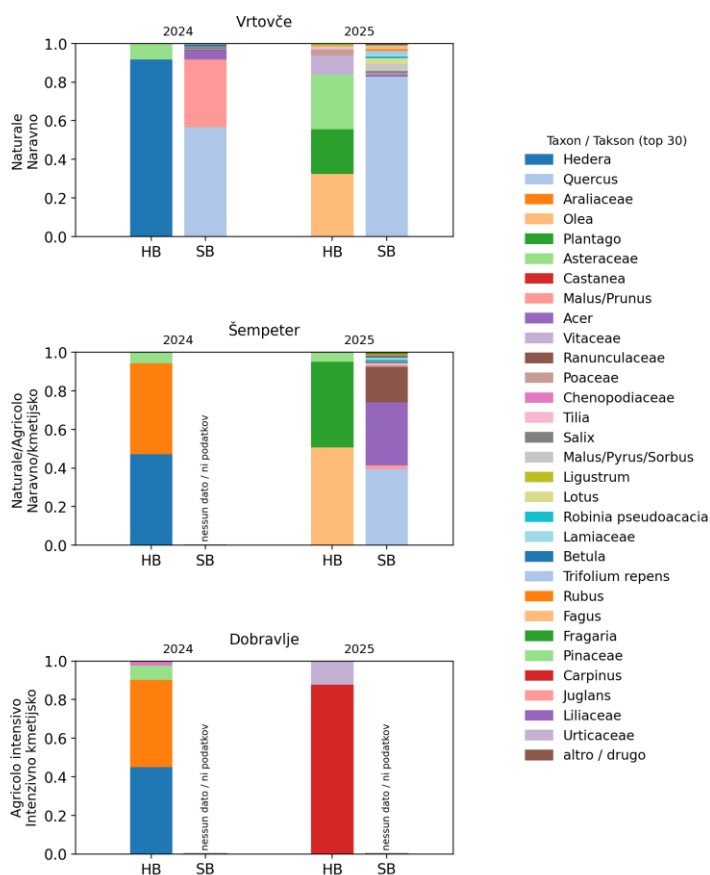
V nadaljevanju so grafični prikazi pestrosti cvetnega prahu po državi, partnerju in tipu okolja (slike 1-4). Pojavljajo se tudi t.i. ruderalne rastline. To so vrste, ki uspevajo na motenih ali degradiranih površinah, kot so površine ob cestah, gradbišča ali robovi naselij. So pionirske in hitro rastoče vrste, ki se pogosto širijo v urbanih in kmetijskih krajinskih okoljih. V palinoloških analizah njihova prisotnost pogosto odraža vpliv urbanizacije ali drugih vplivov na naravno vegetacijo.

Diversità del polline in Slovenia (KIS, NIB) nel 2024 e 2025 / Pestrost cvetnega prahu v Sloveniji (KIS, NIB) v 2024 in 2025



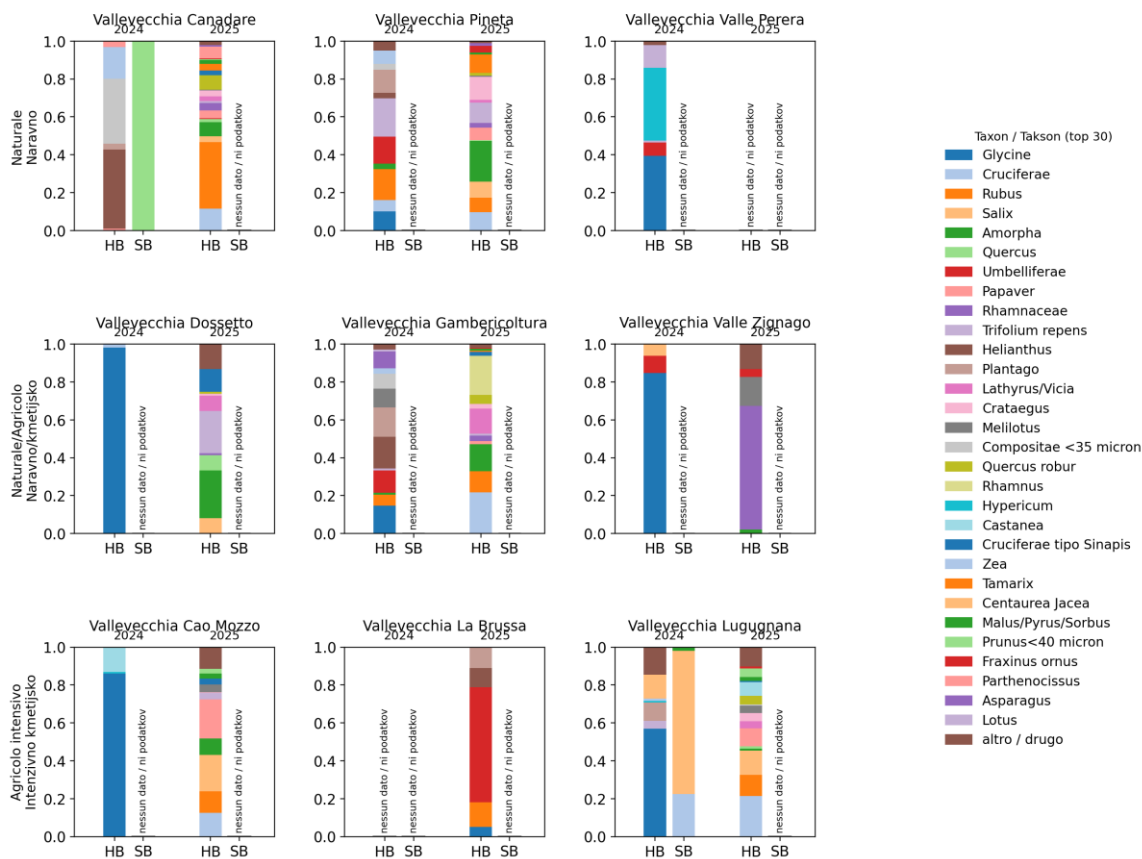
Slika 1. Pestrost rastlinskih vrst v cvetnem prahu na lokacijah KIS in NIB glede na tip okolja. HB - medonosna čebela, SB - čebela samotarka.

Diversità del polline in Slovenia (ROD, NIB) nel 2024 e 2025 / Pestrost cvetnega prahu v Sloveniji (ROD, NIB) v 2024 in 2025



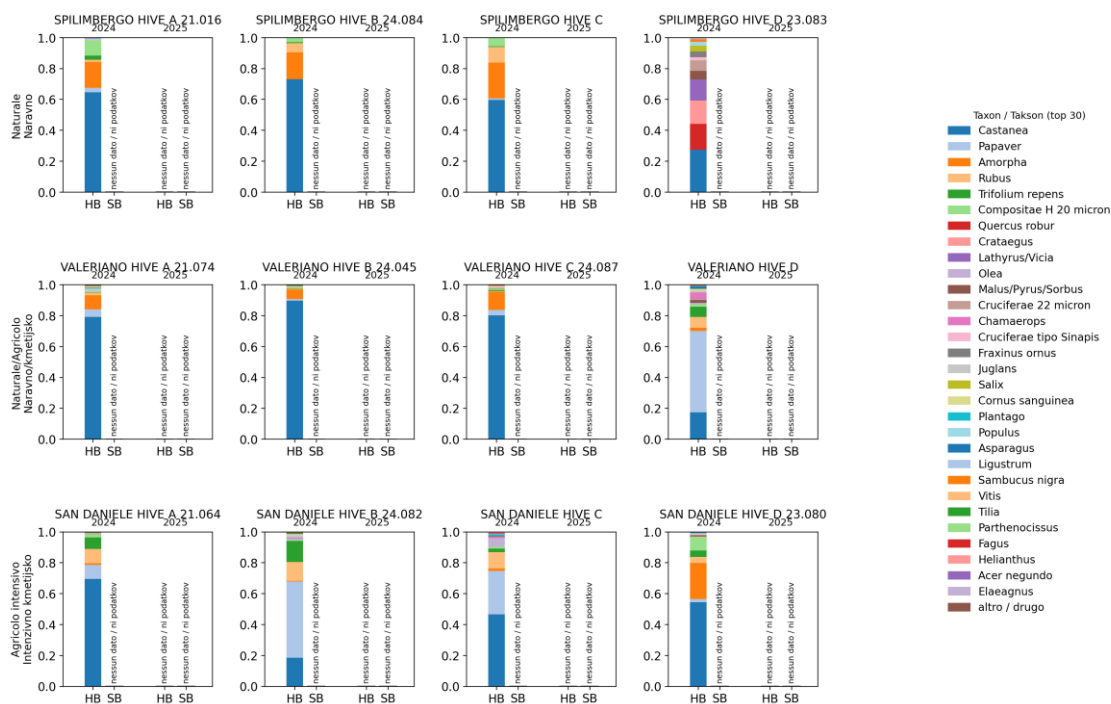
Slika 2. Pestrost rastlinskih vrst v cvetnem prahu na lokacijah ROD in NIB glede na tip okolja. HB - medonosna čebela, SB - čebela samotarka.

Diversità del polline in Italia (AVISIP) nel 2024 e 2025 / Pestrost cvetnega prahu v Italiji (AVISIP) v 2024 in 2025



Slika 3. Pestrost rastlinskih vrst v cvetnem prahu na lokacijah AVISP v Italiji. HB - medonosna čebela, SB - čebela samotarka.

Diversità del polline in Italia (POLOAA) nel 2024 e 2025 / Pestrost cvetnega prahu v Italiji (POLOAA) v 2024 in 2025



Slika 4. Pestrost rastlinskih vrst v cvetnem prahu na lokacijah POLOAA v Italiji. HB - medonosna čebela.

Opis posameznih lokacij

Slovenija

Lokacije KIS in NIB

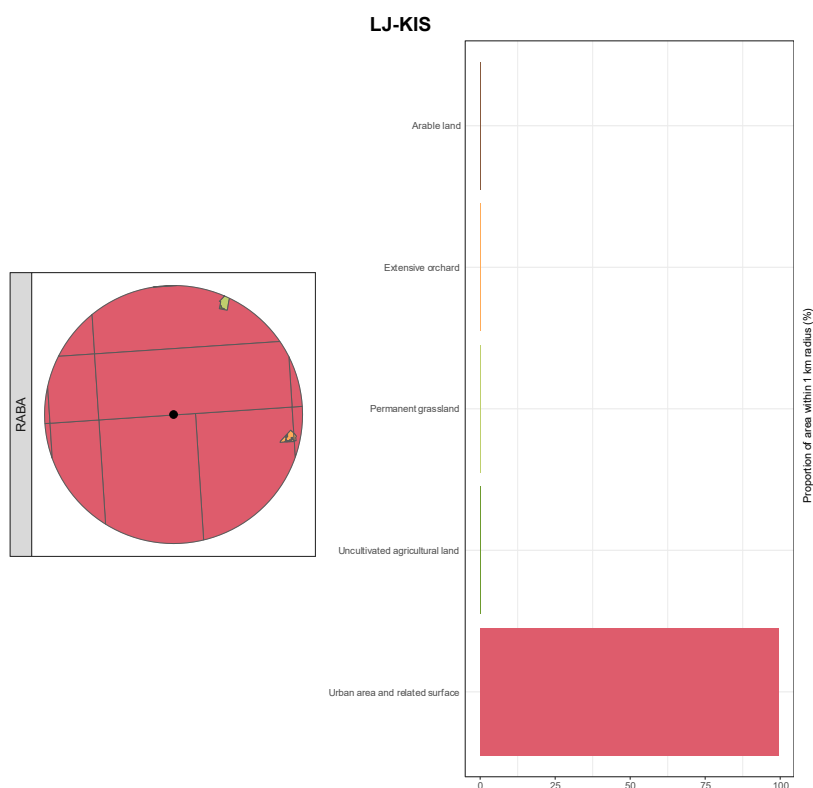
Urbano okolje

Ljubljana (KIS)

Lokacija Ljubljana-KIS se nahaja v izrazito urbanem okolju, kar potrjuje tudi GIS analiza (več kot 90 % urbanih površin v radiju 1 km). Analize cvetnega prahu so pokazale nizke vrednosti kadmija (0.02-0.04 mg/kg) in svinca (≈ 0.09 mg/kg). Pesticidi niso bili zaznani. Palinološki profil kaže prevlado rastlin značilnih za urbano okolje (*Plantago*, *Asteraceae*, *Hedera*, *Trifolium*).

Vpliv vremena: V času prvega vzorčenja (april-julij 2024) je bila v Ljubljani povprečna temperatura med 16 in 22 °C, relativna vlaga je bila visoka (do ~78 %) z več padavinskimi epizodami v maju in juniju. Vlažni pogoji in mile temperature so spodbudili cvetenje ruderalnih ter parkovnih vrst (npr. *Plantago*, *Asteraceae*), kar je razvidno tudi iz pelodnih vzorcev.

Palinološka analiza je pokazala, da so medonosne čebele v Ljubljani večinoma nabirale cvetni prah ruderalnih in parkovnih rastlin, kot so trpotec (*Plantago*), predstavniki družine nebinovk (*Asteraceae*), detelje (*Trifolium*) in bršljan (*Hedera*). Takšna sestava cvetnega prahu je značilna za urbano okolje, kjer prevladuje kombinacija ruderalnih in okrasnih rastlin. Rezultati kažejo na dobro dostopnost cvetnega prahu za obe skupini čebel, brez večjih obremenitev zaradi pesticidov ali težkih kovin.



Slika 5. GIS analiza rabe tal za lokacijo Ljubljana-KIS (avtor: Anja Pavlin).

Naravno okolje (tip 1)

Rašica (NIB, KIS)

Lokacija Rašica se nahaja v izrazito gozdnatem okolju, kjer gozd pokriva približno 75 % območja v radiju 1 km, trajni travniki pa okoli 18 %. Urbanih in kmetijskih površin je manj kot 5 %. To potrjuje tudi GIS analiza rabe tal, kjer jasno izstopa prevlada naravnih habitatov (slika 6).

Analize cvetnega prahu so pokazale razmeroma višje povprečne vrednosti svinca (Pb do 0,35 mg/kg) in kadmija (Cd do 0,56 mg/kg) v določenih vzorcih, a še vedno znotraj mej varne izpostavljenosti. Pesticidov v vzorcih ni bilo zaznati, kar je skladno z majhnim deležem kmetijskih površin v okolici.

Palinološki profil potrjuje tudi prevlado pelodov lesnatih rastlin, predvsem vrbe (*Salix*, do 79 %) in kostanja (*Castanea*, do 51 %), občasno pa tudi ruderalnih rastlin, kot je trpotec (*Plantago*, približno 19 %). To neposredno odraža gozdnatost okolice in ugodno okolje za pester nabor medonosnih rastlin.

Vpliv vremena: Uporabljeni so podatki postaje Ljubljana (april-julij 2024). Visoka vlaga in zmerne temperature so dobro sovpadale s cvetenjem lesnatih vrst (*Salix*, *Castanea*), ki prevladujejo v pelodnem profilu za Rašico.

Rašica je značilno referenčna lokacija za naravna, malo antropogena območja, kjer prevladuje naravna sestava pelodov ter minimalen vpliv kmetijskih onesnaževalcev. Večje koncentracije težkih kovin so lahko posledica atmosferske depozicije ali naravne geokemične podlage tal.

Rašica



Slika 6. GIS analiza rabe tal za lokacijo Rašica (avtor: Anja Pavlin).

Naravno/kmetijsko okolje (tip 2)

Roje (KIS, NIB)

Lokacija Roje predstavlja naravno/kmetijsko okolje s prehodnimi značilnostmi. Na podlagi GIS analize rabe tal (radij 1 km) prevladujejo njive (35,3 %) in trajni travniki (26,5 %), pomemben delež pa zavzemajo tudi urbanizirane površine (29,1 %). Gozdne površine in drevesa z grmičevjem predstavljajo manj kot 10 %. Takšna krajinska pestrost cvetnega prahu omogoča dostop čebel do širokega nabora virov (slika 7).

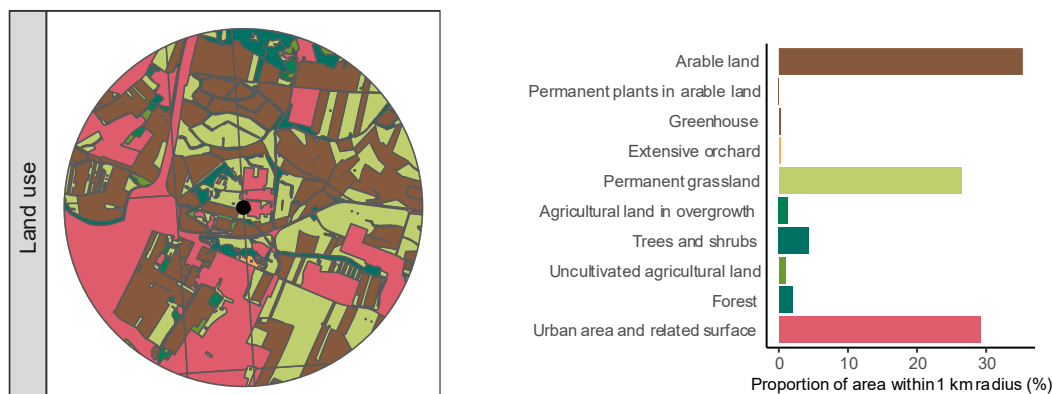
Analize cvetnega prahu za leti 2024-2025 so pokazale nizke povprečne vrednosti težkih kovin, pri čemer je kadmij (Cd) znašal 0,02-0,09 mg/kg, svinec (Pb) pa 0,04-0,24 mg/kg. Pesticidov v vzorcih ni bilo zaznati, kar nakazuje na manj intenzivno uporabo fitofarmaceutskih sredstev v bližnji okolici.

Palinološki profil potrjuje tudi raznolikost krajine: prevladujejo pelodi trpotca (*Plantago*, 24 %), jagod (*Fragaria*, 17 %), trav (*Poaceae*, 10-14 %) in detelje (*Trifolium*, približno 10 %). Prisotne so tudi kulturne sadne vrste ter travno-deteljne mešanice, ki dopolnjujejo sestavo vzorcev.

Vpliv vremena: Pogoji v Ljubljani v času vzorčenja so bili topli in vlažni, brez daljših sušnih obdobj. To podpira večji delež trav (*Poaceae*) in detelj (*Trifolium*) v pelodu.

Lokacija Roje je tipična prehodna lokacija med kmetijskim in urbanim robom, z visoko krajinsko pestrostjo cvetnega prahu in nizko obremenitvijo s kovinami ter brez zaznanih pesticidov. To daje lokaciji poseben pomen za primerjavo z bolj urbanimi in intenzivno kmetijskimi območji.

Roje



Slika 7. GIS analiza rabe tal za lokacijo Roje (avtor: Anja Pavlin).

Intenzivno kmetijsko okolje (tip 3)

Mengeško polje (KIS, NIB)

Lokacija Mengeško polje predstavlja tipično intenzivno kmetijsko okolje. GIS analiza rabe tal (radij 1 km) kaže, da več kot 85 % površin zavzemajo orna/kmetijska zemljišča, medtem ko so travniki prisotni v manjšem obsegu. Gozd, urbanizirane površine in nasadi predstavljajo manj kot 5 % vsaka. Takšna struktura jasno potrjuje tudi prevlado poljščin in minimalno prisotnost naravne ali gozdne pokritosti (slika 8).

Analize cvetnega prahu za obdobje 2024 so pokazale nizke povprečne vrednosti težkih kovin: kadmij (Cd) 0,028 mg/kg in svinec (Pb) 0,165 mg/kg. V nobenem izmed vzorcev niso bili zaznani ostanki pesticidov. Rezultati nakazujejo, da kljub intenzivnemu kmetijstvu lokacija ni izrazito obremenjena s pesticidi ali kovinami.

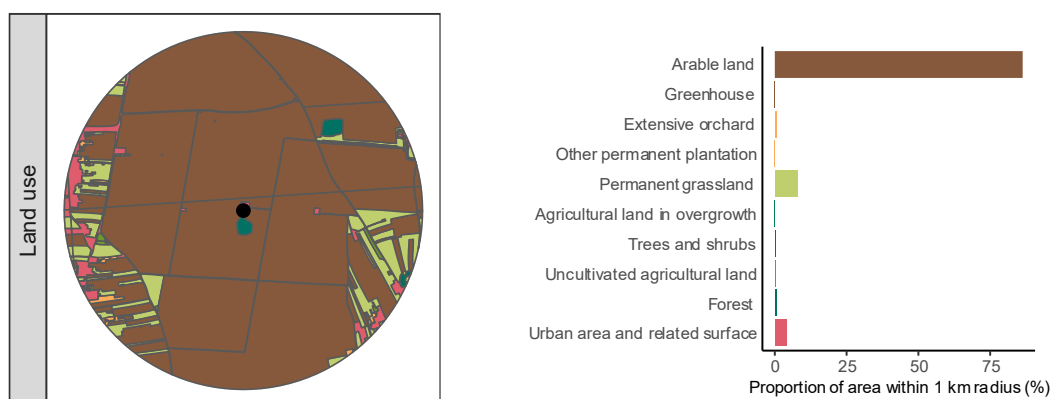
Palinološki profil razkriva prevlado trpotca (*Plantago*, 42 %), kostanja (*Castanea*, 20,5 %) ter manjših deležev sadnih vrst *Malus/Prunus* (1,5 %), *Asteraceae* (1,5 %) in lipe (*Tilia*, 1 %). To potrjuje tudi, da je vegetacijska sestava v veliki meri odvisna od kmetijskih in ruderalnih rastlin, občasno pa prispevajo tudi posamezna drevesa in nasadi.

Vpliv vremena: Podatki postaje Ljubljana kažejo stabilne temperature in nekaj izrazitejših padavin v maju-juniu 2024. Vlažni pogoji so podprli ruderalne vrste (npr. *Plantago*), kar se vidi v pelodnih deležih.

Gre za izrazito kmetijsko krajino z visoko produktivnostjo poljščin in nizko stopnjo naravnih elementov. Odsotnost pesticidov v vzorcih je presenetljiva in lahko odraža previdno rabo FFS ali

njihovo razgradnjo. Vrednosti Cd in Pb so nizke in primerljive z drugimi manj obremenjenimi območji. Lokacija je pomembna kot primer intenzivne kmetijske rabe brez večjih znakov onesnaženja.

Mengeško polje



Slika 8. GIS analiza rabe tal za lokaciji Mengeško polje (avtor: Anja Pavlin).

Lokacije ROD in NIB

Naravno okolje (tip 1)

Vrtovče (ROD, NIB)

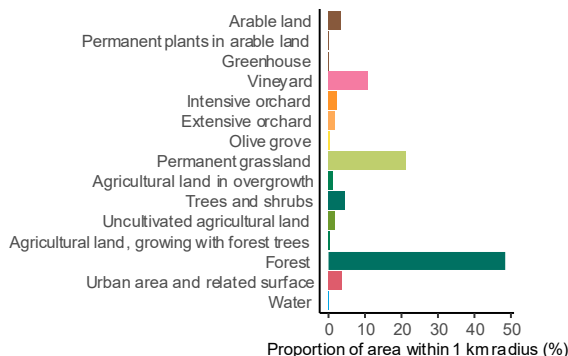
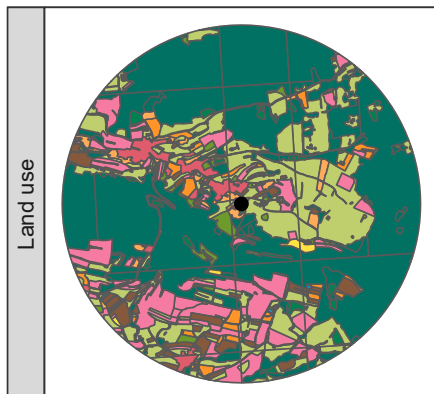
Lokacija Vrtovče sodi med naravna okolja (tip 1). GIS analiza rabe tal kaže, da več kot 48 % območja pokriva gozd, 21 % trajni travniki, približno 11 % vinogradi, urbanizirane površine pa le 3,6 %. Preostanek predstavljajo posamezne kmetijske in sadjarske površine (slika 9).

Analize cvetnega prahu (2024-2025) so pokazale nizke koncentracije težkih kovin (Cd 0,02 mg/kg, Pb 0,26 mg/kg), v vzorcih pesticidov ni bilo zaznati. Palinološki profil kaže visoko prevlado drevesnih vrst - hrast (*Quercus*, 56,5 %), jablana/češnja/sliva (*Malus/Prunus*, 35 %) ter javor (*Acer*, 5 %). To jasno potrjuje tudi vpliv gozdnatega in sadjarsko-vinogradniškega okolja.

Vpliv vremena: Za Ajdovščino (april-julij 2024) so bile značilne višje temperature (do ~27 °C) in manj padavin v primerjavi z Ljubljano. Suša je verjetno okrepila delež pelodov drevesnih in trajnejših vrst (*Quercus*, *Malus/Prunus*).

Ajdovščina je naravno bogata krajina z minimalnim vplivom urbanizacije ali industrijskih virov. Zaznani pelodi odražajo predvsem gozdne in obrobne sadjarske rastline, brez zaznanih obremenitev s pesticidi ali kovinami.

Vrtovče



Slika 9. GIS analiza rabe tal za lokacijo Vrtovče (avtor: Anja Pavlin).

Naravno/kmetijsko okolje (tip 2)

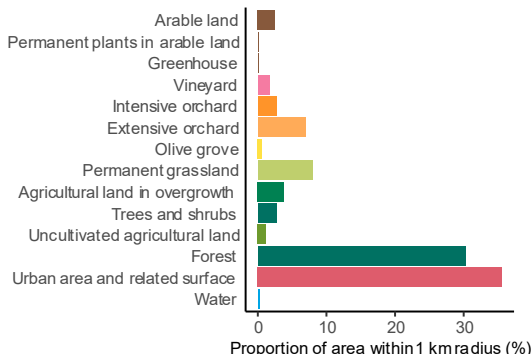
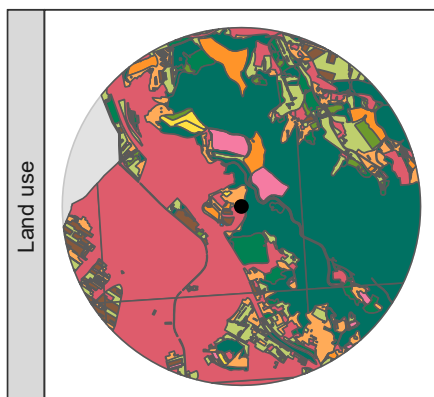
Šempeter (ROD, NIB)

Lokacija Šempeter predstavlja naravno/kmetijsko okolje (tip 2). GIS analiza rabe tal (radij 1 km) kaže prevlado travnikov (okoli 60 %), sledijo njive (20 %), gozd (8 %) in urbanizirane površine (6 %). Preostanek predstavljajo sadjarske in druge manjše rabe (slika 10).

Analize cvetnega prahu (2024) so pokazale kadmij (Cd) 0,32 mg/kg in svinec (Pb) 0,03 mg/kg. Zaznan je bil posamezen ostanek pesticida (31 µg/kg). Palinološka sestava je izrazito enolična: 89 % pelodov trav (Poaceae), drugi rodovi pa so prisotni v manjših deležih.

Vpliv vremena: Lokacija je imela toplo in bolj sušno obdobje. To dobro razloži močno prevlado trav (Poaceae) v pelodu in manjšo pestrost cvetnega prahu.

Šempeter



Slika 10. GIS analiza rabe tal za lokacijo Šempeter (avtor: Anja Pavlin).

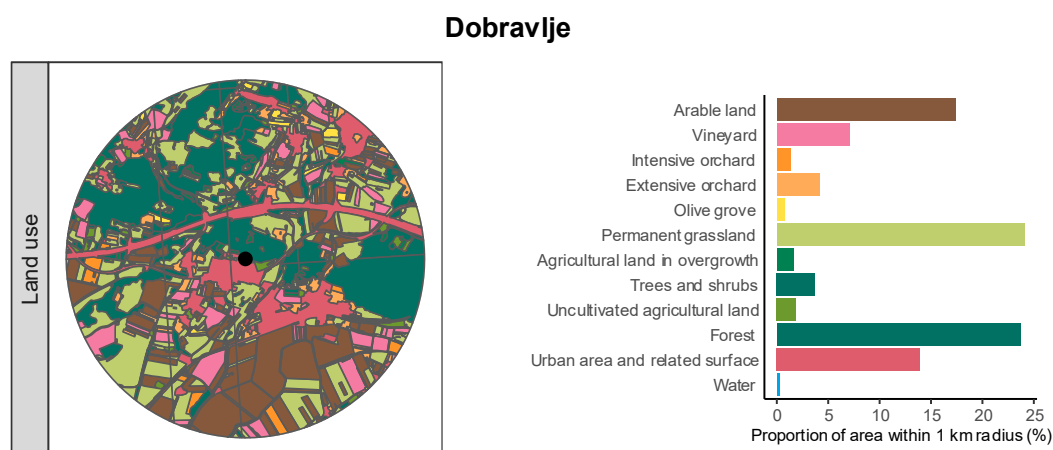
Intenzivno kmetijsko okolje (tip 3)

Dobravlje (ROD, NIB)

Lokacija Dobravlje predstavlja intenzivno kmetijsko okolje (tip 3). GIS analiza rabe tal razkriva uravnotežen mozaik: 24 % trajni travniki, 23,7 % gozd, 17,4 % njive, 13,9 % urbanizirane površine, 7,1 % vinogradi in 4,2 % ekstenzivni sadovnjaki (slika 11).

Analize cvetnega prahu (2024-2025) so pokazale povprečne vrednosti Cd 0,208 mg/kg in Pb 0,014 mg/kg. V določenih vzorcih so bili zaznani pesticidi (do 25 µg/kg). Palinološka sestava odraža tipično travniško-sadjarsko-vinogradniško krajino: prevladujejo travniške rastline, vinska trta, sadne vrste, občasno pa tudi gozdni pelodi.

Vpliv vremena: Podobno kot drugod v Vipavski dolini so prevladovali topli in sušni pogoji. Pelodni profil z več travami in vinogradniškimi vrstami je s tem skladen.



Slika 11. GIS analiza rabe tal za lokacijo Dobravlje (avtor: Anja Pavlin).

Italija

Lokacije AVISP

Vpliv vremena: Po podatkih postaje Bibione (Vallevecchia; april-avgust 2024) so bile povprečne temperature med 18 in 27 °C. Maj in junij sta bila izrazito deževna, julij bolj suh. V mokrem delu se v pelodu povečajo mokriščne in obvodne vrste, v sušnem delu pa delež trav in kulturnih rastlin.

Naravno okolje (tip 1)

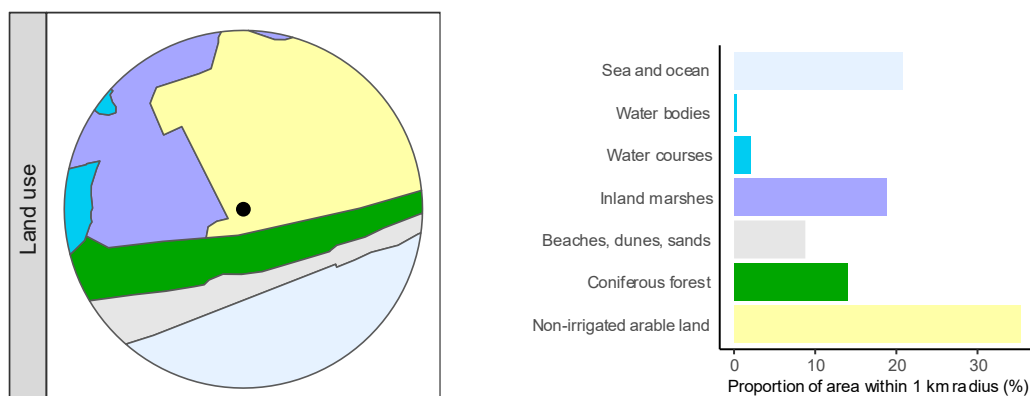
Canadare (AVISP)

Lokacija Canadare je uvrščena med naravna okolja (tip 1). Raba tal (radij 1 km) je raznolika: 35 % njive, 14 % iglasti gozd, 9 % sipine in peščene površine, 19 % močvirja ter 23 % vodne površine

(vključno z morsko obalo). Takšna struktura nakazuje prehodno območje med kmetijstvom, gozdovi in naravnimi obalnimi ekosistemi.

Analize cvetnega prahu so pokazale prisotnost Pb v razponu 0,09-1,08 mg/kg, kar je nekoliko višje kot na drugih lokacijah, a brez presežanja mejnih vrednosti. Pesticidov niso zaznali. Palinološka sestava razkriva prevlado trav (Graminaceae 40 %), sledijo travniške in gozdne vrste ter pomemben delež mokriščnih rastlin. To jasno kaže na biotsko pestrost cvetnega prahu obalne krajine.

Canadare



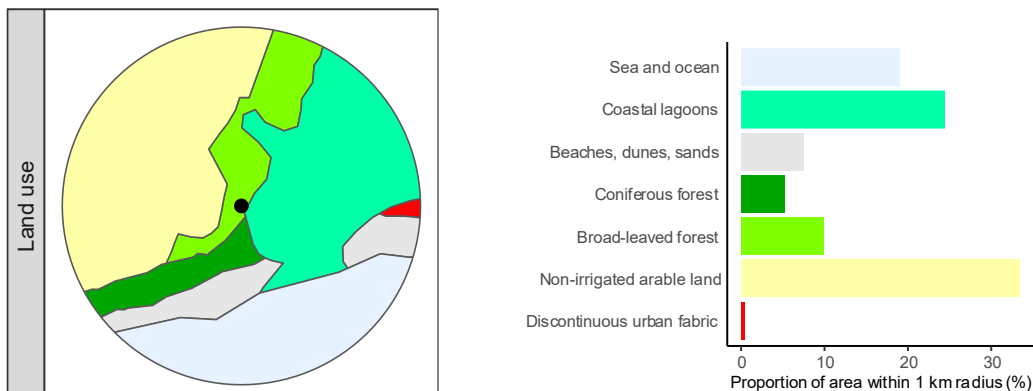
Slika 12. GIS analiza rabe tal za lokacijo Canadare (avtor: Anja Pavlin).

Pineta (AVISP)

Lokacija Pineta se nahaja v izrazito naravnem obmorskem okolju (tip 1). Raba tal v 1 km radiju okrog vzorčne točke vključuje približno 35% ne-namakanih ornih zemljišč, okrog 20% obalnih lagun, približno 15% morja in oceana, 10% listnatih gozdov, nekaj manj (približno 5%) iglastih gozdov, obalne peščene habitate, medtem ko je delež urbanih površin zanemarljiv (manj kot 1%). Krajina je izredno raznolika, z mozaičnim prepletom naravnih ekosistemov (gozdovi, lagune, morje) in kmetijskih površin, z izrazito nizko stopnjo urbanizacije (slika 13).

Analize cvetnega prahu (2024-2025) so pokazale zelo nizke vrednosti težkih kovin: Cd 0,008 mg/kg, Pb 0,23 mg/kg, Ni 0,3 mg/kg. Pesticidov v vzorcih niso zaznali. Palinološka sestava je raznolika: trave (Poaceae, 20 %), Graminaceae (14-16 %), Liliaceae (3 %), Castanea (10 %), Malus/Prunus (3 %), občasno pa tudi druge travniške in gozdne vrste.

Pineta



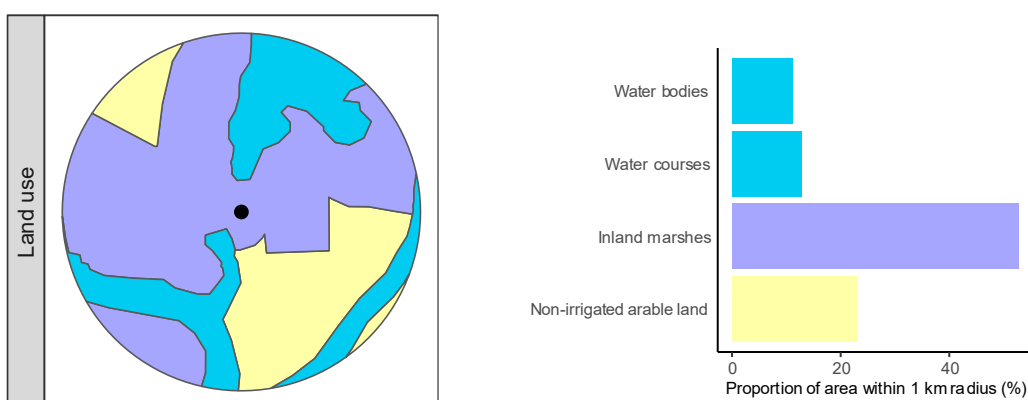
Slika 13. GIS analiza rabe tal za lokacijo Pineta (avtor: Anja Pavlin).

Valle Perera (AVISP)

Lokacija Valle Perera se nahaja v pretežno naravnem okolju (tip 1). Raba tal znotraj 1 km radija vključuje več kot 50% notranjih močvirij, približno 20% ne-namakanih ornih zemljišč, okoli 10% vodnih površin in 10% vodotokov. Drugi habitati v okolici so zanemarljivi ali popolnoma odsotni. Pokrajina je torej izrazito naravna, z močno prevlado mokriščnih habitatov, ki so obkroženi z omejenimi kmetijskimi ter vodnimi površinami, kar kaže na zelo visoko naravno in ekološko vrednost območja (slika 14).

Analize cvetnega prahu (2024-2025) so pokazale povprečne vrednosti Cd 0,15 mg/kg, Pb 0,11 mg/kg in Ni 0,8 mg/kg. Pesticidov niso zaznali. Palinološki profil kaže prevlado trav (Poaceae 38-39 %), Fabaceae (12 %) ter približno 11 % pelodov mokriščnih rastlin.

Valle Perera



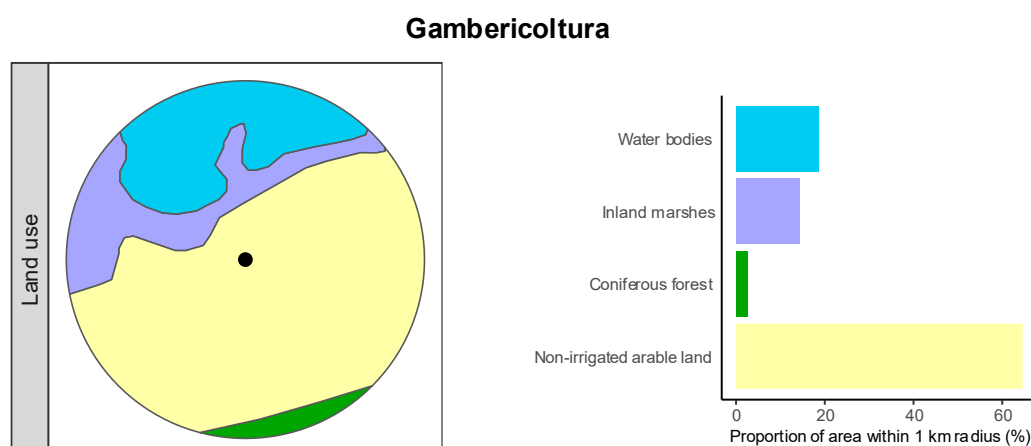
Slika 14. GIS analiza rabe tal za lokacijo Valle Perera (avtor: Anja Pavlin).

Naravno/kmetijsko okolje (tip 2)

Gambericoltura (AVISP)

Lokacija Gambericoltura predstavlja naravno/kmetijsko okolje (tip 2), kjer se prepletajo poljedelska zemljišča (64,6 %), mokrišča in lagune (14,3 %), vodne površine (18,5 %) ter manjši delež gozdov (2,6 %). Gre za območje z bogato kombinacijo kmetijskih površin in naravnih vodnih habitatov (slika 15).

Analize cvetnega prahu so pokazale Cd 0,019 mg/kg, Pb 0,18 mg/kg in Ni 0,53 mg/kg. Pesticidov niso zaznali. Palinološka sestava vključuje 16-22 % pelodov vodnih ali mokriščnih rastlin, pomemben delež travniških vrst in značilne flore obvodnih habitatov.



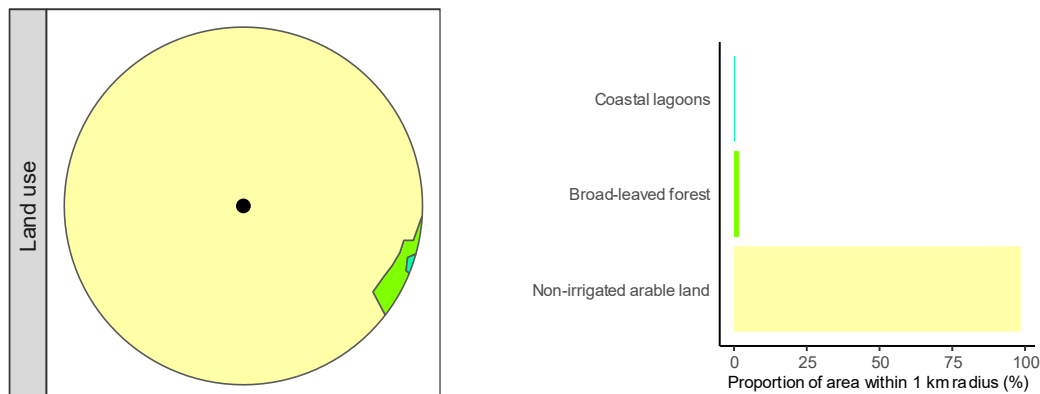
Slika 15. GIS analiza rabe tal za lokacijo Gambericoltura (avtor: Anja Pavlin).

Dossetto (AVISP)

Lokacija Dossetto sodi v tip 2 (naravno/kmetijsko), vendar z izrazito prevlado kmetijske rabe. Orna zemljišča predstavljajo 98,5 %, listnati gozd 1,4 % in obalne lagune 0,1 %. Gre za območje skoraj popolne kmetijske monokulture (slika 16).

Analize cvetnega prahu so pokazale Cd 0,015 mg/kg in Pb 0,13 mg/kg. Pesticidi: zaznan amitraz v enem vzorcu (0,010 mg/kg). Palinološka sestava je enolična, s prevlado travniških in kmetijskih vrst (Graminaceae, Fabaceae, Brassicaceae), medtem ko so drevesni pelodi redki.

Dossetto



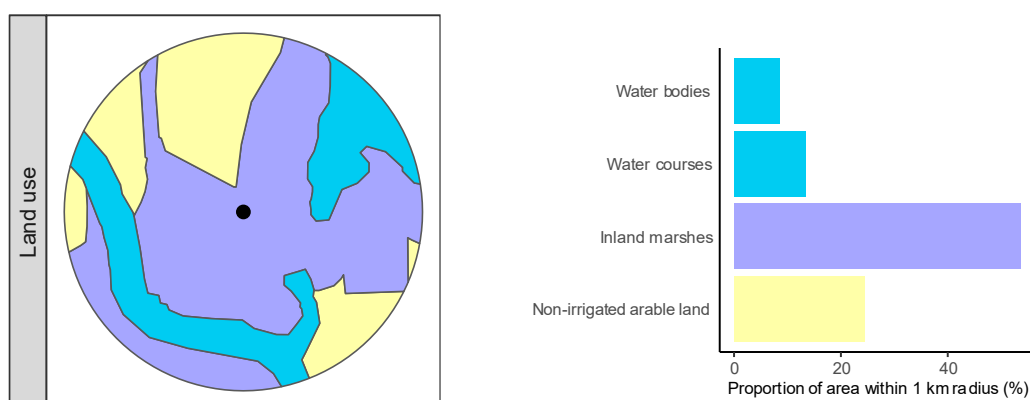
Slika 16. GIS analiza rabe tal za lokacijo Dossetto (avtor: Anja Pavlin).

Valle Zignago (AVISIP)

Lokacija Valle Zignago se nahaja v močno naravno-močvirskem in agrarnem okolju na robu lagune (tip 2). Raba tal je sestavljena iz približno 50% notranjih močvirij, približno 25% ne-namakanih ornih zemljišč ter po manj kot 15% vodnih tokov in vodnih površin. Drugi habitati v 1 km okolici prispevajo zanemarljiv delež. Takšna sestava pomeni izrazito prepletanje mozaičnega mokriščnega in kmetijskega okolja z izrazito prevlado naravnih močvirij in omejenimi kmetijskimi površinami.

Analize cvetnega prahu (2024-2025) so pokazale Cd 0,05 mg/kg, Pb 0,2 mg/kg in Ni 1,48 mg/kg. Pesticidov niso zaznali. Palinološka sestava je izrazito travniška: 84 % Graminaceae, 6 % Fabaceae, do 9 % ostalih kulturnih ali mokriščnih pelodov.

Valle Zignago



Slika 17. GIS analiza rabe tal za lokacijo Valle Zignago. (avtor: Anja Pavlin)

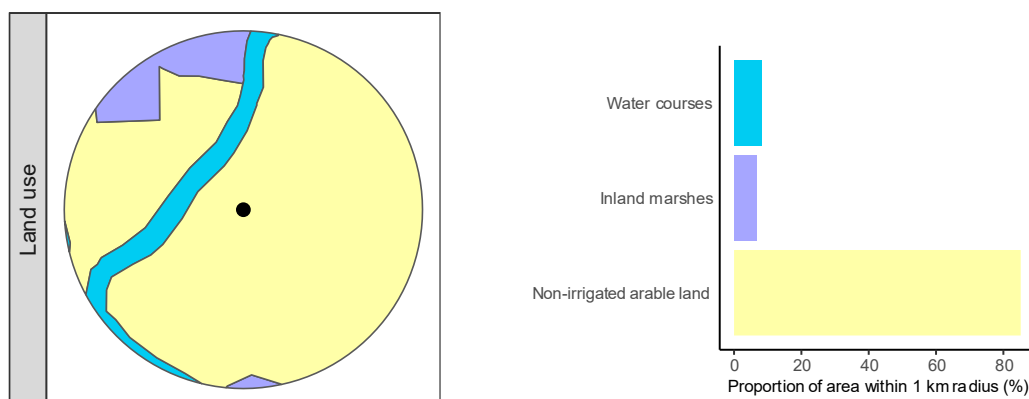
Intenzivno kmetijsko okolje (tip 3)

La Brussa (AVISP)

Lokacija La Brussa se uvršča med intenzivno kmetijska okolja (tip 3). Raba tal (radij 1 km) je pretežno kmetijska - 85 % ornih zemljišč, 7 % močvirij in 8 % vodnih površin. Manjši delež predstavljajo naravni habitati (močvirja in vodotoki), ki pa imajo kljub majhnemu obsegu ekološki pomen (slika 18).

Analize cvetnega prahu ne kažejo presežkov težkih kovin niti zaznanih pesticidov. Palinološki profil potrjuje tudi prevlado travniških in kmetijskih rastlin, občasno dopolnjenih z vrstami iz mokrišč.

La Brussa



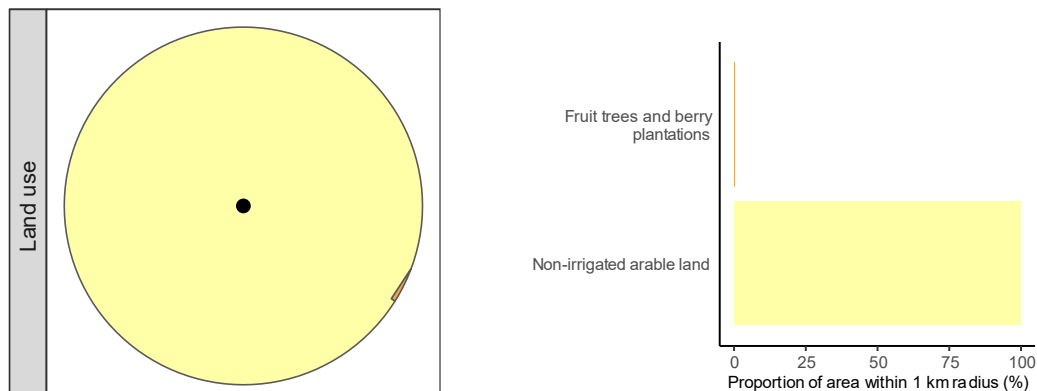
Slika 18. GIS analiza rabe tal za lokacijo La Brussa. (avtor: Anja Pavlin)

Cao Mozzo (AVISP)

Lokacija Cao Mozzo je šolski primer intenzivne kmetijske monokulture (tip 3). Raba tal v radiju 1 km: 99,9 % orna zemljišča, 0,1 % sadovnjaki. Krajina je praktično brez naravnih ali polnaravnih habitatov (slika 19).

Analize cvetnega prahu (2024-2025) so pokazale Cd 0,031 mg/kg, Pb 0,18 mg/kg, Ni 0,65 mg/kg. Pesticidov niso zaznali. Palinološki profil razkriva skoraj izključno travniške in poljščinske pelode (Graminaceae, Fabaceae), z minimalnim deležem sadnih vrst. Lesnatih ali gozdnih pelodov ni.

Cao Mozzo



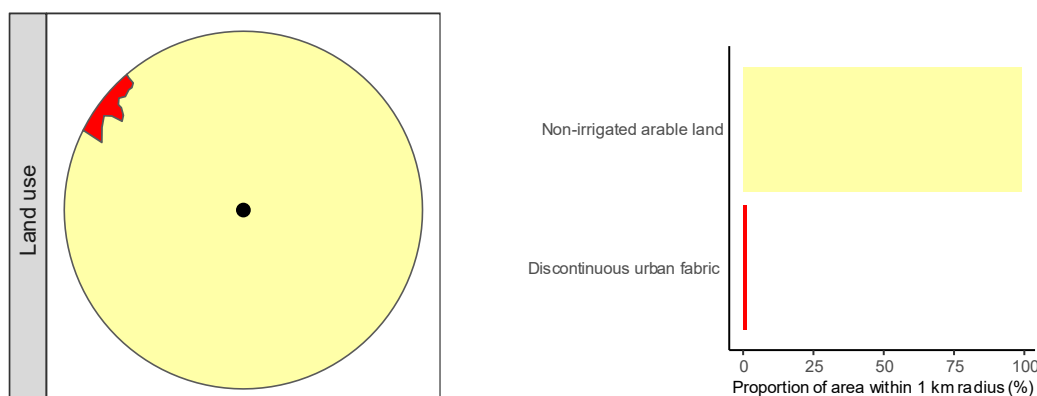
Slika 19. GIS analiza rabe tal za lokacijo Cao Mozzo (avtor: Anja Pavlin).

Lugugnana (AVISIP)

Lokacija Lugugnana je značilno intenzivno kmetijsko okolje (tip 3). Celotno območje v radiju 1 km skoraj v celoti (približno 98-99%) pokrivajo ne-namakana orna zemljišča, medtem ko so urbanizirane površine (nepovezano urbano tkivo) prisotne le v zelo majhnem deležu (manj kot 2%). Pokrajina predstavlja tipičen primer monokulturne agrarne krajine brez pomembnih naravnih ali polnaravnih habitatnih fragmentov, kar odraža visoko stopnjo kmetijske izrabe ter minimalno ekološko pestrost v neposredni okolici (slika 20).

Analize cvetnega prahu (2024-2025) kažejo Cd 0,17 mg/kg, Pb 0,15-0,19 mg/kg in Ni 0,48 mg/kg. Pesticidov niso zaznali. Palinološki profil je monotono travniški: 74-82 % Graminaceae, do 18 % Poaceae ter manjši deleži Fabaceae. Drevesni pelodi so pod 5 %.

Lugugnana



Slika 20. GIS analiza rabe tal za lokacijo Lugugnana (avtor: Anja Pavlin).

Lokacije POLOAA

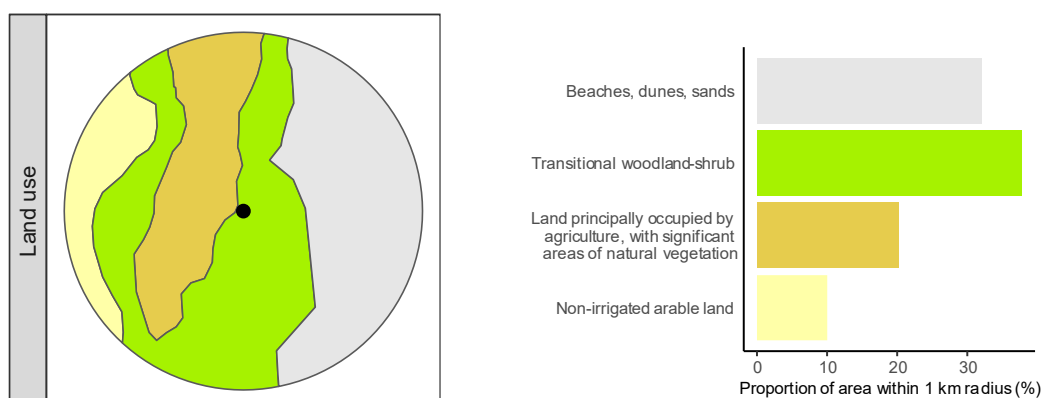
Naravno okolje (tip 1)

Spilimbergo (PN)

Lokacija Spilimbergo (PN) se uvršča med naravna okolja (tip 1). Raba tal (radij 1 km) vključuje 37,8 % prehodnih gozdov in grmišč, 32 % peščenih habitatov (plaže, sipine), 20,2 % heterogenih kmetijskih območij z naravnimi elementi ter 10 % orne zemlje. Gre za krajinsko zelo raznoliko območje, kjer prevladujejo naravni in polnaravni habitati.

Analize cvetnega prahu so pokazale nizke do srednje vrednosti težkih kovin (Cd, Pb, Ni), brez preseganja mejnih vrednosti. Pesticidov v vzorcih niso zaznali. Palinološka sestava odraža pestrost cvetnega prahu travniških, ruderalnih in pionirskih vrst, značilnih za prehodna grmišča, sipine in travniške habitate.

Spilimbergo (PN)



Slika 21. GIS analiza rabe tal za lokacijo Spilimbergo (avtor: Anja Pavlin).

Naravno/kmetijsko okolje (tip 2)

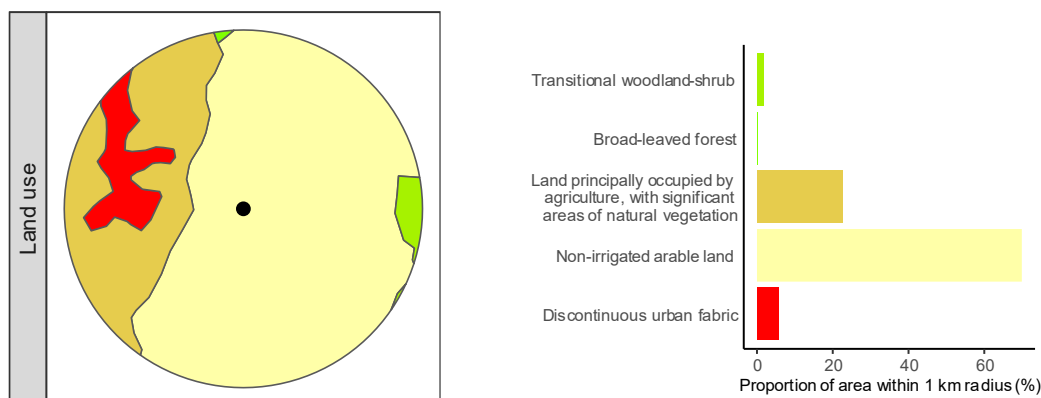
Valeriano (PN)

Lokacija Valeriano (PN) sodi v naravno/kmetijsko okolje (tip 2), a z izrazito prevlado kmetijske rabe. GIS analiza rabe tal (radij 1 km) kaže: 70 % ornih zemljišč, 22,6 % heterogenih kmetijskih površin z naravnimi elementi, 5,7 % urbanizacije ter 1,6 % prehodnih grmišč in gozdov. Listnati gozd predstavlja manj kot 0,1 %. Krajina je torej skoraj v celoti agrarna z omejenim deležem naravnih habitatov (slika 22).

Analize cvetnega prahu (2024-2025) so pokazale povprečne vrednosti Cd 0,03-0,12 mg/kg, Pb 0,015-0,076 mg/kg in Ni pod 1 mg/kg. Pesticidov v vzorcih niso zaznali. Palinološki profil je izrazito

kmetijski: več kot 60 % predstavljajo trave (Graminaceae), prisotne so Fabaceae in druge kulturne rastline (Pisum, Brassicaceae), medtem ko so gozdni pelodi praktično odsotni.

Valeriano (PN)



Slika 22. GIS analiza rabe tal za lokacijo Valeriano (avtor: Anja Pavlin).

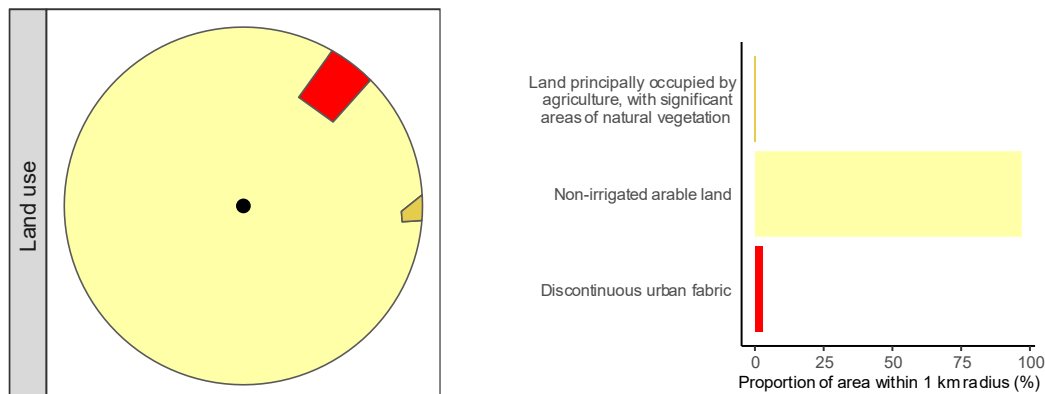
Intenzivno kmetijsko okolje (tip 3)

Villanova di San Daniele (UD)

Lokacija Villanova di San Daniele (UD) je značilno intenzivno kmetijsko okolje (tip 3). GIS analiza rabe tal (radij 1 km) kaže skoraj popolno prevlado oranih površin (97 %), medtem ko urbanizacija predstavlja le 2,6 %, heterogena kmetijska območja pa 0,4 %. Naravnih habitatov praktično ni (slika 23).

Analize cvetnega prahu (2024-2025) so pokazale povprečne vrednosti Cd 0,03-0,12 mg/kg, Pb 0,02-0,07 mg/kg in Ni pod 1 mg/kg. V vzorcih niso zaznali pesticidov. Palinološka sestava je monotona: prevladujejo kulturne trave (Graminaceae) in poljščine, občasno Fabaceae, medtem ko so gozdni in naravni pelodi odsotni.

Villanova di San Daniele (UD)



Slika 23. GIS analiza rabe tal za lokacijo Villanova di San Daniele (avtor: Anja Pavlin).

Zaključki in primerjalna analiza

Rezultati projekta Bee2Gether predstavljajo pomemben prispevek k razumevanju vpliva različnih tipov krajinskega upravljanja na zdravje in biotsko raznovrstnost opraševalcev v čezmejnem prostoru Slovenije in Italije. Analize jasno kažejo, da naravna in krajinsko heterogena okolja nudijo najstabilnejše pogoje in največjo pestrost razpoložljivih virov za čebele in druge opraševalce, ki so najmanj izpostavljene težkim kovinam in pesticidom. Nasprotno pa intenzivno kmetijska območja, še posebej tista z monokulturno rabo tal, kažejo občutno znižanje cvetnega spektra in večjo možnost pojavljanja ostankov pesticidov ter posameznih težkih kovin, kar lahko negativno vpliva na dolgoročno zdravje in produktivnost opraševalcev.

Z uporabo naprednih orodij - elektronskih panjev, GIS tehnologije in monitoringa s čebelami - projekt omogoča ne le lažje prepoznavanje okoljskih tveganj, ampak tudi sprotno oceno učinkovitosti ukrepov upravljanja ter možnost hitrejšega odziva na zaznane spremembe v okolju. Ta pristop je še posebej pomemben v kontekstu podnebnih sprememb in vse bolj intenzivne rabe prostora, ko se tradicionalna razmerja med kmetijstvom, naravo in urbani vplivi hitro spreminjajo.

Pomemben izziv ostajajo čezmejne razlike v rabi tal, regulaciji pesticidov in lokalnih praksah ravnanja z okoljem. Prav tu projekt dokazuje vrednost povezovanja uporabe monitoringa in skupnih ukrepov, saj podatki iz Slovenije in Italije omogočajo neposredno primerjavo, prepoznavanje učinkov dobrih praks in izmenjavo znanja med partnerji. To je ključnega pomena za pripravo usklajenih smernic ter akcijskih načrtov, ki jih projekt promovira in nadgrajuje v sodelovanju z lokalnimi kmeti, javnimi ustanovami in politiko.

Interpretacija rezultatov potrjuje, da trajnostno upravljanje prostora, spodbujanje raznolikosti habitatov in omejevanje rabe škodljivih snovi neposredno izboljšujejo prehranske vire in zmanjšujejo tveganja za zdravje oprasovalcev. Poudarjen je tudi pomen vključevanja sodobnih IKT rešitev (aplikacija za upravljanje podatkov) in izobraževalnih aktivnosti v šolah in na kmetijah, kar krepi dolgoročen učinek projekta.

Na podlagi poročila podajamo nekaj priporočil:

- Sistematično vključevanje monitoringa z zbiranjem cvetnega prahu in podatkov iz elektronskih panjev v nacionalne in regionalne strategije kmetijskega in okoljskega upravljanja.
- Razvoj čezmejnih akcijskih načrtov, ki temeljijo na primerljivih in sprotno zbranih podatkih, za proaktivno naslavljanje kakovosti okolja in virov za oprasovalce.
- Povečanje podpornih ukrepov za ohranjanje naravnih habitatov znotraj kmetijskega in urbanega okolja, vključno z ohranjanjem mejic, travnikov in divjih cvetlic.
- Nadaljevanje izmenjave znanja in dobrih praks med partnerji iz Slovenije in Italije s poudarkom na inovacijah za trajnostno pridelavo in varstvo biotske raznovrstnosti.

Z razširjanjem metodologije, uspešnim povezovanjem podatkov in akterjev projekt Bee2Gether zagotavlja model, ki ga je mogoče uporabljati tudi v drugih čezmejnih ali regionalnih okoljih ter pomembno prispeva k dolgoročni odpornosti oprasovalcev in kakovosti pridelave v širšem prostoru.

Introduzione

Il progetto Bee2Gether è finalizzato allo sviluppo di un sistema innovativo di monitoraggio delle api e all'analisi del polline come indicatore della qualità dell'ambiente e delle risorse alimentari degli impollinatori in Slovenia e in Italia. Gli alveari elettronici, arricchiti da analisi GIS del paesaggio e misurazioni chimiche e palinologiche, consentono una valutazione multilivello dell'impatto di diversi tipi di ambiente - da quelli naturali e semi-naturali a quelli agricoli intensivi e urbani - sulla salute e la diversità degli impollinatori. L'obiettivo della relazione è presentare le principali conclusioni relative alle differenze nella diversità delle risorse vegetali, nel contenuto di metalli pesanti e nei residui di pesticidi, nonché fornire raccomandazioni per una migliore gestione del paesaggio e la protezione degli impollinatori, in linea con le linee guida europee per l'agricoltura sostenibile e la biodiversità.

La tabella sottostante mostra i valori medi dei metalli pesanti e i dati relativi ai pesticidi rilevati per singola località e specie di api (HB - api mellifere, SB - api solitarie).

Tabella 1. Valori medi dei metalli pesanti e dei pesticidi nei campioni di polline per località. HB - ape mellifera, SB - ape solitaria.

Tipo di ambiente	Anno	Paese	Partner	Località	Specie di ape	Pesticidi rilevati	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)
Urbano	2024	Slovenia	KIS	Ljubljana	HB	no	0,03	0,14	/	/
Urbano	2025	Slovenia	KIS	Ljubljana	HB	sì	0,01	0,04	/	/
Urbano	2025	Slovenia	KIS	Ljubljana	HB	no	0,03	0,11	/	/
1	2024	Italia	AVIS	Vallevecchia Canadare	HB	no	0,02	0,09	0,41	0,05
1	2024	Italia	AVIS	Vallevecchia Canadare	SB	no	0,02	1,08	2,48	4,65
1	2024	Italia	AVIS	Vallevecchia Pineta	HB	no	0,01	0,23	0,3	0,1
1	2024	Italia	AVIS	Vallevecchia Valle Perera	HB	no	0,15	0,11	0,8	0,13
1	2024	Italia	POLOAA	SPIILIMBERGO HIVE A 21.016	HB	no	0,03	0,04	0,12	0,08
1	2024	Italia	POLOAA	SPIILIMBERGO HIVE B 24.084	HB	no	0,03	0,03	0,27	0,1
1	2024	Italia	POLOAA	SPIILIMBERGO HIVE C	HB	no	0,03	0,02	0,11	0,05
1	2024	Italia	POLOAA	SPIILIMBERGO HIVE D 23.083	HB	no	0,03	0,02	0,11	0,04
1	2024	Slovenia	KIS	Rašica	HB	no	0,08	0,07	/	/
1	2024	Slovenia	NIB	Rašica	SB	no	0,56	0,35	/	/
1	2024	Slovenia	NIB	Vrtovče	SB	no	0,01	0,13	/	/
1	2024	Slovenia	ROD	Vrtovče	HB	sì	0,03	0,32	/	/
1	2025	Italia	AVIS	Vallevecchia Canadare	HB	no	0,02	0,05	0,37	0,04
1	2025	Italia	AVIS	Vallevecchia Canadare	SB	no	0,01	0,55	1,25	1,4
1	2025	Italia	AVIS	Vallevecchia Pineta	HB	no	0,02	0,03	0,7	0,08
1	2025	Italia	AVIS	Vallevecchia Valle Perera	HB	sì	0	0,05	0,47	0,17
1	2025	Italia	AVIS	Vallevecchia Valle Perera	HB	no	0,03	0,03	0,32	0,03
1	2025	Slovenia	KIS	Rašica	HB	sì	0,05	0,08	/	/
1	2025	Slovenia	KIS	Rašica	HB	no	0,03	0,06	/	/

Tipo di ambiente	Anno	Paese	Partner	Località	Specie di ape	Pesticidi rilevati	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)
1	2025	Slovenia	NIB	Rašica	SB	no	0,52	0,33	/	/
1	2025	Slovenia	NIB	Vrtovče	SB	no	0,06	1,71	/	/
1	2025	Slovenia	ROD	Vrtovče	HB	sì	0,03	0,03	/	/
2	2024	Italia	AVIS	Vallevecchia Dossetto	HB	no	0,02	0,13	0,57	0,5
2	2024	Italia	AVIS	Vallevecchia Gambericoltura	HB	no	0,02	0,18	0,53	0,15
2	2024	Italia	AVIS	Vallevecchia Valle Zignago	HB	no	0,05	0,2	1,48	0,44
2	2024	Italia	POLOAA	VALERIANO HIVE A 21.074	HB	no	0,12	0,02	0,24	0,03
2	2024	Italia	POLOAA	VALERIANO HIVE B 24.045	HB	no	0,17	0	0,12	0
2	2024	Italia	POLOAA	VALERIANO HIVE C 24.087	HB	no	0,13	0,03	0,17	0,07
2	2024	Italia	POLOAA	VALERIANO HIVE D	HB	no	0,11	0,03	0,27	0,09
2	2024	Slovenia	KIS	Roje	HB	no	0,02	0,04	/	/
2	2024	Slovenia	ROD	Šempeter	HB	sì	0,32	0,36	/	/
2	2025	Italia	AVIS	Vallevecchia Dossetto	HB	no	0,02	0,06	0,58	0,06
2	2025	Italia	AVIS	Vallevecchia Dossetto	SB	no	0,03	2,3	4,1	6,1
2	2025	Italia	AVIS	Vallevecchia Gambericoltura	HB	no	0,02	0,04	0,53	0,03
2	2025	Italia	AVIS	Vallevecchia Valle Zignago	HB	sì	0	0,03	1,2	0,09
2	2025	Italia	AVIS	Vallevecchia Valle Zignago	HB	no	0,01	0,05	0,31	0,03
2	2025	Italia	POLOAA	Provetta VALERIANO	SB	no	0,03	1,13	2,65	3,55
2	2025	Slovenia	KIS	Roje	HB	no	0,03	0,06	/	/
2	2025	Slovenia	NIB	Roje	SB	no	0,21	0,09	/	/
2	2025	Slovenia	NIB	Šempeter	SB	no	0,05	1,01	/	/
2	2025	Slovenia	ROD	Šempeter	HB	sì	0,01	0,04	/	/
3	2024	Italia	AVIS	Vallevecchia Cao Mozzo	HB	sì	0,03	0,18	0,65	0,18
3	2024	Italia	AVIS	Vallevecchia Lugugnana	HB	no	0,02	0,15	0,48	0,11
3	2024	Italia	AVIS	Vallevecchia Lugugnana	SB	no	0,31	0,19	0,44	0,31
3	2024	Italia	POLOAA	Provetta SD 2 circa 8,15 gr	SB	no	0	3,66	2,97	6,02
3	2024	Italia	POLOAA	SAN DANIELE HIVE A 21.064	HB	no	0,1	0,1	0,12	0,33
3	2024	Italia	POLOAA	SAN DANIELE HIVE B 24.082	HB	no	0,09	0,06	0,07	0,35
3	2024	Italia	POLOAA	SAN DANIELE HIVE C	HB	no	0,11	0,07	0,1	0,27
3	2024	Italia	POLOAA	SAN DANIELE HIVE D 23.080	HB	no	0,08	0,08	0,09	0,15
3	2024	Slovenia	KIS	Jable	HB	no	0,06	0,16	/	/
3	2024	Slovenia	ROD	Dobravljje	HB	sì	0,21	0,01	/	/
3	2025	Italia	AVIS	Vallevecchia Cao Mozzo	HB	sì	0,05	0,05	0,43	0,02
3	2025	Italia	AVIS	Vallevecchia La Brussa	HB	no	0,03	0,04	0,65	0,02
3	2025	Italia	AVIS	Vallevecchia Lugugnana	HB	sì	0,02	0,12	0,62	0,03
3	2025	Italia	AVIS	Vallevecchia Lugugnana	HB	no	0,11	0,84	1,33	1,74
3	2025	Italia	AVIS	Vallevecchia Lugugnana	SB	no	0,2	0,16	0,36	0,32

Tipo di ambiente	Anno	Paese	Partner	Località	Specie di ape	Pesticidi rilevati	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)
3	2025	Slovenia	KIS	Mengeško polje	HB	no	0,06	0,07	/	/
3	2025	Slovenia	NIB	Dobravlje	SB	no	0	0,08	/	/
3	2025	Slovenia	NIB	Jablje	SB	no	0,02	0,07	/	/
3	2025	Slovenia	ROD	Dobravlje	HB	sì	0,07	0,06	/	/

L'analisi del polline raccolto in diverse località della Slovenia e dell'Italia ha evidenziato alcuni schemi caratteristici riguardo alla presenza di metalli pesanti e pesticidi.

Slovenia

Nelle località urbane (Lubiana - KIS) le concentrazioni di cadmio (Cd) e piombo (Pb) erano basse, mentre nel 2024 non sono stati rilevati pesticidi. Nel 2025 sono stati riscontrati singoli campioni con residui di pesticidi, sebbene accompagnati da bassi valori di metalli. Nelle aree naturali (ad es. Rašica) i livelli di metalli erano anch'essi bassi, con alcune differenze tra ape mellifera e api solitarie: queste ultime spesso trasportavano polline con concentrazioni leggermente più elevate. Nelle aree seminaturali (Roje, Šempeter, Vrtovče) i risultati sono stati più variabili - in alcuni casi i pesticidi sono stati rilevati, soprattutto nei campioni delle api mellifere. Nelle zone agricole intensive (Mengeško polje, Dobravlje, Jable) sono state rilevate talvolta concentrazioni più alte di Pb e Cd, insieme alla presenza di pesticidi, il che indica una maggiore pressione ambientale.

Italia

Nelle aree naturali (ad es. Vallevicchia Canadare, Pineta, Valle Perera) i risultati hanno mostrato valori relativamente più alti di nichel (Ni) e cromo (Cr), soprattutto nei campioni delle api solitarie. Nelle località del partner POLOAA (Spilimbergo) i livelli di metalli pesanti erano bassi e non sono stati rilevati pesticidi. Nelle aree seminaturali (Dossetto, Gambericoltura, Valle Zignago, Valeriano) le concentrazioni di Ni e Cr erano più elevate rispetto alle aree naturali e in alcuni casi sono stati rilevati pesticidi. Nelle aree agricole intensive (Cao Mozzo, La Brussa, Lugugnana, San Daniele) sono state rilevate occasionalmente concentrazioni più alte di metalli, soprattutto Pb e Cr, insieme a pesticidi, confermando una maggiore esposizione delle api in tali ambienti.

Conclusioni generali

- Basso livello di contaminazione nelle aree urbane e naturali della Slovenia.
- Valori più elevati di Ni e Cr negli ambienti naturali e seminaturali in Italia, soprattutto nei campioni di api solitarie.
- Pesticidi rilevati più frequentemente negli ambienti seminaturali e agricoli intensivi di entrambi i Paesi.
- Api solitarie hanno spesso raccolto polline con concentrazioni più elevate di metalli, indicando una diversa selezione delle piante e una potenziale maggiore sensibilità all'inquinamento.

Di seguito sono riportati i grafici che illustrano la diversità del polline per paese, partner e tipo di ambiente (figure 1-4). Sono presenti anche le cosiddette piante ruderali. Si tratta di specie che prosperano su terreni disturbati o degradati, come le aree lungo le strade, i cantieri edili o i margini degli insediamenti. Sono specie pioniere e a crescita rapida, che spesso si diffondono in ambienti urbani e agricoli. Nelle analisi palinologiche, la presenza di queste specie è spesso indicativa dell'influenza dell'urbanizzazione o di altre forme di impatto sulla vegetazione naturale.

Diversità del polline in Slovenia (KIS, NIB) nel 2024 e 2025 / Pestrost cvetnega prahu v Sloveniji (KIS, NIB) v 2024 in 2025

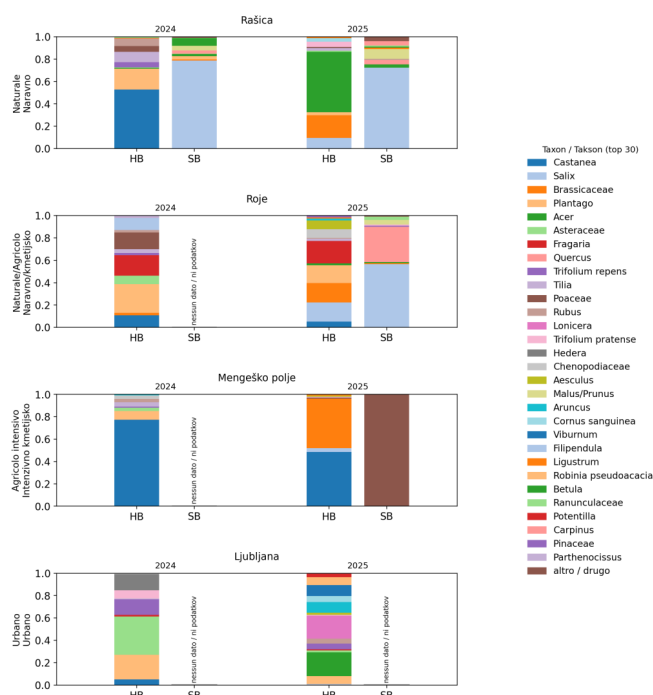


Figura 1. Diversità delle specie vegetali nel polline nei siti KIS e NIB in base al tipo di ambiente. HB - ape mellifera, SB - ape solitaria.

Diversità del polline in Slovenia (ROD, NIB) nel 2024 e 2025 / Pestrost cvetnega prahu v Sloveniji (ROD, NIB) v 2024 in 2025

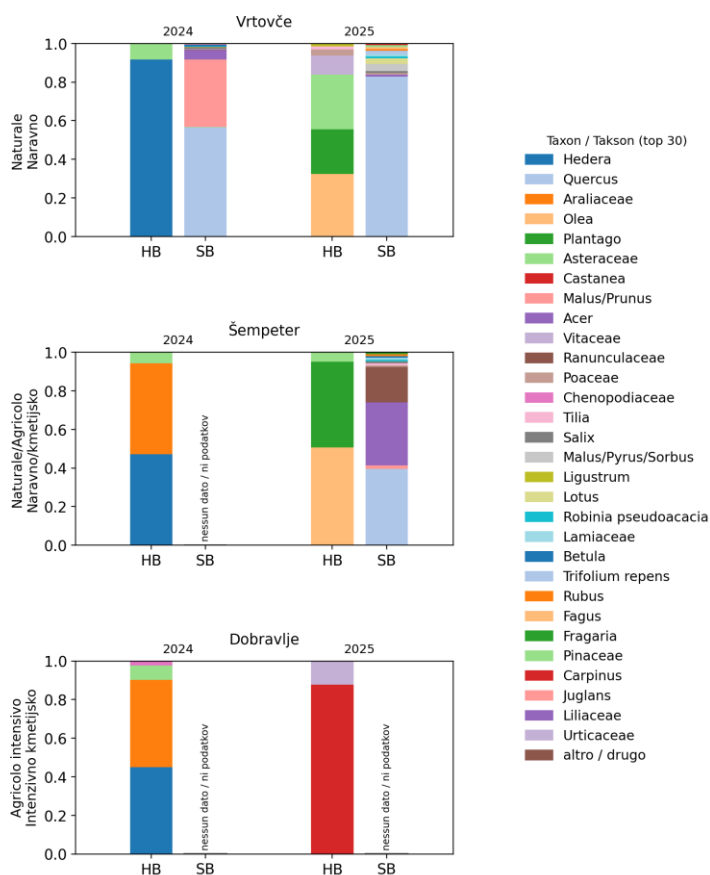


Figura 2. Diversità delle specie vegetali nel polline nei siti ROD e NIB in base al tipo di ambiente. HB - ape mellifera, SB - ape solitaria.

Diversità del polline in Italia (AVISIP) nel 2024 e 2025 / Pestrost cvetnega prahu v Italiji (AVISIP) v 2024 in 2025

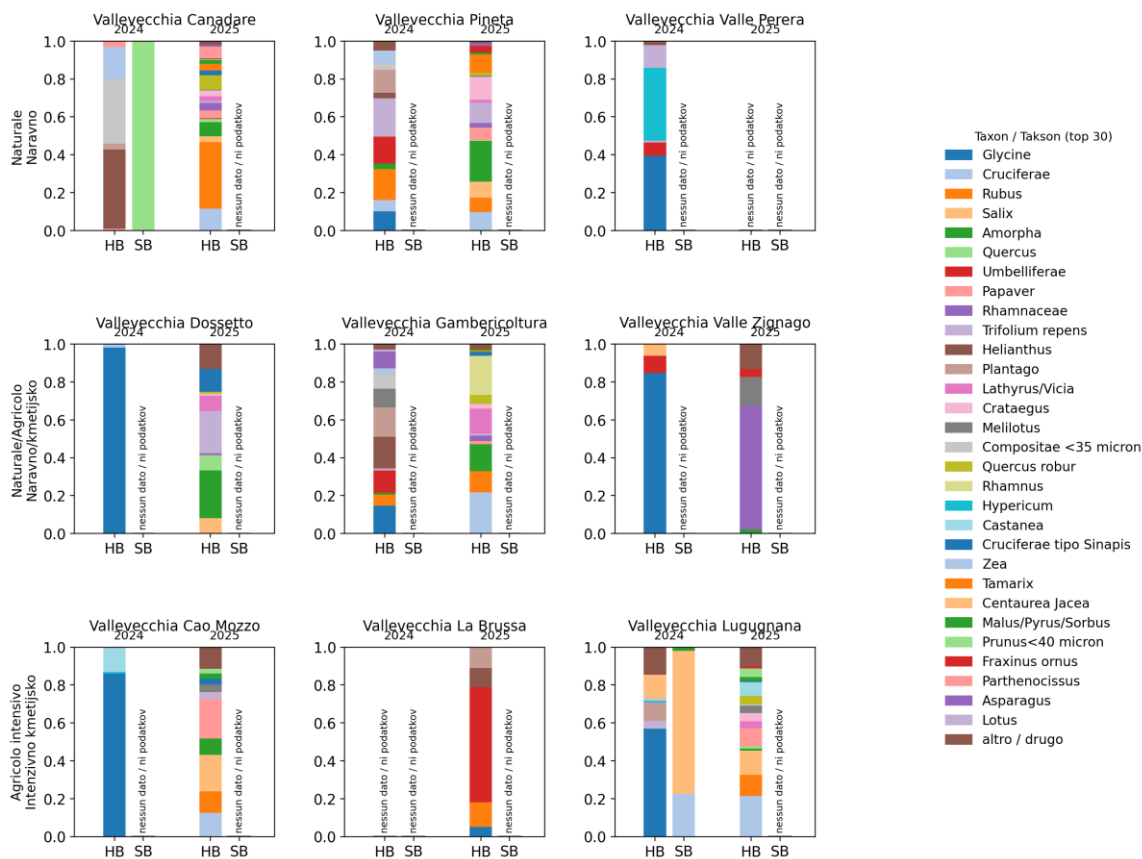


Figura 3. Diversità delle specie vegetali nel polline nei siti AVISIP in Italia. HB - ape mellifera, SB - ape solitaria.

Diversità del polline in Italia (POLOAA) nel 2024 e 2025 / Pestrost cvetnega prahu v Italiji (POLOAA) v 2024 in 2025

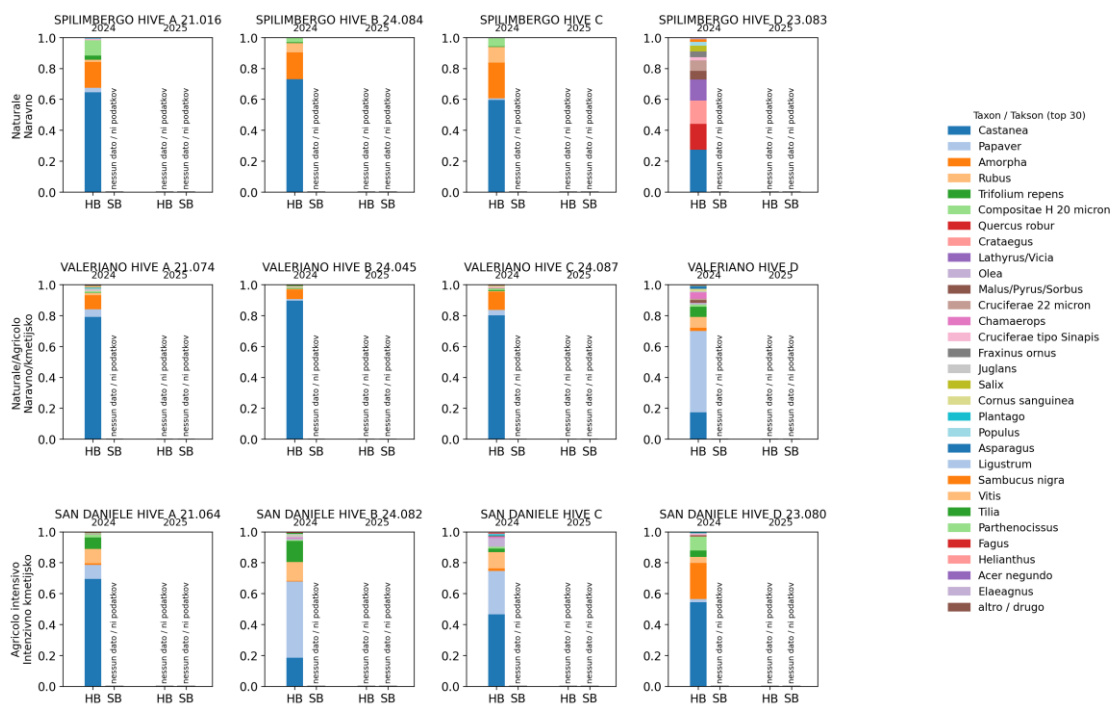


Figura 4. Diversità delle specie vegetali nel polline nei siti POLOAA in Italia. HB - ape mellifera.

Descrizione delle singole località

Slovenia

Località KIS e NIB

Ambiente urbano

Ljubljana (KIS)

La località Ljubljana-KIS si trova in un ambiente prevalentemente urbano, come confermato anche dall'analisi GIS (oltre il 90% di aree urbane in un raggio di 1 km). Le analisi del polline hanno evidenziato valori bassi di cadmio (0,02-0,04 mg/kg) e piombo ($\approx 0,09$ mg/kg). Non sono stati rilevati pesticidi. Il profilo palinologico mostra la prevalenza di piante tipiche dell'ambiente urbano (Plantago, Asteraceae, Hedera, Trifolium).

Influenza del tempo: durante il primo campionamento (aprile-luglio 2024), la temperatura media a Lubiana era compresa tra 16 e 22 °C, l'umidità relativa era elevata (fino al ~78%) con diversi

episodi di precipitazioni in maggio e giugno. Le condizioni umide e le temperature miti hanno favorito la fioritura di specie ruderali e da parco (ad esempio *Plantago*, *Asteraceae*), come evidenziato anche dai campioni di polline.

L'analisi palinologica ha mostrato che le api mellifere a Lubiana hanno raccolto principalmente polline di piante ruderali e da parco, come la piantaggine (*Plantago*), rappresentanti della famiglia delle *Asteraceae* (*Asteraceae*), trifoglio (*Trifolium*) ed edera (*Hedera*). Tale composizione del polline è tipica dell'ambiente urbano, dove prevale una combinazione di piante ruderali e ornamentali. I risultati indicano una buona accessibilità del polline per entrambi i gruppi di api, senza particolari impatti dovuti a pesticidi o metalli pesanti.

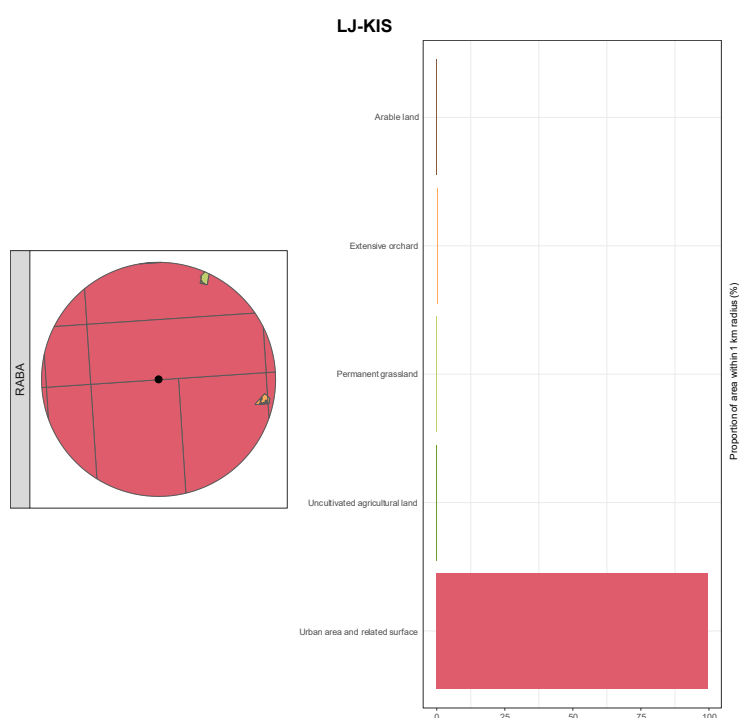


Figura 5. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località Ljubljana-KIS (autore: Anja Pavlin).

Ambiente naturale (tipo 1)

Rašica (NIB, KIS)

La località di Rašica si trova in un ambiente prevalentemente boschivo, dove il bosco copre circa il 75% dell'area in un raggio di 1 km, mentre i prati permanenti coprono circa il 18%. Le aree urbane e agricole rappresentano meno del 5%. Ciò è confermato anche dall'analisi GIS dell'uso del suolo, che evidenzia chiaramente la predominanza degli habitat naturali (figura 6).

Le analisi del polline hanno mostrato valori medi relativamente più elevati di piombo (Pb fino a 0,35 mg/kg) e cadmio (Cd fino a 0,56 mg/kg) in alcuni campioni, ma comunque entro i limiti di

esposizione sicura. Non sono stati rilevati pesticidi nei campioni, il che è coerente con la piccola percentuale di terreni agricoli nella zona.

Il profilo palinologico conferma anche la prevalenza di pollini di piante legnose, in particolare salici (*Salix*, fino al 79%) e castagni (*Castanea*, fino al 51%), e occasionalmente anche piante ruderali come il piantaggine (*Plantago*, circa il 19%). Ciò riflette direttamente la boscosità della zona circostante e l'ambiente favorevole a una vasta gamma di piante mellifere.

Influenza del tempo: sono stati utilizzati i dati della stazione di Lubiana (aprile-luglio 2024). L'elevata umidità e le temperature moderate hanno coinciso bene con la fioritura delle specie legnose (*Salix*, *Castanea*) che predominano nel profilo pollinico di Rašica.

Rašica è un sito di riferimento tipico per le aree naturali poco antropizzate, dove prevale la composizione naturale del polline e l'impatto degli inquinanti agricoli è minimo. Le concentrazioni più elevate di metalli pesanti possono essere il risultato di depositi atmosferici o della composizione geochimica naturale del suolo.

Rašica



Figura 6. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località di Rašica (autrice: Anja Pavlin).

Ambiente naturale/agricolo (tipo 2)

Roje (KIS, NIB)

La località di Roje presenta un ambiente naturale/agricolo con caratteristiche transitorie. Sulla base dell'analisi GIS dell'uso del suolo (raggio di 1 km), prevalgono i campi coltivati (35,3%) e i prati permanenti (26,5%), mentre una quota significativa è occupata anche dalle aree urbanizzate (29,1%). Le aree boschive e gli alberi con arbusti rappresentano meno del 10%. Tale diversità paesaggistica del polline consente alle api di accedere a un'ampia gamma di risorse (figura 7).

Le analisi del polline per gli anni 2024-2025 hanno mostrato valori medi bassi di metalli pesanti, con il cadmio (Cd) compreso tra 0,02 e 0,09 mg/kg e il piombo (Pb) tra 0,04 e 0,24 mg/kg. Non

sono stati rilevati pesticidi nei campioni, il che indica un uso meno intensivo di prodotti fitosanitari nelle immediate vicinanze.

Il profilo palinologico conferma anche la diversità del paesaggio: prevalgono i pollini di piantaggine (*Plantago*, 24%), fragola (*Fragaria*, 17%), graminacee (*Poaceae*, 10-14%) e trifoglio (*Trifolium*, circa 10%). Sono presenti anche specie frutticole coltivate e miscele di graminacee e trifogli, che completano la composizione dei campioni.

Influenza del tempo: le condizioni a Lubiana durante il campionamento erano calde e umide, senza periodi di siccità prolungati. Ciò spiega la maggiore percentuale di graminacee (*Poaceae*) e trifogli (*Trifolium*) nel polline.

La località di Roje è una tipica zona di transizione tra la periferia agricola e quella urbana, con un'elevata diversità paesaggistica del polline e un basso carico di metalli, senza tracce rilevabili di pesticidi. Ciò conferisce alla località un significato particolare per il confronto con aree più urbane e intensamente agricole.

Roje

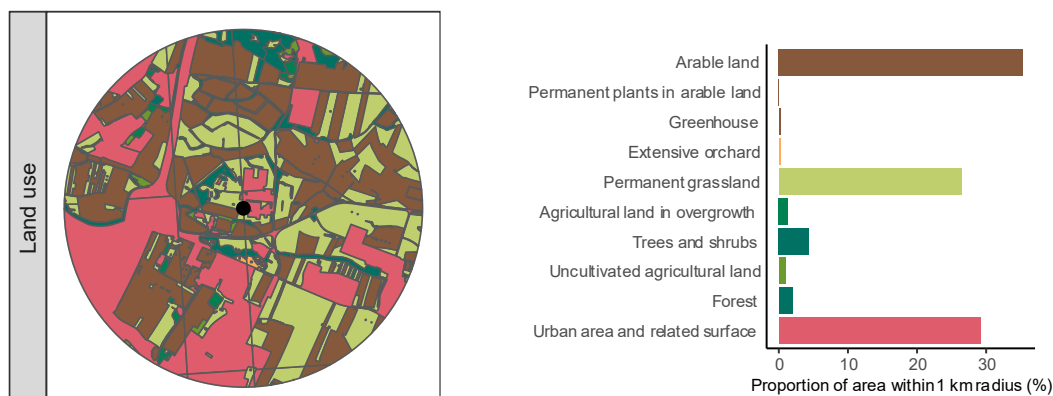


Figura 7. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località di Roje (autrice: Anja Pavlin).

Ambiente agricolo intensivo (tipo 3)

Mengeško polje (KIS, NIB)

La zona di Mengeško polje rappresenta un tipico ambiente agricolo intensivo. L'analisi GIS dell'uso del suolo (raggio di 1 km) mostra che oltre l'85% della superficie è occupata da terreni coltivabili/agricoli, mentre i prati sono presenti in misura minore. I boschi, le aree urbanizzate e le piantagioni rappresentano meno del 5% ciascuno. Tale struttura conferma chiaramente anche la predominanza delle colture e la presenza minima di copertura naturale o boschiva (figura 8).

Le analisi del polline per il periodo 2024 hanno mostrato valori medi bassi di metalli pesanti: cadmio (Cd) 0,028 mg/kg e piombo (Pb) 0,165 mg/kg. In nessuno dei campioni sono stati rilevati

residui di pesticidi. I risultati indicano che, nonostante l'agricoltura intensiva, il sito non è particolarmente inquinato da pesticidi o metalli.

Il profilo palinologico rivela la predominanza di piantaggine (*Plantago*, 42%), castagno (*Castanea*, 20,5%) e piccole percentuali di specie frutticole *Malus/Prunus* (1,5%), *Asteraceae* (1,5%) e tiglio (*Tilia*, 1%). Ciò conferma anche che la composizione della vegetazione dipende in larga misura dalle piante agricole e ruderali, mentre occasionalmente contribuiscono anche singoli alberi e piantagioni.

Influenza del tempo: i dati della stazione di Lubiana mostrano temperature stabili e alcune precipitazioni più intense nel maggio-giugno 2024. Le condizioni umide hanno favorito le specie ruderali (ad es. *Plantago*), come si evince dalle percentuali di polline.

Si tratta di un paesaggio prevalentemente agricolo con un'elevata produttività dei campi e un basso livello di elementi naturali. L'assenza di pesticidi nei campioni è sorprendente e può riflettere un uso prudente dei FFS o la loro degradazione. I valori di Cd e Pb sono bassi e paragonabili ad altre aree meno inquinate. Il sito è importante come esempio di uso agricolo intensivo senza segni significativi di inquinamento.

Mengeško polje

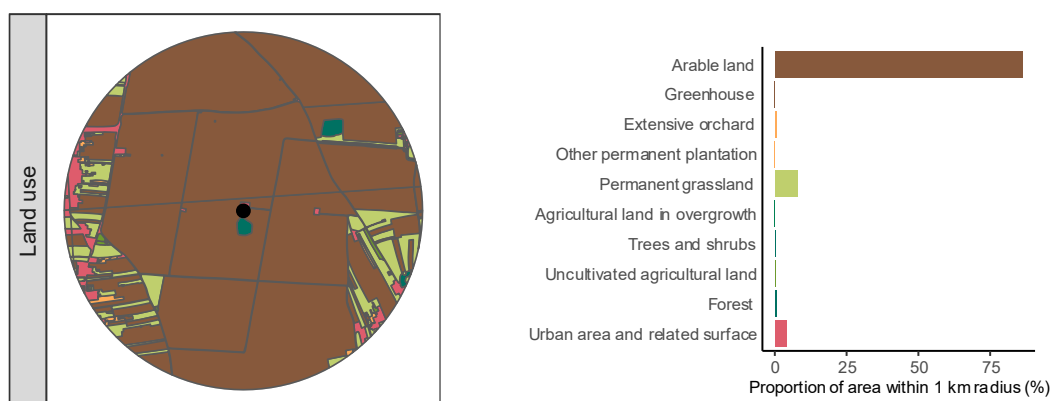


Figura 8. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località Mengeško polje (autrice: Anja Pavlin).

Località ROD e NIB

Ambiente naturale (tipo 1)

Vrtovče (ROD, NIB)

La località di Vrtovče rientra tra gli ambienti naturali (tipo 1). L'analisi GIS dell'uso del suolo mostra che oltre il 48% dell'area è coperta da boschi, il 21% da prati permanenti, circa l'11% da vigneti e solo il 3,6% da aree urbanizzate. Il resto è costituito da singoli appezzamenti agricoli e frutteti (figura 9).

Le analisi del polline (2024-2025) hanno evidenziato basse concentrazioni di metalli pesanti (Cd 0,02 mg/kg, Pb 0,26 mg/kg), mentre nei campioni non sono stati rilevati pesticidi. Il profilo palinologico mostra una forte predominanza di specie arboree: quercia (*Quercus*, 56,5%), melo/ciliegio/prugno (*Malus/Prunus*, 35%) e acero (*Acer*, 5%). Ciò conferma chiaramente anche l'influenza dell'ambiente boschivo e frutticolo-vitico.

Influenza del clima: Ajdovščina (aprile-luglio 2024) è stata caratterizzata da temperature più elevate (fino a ~27 °C) e precipitazioni inferiori rispetto a Lubiana. La siccità ha probabilmente aumentato la percentuale di pollini di specie arboree e perenni (*Quercus*, *Malus/Prunus*).

Ajdovščina è una zona naturalmente ricca con un impatto minimo dell'urbanizzazione o delle fonti industriali. Il polline rilevato riflette principalmente le piante forestali e frutticole marginali, senza tracce di pesticidi o metalli.

Vrtovče

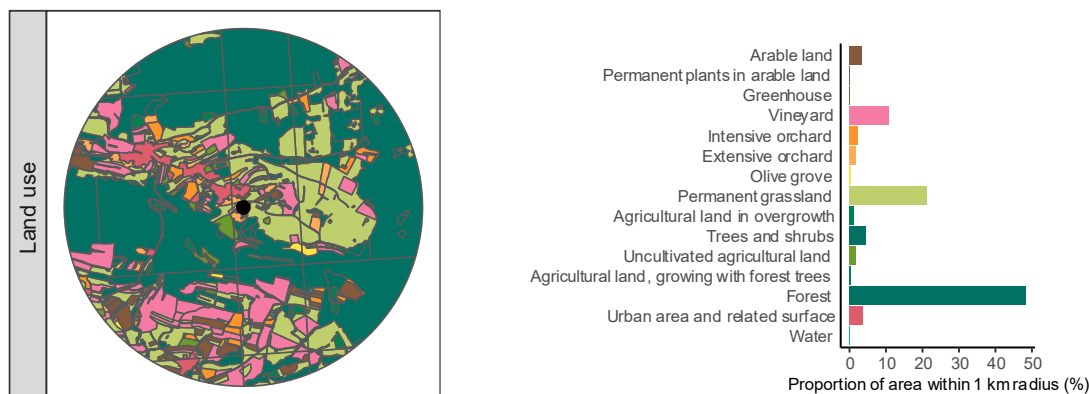


Figura 9. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località di Vrtovče (autrice: Anja Pavlin).

Ambiente naturale/agricolo (tipo 2)

Šempeter (ROD, NIB)

La località di Šempeter rappresenta un ambiente naturale/agricolo (tipo 2). L'analisi GIS dell'uso del suolo (raggio 1 km) mostra la prevalenza di prati (circa il 60%), seguiti da campi coltivati (20%), boschi (8%) e aree urbanizzate (6%). Il resto è costituito da frutteti e altri usi minori (figura 10).

Le analisi del polline (2024) hanno rilevato cadmio (Cd) 0,32 mg/kg e piombo (Pb) 0,03 mg/kg. È stato rilevato un residuo isolato di pesticida (31 µg/kg). La composizione palinologica è decisamente monotonica: l'89% è costituito da pollini di graminacee (*Poaceae*), mentre le altre specie sono presenti in percentuali minori.

Influenza del clima: la località ha avuto un periodo caldo e piuttosto secco. Ciò spiega bene la forte predominanza delle graminacee (*Poaceae*) nel polline e la minore varietà del polline.

Šempeter

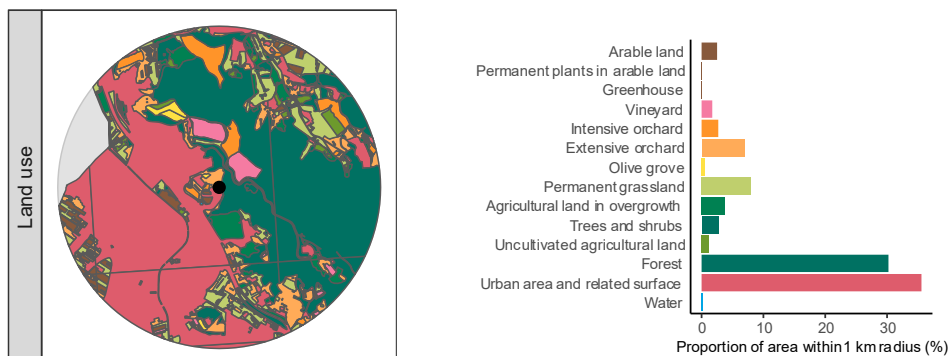


Figura 10. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località di Šempeter (autrice: Anja Pavlin).

Ambiente agricolo intensivo (tipo 3)

Dobravljje (ROD, NIB)

La località di Dobravljje rappresenta un ambiente agricolo intensivo (tipo 3). L'analisi GIS dell'uso del suolo rivela un mosaico equilibrato: 24 % di prati permanenti, 23,7 % di boschi, 17,4 % di campi coltivati, 13,9 % di aree urbanizzate, 7,1 % di vigneti e 4,2 % di frutteti estensivi (figura 11).

Le analisi del polline (2024-2025) hanno evidenziato valori medi di Cd 0,208 mg/kg e Pb 0,014 mg/kg. In alcuni campioni sono stati rilevati pesticidi (fino a 25 µg/kg). La composizione palinologica riflette il tipico paesaggio di prati, frutteti e vigneti: predominano le piante erbacee, la vite, le specie frutticole e, occasionalmente, anche il polline dei boschi.

Influenza del clima: come altrove nella Valle di Vipava, hanno prevalso condizioni climatiche calde e secche. Il profilo pollinico, con prevalenza di graminacee e specie viticole, è coerente con tali condizioni.

Dobravljje

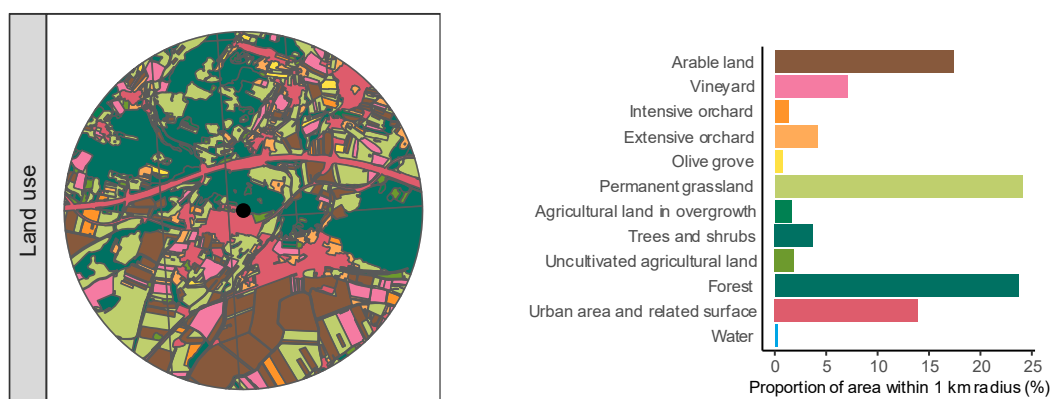


Figura 11. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località di Dobravljje (autrice: Anja Pavlin).

Italia

Località AVISP

Influenza del tempo: secondo i dati della stazione di Bibione (Vallevecchia; aprile-agosto 2024), le temperature medie erano comprese tra i 18 e i 27 °C. Maggio e giugno sono stati particolarmente piovosi, luglio più secco. Nella parte umida aumentano le specie palustri e ripariali, mentre nella parte secca aumenta la percentuale di erbe e piante coltivate.

Ambiente naturale (tipo 1)

Canadare (AVISP)

La località di Canadare è classificata come ambiente naturale (tipo 1). L'uso del suolo (raggio di 1 km) è variegato: 35% di campi coltivati, 14% di foreste di conifere, 9% di dune e superfici sabbiose, 19% di paludi e 23% di superfici acquatiche (compresa la costa). Tale struttura indica una zona di transizione tra agricoltura, foreste ed ecosistemi costieri naturali.

Le analisi del polline hanno evidenziato la presenza di Pb in un intervallo compreso tra 0,09 e 1,08 mg/kg, leggermente superiore rispetto ad altre località, ma senza superare i valori limite. Non sono stati rilevati pesticidi. La composizione palinologica rivela la predominanza delle graminacee (Graminaceae 40%), seguite da specie erbacee e forestali e da una percentuale significativa di piante palustri. Ciò indica chiaramente la biodiversità del polline del paesaggio costiero.

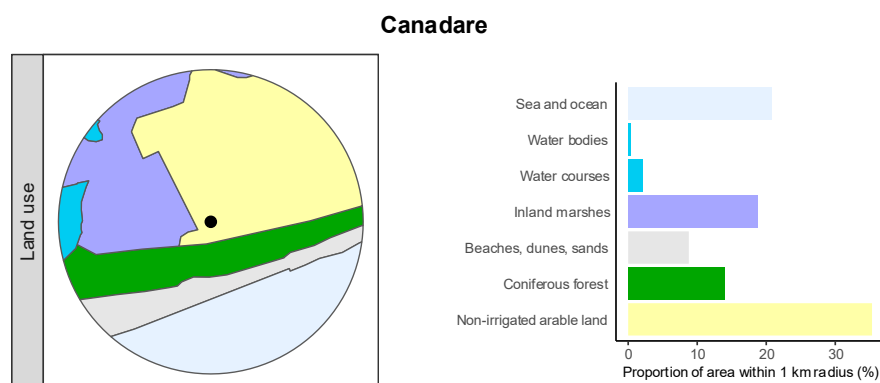


Figura 12. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località di Canadare (autrice: Anja Pavlin).

Pineta (AVISP)

La località di Pineta si trova in un ambiente costiero prevalentemente naturale (tipo 1). L'uso del suolo in un raggio di 1 km intorno al punto campione comprende circa il 35% di terreni agricoli non irrigati, circa il 20% di lagune costiere, circa il 15% di mare e oceano, il 10% di boschi di latifoglie, una percentuale leggermente inferiore (circa il 5%) di boschi di conifere, habitat sabbiosi costieri,

mentre la percentuale di aree urbane è trascurabile (meno dell'1%). Il paesaggio è estremamente variegato, con un mosaico di ecosistemi naturali (boschi, lagune, mare) e aree agricole, con un tasso di urbanizzazione estremamente basso (figura 13).

Le analisi del polline (2024-2025) hanno evidenziato valori molto bassi di metalli pesanti: Cd 0,008 mg/kg, Pb 0,23 mg/kg, Ni 0,3 mg/kg. Nei campioni non sono stati rilevati pesticidi. La composizione palinologica è varia: graminacee (Poaceae, 20 %), Graminaceae (14-16 %), Liliaceae (3 %), Castanea (10 %), Malus/Prunus (3 %) e, occasionalmente, altre specie erbacee e forestali.

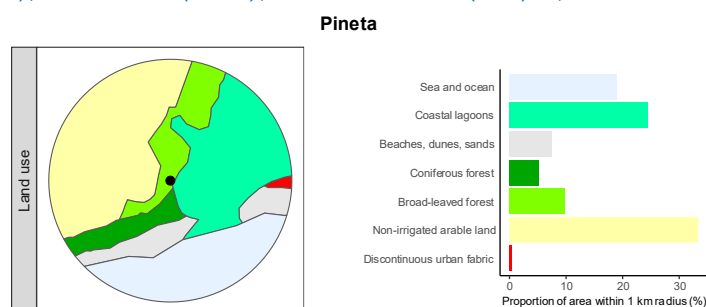


Figura 13. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località Pineta (autrice: Anja Pavlin).

Valle Perera (AVISP)

La località Valle Perera si trova in un ambiente prevalentemente naturale (tipo 1). L'uso del suolo entro un raggio di 1 km comprende oltre il 50% di paludi interne, circa il 20% di terreni agricoli non irrigati, circa il 10% di superfici acquatiche e il 10% di corsi d'acqua. Gli altri habitat presenti nella zona sono trascurabili o del tutto assenti. Il paesaggio è quindi prevalentemente naturale, con una forte predominanza di habitat palustri circondati da limitate superfici agricole e acquatiche, il che indica un valore naturale ed ecologico molto elevato dell'area (figura 14).

Le analisi del polline (2024-2025) hanno mostrato valori medi di Cd 0,15 mg/kg, Pb 0,11 mg/kg e Ni 0,8 mg/kg. Non sono stati rilevati pesticidi. Il profilo palinologico mostra una predominanza di graminacee (Poaceae 38-39%), Fabaceae (12%) e circa l'11% di pollini di piante palustri.

Valle Perera

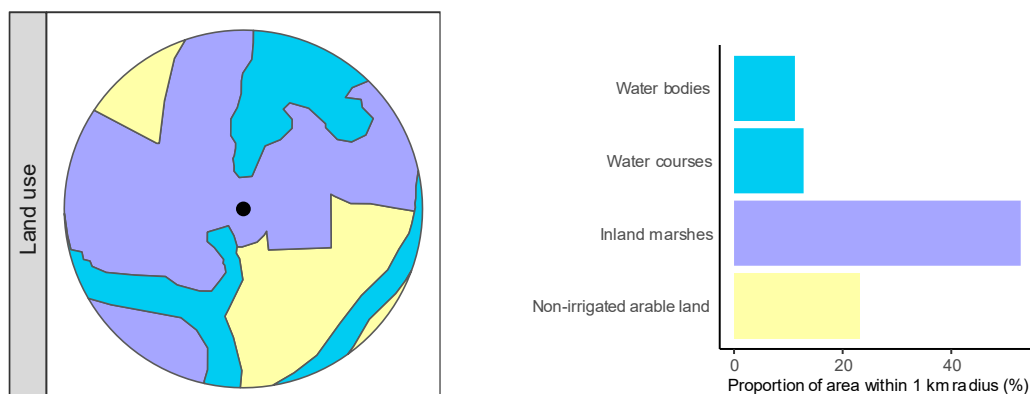


Figura 14. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località Valle Perera (autore: Anja Pavlin).

Ambiente naturale/agricolo (tipo 2)

Gambericoltura (AVISP)

La località Gambericoltura rappresenta un ambiente naturale/agricolo (tipo 2), in cui si intrecciano terreni agricoli (64,6%), zone umide e lagune (14,3%), superfici acquatiche (18,5%) e una piccola percentuale di boschi (2,6%). Si tratta di un'area con una ricca combinazione di terreni agricoli e habitat acquatici naturali (figura 15).

Le analisi del polline hanno evidenziato Cd 0,019 mg/kg, Pb 0,18 mg/kg e Ni 0,53 mg/kg. Non sono stati rilevati pesticidi. La composizione palinologica comprende il 16-22% di pollini di piante acquatiche o palustri, una percentuale significativa di specie erbacee e flora tipica degli habitat ripariali.

Gambericoltura

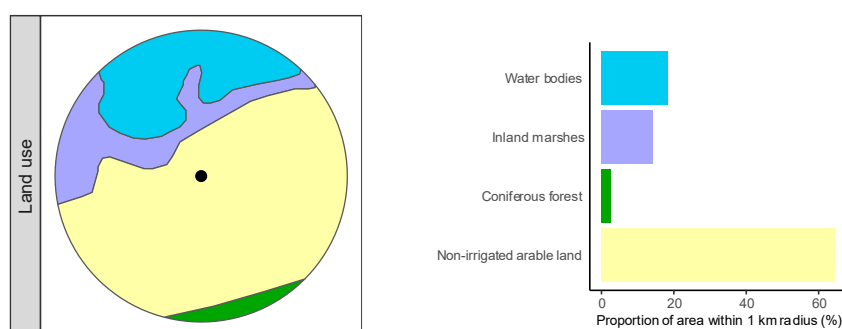


Figura 15. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località Gambericoltura (autore: Anja Pavlin).

Dossetto (AVISP)

La località di Dossetto rientra nel tipo 2 (naturale/agricolo), ma con una netta prevalenza dell'uso agricolo. I terreni coltivabili rappresentano il 98,5%, i boschi di latifoglie l'1,4% e le lagune costiere lo 0,1%. Si tratta di un'area di quasi totale monocoltura agricola (figura 16).

Le analisi del polline hanno evidenziato Cd 0,015 mg/kg e Pb 0,13 mg/kg. Pesticidi: amitraz rilevato in un campione (0,010 mg/kg). La composizione palinologica è monotonica, con prevalenza di specie erbacee e agricole (Graminaceae, Fabaceae, Brassicaceae), mentre i pollini arborei sono rari.

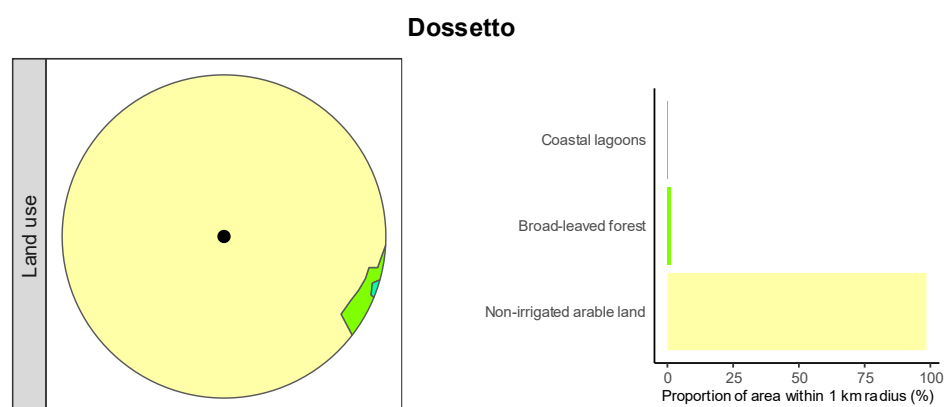


Figura 16. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località di Dossetto (autrice: Anja Pavlin).

Valle Zignago (AVISP)

La località Valle Zignago si trova in un ambiente fortemente naturale-palustre e agricolo ai margini della laguna (tipo 2). L'uso del suolo è costituito per circa il 50% da paludi interne, per circa il 25% da terreni agricoli non irrigati e per meno del 15% da corsi d'acqua e superfici acquatiche. Gli altri habitat nel raggio di 1 km contribuiscono in misura trascurabile. Tale composizione implica una marcata interconnessione tra l'ambiente mosaico delle zone umide e quello agricolo, con una netta predominanza delle zone umide naturali e una superficie agricola limitata.

Le analisi del polline (2024-2025) hanno evidenziato Cd 0,05 mg/kg, Pb 0,2 mg/kg e Ni 1,48 mg/kg. Non sono stati rilevati pesticidi. La composizione palinologica è prevalentemente erbosa: 84 % Graminaceae, 6 % Fabaceae, fino al 9 % di altri pollini coltivati o palustri.

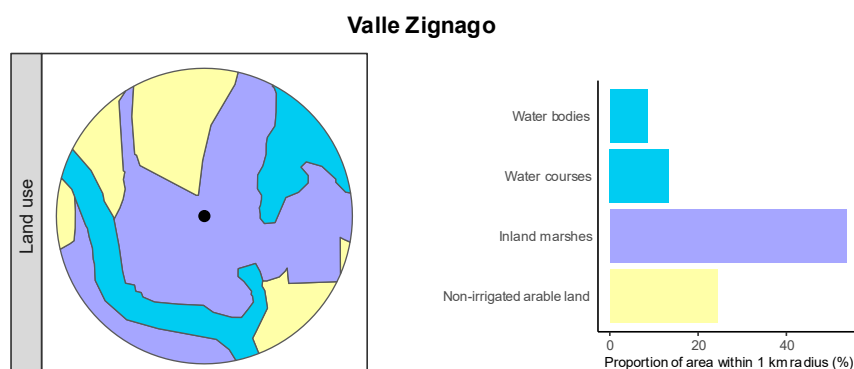


Figura 17. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località Valle Zignago. (autrice: Anja Pavlin)

Ambiente agricolo intensivo (tipo 3)

La Brussa (AVISIP)

La località La Brussa rientra tra gli ambienti agricoli intensivi (tipo 3). L'uso del suolo (raggio 1 km) è prevalentemente agricolo: l'85% è costituito da terreni coltivabili, il 7% da paludi e l'8% da superfici acquatiche. Una percentuale minore è rappresentata da habitat naturali (paludi e corsi d'acqua) che, nonostante la loro estensione ridotta, rivestono un'importanza ecologica (figura 18).

Le analisi del polline non mostrano eccessi di metalli pesanti né tracce di pesticidi. Il profilo palinologico conferma anche la prevalenza di piante erbacee e agricole, occasionalmente integrate da specie palustri.

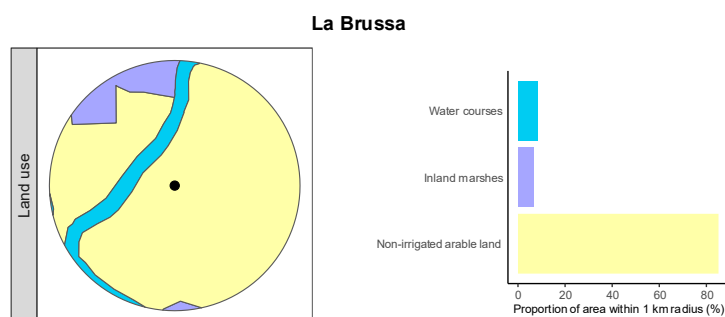


Figura 18. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località La Brussa. (autrice: Anja Pavlin)

Cao Mozzo (AVISIP)

La località di Cao Mozzo è un esempio tipico di monocoltura agricola intensiva (tipo 3). Utilizzo del suolo in un raggio di 1 km: 99,9 % terreni coltivabili, 0,1 % frutteti. Il paesaggio è praticamente privo di habitat naturali o seminaturali (figura 19).

Le analisi del polline (2024-2025) hanno rilevato Cd 0,031 mg/kg, Pb 0,18 mg/kg, Ni 0,65 mg/kg. Non sono stati rilevati pesticidi. Il profilo palinologico rivela quasi esclusivamente pollini di

graminacee e leguminose (Graminaceae, Fabaceae), con una percentuale minima di specie frutticole. Non sono presenti pollini di alberi o boschi.

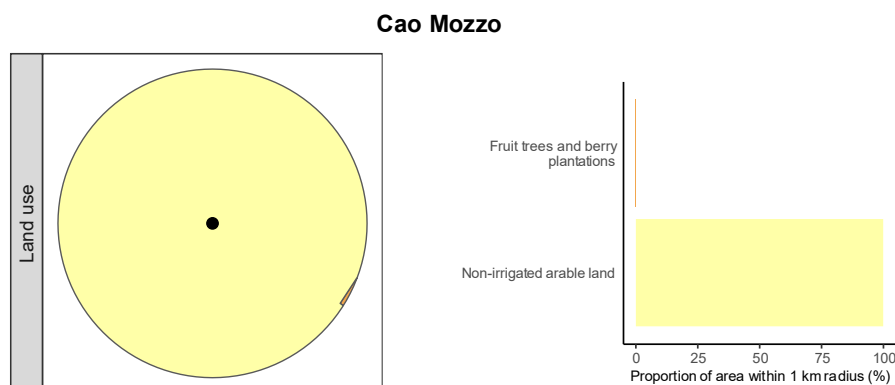


Figura 19. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località di Cao Mozzo (autrice: Anja Pavlin).

Lugugnana (AVISIP)

La località di Lugugnana è caratterizzata da un ambiente agricolo intensivo (tipo 3). L'intera area nel raggio di 1 km è quasi interamente (circa il 98-99%) coperta da terreni agricoli non irrigati, mentre le aree urbanizzate (tessuto urbano non contiguo) sono presenti solo in una percentuale molto ridotta (meno del 2%). Il paesaggio rappresenta un tipico esempio di paesaggio agricolo monocolturale senza frammenti di habitat naturali o seminaturali significativi, il che riflette l'alto livello di sfruttamento agricolo e la minima diversità ecologica nelle immediate vicinanze (figura 20).

Le analisi del polline (2024-2025) mostrano Cd 0,17 mg/kg, Pb 0,15-0,19 mg/kg e Ni 0,48 mg/kg. Non sono stati rilevati pesticidi. Il profilo palinologico è monotono, tipico dei prati: 74-82% Graminaceae, fino al 18% Poaceae e percentuali minori di Fabaceae. Il polline degli alberi è inferiore al 5%.

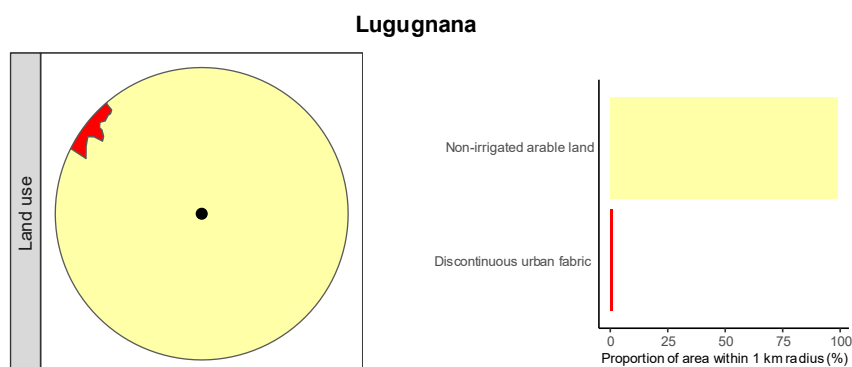


Figura 20. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località di Lugugnana (autrice: Anja Pavlin).

Località POLOAA

Ambiente naturale (tipo 1)

Spilimbergo (PN)

La località di Spilimbergo (PN) rientra tra gli ambienti naturali (tipo 1). L'uso del suolo (raggio di 1 km) comprende il 37,8% di boschi e arbusteti transitori, il 32% di habitat sabbiosi (spiagge, dune), il 20,2% di aree agricole eterogenee con elementi naturali e il 10% di terreni coltivabili. Si tratta di un'area paesaggisticamente molto varia, dove prevalgono habitat naturali e seminaturali.

Le analisi del polline hanno evidenziato valori bassi-medi di metalli pesanti (Cd, Pb, Ni), senza superare i valori limite. Nei campioni non sono stati rilevati pesticidi. La composizione palinologica riflette la diversità del polline delle specie erbacee, ruderali e pioniere, tipiche dei boschetti di transizione, delle dune e degli habitat erbosi.

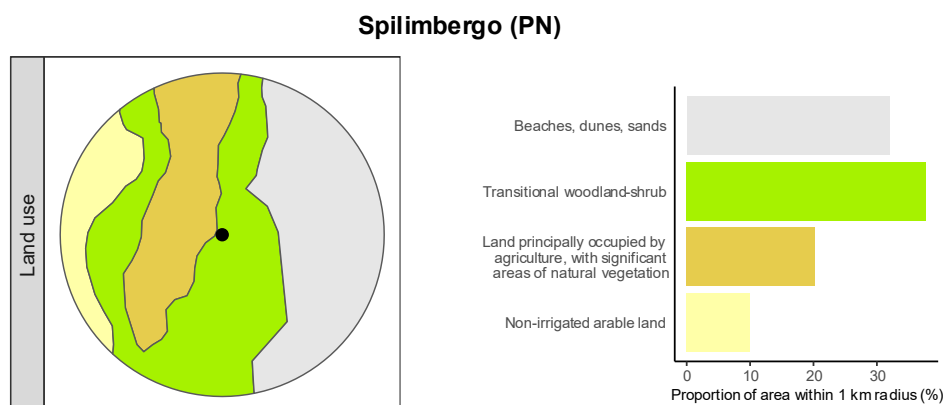


Figura 21. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località di Spilimbergo (autrice: Anja Pavlin).

Ambiente naturale/agricolo (tipo 2)

Valeriano (PN)

La località Valeriano (PN) rientra in un ambiente naturale/agricolo (tipo 2), con una netta prevalenza di uso agricolo. L'analisi GIS dell'uso del suolo (raggio 1 km) mostra: 70% di terreni coltivabili, 22,6% di superfici agricole eterogenee con elementi naturali, 5,7% di urbanizzazione e 1,6% di boschi e boschetti transitori. Il bosco di latifoglie rappresenta meno dello 0,1%. Il paesaggio è quindi quasi interamente agricolo, con una percentuale limitata di habitat naturali (figura 22).

Le analisi del polline (2024-2025) hanno mostrato valori medi di Cd 0,03-0,12 mg/kg, Pb 0,015-0,076 mg/kg e Ni inferiori a 1 mg/kg. Nei campioni non sono stati rilevati pesticidi. Il profilo palinologico è tipicamente agricolo: oltre il 60% è costituito da graminacee (Graminaceae), sono

presenti Fabaceae e altre colture (Pisum, Brassicaceae), mentre i pollini forestali sono praticamente assenti.

Valeriano (PN)

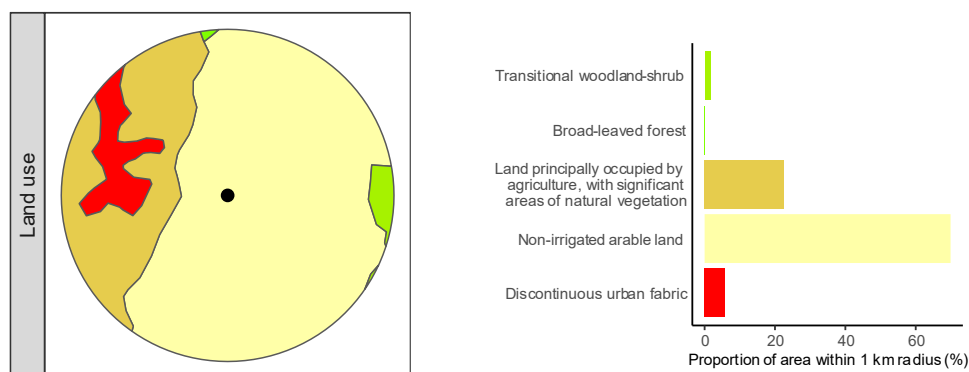


Figura 22. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località Valeriano (autrice: Anja Pavlin).

Ambiente agricolo intensivo (tipo 3)

Villanova di San Daniele (UD)

La località di Villanova di San Daniele (UD) è caratterizzata da un ambiente agricolo intensivo (tipo 3). L'analisi GIS dell'uso del suolo (raggio 1 km) mostra una predominanza quasi totale di superfici arate (97%), mentre l'urbanizzazione rappresenta solo il 2,6% e le aree agricole eterogenee lo 0,4%. Gli habitat naturali sono praticamente assenti (figura 23).

Le analisi del polline (2024-2025) hanno evidenziato valori medi di Cd 0,03-0,12 mg/kg, Pb 0,02-0,07 mg/kg e Ni inferiori a 1 mg/kg. Nei campioni non sono stati rilevati pesticidi. La composizione palinologica è monotona: predominano le graminacee coltivate (Graminaceae) e le colture, occasionalmente le Fabaceae, mentre sono assenti i pollini forestali e naturali.

Villanova di San Daniele (UD)

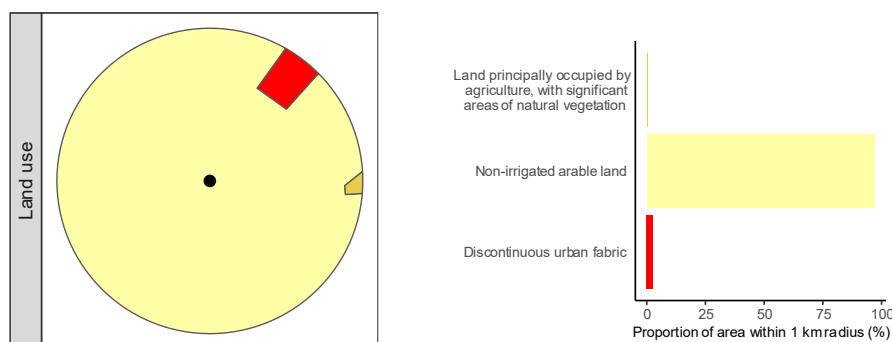


Figura 23. Analisi GIS dell'uso del suolo per la località di Villanova di San Daniele (autore: Anja Pavlin).

Conclusioni e analisi comparativa

I risultati del progetto Bee2Gether rappresentano un contributo significativo alla comprensione dell'impatto dei diversi tipi di gestione del paesaggio sulla salute e sulla biodiversità degli impollinatori nell'area transfrontaliera tra Slovenia e Italia. Le analisi mostrano chiaramente che gli ambienti naturali e paesaggisticamente eterogenei offrono le condizioni più stabili e la maggiore varietà di risorse disponibili per le api e altri impollinatori, con la minima esposizione a metalli pesanti e pesticidi. Al contrario, le zone agricole intensamente coltivate, in particolare quelle con uso monocolturale del suolo, mostrano una significativa riduzione dello spettro floreale e una maggiore possibilità di presenza di residui di pesticidi e di singoli metalli, che possono influire negativamente sulla salute e sulla produttività a lungo termine degli impollinatori.

Grazie all'uso di strumenti avanzati - arnie elettroniche, tecnologia GIS e monitoraggio con le api - il progetto consente non solo di identificare più facilmente i rischi ambientali, ma anche di valutare in tempo reale l'efficacia delle misure di gestione e di reagire più rapidamente ai cambiamenti rilevati nell'ambiente. Questo approccio è particolarmente importante nel contesto dei cambiamenti climatici e dell'uso sempre più intensivo del territorio, in cui i rapporti tradizionali tra agricoltura, natura e influenze urbane stanno cambiando rapidamente.

Le differenze transfrontaliere nell'uso del suolo, nella regolamentazione dei pesticidi e nelle pratiche locali di gestione dell'ambiente rimangono una sfida importante. È proprio qui che il progetto dimostra il valore di integrare il monitoraggio e le azioni comuni, poiché i dati provenienti dalla Slovenia e dall'Italia consentono un confronto diretto, l'identificazione degli effetti delle buone pratiche e lo scambio di conoscenze tra i partner. Ciò è fondamentale per l'elaborazione di linee guida e piani d'azione coordinati, che il progetto promuove e sviluppa in collaborazione con gli agricoltori locali, le istituzioni pubbliche e la politica.

L'interpretazione dei risultati conferma che la gestione sostenibile del territorio, la promozione della diversità degli habitat e la limitazione dell'uso di sostanze nocive migliorano direttamente le risorse alimentari e riducono i rischi per la salute degli impollinatori. Viene inoltre sottolineata l'importanza di integrare soluzioni ICT moderne (applicazione per la gestione dei dati) e attività educative nelle scuole e nelle aziende agricole, rafforzando così l'effetto a lungo termine del progetto.

Alla luce del rapporto, si propongono alcune raccomandazioni:

- L'integrazione sistematica del monitoraggio con la raccolta di polline e dati dagli alveari elettronici nelle strategie nazionali e regionali di gestione agricola e ambientale.
- Sviluppo di piani d'azione transfrontalieri basati su dati comparabili e raccolti in tempo reale per affrontare in modo proattivo la qualità dell'ambiente e delle risorse per gli impollinatori.
- Aumento delle misure di sostegno per la conservazione degli habitat naturali all'interno dell'ambiente agricolo e urbano, compresa la conservazione di siepi, prati e fiori selvatici.

- Continuare lo scambio di conoscenze e buone pratiche tra i partner sloveni e italiani, con particolare attenzione alle innovazioni per la produzione sostenibile e la protezione della biodiversità.

Grazie alla diffusione della metodologia e all'efficace integrazione di dati e attori, il progetto Bee2Gether fornisce un modello che può essere utilizzato anche in altri contesti transfrontalieri o regionali e contribuisce in modo significativo alla resilienza a lungo termine degli impollinatori e alla qualità della produzione in un'area più ampia.