

### **A.3 - Modello ALADYM e risultati delle simulazioni**

#### **A.3.1 Cenni sulla struttura del modello ALADYM**

*ALADYM* (Age-Length Based Dynamic Model) è un modello di simulazione appartenente alla famiglia dei modelli analitici, organizzato secondo l'approccio degli 'operating models' (Hilborn e Walters, 1992).

La popolazione è strutturata per età-lunghezza ed evolve 'in avanti' in modo dinamico e predittivo, secondo lo schema concettuale di Thompson & Bell (1934).

*ALADYM* è stato sviluppato nell'ambito del progetto europeo FISBOAT (Fisheries Independent Survey Based Operational Assessment Tools), alle pagine web del quale si rimanda per i dettagli relativi alla descrizione metodologica ed operativa (<http://www.ifremer.fr/drvecohal/fisboat/>).

In sintesi, il modello, che utilizza le equazioni classiche della dinamica di popolazione, è stato progettato ed implementato per prevedere, mediante un processo di simulazione, le conseguenze dovute a cambiamenti dei fattori di pressione (e.g. mortalità) gestione (e.g. cambiamenti di maglia, fermo temporaneo) o delle caratteristiche biologiche (e.g. reclutamento) su una popolazione monospecifica.

*ALADYM* tiene conto delle differenze fra i sessi in termini di crescita e mortalità e simula la dinamica di una determinata popolazione a livello di micro-coorte, con scala temporale di 1 mese, secondo il classico modello di declino esponenziale, in assenza (1) ed in presenza (2) della mortalità da pesca:

$$\frac{dN}{dt} = -MN \quad (1)$$

$$\frac{dN}{dt} = -ZN \quad (2)$$

usate rispettivamente nelle forme (3) e (4):

$$N_{(t+\Delta t),j} = N_{t,j} e^{-M_{t,j} * \Delta t} \quad (3)$$

$$N_{(t+\Delta t),j} = N_{t,j} e^{-(F_{t,j} + M_{t,j}) * \Delta t} \quad (4)$$

dove  $j$  indica la coorte,  $t$  il tempo,  $Z$ ,  $M$  ed  $F$  i tassi di mortalità totale, naturale e da pesca.

Gli individui morti per le diverse cause sono simulate sulla base del tasso di mortalità totale, modulato usando le informazioni relative al pattern di selettività e di attività/intensità di pesca.

Il vettore di rendimento ( $Y$ ) è ottenuto dall'equazione di cattura (Sparre and Venema, 1998):

$$Y_{t,j} = \frac{F_{t,j}}{Z_{t,j}} \cdot N_{t,j} \cdot (1 - e^{-(F_{t,j} + M_{t,j}) \cdot \Delta t}) \cdot W_{age}.$$

Il modello può lavorare sia secondo un approccio deterministico, che stocastico. Nel secondo caso mediante l'applicazione di tecniche statistiche di tipo MonteCarlo.

In sintesi gli input del modello sono:

- parametri di crescita di von Bertalanffy per sesso con associata variabilità;
- relazione lunghezza-peso per sesso;
- parametric dell'ogiva di maturità per le femmine ( $L_{m50\%}$  e  $L_{m25\%}$ - $L_{m75\%}$  range);
- mortalità naturale per sesso (un valore costante o un vettore). In alternativa la mortalità naturale è stimata variabile per età, nel modello, secondo il metodo di Chen and Watanabe (1989);
- una stima del numero di nuovi nati che entrano nella popolazione durante l'anno (minimo, massimo,  $\ln$  della media ed  $\ln$  della deviazione standard);
- pattern di deposizione con una ripartizione mensile;
- relazione stock-recruitment o un vettore di nuovi nati per mese con indicazione del livello di variabilità associata;
- mortalità totale  $Z$  o un valore proxy di  $Z$  per sesso;
- pattern di selettività degli attrezzi usati dalla flotta ( $L50\%$  e range  $L25\%$ - $L75\%$ ,  $D50\%$  in caso di de-selezione);
- un coefficiente di attività/intensità di pesca mensile.

I risultati consistono nella produzione di un insieme di indicatori relativi a:

- abbondanza (e.g. biomassa totale e biomassa dei riproduttori);
- struttura della popolazione (e.g. lunghezza ed età media della popolazione e dei riproduttori);
- produzione (e.g. rendimento e produzione biologica);
- sostenibilità (rapporto fra la biomassa dei riproduttori in condizioni di sfruttamento e la biomassa che si avrebbe se agisse solo la mortalità naturale: ESSB/USSB).
- e gli effetti delle diverse misure di gestione possono essere quindi analizzati in termini di sostenibilità della popolazione nel lungo periodo.

## **BIBLIOGRAFIA**

Chen S., Watanabe S. 1989. Age Dependence of Natural Mortality Coefficient in Fish

Population Dynamics. Nippon Suisan Gakkaishi, 55(2): 205-208.

Hilborn, R. and Walters, C.J. (1992). *Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty*. Chapman and Hall, New York.

Sparre P., Venema S.C. (1998) - Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1, manual. *FAO Fish. Techn. Pap.*, 306 (1) Rev. 2: 407 pp.

Thompson, W.F. and Bell, F.H. (1934). Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2. Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. *Rep. Int. Fish. (Pacific Halibut) Comm.* 8: 49 p.

### **A.3.2 Parametrizzazione del modello ALADYM nella GSA 11**

#### Gli scenari

Allo scopo di valutare, sia in termini biologici che economici, gli effetti di diverse misure di gestione applicate in modo del tutto alternativo o interamente complementare, sono stati simulati 5 scenari come di seguito riportato.

- ‘*Status quo*’, in cui a partire dal 1994 è stata simulata la dinamica di popolazione non introducendo alcuna misura e proiettando la popolazione nel futuro per un numero di anni variabile a seconda delle specie esaminate.
- *Ritiro definitivo*, in cui è stata ridotta la pressione di pesca, applicando una percentuale di ritiro del 10% dello strascico e del 5% di ‘altri sistemi’, pesata in funzione del contributo di ciascuno dei raggruppamenti (‘strascico’ e ‘altri sistemi’) alla cattura della specie esaminata.
- *Sospensione temporanea*, in cui è stato introdotto un fermo di 45 giorni consecutivi, in un periodo compreso fra il mese di Settembre e il mese di Ottobre; è stato inoltre assunto che alla sospensione temporanea seguisse, nei due mesi successivi, una ulteriore riduzione dell’attività di quattro giorni al mese (periodo dopo-fermo).
- *Cambiamento maglia*, è stato introdotto, a partire dal 2010 un aumento della maglia stirata al sacco e la misura è stata implementata considerando una maglia da 50 mm di apertura.
- *Combinazione delle misure o scenario misto*, in cui è stata prevista l’azione complementare e sinergica delle singole misure finora menzionate, applicate contemporaneamente.

#### Parametri biologici e pattern di sfruttamento

Il modello ALADYM è stato parametrizzato utilizzando le informazioni provenienti da diversi progetti e pubblicazioni realizzati nella GSA 11.

Una sintesi degli input è riportata nelle tabelle 3.2.1-3.2.3 Allegato 3 per le tre specie considerate in quest’analisi (nasello, triglia di fango e gambero bianco).

Con riferimento al nasello, sono stati utilizzati i parametri di crescita della relazione GRUND

2006, le stime di maturità del progetto SAMED (2002), i parametri di selettività degli attrezzi stimati nel progetto: “Influenza della dimensione della maglia e della circonferenza del sacco sulla selettività della rete a strascico italiana” (Leonori et al., 2005). E’ stato inoltre aggiunto un parametro di deselezionamento ed utilizzato un sub-modello rappresentato dal prodotto di due ogive, in considerazione del probabile comportamento di ‘avoidance’ dei grandi naselli. Per il reclutamento sono stati utilizzati gli indici stimati nel progetto BIRDMOD (Lembo, 2005) espansi all’area e, usando un approccio di retrocalcolo sulla base dei tassi di mortalità naturale, è stato ottenuto un valore proxy del numero di pre-reclute da utilizzare per l’inizializzazione del modello. Per la mortalità naturale sono stati utilizzati gli approcci empirici delle invarianti di Beverton & Holt, mentre per la mortalità totale è stata adottata la stima realizzata da Abella et al. (2007).

Con riferimento alla triglia di fango i parametri di crescita, maturità, relazione stock-recruitment, pattern di deposizione e reclutamento provengono dalle stime realizzate nei progetti GRUND, MEDITS e FISBOAT (Coordinatore Pierre Petitgas, web-site <http://www.ifremer.fr/drvecohal/fisboat/>). La mortalità naturale è stata assunta variabile con l’età, secondo il metodo di Chen e Watanabe (1989); mentre la mortalità totale, nel tempo, è stata stimata nel programma GRUND (2006), utilizzando il metodo della curva di cattura convertita in lunghezza (LCCC). Anche in questo caso, per il pattern di selettività si è fatto riferimento allo studio di Leonori et al. (2005).

Analogamente per il gambero bianco, per il quale sono stati utilizzati anche i risultati riportati in Lembo et al. (2002) con riferimento alla maglia da 40. Anche per questa specie i parametri provenivano dalle stime realizzate nei progetti SAMED (crescita); GRUND (mortalità), BIRDMOD e NURSERY (entità del reclutamento).

Tabella A.3.1 - Sintesi degli input relativi al nasello *M. merluccius*. GSA 11

GSA11 Descrizione dell’input	<i>M. merluccius</i>	
	femmine	maschi
K (anno)	0.165±0.014	0.213±0.014
$L_{\infty}$ (mm)	840 ±14	600 ±14
$t_0$	-0.25 ±0.05	-0.15 ±0.05
a	0.00000310	0.00000310
b	3.1236	3.1236
Ciclo vitale (anni)	18	13
M	0.35	0.45
$L_{mat}$ (mm)	300±20	260±20
Range di maturità (L75-L25) (mm)	20	20
Sex ratio (F/F+M)	0.5	
$L_{50}$ (mm); SR (mm)	95; 36 fino al 2009	
	190; 86 dal 2010	
$D_{50}$ (mm)	500	
Coefficiente di attività/intensità	Calibrato per mese sul coefficiente specifico di cattura	
	Dal 2008 in poi applicato fra agosto e	

		ottobre
Pre-reclute (numero iniziale) e parametri della distribuzione <i>ln</i> -normale		$29 \cdot 10^6$ (media $\ln(R)=17.07$ ; ds $\ln(R)=0.46$ )
Periodo di deposizione (picco di deposizione)		Gennaio-Settembre (Febbraio-Maggio)
Numero di anni della simulazione		30
proxy di Z (anno)	1994-2006	0.85

Tabella A.3.2 - Sintesi degli input relativi alla triglia di fango *M. barbatus*. GSA 11

<b>GSA11</b>		<b><i>M. barbatus</i></b>	
<b>Descrizione dell'input</b>		<b>femmine</b>	<b>maschi</b>
K (anno)		0.53±0.07	0.55±0.07
L <sub>∞</sub> (mm)		287 ±14	238 ±14
t <sub>0</sub>		-0.2 ±0.1	-0.2 ±0.1
a		0.000007716	0.000007716
b		3.0571	3.0571
Ciclo vitale (anni)		6	6
M		0.85	0.88
L <sub>mat</sub> (mm)		135±7	110±14
Range di maturità (L75-L25) (mm)		30	20
Sex ratio (F/F+M)		0.5	
L <sub>50</sub> (mm); SR (mm)		89; (18) fino al 2009	
		110 (30) dal 2010	
Coefficiente di attività/intensità		Calibrato per mese sul coefficiente specifico di cattura	
		Dal 2008 in poi applicato fra agosto e ottobre	
Pre-reclute (numero iniziale) e parametri della distribuzione <i>ln</i> -normale		44·10 <sup>6</sup> (media ln(R)=17.33; ds ln(R)=0.73)	
Periodo di deposizione (picco di deposizione)		Maggio-Settembre (Giugno-Luglio)	
Numero di anni della simulazione		22	
proxy di Z (anno)	1994	1.41-1.96	
	1995	1.46-1.8	
	1996	1.45-1.5	
	1997	1.6-1.7	
	1998	1.72-1.13	
	1999	1.72-1.13	
	2000	1.81-1.67	
	2001	1.17-1.29	
	2002	1.48-1.42	
	2003	1.78-1.54	
	2004	1.66-1.53	
	2005	1.55-1.3	
	2006	1.38-1.01	

Tabella A.3.3 - Sintesi degli input relativi al gambero bianco *P. longirostris*. GSA 11

GSA 11		<i>P. longirostris</i>	
Descrizione dell'input		femmine	maschi
K (anno)		0.68±0.07	0.74±0.1
L <sub>∞</sub> (mm)		45 ±1.4	38±1
t <sub>0</sub>		-0.2 ±0.1	0.2 ±0.1
a		0.0032	0.0032
b		2.4463	2.4463
Ciclo vitale (anni)		6	5
M		1.04	1.14
L <sub>mat</sub> (mm)		23±1.4	25±1.4
Range di maturità (L75-L25) (mm)		1	1
Sex ratio (F/F+M)		0.5	
L <sub>50</sub> (mm); SR (mm)		14.2 (2.9) fino al 2009	
		19 (7.5) dal 2010	
Coefficiente di attività/intensità		Calibrato per mese sul coefficiente specifico di cattura	
		Dal 2008 in poi applicato fra agosto e ottobre	
Pre-reclute (numero iniziale) e parametri della distribuzione <i>ln</i> -normale		90·10 <sup>6</sup> (media ln(R)=18.23; ds ln(R)=0.45)	
Periodo di deposizione (picco di deposizione)		tutto l'anno (Gennaio e Giugno)	
Numero di anni della simulazione		22	
proxy di Z (anno)	1994	1.76-3.13	
	1995	2.27-3.41	
	1996	2.28-2.67	
	1997	2.48-3.39	
	1998	2.55-3.30	
	1999	2.42-2.66	
	2000	2.29-2.02	
	2001	1.76-2.08	
	2002	2.02-2.11	
	2003	2.4-2.73	
	2004	2.97-2.68	
	2005	2.46-2.51	
	2006	2.46-2.51	

## **Bibliografia**

Abella A., V.Bartolino, J.Bertrand, F.Colloca, C.Follesa, A.Mannini, B.Reale, P.Rinelli, M.Sbrana, M.T.Spedicato, A.Voliani, R.Zupa. 2007. Use of composite models for the assessment of European hake, Red mullet and Norway lobster stocks in the North-Western Mediterranean (GSAs 7, 8, 9, 10 and 11). *WG SAC Athens, September 2007*

Lembo G., Carbonara P., Silecchia T., Spedicato M.T. (2002) – Prove di pesca a strascico con rete a doppio sacco per la valutazione della selettività dell'attrezzo e della qualità del prodotto. I quaderni scientifici della Lega Pesca, Roma: 1-47.

Lembo G. (responsabile). 2005. Messa a punto di un modello bio-economico e analisi delle variabili biologiche. Relazione Finale Programma di ricerca n. 6A30, VI Piano triennale L.N. 41/82. Ministero per le Politiche Agricole e Forestali, Roma: 80 pp.

Leonor I., Spedicato M.T., Lembo G., Pelusi P. 2005. Influenza della dimensione della maglia e della circonferenza del sacco sulla selettività della rete a strascico italiana. *Relazione Finale Programma di ricerca n. 6B03, VI Piano triennale L.N. 41/82. Ministero per le Politiche Agricole e Forestali, Roma: 122 pp.*

SAMED (2002) - Stock Assessment in the Mediterranean. Final Report EU Project n° 99/047.

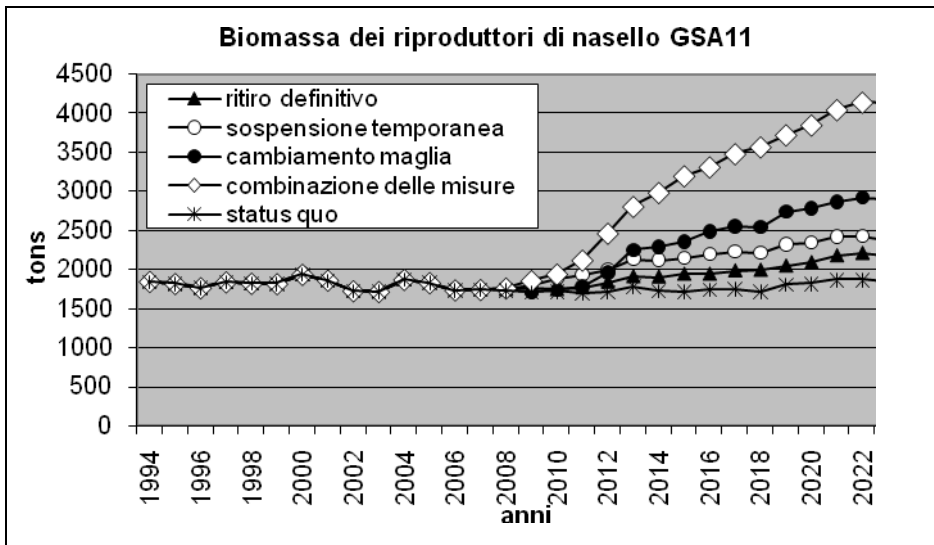
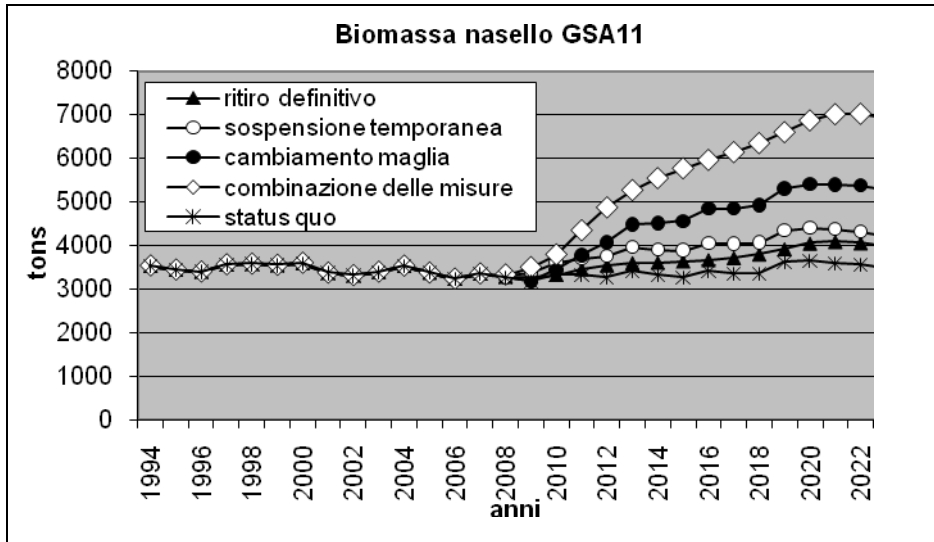
### **A.3.3 Risultati del modello ALADYM nella GSA 11**

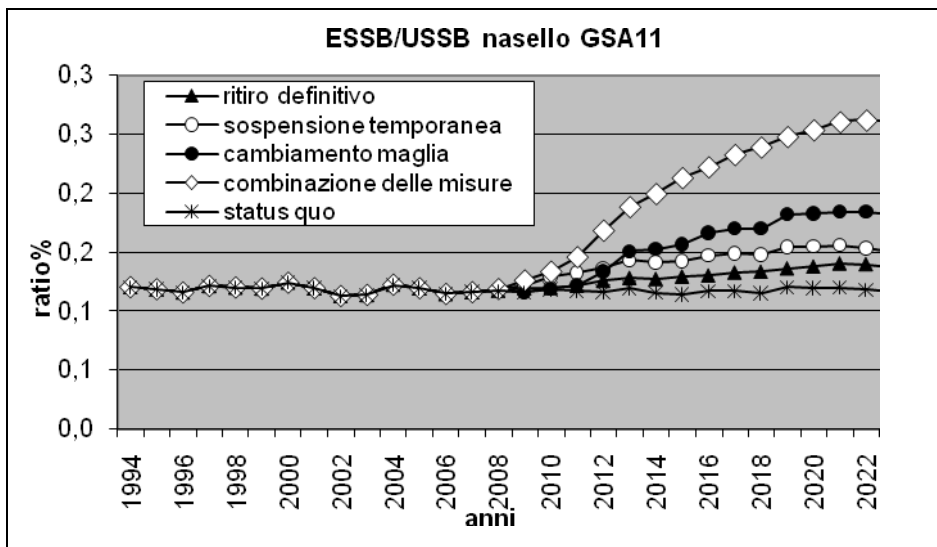
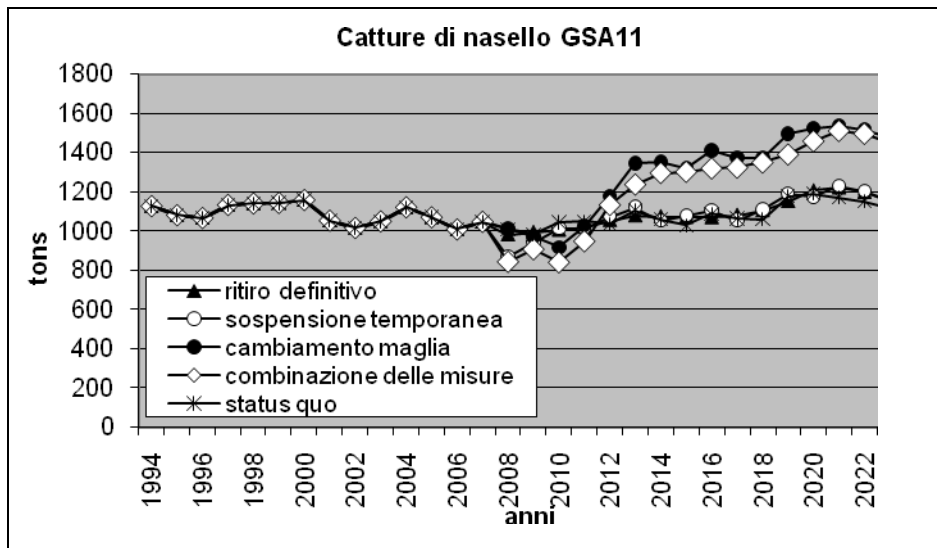
Nelle figure Allegato 3. Fig. 3.1 – 3.3 sono riportati gli andamenti temporali degli indicatori di abbondanza (biomassa totale, B e biomassa dei riproduttori, SSB), sostenibilità (rapporto fra biomassa sfruttata e non sfruttata dei riproduttori, ESSB/USSB) e produzione (catture) di nasello, triglia di fango e gambero bianco. I risultati sono riferiti alle simulazioni dello *status quo*, a partire dal 1994 fino al 2008, ed alle proiezioni, a 15 anni per il nasello ed a 7 anni per triglia di fango e gambero bianco, con riferimento ai 5 scenari progettati.

Nelle figure Allegato 3. Fig. 3.4 – 3.5 sono riportate le variazioni percentuali, rispetto alla situazione attuale, degli indicatori di abbondanza, sostenibilità e produzione per nasello, con una proiezione a 15 anni dei 5 scenari simulati, e per triglia di fango e gambero bianco con una proiezione a 7 anni dei medesimi scenari.

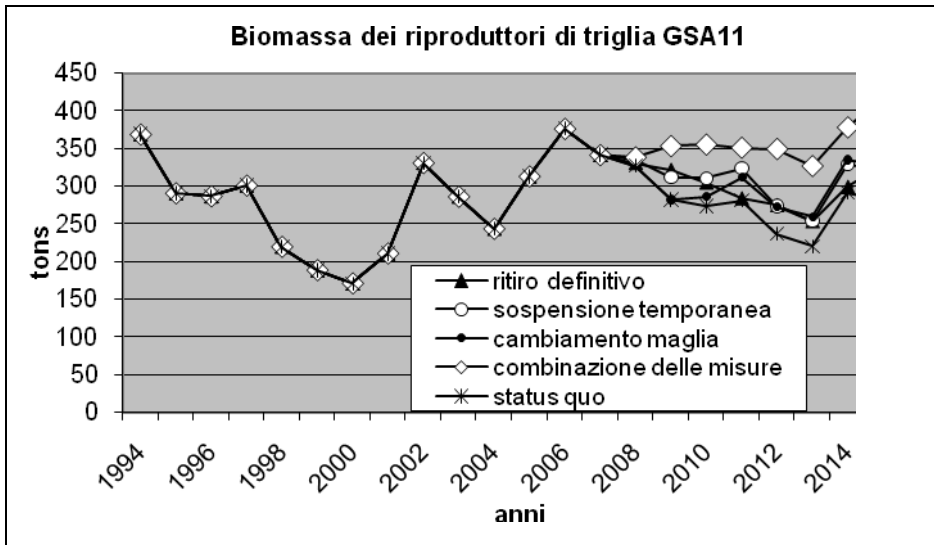
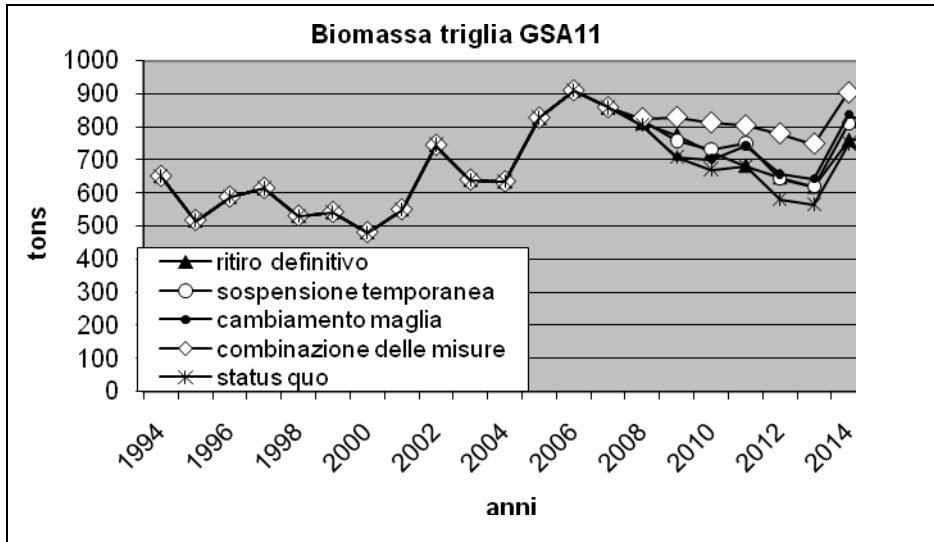
In questo modo il confronto dei risultati fra misure e specie è facilitato, prendendo a riferimento, come tratto comune di partenza, la situazione al 2008.







**Figura A.3.1 – Andamento temporale degli indicatori di abbondanza, sostenibilità e produzione di nasello. Simulazione dello *status quo* a partire dal 1994 al 2008 e proiezioni a 15 anni dei 5 scenari simulati.**



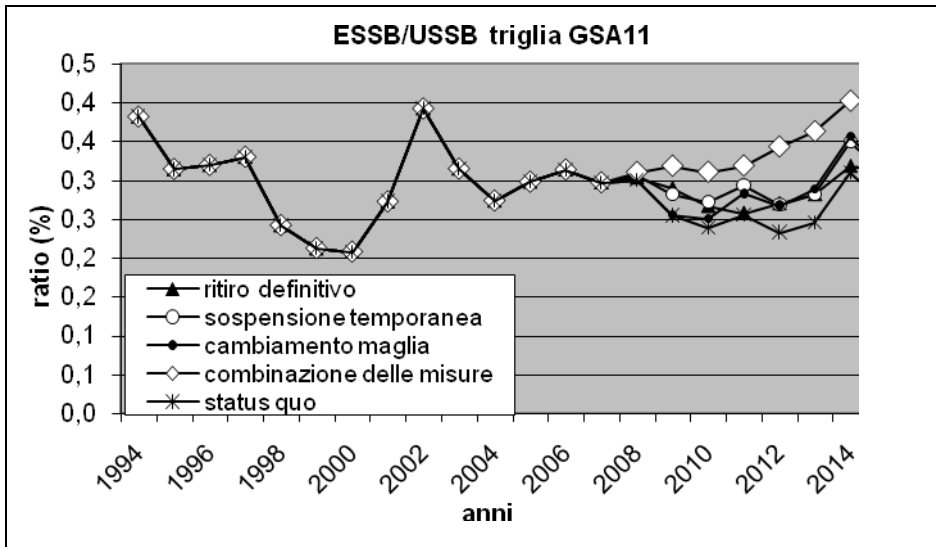
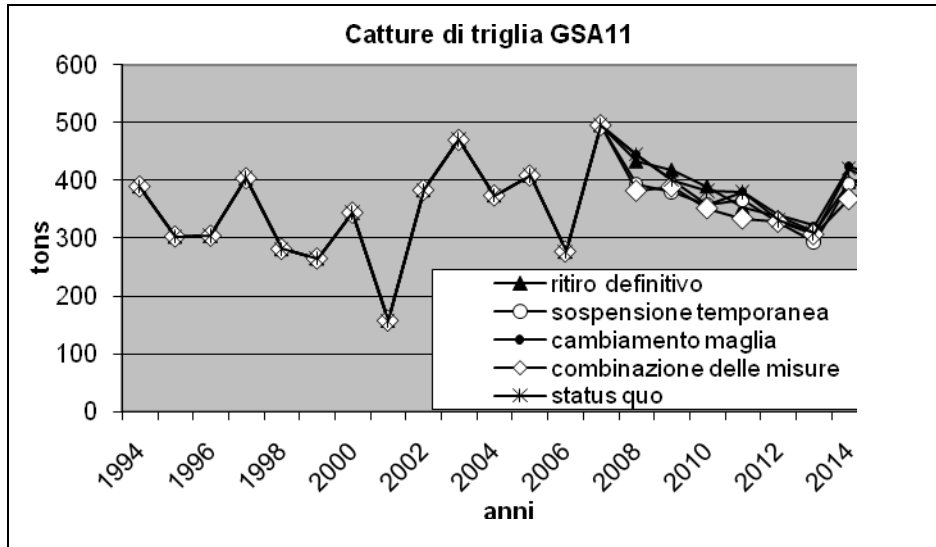
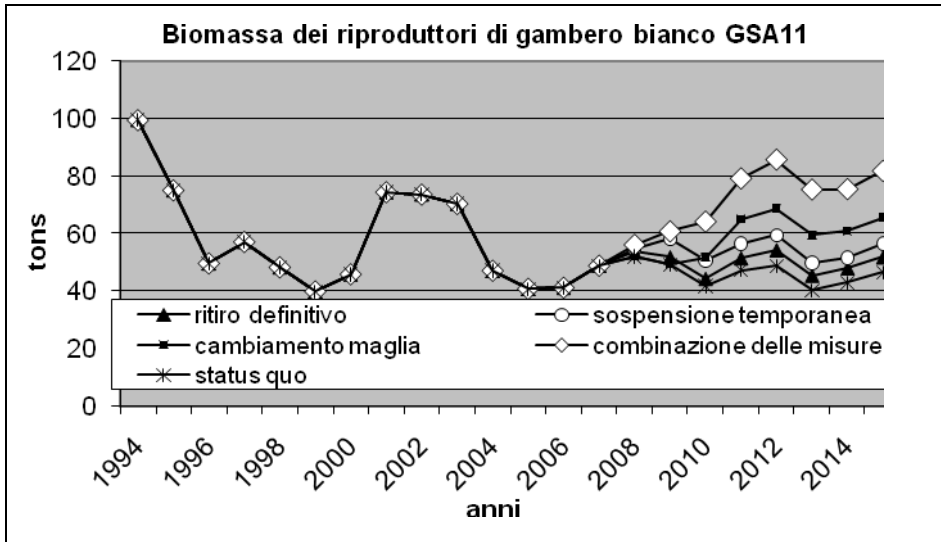
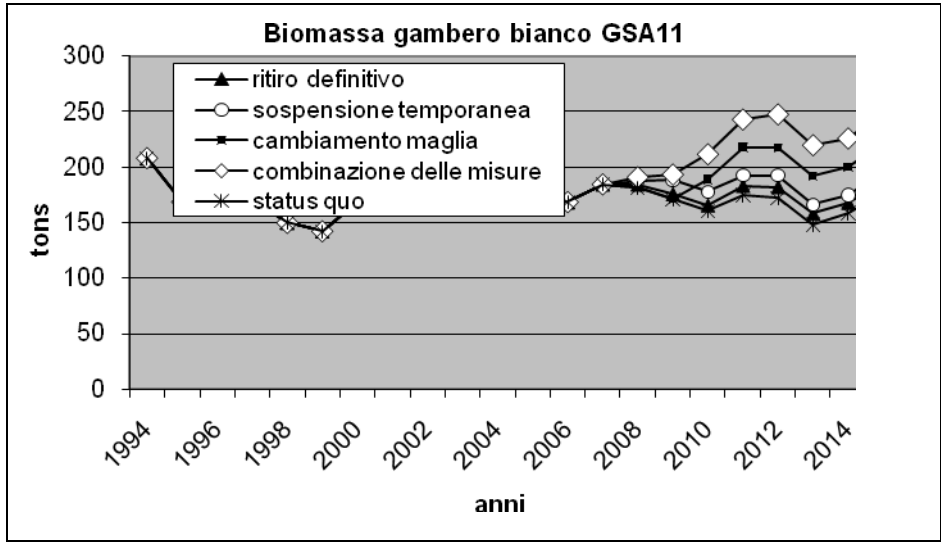


Figura A.3.2 - Andamento temporale degli indicatori di abbondanza, sostenibilità e produzione di triglia di fango. Simulazione dello *status quo* a partire dal 1994 al 2008 e proiezioni a 7 anni dei 5 scenari simulati.



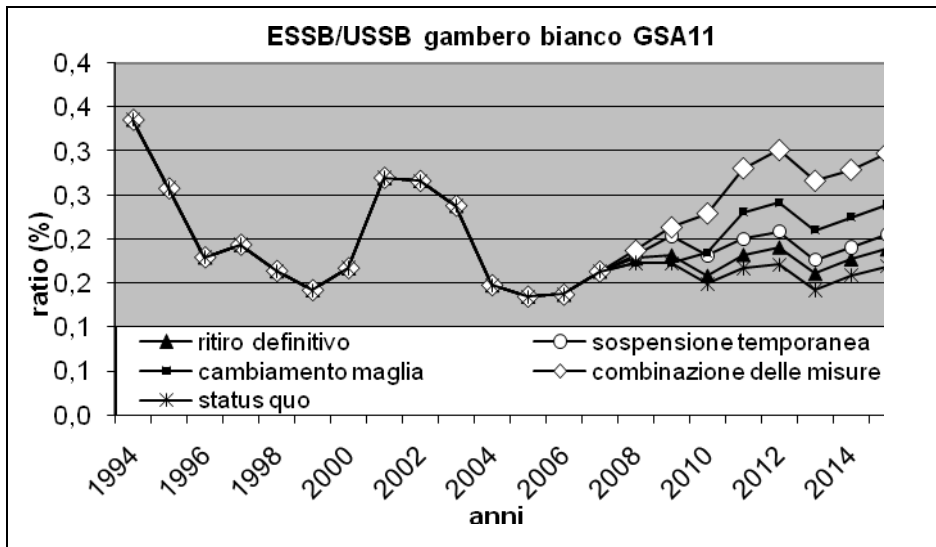
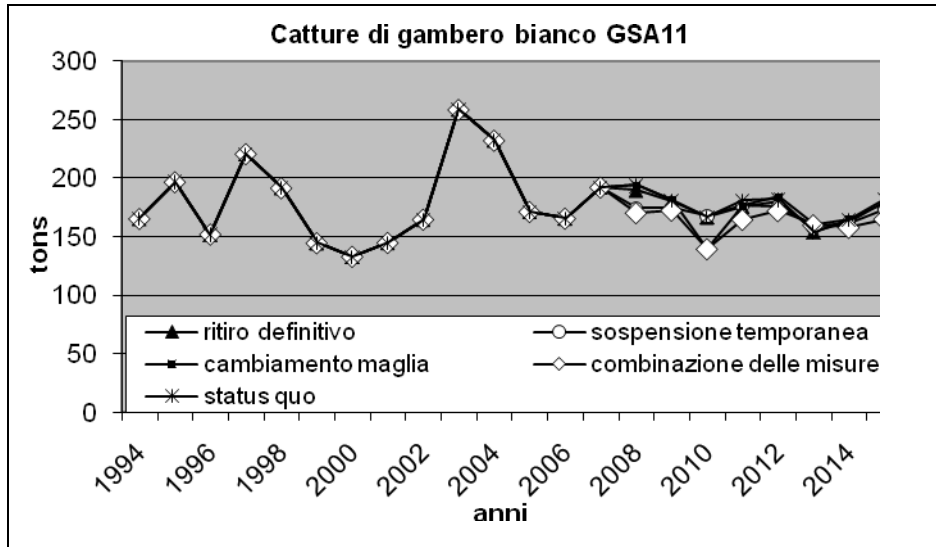
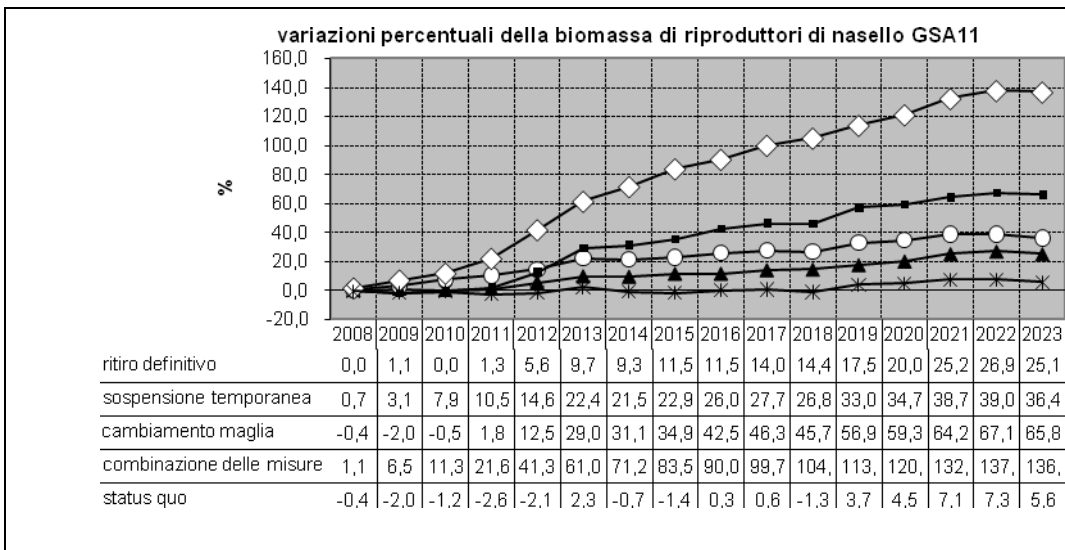
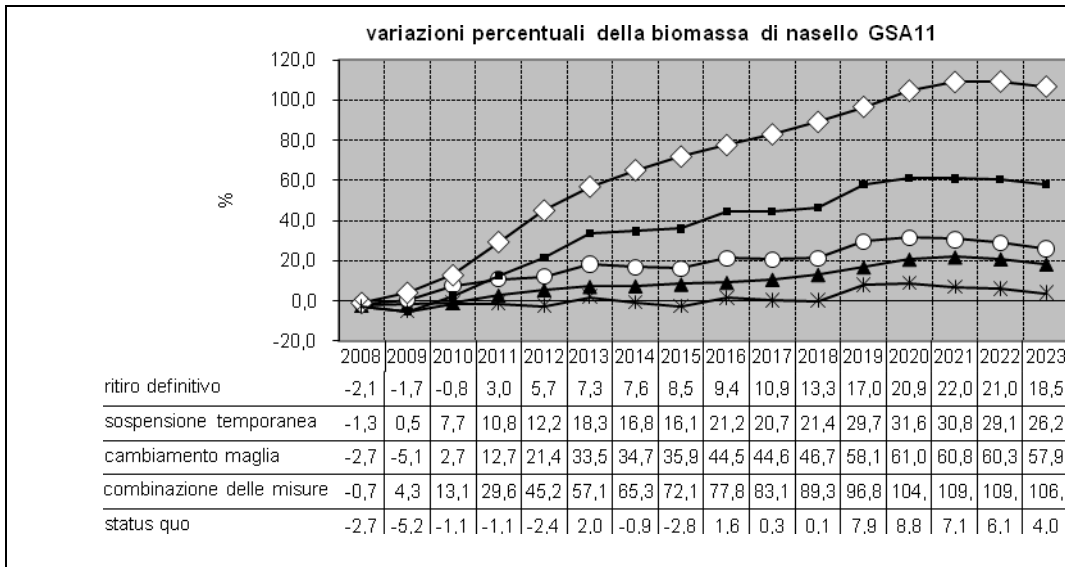
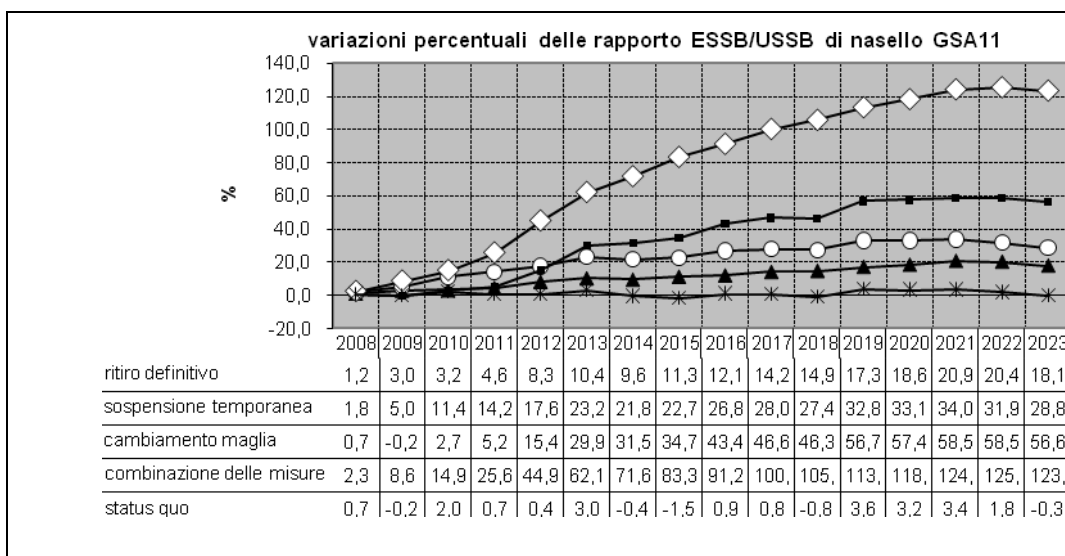
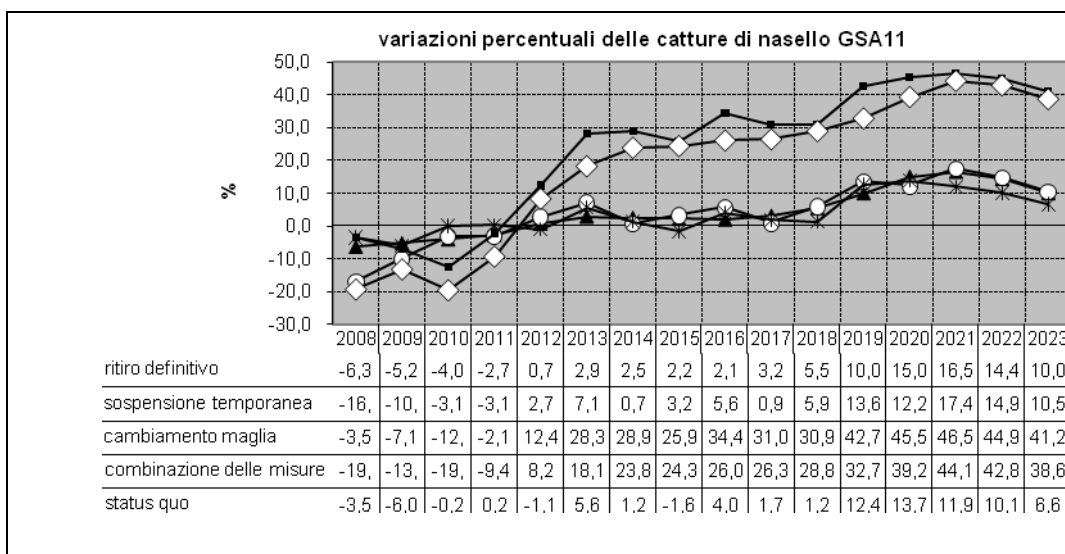


Figura A.3.3 - Andamento temporale degli indicatori di abbondanza, sostenibilità e produzione di gambero bianco. Simulazione dello *status quo* a partire dal 1994 al 2008 e proiezioni a 7 anni dei 5 scenari simulati.

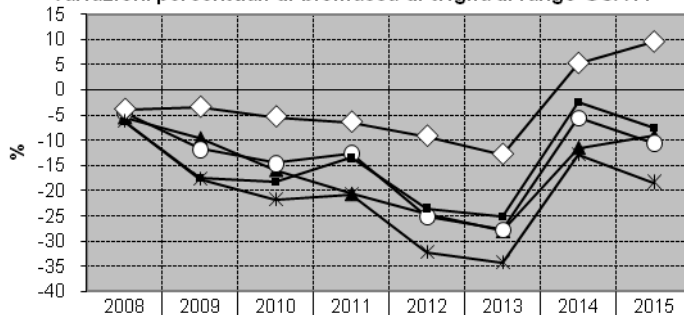




**Figura A.3.4 – Variazioni percentuali, rispetto alla situazione attuale, degli indicatori di abbondanza, sostenibilità e produzione del nasello. Proiezioni a 15 anni dei 5 scenari simulati.**

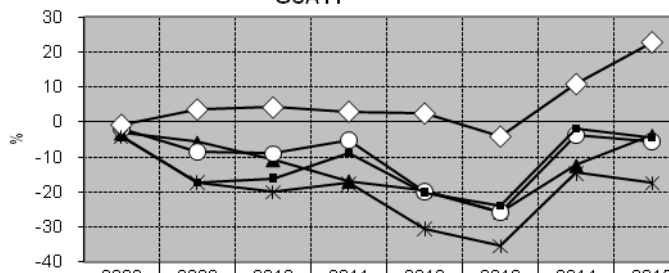


**variazioni percentuali di biomassa di triglia di fango GSA11**

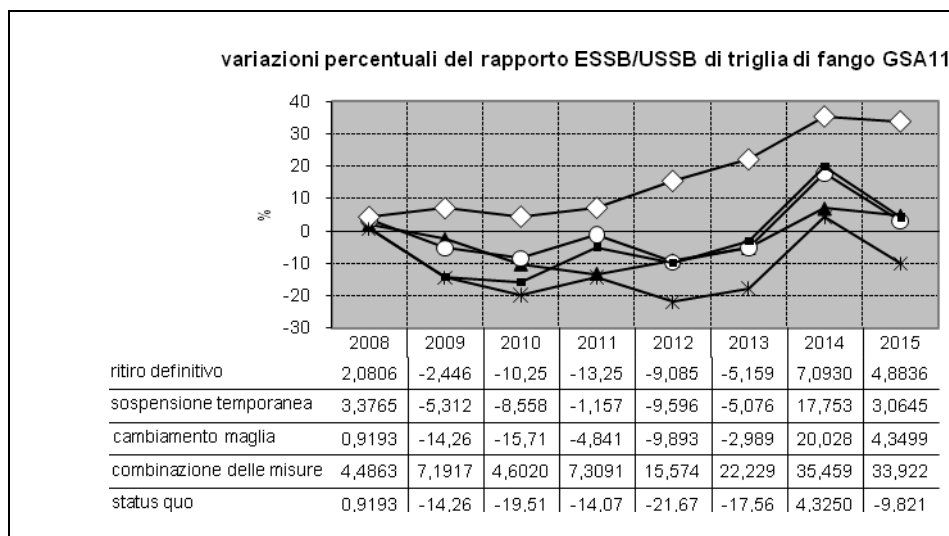
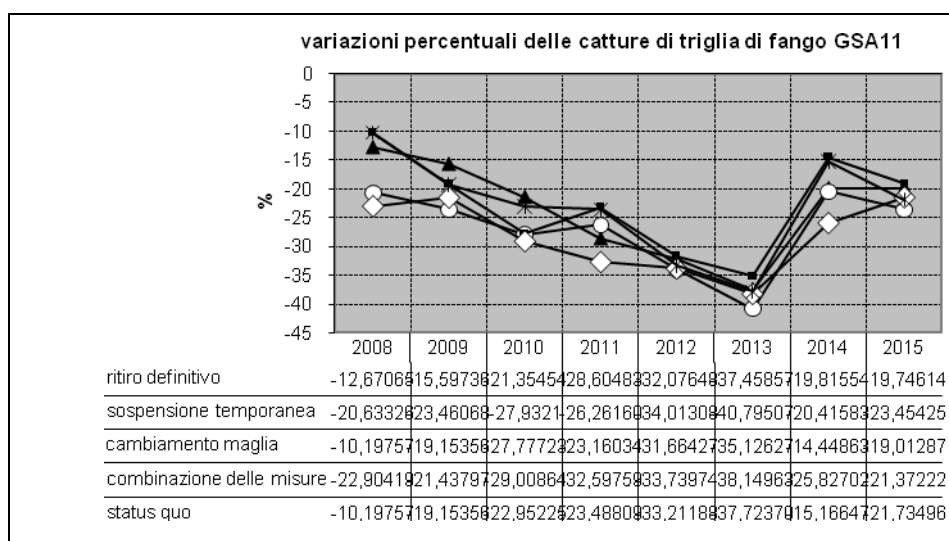


	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ritiro definitivo	-5,43900	3,59142	15,83853	20,57742	24,71420	27,94042	11,48418	9,141567
sospensione temporanea	-4,62399	11,79476	14,62913	12,64738	25,15402	27,75984	5,60747	10,62445
cambiamento maglia	-6,21147	17,59792	18,19001	13,55071	23,54724	25,14786	2,48402	6,559213
combinazione delle misure	-3,88938	3,45220	5,36580	26,41718	9,20436	12,80703	2,23319	8,4812608
status quo	-6,21147	17,59792	21,82758	20,75408	32,27550	34,23672	12,79407	18,35548

**variazioni percentuali di biomassa dei riproduttori di triglia di fango GSA11**

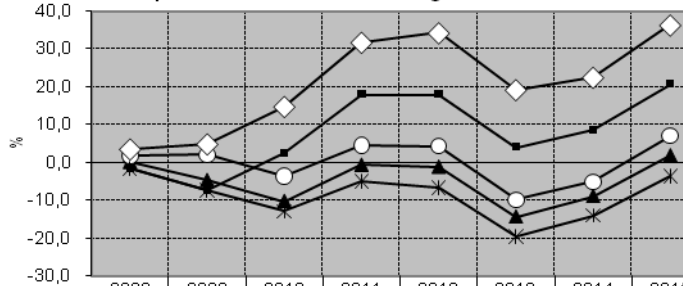


	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ritiro definitivo	-3,126	-5,817	-10,67	-16,82	-19,45	-25,67	-12,37	-3,847
sospensione temporanea	-1,912	-8,600	-9,004	-5,217	-19,88	-25,67	-3,731	-5,552
cambiamento maglia	-4,222	-17,27	-16,11	-8,756	-20,18	-24,02	-1,854	-4,364
combinazione delle misure	-0,864	3,5174	4,1028	2,8812	2,3753	-4,229	10,783	22,755
status quo	-4,222	-17,27	-19,90	-17,60	-30,58	-35,42	-14,65	-17,34



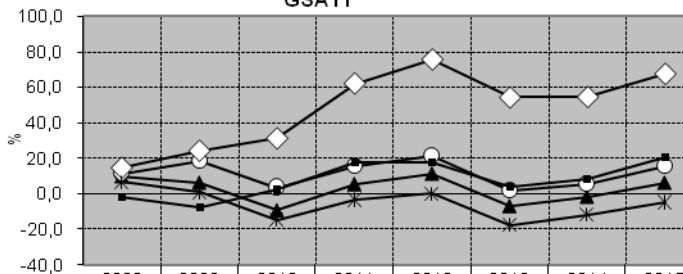
**Figura A.3.5 - Variazioni percentuali, rispetto alla situazione attuale, degli indicatori di abbondanza, sostenibilità e produzione di triglia di fango. Proiezioni a 7 anni dei 5 scenari simulati.**

**variazioni percentuali di biomassa di gambero bianco GSA11**

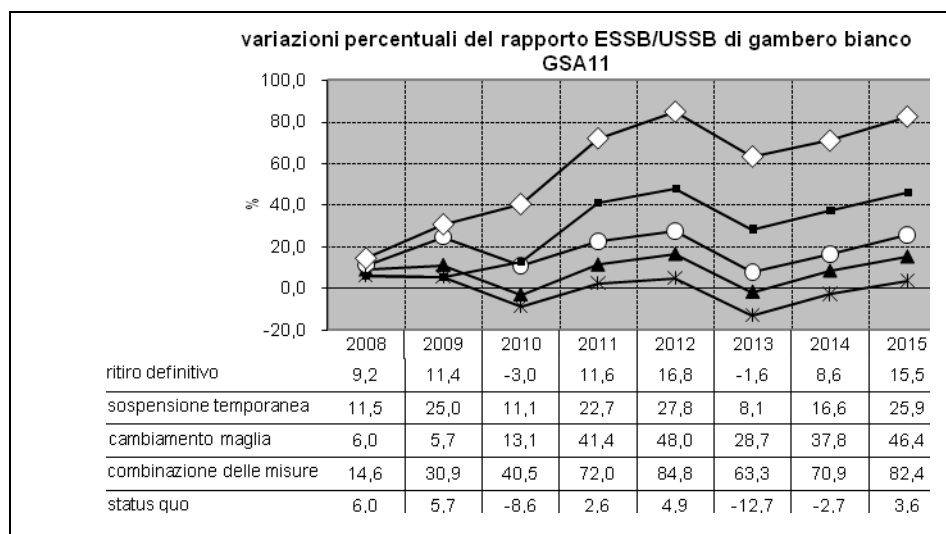
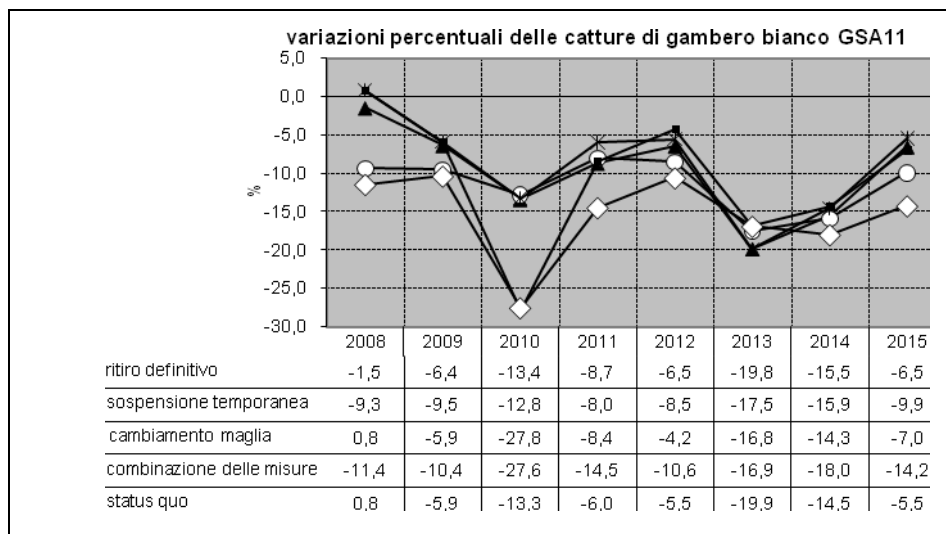


	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ritiro definitivo	0,1	-4,7	-10,2	-0,7	-1,2	-14,3	-8,9	1,8
sospensione temporanea	1,8	2,1	-3,5	4,5	4,4	-9,8	-5,1	7,0
cambiamento maglia	-1,6	-7,4	2,3	18,0	17,9	4,0	8,5	20,6
combinazione delle misure	3,5	4,8	14,7	31,7	34,2	19,2	22,4	36,3
status quo	-1,6	-7,4	-12,9	-5,2	-6,8	-19,6	-14,0	-3,7

**variazioni percentuali di biomassa dei riproduttori gambero bianco GSA11**



	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ritiro definitivo	9,7	6,1	-9,4	5,3	11,1	-7,0	-1,7	6,1
sospensione temporanea	11,8	18,9	3,7	15,7	21,6	2,1	5,5	15,7
cambiamento maglia	-1,6	-7,4	2,3	18,0	17,9	4,0	8,5	20,6
combinazione delle misure	14,9	24,4	31,4	62,2	75,7	54,3	54,6	67,6
status quo	6,5	0,6	-14,6	-3,2	-0,2	-17,5	-12,0	-4,8



**Figura A.3.6 - Variazioni percentuali, rispetto alla situazione attuale, degli indicatori di abbondanza, sostenibilità e produzione del gambero bianco. Proiezioni a 7 anni dei 5 scenari simulati.**