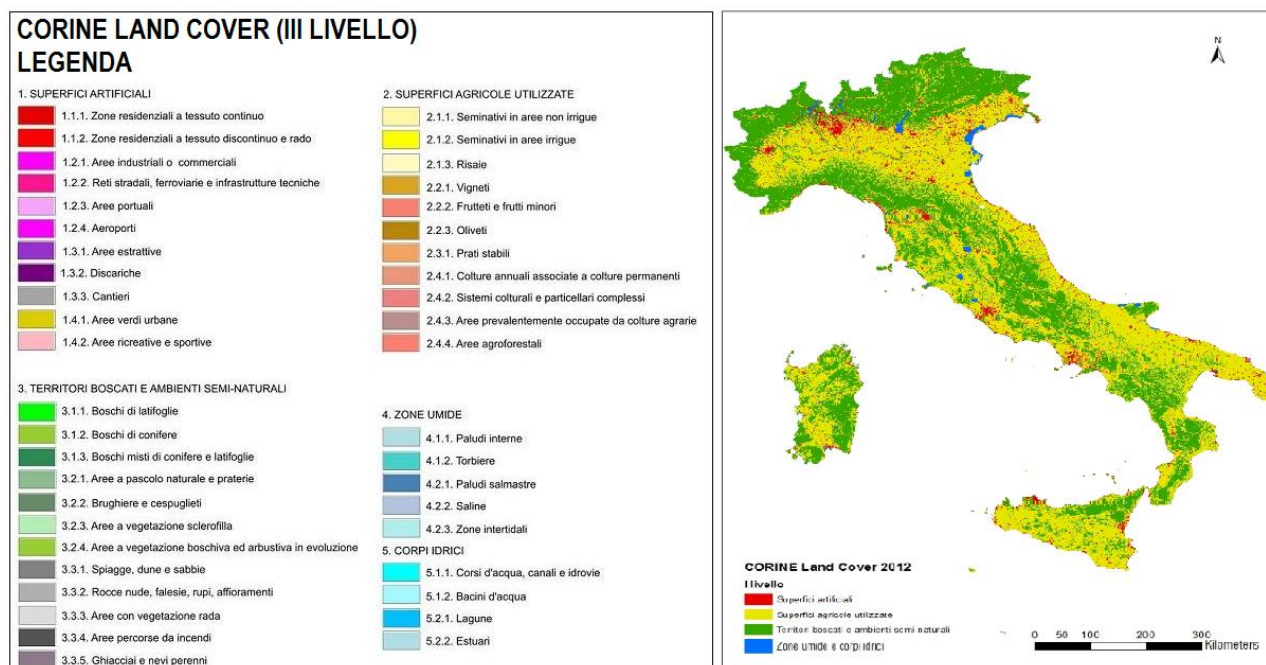


LA STIMA DELLA VAS NELLA SOSTENIBILITA' DELLE SCELTE DI URBANISTICHE DI PIANO

(Luigi Fanizzi - ECOACQUE®)

PREMESSA

L'indice di **Biopotenzialità Territoriale Complessiva** o **BTC**, in quanto misura dell'equilibrio metastabile degli ecosistemi presenti nel territorio, è un indice in grado di valutare la capacità latente di auto-riequilibrio territoriale di un sistema ambientale. La BTC, infatti, misura il grado di capacità metabolica relativa ed il grado di mantenimento antitermico relativo, dei principali ecosistemi vegetati, espresso in **(Mcal/m²)/anno**. La BTC misura, quindi, il flusso di energia che un sistema ecologico deve dissipare per mantenere il suo livello d'ordine e metastabilità. Attraverso tale funzione è possibile dimostrare, pertanto, che la massima metastabilità di un paesaggio non può essere la somma delle massime metastabilità dei suoi elementi. Inoltre, si può mettere in evidenza la stretta correlazione esistente, in una unità paesaggistica, fra i diversi gradi di urbanizzazione antropica e naturale e la relativa BTC media, la quale permette, fra l'altro, di distinguere i vari tipi di paesaggio. Il valore della BTC, associato a dati territoriali, permette l'individuazione di *soglie di trasformazione* del paesaggio ed il controllo delle maggiori dinamiche ambientali. Al fine di una prima valutazione della BTC complessiva, dell'ambito di studio, questo indice consente di evitare, nelle prime fasi di elaborazione della **VAS** (Valutazione Ambientale Strategica), il rilievo sistematico e puntuale della superficie delle singole particelle omogenee per eseguire il calcolo ponderato della BTC, concorrendo, validamente, in tempi efficaci a formulare una propedeutica valutazione di massima ma, sostanzialmente, attendibile delle condizioni ambientali del territorio e, successivamente, degli effetti prevedibili, proposti dal Preliminare del Documento di Piano o dal Piano Strutturale della Regione che ne richiede la stesura. Nella formula semplificata, così come proposta di seguito, si effettua rapidamente sulla base di un rilievo cartografico informatizzato (GIS) che può utilmente coincidere con le carte tematiche sull'uso del suolo (che dovrebbero sempre incluse nella fase analitica del PGT). Si esegue una lettura che assomma per omogeneità rilevate ad ampia scala le aree assegnabili ad un medesimo ecosistema sulla base delle specifiche destinazioni d'**Uso del suolo (Us)**, individuate dalla cartografia tematica (Corine Land Cover, CLC 2006; ISPRA, 2010 - Tab. 1; L. Fanizzi, 2020 – Tab. 2).



Tab. 1 – Sistema di nomenclatura a 43 Classi su 5 livelli tematici della Cartografia CLC:2012.

CLC	APPARATO PAESISTICO	ELEMENTO DI PAESAGGIO	BTC		
3.3.1	Spiagge, dune e sabbie	HGL : <i>Improduttivo</i>	0 ÷ 0,1		
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>	0,2 ÷ 0,5		
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>	0,6 ÷ 1,7		
2.1.2	Seminativi in aree irrigue				
2.2.1	Vigneti				
2.2.2	Frutteti				
2.2.3	Oliveti	PRT : <i>Protettivo</i>	1,8 ÷ 3,7		
1.4.1	Aree verdi urbane				
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>	3,8 ÷ 6,2
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 (<i>vegetazione ripariale</i>)				
3.1.1	Boschi di latifoglie	RNT : <i>Resistente</i>	6,3 ÷ 10		
3.1.2	Boschi di conifere				
3.1.3	Boschi misti di conifere e latifoglie				

Tab. 2 - Intervalli di valori analitici normalizzati: **Apparati Paesistici – BTC** per EdP regionali italiane.

FORMULAZIONE SEMPLIFICATA DELL'INDICE BTC

I valori medi attribuiti alle grandi zone omogenee, individuate con rilievo speditivo sulla cartografia informatizzata, sono tratti dalla scala di valori di BTC indicata nel testo di V. Ingegnoli (1991). Simboli e caratteristiche delle diverse aree:

Sui	Indica la superficie urbanizzata intensiva con alta densità insediativa .	B
Sue	Indica la superficie urbanizzata estensiva con bassa densità insediativa .	
Sa	Indica la superficie delle aree agricole produttive con tecniche meccanizzate e monoculture.	MB
Sab	Indica la superficie delle aree agricole protettive con presenza di filari arboreo arbustivi, rogge e simili.	M
Sb	Indica la superficie resiliente delle aree verdi urbane, aree umide, aree boscate, coltivate, e simili.	MA
Sbn	Indica la superficie resistente delle aree naturali e forestali esenti da impatti antropici	A
CLASSI: B = Bassa; MB = Medio-Bassa; M = Media; MA = Medio-Alta; A = Alta.		

Per **alta densità insediativa**, si intendono aree con indice di fabbricabilità territoriale $I_t \geq 1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$ (I_t indica il volume costruibile per metro quadro di superficie territoriale S_t). Per **bassa densità abitativa**, si intendono, invece, aree con $I_t < 1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$.

I valori medi della BTC-HU (Human Habitat), individuati per le diverse aree, **al netto di quelle improduttive**, sono così di seguito tabellati:

BTC	Con $S_u = (S_{ui} + S_{ue}) \leq 30$ [%] della S_t	Hu [%]
0,15	Per aree urbanizzate intensive (S_{ui})	100
0,30	Per aree urbanizzate estensive (S_{ue})	95
1,50	Per le aree dell'agricoltura produttiva (S_a)	90
2,0	Per le aree dell'agricoltura protettiva (S_{ab})	85
5,0	Per le aree resilienti di significativo valore naturalistico (S_b)	10
10,0	Per le aree resistenti con impatti antropici nulli od irrilevanti (S_{bn})	15
N.B.:	Per le aree naturali improduttive Si (acque, lagune, rocce nude e sabbie): BTC = 0,10	5

BTC	Riduzione dei coefficienti in territori dove la $S_u = (S_{ui} + S_{ue}) > 30$ [%] della S_t
0,15	Per aree urbanizzate intensive (S _{ui})
0,30	Per aree urbanizzate estensive (S _{ue})
1,30	Per le aree dell'agricoltura produttiva (S _a)
1,8	Per le aree dell'agricoltura protettiva (S _{ab})
4,0	Per le aree resilienti di significativo valore naturalistico (S _b)
10,0	Per le aree resistenti con impatti antropici nulli od irrilevanti (S _{bn})
N.B.:	Per le aree naturali improduttive Si (acque, lagune, rocce nude e sabbie): BTC = 0,10

BTC	Riduzione dei coefficienti in territori dove la $S_u = (S_{ui} + S_{ue}) > 40$ [%] della S_t
0,15	Per aree urbanizzate intensive (S _{ui})
0,30	Per aree urbanizzate estensive (S _{ue})
1,20	Per le aree dell'agricoltura produttiva (S _a)
1,50	Per le aree dell'agricoltura protettiva (S _{ab})
3,0	Per le aree resilienti di significativo valore naturalistico (S _b)
-	Per le aree resistenti con impatti antropici nulli od irrilevanti (S _{bn})
N.B.:	Per le aree naturali improduttive Si (acque, lagune, rocce nude e sabbie): BTC = 0,10

Questa ulteriore riduzione non viene applicata qualora la media ponderata della S_u , dei comuni confinanti, non superi il **30** [%] della S_t . **Le aree S_{bn} non vengono prese in considerazione in quanto incompatibili con territori così densamente urbanizzati.** Il valore medio di BTC individuato, per ogni area omogenea, viene moltiplicato la superficie omogenea ad esso attinente e si somma, via, via, ai prodotti, così ottenuti, moltiplicando il valore medio della biopotenzialità di ogni area per la relativa superficie omogenea. Il totale della somma, così ottenuta, si divide per la superficie territoriale totale (S_t), che esprime la somma di tutte le superfici omogenee individuate, per ottenere il valore medio ponderato della BTC del territorio in esame. Per ottenere il valore medio ponderato della BTC si avrà, dunque, la formula generale (Giacomo A. Graziani, 2012):

$$BTC_m = [(BTC_1 \cdot S_u) + (BTC_2 \cdot S_a) + (BTC_3 \cdot S_{ab}) + (BTC_4 \cdot S_b) + (BTC_5 \cdot S_{bn})] / S_t$$

L'INDICE Us COME VALUTAZIONE QUANTIFICATA DEI VALORI DELLA BTC

Se si vuole seguire un criterio di valutazione quantitativa, che permetta di assegnare valori numerici secondo una scala da **0** a **100**, va considerato che i valori della BTC vanno da un minimo teorico di **0** ad un massimo teorico di **10**, si dispongono nella realtà su un intervallo di minore estensione, stante le caratteristiche di diffusa antropizzazione nel nostro territorio, ed il valore 5 assegnato alle aree "naturali" si riferisce, in realtà, a situazioni che comprendono sia aree boscate, ben differenziate nelle specie vegetali, sia aree verdi con forti riduzioni della BTC, dovute ad interventi antropici nelle aree stesse o nelle fasce contigue. Generalmente si valuta accettabile un valore della BTC nell'intorno di **1,2 ÷ 1,5** (*mediamente si considera sufficiente un valore di BTC = 1,4*). Nella valutazione quantitativa si assegna all'indice **Us** il valore corrispondente a **60/100**. Al valore **5** della BTC si assegna il valore di **Us** pari a **90/100**. Al valore **10** della BTC si assegna il valore di **Us** pari a **100/100**. In conclusione, si sono trovate **4** (quattro) coppie di punti, dove con X si intende il valore della BTC e con Y il valore di **Us**.

Classe Medio Bassa	X = 0	Y = 0
	X = 1,4	Y = 60
Classe Medio Alta	X = 5,0	Y = 90
	X = 10	Y = 100

Da queste quattro coppie di valori si può risalire ad una funzione che assegni ad ogni valore della BTC il corrispondente valore di **Us**. Si può procedere in vari modi, il più semplice genera, per interpolazione lineare, alcune spezzate, come da Fig. 1. Il calcolo di **Us**, per i valori intermedi di BTC, disposti negli intervalli tra 0 ÷ 1,40; 1,41 e 5 e tra 5,1 e 10, si risolve con le proporzioni, così come di seguito indicate:

- A)** per i valori di BTC tra **0** e **1,40** si avrà, se per esempio il valore di BTC è pari a **1,2**:
 $1,40:60 = 1,2 : X$ da cui $X = Us = (60 \cdot 1,2)/1,40 = \mathbf{51,43}$.
- B)** Per i valori di BTC compresi tra **1,41** e **5,0** si avrà, se per esempio il valore di BTC è **4**:
 $(4 - 1,4) : X = (5 - 1,4) : (90 - 60)$ da cui $X = (2,6 \cdot 30)/3,6 = 21,67$. Il valore di **Us** sarà pari alla somma dei valori intercettati sui 2 (DUE) segmenti e cioè: $Us = 60 + 21,67 = \mathbf{81,7}$.
- C)** per i valori di BTC compresi tra **5,1** e **10** si avrà, se ad esempio il valore di BTC è pari a **7**:
 $(7 - 5) : X = (10 - 5) : (100 - 90)$ da cui $X = 4$. Il valore di **Us** sarà pari alla somma dei valori intercettati sui 3 (TRE) segmenti e cioè: $Us = 60 + 30 + 4 = \mathbf{94}$.

Nel grafico seguente (Fig. 1), i valori della BTC sono disposti sull'asse x ed i valori di **Us** sull'asse Y. Il vantaggio di questo approccio è che si forza la funzione a passare per i punti prescelti (le 4 coppie di valori). Un altro procedimento, di tipo statistico, è quello della regressione lineare, esponenziale, logaritmica ovvero di potenza, a seconda di come sono disposti i punti. Ovviamente la curva regressiva non passerà per le quattro coppie di valori, in quanto l'equazione non forza il passaggio ma individua, piuttosto, una tendenza funzionale dell'insieme di punti. Nel nostro caso, si ottiene la seguente funzione regressiva di potenza: $Y = \mathbf{55,7875} \cdot X^{0,2671}$; con un'ottima approssimazione ($R^2 = \mathbf{0,975}$) ed un errore, sulla magnitudo dei valori della **Us** (Y), di $\pm \mathbf{5\%}$, accettabile.

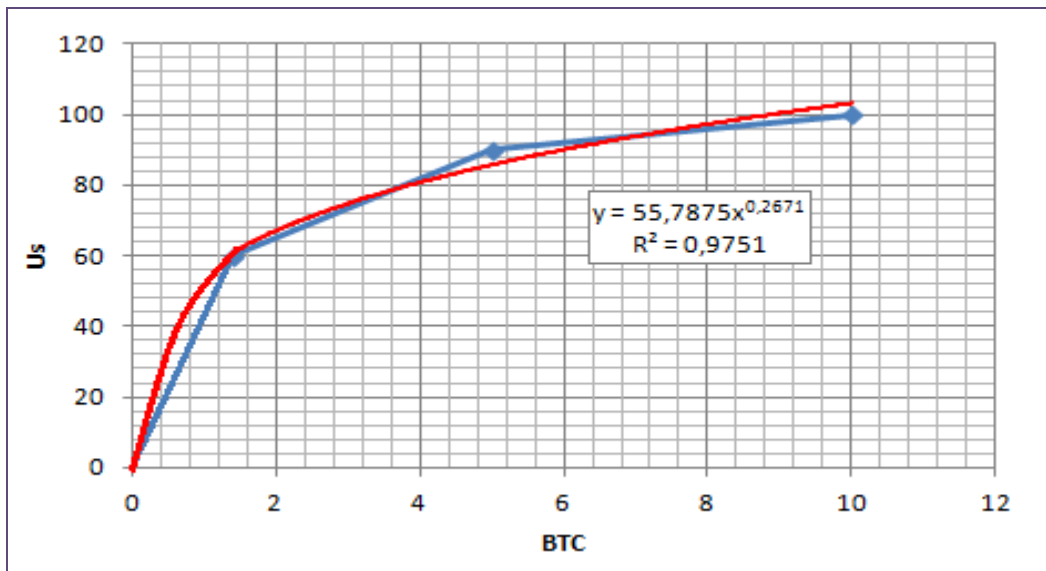


Fig. 1 – Rappresentazione dei valori dell'indice Us in funzione dei valori di BTC.

Per una rapida valutazione di attendibilità dei risultati, il calcolo viene eseguito su valori semplificati delle diverse aree, che assommano ad una St (Superficie Territoriale) di **1.000.000** [m²] considerata come valore costante, in entrambe i seguenti esempi (V. Ingegnoli, 2019).

- 1) **Su = Sue = 20** [ha] < 30 [%]; Sui = 0; Sa = 0; **Sab = 480** [ha]; **Sb = 480** [ha]; **Sbn = 20** [ha]
 onde St = **20 + 480 + 480 + 20 = 1.000** [ha]

$$BTC_m = [(0,30 \cdot 20) + (2 \cdot 480) + (5 \cdot 480) + (10 \cdot 20)] / 1.000 = \mathbf{3,57}$$

per cui essendo $1,4 \leq \mathbf{3,57} \leq 5,0$ sarà:

$(\mathbf{3,57} - 1,4) : X = (5 - 1,4) : (90 - 60)$ onde **X = 18,08** per cui **Us = 60 + 18,08 = 78,08**. Con la funzione regressiva si sarebbe trovato subito: **Us = 55,7875 · 3,57^{0,2671} = 78,37** con un errore del **3,7** ‰.

Utilizzando sempre i valori tabellari, la percentuale di **Habitat Antropizzato (HU)**, sarà:

$$HU = [(95 \cdot 20) + (85 \cdot 480) + (10 \cdot 480) + (15 \cdot 20)] / 1.000 = \mathbf{47,80} \text{ [\%]} - \text{Area d'agricoltura protettiva}$$

$$BTC_N = 0,0007 \cdot HU^2 - 0,1518 \cdot HU + 8,85 = 0,0007 \cdot 47,80^2 - 0,1518 \cdot 47,80 + 8,85 = \mathbf{3,19} \text{ (Fig. 2).}$$

$$BF = BTC_m / BTC_N = 3,57 / 3,14 = 1,14 > \mathbf{0,85} \text{ Indice di Funzionalità Bionomica.}$$

Dato che dai calcoli eseguiti, il valore medio della BTC_m rilevata è risultato di 3,57 (Mcal/m²)/anno, mentre il valore della BTC Normale, per la riscontrata percentuale HU dell'ecotopo in questione, sarebbe dovuta essere di 3,19, significa che l'Unità di Paesaggio (UdP) considerata, raggiunge una BTC un po' più alta del normale (+ 11,91 %) e, quindi, non si riscontrano né sensibili alterazioni ambientali né palesi disfunzioni ecologiche. Se si considera, infine, il paesaggio come un mosaico composto da diverse tessere (cd patches), corrispondenti ai diversi usi del suolo, attraverso l'**indice di dominanza (D)**, derivato dall'**indice di diversità (H)**, è possibile comprendere, meglio e nel tempo, la frammentazione paesaggistica (biodiversità) e la sua evoluzione, in quanto si basa sulla variazione dei rapporti dimensionali (Shannon & Weaver, 1965/1971; O' Neil et Al., 1988):

$$D = \ln(n) + H = \ln(n) + \sum [(n_i/N) \cdot \ln(n_i/N)] = \mathbf{0,53} \quad (\text{Classe di dominanza Media})$$

ossia

$$D = \ln(4) + (20/1000 \cdot \ln(20/1000)) + (480/1000 \cdot \ln(480/1000)) + (480/1000 \cdot \ln(480/1000)) + (20/1000 \cdot \ln(20/1000)) = \mathbf{0,53}$$

Con

n_1 = superficie della singola classe d'uso del suolo;

N = superficie totale dell'area in studio;

n = numero delle classi di uso del suolo coinvolte.

CLASSE DI DOMINANZA		INDICE D (MAGNITUDO)
I	BASSA	$\leq 0,20$
II	MEDIO-BASSA	$0,20 \div 0,40$
III	MEDIA	$0,40 \div 0,60$
IV	ALTA	$0,60 \div 0,80$
V	MOLTO ALTA	$0,80 \div 1,00$

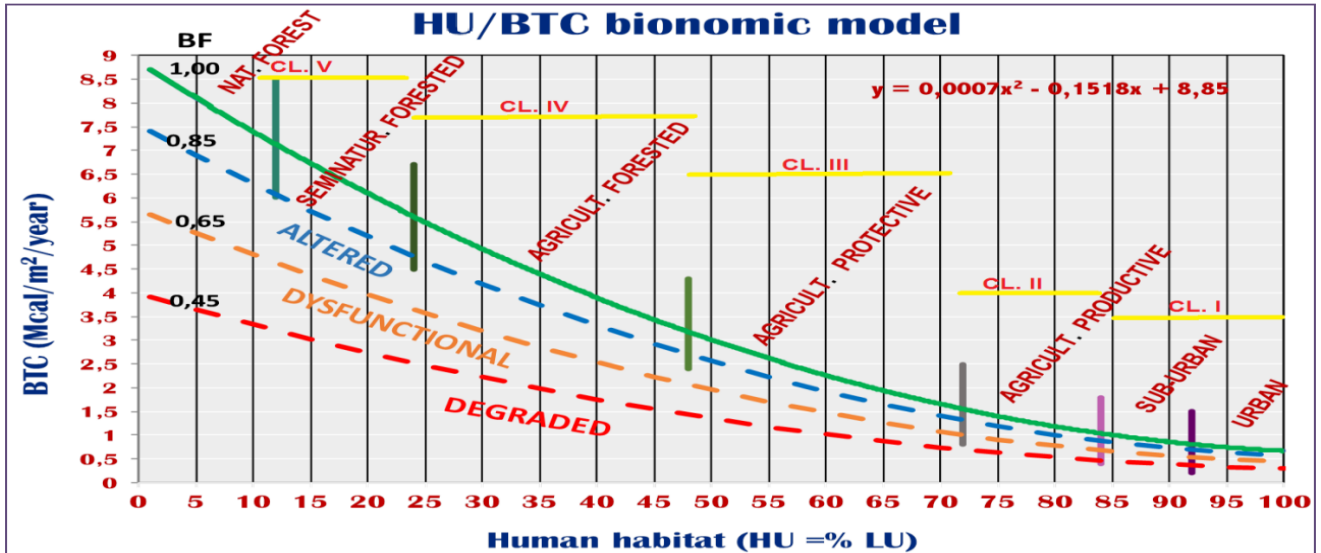


Fig. 2 - Modello diagnostico HU/BTC, misuratore dello stato bionomico di UdP (Landscape Unit o LU).

Il fascio di curve tratteggiate, nel grafico HU-BTC di Fig. 2, indicano quattro intervalli o Classi di Funzionalità Bionmica BF = $BTC_{RILEVATA} / BTC_{NORMALE}$, che sono così sintetizzabili (Tab. 3; V. Ingegnoli, 2019): il primo (BF = $0,85 \div 1,00$) indica il massimo grado di tolleranza, rispetto la normalità, il secondo (BF = $0,85-0,65$) rappresenta un primo grado di alterazione, il terzo (BF = $0,65 \div 0,45$) riguarda un maggiore livello di disfunzione, il quarto (BF = $< 0,10 - 45$) indica un completo degrado dell'Unità di Paesaggio considerata (UdP o LU).

2) $S_{ue} = 200$; $S_{ui} = 150$; $S_u = 350 > 30$ [%]; $S_a = 500$; $S_{ab} = 0$; $S_b = 150$; $S_{bn} = 0$ onde $St = 1.000$ [ha]

$$BTC_m = [(0,3 \cdot 200) + (0,15 \cdot 150) + (1,3 \cdot 500) + (4 \cdot 150)] / 1.000 = 1,33$$

per cui essendo $0 \leq 1,33 \leq 1,40$ sarà:

$1,4: 60 = 1,33 : X$ onde $X = U_s = 57$. Con la funzione regressiva si sarebbe trovato subito: $U_s = 55,7875 \cdot 1,33^{0,2671} = 60$ con un errore $\leq 5\%$.

$$HU = [(95 \cdot 200) + (100 \cdot 150) + (90 \cdot 500) + (10 \cdot 150)] / 1.000 = 80,50 \text{ [%]} - \text{Area d'Agricoltura produttiva}$$

$$BTC_N = 0,0007 \cdot HU^2 - 0,1518 \cdot HU + 8,85 = 0,0007 \cdot 80,50^2 - 0,1518 \cdot 80,50 + 8,85 = 1,17$$

$BF = BTC_m / BTC_N = 1,33 / 1,17 = 1,14 > 0,85$: l'UdP non presenta alterazione ambientali e/o disfunzioni ecologiche.

$$D = \ln(n) + H = \ln(n) + \sum[(n_i/N) \cdot \ln(n_i/N)] = 0,15 \text{ (Classe di dominanza BASSA)}$$

Come si vede, al diminuire dell'indice di Dominanza di Shannon, si verifica una diminuzione della dominanza di alcune tessere paesaggistiche, su altre, con un conseguente aumento della complessità del mosaico ambientale analizzato (\uparrow **maggiore biodiversità**) ed una ben più ampia **diversificazione** del suo **sistema ecologico**.

Classi	Indice diagnostico	Stato di salute del sistema	Note fisio-patologiche	Livelli terapeutici necessari
I	0,85-1,00	Entro la norma	Plateau omeostatico, disturbi incorporabili	Può bastare la prevenzione
II	0,65-0,85	Scompenso più o meno palese	Necessità di compensazione	Salute instabile, necessità di qualche terapia
III	0,45-0,65	Alterazione più o meno grave	Danni strutturali e funzionali	Sindrome palese, terapia e intervento
IV	< 0,10-0,45	Trasformazioni degenerative	Degrado non recuperabile	Gravi disfunzioni, difficoltà di intervento

Tabella 3 – Matrice sinottica di valutazione diagnostica ambientale parametrica secondo il BF.

BTC E DENSITA' ABITATIVA

L'indice BTC, varia in coerenza con una corretta valutazione delle scelte urbanistiche che riguardano la densità abitativa, in quanto la formula riequilibra opportunamente i valori dell'indice, pur mantenendo un coefficiente maggiore di **0,30** delle aree di minore densità insediativa, rispetto al coefficiente assegnato alle aree di urbanizzazione intensiva, pari a **0,15**. A chiarimento di quanto esposto, di seguito si porta uno specifico esempio. Si consideri un Comune di $St = 1.000$ [ha] con una superficie urbanizzata intensiva $S_{ui} = 100$ [ha], che intenda incrementare la sua popolazione di **1.000** abitanti. Mantenendo costante la superficie naturale esistente, si avranno due possibilità di sviluppo, centrate su nuove **aree a bassa** (Soluzione che chiameremo **A**) ovvero ad **alta** (Soluzione che chiameremo **B**) **densità insediativa**, non considerando, per semplicità, scelte intermedie od il recupero urbanistico di aree dismesse. Con la soluzione **A** (urbanizzazione estensiva), si avrà un indice attendibile di **200** m³/abitante e, indicativamente, un It (indice di densità territoriale) di **0,5** m³/m² (*case a schiera, alloggi unifamiliari e simili*). La superficie necessaria, per realizzare le espansioni edilizie, sarà ricavata dalla trasformazione di aree agricole (S_a), in aree urbanizzate estensive (S_{ue}), e verrà così quantificata:

$$200 \text{ m}^3/\text{abitante} \cdot 1.000 \text{ abitanti} = 200.000 \text{ [m}^3\text{]}$$

Per le aree di trasformazione: $St = 200.000 \text{ [m}^3\text{]}/0,5 \text{ [m}^3\text{/m}^2\text{]} = 400.000 \text{ [m}^2\text{]}$ ossia **40** [ha] di aree agricole (S_a) da urbanizzare estensivamente.

La valutazione della BTC, relativa allo stato di fatto, porta al seguente valore di stima:

$$S_{ui} = 100 \text{ [ha]} < 30 \text{ [%]}; S_a = 850 \text{ [ha]}; S_b = 50 \text{ [ha]} \text{ onde } St = 1.000 \text{ [ha]}$$

$$BTC_m = [(0,15 \cdot 100) + (1,5 \cdot 850) + (5 \cdot 50)]/1.000 = 1,54$$

$(1,54 - 1,4) : X = (5 - 1,4) : (90 - 60)$ onde $X = 1,17$ e $U_s = 60 + 1,17 = 61,2$ (ossia $U_s = 62,6$ con la formula regressiva di potenza).

La BTC relativa alle previsioni di trasformazione, realizzate con la Soluzione A comporterà:

$$S_{ui} = 100 \text{ [ha]} S_{ue} = 40 \text{ [ha]} (S_u < 30 \% St) S_a = 850 - 40 = 810 \text{ [ha]}; S_b = 50 \text{ [ha]}$$

$$BTC_m = (0,15 \cdot 100) + (0,30 \cdot 40) + (1,5 \cdot 810) + (5 \cdot 50)/1.000 = 1,49$$

$(1,49 - 1,4) : X = (5 - 1,4) : (90 - 60)$ onde $X = 0,75$ e $U_s = 60 + 0,75 = 60,8$ (ossia $U_s = 62$ con la formula regressiva di potenza).

Come si vede, la Soluzione A comporta un decremento del valore BTC pari al **3,25** %.

Con la Soluzione B (urbanizzazione intensiva), si avrebbe un indice attendibile di **100** m³/abitante e, indicativamente, un It = **1,4** m³/m² (*edifici multipiano in linea, case torre e simili*).

La St necessaria per realizzare le espansioni edilizie sarebbe ricavata dalla trasformazione di aree agricole (S_a), in aree urbanizzate intensive (S_{ui}) e verrebbe così quantificata:

$$100 \text{ m}^3/\text{abitante} \cdot 1.000 \text{ abitanti} = 100.000 \text{ [m}^3\text{]}$$

Per le aree di trasformazione: $S_t = 100.000 \text{ m}^3/11,4 \text{ m}^3/\text{m}^2 = 71.430 \text{ [m}^2\text{]}$ ossia 7,14 [ha] di aree agricole da urbanizzare intensivamente.

La BTC relativa alle previsioni di trasformazione da realizzare con la Soluzione B varrebbe:

$$S_{ui} = 100 + 7,14 = 107,14 \text{ [ha]}; S_a = 850 - 7,14 = 843 \text{ [ha]}; S_b = 50 \text{ [ha]}.$$

$$BTC_m = (0,15 \cdot 107,14) + (1,5 \cdot 843) + (5 \cdot 50)/1.000 = \mathbf{1,53}.$$

$(1,53 - 1,4) : X = (5 - 1,4) : (90 - 60)$ onde $X = 1,08$ e $U_s = 60 + 1,08 = 61,1$ (ossia $U_s = 62,5$ con la formula regressiva).

Si dimostra la coerenza dei valori di BTC, con la scelta urbanistica più corretta ossia la Soluzione B che privilegia il contenimento dell'urbanizzazione del suolo e la conseguente salvaguardia delle aree agricole, con un decremento della BTC di appena $1,6 \text{ ‰} \ll \mathbf{3,25 \%}$.

BTC NELLE AREE D'URBANIZZAZIONE DIFFUSA

Il fenomeno dell'**urbanizzazione diffusa** (cd *urban sprawl* o *sprinkling*), presente in molte aree periferiche metropolitane, così come lo **sviluppo urbano lineare** (cd *linear urban development*), ha un effetto negativo sul consumo di suolo, che va ben oltre la sottrazione di terreno agricolo interessato direttamente dagli insediamenti. Preventivamente, su base cartografica informatizzata (GIS), si rilevano gli insediamenti e si contornano, con una fascia marginale (buffer) di 50 m (analogamente si contornano le strade extra-urbane con una doppia fascia di 30 m). Le superfici così ottenute, che comprendono gli insediamenti veri e propri, possono essere valutate con un indice della BTC pari a **0,30**.

LA COMPENSAZIONE AMBIENTALE PREVENTIVA

La compensazione ambientale, nelle trasformazioni urbanistiche, eseguita preventivamente ossia già in fase di bozza del Documento di Piano, ne dovrebbe assicurare più attendibilmente la fattibilità e realizza, in proporzioni approssimativamente calcolabili, l'obiettivo di assorbimento delle emissioni di CO₂. Un valore di accettabile e prudente approssimazione si colloca intorno a **10** ton di CO₂/(anno · ha di bosco), con uno standard di **400** latifoglie per ettaro (APAT, 2002), mentre circa la metà ossia **5** ton di CO₂/(anno · ha di macchia), sarebbe assorbita con uno standard di **800** arbusti e/o cespuglieti. Introducendo uno standard convenzionale di edificazione di $X \text{ m}^3/\text{m}^2$ come indice di fabbricabilità fondiaria, con riferimento alle Classi **A, B, C, D, E** ed **F** di **Prestazione Energetica** (PE), si potrebbe arrivare a fissare uno standard, di ha di superficie di compensazione, per ha di superficie edificata, secondo le diverse Classi A, B, C, D, E, ed F. Il calcolo comporterebbe l'utilizzo di valori standard anche per il rapporto tra kWh consumati per m² per anno ed emissioni di CO₂, rispetto ai diversi tipi di combustibile utilizzati (Tab. 3). Nella combustione del metano, si producono, infatti, per **1,0** kWh termico prodotto, **0,20** kgCO₂ [un edificio di **500** m², in classe **A1**, ad esempio, annualmente produrrebbe: $500 \text{ m}^2 \cdot 40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{anno}) \cdot 0,20 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = \mathbf{4.000}$ kgCO₂/anno].

[kWh/(m ² · anno)]	CLASSI ENERGETICHE	[kWh/(m ² · anno)]
	A4	< 20
20	A3	25
25	A2	35
35	A1	45
45	B	55
55	C	70
70	D	90
90	E	120
120	F	160
	G	> 160

Scala di classificazione degli edifici sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile EPgl (1 EPgl \cong 46 kWh/m²)

DESTINAZIONE D'USO DEL SUOLO [Us]	CO ₂ ASSORBITA PER ETTARO [tCO ₂ /ha]
Aree urbanizzate	5
Viabilità stradale ed Aree a parcheggio impermeabili	5⁽¹⁾
Aree a parcheggio permeabili	10
Aree a verde (<i>vegetazione rada</i>)	15
Aree a verde (<i>arbustato e/o cespugliato</i>)	30
Aree a verde (<i>alberato</i>)	120

(1) Si stima una produzione di CO₂, generata dal comparto veicolare, di circa **105** tCO₂/ha.

Per una verifica dei limiti suesposti, concernenti la improponibilità delle compensazioni ambientali che si pongono l'obiettivo di un riequilibrio complessivo della St comunale, si riportano, in appresso, due esempi di crescente criticità, schematicamente esposti, con parametri semplificati.

A) Si consideri un territorio comunale dove il Documento di Piano (DdP), dopo la fase attuativa del Piano di Governo del Territorio (PGT) preveda, complessivamente, un territorio urbanizzato pari al **35 %** della St.

St = 1.000 [ha]; Sui = 200 [ha], Sue = 150 [ha]; Su = **350** [ha] > 30 [%] St; Sa = 600 [ha]; Sb = 50 [ha].

BTC_m = [(0,15 · 200) + (0,30 · 150) + (1,3 · 600) + (4 · 50)]/1.000 = **1,06**

1,4 : 60 = 1,06 : X onde X = **Us = 45,43** (Us < 60: **Classe Medio Bassa**)

Se si ipotizzasse una compensazione con 130 [ha] di Sa trasformati in Sb, si avrebbe:

Sui = 200 [ha]; Sue = 150 [ha]; Sa = 600 - 130 = 470 [ha]; Sb = 50 + 130 = 180 [ha]

BTC_m = [(0,15 · 200) + (0,30 · 150) + (1,3 · 470) + (4 · 180)]/1.000 = **1,41**

(1,41 - 1,4) : X = (5 - 1,4) : (90 - 60) onde X = 0,08 e **Us = 60 + 0,08 = 60,08** > 60 (**Classe Medio Alta**)

Si ottiene un valore sufficiente dell'indice Us impegnando il **13 [%]** di St come ambito di compensazione e riducendo del 22 [%] la superficie agricola produttiva Sa.

B) Si, consideri, ora, un territorio comunale dove il DdP preveda alla conclusione della fase attuativa del PGT un territorio urbanizzato pari al **45 [%]** della St.

St = 1.000 [ha]; Sui = 300 [ha]; Sue = 150 [ha]; Su = **450** [ha] > 40 [%] St; Sa = 500 [ha]; Sb = 50 [ha]

BTC_m = [(0,15 · 300) + (0,30 · 150) + (1,2 · 500) + (3 · 50)]/1.000 = **0,84**

1,4 : 60 = 0,84 : X onde X = **Us = 36** (Us < 60: **Classe Medio Bassa**)

Se si ipotizzasse una compensazione con 320 [ha] di Sa trasformati in Sb, si avrebbe:

Sui = 300 [ha]; Sue = 150 [ha]; Sa = 500 - 320 = 180 [ha]; Sb = 50 + 320 = 370 [ha]

$BTC_m = [(0,15 \cdot 300) + (0,30 \cdot 150) + (1,2 \cdot 180) + (3 \cdot 370)] / 1.000 = 1,42$

$(1,42 - 1,4) : X = (5 - 1,4) : (90 - 60)$ onde $X = 0,17$ e $Us = 60 + 0,17 = 60,17 > 60$ (Classe Medio Alta)

Si ottiene un valore sufficiente dell'indice Us impegnando il **32** [%] di St come ambito di compensazione e riducendo del **64** [%] la superficie produttiva. Risulta evidente, da questi due esempi, la grande difficoltà di operare interventi di compensazione ambientale in territori pesantemente compromessi, dove si rendono improponibili interventi compensativi, di grande portata, come quelli in fattispecie.

LA SUPERFICIE FILTRANTE DELLE AREE URBANIZZATE

Nell'ambito dell'UdP è molto utile conoscere la capacità filtrante e di drenaggio dell'area urbanizzata. In merito, da un punto di vista urbanistico, si ricorre, indicativamente, al **coefficiente di afflusso** che, esprimendo il rapporto fra la superficie impermeabile e la superficie totale dell'UdP (St), in esame, esprime, indirettamente, il rapporto fra afflussi precipitati e defluiti sulla stessa. Il coefficiente di deflusso è, solitamente, calcolato su un periodo di un anno: in questo modo non risente della stagionalità. Il suo valore medio ponderato vale:

$$\varphi_m = \sum_i (S_i \cdot \varphi_i) / S_t$$

Tipo	DESCRIZIONE DELLA TIPOLOGIA URBANISTICA	φ
Sui	Indica la superficie urbanizzata intensiva con alta densità insediativa .	0,80
Sue	Indica la superficie urbanizzata estensiva con bassa densità insediativa .	0,60
Sa	Indica la superficie delle aree agricole produttive con tecniche meccanizzate e monoculture.	0,30
Sab	Indica la superficie delle aree agricole protettive con presenza di filari arboreo arbustivi, rogge e simili.	0,25
Sb	Indica la superficie resiliente delle aree verdi urbane, aree umide, aree boscate, coltivate, e simili.	0,20
Sbn	Indica la superficie resistente delle aree naturali e forestali esenti da impatti antropici	$\leq 0,10$
CLASSI: B = 0,80 Bassa; MB = 0,60 Medio-Bassa; M = 0,30 Media; MA = 0,25 Medio-Alta; A \leq 0,20 Alta.		

BIBLIOGRAFIA

[1] Vittorio Ingegnoli, (1990): " *Fondamenti scientifici dell'ecologia del paesaggio: teoria e applicazioni*", Linea Ecologica, N. 4.

[2] Giacomo A. Graziani (2012): " *Guida alla stima della VAS Pre-valutazione della sostenibilità delle scelte di piano con indicatori omogenei ai parametri urbanistici*". Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna.

[3] APAT (2002): " *Assorbimento e fissazione di carbonio nelle foreste e nei prodotti legnosi d'Italia*", Rapporti 21, Roma.

[4] ISPRA (2010): " *La realizzazione in Italia del Progetto Corine Land Cover 2006*", Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.

[5] Luigi Fanizzi (2020): " *Ecologia del Paesaggio*", Cat. Ambiente in genere, S. Cat. Dottrina www.Lexambiente.it

[6] Vittorio Ingegnoli (2019): " *Infrastrutture ecologiche e diagnosi dell'ambiente*", In: Governo dei Parchi; Aracne Editrice, Roma.

[7] Claude Elwood Shannon e Warren Weaver (1971): " *La teoria matematica delle comunicazioni*", Ed. Etas Kompas, Milano.