

Milano, 25 settembre 2015 Palazzo Lombardia sala Biagi

Sessione Suoli

Giuliano Sauli, Lorenzo Pellizzari – AlPIN – *La* segregazione del carbonio negli interventi di Ingegneria Naturalistica















Calcolo della capacità di assorbimento della CO2

Fustaie	CO2 assorbita dai popolamenti forestali
Abete bianco	5,38
Larice	4,92
Faggio	8,64
Pini mediterranei	6,01
Querce caducifoglie	5,24
Leccio	5,72*
Cerro	7,14*
Valore medio fustaia	6,47
Cedui	CO2 assorbita dai popolamenti forestali
Faggio	6,40
Castagno	8,17
Querce	5,37
Valore medio ceduo	6,35

Capacità di assorbimento della CO2 nel suolo

Per quanto riguarda la capacità di assorbimento della CO₂ da parte di suoli tecnogenici si riportano i valori medi ottenuti da Coelho A. T. et al. (2010) su scarpate stradali in Brasile a 10 anni di distanza dalla realizzazione.

Tipo di intervento	Quantità di carbonio organico del suolo [ton/ha]	Quantità equivalente di CO ₂ [tonCO ₂ /ha]
Semina più geotessile in fibra vegetale	21,30	78,05
Semina più geotessile tridimensionale in fibra vegetale	17,37	63,65
Semina con mulch di fibre	17,53	64,24
Non intervento	3,86	14,14
Semina	19,25	70,54

Sulla base dei dati disponibili per singolo intervento di IN sono stati selezionati 15 siti, distribuiti tra le aree alpine dell'Italia nord-orientale e le aree appenniniche dell'Italia centro-settentrionale, da sottoporre ad analisi relativamente alla verifica dei tassi di assorbimento del carbonio.



ADS	Località	Superficie [m²]
ADS1-Fella	Fiume Fella <u>loc</u> . Malborghetto-Valbruna (UD)	3
ADS2-Fella	Fiume Fella <u>loc</u> . Malborghetto-Valbruna (UD)	6
ADS3-Rivoli	Rivoli bianchi Tolmezzo (UD)	6
ADS4-Moggio	Ferrovia Pontebbana a Moggio Udinese (UD)	8
ADS5-Ridrac	Diga di Ridracoli (FC)	84
ADS6-Giust	Miniera di Giustino in Val Rendena (TN)	50
ADS7-Atina	Atina (FR)	-
ADS8-Vallelu	Rio Valleluce (FR)	360
ADS9-RocCa	Rocca di Cambio (AQ)	-
ADS10-Anie	Fiume Aniene (Roma)	-
ADS11-Mut	Rio Mutino (PU)	35
ADS12-F.Arr	Foce Torrente Arrone (VT)	-
ADS13-Bibb	Fiume Arno – <u>Loc</u> . Bibbiena (AR)	600
ADS14-Alento	Fiume <u>Alento</u> - <u>Loc</u> . San Leonardo (PE)	1.160
ADS15-Foro	Fiume Foro – <u>Loc</u> Miglianico (PE)	600

Rilievi in campo – Analisi stazionali e misura del soprassuolo

Per ogni ADS sono stati eseguiti:

- 1.rilievo delle coordinate GPS del baricentro dell'ADS;
- 2. rilievi dendrometrici della componente arborea ed arbustiva

i.conteggio ed identificazione delle specie arboree ed arbustive presenti;

ii.conteggio del numero di getti per singola pianta;

iii.misura ipsometrica dell'altezza delle piante rilevate;

iv.misura diametro della componente arbustiva e delle plantule 10 cm circa sopra il colletto (misurato tramite calibro millimetrato, diametro massimo e suo ortogonale);

v.misura diametro della componente arborea 1,3 m sopra il colletto (misurato tramite calibro dendrometrico, diametro massimo e suo ortogonale);

3. rilievo fitosociologico areale (spinto a volte anche oltre la perimetrazione dell'ADS, ma sempre realizzato sulle strutture).

Rilievi in campo – Verifica della biomassa

1. solo per i siti ADS 1, ADS2, ADS 6 è stato eseguito il taglio raso della vegetazione, la pesatura della biomassa fresca, il prelievo e l'invio in laboratorio, per l'analisi del peso secco, di un campione di fusto o di branche principali di circa 10 cm di lunghezza e diametro compreso tra 1 e 4,5 cm;

Stima del volume

Per la stima del volume delle specie rilevate si è fatto riferimento alle Tavole Dendrometriche dell'Emilia-Romagna (TDER).

La formula utilizzata è la seguente, in quanto è l'unica in grado di dare una stima accettabile del volume per individui di dimensioni eccedenti i minimi (<5 cm) (novellame e specie arbustive) o massimi riportati nelle TDER, oltre che per le conifere (cipresso, larice, cedro, pino domestico, marittimo e strobo) e per il salice.

$v=\pi/4*(d/100)2*h*0,5*1000$

Stima del peso fresco

Il volume dei singoli individui è stato moltiplicato per il peso specifico della specie di appartenenza, ottenendo, così, il suo corrispondente peso fresco.

La bontà della stima di calcolo del peso fresco è stata verificata tramite taglio, asportazione e pesatura diretta delle specie arboree ed arbustive relativamente alle ADS1-Fella ed ADS2-Fella presso la località Malborghetto-Valbruna (UD).

Stima del peso secco

Il peso fresco di tutte le specie rilevate in una ADS è stato moltiplicato per i fattori di conversione peso fresco-peso secco derivati dall'analisi di laboratorio effettuata presso lo stabilimento Fantoni di Rivoli di Osoppo (UD).

Il fattore di riduzione del peso dovuto al tasso di umidità, così come derivante dalla media dei valori misurati per le stazioni ADS1, ADS2, ADS6, è risultato essere pari al 37,86% sul peso fresco.

Calcolo della capacità di assorbimento della CO2

La stima dell'immagazzinamento della CO₂ nelle piante è stata compiuta tenendo conto che il contenuto in carbonio di 1 g di tessuto vegetale essiccato contiene circa 0,42 g di carbonio che corrispondono a circa 1,54 g di CO₂.

1 g biomassa secca = 1,54 g di CO₂

Questa relazione è stata desunta da Manes et al., 1993. Estimate of the CO2 anthropogenic emission compared with the photosynthetic fixation by woody cumulated biomass in Italy. Annali di Botanica vol.LI, 1993.

Results

I tassi di assorbimento del carbonio da parte della componente arboreo-arbustiva presente nelle ADS considerate sono riportati nella seguente tabella. Come si vede alcuni siti di indagine (ADS7, ADS9, ADS10), per caratteristiche stazionali, problematiche amministrative o semplicemente per mancato sviluppo della componente arbustiva ed arborea non sono hanno fornito dati di interesse.

Codice ADS	Località	Tipo costruttivo	Capacità assorbimento CO ₂ [kgCO ₂ /m²]	Tasso assorbimento annuo [tonCO ₂ /ha anno]
ADS1	F. Fella (UD)	Terra verde rinforzata	9,73	7,48
ADS2	F. Fella (UD)	Materasso spondale	6,38	4,91
ADS3	Rivoli Bianchi (UD)	Briglia in gabbioni	3,64	2,62
ADS4	Pontebbana (UD)	Muro in gabbioni	2,96	2,11
ADS5	Diga Ridracoli (FC)	Rivestimento vegetativo a materasso	2,49	1,31
ADS6	Miniera Giustino (TN)	Rivestimento vegetativo a materasso	19,66	7,28
ADS7	Atina (FR)	Terra verde rinforzata	Interdizione del fo	ndo dalla proprietà
ADS8	Rio Valleluce (FR)	Gabbionata spondale	9,85	7,57
ADS9	Rocca di Cambio (AQ)	Terra verde rinforzata	Dati insufficienti per	il calcolo della CO ₂
ADS10	Fiume Aniene Roma	Materasso spondale	Presenza della sola (componente erbacea
ADS11	Rio Mutino (PU)	Gabbionata spondale	11,38	7,11
ADS12	Torrente Arrone (VT)	Materassi spondali	-	
ADS13	Fiume Arno Bibbiena(AR)	Gabbionate spondali	44,70	7,58
ADS14	Fiume Alento (PE)	Materassi spondali e gabbioni	36,72	12,24 ^(*)
ADS15	Fiume Foro (PE)	Materassi spondali e gabbioni	20,84	6,95

La seguente Tabella contiene il calcolo dell'assorbimento potenziale di CO₂ derivante dall'impiego di strutture in rete metallica per il territorio nazionale limitatamente al soprassuolo di tipo arboreo ed arbustivo. Dalla media sono stati esclusi i valori limite (troppo bassi o troppo alti) derivanti da condizioni stazionali o da situazioni di campionamento particolari.

Tipo costruttivo	Venduto negli ultimi 6 anni in Italia [m²]	Capacità di assorbimento CO ₂ [kgCO ₂ /m ²]	Assorbimento potenziale CO ₂ [tonCO ₂]	Tasso di assorbimento annuo [tonCO ₂ /ha anno]	Assorbimento annuo potenziale [tonCO ₂ /ha anno]
Terramesh	1.000.000	9,73	9.730,00	7,48	748,00
Materasso spondale	100.000	9,51	951,00	4,50	73,00
Gabbioni in rete metallica	2.400.000	21,69	52.056,00	7,30	1.752,00
TOTALE	3.500.000	13,64*	62.737,00	6,43*	2.573,00

^{(*) =} Media dei singoli valori

Assorbimento potenziale di CO₂ per il territorio nazionale in base ai dati di vendita degli ultimi 6 anni di strutture in rete metallica

Applicando il valore monetario, pari a 15,80 €/ton, riferito ai ratei per il sequestro di CO₂ del Chicago Climate Exchange del 12 maggio 2009 riportato in Coelho A. T. et al. (2010) si ottengono i valori per ettaro per anno riportati in Tabella.

Codice ADS	Località	Tipo costruttivo	Tasso assorbimento annuo apparato radicale tonCO ₂ /ha	Tasso assorbimento annuo soprasuolo tonCO ₂ /ha	Tasso assorbimento annuo suolo tonCO ₂ /ha	Tasso assorbimento annuo generale tonCO ₂ /ha	Valore monetario potenziale del sequestro di CO ₂
			anno	anno	anno	anno	[€/ha/anno]
ADS1	F. Fella (UD)	Terra verde rinforzata	2,26	7,48	7,85	17,59	255,28
ADS2	F. Fella (UD)	Materasso spondale	1,48	4,91	7,85	14,24	202,46
ADS3	Rivoli Bianchi (UD)	Briglia in gabbioni	0,79	2,62	7,85	11,26	155,24
ADS4	Pontebbana (UD)	Muro in gabbioni	0,64	2,11	7,85	10,60	144,85
ADS5	Diga Ridracoli (FC)	Rivestimento vegetativo a materasso	0,50	1,31	7,85	9,66	129,98
ADS6	Miniera Giustino (TN)	Rivestimento vegetativo a materasso	2,20	7,28	7,85	17,33	251,17
ADS7	Atina (FR)	Terra verde rinforzata		1	Vessun valore		
ADS8	Rio Valleluce (FR)	Gabbionata spondale	2,29	7,57	7,85	17,71	257,15
ADS9	Rocca di Cambio (AQ)	Terra verde rinforzata		1	Nessun valore		,
ADS10	Fiume Aniene Roma	Materasso spondale		1	Nessun valore		
ADS11	Rio Mutino (PU)	Gabbionata spondale	2,15	7,11	7,85	17,11	247,67
ADS12	Torrente Arrone (VT)	Materassi spondali		- 70	7,85	7,85	
ADS13	Fiume Arno Bibbiena(AR)	Gabbionate spondali	2,29	7,58	7,85	17,72	257,32
ADS14	Fiume Alento (PE)	Materassi spondali e gabbioni	3,69	12,24 ^(*)	7,85	11,54	159,79
ADS15	Fiume Foro (PE)	Materassi spondali e gabbioni	2,10	6,95	7,85	16,90	244,36

La seguente tabella contiene, infine, il calcolo dell'assorbimento potenziale di CO₂ derivante dall'impiego di strutture in rete metallica, sulla base dei dati di vendita delle Officine Maccaferri S.p.a., per il territorio nazionale. Dalla media sono stati esclusi i valori limite (troppo bassi o troppo alti) derivanti da condizioni stazionali o da situazioni di campionamento particolari. Sono, inoltre, riportati i valori monetari potenziali corrispondenti.

	Venduto	Capac	Capacità di assorbimento CO2			Valore monetario potenziale	∨alore monetario	
Tipo costruttivo	negli ultimi 6 anni	Soprassuolo	Apparato radicale	Suolo	assorbimento generale CO ₂	del sequestro di CO ₂	aiiii	
	[ha]	[tonCO ₂ /ha]	[tonCO ₂ /ha]	[tonCO ₂ /ha]	[tonCO ₂ /ha]	[€/ha]	[€]	
Terramesh	100	97,3*	29,34*	78,5	205,14	3.241,28	324.128,00	
Materasso spondale	10	95,1*	29,34*	78,5	202,94	3.206,48	32.064,80	
Gabbioni in rete metallica	240	216,9*	65,45*	78,5	360,85	5.701,39	1.368.333,60	
TOTALE							1.724.526,40	

^{(*) =} Media dei singoli valori

Assorbimento potenziale di CO₂ per il territorio nazionale in base ai dati di vendita Maccaferri S.p.a. degli ultimi 6 anni di strutture in rete metallica e corrispettivi monetari



Materassi verdi realizzati in opera Miniera di Giustino 1986- Foto: G. Sauli



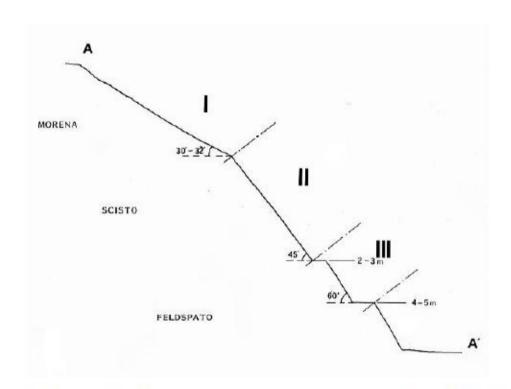
Interventi di ricomposizione morfologica e rivegetazione con rilevati sostenuti da gabbionate e terre rinforzate verdi durante i lavori (1986), Miniera di Giustino Val Rendena (TN) - Foto G. Sauli

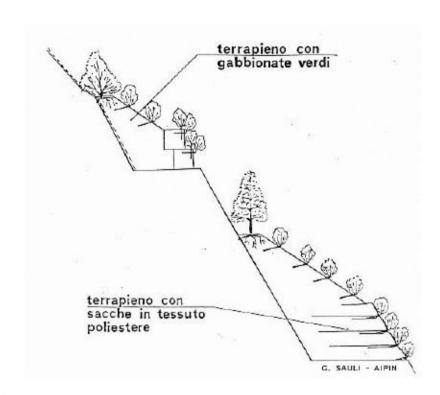


Miniera di Giustino dopo 10 anni - Foto: G. Sauli



Interventi di ricomposizione morfologica e rivegetazione con rilevati sostenuti da gabbionate e terre rinforzate verdi dopo 1 anno (1987), Miniera di Giustino - Foto G. Sauli

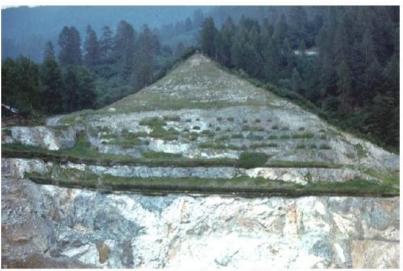




- I lo strato di copertura in morena scavato a 30°-32°;
- II lo strato di roccia scistosa di contatto con il giacimento, scavato a 45°;
- III- il giacimento di feldspato vero e proprio coltivato a gradoni di 10 m di alzata e 3-5 m di pedata.

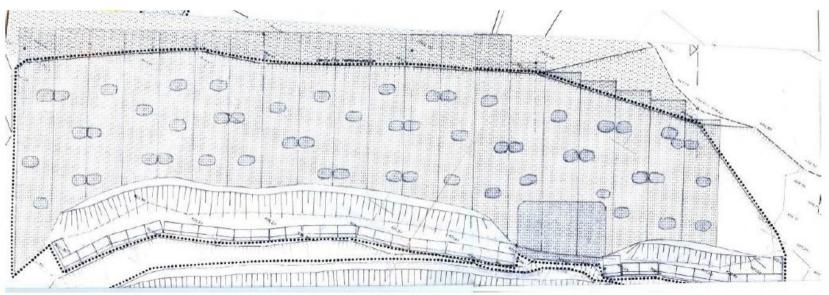


Realizzazione di materassi a sacche in rete metallica e stuoia sintetica tridimensionale riempite di terreno e rivegetate, Miniera di Giustino - Foto G. Sauli

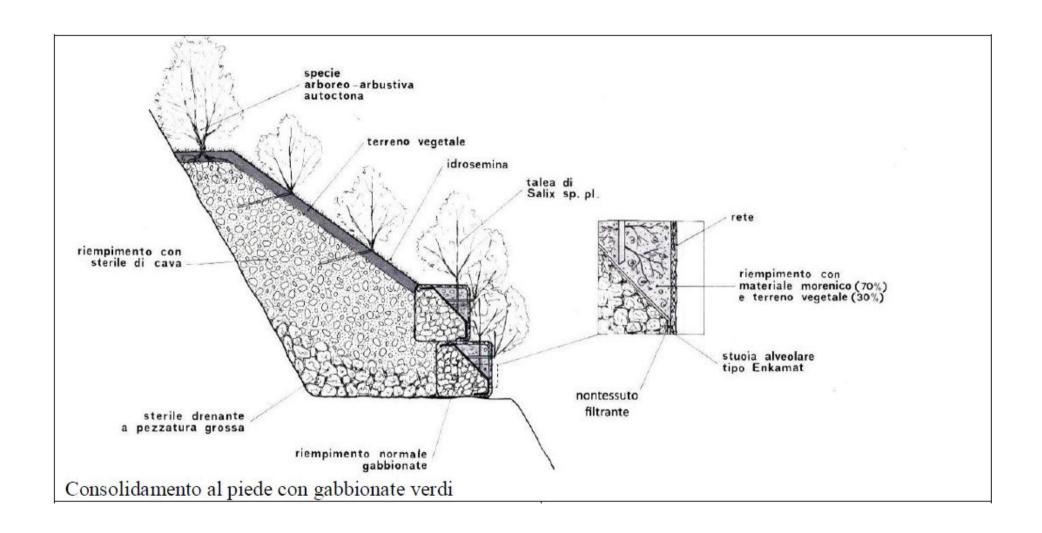


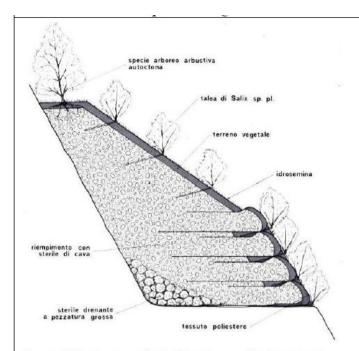
Realizzazione di materassi a sacche in rete metallica e stuoia sintetica tridimensionale riempite di terreno e rivegetate Miniera di Giustino, visione d'insieme (1986) - Foto G. Sauli.

SCANSIONI DA "PROGETTO RIPRISTINO AMBIENTALE della Miniera di Giustino

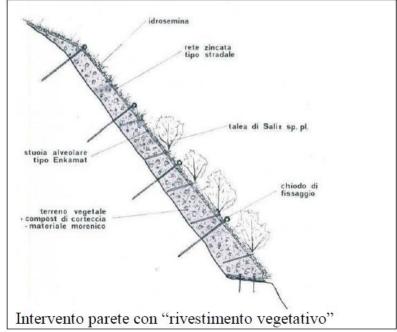


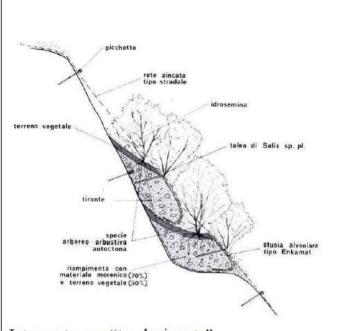
Planimetria





Consolidamento al piede con sacche in tessuto poliestere "tipo Stabilenka





Intervento con "tasche in rete"



Miniera di Giustino dopo 27 anni (foto G. Sauli) 12.08.2013



Panoramica ravvicinata (Foto G. Sauli) 12.08.2013



Talee di salice disposte all'interno delle gabbionate con disposizione irregolare. T. Mutino (PS) – (Foto G.Sauli 2001)



Torrente Mutino (Frontino - PU), Gabbionata con talee – (Foto P. Cornelini giugno 2001)



Torrente Mutino (Frontino - PU), Gabbionata con talee (Foto P. Cornelini luglio 2005)



Torrente Mutino (Frontino - PU), Gabbionata con talee (Foto G. Sauli novembre 2013)

Interventi a verde e segregazione del carbonio su strade e autostrade (estrapolazione)

Viene presentata una stima delle quantità in tonnellate di CO2 equivalente segregate negli interventi a verde sulle scarpate stradali in Italia e relativa stima monetaria in euro in corrispondenti crediti di carbonio.

E' stata presa in considerazione la rete stradale Italiana calcolando che le Strade Statali e le Autostrade (compresi svincoli e complanari) sommano a Km 25.279

RETE VIARIA NAZIONALE	Km
Autostrade	2.964,70
Strade statali	22.314,30
Totale Rete Viaria Nazionale	25.279,00

Sono state considerate superfici in sviluppo di rispettivamente:

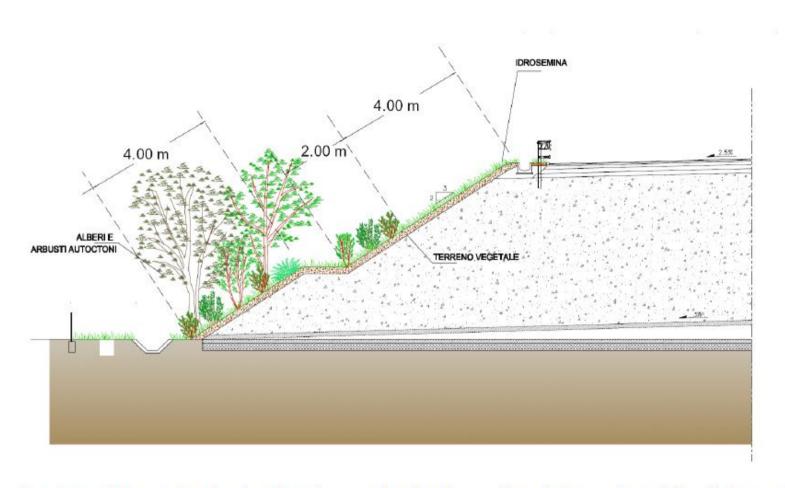
- 10 m per autostrade
- 6 m per strade statali

E di esse solo una percentuale parziale sul totale dei chilometri considerati riportato nelle tabelle di seguito riportate.

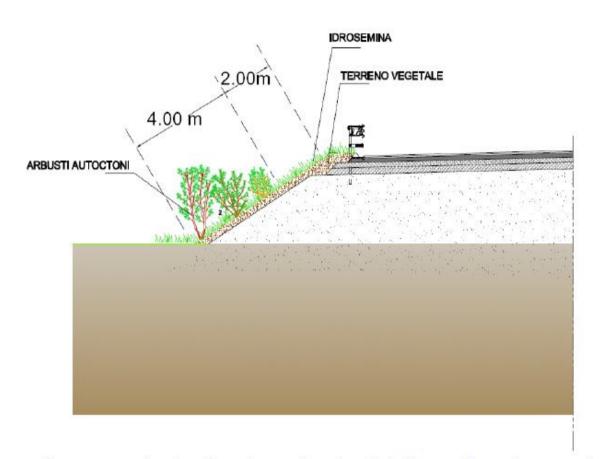
In particolare sono state considerate rinverdite:

- Il 70% delle scarpate Autostradali
- II 40 % delle scarpate delle Strade Statali

Le restanti percentuali sono considerate senza interventi a verde o con inte minimi che sono accorpati nella media considerata.



Sezione tipo scarpata in rilevato – autostrada – situazione potenziale di rivegetazione



Sezione tipo scarpata in rilevato – strada statale – situazione potenziale di rivegetazione

Dalla ricerca emergono le seguenti quantità stimabili di tonnellate di CO2/ha segregata

riferibili alle tre principali tipologie di rivegetazione normalmente operate nei settori infrastrutturali ed idraulici:

	Capacità di as	ssorbimento CC	Capacità di	Valore		
Tipo costruttivo	Soprassuolo	Apparato radicale	Suolo e prato	assorbimento generale CO ₂	monetario potenziale del sequestro di CO ₂	
	[tonCO ₂ /ha]	[tonCO ₂ /ha]	[tonCO ₂ /ha]	[tonCO ₂ /ha]	[€/ha]	
Suolo e prato	1	1	78,5	78,5	1.240,30	
Suolo, prato ed arbusti	97,3	29,34	78,5	205,14	3.241,21	
Suolo, prato, arbusti ed alberi	196,6	59,31	78,5	334,41	5.283,68	

Applicando poi il valore monetario pari a 15,80 €ton riferito ai ratei per il sequestro di CO2

e deducibile dal Chicago Climate Exchange del 12 maggio 2009 riportato in Coelho al. (2010) e Manes et al., 1993, si ottengono i valori monetari per ettaro per anno

AUTOSTRADE SITUAZIONE REALE ATTUALE

Sviluppo Rete Autostradale	Intervento tipo	Sviluppo scarpata m	Superficie ha	Capacità di assorbiment o generale CO ₂ [tonCO ₂ /ha]	TOTALE assorbimento CO ₂ [tonCO ₂]	Valore monetario potenziale del sequestro di CO ₂ [€/ha]	Valore monetario potenziale del sequestro di CO ₂ TOTALE€
scarpate di 10 m 70% della rete pari a m 2.057.290	Suolo e prato	10	4114,58	78,5	322.994,53	15,8	5.103.313,57
30% della rete pari a 889.410 m	Nessun intervento						
TOTALE	1			tonCO ₂	322.994,53	€	5.103.313,57

STRADE STATALI SITUAZIONE REALE ATTUALE

Sviluppo Rete Strade Statali	Intervento tipo	Sviluppo scarpata m	Superficie ha	Capacità di assorbimen to generale CO ₂ [tonCO ₂ /ha]	TOTALE assorbiment o CO ₂ [tonCO ₂]	Valore monetario potenziale del sequestro di CO ₂ [€/ha]	Valore monetario potenziale del sequestro di CO ₂ TOTALE €
40% della rete pari a m 8.925.720	Suolo e prato	6	10710,864	78,5	840.802,82	15,8	13.284.684,62
60% della rete pari a m 13.388.580	Nessun intervento						
TOTALE	•	•		tonCO ₂	840.802,82	€	13.284.684,62

Sintesi e conclusioni:

I metodo adottato è da considerarsi una stima approssimata:

- dal punto di vista quantitativo delle superfici
- Delle quantità di t/ha di CO2 segregata
- Della trasformazione monetaria del dato ponderale.

Nonostante i limiti evidenti del metodo valgono le seguenti considerazioni conclusive:

L'ANAS e la Società Autostrade per l'Italia dispongono di Crediti di Carbonio reali pari a circa rispettivamente: 13 milioni di euro e 5 milioni di euro;

Una stima di interventi potenziali di integrazione della dotazione a verde se esistenti scarpate potrebbe elevare tali valori rispettivamente a:

27 milioni di euro e 8 milioni di euro

- Il costo del verde si autofinanzia abbondantemente in vista delle detrazioni/cessioni di crediti di carbonio che sono in previsione entro il 2020

Settori di applicazione delle tecniche di Ingegneria Naturalistica

1) SISTEMAZIONI MONTANE/TERRITORIO

1. Difesa suolo, versanti, corpi franosi, sistemazioni montane in genere

1. Sistemazioni idrauliche spondali

1. Ricostruzioni morfologiche e di habitat

Settori di applicazione delle tecniche di Ingegneria Naturalistica

2) SISTEMAZIONI SETTORI INFRASTRUTTURALI

- 1. Rinaturalizzazione dighe in terra
- 2. Opere mitigazione/consolidamento in ambito stradale (€ 35 milioni carbon credit) e ferroviario
 - a) Consolidamento e stabilizzazione scarpate
 - b) Barriere e rilevati vegetati antirumore
 - c) Vasche di sicurezza ecosistemi filtro
 - d) Fasce di vegetazione tampone
 - e) Ricostruzione di habitat
 - f) Mantenimento della continuità faunistica (recinzioni, sottopassi, sovrapassi uso faunistico, scale di risalita per ittiofauna,...)

Settori di applicazione delle tecniche di Ingegneria Naturalistica

2) SISTEMAZIONI SETTORI INFRASTRUTTURALI

- 3. Metanodotti, condotte interrate
- 4. Elettrodotti, stazioni elettriche
- 5. Interporti, centrali elettriche, insediamenti industriali puntuali
- 6. Cave, discariche
- 7. Porti, coste
- 8. Stabilizzazione dune costiere
- 9. Ricostruzione barene lagunari
- 10. Coperture verdi (edilizia, industria,...)

Estrapolando quantità potenziali di verde – ingegneria naturalistica in tutti i settori di ca. 20 volte quelli stimati per le sole strade e trasformando in termini monetari si otterrebbe un accantonamento in crediti di carbonio derivante da segregazione di CO2:

- Suolo
- cotici erbosi
- -vegetazione legnosa

Pari a ca. 7 miliardi da spalmare in 10 anni