

Ascoltare il Bosco e le Piante, e rispondere

Giugno 13, 2025 · Davide Gomba



INTERVISTA CON ALESSANDRO CHIOLERIO

a cura di Davide Gomba



Il codice del bosco:

Un racconto che intreccia scienza, tecnologia e mito, in cui il bosco si manifesta come un'entità viva, abitata da un genius loci con cui imparare a dialogare.



RURALHACK

Il Bosco come Entità senziente e Potenza

Computazionale: Intervista ad Alessandro Chiolerio Su “Il Codice del Bosco” e sulla sua attività di ricercatore.

Pubblichiamo l'intervista realizzata da Davide Gomba (DG) ad Alessandro Chiolerio (AC), il ricercatore protagonista de “il Codice del Bosco”, un documentario sulla comunicazione delle piante.

Buona lettura (o visione)!

Contenuto multimediale: <https://www.youtube.com/embed/tt4DOK9R-lw?feature=oembed>

Presentazioni

(DG) Siamo qui con Alessandro Chiolerio per Ruralhack.

Ho conosciuto la storia di Alessandro andando al cinema, perché ho visto un documentario di Paolo Ceretto e Alessandro Bernard prodotto da Zenith Arti Audiovisive, il “Codice del Bosco”.

In questo film si raccontava il modo che hanno le piante di comunicare.

Grazie alla gentilezza dei registi sono riuscito ad organizzare questa intervista che mi ha anche permesso di conoscere e scoprire il mondo della ricerca scientifica.

Quindi senza ulteriori indugi volevo appunto introdurre Alessandro.

Ciao Alessandro.

(AC) *Ciao Davide, ciao a tutti.*



foto de: "il Codice del Bosco"

In che modo possiamo ascoltare le piante

(DG) In che modo noi, esseri umani, siamo in grado di codificare delle informazioni che vengono registrate dalle piante e quindi come possiamo leggere attraverso le piante quello che loro stanno ascoltando?

(AC) Allora io farò un piccolo passo indietro dicendo qualcosa sulla tecnica di registrazione. Noi facciamo una raccolta di biopotenziale elettrici che in giro si chiama elettroma. Sostanzialmente l'equivalente di un elettroencefalogramma, solo che anziché farlo a una persona un cervello, si applicano degli elettrodi al tronco delle piante in questo caso e attraverso le fluttuazioni elettriche di questi insieme di piante perché le registrazioni simultaneamente provengono da più individui all'interno del bosco, possiamo associare queste informazioni a quello che capita nell'ambiente. Ovviamente la foresta uno la immagina come un ecosistema che è molto sensibile a ciò che capita nell'intorno. Uno dei concetti chiave da considerare è che le piante non si muovono, non possono spostarsi, quindi sono inevitabilmente alla mercé dell'ambiente letteralmente.

Per cui le loro risposte risultano sempre fortemente correlate alla pioggia, al vento, al sole che sorge o che tramonta, ai cicli lunari, quindi alle forze mareali. Tutte queste informazioni sono codificate all'interno delle fluttuazioni elettriche come se fosse un'orchestra che suona

che noi riusciamo a registrare. Per andare a capire esattamente che cosa ha influenzato queste risposte possiamo farlo sia manualmente analizzando i dati, avendo la certezza che c'è una sorgente specifica in un momento specifico che esercita la sua azione, ad esempio il caso delle eclissi di sole, oppure in altre situazioni avvalendoci di strumenti un po' più avanzati per l'analisi dei dati, machine learning in particolare, quindi tecniche numeriche di elaborazione delle informazioni che ci forniscono poi in maniera semplificata dei numeri che ci dicono, guarda, questo dato qua è molto probabilmente correlato e ci dicono anche quanto con ad esempio il ciclo di ritmo circadiano, quindi sorge o che tramontare del sole.

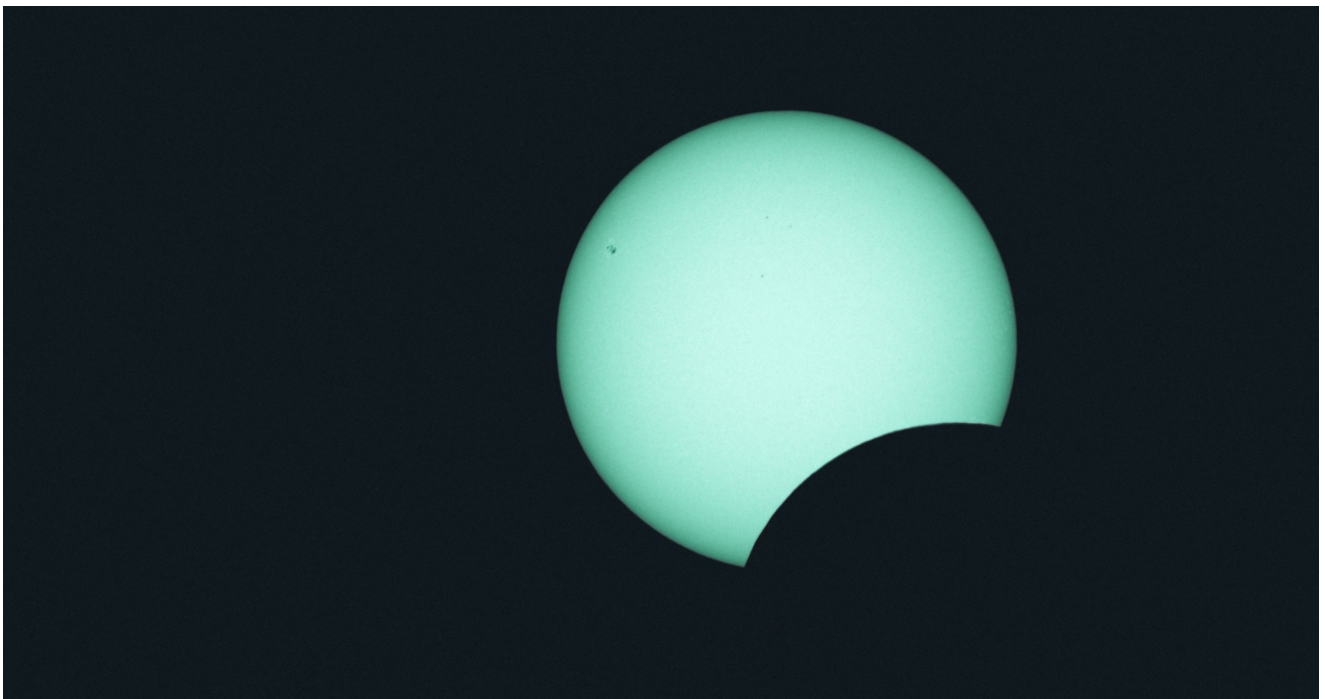


foto de: "il Codice del Bosco"

In che modo le piante possono prevedere un Eclissi?

(DG) Perfetto, grazie. Prima citavi l'eclissi che si vede a un certo punto nel trailer del film: in che modo le piante sono in grado di "prevedere" un evento di eclissi con così tante ore di anticipo?

(AC) Io ti posso dire ciò che so: il loro comportamento cambia dalla norma già 14 ore prima. Quale sia la sorgente di questo è ancora da vedersi, non si può escludere a priori nessuna delle seguenti ipotesi,

ipotesi 1, potrebbe trattarsi di una memoria. Questo è un'idea che piace molto a chi si occupa di ecologia, perché la memoria dà un vantaggio evolutivo, quindi se uno si ricorda di

un evento ricorrente periodico come l'eclissi porta un vantaggio, banalmente perché l'eclissi diciamo quella era parziale, però nella sua totalità significa per le piante l'assenza della sorgente di energia, il sole, quindi è qualcosa che le perturba, che potenzialmente genera una situazione di stress.

*Ipotesi 2: L'altra ipotesi che potrebbe essere altrettanto valida è che le piante siano sensibili a qualcosa che noi lì per lì non conosciamo e non vediamo. Ad esempio, 14 ore prima la Luna si trova dalla parte opposta del pianeta, quindi non può gettare la sua ombra, non può essere un fenomeno di mascheramento del sole e quindi puramente ottico, però potrebbe trattarsi invece di un fenomeno di natura gravitazionale, sappiamo che le piante sono molto sensibili alle fasi della Luna, quindi alle forze mareali e quindi questa potrebbe essere una spiegazione, oppure il campo elettromagnetico, oppure magari semplicemente abbiamo escluso qualche informazione importante di qualcosa che ha avvenuto 14 ore prima di cui non eravamo consapevoli, perché poi comunque l'ambiente esterno è soggetto tantissimi influenze, non dimentichiamoci che siamo esposti comunque a un flusso di particelle che arrivano dal sole e quindi magari sono cambiati gli equilibri tra il pianeta e il sole, quindi **la foresta è comunque un sensore, è una serie di antenne che sono puntate verso ciò che capita intorno.***

Il concetto chiave che mi sembra di vedere attraverso i dati, è che queste antenne non sono ciascuna per sé, ma la foresta si comporta come un insieme collettivo dove le singole antenne in qualche modo sono tutte collegate tra di loro, io credo profondamente che questo sussista, anche perché se vi è mai capitato di fare una passeggiata in un bosco e di vedere come sono messe le radici tutte accavallate una sopra le altre è abbastanza poco probabile che le piante siano isolate, si possono pensare come individui isolati, fanno parte di un ambiente fortemente interconnesso.

Con che cosa avete ascoltato le piante?

[Davide Gomba]

(DG) Sei è stato in grado di registrare queste interconnessioni attraverso un dispositivo che avete sviluppato: come si chiama?

(AC) Esatto, il dispositivo si questo si chiama Cybertree, è stato sviluppato prodotto da una startup sarda, non so se posso dire come si chiama...

(DG) Assolutamente sì, parla raccontaci, raccontaci,

(AC) si chiama Open Azienda, sono degli amici ex colleghi del Politecnico che poi hanno costituito questa società e che sviluppano dispositivi per l'IoT, quindi sono bravissimi nell'elettronica, nel disegnare circuiti, nello sviluppare firmware, software per il loro funzionamento, quindi insieme abbiamo definito le specifiche, ciò che era necessario per poter lavorare là e si tratta comunque di specifiche molto stringenti perché in un bosco a 1950 metri di quota devi riuscire a lavorare anche in condizioni estreme, dai 15 gradi sotto zero ai 60 se sei esposto al sole estivo e quindi, insomma, hanno fatto un lavoro eccezionale.

Questi dispositivi hanno funzionato, abbiamo raccolto queste informazioni e poi abbiamo cominciato a capire come fare a correrle e a studiarle in maniera numerica quantitativa, ad esempio da questo rumore elettrico che abbiamo misurato, poi abbiamo fatto dei test verificato quali potessero essere le forme matematiche per descrivere e semplificare la visione di tutte queste informazioni: 25 flussi di dati da visualizzare ed interconnetter è un compito arduo per un essere umano, ci vuole una semplificazione ad esempio utilizzando parametri differenti, tipo l'entropia, la dimensione frattale, ci sono tantissime varietà matematiche che possono essere utilizzate poi per capire cosa stia accadendo nella foresta.

Hai sviluppato anche un modo in cui puoi interrogare le piante oltre che soltanto ricevere dei dati da loro?

(DG) Quindi il tuo lavoro ha permesso di toccare con mano un concetto di intelligenza distribuita nella foresta. Hai sviluppato anche un modo in cui puoi interrogare le piante oltre che soltanto ricevere dei dati da loro?

(AC) Questa è veramente una domanda importante, grazie. Lo abbiamo ancora sviluppato, abbiamo scritto da poco un articolo che in questo momento è in referaggio, c'è un preprint che abbiamo caricato online, con una proposta e un "hypothesis paper" si chiama. La proposta è quella di sviluppare un sistema, una sorta di **computer ecosistemico**.

Per fare ciò abbiamo bisogno anche di comunicare, quindi in maniera bidirezionale, cioè non solo di ascoltare ma anche di parlare. Fermo restando il fatto che la natura fisica del segnale sia la stessa, quindi noi leggiamo un segnale elettrico, una tensione e iniettiamo all'interno del sistema una tensione, così facendo dovremmo essere nelle condizioni di potere modificare lo stato della foresta. Questa è l'ipotesi.

Ovviamente per poterla realizzare c'è bisogno di avere una ricerca finanziata e lavorarci. Sarà un compito di qualche anno, abbiamo già mandato una proposta, una richiesta all'European Innovation Council, speriamo che la valutazione sia positiva e che quindi possiamo iniziare a fare questo tipo di sperimentazione.

Prossimi Passi?

(DG) Quali sono i prossimi passi che stai facendo per poter assecondare questo tipo di ricerche?

(AC) *Considera che io sono come libero professionista, quindi scrivo progetti, quelli che vengono finanziati, per me costituiscono da una parte lo stipendio e dall'altra anche la possibilità di operare in autonomia su una certa determinata tematica, ovviamente specificando tutti i passi successivi.*

*Quindi quando costruisci un progetto oltre a fare un budget, costruisci un cronoprogramma con tutte le attività più o meno plausibili. **Poi di solito non capita mai quello che ti aspettavi, o meglio capita sempre un imprevisto ed è forse la parte affascinante della ricerca, quella che si chiama serendipity.***

Quindi se tu rimani in maniera consapevole con le orecchie aperte e gli occhi altrettanto, osservi dei fenomeni e delle cose che in qualche modo poi ti indirizzano sulla fase successiva. Sicuramente gli investitori istituzionali sono fondamentali in tutto ciò, anche perché la ricerca ha un certo costo. Soprattutto questa transdisciplinarità è indispensabile perché tu riesca a costruire un gruppo di lavoro che comprende poi tanti esperti, ad esempio per questo lavoro specifico che è stato pubblicato su Royal Society of Science.

Avevamo dentro ecologi, persone che si occupano di unconventional computing, poi ci sono dei biologi chimico fisici teorici esperti di machine learning, e programmatori esperti di elettronica. Tutte queste figure devono lavorare insieme trovando anche un linguaggio comune e a volte non è semplice perché far parlare un ecologo con un esperto di machine learning, con un teorico di quantistica, non è banale ma in tutto ciò ovviamente si trova sempre una quadra. E poi ci sono dei casi particolari come questo dell'esperimento della Val di Fiemme che è invece stato finanziato interamente dalla società di produzione cinematografica (Zenit Arti Audiovisive, ndr) , perché loro avevano in progetto di realizzare un documentario che raccontasse una storia, quella dell'Uragano, della tempesta sub-

tropicale Vaia.



foto de: "il Codice del Bosco"

Dopo la Vaia, il Bostrico

(DG) Sì, quello è stato il motivo iniziale, però poi quando avete iniziato a girare vi siete resi conto che c'era un altro problema nella foresta, giusto?

(AC) *Esatto. Praticamente le piante danneggiate gravemente dalla tempesta, vabbè, molte sono state abbattute, quelle che sono rimaste in piedi chiaramente sottoposte a venti fortissimi, così avevano comunque una struttura di legno fessurato, quindi particolarmente sensibile.*

È un minuscolo insetto che si chiama Bostrico, noto anche come l'insetto tipografo perché scava dei tunnel sotto la corteccia con delle forme molto belle che ricordano lontanamente dei geoglifici, intercetta con questi tunnel i canali della linfa ascendente, e la pianta muore.

Basta un insetto che la pianta è condannata, è un insetto tra l'altro credo che sia un parassita specifico dell'Abete Rosso, quindi proprio specifico e ha costruito una situazione di disagio e devastazione anche grazie al fatto che gli ultimi anni particolarmente caldi ne hanno consentito lo sviluppo con numeri altissimi, anziché fare una o due riproduzioni all'anno ne faceva tre o quattro e quindi piano piano a macchia d'olio si è allargato e

ovviamente ha danneggiato ulteriormente le foreste, quindi c'è stata una forte attività di abbattimento da parte del corpo forestale perché comunque per contenere questa diffusione dell'insetto le piante che cominciavano ad essere attaccate dovevano necessariamente essere abbattute sia per non diventare dei veri e propri focolai di questo Bostrico sia per motivi di sicurezza – le piante secche sono pericolanti e lì ci sono molti turisti che passeggiano. Contestualmente hanno fatto piantumazione cercando di andare verso una situazione di policultura anziché monocultura. L'abete Rosso ha delle radici superficiali quindi è molto sensibile.

(DG) In questo documentario si parla molto del concetto di monocultura versus un bosco molto più diversificato come normalmente e naturalmente sarebbe. L'abete Rosso viene utilizzato per la realizzazione dei violini giusto?

(AC) *L'armonico di risonanza di questo legno è molto particolare. Si dice che in questi boschi Antonio Stradivari andasse a cercare il legno per i suoi celebri violini .*

Un ceppo morto invia segnali?

(DG) Tornerei sul tema dei ceppi morti: sono in grado di trasmettere segnali? Li generano o li inviano?

(AC) *In questo luogo c'era un anfiteatro naturale di alberi rimasti in piedi dopo il disastro, a semicerchio di fronte ad una distesa di desolazione totale.*

Sui ceppi che la guardia forestale aveva lasciato in seguito a questo evento (dopo l'abbattimento delle piante danneggiate) avevamo quindi deciso di collocare alcuni sensori nei ceppi perché naturalmente sarebbe stata quella zona esattamente al centro di questa semicirconferenza e gli altri sensori invece sulle piante sul bordo...

Con nostra sorpresa abbiamo osservato che anche i ceppi avevano una loro propria attività bioelettrica meno complessa di quella di un albero vivo o malato che fosse ma comunque sempre presente quali potessero essere le cause anche qua ce ne sono due non saprei come escludere l'una o l'altra:

la prima è che le piante vicine quelle vive mantengano in vita l'apparato radicato di una pianta morta per poterne sfruttare l'estensione quindi avere più sali minerali estratti dal terreno e scambiando quindi con questo apparato visto che le radici comunque si toccano in

qualche modo possono scambiarsi sostanze chimiche quindi la pianta viva in via la linfa elaborata con gli zuccheri è quello che serve al apparato radicale del ceppo

l'altra possibilità è che ci siano dei funghi – la rete miceliare è presente ovunque ovviamente si ciba della cellulosa delle piante morte e quindi è possibile che quella attività elettrica fosse quella propria dei funghi.

La cosa interessante che tu hai accennato è quella delle viti perché io sono di Asti ho una vigna quindi ovviamente la curiosità mi ha portato a fare esperimenti anche lì.

Ora è risaputo che quando una vite è muore rimuovere meccanicamente il ceppo a mano – se non hai un mezzo scavatore – è una cosa molto difficile magari di aspettare tre o quattro anni prima di poterla togliere definitivamente, questo perché perché le radici sotto sono ancora vive quindi mi era capitato di vedere staccarsi il ceppo della radice e vedere che l'interno della radice era ancora vivo – tra l'altro ha un colore particolarissimo tipo rosso salmone – quindi ogni volta pensavo quanto queste viti fossero simili a noi essere umani addirittura nel colore e il fatto che la radice fosse viva ancora dopo tre o quattro anni senza nessun tipo di connessione.

Probabilmente le viti sono in una situazione diversa rispetto a un bosco soprattutto se in una vigna sono piantate in fila nei filari e non c'è una vera e propria connessione tra di loro le radici sono profonde evidentemente vuol dire che c'è qualche tipo di meccanismo di sostentamento per cui la vite non muore immediatamente ma continua in qualche modo a vegetare.

Il ruolo dell'Intelligenza Artificiale nel tuo lavoro

(DG) Ottimo. Ok, quindi tu registri un sacco di dati, questi dati vengono analizzati, che ruolo gioca l'intelligenza artificiale (so che tu poi non apprezzi molto l'utilizzo di questo termine) nella processazione e nella creare il significato da questi dati che sono raccolti

(AC) Sì, non lo apprezzi perché tendenzialmente quello che abbiamo oggi esisteva già negli anni 70, che si chiamava Machine Learning, quello che c'è in più l'intelligenza artificiale rispetto a ciò che avevamo già da anni, da decenni, è il fatto che effettivamente sulla base di un'analisi dati un sistema di intelligenza artificiale può compiere delle scelte o delle azioni, ovviamente che non decide lui autonomamente ma che sono impostate, preimpostate nel suo algoritmo.

Quindi direi, per quanto riguarda l'analisi dati, la parte interessante è quella di Machine Learning. Nella fattispecie delle piante, visto che questi parametri elettrici sono collegati a ciò che capita nell'ambiente, quello che abbiamo immaginato e che abbiamo anche scritto in alcune proposte, che spero vengono finanziate, è che sia possibile utilizzare queste informazioni per prendere delle decisioni. Ad esempio, se io so che l'ecosistema foresta è sensibile a delle crisi, come ad esempio precipitazioni devastanti piuttosto che magari terremoti o eruzioni vulcaniche, posso affiancare alla lettura di queste informazioni un sistema di intelligenza artificiale che quando riscontra un'opportuna serie di input manda un alert ad esempio alla protezione civile.

Quindi questo potrebbe diventare uno strumento utile per far sì che si abbiano degli early warnings di situazioni che devono essere gestite a livello umano.

Usare le piante come antenne e sensori

(DG) Tradotto, mi stai dicendo che si potrebbe utilizzare un vitigno o un bosco come previsioni del tempo, o per anticipare il presentarsi di terremoti o eruzioni vulcaniche?

(AC) Di un vulcano in particolare c'è un lavoro della NASA, firmato anche con altre istituzioni, che è recentemente stato pubblicato su un sito web, non credo che sia ancora uscito l'articolo, nel quale si afferma di avere riscontrato una capacità previsionale sugli eventi vulcanici, la parte delle piante, e questo lo hanno riscontrato con delle foto satellitari, perché andavano a tracciare la CO2 presente nelle foglie.

Io ti posso dire quello che ho fatto io, cioè vale a dire una validazione della possibilità di fare previsioni del tempo, micro locali basandosi su 11 giorni, quindi diciamo una base dati anche abbastanza limitata, se ci pensiamo, di raccolta di informazioni dalla vigna e ovviamente di parametri ambientali, siamo riusciti a fare una previsione della temperatura e dell'umidità relativa con una precisione molto alta, 85-90%. Quindi immagina che magari avendo molti più dati raccolti durante tutto un anno solare o anche di più, puoi addirittura aumentare la confidenza di questa capacità previsionale che comunque ripeto è locale, assolutamente locale, è naturale pensarci.

(DG) Il cambio di paradigma da mio punto di vista del *System Integrator* (mi capita di andare a installare sensori in vigna o sensori nel campo per lavoro), è che tu con questo dispositivo utilizzi la pianta come sensore, cioè questo è un cambio di paradigma forse, o comunque

questi studi a cui fai riferimento sembrano dare la direzione che le piante abbiano una competenza, una consapevolezza di quello che sta per avvenire sia a livello meteorologico che a livello tellurico, di terreno, molto meglio dei sensori più raffinati che possiamo avere sviluppato noi negli anni.

(AC) *Io penso proprio di sì, cioè è come se avessimo che fare con dei **biosensori vivi**. Penso che sia abbastanza semplice considerare il fatto che un organismo che non si può muovere è sensibile, inevitabilmente sensibile ai parametri ambientali. Ma lo siamo persino noi che ci possiamo muovere, però magari non prestiamo troppo attenzione ai cambiamenti di umore, mal di schiena, soprattutto tutte queste cose che richiamano – come dire – vecchi saperi richiamano la temporalità degli eventi.*

Anche noi siamo sensori?

(DG) Ah, dici, quando fa brutto mi fa male, ho l'acciacco, cioè il fatto di avere in qualche modo la salute influenzata dagli eventi atmosferici.

(AC) Certo!

Come possiamo seguirli?

(DG) Ok, e ascolta, in primis cerchiamo di corredare articolo ed intervista di tutti i numerosi link ai paper accademici che hai citato.

Ma soprattutto come facciamo a seguire i tuoi prossimi progetti, cioè puoi darci un sito, un qualche link per poter seguire le attività che porti avanti?

(AC) *Io ti posso dare il link al profilo linkedin, che forse è la cosa più aggiornata che c'è, è comunque quello che da punto di vista professionale come network, quello che uso di più, non utilizzo altri social. Poi ovviamente ogni iniziativa si porta sempre dietro un suo sito, perché ormai è così che funziona, quindi quando un progetto, ad esempio se un progetto europeo viene finanziato, è fatto é obbligo nei confronti della Commissione Europea che entro due mesi dal finanziamento, dalla partenza dell'attività, tu abbia il sito up and running, quindi tu puoi effettivamente pubblicare tutti i contenuti.*

Progetti futuri

(DG) Avete appena presentato un progetto, ma forse non vuoi parlare per scaramanzia?

(AC) Allora diciamo che ci sono cose che posso dire e altre no, perché comunque sono vincolato a una confidenzialità rispetto ai partner, perché determinate idee che abbiamo messo giù in questo progetto, comunque sono innovative e c'è da dire che il mondo della ricerca è estremamente competitivo, anche perché ormai la ricerca, se non è collegata al business, non interessa nessuno. Io sostengo che comunque ci siano delle cose importanti che a prescindere dal business debbano essere portate avanti, ma a parte questo hai bisogno di un finanziamento per poter fare attività e quindi conseguentemente impacchetti le cose nel modo giusto, per cui è fondamentale tenere in considerazione la confidenzialità delle informazioni.

Questo progetto nello specifico è un progetto con nove partner, quindi stiamo parlando, abbiamo cercato di coprire tutta l'Unione Europea, Estonia, Svezia, Inghilterra, Portogallo, Italia e Slovenia.

Se dovesse essere finanziato andremo a costruire un esperimento pilota in Slovenia, nel Parco Nazionale del Triglav. Questo è un luogo meraviglioso e tra l'altro protetto come sito "Natura 2000", protetto anche dall'UNESCO, perché insieme al Parco Nazionale delle Alpi Giulie costituisce un comprensorio incredibile di una zona sempre popolata. La cosa interessante è che al di là di ambienti naturali, diciamo ancora vergini, quindi poco modificati.

Al di là di questo c'è comunque una permanenza che si conosce, dell'essere umano, che da sempre cerca di vivere insieme a quello che c'è. Quindi nel caso della Val di Fiemme questo è codificato da 1.100 anni "la magnifica comunità della Val di Fiemme", penso che sia uno dei pochissimi esempi di Repubblica a tutti gli effetti dove c'è una compartecipazione del bene, che in questo caso è la foresta, da parte dei privati e c'è proprio una struttura con una sorta di Parlamento o equivalente che si occupa di mantenere in vita l'ecosistema. E io credo che in questo caso la natura umana, abbinata alla situazione ecologica, quindi all'ecosistema lì presente, abbia dato il meglio di sé - e forse anche il peggio - con la monocultura.

Quindi è comunque una ricchezza e un valore da preservare - questo del dialogo. In Slovenia se tutto va bene, costitueremo questo nuovo portale di comunicazione bidirezionale, quindi la grossa differenza rispetto alla Val di Fiemme è che in più oltre alla registrazione faremo

anche Playback. Chissà che cosa viene fuori.

Il prossimo appuntamento - Saluti

(DG) Va bene. Ok, diciamo che ci fermiamo qua, però voglio risentirti magari tra sei / otto mesi, per capire in che direzione sta evolvendo il progetto. Grazie mille per la tua testimonianza e anche un grazie a Zenit Arti Audiovisive, a Paolo Ceretto e Alessandro Bernard per aver sviluppato questo documentario, il “Codice del Bosco” che racconta un pezzettino di tutto quello che abbiamo parlato oggi.

(AC) Grazie mille Davide, andate a vedere il documentario perché merita.

(DG) Assolutamente, il codice del Bosco. Ciao a tutti.



Paper Citati

<https://www.mdpi.com/2073-8994/14/9/1792> (ritmo circadiano, complessità dei ceppi, foresta come insieme collettivo di elementi in fase)

<https://www.mdpi.com/2313-7673/8/1/122> (relazione tra termodinamica e bioelettricità di natura quantistica)

https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5227558 (ipotesi di utilizzare un ecosistema come computer)

<https://www.preprints.org/manuscript/202505.1472/v1> (previsioni del tempo micro-locali con viti)

<https://www.nasa.gov/earth/natural-disasters/volcanoes/nasa-satellites-provide-early-volcano-warnings/> (piante che anticipano eruzioni vulcaniche)

Fonte: <https://www.ruralhack.org/ascoltare-il-bosco-e-le-piante-e-rispondere/>