



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA VITA E
DELL'AMBIENTE

Corso di laurea triennale in Scienze Biologiche

TESI DI LAUREA

***INTRODUZIONE DI RED SOIL IN AMBIENTE MARINO COSTIERO E
IMPATTO SULLE POPOLAZIONI DELLE SCOGLIERE CORALLINE***

Input of red soil in coastal marine environment and impact on populations of coral reefs

Report sugli effetti di un rilascio anomalo di sedimenti nel reef ad Okinawa

Candidato:

Fabio Palermo

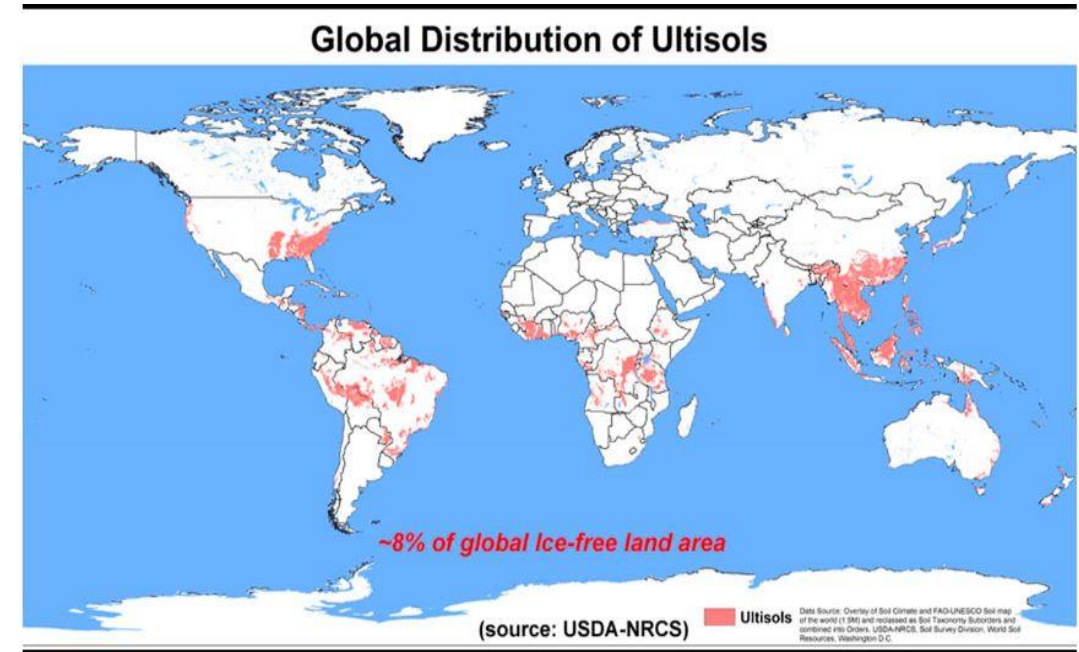
Relatore:

Prof.ssa Cinzia Corinaldesi



INTRODUZIONE AL PROBLEMA

- **Red soil**, definizione ampia di un particolare tipo di suolo che presenta numerose sfaccettature, che vanno dal giallo-rosso al marrone scuro-rosso.
- **Nella classificazione USDA** viene inserito nel macro-gruppo degli **ULTISOL**, ricopre l'8% della superficie delle terre emerse. (Simonson 1994)
- Caratteristico di climi tropicali, subtropicali e di pochissime zone temperate.
- 55% del territorio della prefettura di Okinawa, Sud-est Cina, Sud-est Stati Uniti. (Zhu et al. 2002) (Zhao et al 2008) (Vuai et al. 2001) (Yamano et al.2015)
- Natura mineralogica e impatto umano lo rendono uno dei **terreni con più alto tasso di erosione**. Quest'ultima risulta essere un **problema** in svariate parti del mondo. (Simonson 1994) (Zhu et al. 2002) (Zhao et al 2008) (Vuai et al. 2001) (Yamano et al.2015) (Zeck et al. 2008)



Particle size	GRC	RG
Coarse sand (2-0.2mm)	13.88	6.78
Fine sand (0.2-0.02mm)	42.07	37.94
Silt (0.02-0.002mm)	36.07	45.22
Clay (<0.002mm)	7.81	10.06
Soil texture	Loam	Loam
Color	10YR 8/8 Yellow orange	10YR 7/4 Dull yellow orange

(Particle red size (Vuai et al. 2001))

RED SOIL ED OKINAWA

CARATTERISTICHE DEL TERRITORIO

- Okinawa, NW del Pacifico ($26^{\circ} 20' 8''N - 127^{\circ} 48' 5''E$)
- Clima sub-tropicale, stagionalità delle *piogge* ($2,200 \text{ mm/yr.}$)
- SST che va dai 21°C ai 28°C (estate-inverno)

SITUAZIONE STORICO POLITICA DELL'ISOLA

- **1972**, il Giappone riammette l'arcipelago e da inizio allo sviluppo agricolo ed economico
- Forte espansione urbana e ancor più forte espansione agricola, Okinawa diventa il maggior produttore di canna da zucchero del Giappone. (Higa et al. 1995) (Omija et al.2002) (Matsuoka 2006) (Yamano et al.2015)
- **Proprio l'agricoltura risulta essere la prima fonte di inquinamento da red soil.**
- **1995**, legge di prevenzione Red Soil e enforcement. Nuove regole per l'edilizia e per l'agricoltura, spesso non rispettate.

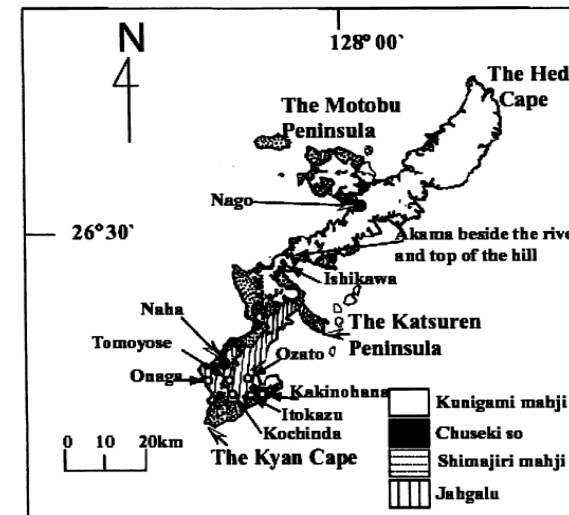


Fig. 1. Map of Okinawa Island showing soil distribution and sampling sites. ○ Sampling location.



AFFLUSSO SEDIMENTI – ANALISI DELLA SITUAZIONE ATTUALE E DATI STORICI

Non è possibile una valutazione accurata della situazione attuale (al 2019) a causa della mancanza di dati.

Dalle ultime analisi risalenti al 2002 sappiamo che il problema era presente e la maggiore causa di questo è attribuibile all'agricoltura.

- L'agricoltura continua ad essere considerata ancora oggi la causa principale. (Yamano et al. 2015)

VALUTAZIONE AL 2002

- In media il tasso di erosione si attestava sui **400ton*km2/Year** (Vuai et al. 2001)
- Dal 1983 al 2002, tramite l'utilizzo del **protocollo SPSS**, che quantifica i sedimenti in **kg/m3**, sono state calcolate i livelli di sedimentazione.
- Al 2002 l'impatto umano è forte, riduzione del 20% del problema.

OKINAWA NORD

OKINAWA SUD

SESOKO ISLAND

表 2. 赤土条例施行前後におけるSPSS (kg/m³) 比較
条例施行前は1983~1995年, 施行後は1996~2002年

測定海域	条例施行	地点数	のべ数	SPSS	施行後 施行前
伊平屋・伊是名村	前	12	12	24.0	1.17
	後		12	28.1	
沖繩島北部	前	157	547	51.3	0.72
	後		527	36.8	
沖繩島中南部	前	26	84	38.4	1.10
	後		128	42.4	
久米島町	前	27	30	52.5	0.66
	後		27	34.9	
慶良間諸島	前	10	13	9.7	0.75
	後		12	7.3	
宮古諸島	前	6	11	23.9	1.05
	後		6	25.2	
石垣市	前	53	129	62.0	0.81
	後		59	50.4	
竹富町	前	18	18	29.3	1.15
	後		18	33.8	
全体	前	309	844	45.5	0.80
	後		789	36.3	

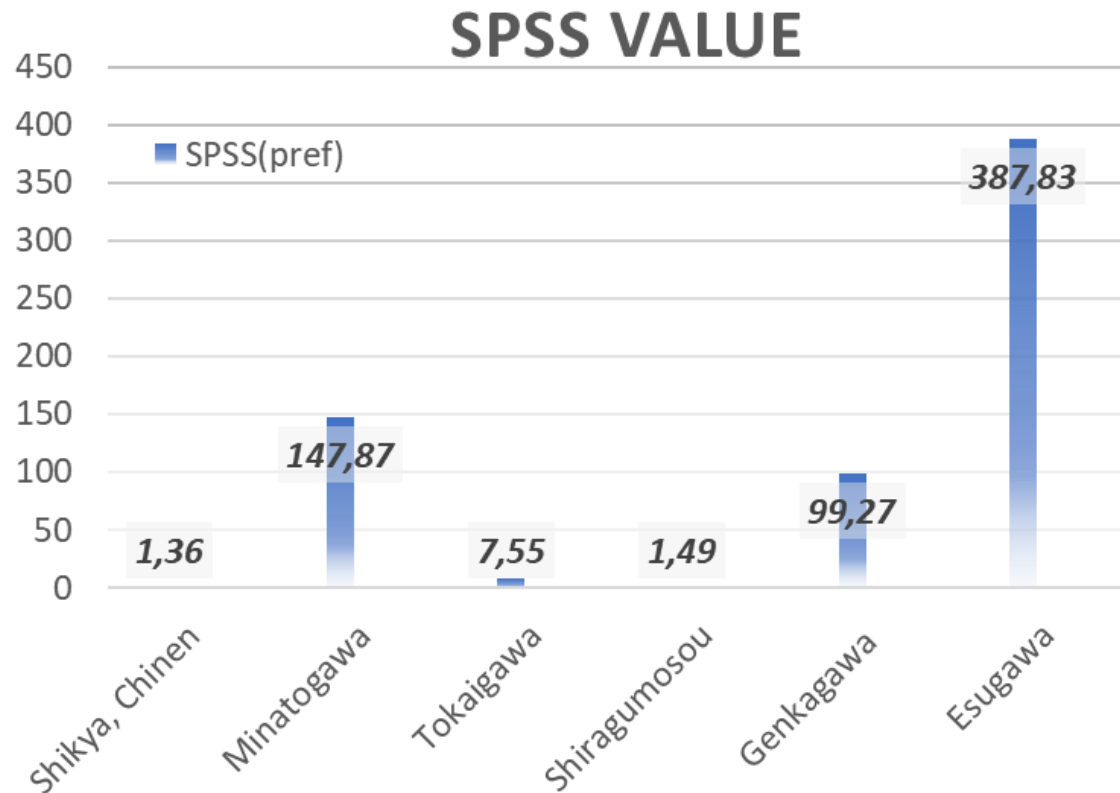
DATI STORICI (1983-2002)

(Omija et al. 2002)

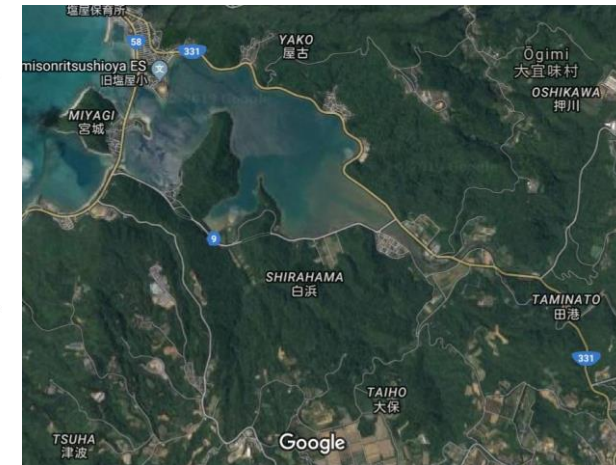
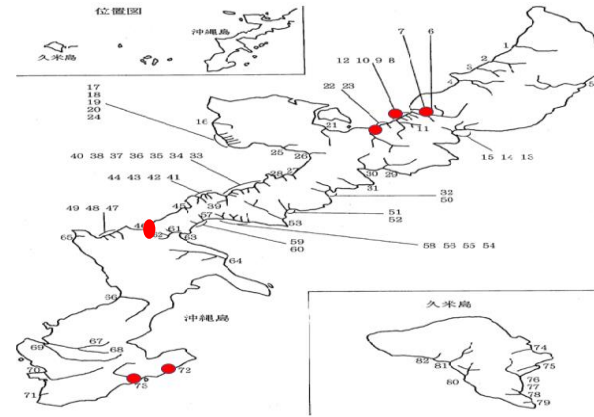
AFFLUSSO SEDIMENTI – INDAGINE E RACCOLTA DATI, PERIODO 2018

Durante la permanenza ad Okinawa per un *periodo di campionamento di ca. 4 mesi*, sono stati raccolti campioni e valutati i valori SPSS di 6 affluenti.

- Per ogni sito sono stati selezionati tre punti, ciascuno campionato 3 volte. (un totale di 9 campioni)
- L'operazione è stata ripetuta due volte nel corso dei quattro mesi.
- La quantità di sedimenti sospesi è stata valutata con metodo SPSS.



Nella tabella sono presenti i valori SPSS di 6 affluenti.



SPSS · kg/m³			底質状況、その他参考事項
下限	ランク	上限	
	1	<0.4	定量限界以下。きわめてきれい。白砂がひろがり生物活動はあまり見られない。
0.4 ≦	2	<1	水中で砂をかき混ぜても懸濁物質の舞い上がりを確認しにくい。白砂がひろがり生物活動はあまり見られない。
1 ≦	3	<5	水中で砂をかき混ぜると懸濁物質の舞い上がりが確認できる。生き生きとしたサンゴ礁生態系が見られる。座間味村阿嘉島。
5 ≦	4	<10	見た目ではわからないが、水中で砂をかき混ぜると懸濁物質で海が濁る。生き生きとしたサンゴ礁生態系が見られる。座間味村阿嘉島。透明度良好。
10 ≦	5a	<30	注意して見ると底質表層に懸濁物質の存在がわかる。生き生きとしたサンゴ礁生態系の上限ランク。
30 ≦	5b	<50	底質表層にホコリ状の懸濁物質がかぶさる。透明度が悪くなりサンゴ被度に悪影響が出始める。
50 ≦	6	<200	一見して赤土等の堆積がわかる。底質攪拌で赤土等が色濃く懸濁。ランク6以上は、明らかに人為的な赤土等の流出による汚染があると判断。
200 ≦	7	<400	干潟では靴底の様相がくっきり。赤土等の堆積が著しいがまだ砂を確認できる。樹枝状ミドリイン類の大きな群体は見られず。塊状サンゴの出現割合増加。
400 ≦	8		立つと足がめり込む。見た目は泥そのもので砂を確認できない。赤土汚染耐性のある塊状サンゴが砂漠のサボテンのように点在。

IMPATTI ECOLOGICI DEI REFLUSSI

- **INCREMENTO FERRO** a causa del discarico di sedimenti, effetto **su Stylophora pistillata** (Ferries-Page Christine et al. 2001) (Arakaki et al. 2005)
- Risposta simile ad uno stress termico, **PROTEINA PPD9-1 (HSP 70)** osservata **su Pocillopora Damicornis** (Hashimoto et al. 2004)
- **AUMENTO ACIDIFICAZIONE** come diretto effetto dell'incremento di Al^{3+} (livelli alluminio di 0,38 mg/L) e Si (Mkdam et al. 2006)(Stevenson et al. 1999) (Vuai, Ishiki et al. 2003)(Evangelou, V. 1998)
- **DIMINUZIONE RESILIENZA E VARIAZIONE COPERTURA DOPO EVENTI DI STRESS, COME STRESS TERMICO**
 1. **Caso di studio 1:** Chuki Hongo*, Hiroya Yamano (2013) Species-Specific Responses of Corals to Bleaching Events on Anthropogenically Turbid Reefs on Okinawa Island, Japan, over a 15-year Period (1995–2009)
 2. **Caso di studio 2:** R. van Woeseik, K. Sakai, A. Ganase & Y. Loya (2011) Revisiting the winners and the losers a decade after coral bleaching Mar. Ecol. Prog. Ser. 434:67-76

	GRC	RG
Na ₂ O	0.05	0.13
K ₂ O	0.77	3.11
CaO	0.03	0.01
MgO	0.20	0.64
Fe ₂ O ₃	3.85	5.36
Al ₂ O ₃	9.58	20.02
SiO ₂	79.00	65.67
Ignition loss	4.40	5.60
Total	98.03	100.54

Chemical composition % (Vuai et al 2001)

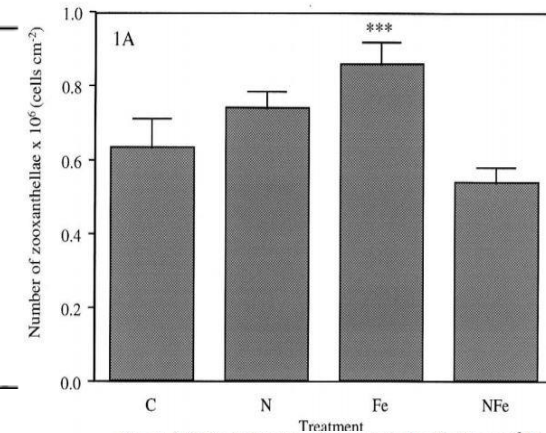


Fig. 1. (A) Areal density of zooxanthellae (cells cm⁻²) in (N), iron (Fe) and nitrate+iron (NFe) treatments. (B) colonies sampled from the same treatments. *** Signifi mean and standard deviation of four samples. (Ferries-page et al 2001)

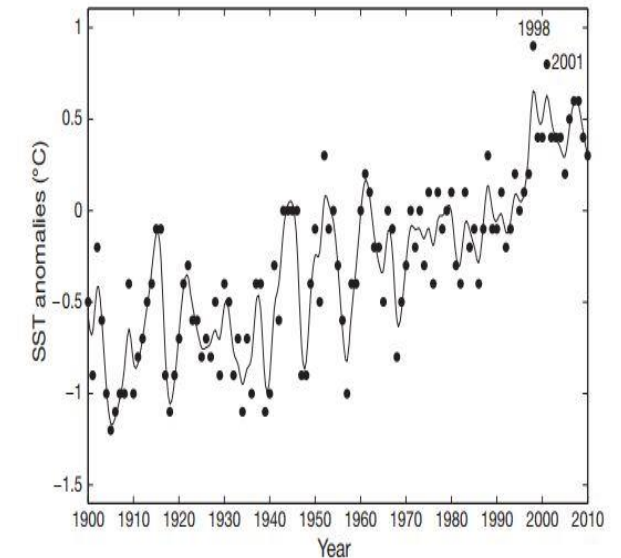


Fig. 1. One hundred and ten years of sea surface temperature (SST) anomalies for the South East China Sea region, where Sesoko Island is located. A smoothing spline (adj. R² = 0.8324) was fitted through the annual data (residual mean squared error = 0.1934); data were derived from the Japan Meteorological Agency (www.data.kishou.go.jp/db/nagasaki/nagasaki_warm/areaB_SST.txt)

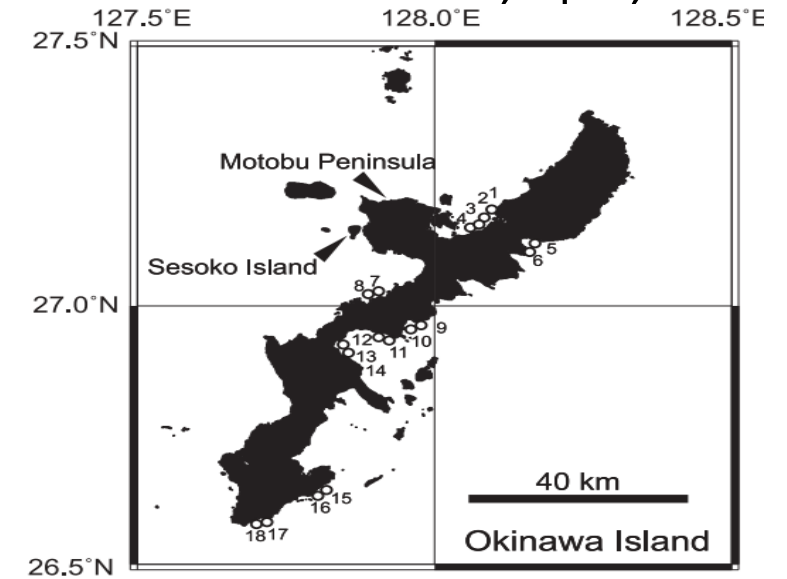
CASO DI STUDIO 1 OKINAWA ISLAND

Species-Specific Responses of Corals to Bleaching Events on Anthropogenically Turbid Reefs on Okinawa Island, Japan, over a 15-year Period (1995–2009)

- Bleaching 1998-2001.
- Ambiente impattato.

METODI:

- Data set 1998 - 2009
- 18 siti di campionamento
- I siti di campionamento scelti in base al **valore max. SPSS**. (*tab. S2-1 presa da Omija, 2002*)
- Per ogni sito di campionamento è stato utilizzato il **metodo del quadrato (2x2m²)**, coprendo ogni volta una **superficie** che andava dai **68 agli 80 m quadri**.
- La copertura corallina è stata valutata prendendo **79 specie, 20 generi appartenenti a 13 famiglie**.

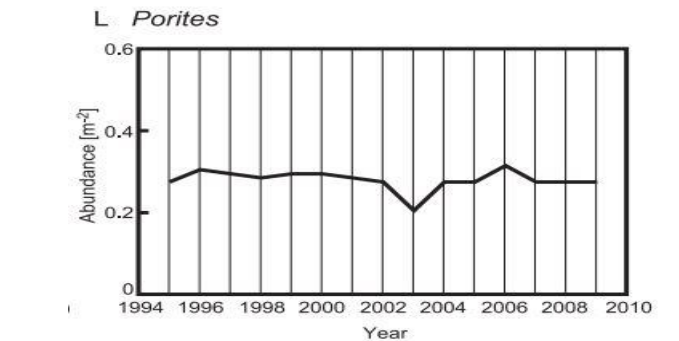
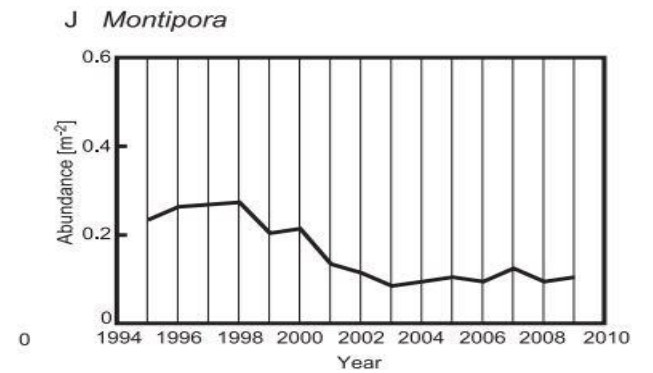
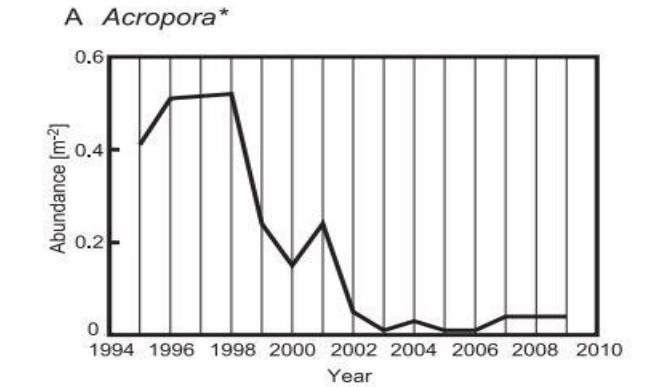
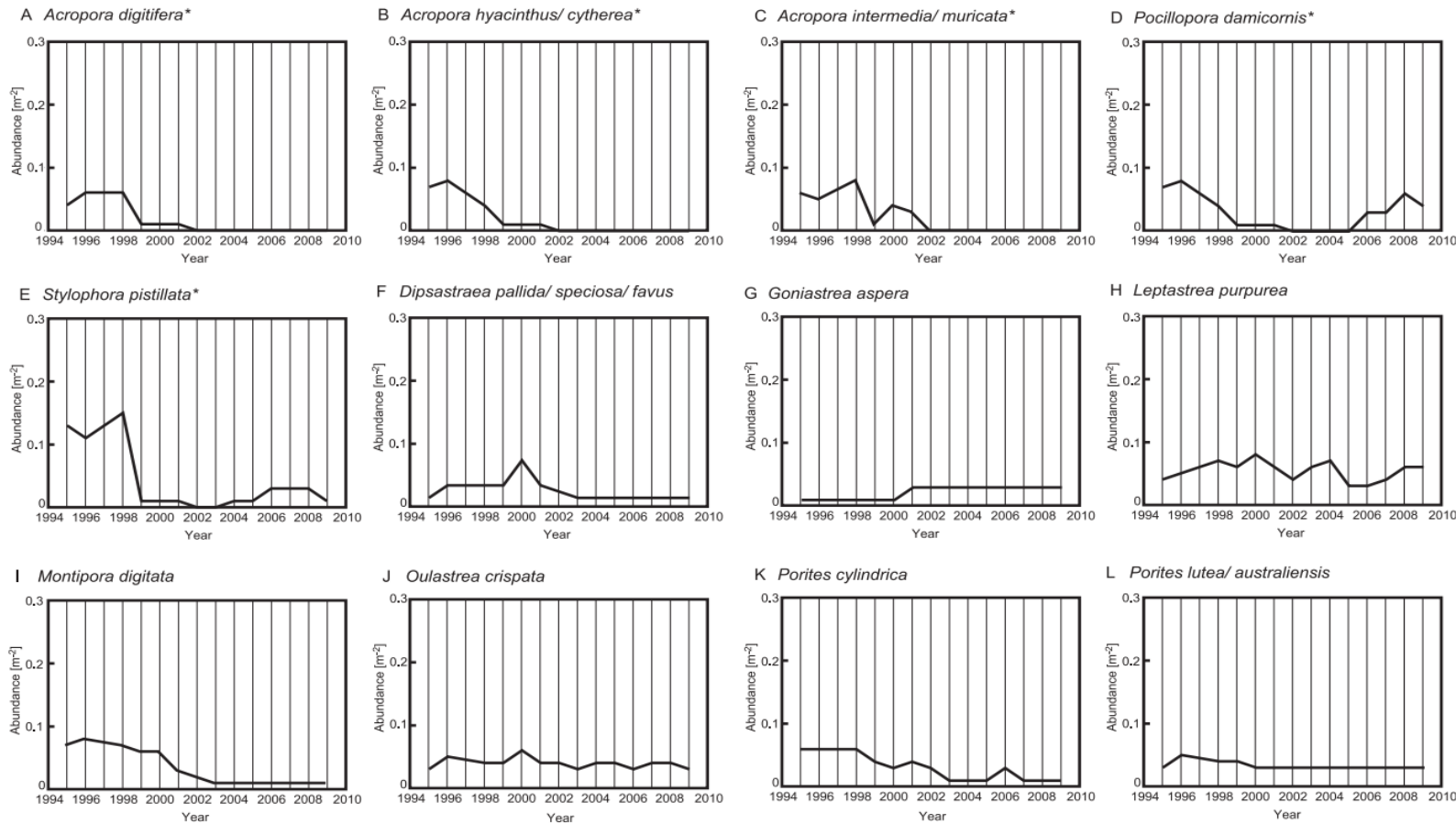


Site*	SPSS _{max} (kg/m ³)	Rank in SPSS**
1	37.8	5b
2	303.3	7
3	47.9	5b
4	71.9	6
5	244.4	7
6	604.7	8
7	21.2	5a
8	19.6	5a
9	58.8	6a
10	344.6	7
11	56.4	6
12	49.0	5b
13	143.1	6
14	132.5	6
15	70.1	6
16	60.6	6
17	27.3	5a
18	39.0	5a

Table S2-1.

RISULTATI:

- La copertura totale si è ridotta *dal 24,4% nel 1995, al 12,21% nel 1999 fino al 7,5% nel 2009, registrando una perdita media annua dell'1.1%.*
- Perdita di specie chiave (Hongo 2012).



CASO DI STUDIO 2, SESOKO ISLAND

R. van Woesik, K. Sakai, A. Ganase & Y. Loya (2011) Revisiting the winners and the losers a decade after coral bleaching *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 434:67-76

- Studio effettuato a **Sesoko Island** piccola isola a nord di Okinawa Island, **zona protetta**.
- La presenza di **Red Soil** qui è **irrilevante** (*Omija et al. 2002*) (*Yamano et al. 2015*)

METODI:

- Data set *1997 al 2010*.
- Utilizzo metodo del quadrato ($2 \times 2 \text{m}^2$), coperti all'incirca *2500 m²*

RISULTATI:

- Copertura ritornata a livelli pre-bleaching
- Molte specie chiave risultano vincitori a lungo termine.

測定海域	条例施行	地点数	のべ数	SPSS	施行後 施行前
SESOKO ISLAND	前後	10	13 12	9.7 7.3	0.75

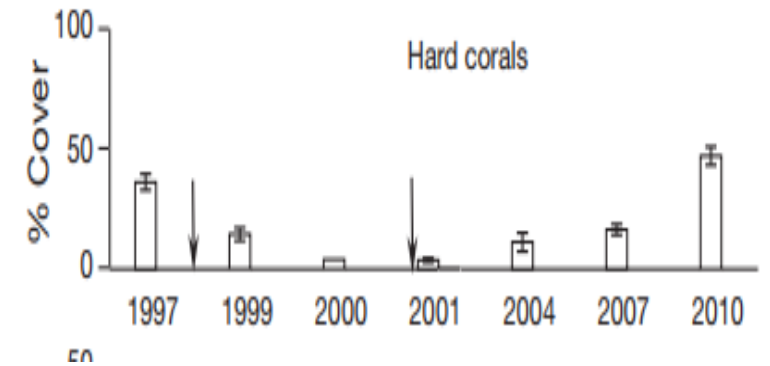


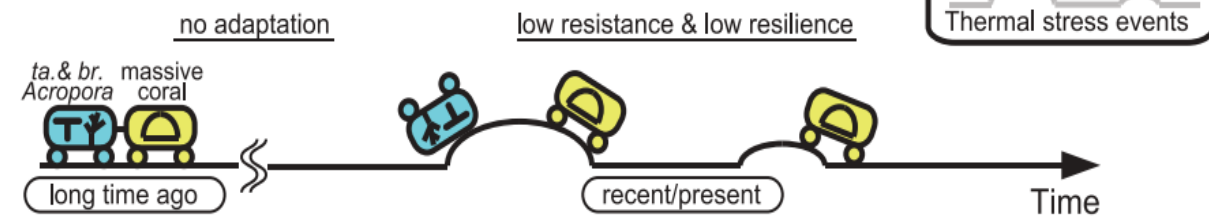
Table 1. Structural shifts in the coral community from 1997 to 2010, with respect to relative abundance and relative percentage coral cover (both measures of mean \pm SE percent contribution to living population), at Sesoko Island, Okinawa. Winners were coral species that increase in their relative contribution to the total living cover, and losers were coral species that decreased in their relative contribution. ns: not significant; *p < 0.05; **p < 0.01; ***p < 0.001. Absence indicated by (-)

Coral species	Growth form	Relative abundance (%)							
		1997	1999	1997 vs. 1999	2000	1997 vs. 2000	2010	1997 vs. 2010	1999 vs. 2010
STONY CORALS									
(a) Long-term winners									
<i>Acropora digitifera</i>	Branched	3.35 \pm 1.02	-	**	21.33 \pm 3.09	***	3.51 \pm 0.71	ns	***
<i>Acropora gemmifera</i>	Branched	0.20 \pm 0.20	-	ns	12.68 \pm 2.04	***	3.19 \pm 0.55	***	***
<i>Acropora hyacinthus</i>	Tabulate	1.18 \pm 0.71	-	ns	-	ns	0.72 \pm 0.31	ns	*
<i>Favites chinensis</i>	Massive	0.59 \pm 0.33	-	ns	0.86 \pm 0.48	ns	2.31 \pm 0.66	*	**
<i>Goniastrea aspera</i>	Massive	8.68 \pm 1.83	24.08 \pm 7.75	**	25.07 \pm 3.44	**	15.95 \pm 2.46	*	ns
<i>Leptastrea purpurea</i>	Encrusting	1.38 \pm 0.78	8.98 \pm 5.81	ns	0.58 \pm 0.58	ns	27.59 \pm 6.90	***	**
<i>Montipora altasepta</i>	Branched	0.20 \pm 0.20	-	ns	0.58 \pm 0.40	ns	1.99 \pm 0.61	**	***
(b) Short-term winners with no change in the long term									
<i>Leptastrea transversa</i>	Encrusting	3.16 \pm 1.27	10.20 \pm 3.63	*	-	**	5.66 \pm 1.95	ns	ns
<i>Massive Porites</i>	Massive	6.31 \pm 1.16	13.47 \pm 3.37	*	-	***	7.67 \pm 1.18	ns	ns
(c) Short-term losers, long-term winners									
<i>Montipora digitata</i>	Branched	1.78 \pm 0.80	-	*	-	*	3.27 \pm 0.61	*	***
(d) Neither winners nor losers									
<i>Acropora cerealis</i>	Branched	0.59 \pm 0.43	-	ns	2.31 \pm 0.79	*	-	ns	ns
<i>Cyphastrea chalcidicum</i>	Encrusting	0.79 \pm 0.47	0.41 \pm 0.41	ns	-	ns	0.24 \pm 0.13	ns	ns
<i>Cyphastrea microphthalma</i>	Encrusting	0.79 \pm 0.47	-	ns	-	ns	1.04 \pm 0.32	ns	**
<i>Favia fava</i>	Massive	1.38 \pm 0.61	2.04 \pm 1.67	ns	0.29 \pm 0.29	ns	2.71 \pm 0.82	ns	*
<i>Favia pallida</i>	Massive	2.56 \pm 1.28	-	ns	-	ns	0.32 \pm 0.19	ns	ns
<i>Favia speciosa</i>	Massive	2.17 \pm 0.86	1.22 \pm 0.68	ns	-	*	2.39 \pm 0.67	ns	ns
<i>Favites complanata</i>	Massive	1.38 \pm 0.67	0.41 \pm 0.41	ns	-	ns	0.16 \pm 0.16	ns	ns
<i>Favites halicora</i>	Massive	0.59 \pm 0.43	0.41 \pm 0.41	ns	-	ns	0.96 \pm 0.37	ns	ns
<i>Favites pentagona</i>	Massive	1.38 \pm 0.61	1.22 \pm 0.68	ns	-	*	1.12 \pm 0.68	ns	ns
<i>Galaxea fascicularis</i>	Massive	2.56 \pm 1.07	0.82 \pm 0.57	ns	-	*	0.40 \pm 0.17	*	ns
<i>Goniastrea pectinata</i>	Massive	2.17 \pm 0.81	3.27 \pm 1.53	ns	-	*	0.88 \pm 0.29	ns	ns
<i>Leptastrea pruinosa</i>	Encrusting	0.79 \pm 0.47	2.04 \pm 1.32	ns	0.29 \pm 0.29	ns	0.72 \pm 0.72	ns	ns
<i>Millepora exaesa</i>	Encrusting	1.38 \pm 1.01	1.22 \pm 1.22	ns	-	ns	0.96 \pm 0.29	ns	ns
<i>Millepora platyphylla</i>	Plate-like	0.99 \pm 0.64	0.41 \pm 0.41	ns	-	ns	-	ns	ns
<i>Porites rus</i>	Encrusting	1.38 \pm 0.45	4.08 \pm 1.95	ns	-	**	0.88 \pm 0.57	ns	*
<i>Platygyra ryukuensis</i>	Massive	0.99 \pm 0.49	0.41 \pm 0.41	ns	-	ns	0.40 \pm 0.20	ns	ns
<i>Platygyra sinensis</i>	Massive	0.59 \pm 0.43	2.45 \pm 1.35	ns	0.29 \pm 0.29	ns	0.24 \pm 0.13	ns	ns
<i>Platygyra yaeyamaensis</i>	Massive	0.99 \pm 0.40	-	*	-	*	1.20 \pm 0.34	ns	**
(e) Short-term losers with no change in the long term									
<i>Goniastrea retiformis</i>	Massive	2.56 \pm 0.81	-	**	0.86 \pm 0.48	*	1.44 \pm 0.52	ns	**
(f) Long-term losers									
<i>Platygyra lamellina</i>	Massive	0.20 \pm 0.20	-	ns	-	ns	-	ns	ns
<i>Porites horizontalata</i>	Branched	1.18 \pm 1.18	-	ns	-	ns	-	ns	ns
<i>Porites nigrescens</i>	Branched	0.99 \pm 0.99	-	ns	-	ns	-	ns	ns
<i>Millepora dichotoma</i>	Branched	0.99 \pm 0.49	-	ns	-	ns	-	ns	ns
<i>Porites aranetai</i>	Branched	0.20 \pm 0.20	-	ns	-	ns	-	ns	ns
<i>Montipora aequituberculata</i>	Foliose	1.58 \pm 0.47	-	**	-	**	-	**	ns
<i>Millepora intricata</i>	Branched	5.13 \pm 1.19	-	***	-	***	-	***	ns
<i>Montastrea curta</i>	Massive	1.78 \pm 0.56	-	**	-	**	0.40 \pm 0.28	*	ns
<i>Millepora tenella</i>	Branched	1.38 \pm 0.61	-	*	-	*	-	*	ns
<i>Porites cylindrica</i>	Branched	2.96 \pm 1.24	0.41 \pm 0.41	*	-	*	-	*	ns
<i>Pocillopora damicornis</i>	Branched	2.56 \pm 0.91	-	*	-	*	0.24 \pm 0.18	*	ns
<i>Porites lichen</i>	Encrusting	1.58 \pm 0.62	-	*	-	*	-	*	ns
<i>Platygyra pini</i>	Massive	3.94 \pm 1.14	-	**	-	**	0.72 \pm 0.28	**	*
<i>Seriatopora hystrix</i>	Branched	1.58 \pm 0.55	-	*	-	*	-	*	ns
<i>Stylophora pistillata</i>	Branched	4.14 \pm 0.97	-	**	-	**	-	**	ns
<i>Porites attenuata</i>	Branched	0.99 \pm 0.40	-	*	-	*	-	*	ns
<i>Porites sillimaniani</i>	Branched	1.18 \pm 0.43	-	*	-	*	-	*	ns
SOFT CORALS									
<i>Lobophytum</i> spp.		80.77 \pm 13.23	4.76 \pm 4.76	***	50.00 \pm 50.0	**	50.00 \pm 20.76	ns	*
<i>Sarcophyton</i> spp.		3.85 \pm 3.85	-	ns	50.00 \pm 50.0	ns	30.00 \pm 30.0	ns	ns
<i>Sinularia</i> spp.		15.38 \pm 9.09	95.24 \pm 62.99	ns	-	ns	20.00 \pm 13.90	ns	ns

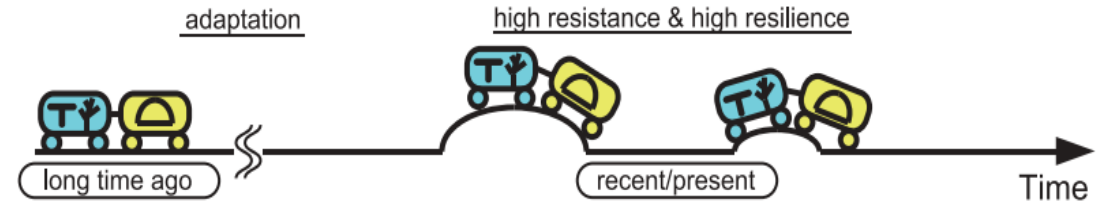
DISCUSSIONE DEI RISULTATI (STUDIO 1 e STUDIO 2)

- Il reef a **Sesoko Island** a 20 anni dai due grandi eventi di bleaching **risulta essere tornato a livelli ottimi**.
- Ad **Okinawa Island** continua il **lento declino** e i segnali di ripresa sono pochi, **perdita annua dell'1,1%**.
- Si può asserire che in ambiente impattato come **Okinawa Island** i coralli risultano essere meno resilienti. (Hongo et al. 2013)
- Quindi il red soil ha un effetto diretto. (Hongo et al. 2013)
- Caso di un reef naturalmente torbido, **Brenston Reef** nella GBR. (Ryan et al 2016.)

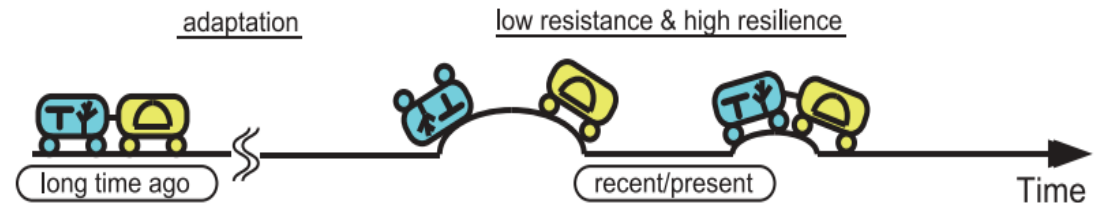
(A) Anthropogenically turbid reef (recent)



(B) Naturally turbid reef (long term)



(C) Clear-water reef (Interessante il caso del *natural turbid reef* di Brenston nella GBR)



SPERANZE e POSSIBILI SVILUPPI FUTURI

- Speranza primaria è una **riduzione dell'impatto antropico** con modifica delle politiche urbanistiche e agricole.
- **Nuove politiche agrarie.** (*Matsuoko et al 2006*)
- Adottare tecnologie:
 - **FLOATING TURBIDITY BARRIER (FB)**
 - **SEDIMENT BASIN (SBN)**
 - **FILTER STRIP (FS):** (genere *Lespedeza, cuneata*) (*Eddy et al. 2003*)
- **Proseguire la raccolta dati sulla situazione red soil.**
- **Proseguire raccolta dati copertura corallina**, mancano dieci anni nel database e l'evento di bleaching del 2016 è stato estremamente forte.

Floating Turbidity Barrier (FB)



Figure SBN-3: Example of porous baffle made of 700 g/m² coir erosion blanket as viewed from the inlet

Filter Strip (FS)



Soil, Alabama, and Water Conservation Committee. "Alabama handbook for erosion control, sediment control and stormwater management on construction sites and urban areas." *Montgomery, AL* (2009).



Bleached and fluorescing acropora, or "staghorn" coral, around Okinawa, Japan, in September 2016. Photograph: XL Catlin Seaview Survey

SALUTI:

Ringrazio la commissione per l'attenzione, la prof.ssa e relatrice Cinzia Corinaldesi per i consigli e la fiducia espressa nei miei confronti, il corpo docenti e i Giovanni Diego Masucci e Alessandro Acierno per avermi dato una mano nella raccolta di informazioni e dati sulle concentrazioni di red soil.

BIBLIOGRAFIA:

- Zhu, Zhaoyu, et al. "Environmental problems of Red Soil along the coast of South China." *Soil use and management* 18.1 (2002): 39-44.
- Stevenson, Frank J., and Michael A. Cole. *Cycles of soils: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. John Wiley & Sons, 1999.
- Vuai, Said Ali, et al. "Particle size distribution, minerals and chemical composition of red soils from silicate rock area of Central Okinawa." *BULLETIN-FACULTY OF SCIENCE UNIVERSITY OF THE RYUKYUS* (2001): 71-78.
- Yamano, Hiroya, et al. "An integrated approach to tropical and subtropical island conservation." *Journal of Ecology and Environment* 38.2 (2015): 271-279.
- Zhao, Y., et al. "Clay minerals in surface sediments of the South China Sea and surrounding fluvial drainage basins: Source and transportation." *AGU Fall Meeting Abstracts*. 2008.
- Simonson, R. W. (1994). Morphology and composition of specimen soils, Okinawa. *Geoderma*, 63(1), 19–42. doi:10.1016/0016-7061(94)90107-4
- Higa, E., et al. "Quantity of soil run off on Okinawa Island." *Ann. Rep. Okinawa Prefectural Inst. Health Environ* 29 (1995): 83-88.
- Omija, T., et al. "Comparison of the accumulated soil in Okinawa coastal sea before and after the enforcement of Red Soil Erosion Prevention Ordinance." *Ann Rep Okinawa Prefect Inst Health Environ* 36 (2002): 77-84.
- https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/hoken/eiken/kankyo/mizu_hp/02-2_uminochousahouhou.html
- Fabricius, Katharina E. "Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis." *Marine pollution bulletin* 50.2 (2005): 125-146
- Hashimoto, Kazumasa, et al. "Isolation and characterization of stress-responsive genes from the scleractinian coral *Pocillopora damicornis*." *Coral Reefs* 23.4 (2004): 485-491.
- Mkadam, Kombo Mohamed, et al. "Dissolved aluminum and silica release on the interaction of Okinawan subtropical red soil and seawater at different salinities: Experimental and field observations." *Geochemical Journal* 40.4 (2006): 333-343.
- Evangelou, V. P. *Environmental soil and water chemistry: principles and applications*. No. 631.455 E6. 1998.
- Arakaki, Takemitsu, et al. "Simultaneous measurement of hydrogen peroxide and Fe species (Fe (II) and Fe (tot)) in Okinawa Island Seawater: impacts of red soil pollution." *Journal of oceanography* 61.3 (2005): 561-568.
- Ferrier-Pagès, Christine, et al. "Response of a scleractinian coral, *Stylophora pistillata*, to iron and nitrate enrichment." *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 259.2 (2001): 249-261
- Hongo, Chuki, and Hiroya Yamano. "Species-specific responses of corals to bleaching events on anthropogenically turbid reefs on Okinawa Island, Japan, over a 15-year period (1995–2009)." *PLoS One* 8.4 (2013): e60952.
- Hongo, Chuki. "Holocene key coral species in the Northwest Pacific: indicators of reef formation and reef ecosystem responses to global climate change and anthropogenic stresses in the near future." *Quaternary Science Reviews* 35 (2012): 82-99.
- R. van Woessik, K. Sakai, A. Ganase & Y. Loya (2011) Revisiting the winners and the losers a decade after coral bleaching *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 434:67-76
- Ryan, E. J., et al. "Chronostratigraphy of Bramston Reef reveals a long-term record of fringing reef growth under muddy conditions in the central Great Barrier Reef." *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 441 (2016): 734-747.
- Matsuoka, Makoto. "Sugarcane cultivation and sugar industry in Japan." *Sugar Tech* 8.1 (2006): 3-9.
- Eddy, Thomas, Jeff Davidson, and Brian Obermeyer. "Invasion dynamics and biological control prospects for *sericea lespedeza* in Kansas." (2003).
- Zech, Wesley Charles, J. L. Halverson, and T. Prabhakar Clement. "Intermediate-scale experiments to evaluate silt fence designs to control sediment discharge from highway construction sites." *Journal of Hydrologic Engineering* 13.6 (2008): 497-504.
- Soil, Alabama, and Water Conservation Committee. "Alabama handbook for erosion control, sediment control and stormwater management on construction sites and urban areas." *Montgomery, AL* (2009).