

## Curriculum Evoluzione - Sede Ferrara

### Il contributo dell'esperienza e dei geni alla variabilità cognitiva nei pesci teleostei

Un crescente numero di studi in molteplici taxa animali rivela che gli individui hanno differenti abilità cognitive e ottengono differenti prestazioni nella risoluzione di problemi. Le cause di questa variazione sono attualmente sconosciute e rappresentano un 'puzzle' evolutivo perché ci si aspetta che la selezione favorisca in modo direzionale gli individui con maggiori abilità cognitive riducendo la variabilità nel tratto. Il candidato per affrontare questo problema utilizzerà tre specie di pesci teleostei modello in studi comportamentali ed evolutivisti, il guppy *Poecilia reticulata*, lo zebrafish *Danio rerio* e il medaka *Oryzias latipes*, considerando due abilità cognitive critiche per la fitness: l'apprendimento di nuovi comportamenti e l'inibizione di comportamenti che non sono più utili. Si utilizzeranno due approcci sperimentali: 1) si valuterà se le differenze cognitive sono influenzate dall'esperienza degli individui manipolando fattori ambientali (gruppo sociale, complessità dell'habitat, abbondanza di nutrimento, rischio di predazione) durante lo sviluppo in mesocosmi; 2) si valuterà se le differenze individuali nelle abilità cognitive sono influenzate dai geni e si stimerà l'ereditabilità con un approccio di selezione artificiale. Il progetto sarà effettuato in collaborazione con esperti di vari istituti stranieri tra cui Liverpool John Moores University e Karlsruhe Institute of Technology.

### Bibliografia

- Chen, J., Zou, Y., Sun, Y. H., & ten Cate, C. (2019). Problem-solving males become more attractive to female budgerigars. *Science*, 363, 166-167.
- Lucon-Xiccato, T., & Bisazza, A. (2017). Individual differences in cognition among teleost fishes. *Behavioural Processes*, 141, 184-195.
- Lucon-Xiccato, T., Gatto, E., & Bisazza, A. (2019). Male and female guppies differ in problem solving abilities. *Current Zoology*, <https://doi.org/10.1093/cz/zoz017>.
- Lucon-Xiccato, T., & Bertolucci, C. (2019). Guppies show rapid and lasting inhibition of foraging behaviour. *Behavioural Processes*, 2019, 91-99.
- Pike, T. W., Ramsey, M., & Wilkinson, A. (2018). Environmentally induced changes to brain morphology predict cognitive performance. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 373, 20170287.
- Sorato, E., Zidar, J., Garnham, L., Wilson, A., & Løvlie, H. (2018). Heritabilities and co-variation among cognitive traits in red junglefowl. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 373, 20170285.

## Curriculum Biologia e Biotecnologie Vegetali - Sede Ferrara

### Fenotipizzazione dell'apparato fotosintetico in piante vascolari

Il candidato si dedicherà allo studio dell'apparato fotosintetico in piante vascolari in un'ottica di fenotipizzazione della fotosintesi. Il *Plant phenotyping* sta assumendo un ruolo sempre più rilevante per descrivere le risposte delle piante a variazioni ambientali (variazioni di luce, carenza idrica, ecc.), particolarmente in specie di interesse agronomico o di particolare posizione filogenetica e rilevanza ambientale. Il candidato, applicando metodi biofisici, biochimici e ultrastrutturali, ricercherà relazioni significative tra parametri che descrivono in modo sintetico la funzionalità della fotosintesi (es. performance index, photochemical capacity) e proprietà delle membrane fotosintetiche, come composizione tilacoidale, organizzazione sopramolecolare dei complessi, flusso degli elettroni, architettura dei tilacoidi. Il progetto potrà essere completato tramite l'accesso alla Slovak PlantScreen Phenotyping Unit di Nitra (Slovacchia), appartenente alla European Plant Phenotyping Network 2020 (EPPN2020).

### Bibliografia

- Järvi S, Suorsa M, Paakkarinen V, Aro E-M (2011) Optimized native gel systems for separation of thylakoid protein complexes: novel super- and mega-complexes. *Biochemical Journal*, 439, 207–214.
- Kaiser E, Morales A, Harbinson J (2018) Fluctuating light takes crop photosynthesis on a rollercoaster ride. *Plant Physiology* 176, 977–989.
- Kalaji HM, Jajoo A, Oukarroum A, Brestic M, Zivcak M, Samborska IA, Cetneri M, Lukasik O, Goltsev V, Ladle RJ (2016) Chlorophyll *a* fluorescence as a tool to monitor physiological status of plants under abiotic stress conditions. *Acta Physiologiae Plantarum* 38, 102.
- Lazar D (2015) Parameters of photosynthetic energy partitioning. *Journal of Plant Physiology* 175, 131-147.
- Pribil M, Labs M, Leister D (2014) Structure and dynamics of thylakoids in land plants. *Journal of Experimental Botany* 65, 1955–1972.
- Ruban AV (2016) Nonphotochemical chlorophyll fluorescence quenching: mechanism and effectiveness in protecting plants from photodamage. *Plant Physiology* 170, 1903-1916.
- Schumann T, Paul S, Melzer M, Dörmann P, Jahns P (2017) Plant growth under natural light conditions provides highly flexible short-term acclimation properties toward high light stress. *Frontiers in Plant Science* 8, 681.
- van Bezouw RFHM, Keurentjes JJB, Harbinson J, Aarts MGM (2019) Converging phenomics and genomics to study natural variation in plant photosynthetic efficiency. *The Plant Journal* 97, 112–133.
- Zivcak M, Brestic M, Botyanszka L, Chen Y-E, Allakhverdiev SI (2019) Phenotyping of isogenic chlorophyll-less bread and durum wheat mutant lines in relation to photoprotection and photosynthetic capacity. *Photosynthesis Research* 139, 239-251.

## Curriculum Biologia e Biotecnologie Vegetali - Sede Ferrara

### Il ciclo prolina-P5C e la sua regolazione nelle piante

L'interconversione tra prolina e P5C in un apparente ciclo futile sembra svolgere un ruolo importante nella risposta della pianta all'attacco patogeno e a condizioni ambientali avverse. Il candidato si occuperà di studiare le proprietà degli enzimi coinvolti e la loro regolazione in una pianta modello (*Arabidopsis*) e in una specie vegetale di interesse agrario (riso). Cercherà inoltre di individuare specifici inibitori che possano modulare tale processo, e di metterlo in relazione allo stato di riduzione dei nucleotidi pirimidinici e alla induzione della morte cellulare programmata. Lo studio prevede inoltre una comparazione tra il sistema vegetale e quello umano, dove il ciclo interviene nel processo apoptotico e la sua modulazione sembra aprire nuove prospettive nella terapia di alcuni tumori. Le metodologie che verranno impiegate saranno: espressione eterologa e caratterizzazione biochimico-funzionale degli enzimi coinvolti, misurazione dei livelli di espressione dei corrispondenti geni e analisi metabolomiche [aminoacidi, NAD(P)(H)] su colture cellulari e plantule wild-type o di mutanti inserzionali.

### Bibliografia

- Forlani G, Occhipinti A, Berlicki L, Dziedzioła G, Wieczorek A, Kafarski P. Tailoring the structure of aminobisphosphonates to target plant P5C reductase. *J Agric Food Chem*. 2008 May 14;56(9):3193-9.
- Giberti S, Funck D, Forlani G.  $\Delta^1$ -Pyrroline-5-carboxylate reductase from *Arabidopsis thaliana*: stimulation or inhibition by chloride ions and feedback regulation by proline depend on whether NADPH or NADH acts as co-substrate. *New Phytol*. 2014 May;202(3):911-9.
- Loayza-Puch F, Rooijers K, Buil LC, Zijlstra J, Oude Vrielink JF, Lopes R, Ugalde AP, van Breugel P, Hofland I, Wesseling J, van Tellingen O, Bex A, Agami R. Tumour-specific proline vulnerability uncovered by differential ribosome codon reading. *Nature*. 2016 Feb 25;530(7591):490-4.
- Miller G, Honig A, Stein H, Suzuki N, Mittler R, Zilberstein A. Unraveling  $\delta^1$ -pyrroline-5-carboxylate-proline cycle in plants by uncoupled expression of proline oxidation enzymes. *J Biol Chem*. 2009 Sep 25;284(39):26482-92.
- Monteoliva MI, Rizzi YS, Cecchini NM, Hajirezaei MR, Alvarez ME. Context of action of proline dehydrogenase (ProDH) in the Hypersensitive Response of *Arabidopsis*. *BMC Plant Biol*. 2014 Jan 13;14:21
- Qamar A, Mysore KS, Senthil-Kumar M. Role of proline and pyrroline-5-carboxylate metabolism in plant defense against invading pathogens. *Front Plant Sci*. 2015 Jul 6;6:503.
- Signorelli S, Dans PD, Coitiño EL, Borsani O, Monza J. Connecting proline and  $\gamma$ -aminobutyric acid in stressed plants through non-enzymatic reactions. *PLoS One*. 2015 Mar 16;10(3):e0115349
- Tanner JJ, Fendt SM, Becker DF. The Proline Cycle As a Potential Cancer Therapy Target. *Biochemistry*. 2018 Jun 26;57(25):3433-3444.

**Ruolo delle vescicole extracellulari di lievito come carrier di miRNA per la modulazione del comportamento di insetti sociali**

Gli esosomi sono piccole vescicole extracellulari (EVs) che fungono da trasportatori di proteine e RNA, in grado di modulare il comportamento cellulare. Le cellule di lievito producono esosomi come mezzo di comunicazione inter-cellulare (da Silva RP et al., 2015; Ludwig AK et al., 2011). Recentemente è stato osservato che i miRNA di origine vegetale possono essere anti infiammatori in uomo (Cavalieri et al. 2016) e anche coinvolti nelle interazioni tra piante e impollinatori, in particolare nella differenziazione delle caste (Schwander, T et al. 2010; Sagili, R.R. et al, 2018). I lieviti sono presenti nell'intestino degli insetti (Stefanini et al (2016), Ramazzotti et al 2018). L'idea di questo progetto è studiare il ruolo delle EVs di funghi, incluso *S. cerevisiae*, nel veicolare segnali al SNC, in insetti come *Apis mellifera*. Il trasporto delle vescicole sarà monitorato attraverso metodi di chemiluminescenza, imaging in vivo e Next generation sequencing, test comportamentali, di apprendimento e memoria e la modulazione delle risposte immunitarie e dell'infiammazione.

**Bibliografia**

- Ludwig AK, Giebel B. Exosomes: small vesicles participating in intercellular communication. *Int J Biochem Cell Biol.* 2012 Jan;44(1):11-5. doi: 10.1016/j.biocel.2011.10.005. Epub 2011 Oct 19. Review.
- Peres da Silva R, Puccia R, Rodrigues ML, Oliveira DL, Joffe LS, César GV, Nimrichter L, Goldenberg S, Alves LR. Extracellular vesicle-mediated export of fungal RNA. *Sci Rep.* 2015 Jan 14;5:7763.
- Sagili RR, Metz BN, Lucas HM, Chakrabarti P, Breece CR. Honey bees consider larval nutritional status rather than genetic relatedness when selecting larvae for emergency queen rearing. *Sci Rep.* 2018 May 16;8(1):7679.
- Schwander T, Lo N, Beekman M, Oldroyd BP, Keller L. Nature versus nurture in social insect caste differentiation. *Trends Ecol Evol.* 2010 May;25(5):275-82. doi: 10.1016/j.tree.2009.12.001. Epub 2010 Jan 26. Review.
- Cavalieri D, Rizzetto L, Tocci N, Rivero D, Asquini E, Si-Ammour A, Bonechi E, Ballerini C, Viola R. Plant microRNAs as novel immunomodulatory agents. *Sci Rep.* 2016 May 11;6:25761.
- Rizzetto L, Ifrim DC, Moretti S, Tocci N, Cheng SC, Quintin J, Renga G, Oikonomou V, De Filippo C, Weil T, Blok BA, Lenucci MS, Santos MA, Romani L, Netea MG, Cavalieri D. Fungal chitin induces trained immunity in human monocytes during cross-talk of the host with *Saccharomyces cerevisiae*. *J Biol Chem.* 2016 Feb 17.
- Stefanini I, Dapporto L., Berna L., Polsinelli M., Turillazzi S., Cavalieri D. Social wasps are a *Saccharomyces* mating nest. *Proc Natl Acad Sci US A.* 2016 Jan 19.
- Ramazzotti M, Stefanini I, Di Paola M, De Filippo C, Rizzetto L, Berná L, Dapporto L, Rivero D, Tocci N, Weil T, Lenucci MS, Lionetti P, Cavalieri D. Population genomics reveals evolution and variation of *Saccharomyces cerevisiae* in the human and insects gut. *Environ Microbiol.* 2019 Jan;21(1):50-71. doi: 10.1111/1462-2920.14422. Epub 2018 Nov 21.

## Curriculum Biologia e Biotecnologie Vegetali – Sede Firenze

### **Collegamento fra dati ultrastrutturali e trascrizione in cellule vegetali sottoposte a stress, con particolare riferimento a autofagia e morte cellulare programmata**

La ricerca proposta ha come oggetto il confronto fra dati ultrastrutturali ottenuti attraverso osservazioni di microscopia ottica ed elettronica di organi, tessuti e cellule vegetali sottoposte a vari tipi di stress o induttori di autofagia e morte cellulare programmata. I dati morfologici così ottenuti in particolare a livello delle caratteristiche morfologiche degli organuli dovranno essere confrontati con dati sulla trascrizione di RNA sia con PCR per geni specifici, che tramite sequenziamento NGS tramite l'uso degli strumenti a disposizione del Dipartimento di Biologia di Firenze. La fase finale riguarderà l'analisi bioinformatica dei dati sulla trascrizione di RNA per tracciare conclusioni circa il collegamento fra l'attivazione di geni specifici e morfologie cellulari riferibili in particolare a autofagia e morte cellulare programmata. La finalità sarà la messa in evidenza di quali geni sono collegabili a specifiche tipologie morfologiche ultrastrutturali.

### **Bibliografia**

- Celler K, M Fujita, E Kawamura, C Ambrose (2016) Microtubules in plant cells: strategies and methods for immunofluorescence, transmission electron microscopy, and live cell imaging. *Methods and Protocols*, 1365: 155–184. doi: 10.1007/978-1-4939-3124-8\_8
- Egan AN, J Schlueter, DM Spooner (2012) Applications of next-generation sequencing in plant biology. *American journal of Botany* 99(2): 175-185.
- Klionsky et al. (2016) Guidelines for the Use and Interpretation of Assays for Monitoring Autophagy (3rd edition). *Autophagy* 12(1): 1-222
- Shelden MC, U Roessner (2013) Advances in functional genomics for investigating salinity stress tolerance mechanisms in cereals. *Frontiers in Plant Science*, <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00123>
- Unamba CIN, A Nag, RK Sharma (2015) Next generation sequencing technologies: the doorway to the unexplored genomics of non-model plants. *Frontiers in plant science*, <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01074>
- van Doorn WG and A Papini (2013) Ultrastructure of autophagy in plant cells: a review. *Autophagy* 9(12): 1922-1936.

**Pattern spaziali e temporali di popolazioni e comunità di mammiferi di foreste tropicali da scala locale a globale**

Usando un data set di dati standardizzati da foto-trappolaggio (TEAM Network e Wildlife Insights), la/il candidata/o condurrà analisi di modellizzazione con approccio gerarchico, con l'obiettivo di valutare le variazioni nello spazio e nel tempo di variabili di stato rilevanti, quali la occupancy e la ricchezza di specie / guild, dal livello di popolazione e guild a quello di comunità. I risultati contribuiranno a rispondere a domande di valenza metodologica, ecologica e conservazionistica, in particolare: (1) effetti di variabili climatiche, di habitat e antropiche sulle variabili di stato selezionate, per esempio sulla composizione funzionale delle comunità; (2) pattern di co-occorrenza (per esempio, predatori e prede); (3) concordanza dei pattern tra scale fini e scale grossolane.

**Bibliografia**

- Ahumada, J.A., Silva, C.E.F., Gajapersad, K., Hallam, C., Hurtado, J., Martin, E., McWilliam, A., Mugerwa, B., O'Brien, T., Rovero, F., Sheil, D., Spironello, W.R., Winarni, N., & Andelman, S.J. (2011). Community structure and diversity of tropical forest mammals: data from a global camera trap network. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366: 2703–2711.
- Beaudrot, L., Ahumada, J.A., O'Brien, T., Alvarez-Loayza, P., Boekee, K., Campos-Arceiz, A., Eichberg, D., Espinosa, S., Fegraus, E., Fletcher, C., Gajapersad, K., Hallam, C., Hurtado, J., Jansen, P.A., Kumar, A., Larney, E., Lima, M.G.M., Mahony, C., Martin, E.H., McWilliam, A., Mugerwa, B., Ndoundou-Hockemba, M., Razafimahaimodison, J.C., Romero-Saltos, H., Rovero, F., Salvador, J., Santos, F., Sheil, D., Spironello, W.R., Willig, M.R., Winarni, N.L., Zvoleff, A., & Andelman, S.J. (2016). Standardized Assessment of Biodiversity Trends in Tropical Forest Protected Areas: The End Is Not in Sight. *PLOS Biology*, 14: e1002357.
- Cavada, N., Worsøe Havnøller, R., Scharff, N., & Rovero, F. (2019). A landscape-scale assessment of tropical mammals reveals the effects of habitat and anthropogenic disturbance on community occupancy. *PLoS ONE* 14(4): e0215682.
- Davis, C.L., Rich, L.N., Farris, Z.J., Kelly, M.J., Di Bitetti, M.S., Blanco, Y.D., Albanesi, S., Farhadinia, M.S., Gholikhani, N., Hamel, S., Harmsen, B.J., Wultsch, C., Kane, M.D., Martins, Q., Murphy, A.J., Steenweg, R., Sunarto, S., Taktehrani, A., Thapa, K., Tucker, J.M., Whittington, J., Widodo, F.A., Yoccoz, N.G., & Miller, D.A.W. (2018). Ecological correlates of the spatial co-occurrence of sympatric mammalian carnivores worldwide. *Ecology Letters*, 21: 1401–1412.
- Hurlbert, A. H. & White, P. (2005). Disparity between range map- and survey-based analyses of species richness: patterns, processes and implications. *Ecology Letters*, 8: 319–327.
- McGill, B., Enquist, B., Weiher, E., & Westoby, M. (2006). Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology and Evolution* 21: 178–185.
- Penone, C., Weinstein, B.G., Graham, C.H., Brooks, T.M., Rondinini, C., Hedges, S.B., Davidson, A.D., & Costa, G.C. (2016). Global mammal beta diversity shows parallel assemblage structure in similar but isolated environments. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283: 20161028.
- Rondinini, C., Rodrigues, A. S. L., & Boitani, L. (2011). The key elements of a comprehensive global mammal conservation strategy. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366: 2591–2597.
- Tenan, S., Brambilla, M., Pedrini, P., & Sutherland, C. (2017). Quantifying spatial variation in the size and structure of ecologically stratified communities. *Methods in Ecology and Evolution*, 8: 976–944.

### **L'integrazione degli indici di diversità filogenetica e spettrale nello studio dei tratti funzionali di macrofite lungo differenti gradienti trofici (macroDIVERSITY)**

Nell'ultimo decennio sono state sviluppate tecniche ad alta capacità di risoluzione per lo studio della diversità funzionale delle comunità vegetali. Tra queste, la spettroscopia per mezzo di telerilevamento ha dimostrato un grande potenziale nella valutazione di vari processi ecologici. Tuttavia, il collegamento tra la diversità spettrale (SD) e le caratteristiche funzionali delle piante è un aspetto che deve ancora essere ben delineato. Le tecniche basate sull'utilizzo di marcatori molecolari per l'analisi filogenetica hanno invece aperto la strada verso nuovi modi di misurare la biodiversità e delineare le priorità di conservazione. Tuttavia le prove sul ruolo della diversità filogenetica (PD) come proxy della diversità funzionale o del potenziale evolutivo a livello di comunità non sono ancora decisive.

Un approccio multidisciplinare che unisca queste tecniche (SD e PD) potrebbe consentire un passo in avanti verso una migliore conoscenza del funzionamento degli ecosistemi e della conservazione del loro potenziale evolutivo. La nostra ipotesi consiste nel fatto che la PD e la SD, opportunamente calibrate e integrate, possano essere utilizzate per mappare i tratti funzionali di comunità vegetali con uno sforzo relativamente ridotto e un'elevata coerenza. Il progetto macroDIVERSITY propone di unire la SD alle metriche di PD, al fine di implementare un approccio quantitativo utile a caratterizzare la diversità funzionale delle comunità di macrofite di acqua dolce dell'Italia centro settentrionale, a differente scala geografica per differenti gradienti trofici. All'interno di macroDIVERSITY, il candidato si occuperà della ricostruzione filogenetica delle comunità indagate e della stima dei segnali filogenetici che le caratterizzano.

### **Bibliografia**

- Echeverría-Londoño S. et al (2018). Plant Functional Diversity and the Biogeography of Biomes in North and South America. *Frontiers in Ecology and Evolution*. doi: 10.3389/fevo.2018.00219.
- Grossman J.J., Cavender-Bares J. (2019). Consequences of biodiversity shift across phylogenetic scales for aspen and willow growth, survival, and herbivory. *Journal of Vegetation Science*, 30: 301-11.
- Jordan S.J., Stoffer J., and Nestlerode J.A. (2011). Wetlands as Sinks for Reactive Nitrogen at Continental and Global Scales: A Meta-Analysis. *Ecosystems*. 14(1): 144-155.
- Lososova Z. et al. (2015). Phylogenetic structure of plant species pools reflects habitat age on the geological time scale. *Journal of Vegetation Science*, 26: 1080-1089.
- Pérez-Harguindeguy N., et al. (2013). New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 61: 167-234.
- Srivastava D.S., et al. (2012). Phylogenetic diversity and the functioning of ecosystems. *Ecology Letters*, 15: 637-648.
- Winter M., Devictor V., Schweiger O. (2013). Phylogenetic diversity and nature conservation: where are we? *Trends in Ecology & Evolution*, 28(4): 199-204.

## Curriculum Evoluzione - Sede di Firenze

### Ricostruzione della storia delle popolazioni umane del passato tramite analisi paleogenomiche

Il progetto di dottorato prevede la caratterizzazione molecolare di reperti umani antichi con l'obiettivo di ottenere informazioni a livello genomico utili per ricostruire la storia genetica e lo stile di vita delle popolazioni umane del passato. In particolare il candidato dovrà: i. utilizzare procedure molecolari specifiche per massimizzare l'estrazione del DNA endogeno da reperti umani antichi (ossa, denti, residui di tartaro); ii. costruire librerie genomiche per sequenziamento NGS di DNA antico; iii. effettuare arricchimenti di specifiche regioni genomiche tramite ibridazione e cattura; iv. effettuare il controllo qualità, la quantificazione e la normalizzazione delle librerie pre-sequenziamento. Inoltre il candidato dovrà utilizzare specifici script bioinformatici per la gestione del dato grezzo da sequenziamento, il mappaggio, la valutazione dell'autenticità del dato e la stima della contaminazione moderna, la ricostruzione della sequenza consenso e la chiamata delle varianti. Il candidato svolgerà inoltre analisi esplorative e descrittive delle caratteristiche genetiche dei reperti analizzati, quali: chiamata degli aplogruppi mitocondriali, analisi delle componenti principali, admixture, determinazione molecolare del sesso, ricostruzione del profilo microbico in caso di analisi metagenomica.

### Bibliografia

- Dabney J., Knapp M., Glocke I. et al., 2013, Complete mitochondrial genome sequence of a Middle Pleistocene cave bear reconstructed from ultra-short DNA fragments. *PNAS* 110: 15758- 15763.
- Fu Q., Mittnik A., Johnson P.L.F., Bos K., et al., 2013, A revised timescale for human evolution based on ancient mitochondrial genomes. *Current Biology* 23(7): 553-559.
- Huebler R., et al. 2019. HOPS: Automated detection and authentication of pathogen DNA in archaeological remains. *Biorxiv* doi: <https://doi.org/10.1101/534198>
- Jonsson H., Ginolhac A., Schubert M., Johnson P.L.F., Orlando L., 2013, mapDamage2.0: fast approximate Bayesian estimates of ancient DNA damage parameters. *Bioinformatics* 29(13): 1682-1684.
- Maricic T., Whitten M., Paabo S., 2010, Multiplexed DNA Sequence Capture of Mitochondrial Genomes Using PCR Products. *PLoS ONE* 5(11): e14004.
- Meyer M., Kircher M., 2010, Illumina sequencing library preparation for highly multiplexed target capture and sequencing. *Cold Spring Harbor Protocols* 6, pdb.prot5448.
- Ozga A.T., Nieves-Colon M.A., Honap T.P., Sankaranarayanan K., Hofman C.A., et al, 2016, Successful enrichment and recovery of whole mitochondrial genomes from ancient human dental calculus. *American Journal of Physical Anthropology* 160(2): 220-228. (doi:10.1002/ajpa.22960)
- Peltzer A., Jager G., Herbig A., et al., 2016, EAGER: efficient ancient genome reconstruction. *Genome Biology* 17(1): 1-14.
- Pinhasi R., et al. 2015. Optimal ancient DNA yields from the inner ear part of the human petrous bone. *PLoS ONE*, 10 (6), art. no. e0129102
- Posth C., et al. 2019. Reconstructing the Deep Population History of Central and South America. *Cell*, 175 (5), pp. 1185-1197.e22.
- Renaud G., et al. 2015, Schmutzi: Estimation of contamination and endogenous mitochondrial consensus calling for ancient DNA. *Genome Biology*, 16 (1), art. no. 224
- Skoglund P., et al. 2013, Accurate sex identification of ancient human remains using DNA shotgun sequencing. *Journal of Archaeological Science*, 40 (12), pp. 4477-4482.
- Skoglund P., Northoff B.H., Shunkov M.V., 2013, Separating endogenous ancient DNA from modern day contamination in a Siberian Neandertal. *PNAS* 111(6): 2229-2234.
- Truong D.T., Franzosa E., Tickle T.L., et al., 2015, MetaPhlan2 for enhanced metagenomics taxonomic profiling. *Nature Methods* 12(10): 902-903.
- Warinner C., Speller C., Collins M.J., 2015b, A new era in palaeomicrobiology: prospects for ancient dental calculus as a long-term record of the human oral microbiome. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 370(1660), article number 20130376.



## Curriculum Ecologia ed Etologia - Sede di Firenze

### **Interazioni comportamentali e segnali che mediano il sistema insetto ospite – ooparassitoidi**

Il progetto analizzerà il complesso sistema che media le relazioni interspecifiche tra imenotteri ooparassitoidi e i loro ospiti. Tali sistemi, seppur di enorme interesse nel campo della lotta biologica in campo agrario e forestale, sono stati poco studiati dal punto etologico. A seguito dell'introduzione accidentale di Insetti fitofagi alieni che stanno danneggiando alcune delle principali colture agrarie vi è un accresciuto interesse nei riguardi di ooparassitoidi capaci di limitare le popolazioni di insetti nocivi. Il progetto si propone di studiare il comportamento di questi oofagi nell'individuazione e scelta dell'ospite, anche con riferimento alla competizione interspecifica. In un ottica co-evolutiva, verranno analizzate anche le strategie di difesa messe in atto dalla specie bersaglio. La ricerca sarà realizzata combinando osservazioni ed esperimenti in laboratorio ed, in parte, in semi-campo e dovrà avvalersi di tecniche diverse per l'analisi dei segnali e dei dati comportamenti che mediano tali interazioni. I risultati ottenuti potranno fornire utili indicazioni per la messa a punto di nuove strategie di contenimento di popolazioni di insetti alieni invasivi.

### **Bibliografia**

- Barratt, B.I.P., Moran, V.C., Bigler, F., & Van Lenteren, J.C. (2018). The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future. *BioControl*, 63(1), 155-167.
- Hajek, A. E., Hurley, B. P., Kenis, M., Garnas, J. R., Bush, S. J., Wingfield, M. J., ... & Cock, M. J. (2016). Exotic biological control agents: a solution or contribution to arthropod invasions?. *Biological Invasions*, 18(4), 953-969.
- Hassell, M. (2000). *The spatial and temporal dynamics of host-parasitoid interactions*. OUP Oxford.
- Hassell, M.P., & Godfray, H.C.J. (1992). The population biology of insect parasitoids. *Natural Enemies: The Population Biology of Predators, Parasites and Diseases*, 265-292.
- Hawkins, B.A. (2005). *Pattern and process in host-parasitoid interactions*. Cambridge University Press.
- Mayhew, P.J. (2016). Comparing parasitoid life histories. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 159(2), 147-162.
- Santos, A.M., & Quicke, D.L. (2011). Large-scale diversity patterns of parasitoid insects. *Entomological Science*, 14(4), 371-382.

## Curriculum Ecologia ed Etologia – Sede di Firenze

### **Foto-trappolaggio sistematico per lo studio dell'ecologia e trend di popolazioni e comunità di mammiferi: caso di studio in Trentino come modello verso una rete di siti in Italia.**

Lo studente parteciperà a un programma di lungo periodo di ricerca e monitoraggio di mammiferi avviato in Trentino occidentale nel 2015 basato sull'uso sistematico del foto-trappolaggio, e sarà coinvolto nelle seguenti attività: (1) prosecuzione della raccolta dati sul campo e gestione dei dati per i prossimi 2-3 anni di campionamento, (2) analisi dei dati in approccio "occupancy", mirate alla determinazione dei trend temporali di metriche sia di popolazione che comunità; (3) analisi focali per rispondere a domande di rilevanza ecologica e conservazionistica, quali l'effetto della presenza e attività antropiche su specie target; (4) derivazione di indici di rilevanza gestionale (quale il Wildlife Picture Index); (5) contribuire alla creazione di un protocollo standardizzato per stoccaggio dati, gestione e analisi, funzionale alla replicazione del monitoraggio in altri siti.

### **Bibliografia**

- Farris, Z.J., Gerber, B.D., Valenta, K., Rafaliarison, R., Razafimahaimodison, J.C., Larney, E., Rajaonarivelo, T., Randriana, Z., Wright, P.C. & Chapman, C.A. (2017). Threats to a rainforest carnivore community: A multi-year assessment of occupancy and co-occurrence in Madagascar. *Biological Conservation* 210, 116–124.
- Fegraus, E. & MacCarthy, J. (2016). Camera trap data management and interoperability. In: Rovero, F., Zimmermann, F. (Eds.), *Camera Trapping for Wildlife Research*. Pelagic Publishing, Exeter, UK (pp. 33–42).
- Gibeau, M.L., Clevenger, A.P., Herrero, S. & Wierzchowski, J. (2002). Grizzly bear response to human development and activities in the Bow River Watershed, Alberta, Canada. *Biological Conservation* 103: 227–236.
- Kays, R., Parsons, A.W., Baker, M.C., Kalies, E.L., Forrester, T., Costello, R., Rota, C.T., Millspaugh, J.J. & McShea, W.J. (2016). Does hunting or hiking affect wildlife communities in protected areas? *Journal of Applied Ecology* 54: 242–252.
- Larson, C.L., Reed, S.E., Merenlender, A.M. & Crooks, K.R. (2016). Effects of recreation on animals revealed as widespread through a global systematic review. *PLoS ONE* 11(12): e0167259.
- O'Brien, T.G., Baillie, J.E.M., Krueger, L. & Cuke, M. (2010). The Wildlife Picture Index: monitoring top trophic levels. *Animal Conservation* 13: 335–343.
- Obersoler, V., Groff, C., Iemma, A., Pedrini, P. & Rovero, F. (2017). The influence of human disturbance on occupancy and activity patterns of mammals in the Italian Alps from systematic camera trapping. *Mammalian Biology* 87: 50–61.
- Steenweg, R., Hebblewhite, M., Kays, R., Ahumada, J., Fisher, J.T., Burton, C., Townsend, S.E., Carbone, C., Rowcliffe, J.M., Whittington, J., Brodie, J., Royle, J.A., Switalski, A., Clevenger, A.P., Heim, N. & Rich, L.N. (2017). Scaling-up camera traps: monitoring the planet's biodiversity with networks of remote sensors. *Frontiers in Ecology and the Environment* 15: 26–34.
- Tobler, M.W., Zúñiga Hartley, A., Carrillo-Percegué, S.E., & Powell, G.V.N. (2015). Spatiotemporal hierarchical modelling of species richness and occupancy using camera trap data. *Journal of Applied Ecology* 52: 413–421.
- Yoccoz, N.G., Nichols, J.D. & Boulinier, T. (2001). Monitoring of biological diversity in space and time. *Trends in Ecology and Evolution* 16: 446–453.

## Curriculum Biologia e Biotecnologie Vegetali – Sede di Parma

### Impatti degli eventi climatici estremi sugli ecosistemi alpini

Il cambiamento climatico sta modificando alcuni fattori chiave per la vita delle piante e per i cicli biogeochimici, tra i quali la temperatura del suolo e dell'aria e la dinamica delle precipitazioni. Gli ecosistemi di tundra, artici e alpini, sono tra i più colpiti da questi cambiamenti. Gli studi sugli effetti del riscaldamento climatico consentono di fare previsioni realistiche sulle future dinamiche degli ecosistemi dei biomi freddi e di generalizzare le risposte di alcuni processi e funzioni, come fenologia, produzione, decomposizione, composizione delle comunità microbiche del suolo e flussi di CO<sub>2</sub>. Meno conosciuti sono gli effetti della diminuzione della disponibilità idrica del suolo sulle comunità vegetali e sugli ecosistemi alpini, nonostante gli scenari climatici più recenti prevedano una diminuzione delle precipitazioni estive entro la fine del XXI secolo. Le attuali conoscenze indicano che una riduzione delle precipitazioni determinerà una diminuzione della produzione epigea, della respirazione del suolo e dell'assorbimento netto di CO<sub>2</sub>. Un ulteriore effetto dei cambiamenti climatici è l'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi climatici estremi, tra i quali le ondate di calore che, a seguito dell'evento verificatosi in Europa nel 2003, hanno avuto impatti sulla produzione, sui flussi di CO<sub>2</sub> e sui diversi gruppi funzionali vegetali. Tuttavia, i dati disponibili sugli effetti di ridotte precipitazioni e ondate di calore sono molto scarsi per gli ambienti alpini. Il progetto dovrà focalizzarsi sullo studio degli effetti di eventi climatici estremi sulle praterie primarie alpine (sito di studio: Valle di Gavia, Parco Nazionale dello Stelvio, 2600 m s.l.m.). L'investigazione di attività e processi a diversi livelli di organizzazione biologica (individuo, specie, comunità ed ecosistema) dovrà indirizzarsi verso l'incremento delle conoscenze delle risposte delle piante e delle comunità vegetali alpine ai previsti cambiamenti del clima, con particolare riferimento agli stress indotti dalle ondate di caldo e da periodi senza precipitazioni. L'eventuale integrazione di metodi e approcci della biologia e dell'ecologia vegetale con quelli della microbiologia ambientale sarà valutata positivamente. Il candidato dovrà avere grande motivazione per la ricerca scientifica e capacità di lavorare sia in campo (in condizioni anche avverse) che in laboratorio. Saranno considerati come requisiti preferenziali solide conoscenze della statistica applicata e degli ecosistemi alpini.

### Bibliografia

- Beier C., Beierkuhnlein C., Wohlgemuth T., Penuelas J., Emmett B., Körner C. *et al.*, 2012. *Ecology Letters*, 15: 899-911
- Chapin FS III et al 1995. *Ecology*, 76: 694–711
- Ciais P et al 2003. *Science*, 437: 529–533
- Cornelissen JHC et al 2007. *Ecology Letters*, 10: 619–627
- De Boeck, H. J., Velde, H. V. D., Groote, T. D., & Nijs, I. 2016. *Biogeosciences*, 13: 5821-5825
- De Boeck HJ et al 2016. *New Phytologist*, 209: 531–541
- Denton, E. M., Dietrich, J. D., Smith, M. D., & Knapp, A. K. 2017. *Plant Ecology*, 218: 317-328
- Felton, A. J., Knapp, A. K., & Smith, M. D. 2019. *Oecologia*, 189: 565-576
- Felton, A. J., & Smith, M. D. 2017. *Phil Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1723), 20160142
- Knorr W et al 2005. *Nature*, 433: 298–301
- Körner C 2003. Springer, Berlin (book)
- Marchand, F. L., Verlinden, M., Kockelbergh, F., Graae, B. J., Beyens, L., & Nijs, I. 2006. *Functional Ecology*, 20: 917-928
- Niu, S., Luo, Y., Li, D., Cao, S., Xia, J., Li, J., & Smith, M. D. 2014. *Environmental and Experimental Botany*, 98: 13-19
- Ochoa-Hueso, R., Collins, S. L., Delgado-Baquerizo, et al. 2018. *Global Change Biology*, 24: 2818-2827
- Sippel, S., Reichstein, M., Ma, X., Mahecha, M. D., et al. 2018. *Current Climate Change Reports*, 4: 266-286
- Stuart-Haëntjens, E., et al. 2018. *Science of the Total Environment*, 636: 360-366
- Ulrich, D. E., et al. 2019. *Scientific Reports*, 9: 249
- de Vries, F. T., et al. 2018. *Nature communications*, 9: 3033
- Wilcox, K. R., Shi, Z., Gherardi, L. A., et al. 2017. *Global Change Biology*, 23: 4376-4385
- Wu Z et al 2011. *Global Change Biology* 17: 927–942

## Curriculum Ecologia ed Etologia – Sede di Parma

### Applicazione di tecniche di *machine learning* in ecologia

Il candidato svilupperà algoritmi di apprendimento supervisionato per il riconoscimento automatico di immagini in ecologia. Lo sviluppo di sistemi di analisi di immagini (es. Machine Learning [ML], Artificial Neural Networks [ANN]) può avere sviluppi nel riconoscimento di pattern nei dati per implementare e supportare metodi di morfometria geometrica atti all'identificazione di specie differenti, dalle zanzare (in particolare i complessi di specie del genere *Anopheles*, potenziali vettori di Malaria), alle farfalle, ai cetacei. Le stesse tecniche possono essere utilizzate per analizzare dati sulla distribuzione, abbondanza e monitoraggio acustico passivo (Passive Acoustic Monitoring – PAM) di specie diverse, relativi a ricerche di lungo termine, telerilevamento, misure climatiche su larga scala. Questioni ambientali su larga scala, dai cambiamenti climatici, alla diffusione di malattie, alla disponibilità di acqua pulita, pongono gli ecologi di fronte al problema di gestire dati e trarre vantaggio dall'opportunità di utilizzare un approccio che preveda l'uso di tecniche di analisi come ML e ANN.

### Bibliografia

- Brewster LR, Dale JJ, Guttridge TL, Gruber SH, Hansell AC, Elliott M, Cowx IG, Whitney NM, Gleiss AC. 2018. Development and application of a machine learning algorithm for classification of elasmobranch behaviour from accelerometry data. *Mar Biol* 165: 62 <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3318-y>.
- Chon TS, Park YS, Moon KH, Cha EY. 1996. Patternizing communities by using an artificial neural network. *Ecol Modell* 90: 69-78.
- Gobeyna S, Moutona AM, Cordb AF, Kaimb A, Volkb M, Goethalsa PLM. 2019. Evolutionary algorithms for species distribution modelling: A review in the context of machine learning. *Ecol Modell* 392: 179-195.
- Hampton SE, Strasser CA, Tewksbury JJ, Gram WK, Budden AE, Batcheller AL, Duke CS, H Porter JH. 2013. Big data and the future of ecology. *Front Ecol Environ* doi:10.1890/120103.
- Hay SI, George DB, Moyes CL, Brownstein JS. 2013. Big data opportunities for global infectious disease surveillance. *PLoS Med* 10:e1001413.
- Lexer C, Joseph J, van Loo M, Prenner G, Heinze B, Chase MW, Kirkup D. 2009. The use of digital image-based morphometrics to study the phenotypic mosaic in taxa with porous genomes. *Taxon* 58: 349-364.
- MacLeod N, Krieger J, Jones KE. 2013. Geometric morphometric approaches to acoustic signal analysis in mammalian biology. *Hystrix* 24: 110–125.
- Özesmi SL, Tan CO, Özesmi U. 2006. Methodological issues in building, training, and testing artificial neural networks in ecological applications. *Ecol Modell* 195: 83-93.
- Peters DPC, Havstad KM, Cushing J, Tweedie C, Fuentes O, Villanueva-Rosales N. 2014. Harnessing the power of big data: infusing the scientific method with machine learning to transform ecology. *Ecosphere* 5: 1-15.
- Peters DPC, Yao J, Browning D, Rango A. 2014. Mechanisms of grass response in grasslands and shrublands during dry or wet periods. *Oecologia* 174:1323-1334.
- Peters DPC, Yao J, Sala OE, Anderson JP. 2012. Directional climate change and potential reversal of desertification in arid and semiarid ecosystems. *Glob Chang Biol* 18:151-163.
- Tarca AL, Carey VJ, Chen XW, Romero R, Drăghici S. 2007. Machine learning and its applications to biology. *PLoS Comput Biol* 3(6): e116. doi:10.1371/journal.pcbi.0030116.
- Thessen AE. 2016. Adoption of Machine Learning Techniques in Ecology and Earth Science. *One Ecosystem* 1: e8621 doi: 10.3897/oneeco.1.e8621.

### Struttura di popolazione di specie ittiche diadrome in relazione al comportamento di homing e alle condizioni ambientali

Nell'ambito dell'ittiofauna autoctona italiana, le specie diadrome sono oggi inserite nelle maggiori categorie di rischio IUCN e, di conseguenza, sottoposte a rigide misure di conservazione stabilite anche da normative e regolamenti internazionali. Con lo scopo di portare un miglioramento delle conoscenze sulla biologia e l'ecologia di alcune di queste specie, il progetto di dottorato propone un approccio multidisciplinare per valutare la struttura di popolazione di *Acipenser naccarii* (Storione cobice), *Anguilla anguilla* (Anguilla) e *Alosa fallax* (Alosa) in relazione alle loro complesse strategie migratorie e riproduttive. Il/la candidato/a opererà con un approccio multidisciplinare, applicando gli strumenti della genetica molecolare associati a tecnologie innovative per il monitoraggio delle specie, quali l'utilizzo di sistemi di rilevamento individuale di animali marcati: tracking con idrofoni, localizzazione con antenne fisse e con boe di rilevamento. L'obiettivo principale sarà cercare di chiarire le strategie adattative delle tre specie, tra le quali il possibile comportamento di homing, in relazione alla variabilità stagionale dei parametri ambientali locali. A tal riguardo le ricerche saranno condotte in alcuni corsi d'acqua del distretto ittiogeografico padano-veneto (bioregione continentale) e di quello italo-peninsulare (bioregione mediterranea), caratterizzati da forti differenze nei parametri climatici, idrografici, chimico-fisici e idrobiologici. I risultati del progetto avranno implicazioni rilevanti per la conservazione delle 3 specie, anche nell'ottica della continuità nella raccolta dati di lungo termine e nella gestione di interventi migliorativi già avviati negli ultimi anni, sugli stessi corsi d'acqua, nell'ambito di importanti finanziamenti comunitari.

### Bibliografia

- Sandlund et al. (2017). Timing and pattern of annual silver eel migration in two European watersheds are determined by similar cues. *Ecology and Evolution* 7: 5956–5966.
- Schumann et al. (2017). Effects of passive integrated transponder tags on survival, growth, and swimming performance of age-0 Shovelnose sturgeon. *Transactions of the American Fisheries Society* 146: 230–239
- Amilhat et al. (2016). First evidence of European eels exiting the Mediterranean Sea during their spawning migration. *Scientific Reports* 6: 21817.
- Douglas Taylor et al. (2016). Oceanic distribution, behaviour and winter aggregation area of adult Atlantic sturgeon *Acipenser oxyrinchus* in the Bay of Fundy, Canada. *PLoS ONE* 11: e0152470.
- Chiesa S., Piccinini A., Lucentini L., Filonzi L., Nonnis Marzano F. (2014). Genetic data on endangered twaite shad (*Clupeidae*) assessed in landlocked and anadromous populations: one or more species? *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 24: 659-670
- Cooke et al. (2013). Tracking animals in freshwater with electronic tags: past, present and future. *Animal Biotelemetry* 1: 1-19.
- Prigger et al. (2013). Tracking the migratory success of stocked European eels *Anguilla anguilla* in the Baltic Sea. *Journal of Fish Biology* 82: 686-699.
- Congiu et al. (2011). Managing polyploidy in ex situ conservation genetics: the case of the Critically Endangered Adriatic sturgeon (*Acipenser naccarii*). *PLoS ONE* 6: e18249.
- Lassalle and Rochard (2009). Impact of 21st Century climate change on diadromous fish spread over Europe, North Africa and Middle East. *Global Change Biology* 15: 1072-1089
- Bronzi et al. (2005). Threatened fishes of the world: *Acipenser naccarii* Bonaparte, 1936 (*Acipenseridae*). *Environmental Biology of Fishes* 72: 66.

## **Curriculum Ecologia ed Etologia – Sede di Parma**

### **Analisi dei tratti funzionali delle comunità macrofittiche in relazione a gradienti ambientali mediante approcci spettrali ed eco-fisiologici**

Basandosi sul presupposto che la spettroscopia possa rappresentare uno strumento efficace per mappare i tratti funzionali e le risposte eco-fisiologiche della vegetazione a diverse scale spaziali e lungo gradienti ambientali, il progetto di dottorato propone un approccio multidisciplinare per valutare la diversità funzionale delle macrofite, tra le componenti biologiche degli ecosistemi di acqua dolce più minacciate alla scala globale.

La/il candidata/o raccoglierà dati sui tratti funzionali delle macrofite, sulle loro capacità eco-fisiologiche e metaboliche e sulla riflettanza spettrale di aree campionate in laghi e zone umide in Italia ed Europa (siti controllo), secondo un solido disegno sperimentale.

Verranno utilizzati dati di spettroscopia ad altissima risoluzione acquisiti sui diversi plot per la mappatura dei tratti biochimici e funzionali delle macrofite, tra cui: morfologia della copertura, produttività, pigmenti. Attività di supporto e di verifica (ground truthing) a terra permetteranno di acquisire informazioni sulle risposte eco-fisiologiche delle specie dominanti e delle comunità a macrofite al variare delle condizioni edafiche (tra cui disponibilità di nutrienti, livello trofico dei siti colonizzati). I parametri ambientali raccolti e le metriche derivate verranno infine sintetizzate in un unico database in modo tale da generare un processo automatico di apprendimento per la mappatura della diversità funzionale delle macrofite e delle loro risposte eco-fisiologiche.

I risultati del progetto avranno implicazioni rilevanti per studi di ecologia generale e applicata e per la conservazione sostenibile degli ecosistemi acquatici, così come per controbilanciare l'apparente inarrestabile perdita di biodiversità globale e delle zone umide.

### **Bibliografia**

- Asner, G. P., et al. (2016). PNAS, 113(28), E4043-E4051  
Blackburn, G. A. (2006). Journal of Experimental Botany, 58(4), 855-867  
Bolpagni, R., et al. (2018). Frontiers in Plant Science, 9, 116  
Carmona, C. P., et al. (2016). Trends in Ecology & Evolution, 31(5), 382-394  
Fang, M., et al. (2017). Remote Sensing of Environment, 196, 13-27  
Forest, F., et al. (2007). Nature, 445(7129), 757  
Hanson, P. C., et al. (2015). Ecosystems, 18(3), 363-375  
Morlon, H., et al. (2011). Ecology letters, 14(2), 141-149  
Schneider, F. D., et al. (2017). Nature Communications, 8(1), 1441  
Villa, P., et al. (2013). Wetlands Ecology and M, 21(6), 399-416  
Villa, P., et al. (2017). Journal of Limnology, 76(s1), 109-126  
Wetzel, R. G. (1992). Journal of Great Lakes Research, 18(4), 529-532  
Winter, M., et al. (2013). Trends in Ecology & Evolution, 28(4), 199-204

## Curriculum Ecologia ed Etologia – Sede di Parma

### **Censimento e valutazione della qualità delle acque in laghi di cava nel bacino del fiume Po: studi con immagini satellitari integrate da indagini limnologiche**

Negli ultimi 50 anni, una intensa attività estrattiva di materiali inerti ha portato alla formazione di un numero elevato di laghi di cava, soprattutto nelle aree ai margini dei fiumi. Si tratta di ecosistemi acquatici che possono contribuire alla qualità e al funzionamento degli ecosistemi fluviali. Di particolare interesse, ma poco studiati, sono i processi che controllano il metabolismo dei corsi d'acqua e delle loro fasce laterali. Da essi dipende la disponibilità di risorse fondamentali, come l'acqua destinata a svariati usi, la regolazione di fattori idrogeologici e biogeochimici e la qualità del paesaggio. In questo contesto, lo studio finalizzato alla comprensione del ruolo ecologico e alla gestione dei laghi di cava può rappresentare una grande opportunità per la riqualificazione ecologica di sistemi fluviali degradati, che hanno perso le componenti di maggiore pregio delle fasce laterali.

Il progetto ha gli obiettivi principali di 1) censire i laghi di cava nel bacino idrografico del fiume Po e 2) di valutarne la qualità delle acque. Per raggiungere l'obiettivo 1) saranno elaborate immagini satellitari ad alta risoluzione spaziale (es. Sentinel-2, Rapid Eye) per la realizzazione di una cartografia tematica che mostri la localizzazione e l'evoluzione dei laghi di cava e di altri ambienti acquatici. Per l'obiettivo 2) saranno valutati colore e trasparenza/torbidità delle acque. Saranno inoltre analizzati usi del suolo, vegetazione ripariale, dati idrologici e meteo-climatici. I dati telerilevati saranno confrontati con dati di qualità chimica, solidi sospesi e pigmenti fitoplanctonici determinati in un sotto-campione di laghi di cava, rappresentativo delle diverse condizioni geografiche, topografiche e morfologiche. Le tecniche di telerilevamento integrate con indagini limnologiche tradizionali potranno dunque fornire un quadro di conoscenze ecologiche su questi ecosistemi acquatici di nuova formazione, ad una scala spaziale ampia, regionale e/o di bacino idrografico. Su questa base, potranno essere pianificati la gestione e la riqualificazione ecologica di questi ambienti artificiali al fine di ripristinare i servizi ecosistemici precedentemente forniti dagli ambienti acquatici naturali, ora degradati o scomparsi.

### **Bibliografia**

- ACIA (2004). Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge Univ. Press.
- Blanchette, M. L., & Lund, M. A. (2016). Pit lakes are a global legacy of mining: an integrated approach to achieving sustainable ecosystems and value for communities. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 23, 28–34.
- Giardino, C. et al. (2017). Bio-optical modeling of total suspended solids. In *Bio-optical Modelling and Remote Sensing of Inland Waters*: 129-156. Elsevier.
- Lehmann M, Nguyen U, Allan M and van der Woerd H. (2018). Colour classification of 1486 lakes across a wide range of optical water types. *Remote Sensing*; 10(8), 1273.
- Matta, E. et al. (2017). Use of satellite and in situ reflectance data for lake water color characterization in the Everest Himalayan region. *Mountain research and development*, 37(1), 16-24.
- Mollema, P. N., & Antonellini, M. (2016). Water and (bio)chemical cycling in gravel pit lakes: A review and outlook. *Earth-Science Reviews*, 159, 247–270.
- Peckenham, J. M., Thornton, T., & Whalen, B. (2009). Sand and gravel mining: effects on ground water resources in Hancock county, Maine, USA. *Environmental Geology*, 56(6), 1103.
- Søndergaard, M., Lauridsen, T. L., Johansson, L. S., & Jeppesen, E. (2018). Gravel pit lakes in Denmark: Chemical and biological state. *Science of the Total Environment*, 612, 9–17.
- Spyrakos, E. et al. (2018). Optical types of inland and coastal waters. *Limnology and Oceanography*, 63(2), 846-870.
- Tavernini, S. et al. (2009). Trophic state and seasonal dynamics of phytoplankton communities in two sand-pit lakes at different successional stages. *Journal of Limnology*, 68(2), 217–228.
- Weilhartner, A. et al. (2012). Gravel pit lake ecosystems reduce nitrate and phosphate concentrations in the outflowing groundwater. *Science of the total environment*, 420, 222-228.