

A.4 - Simulazioni di variazioni dello sforzo di pesca e del reclutamento

A.4.1 Proiezioni degli stock di alici e sardine nella GSA 17 con variazioni dello sforzo di pesca e del reclutamento

Alberto Santojanni
ISMAR-CNR Ancona

Introduzione

Sono state effettuate stime di abbondanza nel futuro, o proiezioni, degli stock di alici e di sardine, nonché delle relative catture, considerando differenti scenari (livelli nel testo) sia della mortalità per pesca che del reclutamento. In particolare, sono stati esaminati i possibili effetti di eventuali diminuzioni del 15% e del 25% della mortalità per pesca corrente.

In tali simulazioni, il riferimento temporale non è esattamente lo stesso per le due specie. Nel caso delle alici, l'anno è in realtà da intendersi split-year, ossia con inizio al primo di giugno anziché al primo di gennaio (con cui inizia il calendar-year, utilizzato invece per le sardine). La data del primo di giugno rappresenta il "compleanno" convenzionale per le alici in Adriatico. Ad esempio, lo split-year 2006 inizia l'1 giugno 2005 e termina il 31 maggio 2006. Per ciascuna specie, le simulazioni sono basate su stock assessment che utilizzano le catture totali, a cui contribuisce non solo l'Italia, ma anche la Slovenia e la Croazia. Pertanto, con mortalità per pesca delle alici (o delle sardine) si intende una variabile che è in relazione con le catture totali di alici e, quindi, non con le sole catture italiane di alici.

Il diverso peso delle diverse flotte nazionali sulle catture totali può essere osservato nella **Figura 1** e nella **Figura 2**, rispettivamente per le alici e per le sardine. Nel caso delle alici, è la flotta italiana a contribuire maggiormente: il rapporto medio tra catture italiane e catture totali presenta un valore pari a 0,92 se si considera l'intero periodo 1976-2006; tuttavia, tale rapporto diminuisce negli anni più recenti e la media del periodo 2004-2006 è 0,78. Nel caso delle sardine, il rapporto medio è mediamente più basso: è 0,50 nel periodo 1975-2006 ed è ancora più basso negli anni più recenti, essendo pari a 0,17 nel periodo 2004-2006.

Nella **Figura 3** sono mostrate infine le catture italiane di alici e sardine, considerate sia separatamente che sommate e calcolate, in questa circostanza, tutte su base calendar-year. La cattura italiana media di alici e sardine è di 46000 tonnellate se si considera l'intera serie dal 1975 al 2006, mentre la stessa media diminuisce al valore di 32000 tonnellate nel periodo 2004-2006. La proporzione della cattura di alici sul totale cresce dalla fine degli anni ottanta e la sua media nel periodo 2004-2006 è uguale a 0,91, contro il valore 0,51 relativo all'intera serie.

Metodi

Le proiezioni degli stock di alici e di sardine sono state effettuate utilizzando la seguente equazione, che descrive l'andamento della mortalità di una coorte ed è alla base di molteplici metodi di dinamica di popolazione:

$$N_{a+1, t+1} = N_{a, t} \exp(-F_a + M) \quad (1)$$

In questo caso specifico si è assunto che il tasso annuale di mortalità naturale M (anno^{-1}) rimane costante in funzione sia della classe di età a che del tempo t , mentre il tasso annuale di mortalità per pesca F_a (anno^{-1}) varia in funzione della classe di età ma non in funzione del tempo.

In base all'equazione (1), gli individui che nell'anno t appartengono alla classe di età a nell'anno t faranno parte della classe di età $a+1$ nell'anno successivo $t+1$ e, in questo passaggio, il loro numero decrescerà esponenzialmente.

L'equazione (1) ha quindi permesso di stimare il numero di pesci per ogni classe di età, per ogni anno dal 2007 al 2012, partendo dalle stime di abbondanza per classe di età relative al 2006. Quest'ultime sono state ottenute da Santojanni et al. (2007a,b), applicando la Virtual Population Analysis (VPA) con il tuning di Laurec-Shepherd (Darby & Flatman, 1994) su stime di abbondanza provenienti da echo-survey.

Il valore di M utilizzato per le alici è 0,6 e rappresenta un valore precauzionale; l'alternativa è data da $M = 0,8$, ma non è stata presa in considerazione nel presente lavoro. Il valore di M utilizzato per le sardine è 0,5.

Per ulteriori approfondimenti dello stock assessment di alici e sardine nella GSA 17 si ricordano, oltre ai già menzionati Santojanni et al. (2007a,b), i lavori di Cingolani et al. (1996), Santojanni et al. (2002; 2003), Cingolani et al. (2004a,b), Santojanni et al. (2005; 2006a,b,c).

Per poter effettuare le proiezioni è necessario disporre inoltre di un set di valori di F_a . È possibile derivare tali valori da stime ottenute con la VPA in anni precedenti a quelli delle proiezioni.

I valori di F_a possono essere opportunamente aumentati o diminuiti e tali variazioni possono essere ricondotte a variazioni dello sforzo di pesca e/o della catturabilità. Se si assume che la catturabilità per classe di età rimane costante nel tempo (è tuttavia possibile considerare anche questa variabile nella simulazione), le variazioni di F_a rappresentano simulazioni di diversi livelli di sforzo di pesca.

È infine necessario disporre di una stima di $N_{0, t}$ ossia del numero degli individui della classe di età 0, intesi qui come reclute, per ogni anno $t = 2007, 2008, \dots, 2012$. Tali numeri sono stati calcolati sulla base dei rapporti R_t / S_{t-1} , ossia tra reclute R nell'anno t e riproduttori S nell'anno precedente $t-1$. Ad esempio, una volta fissato il valore di tale rapporto, essendo noto

il numero di riproduttori nell'anno 2006, è possibile calcolare il numero di reclute nel 2007.

Sia per le alici che per le sardine sono stati valutati tre livelli di mortalità per pesca.

Il primo set di valori di F_a è stato ottenuto utilizzando le medie del periodo 1999-2006, il quale è recente e, allo stesso tempo, non troppo breve. Tali medie di F_a sono peraltro molto simili a quelle degli ultimi tre anni. Ad esempio, nel periodo 2004-2006, il valore di F_{0-3} (media non pesata) relativo alle alici è 0,25, mentre l' F_{0-3} corrispondente agli F_a usati nelle proiezioni è 0,28; nel caso delle sardine, il valore di F_{0-5} (media non pesata) è 0,46, mentre l' F_{0-5} corrispondente agli F_a usati nelle proiezioni è 0,48.

In relazione a questo set di valori di F_a , i tassi di sfruttamento F/Z , con F dato da F_{0-3} (o F_{0-5}) e Z dato dalla somma di questo e di M , sono pari a 0,32 per le alici e a 0,49 per le sardine. Nel caso delle sardine si ha quindi il superamento della soglia $F/Z = 0,40$, che, secondo Patterson (1992), è opportuno non oltrepassare se si vuole mantenere basso il rischio di declino per uno stock di piccoli pelagici (Sant'janni et al., 2006b). Sempre secondo lo stesso autore, l'alternativa più rischiosa a $F/Z = 0,40$ è data da $F/Z = 0,50$.

Il secondo set di valori di F_a è stato ottenuto moltiplicando i valori del primo set per il coefficiente 0,85. In altri termini, il nuovo set corrisponde ad una diminuzione del 15% rispetto alla mortalità per pesca media del periodo 1999-2006 (media simile a quella del periodo 2004-2006). Il rispettivo valore di F_{0-3} (alici) è 0,24, mentre quello di F_{0-5} (sardine) è 0,43.

I corrispondenti tassi di sfruttamento F/Z sono pari a 0,28 per le alici e a 0,46 per le sardine.

Il terzo set di valori di F_a è stato ottenuto ripetendo l'operazione di cui sopra, con l'impiego del coefficiente 0,75 invece di 0,85, simulando così una diminuzione del 25% rispetto alla mortalità per pesca media del periodo 1999-2006. Il rispettivo valore di F_{0-3} (alici) è 0,21, mentre quello di F_{0-5} (sardine) è 0,38.

I corrispondenti tassi di sfruttamento F/Z sono pari a 0,26 per le alici e a 0,43 per le sardine.

Le tre serie di valori di F_a sono denominate nel testo anche livelli di mortalità per pesca F , $F \times 0,85$ e $F \times 0,75$.

Gli effetti prodotti sullo stock dai tre livelli di mortalità per pesca sono stati valutati a tre differenti livelli di reclutamento. Come si è accennato sopra, questi sono stati simulati, per entrambe le specie, utilizzando il rapporto R_t / S_{t-1} tra il numero di reclute nell'anno t e quello dei riproduttori nell'anno $t-1$:

- 1) un valore relativamente elevato, dato dalla media dei rapporti R_t / S_{t-1} con $t = 1999, 2000, \dots, 2006$; tale valore è stato utilizzato per tutti gli anni $t = 2007, 2008, \dots, 2012$;
- 2) un valore più basso rispetto al primo livello di reclutamento, dato dal rapporto R_t / S_{t-1} con $t = 2002$ per le alici e $t = 2005$ per le sardine; tali valori sono stati utilizzati per tutti gli anni $t = 2007, 2008, \dots, 2012$;
- 3) una combinazione di valori: per gli anni $t = 2007, t = 2008, t = 2011$ e $t = 2012$ è stato utilizzato il rapporto R_t / S_{t-1} del primo livello di reclutamento; per $t = 2009$ e $t = 2010$ è stato

utilizzato il rapporto R_t / S_{t-1} con $t = 1998$, da considerarsi relativamente basso.

Per le alici, il valore di R_t / S_{t-1} utilizzato per il primo livello di reclutamento (e quattro anni del terzo livello) è 1,24, mentre quello del secondo livello è 1,03. Il valore considerato basso, utilizzato per due anni del terzo livello, è invece 0,66, il quale corrisponde a circa la metà di 1,24. La media di tutto il periodo, ossia per t che va da 1977 al 2006, è pari a 1,07, con un campo di variazione che ha come minimo 0,36 (per $t = 1986$) e come massimo 2,21 (per $t = 2004$).

Per le sardine, il valore di R_t / S_{t-1} utilizzato per il primo livello di reclutamento (e quattro anni del terzo livello) è 1,29, mentre quello del secondo livello è 1,04. Il valore considerato basso, utilizzato per due anni del terzo livello, è invece 0,37, il quale corrisponde a circa un terzo di 1,29. La media di tutto il periodo, ossia per t che va da 1976 al 2006, è pari a 0,90, con un campo di variazione che ha come minimo 0,27 (per $t = 1996$ e $t = 1997$) e come massimo 2,49 (per $t = 2006$).

Riassumendo, per entrambe le specie e in relazione al periodo 2007-2012, sono state ottenute nove proiezioni della biomassa dello stock e delle relative catture: 3 livelli di mortalità per pesca \times 3 livelli di reclutamento.

I valori di $N_{a,t}$ stimati sono stati convertiti in biomassa mediante i pesi medi per classe di età del 2006.

Le catture delle proiezioni sono state calcolate mediante la cosiddetta catch equation di Baranov (Quinn II & Deriso, 1999):

$$C_{a,t} = [F_a / (F_a + M)] [1 - \exp(-(F_a + M))] N_{a,t} \quad (2)$$

dove $C_{a,t}$ rappresenta appunto il numero di individui della classe di età a catturati nell'arco dell'anno t . Anche le catture in numero sono state convertite in peso mediante i pesi medi per classe di età del 2006.

Risultati: alici

Le proiezioni della biomassa dello stock (calcolata a metà anno) e delle catture di alici sono mostrate nella **Figura 4**, che è strutturata nei tre grafici a, b, c, relativi rispettivamente ai tre livelli di reclutamento. Le stime di biomassa relative agli anni prima del 2007 sono quelle derivate dall'applicazione canonica della Laurec-Shepherd tuned VPA.

Con il primo livello di reclutamento (grafico a), la biomassa aumenta in maniera sensibile rispetto alle 136000 tonnellate del 2006 con tutti e tre livelli di mortalità per pesca. La biomassa stimata nel 2012 è di 217000, 244000 e 264000 tonnellate rispettivamente con F , $F \times 0,85$ e $F \times 0,75$.

Con il secondo livello di reclutamento (grafico b), la biomassa aumenta rispetto alle 136000

tonnellate del 2006 con $F \times 0,85$ e $F \times 0,75$, mentre diminuisce con F , ossia con il livello che non prevede riduzione della mortalità per pesca. La biomassa stimata nel 2012 è di 128000, 146000 e 159000 tonnellate rispettivamente con F , $F \times 0,85$ e $F \times 0,75$.

Dal confronto tra i grafici a e b emerge chiaramente il forte peso del reclutamento nella dinamica dello stock. Sono infatti scomparse le crescite pronunciate ottenute con il primo livello di reclutamento e, se si fosse applicato il rapporto $R_t / S_{t-1} = 0,66$ (lo stesso utilizzato in due anni del terzo livello di reclutamento) invece di $R_t / S_{t-1} = 1,03$, si sarebbe avuta una diminuzione della biomassa fino ai livelli del collasso del 1987, con tutti e tre i livelli di mortalità per pesca.

Con il terzo livello di reclutamento (grafico c), si constata come due soli anni (2009 e 2010) di basso reclutamento (ma non del “più basso”) possano incidere sullo stock. La biomassa non raggiunge più i valori ottenuti con il primo livello di reclutamento, nonostante in quattro anni sia stato applicato lo stesso rapporto $R_t / S_{t-1} = 1,24$. La biomassa stimata nel 2012 è ora di 128000, 145000 e 158000 tonnellate rispettivamente con F , $F \times 0,85$ e $F \times 0,75$. Si tratta di valori molto simili a quelli ottenuti con il secondo livello di reclutamento. Come per il secondo livello di reclutamento, l’effetto della riduzione della mortalità per pesca è in ogni caso apprezzabile.

In conclusione, se da una parte è vero che il reclutamento ha grande importanza, le riduzioni della mortalità per pesca appaiono potenzialmente utili ai fini gestionali. Inoltre, tali riduzioni non implicano drastiche diminuzioni delle catture, le quali, con tutti e tre i livelli di reclutamento, scendono, al più, un poco al di sotto delle 30000 tonnellate. Per confronto, si ricorda che la media del periodo 1999-2006 è di 26000 tonnellate, con un aumento recente, dato dalle 35000 tonnellate del 2005 e dalle 38000 tonnellate del 2006.

Risultati: sardine

Le proiezioni della biomassa dello stock (calcolata a metà anno) e delle catture di sardine sono mostrate nella **Figura 5**, che, analogamente alla **Figura 4** delle alici, è strutturata nei tre grafici a, b, c, relativi rispettivamente ai tre livelli di reclutamento. Come per le alici, le stime di biomassa relative agli anni prima del 2007 sono quelle derivate dalla applicazione canonica della Laurec-Shepherd tuned VPA.

Con il primo livello di reclutamento (grafico a), la biomassa aumenta rispetto alle 116000 tonnellate del 2006 con tutti e tre i livelli di mortalità per pesca. La biomassa stimata nel 2012 è di 128000, 139000 e 151000 tonnellate rispettivamente con F , $F \times 0,85$ e $F \times 0,75$. Questi aumenti sono meno pronunciati rispetto a quanto visto per le alici, alle quali - va ricordato - sono stati applicati tassi di mortalità per pesca tendenzialmente più bassi.

Con il secondo livello di reclutamento (grafico b), la biomassa delle sardine diminuisce rispetto alle 116000 tonnellate del 2006 non solo con F , ma anche con $F \times 0,85$ e $F \times 0,75$. La

biomassa stimata nel 2012 è di 78000, 85000 e 93000 tonnellate rispettivamente con F , $F \times 0,85$ e $F \times 0,75$. Tuttavia, la biomassa si mantiene quasi sempre sopra, anche se non di molto, i valori del periodo 1999-2005, in cui si osservano i minimi storici della serie e a cui corrisponde una media di 76000 tonnellate. Ciò è particolarmente vero con $F \times 0,75$.

Come per le alici, si constata l'importanza del reclutamento nella dinamica dello stock. Tale aspetto sarebbe stato ancor più evidente se si fosse applicato il rapporto $R_t / S_{t-1} = 0,37$ (lo stesso utilizzato in due anni del terzo livello di reclutamento) invece di $R_t / S_{t-1} = 1,04$: la biomassa stimata sarebbe stata ben al di sotto dei valori del periodo 1999-2005.

Con il terzo livello di reclutamento (grafico c), si constata come due soli anni (2009 e 2010) di basso reclutamento (ma non del "più basso") possano incidere sullo stock. La biomassa non raggiunge più i valori ottenuti con il primo livello di reclutamento, nonostante in quattro anni sia stato applicato lo stesso rapporto $R_t / S_{t-1} = 1,29$ (è al di sotto anche della biomassa ottenuta con il secondo livello di reclutamento). La biomassa stimata nel 2012 è di 60000, 66000 e 73000 tonnellate rispettivamente con F , $F \times 0,85$ e $F \times 0,75$.

Le conclusioni sono abbastanza simili a quelle tratte per le alici. Anche per questa specie il reclutamento ha grande importanza. A differenza delle alici, dati i valori più elevati dei tassi correnti di mortalità per pesca delle sardine, la riduzione del 25% appare maggiormente utile. Con essa il tasso di sfruttamento F/Z delle sardine potrebbe diminuire ed avvicinarsi alla soglia 0,40 proposta da Patterson.

Inoltre, le riduzioni della mortalità per pesca non implicano diminuzioni drastiche delle catture. Queste scendono, al più, a 20000 tonnellate con i primi due livelli di reclutamento, non differendo così dalla media del periodo 1999-2006. Solo in alcuni anni della proiezione con il terzo livello di reclutamento si hanno 14000 tonnellate; tuttavia, ciò si verifica anche senza riduzione della mortalità per pesca.

Bibliografia

- Cingolani N., Giannetti G., Arneri E. 1996. Anchovy fisheries in the Adriatic Sea. *Sci. Mar.*, 60(Suppl.2): 269-277.
- Cingolani N., Santojanni A., Arneri E., Belardinelli A. Colella S., Donato F., Giannetti G., • • • • G., Zorica B. 2004a. Anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L.) stock assessment in the Adriatic Sea: 1975-2003. Paper presented at the GFCM-SAC Working group on small pelagic species, Malaga, 6-7 May 2004. FAO-MIPAF project, Adriamed: scientific cooperation to support responsible fisheries in the Adriatic Sea. *Adriamed Occasional Papers*, 14: 10 pp.
- Cingolani N., Santojanni A., Arneri E., Belardinelli A. Colella S., Donato F., Giannetti G., • • • • G., Zorica B. 2004b. Sardine (*Sardina pilchardus*, Walb.) stock assessment in the Adriatic Sea: 1975-2003. Paper presented at the GFCM-SAC Working group on small pelagic species, Malaga, 6-7 May 2004. FAO-MIPAF project, Adriamed: scientific cooperation to support responsible fisheries in the Adriatic Sea. *Adriamed Occasional Papers*, 13: 9 pp.
- Darby C.D., Flatman S. 1994. *Virtual Population Analysis: version 3.1 (Windows/Dos) user guide*. Info. Tech. Ser., MAFF Direct. Fish. Res., Lowestoft, UK, 1: 85 pp.
- Patterson K. 1992. Fisheries for small pelagic species: an empirical approach to management targets. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 2: 321-338.
- Quinn II T.J., Deriso R.B. 1999. *Quantitative fish dynamics*. Oxford University Press. 542 pp.
- Santojanni A., Arneri E., Barry C., Belardinelli A., Cingolani N., Giannetti G., Kirkwood G. 2003. Trends of anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L.) biomass in the northern and central Adriatic Sea. *Sci. Mar.*, 67(3): 327-340.
- Santojanni A., Arneri E., Bernardini V., Cingolani N., Di Marco M., Russo A. 2006a. Effects of environmental variables on recruitment of anchovy in the Adriatic Sea. *Clim. Res.*, 31(2-3): 181-193.
- Santojanni A., Cingolani N., Arneri E., Belardinelli A., Colella S., Donato F., Giannetti G., Leonori I., De Felice A., Sinovcic G., Marceta B. 2007a. Anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L.) stock assessment in the Adriatic Sea: 1975-2006. Meeting of the FAO-GFCM-SAC SubCommittee on Stock Assessment (SCSA) - Athens, 10-14 September 2007. 1 pp.
- Santojanni A., Cingolani N., Arneri E., Belardinelli A., Colella S., Donato F., Giannetti G., Leonori I., De Felice A., Sinovcic G., Marceta B. 2007b. Sardine (*Sardina pilchardus*, Walb.) stock assessment in the Adriatic Sea: 1975-2006. Meeting of the FAO-GFCM-SAC SubCommittee on Stock Assessment (SCSA) - Athens, 10-14 September 2007. 1 pp.
- Santojanni A., Cingolani N., Arneri E., Belardinelli A., Giannetti G., Colella S., Donato F. 2006b. Use of an exploitation rate threshold in the management of anchovy and sardine stocks in the Adriatic Sea. *Biol. Mar. Medit.*, 13(3): 98-111.
- Santojanni A., Cingolani N., Arneri E., Belardinelli A., Giannetti G., Colella S., Donato F. 2006c. Recruitment of sardine (*Sardina pilchardus* Walbaum 1792) in the Adriatic Sea and environmental factors. *Biol. Mar. Medit.*, 13(1): 158-166.

Santojanni A., Cingolani N., Arneri E., Giannetti G., Belardinelli A., Donato F., Colella S. 2002. Calculation of small pelagic catch per unit of fishing effort in the Adriatic Sea. *Biol. Mar. Medit.*, 9(1): 89-95.

Santojanni A., Cingolani N., Arneri E., Kirkwood G., Belardinelli A., Giannetti G., Colella S., Donato F., Barry C. 2005. Stock assessment of sardine (*Sardina pilchardus*, WALB.) in the Adriatic Sea, with an estimate of discards. *Sci. Mar.*, 69(4): 603-617.

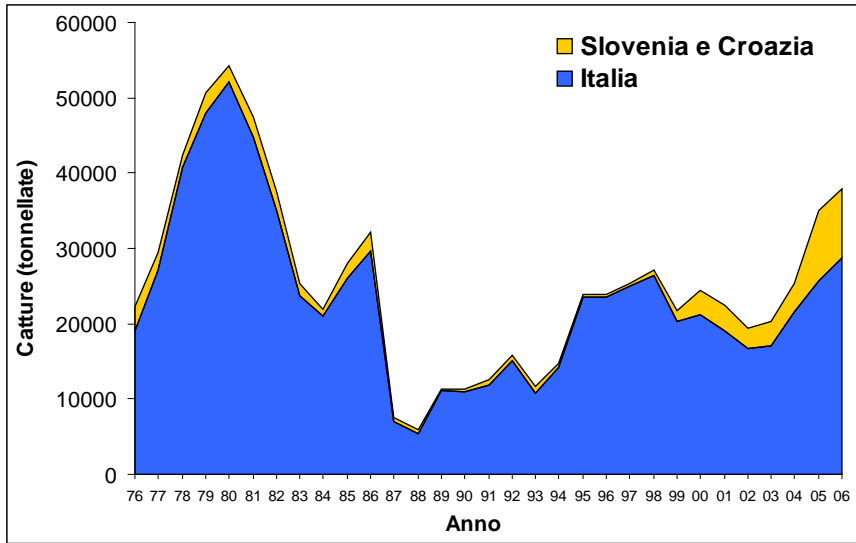


Figura A.4.1 - Catture (totali) di alici in Italia, Slovenia e Croazia, dal 1976 al 2006 (split-year)

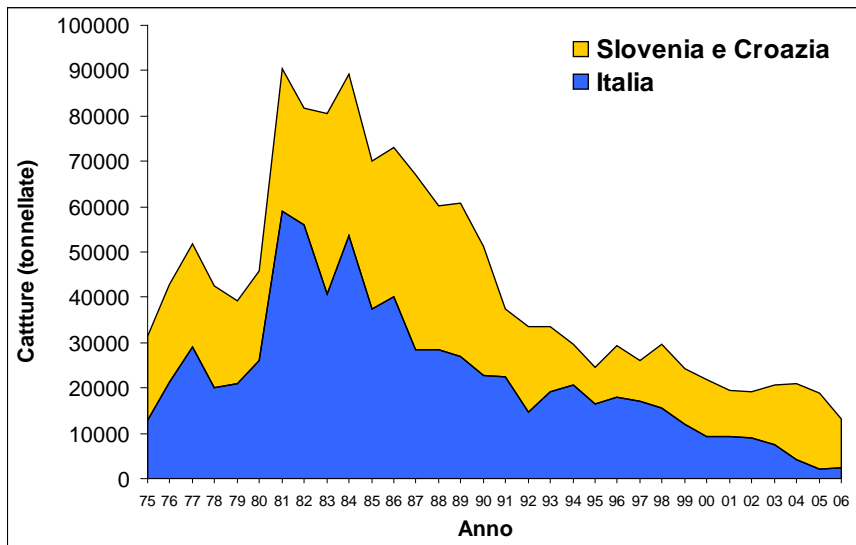


Figura A.4.2 - Catture (totali) di sardine in Italia, Slovenia e Croazia, dal 1975 al 2006

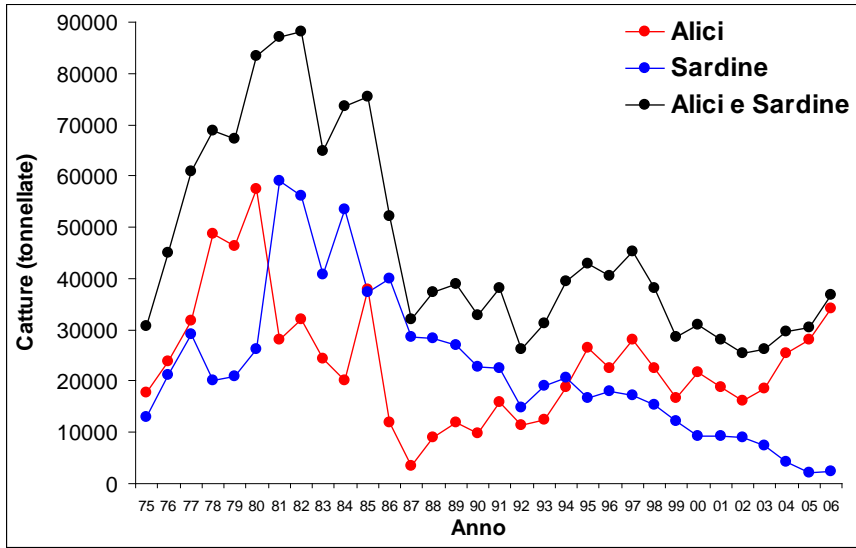
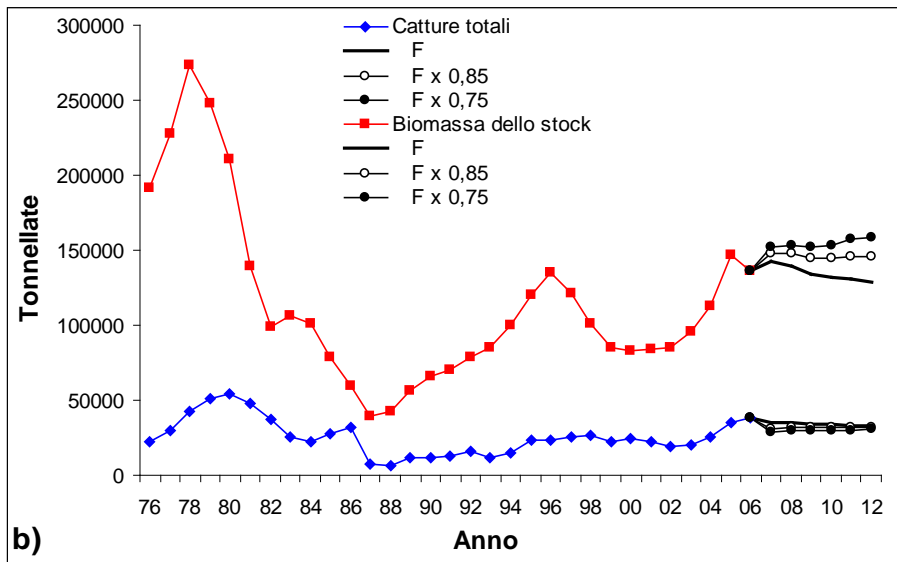
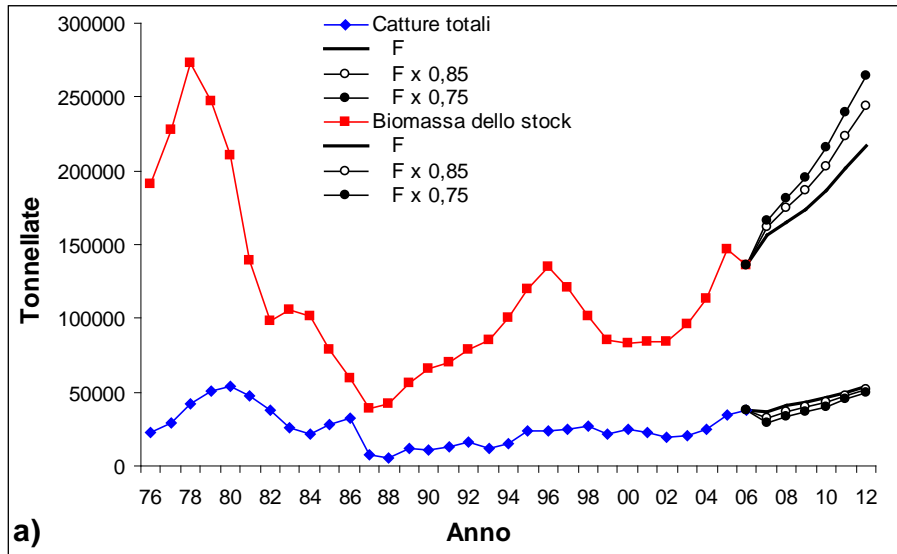


Figura A.4.3 - Catture italiane di alici, sardine, alici e sardine, dal 1975 al 2006



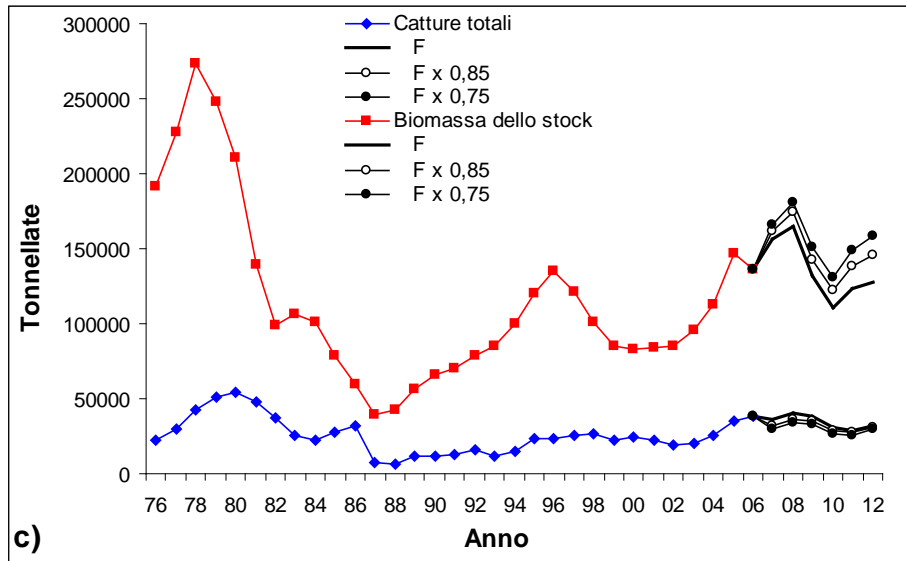
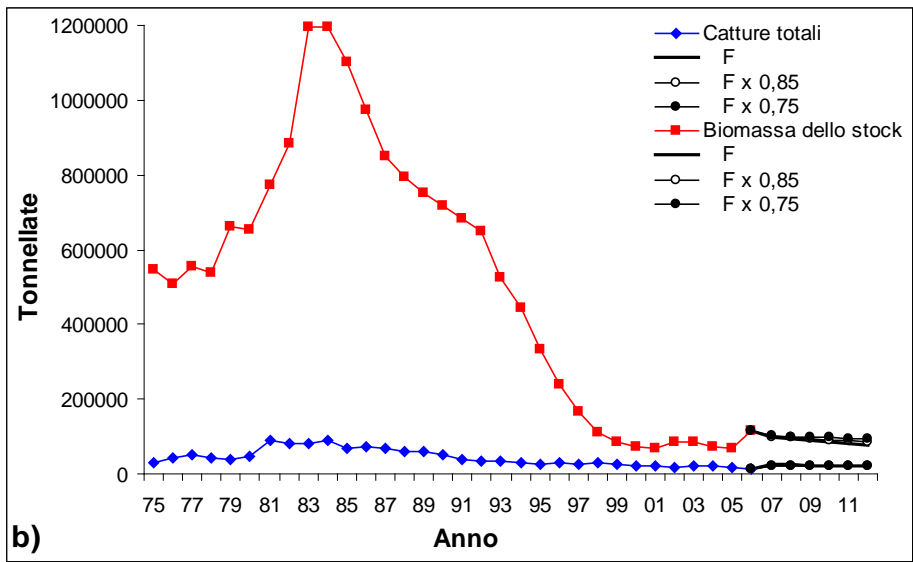
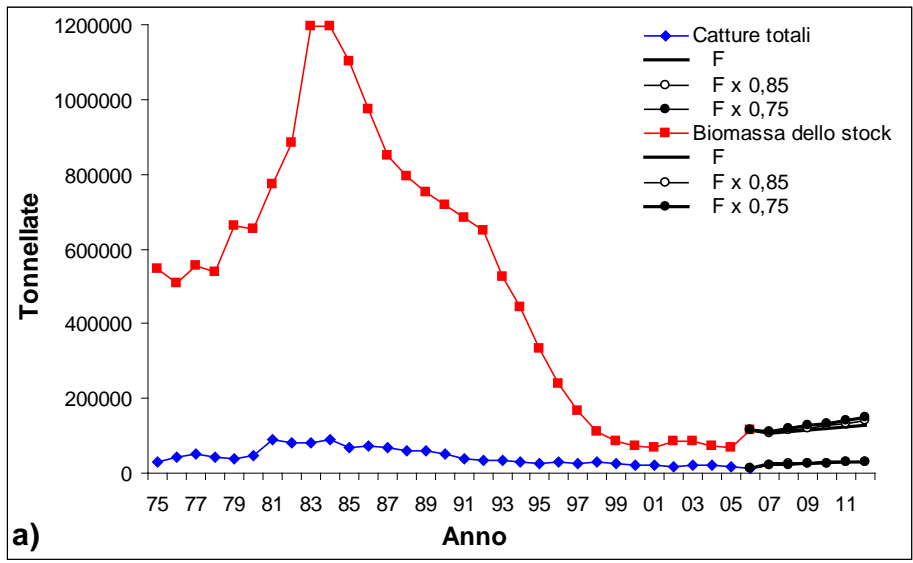


Figura A.4.4 - Proiezioni delle catture totali e della biomassa a metà anno dello stock di alici, dal 2007 al 2012 (split-year), a tre diversi livelli di mortalità per pesca (F , $F \times 0,85$, $F \times 0,75$), valutati a loro volta a tre diversi livelli di reclutamento (grafici a, b, c). Si veda il testo per ulteriori spiegazioni



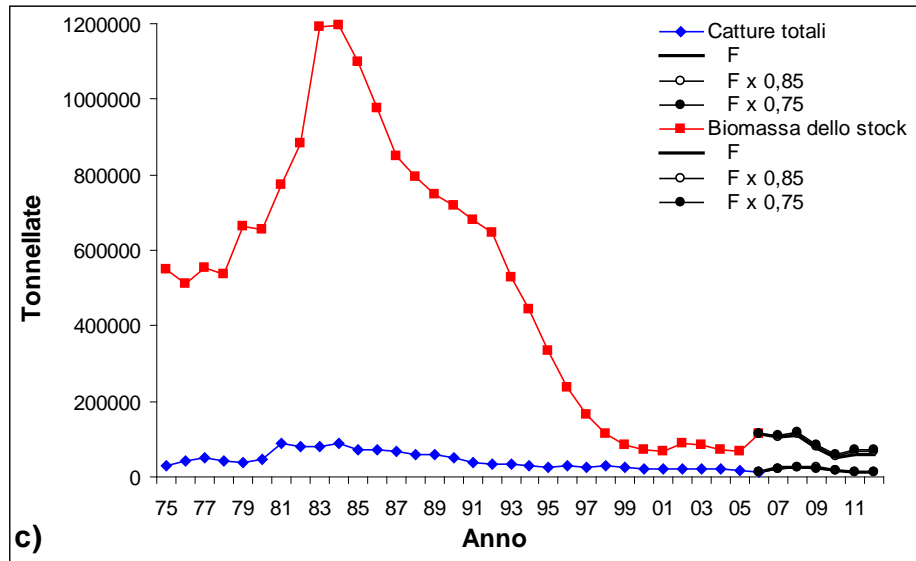


Figura A.4.5 - Proiezioni delle catture totali e della biomassa a metà anno dello stock di sardine, dal 2007 al 2012, a tre diversi livelli di mortalità per pesca (F , $F \times 0,85$, $F \times 0,75$), valutati a loro volta a tre diversi livelli di reclutamento (grafici a, b, c). Si veda il testo per ulteriori spiegazioni