

## INDICATORI BIOCENOTICI: CORRELAZIONI ED IMPORTANZA NEL MONITORAGGIO AMBIENTALE.

(Luigi Fanizzi - ECOACQUE®)

L'uso di indicatori per descrivere le biocenosi di un ecosistema e per poter governare, monitorare e pianificare, ambientalmente, il territorio, ha acquisito grande importanza in tempi recenti (S. Malcevschi et Al., 2007). Esso risponde, primariamente, alle problematiche di **sostenibilità ambientale** delle **biodiversità**, per le quali è consuetudine fare riferimento nel loro monitoraggio. Per quanto riguarda in particolare gli indicatori di stato, viene attualmente prestata grande attenzione al loro utilizzo per preservare la **diversità biologica degli ecosistemi** (E. Spada et al., 2000). La sostenibilità delle attività umane sugli ecosistemi è una questione di urgenza primaria di fronte alla crescente situazione di degrado per cause sia antropiche sia climatiche (P. Johnston et al., 2000) ed il problema della valutazione della biodiversità ambientale correlato, è stato sollevato in più ambiti. La biodiversità è costituita dalla varietà di specie di animali, vegetali, funghi, licheni, muschi e microrganismi, dalla varietà genetica all'interno delle specie, dalla varietà degli ecosistemi e dalle interazioni in e tra questi livelli. La biodiversità è indispensabile al benessere degli esseri umani e fornisce numerosi servizi, tra cui figurano la depurazione delle acque, la filtrazione dell'aria ed il mantenimento della fertilità del suolo. L'indicatore biocenotico descrive la composizione delle specie in un particolare habitat (dune, prati, pascoli e boschi). Un valore qualitativo elevato dell'indice è segno di biocenosi eterogenee, mentre un valore basso indica una perdita di diversità biologica. La distinzione di tipologie climatiche rappresenta, in un certo modo, una forma di tassonomia ossia di raggruppamento in classi; ad ogni classe individuata chiaramente corrisponde una tipica copertura del suolo ad essa associata. È bene considerare sempre che la distribuzione delle specie in determinate aree e quindi la definizione di caratteristici areali, può non dipendere esclusivamente da fattori ed elementi climatici, ma anche da fattori di natura territoriale, storica e di impatto antropico. Per la classificazione dei vari tipi di clima sono stati proposti numerosi indici bioclimatici. Tra i più significativi e sintetici, si sono considerati il **Pluviofattore** di R. Lang (1915), integrato da L. Susmel (1988), per le **zone fitoclimatiche** di **A. Paveri** (1916), rappresentato dal rapporto  $P_L = P/T$  (dove **P** è la precipitazione annua espressa in millimetri d'acqua e **T** è la temperatura media annuale in gradi Celsius e l'**Indice Biocenotico**,  $I_b = (0,1 \cdot P)/T$ . Secondo tale indice (espresso in  $cm/°C$ ), il limite tra vegetazione arboreo-forestale e macchiatica corrisponde a valori inferiori a **4,0**; invece per valori inferiori a **0,50** si ha passaggio da una vegetazione arida ad una vegetazione steppica, fino a valori **< 0,25** per v. desertiche (Tab. 1).

PLUVIOFATTORE [mm/°C]	ZONA CLIMATICA	INDICE BIOCENOTICO [cm/°C]	SPECIE VEGETALI	SPECIE ANIMALI	BTC [Mcal/m <sup>2</sup> /anno]
< 24	Zone desertiche: (piogge insufficienti a dilavare i sali solubili) // Zone Urbane e sussidiarie: HU [%] > 85	< 0,25	V. <b>Desertica</b> : Cactus, P. Xerofite, P. Grasse con spine, P. Effimere, P. Annuali e P. Psammofite dunari, Rovi.	Serpenti, Lucertole, Gechi, Coleotteri, Formiche, Cavallette, Ragni, Scorpioni, Falchi, Corvi, Volpi e Gerbilli,	< 1,0
25 ÷ 43	Zone litoranee: <b>C. Steppico (terreno salso privo di humus)</b> // Zone agricole produttive-tecnologiche: HU [%] > 72,5	0,25 ÷ 0,50	V. <b>Steppica</b> : Erbe graminacee, P. Xerofite, Ginepro, Sambuco, Ontano, Salice	Gazzelle, Cavalli selvatici, Marmotte, Gerbilli, Lucertole, Serpenti, Aquile, Falchi, Poiane, Gru e Otarde.	1,0 ÷ 1,5
44 ÷ 52	Zone sublitoranee: <b>C. Arido (lateriti T<sub>ma</sub> &gt; 20°C; Terre rosse 12 &lt; T<sub>ma</sub> &lt; 20; terre gialle T &lt; 12 °C terreno povero di humus per rapida mineralizzazione)</b> // Ambienti agricoli	0,50 ÷ 1	V. <b>Arida</b> : P. Xerofite, Cactus, Arbusti spinosi, P. Grasse, P. Alofile, Camomilla del deserto	Serpenti, Lucertole, Tartarughe terrestri, Gechi, Scarafaggi, Formiche, Cavallette, Coleotteri, Termiti, Gerbilli, Scoiattoli Topi, Avvoltoi, Poiane.	1,5 ÷ 3,2

	<p><b>produttivi seminaturali protettivi:</b> HU [%] &gt; 47,50</p>				
53 ÷ 64	<p>Zone collinari: <b>C. Semiarido (terreno con buon accumulo di humus)</b> // <b>Ambienti agricoli produttivi seminaturali protettivi:</b> HU [%] &gt; 25</p>	1 ÷ 2	<p>V. <b>Pratense:</b> Praterie di Cirso e Mesobromio, Salsola, Artemisia, Acacia, Tamarindo, Fico d'India, Albero di Giada.</p>	<p>Gazzelle, Capre, Gerbilli, Scoiattoli, Topi, Lucertole, Serpenti, Gechi, Aquile, Poiane e Passeri.</p>	3,2 ÷ 4,4
65 ÷ 90	<p>Zone montane (fino a 600 m): C. Temperato caldo – <b>Lauretum (terreno tipicamente bruno, ricco in humus)</b> // <b>Ambienti agroforestali seminaturali resilienti:</b> HU [%] &gt; 12,5</p>	2 ÷ 4	<p>V. <b>Macchiatica:</b> Alloro, Quercia, Olivo, Leccio, Sughera, Pino domestico, Pino marittimo, Pino d'Aleppo, Oleandro, Roverella, Quercia vallonca, Faggio, Cipresso ed Arbusteti (Mirto, Lentisco, Erica)</p>	<p>Cinghiali, Istrici, Tassi, Volpi, Daini, Picchio verde e rosso, Usignolo, Rampichino, Astore, Gatto selvatico, Tasso, Rospo, Rana verde, Ratti, Scorpioni, Vipera, Biacco, Colubro, Farfalle, libellule e coleotteri</p>	4,4 ÷ 5,6
90 ÷ 135	<p>Zone montane (≥ 800 m): <b>C. Temp. subumido</b> – Castanetum (<b>terreno scuro ricco di sostanza organica umificata</b>) // <b>Ambienti naturali resistenti:</b> HU [%] &lt; 12,5</p>	4 ÷ 4,5	<p>V. <b>Forestale a latifoglie:</b> Castagno, Querce, Faggio, Cerro, Rovere, Roverella, Betulla, Farnia, Cerro, Pino silvestre, Olmo, Ciliegio selvatico, Pioppo, Rosa selvatica, Sambuco, Felci e Muschi.</p>	<p>Scoiattoli, Tassi, Daini, Pulcinelle di quercia, Aquila, Gheppio, Cervi, Picchio verde, Pettiroso, Cianciarella, Fringuello, Poiana, Fagiani, Donnole, Tassi, Faine, Caprioli, Cinghiali, Volpi, Vipera, Biacco, rospo, Farfalle, libellule, Scarabei ed Api</p>	5,6 ÷ 6,4
135 ÷ 190	<p>Zone montane (≥ 900 m): <b>C. Temp. umido</b> – Fagetum (<b>terreno nero o chernozem ricco di humus nero</b>) // <b>Ambienti naturali resistenti:</b> HU [%] &lt; 10</p>	4,5 ÷ 5	<p>V. <b>Forestale a latifoglie e conifere:</b> Faggio, Querce, Cerro, Acero, Salice, Pioppo, Larice, Pioppo tremulo, Abete bianco, Abete rosso, Frassino e Acero di monte, Rosa selvatica, Felce, Ellitrico, Ortica, Muschi e Licheni.</p>	<p>Picchio nero, Fringuello, Ghiri, Pettiroso, Cuculi, Gufi, Scoiattoli, Martore, Volpi, Ghiri, Faine, Civette, Caprioli, Orsi marsicani, Lupi, Cinghiali, Falchi. Vipere, Biacchi, Rana verde, Salamandra, Farfalle, Coleotteri e Formiche.</p>	6,4 ÷ 7,1
> 190	<p>Zone montane (≥ 1.000 m): <b>C. Umido</b> – Picetum (<b>terreno podzol con migrazione dell'humus acido</b>) // <b>Ambienti naturali resistenti:</b> HU [%] &lt; 5</p>	> 5	<p>V. <b>Forestale a conifere:</b> Peccio, Abete rosso e bianco, Larice, Pino cembro, Pino mugo, Faggio cespuglioso, Ontano (bianco, nero, verde), Betulla bianca, Pino silvestre, Rododentro, Campanula, Viola alpina e Astragalo.</p>	<p>Scoiattoli, Crociere, Tassi, Daini, Fioraccini, Corvi, Picchi tridattili, Fagiani, Pernice bianca, Volpi, Lupi Orsi bruni, Cervi, Caprioli, Camosci, Martore, Donnole, Ghiri, Galli cedroni, Gufi, Civette, Vipere, Colubri, Salamandre alpine, Stambecchi, Marmotte, Rane di montagna, Aquile, Farfalle, Coleotteri ed Api..</p>	7,1 ÷ 8,9

**Tab. 1** – Valori dell'Indice Biocenotico e della Capacità Bionomica Territoriale Vegetativa.

Valori bassi di questo indice sono caratteristici di terreni con accumulo di sostanza organica indecomposta al suolo e formazione di *humus*.

Come terzo descrittore, si è considerata la **Capacità Bionomica-Territoriale vegetativa** (V. Ingegnoli et. Al, 2005: La **BTC**, esprime la capacità latente di un paesaggio naturale, seminaturale ovvero antropizzato, con percentuale **HU** [%], di ritornare allo stato di equilibrio metastabile; Tb. 2; L. Fanizzi, 2020):

CLC	APPARATO PAESISTICO	ELEMENTO DI PAESAGGIO	BTC
3.3.1	Spiagge, dune e sabbie	HGL : <i>Improduttivo</i>	<b>0 ÷ 0,5</b>
3.3.2	Rocce nude, falesie e rupi affioranti		
5.1.1	Corsi d'acqua, canali ed idrovie		
5.1.2	Bacini d'acqua		
5.2.1	Lagune		
1.1.1	Zone residenziali a tessuto continuo	RDS/SBS : <i>Urbanizzato</i>	<b>0,6 ÷ 1,0</b>
1.1.2	Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado		
1.2.1	Aree industriali e commerciali		
1.2.2	Reti stradali e ferroviarie		
1.2.3	Aree portuali		
1.2.4	Aeroporti		
2.1.1	Seminativi in aree non irrigue	PRD : <i>Produttivo</i>	<b>1,1 ÷ 1,5</b>
2.1.2	Seminativi in aree irrigue		
2.2.1	Vigneti		
2.2.2	Frutteti		
2.2.3	Oliveti		
1.4.1	Aree verdi urbane	PRT : <i>Protettivo</i>	<b>1,6 ÷ 3,2</b>
1.4.2	Aree ricreative e sportive		
2.4.4	Aree agroforestali		
3.3.3	Aree a vegetazione rada		
3.2.1	Aree a pascolo e praterie	RSL : <i>Resiliente</i>	<b>3,3 ÷ 7,0</b>
3.2.2	Brughiere e cespuglieti		
3.2.3	Aree a vegetazione sclerofila		
3.2.4	Aree a vegetazione arbustiva e boschiva		
4.1.1	Paludi		
4.2.1	Paludi salmastre		
4.2.3	Zone intertidali (vegetazione ripariale)		
3.1.1	Boschi di latifoglie	RNT : <i>Resistente</i>	<b>7,1 ÷ 8,9</b>
3.1.2	Boschi di conifere		
3.1.3	Boschi misti di conifere e latifoglie		

**Tab. 2 – Corine Land Cover - Apparati Paesistici – BTC per EdP : Valori normalizzati.**

Come descrittori, sintetici del bioma mediterraneo, si sono considerati, quindi, l'**indice di densità vegetativa potenziale** e l'**indice di biodiversità potenziale animale**, che hanno dimostrato di fornire una stima significativa dell'integrità ambientale nonché dell'habitat vegetale ed animale. Questa pubblicazione scientifica mira ad esplorare le correlazioni e l'importanza di tali indici nel contesto del monitoraggio, della pianificazione e della tutela ambientale del bioma mediterraneo ove l'Italia ricade (20° e i 40° di Latitudine Nord e Sud). Per calcolare l'indice di densità vegetativa potenziale ( $I_{DVP}$ ), variabile da **0** (condizione minima: Suolo nudo o Copertura vegetale quasi assente) a **100** (condizione massima: Alta densità vegetale), si è utilizzata la seguente formula:

$$I_{DVP} = \frac{1}{0,03} \cdot \left\{ \left[ \left( \frac{I_B - I_{Bmin}}{I_{Bmax} - I_{Bmin}} \right) \right] + \left[ \left( \frac{K - K_{min}}{K_{max} - K_{min}} \right) \right] + \left[ \left( \frac{BTC - BTC_{min}}{BTC_{max} - BTC_{min}} \right) \right] \right\}$$

dove

**I<sub>b</sub>** è l'indice biocenotico locale [cm/°C],  $I_{b_{max}} = 5,50$  [cm/°C] e  $I_{b_{min}} = 0,20$  [cm/°C] quelli massimo e minimo;

**K** è la permeabilità Darciana media del terreno locale [m/s],  $K_{max} = 10^{-2}$  [m/s] e  $K_{min} = 10^{-6}$  [m/s] quelle massima e minima.

**BTC** è la capacità bionomica territoriale vegetativa [Mcal/m<sup>2</sup>/Anno],  $BTC_{min} = 0$  [Mcal/m<sup>2</sup>/Anno] e  $BTC_{max} = 8,9$  [Mcal/m<sup>2</sup>/Anno] quelle massima e minima.

L'indice di densità vegetativa potenziale ( $I_{DVP}$ ), rappresenta una valutazione di base, ossia una stima, per unità di superficie analizzata, della concentrazione vegetale e, quindi, dell'idoneità dell'habitat per le piante. Maggiori valori di  $I_{DVP}$  indicano una maggiore densità vegetativa ed una migliore qualità dell'habitat. È a partire da questa informazione, che si è in grado di calcolare l'indice di biodiversità potenziale animale ( $I_{BPA}$ ), sull'unità di superficie analizzata, utilizzando il seguente modello esponenziale:

$$I_{BPA} = \frac{1}{0,01} \cdot (0,01 \cdot I_{DVP})^a \cdot (1 - 0,01 \cdot I_{DVP})^b$$

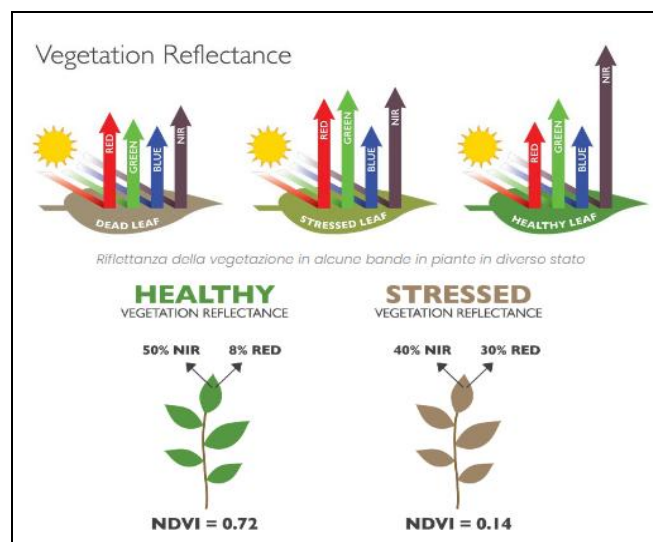
Ove gli esponenti **a** [0 ÷ 0,75] e **b** [0,75 ÷ 1,50], presenti nella formula, determinano l'importanza relativa dell'indice di densità vegetativa potenziale nella stima dell'indice di biodiversità potenziale animale. Valori più alti di "a" ( $a > 0,375$ ) rappresentano una maggiore disponibilità di risorse alimentari ossia di habitat ottimali per le specie animali (per piogge, temperatura e permeabilità del terreno), promuovendo, quindi, una maggiore diversità di specie (cd biodiversità). D'altra parte, valori più alti di "b" ( $b > 1,125$ ) possono indicare, invero, una maggiore pressione per l'habitat ossia indicare fattori che limitano la popolazione animale, influenzando, negativamente, l'indice di biodiversità potenziale. La correlazione tra l'indice di biodiversità animale potenziale ( $I_{BPA}$ ) e l'indice di densità vegetativa potenziale ( $I_{DVP}$ ) offrono, pertanto, informazioni preziose per il monitoraggio, la pianificazione e la tutela ambientale. Un valore elevato per  $I_{DVP}$  indica la presenza di un habitat favorevole per le piante, il che suggerisce un potenziale maggiore per una ricca diversità biologica. L' $I_{BPA}$ , calcolato utilizzando  $I_{DVP}$ , fornisce un'indicazione della biodiversità potenziale all'interno di un determinato habitat. L'importanza dell'utilizzo di questi indici nel monitoraggio, nella pianificazione e nella tutela ambientale risiede nel fatto che una variazione negativa dei valori di  $I_{DVP}$  può indicare un degrado dell'habitat ed una possibile minaccia per la biodiversità. Sulla base della nostra ricerca, i risultati dimostrano la correlazione e l'importanza degli indici di biodiversità potenziale e densità vegetativa potenziale nel monitoraggio, nella pianificazione e nella tutela ambientale. L'utilizzo di  $I_{DVP}$  consente una valutazione oggettiva della densità vegetale e della qualità dell'habitat, mentre l' $I_{BPA}$  fornisce una stima della biodiversità animale potenziale. Questi indici possono essere utilizzati come strumenti per identificare, pianificare e tutelare gli habitat che richiedono azioni di conservazione. La ricerca futura potrebbe concentrarsi sulla validazione di queste formule e sull'applicazione di tali indici in diversi contesti locali, consentendo così di sviluppare strategie di conservazione più mirate ed efficaci. L'interdisciplinarietà tra biologi, ecologi e pianificatori ambientali è fondamentale per migliorare la nostra comprensione di questi indici e per promuovere la tutela dell'ambiente in maniera sostenibile. Va considerato, tuttavia, che il summenzionato indice sintetico pluriparametrico rappresenta solo una valutazione generale per cui il suo valore andrebbe confrontato con i dati reali (MoDIS) di NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*; Fig. 1) rilevati dai satelliti (USGS Earth Explorer; NVDVI eVIRS).



Fig. 1 - NDVI Bioma mediterraneo.

I sensori satellitari remoti, infatti, possono quantificare quale frazione della radiazione **fotosinteticamente attiva** viene assorbita dalla vegetazione. Alla fine degli anni '70, alcuni scienziati (Colwell, 1974 – Deering; 1978), scoprirono che la fotosintesi netta è direttamente correlata alla quantità di radiazione fotosinteticamente attiva che le piante assorbono, arrivando a definirne un efficace indice correlativo. L'indice di Vegetazione della Differenza Normalizzata (NDVI) è il principale indicatore da satellite della presenza di vegetazione sulla superficie terrestre e del suo evolversi nel tempo. L'indice viene calcolato partendo da immagini satellitari prodotte da sensori che acquisiscono i valori di riflettanza della banda del rosso (**R: 0,65 µm**) e quella del vicino infrarosso (**NIR: 0,90 µm**). Valuta la presenza di attività fotosintetica, in quanto mette in relazione lo spettro del rosso (**Red**), in cui c'è **assorbimento da parte della clorofilla**, e quello del vicino infrarosso (**Near InfraRed**) in cui le foglie riflettono la luce per evitare il surriscaldamento. In breve, più una pianta assorbe la luce solare visibile (durante la stagione di crescita), più fotosintetizza e più è produttiva. Al contrario, minore è la luce solare che la pianta assorbe, minore è la fotosintesi e minore è la produttività. Entrambi gli scenari, di qualità vegetativa, si traducono in un valore NDVI che, nel tempo, può essere calcolato, in media, per stabilire le condizioni di crescita "normali" (cd *Anomalia NDVI*), per la vegetazione in una data regione per un dato periodo dell'anno (maggio-giugno). I valori dell'indice sono compresi tra un minimo teorico di **- 1,00** ed un massimo teorico di **+ 1,00** (tipicamente: **0 ÷ 0,9**), con valori più vicini a **+ 1** che indicano una **vegetazione densa e sana** e valori più vicini a **- 0,5** che indicano una **vegetazione rada o malsana** (nella seguente Tabella, sono descritte alcune linee guida generali per interpretare i valori NDVI). L'NDVI è un indice semplice da interpretare. I **valori** possono **variare tra -1 e 1** ma, praticamente, quelli compresi tra -1 e 0 sono tipici di **aree non coltivate** o di **corpi idrici** come **laghi** e **corsi d'acqua**, **tra 0,1 e 0,2 zone antropiche** o **litoidi con vegetazione quasi assente**. Nei campi coltivati i valori variano, mediamente, tra **0,4 e 0,7** (solo vegetazioni molto dense arrivano a **0,8** oltre si arriva a **foresta pluviale**) ed a ciascun valore corrisponde una diversa situazione agronomica (Tab. 2), indipendentemente dalla coltura e aree in cui il **valore di NDVI** è significativamente più **basso** rispetto alla media presentano **problemi nello sviluppo vegetativo** (Fig. 2), che possono essere causati da fattori molto diversi come:

- ☒ stress o carenze nutrizionali,
- ☒ attacchi parassitari o malattie,
- ☒ forti danni da grandine o gelata,
- ☒ siccità.



**Fig. 2** – Valori di riflettanza vegetale in diversi stati.

Per identificare le aree potenzialmente problematiche di ciascun campo, **si identifica il valore minimo** e il **valore massimo** di NDVI nel campo. Dopodichè in mappa si ricolora il campo associando il **colore rosso** al valore minimo, e il **colore verde** al valore massimo. Quest'operazione si chiama "normalizzazione", e può essere eseguita anche considerando i valori minimi e massimi di un gruppo di campi definito dall'utente.

Le zone del campo visibili in rosso sono quelle in cui la pianta si trova maggiormente in stress. La presenza di vegetazione assume valori maggiori di **0,2** (Tab. 2) e l'indice viene calcolato con la formula sotto riportata:

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R}$$

NDVI	INTERPRETAZIONE
<0.1	Suolo nudo o nuvole
0.1 – 0.2	Copertura vegetale quasi assente
0.2 – 0.3	Copertura vegetale molto bassa
0.3 – 0.4	Copertura vegetale bassa con vigoria bassa o copertura vegetale molto bassa con vigoria alta
0.4 – 0.5	Copertura vegetale medio-bassa con vigoria bassa o copertura vegetale molto bassa con vigoria alta
0.5 – 0.6	Copertura vegetale media con vigoria bassa o copertura vegetale medio-bassa con vigoria alta
0.6 – 0.7	Copertura vegetale medio-alta con vigoria bassa o copertura vegetale media con vigoria alta
0.7 – 0.8	Copertura vegetale alta con vigoria alta
0.8 – 0.9	Copertura vegetale molto alta con vigoria molto alta
0.9 – 1.0	Copertura vegetale totale con vigoria molto alta (foreste pluviali)

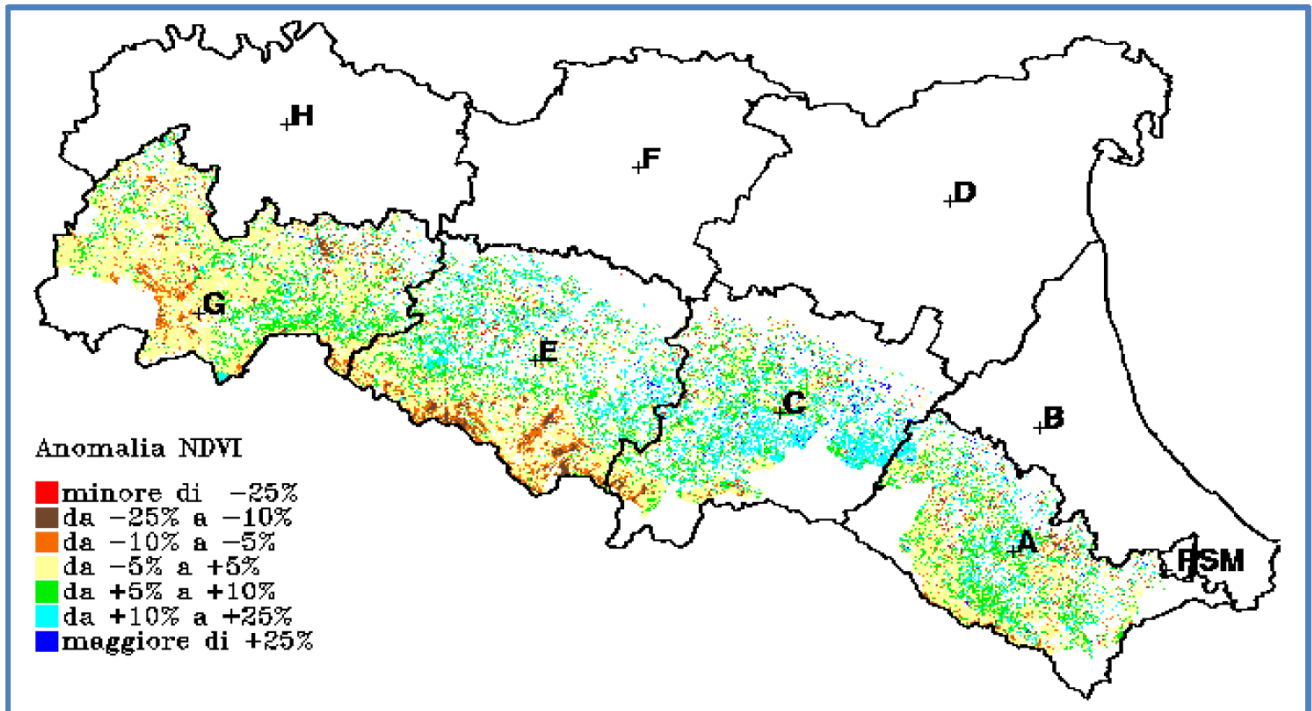
**Tab. 2** – Tabella interpretativa dei valori NDVI.

L'**Anomalia NDVI**, quindi, valuta la deviazione del valore attuale di NDVI rispetto alla media, ossia al valore medio della serie storica, riferita allo stesso periodo di tempo.

Valori negativi possono essere indice di stress crescente nella vegetazione, dovuto a carenza idrica ovvero indicare differenze nelle rese delle colture, carenza di nutrienti, presenza di patologie o, ancora, attacchi parassitari, mentre valori positivi denotano migliori condizioni vegetative.

$$DEV(NDVI) = \frac{(NDVI_i - NDVI_{med})}{NDVI_{med}}$$

Nell'ambito della siccità viene utilizzato come indicatore poiché, in caso di stress idrico, le piante riducono l'attività fotosintetica, diminuendo quindi il valore dell'indice (- 0,5 ÷ 0,5). I dati sono raccolti e pubblicati periodicamente in bollettini, disponibili alla pagina **bollettini dello stato della vegetazione forestale** delle Agenzie di Protezione Ambientale Regionali (dati satellitari MoDIS; Tab. 3). Il confronto dei dati NDVI di un mese o dell'anno in corso con la media ventennale rivela se la produttività in una data regione è tipica o se la crescita delle piante è significativamente più o meno produttiva.



**Tab. 3** - Anomalie stato vegetazionale forestale; Satellite TERRA [MOD13Q1 -250 m]; 30.09-15.10.2022.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- 📖 S. Malcevschi, M.C. Zerbi (2007): "Ecosistema, paesaggio e territorio. Tre prospettive complementari nel rapporto uomo-ambiente", Ed. Società Geografica Italiana, Roma
- 📖 Spada E., Padovani L. and Carrabba P. (2000). "Biodiversità: excursus sugli indicatori". Energia, Ambiente e Innovazione, N. 4, Ed. ENEA, Frascati.
- 📖 Johnston P., Santillo D., Ashton J. and Stringer R. (2000). Sustainability of human activities on marine ecosystems. In: C. Sheppard (ed.), Seas at Millennium: an environmental evaluation. Volume Ili. Global issues and processes. Pergamon, Elsevier Science.
- 📖 Lang R., (1915): "Versuch einer exakten Klassifikation der Boden in klimatischer und geologischer Hinsicht", Internat. Mitt, fur Bodenkunde, 5.
- 📖 L. Susmel, F. Viola (1988): "Principi di ecologia – Fattori, eco sistemica, applicazioni", Ed. Cleup, Padova.
- 📖 Ingegnoli V., Giglio E. (2005): "Ecologia del Paesaggio: manuale per conservare, gestire e pianificare l'ambiente", Ed. Sistemi Editoriali, Napoli.
- 📖 Nasa Earth Observatory (2000): "Measuring Vegetation (NDVI & EVI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), NDVI as an Indicator of Drought", Washington.
- 📖 Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. & Harlan J.C. (1974): "Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation", NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, USA.
- 📖 A. Paveri (1916): "Studio preliminare sulla coltura delle specie forestali esotiche in Italia", I. Annali, R. Ist. Sup. For. Naz., Roma.
- 📖 Pignatti, S. (2005): "Flora d'Italia", Edagricole, Bologna.
- 📖 Larcher, W. (2003): "Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups", Vol. 17. Springer Science & Business Media.
- 📖 Arianoutsou, M., & Papanastasis, V. P. (Eds.). (2007): "Ecology, conservation and management of Mediterranean climate ecosystems", Springer Science & Business Media.
- 📖 Scognamillo, D. G., et al. (2003). "Correlazioni dipendenti dalla scala, tra indici di vegetazione stagionale e risposte della popolazione negli alci". Applicazioni ecologiche.
- 📖 Fanizzi L. (2017): "Gli indici climatici per la caratterizzazione geoambientale della conca barese", L'Ambiente, N. 5, Ed. Girsra, Milano.