

**RICERCA DI RADIOSORGENTI ESTESE  
IN AMMASSI DI GALASSIE**

**M. Tordi, G. Giovannini, L. Feretti**

**Istituto di Radioastronomia, Novembre 1998**

**RAPPORTO INTERNO 263/98**

**RAPPORTO INTERNO**

**CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE**

**ISTITUTO DI RADIOASTRONOMIA**

**Via P. Gobetti, 101 - 40129 BOLOGNA (Italy)**

## INDICE.

1 Stato dell'arte.	1
2 Nuova ricerca di aloni radio.	12
3 Discussione.	15
4 Conclusioni.	37

# Ricerca di radiosorgenti estese in ammassi di galassie.

M. Tordi, G. Giovannini, L. Feretti

November 30, 1998

## ABSTRACT

*Gli aloni ed i relitti radio appartengono ad una classe ancora poco conosciuta di radiosorgenti. Il confronto tra i vari modelli proposti e le osservazioni non consente di trarre conclusioni sicure, a causa dell'esiguo numero di sorgenti note. Per questo motivo è indispensabile aumentare la statistica di questo tipo di radio-emissioni. A questo scopo abbiamo confrontato le mappe radio prodotte a 1.4 GHz dalla NRAO VLA Sky Survey (NVSS) con un campione di ammassi luminosi nella banda dei raggi X soffici (0.1 ÷ 2.4 keV) (Ebeling et al. 1996ab). Le caratteristiche della NVSS (HPBW = 45'', rms = 0.45 mJy, configurazione D) sono particolarmente adatte per questo tipo di ricerca. I risultati consistono nella scoperta di 30 candidati, nella conferma di una stretta relazione tra la luminosità X dell'ammasso e la presenza di una sorgente estesa e, infine, nello studio della correlazione tra la potenza monocromatica ed il diametro delle sorgenti. Assumiamo un universo con  $H_0 = 50$  e  $q_0 = 1/2$ .*

**Key words:** Galaxies: cluster - Radio continuum: galaxies - Magnetic fields - Intergalactic medium

## 1 STATO DELL'ARTE.

Secondo la definizione in uso, gli aloni radio sono sorgenti diffuse, estese (di dimensione tipica di 1 Mpc), poste al centro di ammassi di galassie (Feretti & Giovannini 1996), con spettro ripido ( $\alpha \sim 1 \div 2$ ,  $S \propto \nu^{-\alpha}$ ). I relitti radio hanno proprietà radiative simili a quelle degli aloni, ma sono posti in regioni più periferiche rispetto al centro degli ammassi in cui si trovano (Feretti & Giovannini 1996).

### **Le sorgenti note.**

Le ipotesi circa la formazione di aloni e relitti sono necessariamente limitate dalle osservazioni disponibili. Esistono infatti pochi esemplari sia dell'una che dell'altra specie di radiosorgenti. Indicandoli con il nome dell'ammasso di galassie in cui si trovano, gli aloni noti sono: **A 1656** (noto anche come **Coma C**, Giovannini *et al.* 1993), **A 2255** (Feretti *et al.* 1997a), **A 2319** (Feretti *et al.* 1997b), **A 2163** (Feretti *et al.* in preparazione), **A 2218** (Moffet & Birkinshaw 1989), **A 2256** (Röttgering *et al.* 1994b) e **A 1914** (Komissarov & Gubanov 1994); altre sorgenti, le cui proprietà sembrano però differire da quelle tipiche degli aloni, o la cui esistenza non è ancora stata definitivamente confermata, si trovano nell'ammasso **A 2142**, in **0016+16** ed in **A 665**. I relitti attualmente conosciuti sono, con la notazione precedente: **A 85** (Bagchi *et al.* 1998), **A 786** (Harris *et al.* 1993), **A 1656** (Feretti & Giovannini 1998), **A 3667** (Röttgering *et al.* 1994a) e **A 2255** (Feretti *et al.* 1997a).

### **Problemi osservativi.**

Nel paragrafo precedente è stata menzionata la necessità di migliorare le osservazioni per confermare l'esistenza di alcune sorgenti; ciò dipende dalla estrema difficoltà posta nel rilevare sorgenti estese e di bassa brillantezza superficiale. A tal fine si deve ricorrere ad osservazioni aventi sia elevata sensibilità che buon potere risolutivo. Infatti generalmente il beam dello strumento intercetta una piccola parte della sorgente e raccoglie solo una frazione del flusso totale; inoltre è necessario distinguere gli aloni e i relitti da quelle immagini generate dalla confusione di più sorgenti discrete, come radiosorgenti testa-coda e radiogalassie. Per queste ragioni conviene utilizzare tecniche interferometriche; tuttavia, in questo modo si rischia di perdere quelle sorgenti abbastanza vicine ed estese da possedere dimen-

sioni angolari maggiori di quelle visibili dall'interferometro. In tal caso, si utilizzano anche osservazioni effettuate in *single dish*.

### **Rarità come caratteristica fisica.**

Al di là delle difficoltà puramente tecniche, la rarità di questo fenomeno potrebbe dipendere da ragioni intrinseche, relative alle cause dell'origine e del sostentamento dell'emissione. L'esistenza di una regione diffusa di emissione radio indica la presenza di una componente di elettroni energetici nel mezzo intergalattico dell'ammasso e di un forte campo magnetico. Allo stato attuale, non esiste un soddisfacente modello fisico per ciascuna componente, per cui è possibile che le condizioni favorevoli alla formazione di una sorgente estesa si verificano raramente, oppure che l'alone stesso sia un fenomeno transitorio di vita media molto breve, per cui è osservabile in pochi casi. Se la sorgente di energia degli elettroni relativistici è legata alla presenza di merging, il confronto tra il tempo di raffreddamento degli elettroni e la frequenza dei mergers dimostra che gli aloni sono visibili solamente negli ammassi che abbiano subito un merger recentemente (Tribble 1993). Inoltre, merger che trasferiscano grandi quantità di energia cinetica possono accelerare gli elettroni così tanto da rendere la loro vita radiativa molto breve, cosicché l'alone si spegnerebbe prima che termini il merging (Henriksen 1998). Gli aloni radio ed i relitti sono quindi al centro di un triangolo, ai cui vertici sono posti **elettroni relativistici**, immersi nel mezzo dell'ammasso, fenomeni di **riaccelerazione** ed intensi **campi magnetici**.

### **Modelli I: le particelle.**

Nei primi modelli di alone radio si ipotizzava che gli elettroni fossero iniettati da radiogalassie dell'ammasso (*elettroni primari*, Jaffe 1977, Rephaeli 1977, Rephaeli 1979). Il problema principale di questi modelli è legato

all'estensione degli aloni. Essi hanno dimensioni talmente grandi, che il tempo di diffusione delle particelle è molto maggiore del tempo di raffreddamento, considerando le perdite di energia per interazione con i fotoni della radiazione cosmica di fondo tramite effetto Compton Inverso, e supponendo che la velocità massima di diffusione sia la velocità di Alfvén. Inoltre, non tutti gli ammassi in cui siano stati scoperti aloni radio contengono delle radiogalassie particolarmente potenti da giustificare l'iniezione di grandi quantità di elettroni energetici, come nel caso di A 2319 (Feretti *et al.* 1997b).

Il modello introdotto da Dennison (1980), noto come modello degli *elettroni secondari*, aggira la difficoltà precedente ipotizzando che gli elettroni (ed i positroni) siano prodotti dall'interazione tra protoni energetici, introdotti dalle radiogalassie nell'ambiente dell'ammasso, e protoni termici dell'ambiente stesso. Gli urti anelastici tra queste componenti generano pioni carichi e neutri; i pioni carichi decadono in muoni, che a loro volta decadono in elettroni e positroni. Questo modello evita le difficoltà del precedente perché i protoni perdono poca energia nel campo magnetico dell'ammasso, a causa della loro elevata massa, per cui possono raggiungere le regioni dell'alone più lontane dalla radiogalassia che li genera. La mancanza di radiazione prodotta direttamente dai protoni, tuttavia, rende difficile una verifica diretta del modello stesso; indirettamente, esso potrebbe essere confermato dalla rilevazione di un eccesso di emissione gamma nella regione dell'alone, provocato dal decadimento dei mesoni neutri. Dennison stima che questo processo genererebbe un flusso di fotoni a **100MeV** di  $3 \times 10^{-9} \text{counts} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ ; gli attuali telescopi per raggi gamma, tuttavia, non permettono di ottenere tali informazioni, a causa della scarsa risoluzione angolare e della poca sensibilità.

Infine, un'altra possibilità è rappresentata dall'iniezione di particelle

relativistiche da parte delle supernovæ delle galassie appartenenti all'ammasso, ma non esistono ancora studi dettagliati che si spingano in questa direzione. Marginalmente, vale la pena osservare che, assumendo che le supernovæ iniettino elettroni e nuclei pesanti nella stessa proporzione, questo meccanismo potrebbe essere evidenziato dall'esistenza di una correlazione tra un eccesso di abbondanza di ferro nel mezzo dell'ammasso, rispetto ad altri ammassi, e la presenza di una radiosorgente estesa. Le osservazioni X del satellite ASCA non mostrano una differenza significativa di emissione in riga nell'ambiente degli ammassi, ma è possibile che l'eccesso sia molto contenuto e sia necessaria maggiore sensibilità perché lo si possa rilevare. Viceversa, fissato il rapporto tra ferro ed elettroni espulso da una supernova, si potrebbe determinare il flusso di elettroni partendo dalle abbondanze osservate.

La possibilità che gli elettroni siano iniettati nel mezzo dalle supernovæ è stata considerata da Sarazin & Lieu (1998), nell'ambito dello studio sull'eccesso di emissione in Extreme Ultra Violet (EUV) presente in alcuni ammassi. Esso sarebbe dovuto alla presenza, nel mezzo di questi ammassi, di una componente di elettroni, di energia inferiore a quella degli elettroni che formano gli aloni, i quali interagiscono con i fotoni della radiazione cosmica di fondo portandoli dalla banda delle microonde a quella EUV. Egli trova, sulla base di semplici considerazioni dimensionali, che la quantità di elettroni iniettati dalle supernovæ non è sufficiente per spiegare l'entità dell'emissione osservata.

## **Modelli II: la riaccelerazione.**

Un altro modo per superare i problemi del modello di elettroni primari consiste nel supporre l'esistenza di processi di riaccelerazione nell'ambiente dell'ammasso (*accelerazione in situ*, Jaffe 1977, Roland 1981): la continua

iniezione di energia eviterebbe lo spegnimento degli elettroni prima che questi raggiungano le regioni estreme dell'alone. Osservazioni di Coma-C condotte da Giovannini e coll. (1993) mostrano che spettro dell'alone è piú ripido ai bordi rispetto al centro; inoltre, l'indice spettrale della coda della radiogalassia centrale, considerata come la sorgente degli elettroni relativistici del mezzo intergalattico, è maggiore ( $S \propto \nu^{-\alpha}$ ) di quello della parte centrale dell'alone. Quindi, deve esistere riaccelerazione, almeno nella parte centrale della regione di emissione.

Il primo modello di riaccelerazione ipotizzato si proponeva anche di spiegare l'esistenza di forti campi magnetici nell'ambiente degli ammassi di galassie in cui fossero stati scoperti aloni radio. Le galassie, in moto transonico nel gas dell'ammasso lo riscaldano, trasferendo nel contempo energia anche alla componente di elettroni relativistici; la turbolenza generatasi in questo modo crea vortici che, per effetto dinamo, amplificano il campo magnetico (Roland 1981, Roland *et al.* 1981). Il problema di questo modello, per quanto concerne la riaccelerazione degli elettroni, consiste nella mancanza di evidenze convincenti circa l'effettiva esistenza di onde generate dal moto delle galassie; inoltre non è chiaro quale sia l'effettivo meccanismo che trasferisca energia dall'onda agli elettroni. Torneremo piú avanti sui problemi legati all'amplificazione del campo magnetico.

Il secondo modello è stato proposto da Tribble (Tribble 1993): l'energia si ottiene dalla collisione tra due parti dell'ammasso che non si trovano ancora in equilibrio viriale, fenomeno denominato merging. Secondo la sua analisi, il tempo scala sul quale agisce il merging ( $\sim 10^9$ anni) ed il tempo necessario perché gli elettroni perdano energia (dell'ordine di  $10^8$ anni) possono rendere conto dell'esiguo numero di aloni trovati, poiché sarebbero visibili solo quelli la cui emissione sia stata potenziata da un merging recente. Il fenomeno di merging è tuttavia molto diffuso tra gli ammassi

di galassie, per cui, assumendo valido questo modello di accelerazione, la mancanza di un alone può essere spiegata in due modi:

1. nel mezzo intergalattico dell'ammasso non è presente una componente di elettroni (moderatamente) relativistici la cui riaccelerazione genererebbe l'emissione radio diffusa;
2. il campo magnetico all'interno dell'ammasso è troppo basso perché gli elettroni emettano una considerevole quantità di energia.

Sul secondo punto torneremo nel paragrafo successivo. Il primo punto ci riporta al problema dell'origine degli elettroni. Se essa fosse da ricondurre alle radiogalassie dell'ammasso, allora le alternative possibili per spiegare il motivo per cui gli aloni siano presenti solo in alcuni ammassi sarebbero:

1. la composizione in radiogalassie di due ammassi, uno dei quali contenga un alone, differisce sostanzialmente;
2. l'attività delle radiogalassie dei due ammassi è evoluta in maniera differente, per cui l'iniezione di particelle relativistiche nell'ammasso che non possiede l'alone è terminata relativamente presto, rispetto a quanto avvenuto là dove si osserva l'emissione diffusa (si veda ad esempio la discussione relativa all'alone di A 2319 in Feretti *et al.* 1997b).

Esiste un metodo per verificare una di queste ipotesi? Si potrebbero conteggiare le radiosorgenti all'interno di un ammasso, suddividendole per intervalli di potenza e verificare se esistano differenze significative con un altro ammasso, privo di emissione radio diffusa. Questo procedimento è simile alla costruzione di una funzione di luminosità, con la differenza che le radiogalassie del medesimo ammasso si trovano approssimativamente alla stessa distanza. Se le radiogalassie potenti fossero le sorgenti principali di elettroni relativistici, ci aspetteremmo un irripidimento dei conteggi alle

basse potenze negli ammassi privi di aloni; tuttavia, anche una evoluzione rapida delle radiosorgenti potenti avrebbe lo stesso effetto, per cui non sembra possibile, procedendo in questo modo, distinguere tra le due suddette alternative. Questo scenario rimarrebbe valido nell'ambito del modello degli elettroni secondari, perché i protoni sono iniettati dalle medesime radiogalassie.

### **Modelli III: il campo magnetico.**

I campi magnetici sono il terzo vertice del triangolo. Abbiamo visto come siano state proposte alcune soluzioni al problema della loro amplificazione e come la loro presenza sia determinate per la formazione di un alone e di un relitto. La formazione di campi magnetici intensi ( $\sim 1 \div 10 \mu\text{Gauss}$ ) potrebbe essere dovuta all'interazione delle galassie dell'ammasso con il plasma già parzialmente magnetizzato presente in esso: le galassie cedono energia cinetica turbolenta al mezzo, amplificando il campo per effetto dinamico (Jaffe 1980, Roland 1981, Roland *et al.* 1981). Questo meccanismo non riesce però a giustificare l'esistenza di campi magnetici intensi, ordinati su scale dell'ordine di **10kpc** (De Young 1992), poiché l'energia cinetica iniettata viene in gran parte dispersa sotto forma di calore prima che possa amplificare il campo magnetico. Inoltre esso prevede l'amplificazione fino a valori dell'ordine di  $0.1 \div 0.2 \mu\text{Gauss}$ , in contrasto con i limiti inferiori determinati per alcuni ammassi (Henriksen 1998). Il merging tra ammassi di galassie o tra parti diverse di uno stesso ammasso potrebbe iniettare energia su scale maggiori e generare campi magnetici sufficientemente intensi (De Young 1992, Henriksen 1998).

Il problema relativo all'origine dei campi magnetici è ancora molto dibattuto. Le misure effettuate sfruttando la rotazione di Faraday sono model dependent, poiché sono vincolate ad una stima della lunghezza di coerenza

del campo stesso (Feretti *et al.* 1984), mentre le stime ottenibili attraverso i dati X pongono solo limiti inferiori (Henriksen 1998). Infine, non tutti gli ammassi di galassie possiedono campi magnetici di intensità confrontabile con quella osservata in ammassi come Coma (Kim *et al.* 1991), né tutti gli ammassi con campi magnetici intensi possiedono un alone radio o un relitto.

#### **Modelli IV: *esprit de géometrie*.**

I modelli summenzionati sono stati formalizzati da Schlickeiser e collaboratori (Schlickeiser *et al.* 1987) attraverso lo studio della funzione di distribuzione degli elettroni relativistici nello spazio delle fasi. Le diverse ipotesi sono trattate come casi particolari di una equazione di continuità, dalle cui soluzioni stazionarie si ottengono fit teorici agli spettri delle sorgenti. L'applicazione dei vari modelli al caso di Coma porta gli autori a concludere che il modello di accelerazione in situ fornisce la miglior interpolazione ai dati. Tuttavia, le soluzioni da essi ottenute sono basate sulla separabilità della funzione di distribuzione in una parte spaziale ed una dipendente dalla quantità di moto, mentre, come discusso da Deiss (1997), le dimensioni dell'alone di Coma variano al variare della frequenza di osservazione, per cui non è possibile trattare le dipendenze spaziale ed energetica separatamente. In particolare Deiss (1997) e Deiss e coll. (1997) ottengono una relazione di consistenza delle misure di diametro e flusso, attraverso la quale stimano di poter deproiettare la sorgente, ottenendo il reale andamento della emissività in funzione della posizione.

#### **Relitti radio.**

La situazione relativa alla conoscenza del fenomeno relitto non è migliore. La morfologia allungata di alcune di queste sorgenti e la loro posizione

decentrata fanno pensare ad emissione originatasi da attività galattica: la radiogalassia in moto nell'ammasso termina la sua attività lasciando dietro di sé una scia di emissione radio, il cui spettro si irripidisce nel tempo a causa del mancato rifornimento di energia. Dopo la fine dell'attività nucleare, la radiogalassia si sposta dalla posizione in cui si trovava, seguendo il suo moto all'interno dell'ammasso, cosicché la radiosorgente che vediamo come relitto non è identificata con alcuna galassia dell'ammasso. Questo scenario presta il fianco ad alcune critiche, prima fra tutte l'inesistenza di galassie dell'ammasso prossime alla regione di emissione radio. Infatti, in assenza di rifornimento di energia, gli elettroni relativistici si spengono dopo circa  $10^8 y$ , per cui, supponendo che la galassia responsabile dell'iniezione iniziale si muova con una velocità dell'ordine di quelle misurate negli ammassi ( $\sim 1000 km \cdot s^{-1}$ ), se il relitto è ancora visibile, la galassia deve trovarsi in prossimità di esso ( $\sim 30 kpc$ ). Recentemente è stata avanzata un'ipotesi alternativa circa la formazione dei relitti radio. Ensslin e collaboratori (Ensslin *et al.* 1998) hanno proposto che i relitti siano formati da onde d'urto provocate dalla caduta di gas nella buca di potenziale gravitazionale. Gli elettroni relativistici sarebbero generati da una radiogalassia testa-coda vicina alla regione in cui si forma l'onda d'urto. La teoria delle onde d'urto piane interpreta bene le osservazioni, in particolare la forma allungata, la posizione della sorgente ed il grado di polarizzazione della radiazione emessa.

### **Le sorgenti estese ed il loro ambiente.**

L'analisi dello spettro radio integrato e lo studio comparato dell'emissione radio e dell'emissione X, dovuta al gas caldo che permea l'ambiente degli ammassi di galassie, hanno permesso di raggiungere le seguenti conclusioni:

1. la morfologia radio corrisponde a quella X;
2. gli ammassi contenenti un alone o un relitto sono mediamente piú luminosi in X degli altri ammassi;
3. gli ammassi contenenti un alone hanno subito recentemente un processo di merging;
4. le radiosorgenti potrebbero non trovarsi in condizione di equipartizione.

L'elevata luminosità X degli ammassi contenenti un alone o un relitto è intrinseca al gas termico dell'ammasso: essa non è dovuta a emissione per Compton Inverso provocata dall'interazione tra i fotoni della radiazione cosmica di fondo e gli elettroni relativistici. L'entità di questo fenomeno è infatti trascurabile tra  $\sim 2keV$  e  $\sim 4keV$ , dove si ha emissione X termica (Brunetti *priv. comm.*). Le prime stime del flusso di radiazione generato attraverso il Compton Inverso sono state ottenute solo recentemente (Fusco-Femiano *et al.* 1998, Bagchi *et al.* 1997), misurando ad energie piú elevate un eccesso di emissione rispetto al modello interpolato nella regione di energia inferiore.

### **Linee di indagine.**

Data la grande incertezza circa i processi coinvolti nella formazione di un alone ed un relitto, è fondamentale incrementare il numero di radiosorgenti appartenenti a questa classe. Questo permetterebbe sia di trarre conclusioni di carattere statistico sulle loro proprietà su una base piú solida, sia di studiare in dettaglio altri aloni e relitti, particolarmente in relazione all'ambiente in cui questo tipo di emissione si sviluppa. Il prossimo capitolo descrive i dati utilizzati nella ricerca di nuove emissioni estese. I risultati sono discussi nel terzo capitolo, mentre le conclusioni sono sviluppate nell'ultimo.

## 2 NUOVA RICERCA DI ALONI RADIO.

La ricerca di aloni radio era stata condotta in passato da altri autori (Jaffe 1977; Hanisch 1982) senza successo. Oggi disponiamo di dati radio di grande qualità, ottenuti tramite la NRAO VLA Sky Survey (**NVSS**, Condon *et al.* 1997). Questa survey ha il pregio di unire una buona sensibilità (**rms**  $\sim$  **0.45mJy**) ed una buona risoluzione (beam circolare con **HPBW** = **45''**) ad un buon campionamento delle baselines corte (**configurazione D**).

La ricerca è stata condotta nei campi degli ammassi presenti nella selezione compilata da Ebeling e collaboratori (Ebeling *et al.* 1996ab). Questa comprende gli ammassi piú luminosi nella banda dei raggi X soffici (**0.1 ÷ 2.4keV**) individuati dalla All Sky Survey del satellite ROSAT (**RASS**) e appartenenti al catalogo **ACO** (Abell *et al.* 1989). La selezione è stata ottenuta attraverso l'identificazione degli ammassi il cui flusso di radiazione X fosse superiore a  $5.0 \times 10^{-12} \text{erg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; essa esclude quelli aventi  $z > 0.2$  e quelli posti nell'intervallo di latitudine galattica  $-20^\circ < b < 20^\circ$ , per evitare problemi di incompletezza legati rispettivamente al catalogo ACO ed alla RASS. Essa comprende infine **242** ammassi, con una completezza stimata dell'ordine del 80%; a questi abbiamo aggiunto gli ammassi con  $z > 0.2$  e quelli appartenenti alla regione di cielo esclusa. Infatti noi siamo interessati piú alla scoperta di nuove sorgenti estese che ai problemi di completezza, per cui, basandoci sul legame tra le proprietà X degli ammassi e la presenza di aloni e relitti, consideriamo anche i campi di quegli ammassi che, pur rispondendo al criterio del flusso, sono stati esclusi dal catalogo. La NVSS non copre il cielo a sud di  $\delta = -40^\circ$ , per cui è necessario escludere gli ammassi posti in quella regione. Infine, dal momento che il VLA in configurazione D non è in grado

di osservare sorgenti piú estese di  $900''$ , abbiamo escluso gli ammassi piú vicini di  $z = 0.044$ , distanza alla quale una sorgente di **1 Mpc** ha un diametro angolare di  $15'$ . In questo modo la nostra ricerca si estende su di un campione di **207** ammassi, due dei quali (A 1773, A 3888) appartengono a regioni del cielo in cui la NVSS non è ancora stata completata.

Le mappe radio sono state prelevate dall'archivio pubblico della NVSS; ogni campo, di dimensioni pari a  $1^\circ \times 1^\circ$ , è centrato sulla posizione X (Ebeling *et al.* 1996ab). Si osservi che nel caso di ammassi la cui morfologia X sia doppia, il centro è posto nel baricentro dell'emissione e può non coincidere con il centro ottico dell'ammasso. Le radiosorgenti sospette sono state confrontate con il campo ottico della Digitized Sky Survey (**DSS**), in modo da eliminare i casi corrispondenti ad emissioni identificabili con particolari galassie dell'ammasso o di campo. In questo modo sono state identificate **30** sorgenti estese, di cui **12** classificate come **alone**, **9** come **relitto**, in base alla loro posizione rispetto al centro dell'ammasso, mentre le rimanenti **9** sono state classificate come **incerte** perché, benché estese, coincidono con sorgenti discrete e non hanno alcun riferimento in letteratura. Alcune mappe mostrano la presenza di emissioni radio sovrapposte a quella estesa, ma dovute all'attività di singole galassie. La possibilità che la sorgente estesa sia essa stessa generata dalla confusione di molte sorgenti discrete è in molti casi esclusa, poiché la morfologia non mostra picchi di brillantezza in corrispondenza di particolari galassie. Nondimeno, vi sono sorgenti la cui natura rimane incerta; per questo motivo abbiamo utilizzato i dati resi disponibili dalla Faint Images of the Radio Sky at Twenty-cm (**FIRST**, Becker *et al.* 1997). La FIRST è una survey alla stessa frequenza della NVSS, ma con un potere risolutivo molto migliore (**HPBW =  $5''$** ) ed un noise dell'ordine di **0.13 mJy**. Purtroppo questo fa sì che la copertura del cielo sia molto inferiore a quella della NVSS, poiché

una risoluzione migliore di circa un ordine di grandezza comporta l'accumulazione di una quantità di informazione cento volte maggiore, a parità di estensione di cielo considerata. Durante il periodo in cui questo lavoro è stato svolto, la FIRST copriva queste regioni:

- $7^{\text{h}}20^{\text{m}} < \text{RA} < 17^{\text{h}}20^{\text{m}} + 22.2^\circ < \delta < +42.5^\circ$
- $21^{\text{h}}20^{\text{m}} < \text{RA} < 3^{\text{h}}20^{\text{m}} - 2.5^\circ < \delta < +1.6^\circ$

Quindi, solo in pochi casi è stato possibile confrontare le mappe NVSS dubbie con le corrispondenti mappe FIRST. Pertanto sussistono grosse incertezze circa la reale natura di alcune sorgenti. Qualora la presenza di picchi di brillantezza fosse inequivocabilmente legata all'attività di una galassia, come dimostrato dalle mappe FIRST o per il fatto che si trattasse di sorgenti note, abbiamo sottratto al flusso della componente estesa quello generato dalla parte discreta.

La *Tab1* contiene l'elenco degli ammassi corrispondenti alle sorgenti estese: in essa sono riportati *nome*, *posizione*, *redshift*, *luminosità X*, *temperatura*, *classe BM*, presenza di *merging* e *note* relative a proprietà peculiari degli ammassi ricavate dal NASA Extragalactic Database (**NED**). Per le posizioni, i redshift e le caratteristiche X degli ammassi ci riferiamo ai dati pubblicati nell'articolo di Ebeling e collaboratori (1996ab). In *Tab2* sono elencati *nome*, *flusso*, la *dimensione angolare massima* in minuti d'arco, la *potenza monocromatica* e il *diametro massimo*; l'ultima colonna contiene la classificazione in *relitto* o *alone*; la tabella non comprende le sorgenti incerte. Le sorgenti discrete sovrapposte ad alcune sorgenti estese sono elencate in *Tab3*, dove sono contenuti i dati relativi a *nome* della sorgente estesa in cui si trovano, *flusso* e *posizione*. Non abbiamo presentato una tabella con i flussi delle sorgenti incerte perché fortemente contaminate dalla presenza di sorgenti discrete sovrapposte ad esse.

La *Fig1* mostra le sorgenti classificate come aloni: le immagini sono state ottenute sovrapponendo i campi ottici ai campi radio. La *Fig2* mostra le mappe delle sorgenti classificate come relitto; ove presenti, le mappe radio della NVSS sono affiancate dalle mappe della FIRST. Le sorgenti incerte, sono mostrate in *Fig3*. Le mappe NVSS hanno gli stessi livelli (0.9, 1.35, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0, 32.0, 64.0, 128.0, 256.0 mJy/beam) così come le FIRST (0.3, 0.5, 0.7 mJy/beam).

Si osservi l'emissione allungata in direzione sud-est/nord-ovest posta alle coordinate medie  $RA\ 17^h13^m10^s\ \delta\ 64^\circ15'0''$  nel campo dell'alone posto in A 2255: essa rappresenta una reale caratteristica di questa regione, identificata da alcuni autori con un relitto periferico (Feretti *et al.* 1997a), e non il prodotto del rumore della mappa. Queste mappe mostrano con quanta cautela si debbano considerare anche quelle emissioni che a prima vista sembrerebbero il risultato di una ottimistica scelta dei livelli di brillantezza.

### 3 DISCUSSIONE.

Questo capitolo è suddiviso in due parti: nella prima descriveremo ogni singola sorgente, iniziando con quelle classificate come aloni e proseguendo con i presunti relitti, mentre nella seconda confronteremo gli ammassi in cui le sorgenti estese si trovano con il campione. Le descrizioni comprendono anche le sorgenti incerte, suddivise tra gli aloni ed i relitti in base alla loro distanza proiettata dal centro dell'ammasso.

#### **Descrizione delle sorgenti: aloni.**

*Abell 133.* Komissarov & Gubanov (1994) riferiscono dell'esistenza di una sorgente a spettro ripido ( $\alpha > 2$ ) coincidente con la galassia principale dell'ammasso. La sorgente estesa rivelata si estende verso Sud, dove è

Nome	RA(J2000) h m s	DEC ° ' "	z	T keV	$L_X(0.1-2.4)$ $10^{44} \text{erg s}^{-1}$	Classe	Merging	Note
A 13	00 13 32.2	-19 30 03.6	0.0943 <sup>M</sup>	4.3 <sup>e</sup>	2.24	II		a
A 2744	00 14 16.1	-30 22 58.8	0.3080	11.04 <sup>AF</sup>	22.05	III		
A 22	00 20 38.6	-25 43 19.2	0.1310	6.3 <sup>e</sup>	5.31	-		
A 85	00 41 48.7	-09 19 04.8	0.0555 <sup>P</sup>	6.2	8.38	I		ab
A 115	00 55 59.8	+26 22 40.8	0.1971	9.8 <sup>e</sup>	14.57	III		
A 133	01 02 45.1	-21 52 48.0	0.0603	3.8	3.57	-		
A 209	01 31 50.9	-13 36 28.8	0.2060	9.6 <sup>e</sup>	13.75	-		
A 401	02 58 56.9	+13 34 22.8	0.0739	7.8	9.88	-	y	c
A 520	04 54 07.4	+02 55 12.0	0.2030	8.33 <sup>AF</sup>	14.20	III		
A 545	05 32 23.3	-11 32 09.6	0.1540	5.5	9.29	III		
A 548b	05 45 27.8	-25 54 21.6	0.0424 <sup>DHK</sup>	2.4	0.30	III		ad
A 665	08 30 57.4	+65 51 14.4	0.1818	9.03 <sup>AF</sup>	16.22	III	y	e
A 754	09 09 01.4	-09 39 18.0	0.0542	8.7	8.01	I-II	y	f
A 773	09 17 54.0	+51 42 57.6	0.2170	9.29 <sup>AF</sup>	12.52	II-III		g
A 1300	11 31 54.9	-19 54 50.4	0.3071 <sup>L</sup>	5 <sup>L</sup>	23.40	-		
A 1664	13 03 44.2	-24 15 21.6	0.1276	6.5 <sup>A</sup>	5.36	-		
A 1758a	13 32 45.3	+50 32 52.8	0.2800	8.7 <sup>e</sup>	11.22	III		h
A 1914	14 26 02.2	+37 50 06.0	0.1712	10.7 <sup>e</sup>	17.93	II		
A 2069	15 24 09.8	+29 55 15.6	0.1145	7.8 <sup>e</sup>	8.74	II-III		
A 2142	15 58 22.1	+27 13 58.8	0.0894	11.0	20.74	-		i
A 2163	16 15 49.4	-06 09 00.0	0.2080	13.83 <sup>AF</sup>	37.50	-		
A 2218	16 35 52.8	+66 12 50.4	0.1710	7.05 <sup>AF</sup>	8.99	-		e
A 2219	16 40 22.5	+46 42 21.6	0.2281	12.42 <sup>AF</sup>	19.80	-		
A 2256	17 04 02.4	+78 37 55.2	0.0581	7.5	8.99	II-III	y	i
A 2255	17 12 45.1	+64 03 43.2	0.0809	7.3	4.79	-	y	
A 2254	17 17 46.8	+19 40 48.0	0.1780	7.2 <sup>e</sup>	7.19	-		
A 2319	19 21 05.8	+43 57 50.4	0.0555	9.3 <sup>AF</sup>	13.71	II-III	y	
A 2345	21 26 58.6	-12 08 27.6	0.1760	8.2 <sup>e</sup>	9.93	III		
A 2390	21 53 36.7	+17 41 32.2	0.2329	10.13 <sup>AF</sup>	21.25	-		

Table 1: Col 1: nome dell'ammasso; Col 2-3: posizione del centro X; Col 4: redshift; Col 5: temperatura, dove "e" indica che la temperatura è stata stimata dalla relazione  $L_X$ -kT; Col 6: luminosità nella banda ROSAT (0.1-2.4 keV); Col 7: classe Bautz-Morgan; Col 8: presenza di merging; Col 9: note. I dati di Cols 2, 3, 4, 5, 6 sono presi da Ebeling *et al.* (1996), eccetto che per referenze piú recenti. Esse sono: A = Allen *et al.* 1995; AF = Allen & Fabian 1998; DHK = Den Hartog & Katgert 1996; L = Lémonon *et al.* 1997; M = Mazure *et al.* 1996; P = Pislár *et al.* 1997.

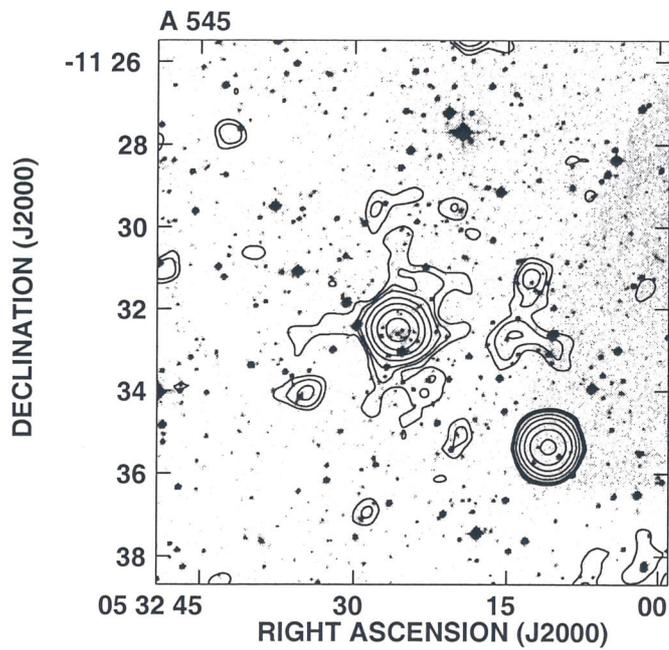
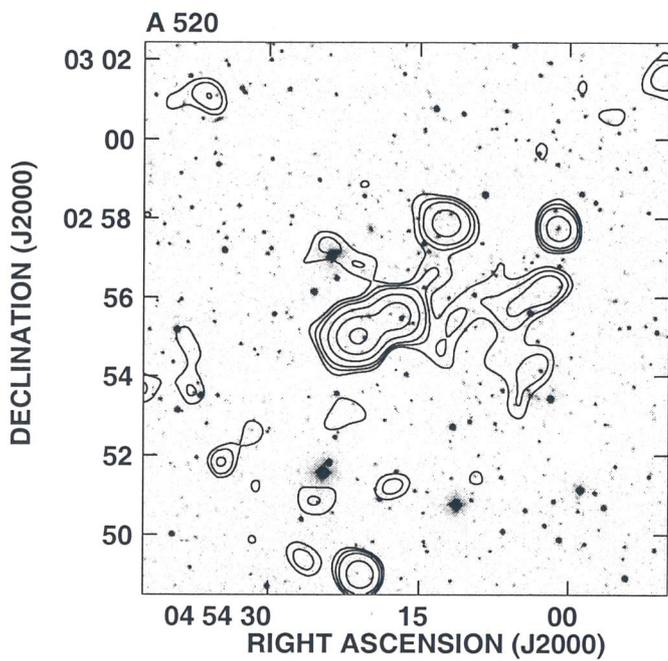
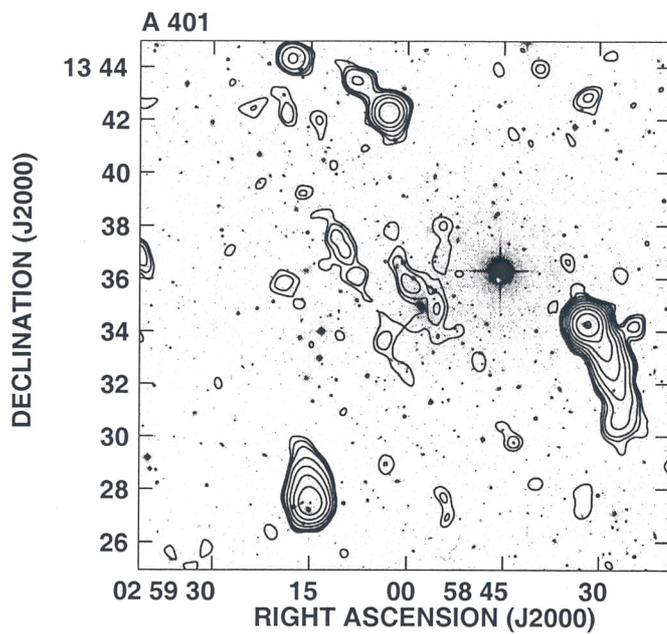
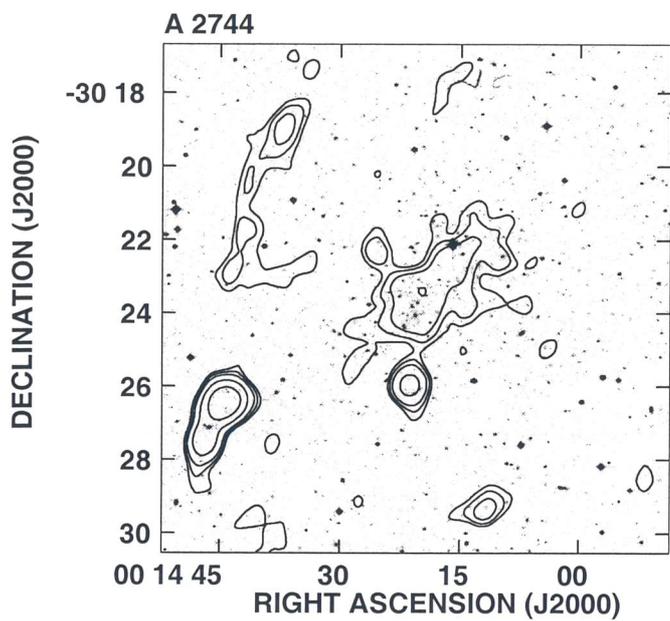
Note: a redshift multipli (Katgert *et al.* 1996); b cooling flow; c post-merging (Fabian *et al.* 1997); d sistema multiplo (Davis *et al.* 1995); e effetto Sunyaev-Zel'dovich(SZ) (Moffet & Birkinshaw 1989); f morfologia ottica e X discordi (Girardi *et al.* 1996); g effetto SZ (Grainge *et al.* 1995); h doppio in X; i effetto SZ (Myers *et al.* 1993)

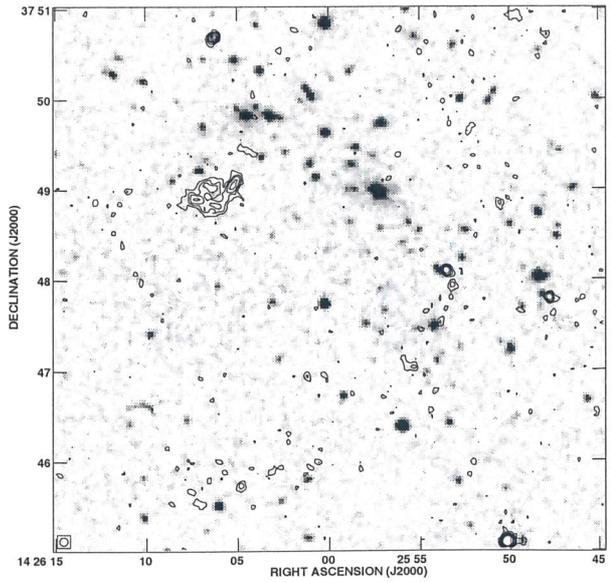
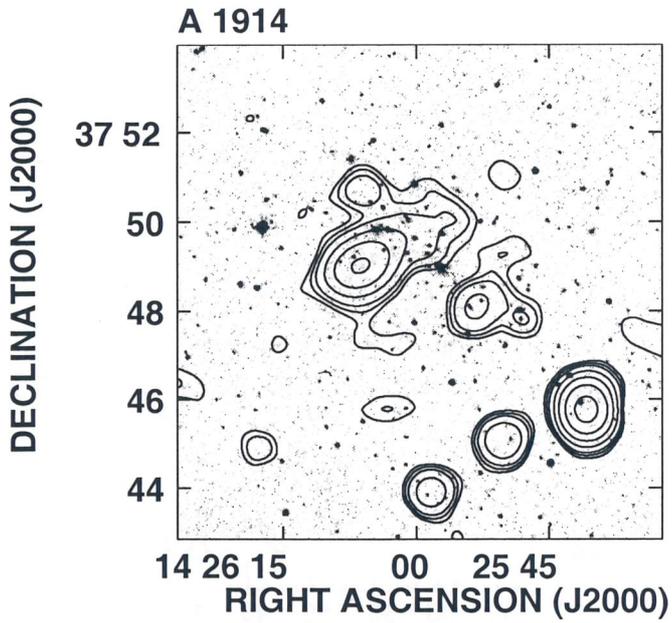
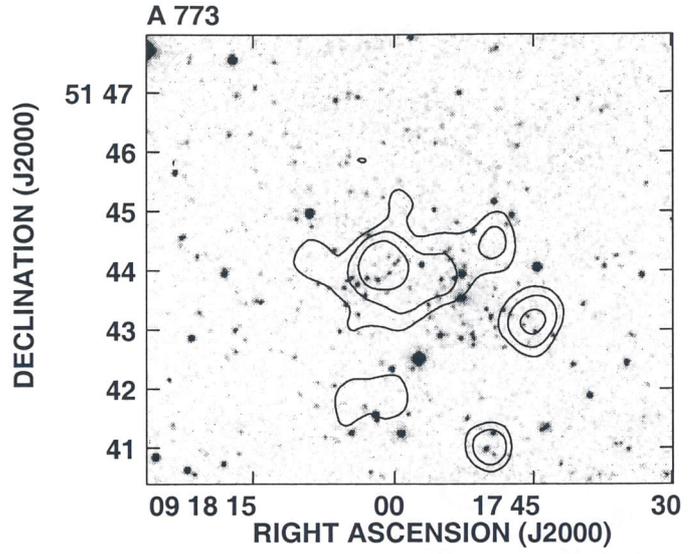
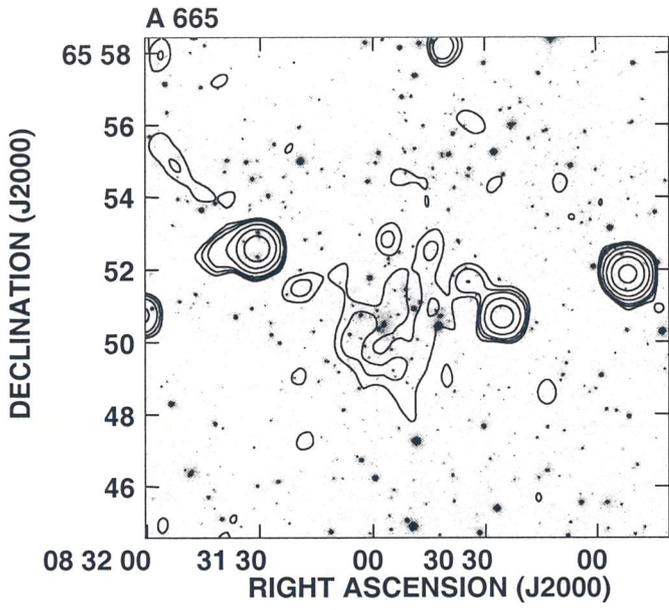
Nome	$S_{1.4GHz}$ mJy	$\theta_{arcmin}$ '	$P_{1.4GHz}$ $10^{24}W Hz^{-1}$	$D^{max}$ kpc	Classe
A 13	34	6.4	1.30	880	R
A 2744	38	5.4	15.5	1700	A
A 85	46	5.5	0.61	480	R
A 115	80	6.2	1.34	1500	R
A 401	25	5.3	0.59	590	A
A 520	38	4.4	6.74	1080	A
A 545	41	7.4	4.18	1500	A
A 548b	50	5.3	0.39	360	R
A 665	31	4.8	4.41	1100	A
A 773	14	3.1	2.84	800	A
A 1664	107	8.0	7.50	1400	R
A 1914	50	4.4	6.31	960	A
A 2069	39	5.0	2.20	800	R
A 2163	55	6.0	10.2	1500	A
A 2218	9	2.3	1.13	510	A
A 2256	397	12.1	5.77	1100	R
A 2255	45	5.2	1.27	630	A
A 2254	32	5.1	4.36	1140	A
A 2319	23	4.8	0.30	420	A
A 2345	92	5.4	12.3	1200	R
	69	7.0	9.20	1560	R

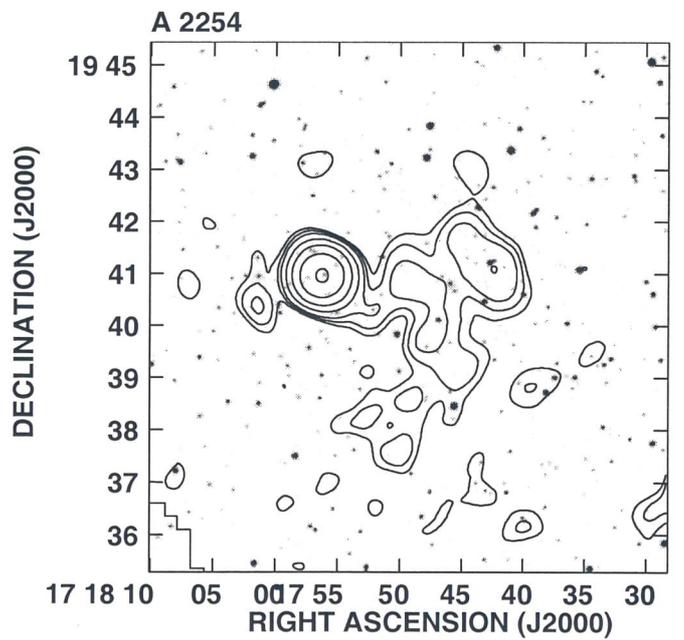
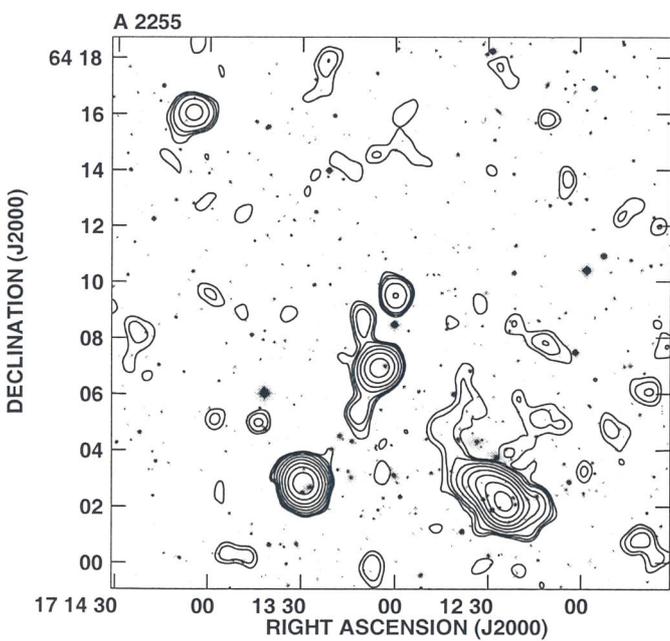
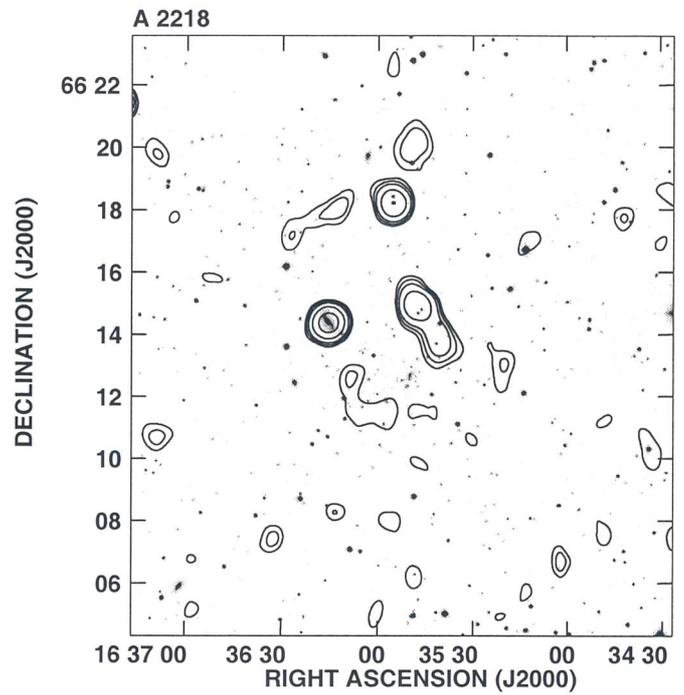
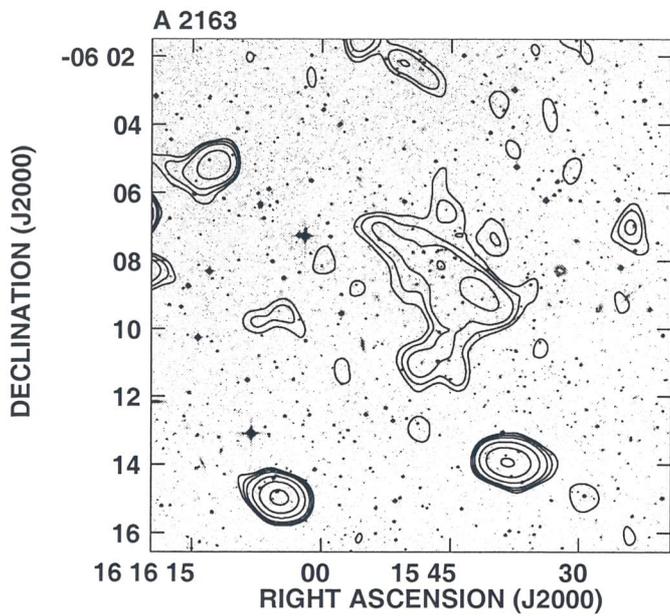
Table 2: Col 1: ammasso corrispondente alla sorgente; Col 2: flusso a 1.4GHz; Col 3: diametro angolare massimo; Col 4: potenza monocromatica; Col 5: diametro lineare; Col 6: classificazione (A = ALONE, R = RELITTO). Le sorgenti incerte non sono incluse.

Nome	Posizione	$S_{1.4GHz}$ mJy
A 2744	0014-3040	6.4
A 115	5550+2640	1380
	5603+2650	224
	5622+2650	9.4
A 520	0454+0257	6.7
	0454+0255	15
	0455+0255	28
A 545	5322-1150	46
A 665	0830+6580	14
A 1664	1303-2430	72
A 1914	1426+3780	3.2
A 2256	1703+7870	19.3
A 2254	1718+1941	32
A 2319	1921+4390	27
	1921+4388	28.2

Table 3: Col 1: nome dell'ammasso; Col 2: posizione; Col 3: flusso a 1.4GHz







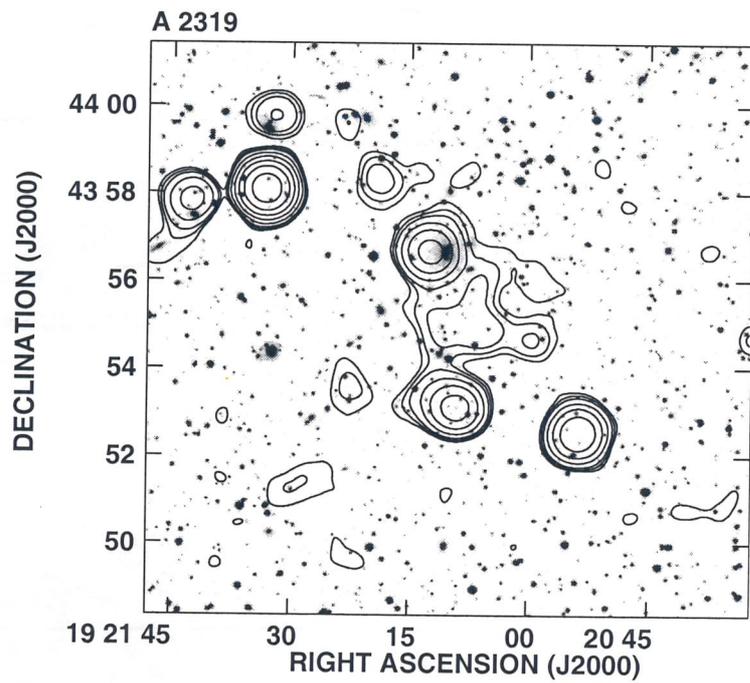
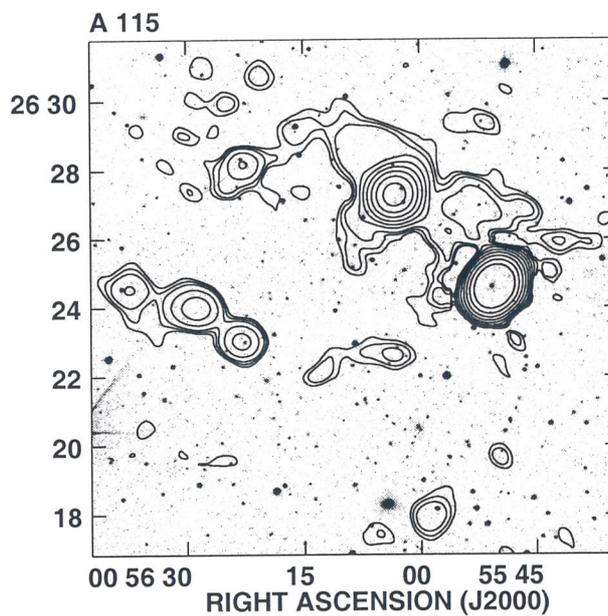
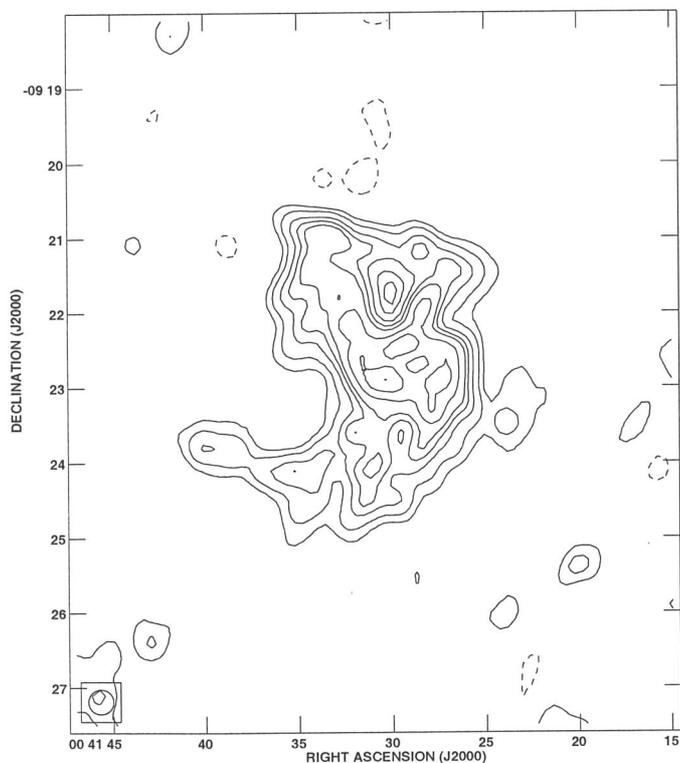
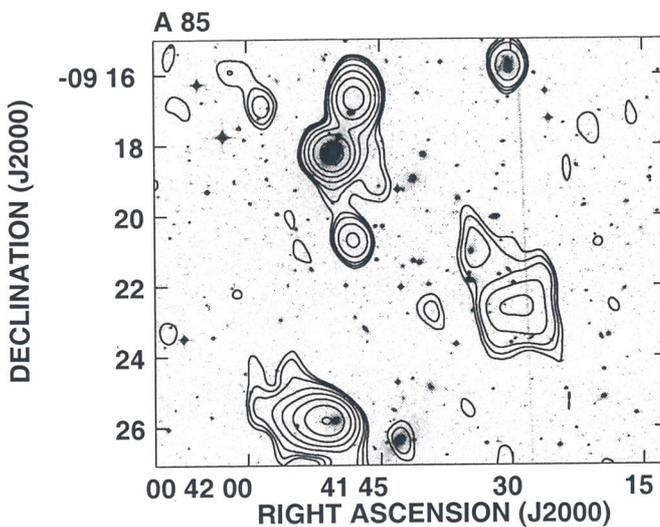
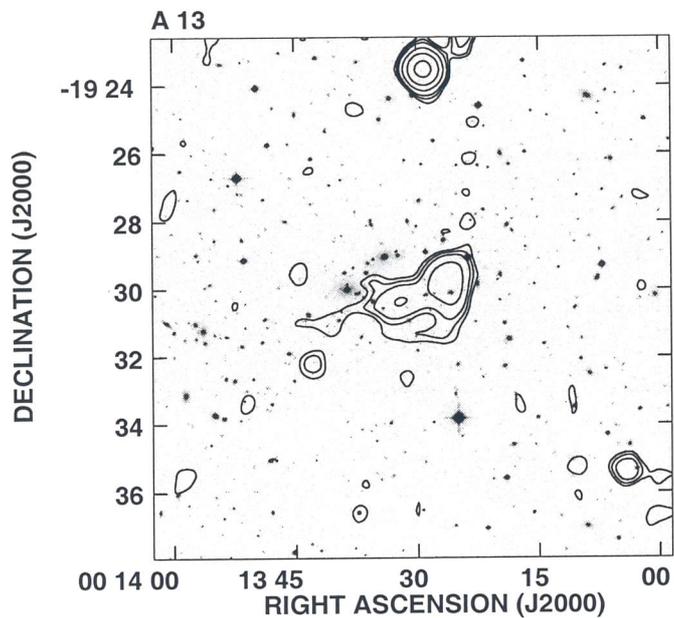
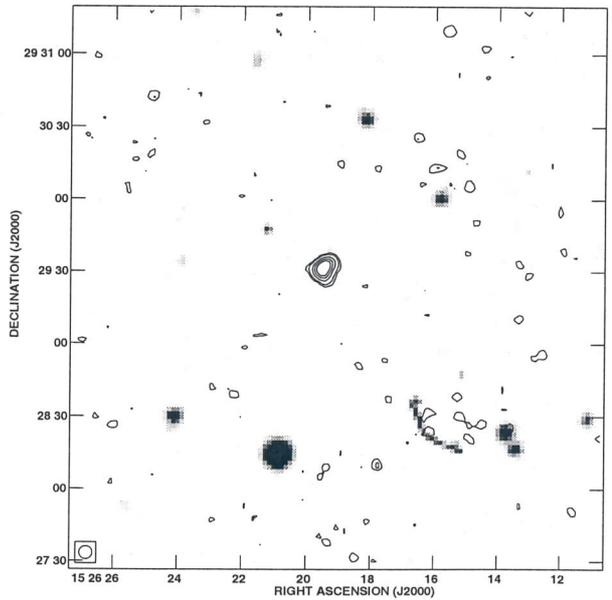
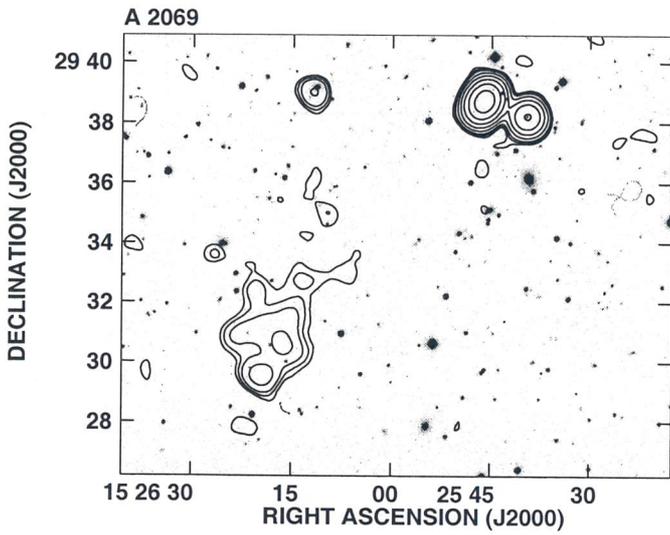
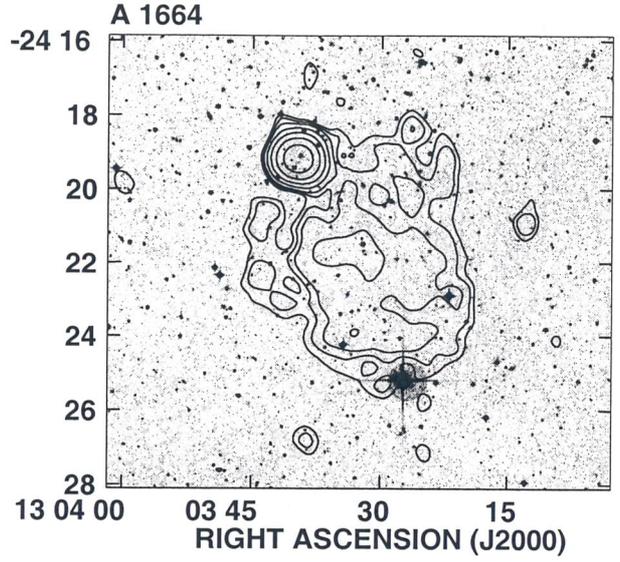
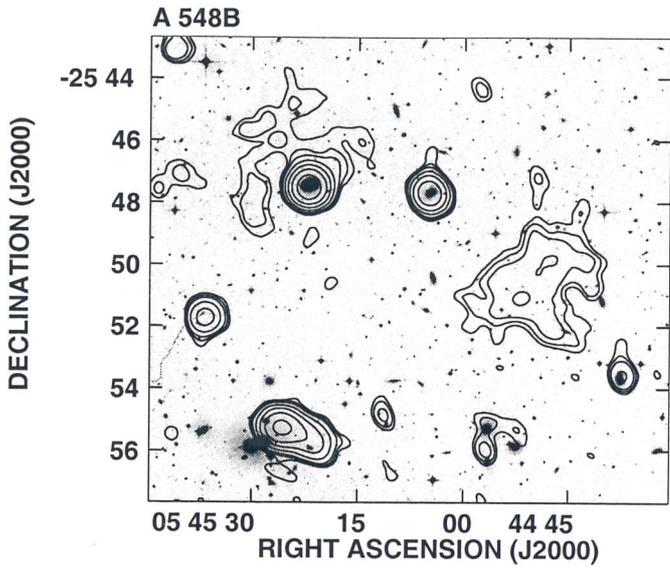


Figure 1: Mappe degli aloni radio sovrapposte alle immagini PSS. L'alone posto in A 1914 è mostrato anche in una immagine della FIRST. I livelli delle mappe NVSS sono (0.9, 1.35, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0, 32.0, 64.0, 128.0, 256.0 mJy/beam); i livelli della mappa FIRST sono (0.3, 0.5, 0.7 mJy/beam).





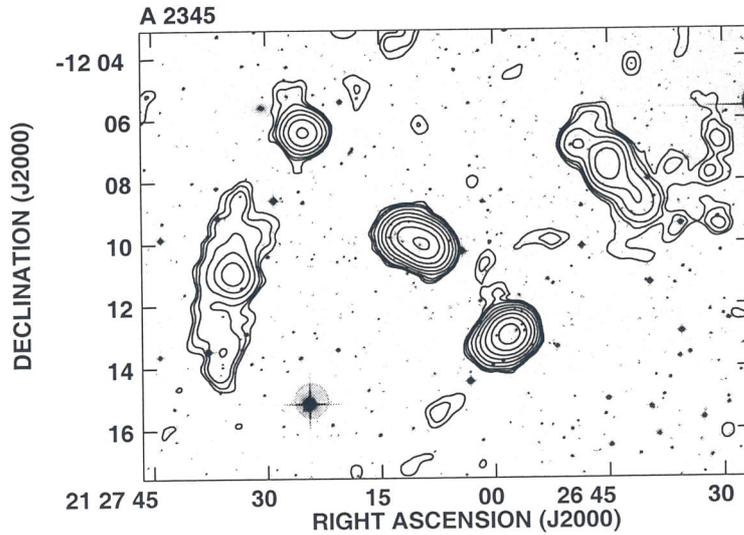
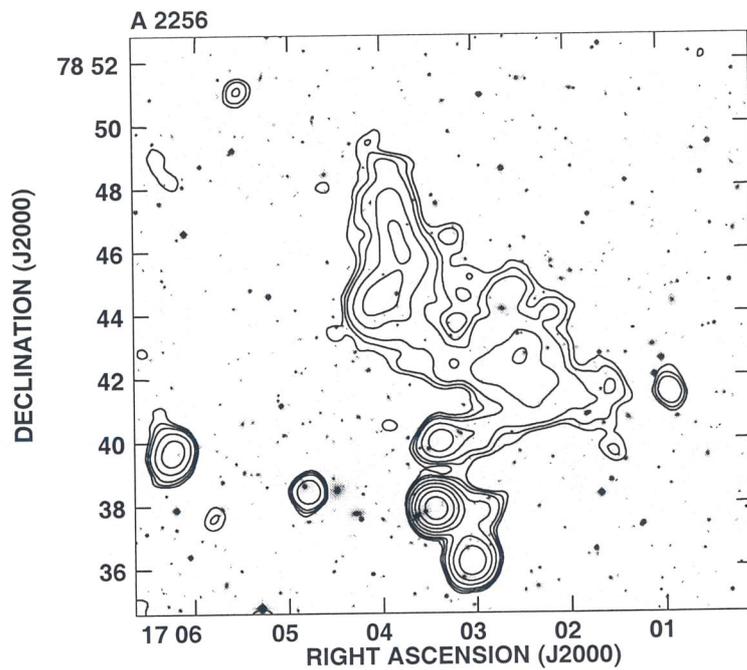
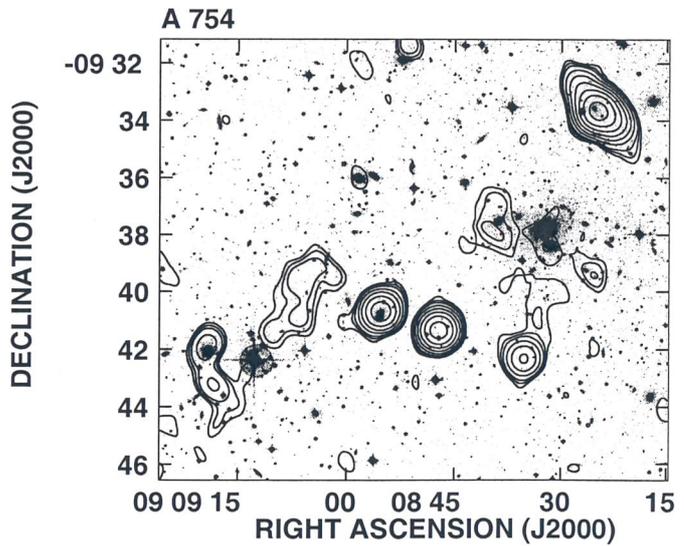
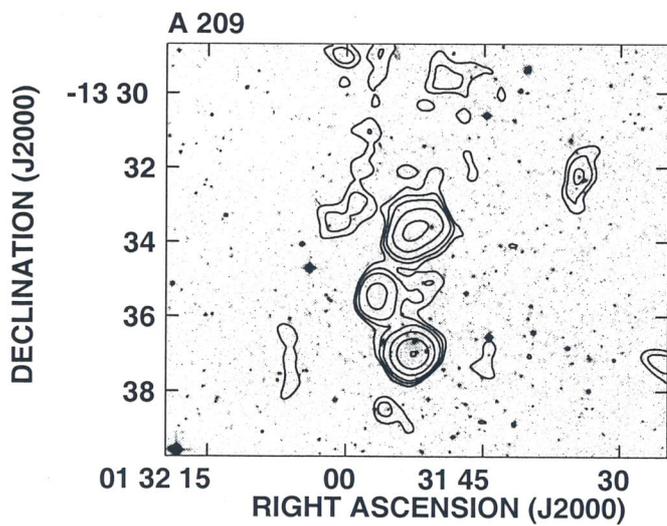
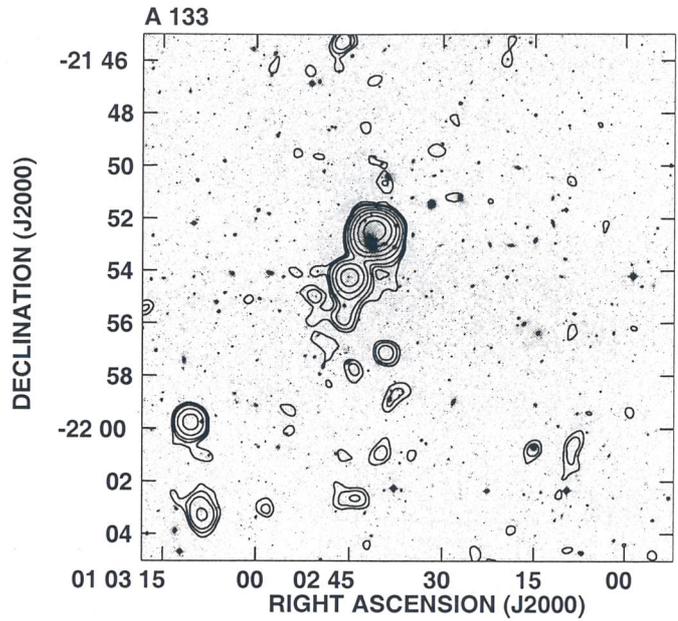
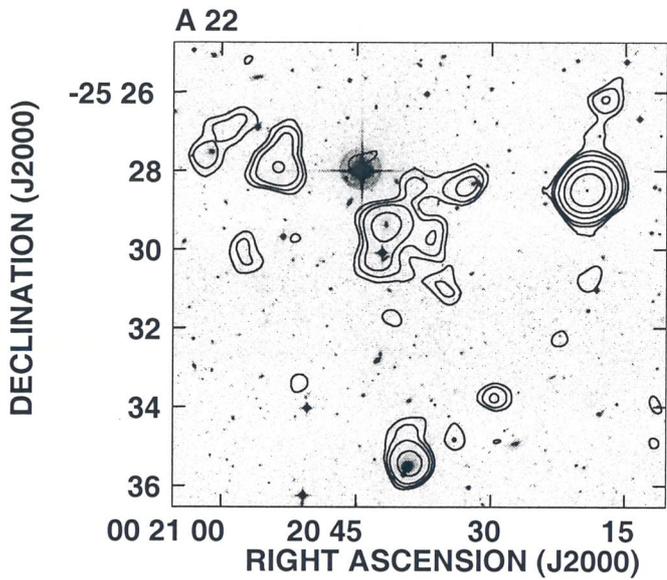
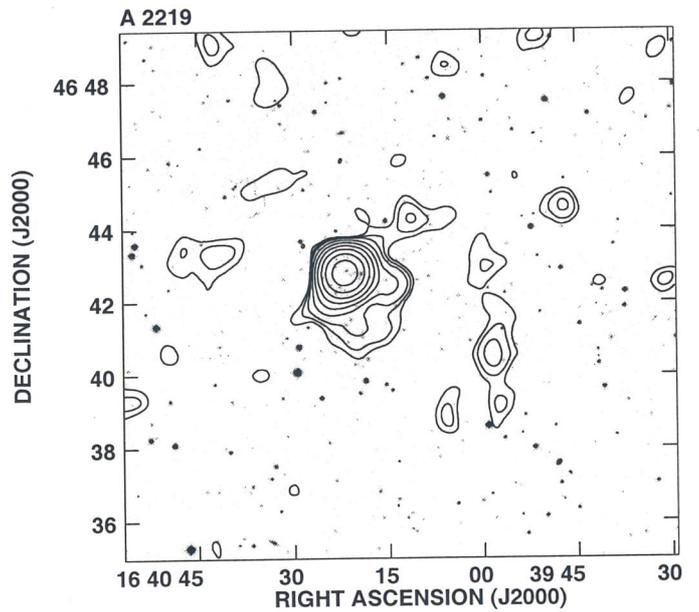
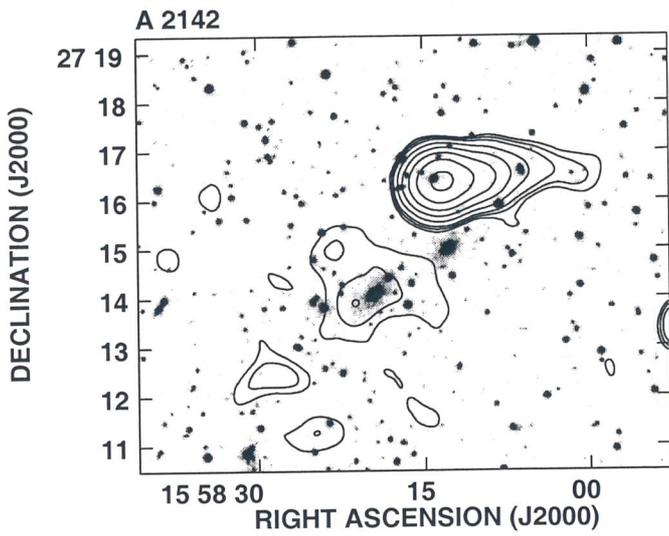
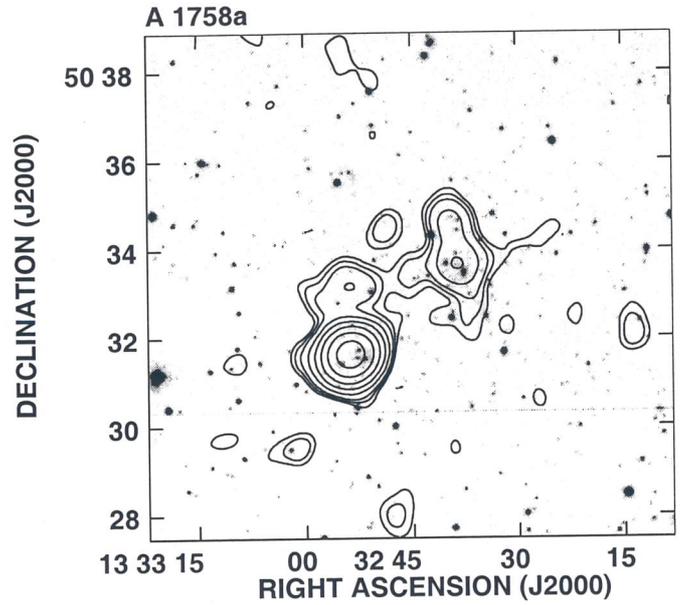
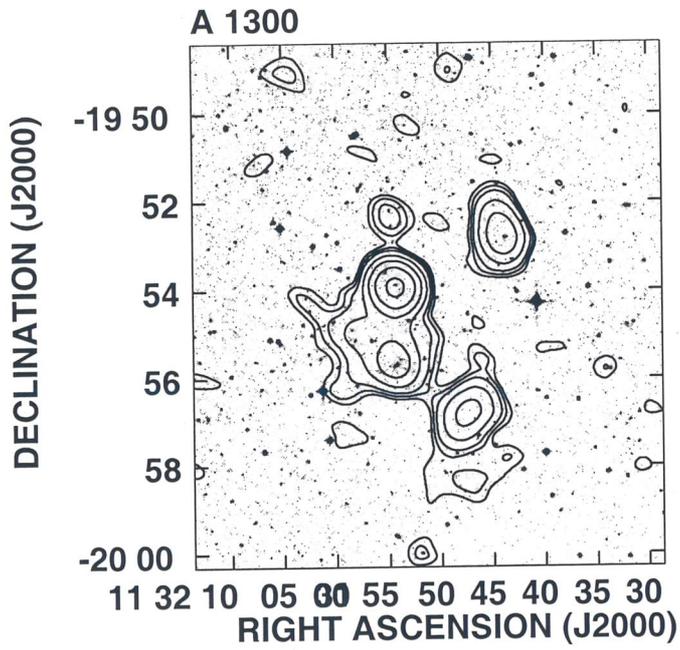


Figure 2: Mappe dei relitti radio sovrapposte alle immagini PSS. Il relitto posto in A 2069 è mostrato anche in una immagine della FIRST. I livelli delle mappe NVSS sono (0.9, 1.35, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0, 32.0, 64.0, 128.0, 256.0 mJy/beam); i livelli della mappa FIRST sono (0.3, 0.5, 0.7 mJy/beam).





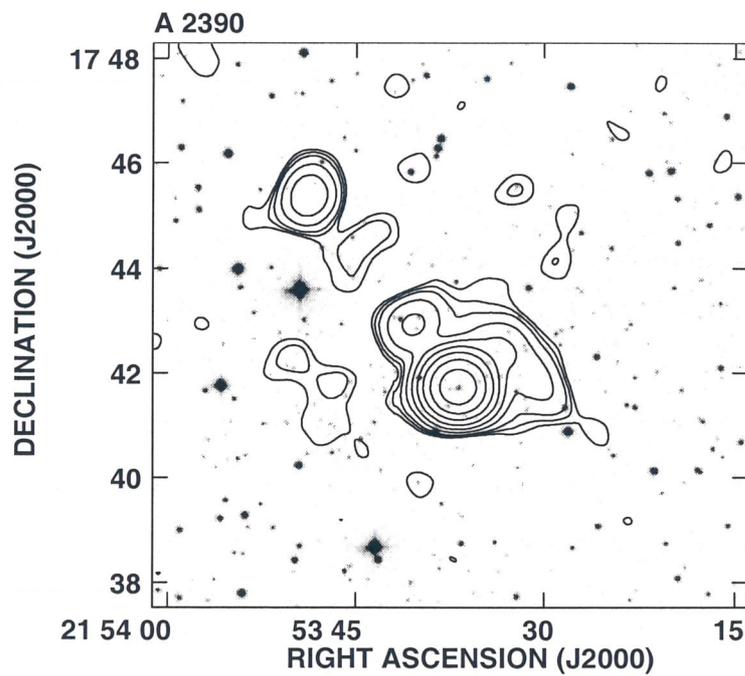


Figure 3: Mappe delle sorgenti radio incerte sovrapposte alle immagini PSS. I livelli delle mappe NVSS sono (0.9, 1.35, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0, 32.0, 64.0, 128.0, 256.0 mJy/beam).

presente un'altra sorgente discreta (si vedano anche le immagini ad elevata risoluzione di Owen *et al.* 1993). La presenza di una sorgente estesa è incerta, benché possa essere collegata alla sorgente a spettro ripido.

*Abell 401.* L'emissione estesa è molto debole e posta attorno alla galassia centrale dell'ammasso, mentre osservazioni precedenti (Harris *et al.* 1977, Roland *et al.* 1981) la collocano piú a nord.

*Abell 520.* Questa sorgente diffusa potrebbe essere originata dalla confusione di piú sorgenti discrete nel beam del VLA, in particolare quelle poste a est, a ovest ed a nord della tenue emissione centrale.

*Abell 545.* La caratteristica piú importante di questa sorgente risiede nella debole emissione presente ai margini della parte centrale, piú intensa, la cui densità di flusso è stata sottratta per misurare il flusso della componente diffusa.

*Abell 665.* Il presunto alone ha una forma regolare ed occupa l'intero campo della concentrazione principale di galassie. L'andamento della distribuzione di brillantezza superficiale mostra una depressione posta al centro, caratteristica piuttosto peculiare, dal momento che gli aloni radio noti sono piú forti proprio nel centro dell'ammasso.

*Abell 773.* Questo ammasso di galassie mostra una morfologia doppia, ma in letteratura non è stato trovato alcuno studio, in banda X o nell'ottico, che confermasse l'esistenza di merging. La sorgente radio si trova a circa un primo dal centro dell'ammasso, secondo la posizione di Ebeling e coll. e considerando il picco dell'emissione radio centrato sulla condensazione posta a est. Secondo la morfologia radio, questa sorgente potrebbe anche essere considerata come una testa-coda, per cui è necessario ottenere dati con maggior risoluzione.

*Abell 1914.* Il confronto tra l'immagine della FIRST e quella della NVSS mostra la presenza di una sorgente estesa a Sud della retta individuata

dalle due galassie principali del campo. Essa è individuata anche da Owen e coll. (1993) ed è dovuta all'emissione di una galassia. Tuttavia, il picco di questa sorgente è al livello del primo contorno della mappa NVSS, per cui concludiamo che la FIRST risolve la componente estesa presente in questo ammasso. La parte estesa non comprende le sorgenti puntiformi poste a Sud-Ovest, né quella posta a nord, le quali sono unite ad essa solo a causa del potere risolutivo relativamente basso della NVSS. Ciò è dimostrato ancora una volta dal campo della FIRST, il quale mostra l'esistenza di sorgenti puntiformi in corrispondenza delle posizioni indicate dalla mappa NVSS, ed aventi densità di flusso in accordo con quelle misurate in essa e con quelle indicate dal catalogo NVSS.

*Abell 2142.* La sorgente posta in questo ammasso possiede le dimensioni più piccole tra quelle considerate. La sorgente si estende oltre il limite della galassia principale mostrata dalla mappa DSS, per cui è possibile che l'emissione sia legata all'attività dell'ambiente dell'ammasso.

*Abell 2163.* L'alone presente in questo ammasso è stato studiato in dettaglio (Feretti *et al.*, in preparazione). Il confronto tra il flusso raccolto dalla NVSS e quello ottenuto per mezzo di osservazioni mirate dimostra che la survey rivela solo la parte brillante della sorgente.

*Abell 2218.* L'esistenza di questa sorgente estesa è segnalata da Moffet & Birkinshaw (1989); in questa mappa la distribuzione di brillantezza appare molto irregolare.

*Abell 2219.* La forte radiosorgente posta al centro dell'ammasso rende difficile stabilire in maniera certa l'esistenza di una sorgente estesa.

*Abell 2254.* Le caratteristiche di questa sorgente sono simili a quelle mostrate da Abell 520: a est ed a ovest ci sono sorgenti di cui almeno una, quella a ovest, riconoscibile come una coda; al centro c'è invece una regione di emissione diffusa, che potrebbe essere dovuta a confusione di più

sorgenti discrete oppure ad una vera sorgente estesa.

*Abell 2255.* Questo ammasso contiene un alone centrale e un relitto periferico (Feretti *et al.* 1997a e referenze ivi citate). Entrambe le sorgenti sono visibili nella NVSS, benché al limite di detezione. Si osservi tuttavia che l'alone radio è visibile molto meglio a 90 cm, mentre a 20 cm esso appare irregolare anche in osservazioni aventi sensibilità maggiore (Feretti *et al.* 1997a).

*Abell 2319.* Questa sorgente appartiene all'elenco degli aloni noti. In questa mappa è visibile solo la parte centrale di più elevata brillantezza; le parti più esterne non sono visibili per mancanza di sensibilità.

*Abell 2744.* Questa sorgente è posta nell'ammasso più lontano della selezione. Il confronto tra le immagini ottica e radio mostra come la sorgente si allunghi nella direzione in cui si sviluppa anche l'ammasso.

*Abell 2390.* La presenza di una sorgente estesa al centro dell'ammasso è incerta, a causa della presenza di forti sorgenti discrete.

### **Descrizione delle sorgenti: relitti.**

*Abell 13.* La radiosorgente di questo ammasso è chiaramente scostata dalle galassie dominanti. Slee e coll. (Slee *et al.* 1996) osservano a **1.5 GHz** la stessa regione di cielo, usando il VLA in configurazione C. Essi trovano una debole emissione (**S = 3.9mJy**) coincidente con il relitto. Da una analisi dei loro dati si può escludere che la sorgente da noi trovata sia dovuta ad un insieme di sorgenti puntiformi non risolte dalla NVSS: il flusso della componente estesa della radiosorgente (**S = 34mJy**) è circa un ordine di grandezza superiore a quello da essi misurato, per cui possiamo concludere che le loro osservazioni risolvono completamente la nostra sorgente.

*Abell 22.* La sorgente diffusa potrebbe essere generata da una Wide Angle Tail e una Narrow Angle Tail non risolte.

*Abell 85.* Questa sorgente é stata osservata da molti autori a diverse frequenze, per cui è possibile ora aggiungere i nostri dati per determinarne l'indice spettrale. In *Fig2* è mostrata l'immagine a 90cm ottenuta da Giovannini (livelli : -5.0, 5.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 60.0, 80.0, 100.0, 120.0, 150.0, 200.0, 300.0, 500.0, 800.0 mJy/beam; beam = 20"×20"; rms = 2.3 mJy/beam). Nella parte meridionale la sorgente piega verso est; questa caratteristica non compare nella mappa NVSS, ma, a circa un primo a nord si osserva una sorgente staccata dal complesso del relitto.

La *Tab3* contiene l'elenco delle misure alle diverse frequenze ed i rispettivi autori. La *Fig4* mostra l'interpolazione ai dati ottenuta tramite il programma SYNAGE (Murgia & Fanti 1996): per le misure presenti in letteratura abbiamo assunto un errore del 10%, mentre l'errore a 1.4 GHz è dell'ordine di 2 mJy. Il programma utilizzato permette di scegliere un opportuno modello di emissione della popolazione di elettroni relativistici, secondo il quale l'emissione evolve partendo da un certo valore dell'indice spettrale di iniezione. In questo modo è possibile ottenere, oltre all'interpolazione dei dati, anche una stima dell'età della sorgente. Evidentemente, l'indice spettrale di iniezione deve essere stimato utilizzando i dati a bassa frequenza, corrispondenti alla parte dello spettro in cui l'invecchiamento degli elettroni non ha provocato variazioni sensibili. Il programma provvede, attraverso una opzione particolare, a variare l'indice spettrale di iniezione, ma il limite superiore è fissato al valore 1. Tuttavia, la sorgente qui considerata ha già nei primi due punti a bassa frequenza un indice spettrale dell'ordine di 2, per cui il programma "satura" il valore dell'indice spettrale di iniezione al limite superiore. Nondimeno, si ottiene

$\nu$ MHz	$S_\nu$ Jy	Ref.
80	38.3	Slee & Siegmann (1983)
160	8.7	Slee & Siegmann (1983)
330	2.1	<i>questo lavoro</i>
408	1.6	Reynolds (1986)
843	0.195	Reynolds (1986)
1400	0.046	<i>questo lavoro</i>

una buona interpolazione utilizzando il modello KP, dal quale risulta una età dell'ordine di **200 My**: benché questa stima possa sembrare eccessiva, va ricordato che la formazione di queste sorgenti potrebbe essere legata alla dinamica dell'ammasso in cui si trovano, e che i tempi scala dinamici negli ammassi di galassie sono dell'ordine del **Gy**. Una stima piú prosaica dell'indice spettrale è stata ottenuta attraverso il metodo dei minimi quadrati, considerando separatamente le prime tre e le ultime tre misure di flusso. I valori ottenuti sono rispettivamente **1.97** e **2.9** ( $S \propto \nu^{-\alpha}$ ), in buon accordo con il risultato ottenuto precedentemente.

*Abell 115.* Questo ammasso possiede una morfologia X doppia; il relitto appartiene alla parte settentrionale. La sorgente discreta posta al centro di esso è una testa-coda (Gregorini & Bondi 1989): la sua presenza si inquadra perfettamente nel modello di Ensslin e coll. (1998), in cui la coda dovrebbe rifornire l'ambiente di elettroni, accelerati dal passaggio di un'onda d'urto causata dalla caduta di gas nell'ammasso. La morfologia X dimostra inoltre l'esistenza di una condizione lontana dall'equilibrio viriale.

*Abell 209.* Consideriamo la sorgente estesa come quella parte del complesso che va dal centro fino a Nord; crediamo che la sorgente discreta posta a Sud non faccia parte dell'emissione diffusa. Ciò deriva dal fatto che, mentre a Nord si osserva, oltre quella che consideriamo un'altra sorgente

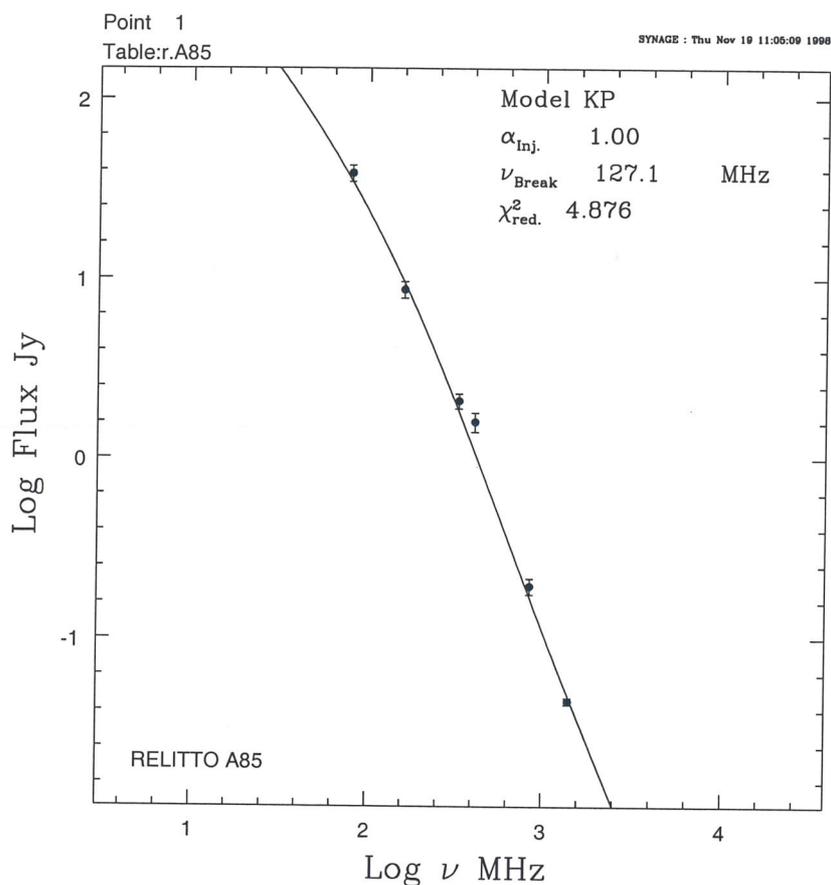


Figure 4: Spettro del relitto ottenuto tramite il programma SYNAGE; i punti sono dati di letteratura e misure presentate in questo rapporto.

discreta, dell'emissione diffusa, a Sud non esiste alcuna chiara indicazione in tal senso.

*Abell 548b.* Questo ammasso di galassie è costituito di quattro gruppi principali di galassie; è stata inoltre rilevata la presenza di gas in caduta sull'ammasso (Davis *et al.* 1995). Esso rappresenta pertanto un buon terreno di confronto per la teoria di Ensslin e coll. (1998) e la presenza di questa sorgente, posta ad una distanza proiettata di  $520''$ , potrebbe suffragare quel modello. Tuttavia, la posizione indicata da Davis per il flusso di gas non corrisponde a quella della radiosorgente. La sorgente

posta a nord è a nostro avviso un artefatto prodotto dalla radiogalassia coincidente con la galassia principale del campo.

*Abell 754.* Questo ammasso di galassie è un prototipo per lo studio del merging (Roettiger *et al.* 1998). È pertanto interessante osservare la mancanza di una sorgente estesa al centro dell'ammasso. Il relitto considerato si trova a circa  $70''$  dal centro X dell'ammasso e possiede una morfologia chiaramente allungata.

*Abell 1664.* La radiosorgente diffusa è posta a SW del centro dell'ammasso; diversamente da altre sorgenti periferiche, la sua morfologia è molto regolare. La distribuzione di brillantezza X è asimmetrica e si estende in direzione della radiosorgente.

*Abell 1758a.* La sorgente posta piú a sud del relitto è una sorgente testacoda (O'Dea *et al.* 1987, Feretti *et al.* 1992), mentre quella a ovest è il relitto qui considerato. La presenza di una radiogalassia vicina al relitto è in accordo con il modello di Ensslin e coll. (1998), in quanto la radiogalassia è la sorgente di elettroni di bassa energia che, accelerati dal passaggio di un'onda d'urto, emettono formando il relitto. La morfologia del relitto, allungata in direzione Est-Ovest, è una ulteriore indicazione favorevole a quel modello.

*Abell 2069.* La sorgente diffusa è posta a SE del centro dell'ammasso, ad una distanza proiettata di circa 6 Mpc. L'immagine della FIRST in questa regione mostra una sorgente debole coincidente con il picco posto piú a Sud nella NVSS, mentre l'emissione diffusa che si sviluppa a Nord è completamente risolta.

*Abell 2256.* La morfologia di questa sorgente è molto complessa. Essa è stata studiata in dettaglio da Röttgering e collaboratori (1994a), in relazione alle proprietà X dell'ammasso. Essi distinguono due regioni di emissione diffusa: la prima è posta a nord ed è simile ad una coda, mentre la

seconda si trova al centro, a nord della radiosorgente testa-coda riconoscibile nella parte meridionale del complesso. La bassa risoluzione della nostra mappa non permette di distinguere queste caratteristiche. Esiste inoltre un alone centrale risolto sia dalla NVSS che dalle osservazioni di Röttgering e coll. (Kim, non pubblicato).

*Abell 2345-A.* Questa sorgente radio è posta ad una distanza proiettata di circa  $200''$  dal centro X dell'ammasso, a est di esso. La parte di bassa brillantezza superficiale potrebbe essere un artefatto, dovuto a confusione di sorgenti puntiformi, come sembra indicare l'andamento dei livelli nella parte piú occidentale della sorgente.

*Abell 2345-B.* Il secondo relitto si trova a est del centro X, ad una distanza proiettata di circa  $640''$ . La mappa è meno contaminata da sorgenti puntiformi, se si esclude il picco di brillantezza pronunciato posto circa al centro della sorgente.

## **Risultati.**

Lo studio delle proprietà generali degli ammassi in cui sono state individuate le potenziali sorgenti estese rende necessario un confronto con il campione di partenza. In particolare, siamo interessati alla luminosità ed al redshift. Come illustrato nel capitolo precedente, siamo partiti da un campione selezionato in base a certi criteri e siamo approdati, aggiungendo elementi non corrispondenti a tutti i criteri di selezione ed eliminandone altri per varie ragioni, ad un campione differente. Gli ammassi piú vicini di  $z \sim 0.044$  possono contenere sorgenti di dimensioni angolari superiori a quelle visibili attraverso la configurazione D del VLA, con cui è stata realizzata la NVSS, per cui confronteremo le proprietà degli ammassi in cui abbiamo trovato una sorgente estesa con un campione in cui non compaiano gli ammassi piú vicini del limite suddetto. La *Fig5* mostra che

questo taglio non influenza notevolmente la distribuzione in redshift degli ammassi.

Un altro limite di questa ricerca consiste nella possibilità di perdere sorgenti di brillantezza superficiale troppo bassa. La *Fig.6* mostra l'andamento del diametro angolare delle sorgenti in funzione del redshift. La parte tratteggiata superiore comprende la regione non visibile per causa dell'assenza di baselines corte. Le curve corrispondono ai diametri lineari minimo (curva inferiore, A 754) e massimo (curva superiore, A 2744) misurati tra le sorgenti. I punti non comprendono le sorgenti incerte. Si osservi la presenza di un'unica sorgente al livello di 700 arcsec: essa corrisponde al relitto posto in A 2256, il quale possiede il flusso più elevato tra quelli misurati. La distribuzione dei flussi misurati nelle sorgenti classificate ALONE o RELITTO è riportata in *Fig7*. È pertanto possibile che il campione sia fortemente incompleto, per la mancanza di sorgenti molto estese, visibili solo se generano flussi molto elevati.

Ciò è altresì confermato dalla *Fig8*, che mostra la distribuzione in redshift degli ammassi in cui si trovano le sorgenti estese rispetto al campione. Percentualmente, gli ammassi distanti possiedono sorgenti estese in misura maggiore di quelli vicini; poiché gli ammassi più lontani sono mediamente più luminosi, a causa del taglio in flusso di radiazione X, otteniamo che le sorgenti estese sono preferibilmente in ammassi luminosi in X. Quindi, non possiamo escludere, usando i nostri dati, che la correlazione tra la luminosità X e la presenza di una sorgente estesa (*Fig9*) sia un artefatto. Analogamente, la correlazione tra il diametro e la potenza delle sorgenti (*Fig10*) potrebbe essere indotta dalla mancanza di sorgenti estese e deboli.

La *Fig11* mostra che la potenza monocromatica e la luminosità X non sono correlate. La nostra ricerca perde prevalentemente sorgenti vicine, quindi perde quelle che si troverebbero mediamente in ammassi meno lu-

minosi in X; quindi la correlazione tra la luminosità dell'ammasso e la potenza della sorgente è distorta da questo bias.

#### 4 CONCLUSIONI.

Abbiamo condotto una ricerca di sorgenti estese nel campione di ammassi più luminosi in X individuato dalla ROSAT All Sky Survey (XBAC, Ebeling *et al.* 1996ab). Abbiamo utilizzato la NRAO VLA Sky Survey (NVSS, Condon *et al.* 1998), particolarmente adatta a questo scopo perché possiede un rumore relativamente basso, omogeneo in tutto il cielo osservato, ed elevata sensibilità alle strutture estese. Abbiamo individuato 30 candidati, suddivisi in aloni, relitti e incerti. Le sorgenti incerte sono coincidenti con galassie dominanti dell'ammasso e per esse non esistono precedenti dati in letteratura. La suddivisione tra aloni e relitti procede in base alla distanza tra le sorgenti radio ed il centro X dell'ammasso. Tra le sorgenti individuate, 18 non hanno alcun riferimento in letteratura, e di queste 12 sono considerate buoni candidati. Esse saranno studiate ulteriormente, mediante osservazioni aventi maggior sensibilità e risoluzione. Infine, questa ricerca ha mostrato la capacità della NVSS di rilevare sorgenti diffuse, per cui si può considerare la possibilità di compiere ispezioni ulteriori nei campi della survey, utilizzando altri campioni di ammassi di galassie.

#### BIBLIOGRAFIA.

- Abell, G.O., Corwin, H.G., Olowin, R.P., 1989, ApJS **70**, 1  
Allen, S.W., Fabian, A.C., Böhringer, H., White, D.A., 1995, MNRAS **275**, 741  
Bagchi, J., Pislak, V., Lima Neto, G.B., 1998, MNRAS **296**, L23  
Becker, R.H., Gregg, M.D., Hook, I.M., McMahon, M.G., White, R.L., et al., 1997, ApJL, **479**, L93  
Condon, J.J., Cotton, W.D., Greisen, E.W., Yin, Q.F., Perley, R.A., et al., 1998, AJ, **115**, 1693

- Davis, S.D., Bird, C.M., Mushotzky, R.F., Odewahn, S.C., 1995, ApJ, **440**, 48
- Deiss, B.M., 1997, AA, **325**, 74
- Deiss, B.M., Reich, W., Lesch, H., Wielebinski, R., 1997, AA **321**, 55
- Den Hartog, R., Katgert, P., 1996, MNRAS, **279**, 349
- Dennison, B., 1980, ApJ, **239**, L93
- De Young, D.S., 1992, ApJ, **386**, 464
- Ebeling, H., Voges, W. Böhringer, H., Edge, A.C., Huchra, J.P., et al., 1996a, MNRAS, **281**, 799
- Ebeling, H., Voges, W. Böhringer, H., Edge, A.C., Huchra, J.P., et al., 1996b, MNRAS, **283**, 1103
- Ensslin, T.A., Biermann, P.L., Klein, U., Kohle, S., 1998, AA **332**, 395
- Fabian, A.C., Peres, C.B., White, D.A., 1997, MNRAS, **285**, 35
- Feretti, L., Böhringer, H., Giovannini, G., Kohle, S., 1997a AA, **317**, 432
- Feretti, L., Gioia, I.M., Giovannini, G., Gregorini, L., Padrielli, L., 1984, AA, **139**, 55
- Feretti, L., Giovannini, G., 1996, *Diffuse clusters radio sources*, IAU Symp. 333
- Feretti, L., Giovannini, G., 1998, in *Untangling Coma Berenices: A new view of an old Cluster*, Word Scientific Publishing Co Pte Ltd, p 123
- Feretti, L., Giovannini, G., Böhringer, H., 1997b, NewA, **2**, 501
- Feretti, L., Perola, G.C., Fanti, R., 1992, AA, **265**, 9
- Fusco-Femiano, Dal Fiume, D., Feretti, L., Giovannini, G., Matt, G., et al., 1998, 32nd COSPAR Scientific Assembly, Nagoya, Japan, 12-19 July 1998, in stampa
- Giovannini, G., Feretti, L., Venturi, T., Kim, K.-T., Kronberg, P.P., 1993, ApJ, **406**, 399
- Girardi, M., Escalera, E., Fadda, D., Giuricin, G., Mardirossian, F., et al., 1996, ApJ, **482**, 41
- Grainge, K., Jones, M., Pooley, G., Saunders, R., Edge, A., 1993, MNRAS, **265**, 57
- Gregorini, L., Bondi, M., 1989, AA, **225**, 333
- Hanisch, R.J., 1982, AA, **111**, 97
- Harris, D.E., Bahacall, N.A., Strom, R.G., 1977, AA, **60**, 27
- Harris, D.E., Miley, G.K., 1978, AAS, **34**, 117
- Harris, D.E., Stern, C.P., Willis, A.G., Dwedney, P.E., 1993, AJ, **105**, 769
- Henriksen, M., 1998, PASJ, **50**, 389

- Jaffe, W.J., 1977, ApJ, **212**, 1
- Jaffe, W.J., 1980, ApJ, **241**, 925
- Katgert, P., Mazure, A., Perea, J., Den Hartog, R., Moles, M., et al., 1996, AA, **310**, 8
- Kim, K.-T., Kronberg, P.P., Tribble, P.C., 1991, ApJ, **379**, 80
- Komissarov, S.S., Gubanov, A.G., 1994, AA, **285**, 27
- Lémonon, L., Pierre, M., Hunstead, R., et al., 1997, AA, **326**, 34
- Markevitch, M., 1996, ApJ, **465**, L1
- Mazure, A., Katgert, P., Den Hartog, R., et al., AA, **310**, 31
- Moffet, A.T., Birkinshaw, M., 1989, AJ, **98**, 1148
- Murgia, M., Fanti, R., 1996, *rapporto interno IRA*, 228/96
- Myers, S.T., Baker, J.E., Readhead, A.C.S., 1993, BAAS, **25**, 1477
- O'Dea, C.P., Sarazin, C., Owen, F.N., 1987, ApJ, **316**, 133
- Owen, F.N., White, R.A., Ge, J.-P., 1993, ApJS, **87**, 135
- Pislar, V., Durret, F., Gerbal, D., Lima Neto, G.B., Slezak, E., 1997, AA, **322**, 53
- Reynolds, C.S., 1986, PhDTh., University of Sidney, Australia
- Rephaeli, Y., 1977, PhDTh., University of San Diego, California
- Rephaeli, Y., 1979, ApJ, **227**, 364
- Roettiger, K., Stone, J.M., Mushotzky, R.F., 1998, ApJ, **493**, 62
- Roland, J., 1981, AA, **93**, 407
- Roland, J., Sol, H., Pauliny-Toth, I., Witzel, A., 1981, AA, **100**, 7
- Röttgering, H.J.A., Wieringa, M.H., Hunstead, R.W., Ekers, R.D., 1994a, MNRAS, **290**, 577
- Röttgering, H.J.A., Snellen, I., Miley, G., et al., 1994b, ApJ, **436** 654
- Schlikeiser, R., Sievert, A., Thiemann, H., 1987, AA, **182**, 21
- Slee, O.B., Roy, A.L., Andernach, H., 1996, AuJPh, **49**, 977
- Tribble, P.C., 1993, MNRAS, **263**, 31

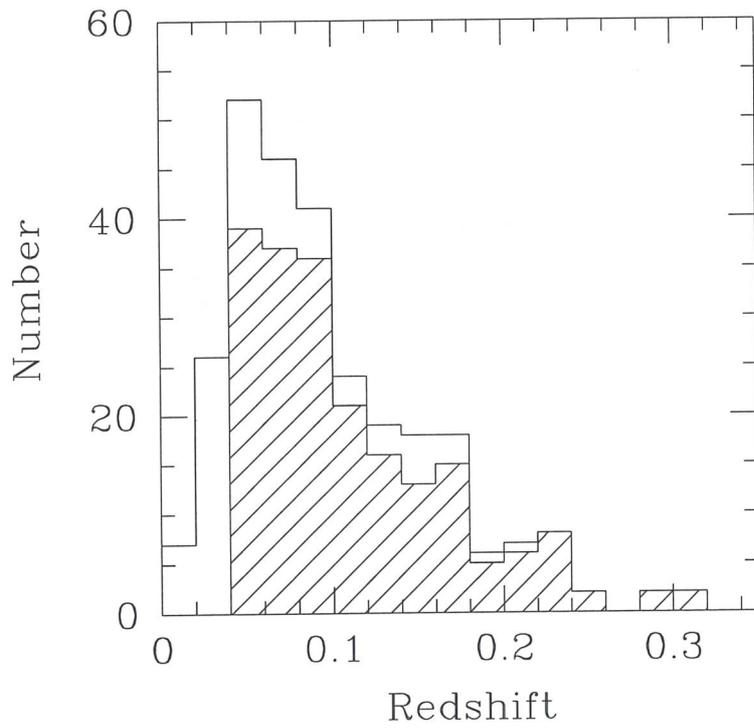


Figure 5: Confronto tra la distribuzione in redshift del campione di ammassi (bianco) con quella del campione in cui sono state cercate sorgenti estese (tratteggiato).

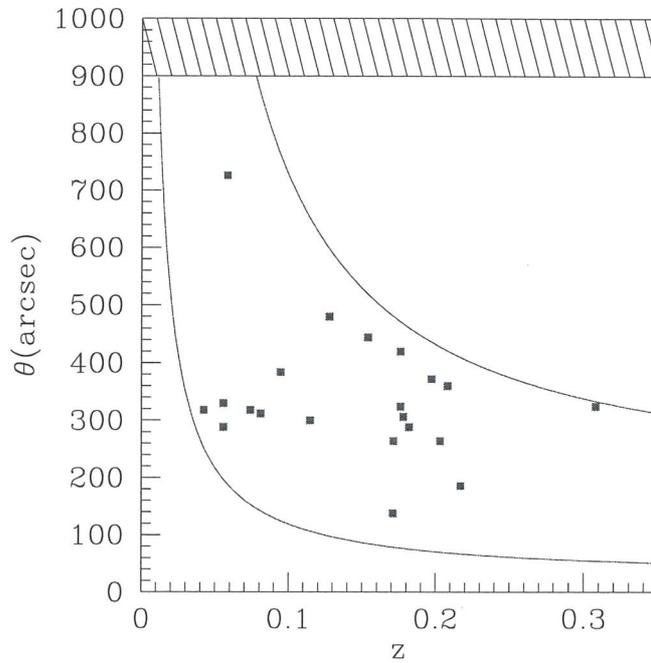


Figure 6: Distribuzione dei diametri angolari secondo il redshift. Curva superiore = 1700 kpc (A 2744); curva inferiore = 300 kpc (A 754). Area tratteggiata: regione non visibile per mancanza di baselines corte. Il punto piú in alto corrisponde al relitto in A 2256; i punti non comprendono le sorgenti incerte.

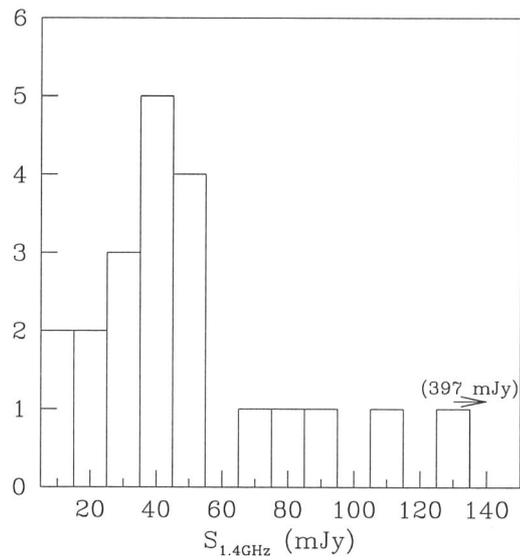


Figure 7: Distribuzione dei flussi misurati nelle sorgenti classificate come ALONE o RELITTO. L'ultimo bin corrisponde al relitto posto in A 2256.

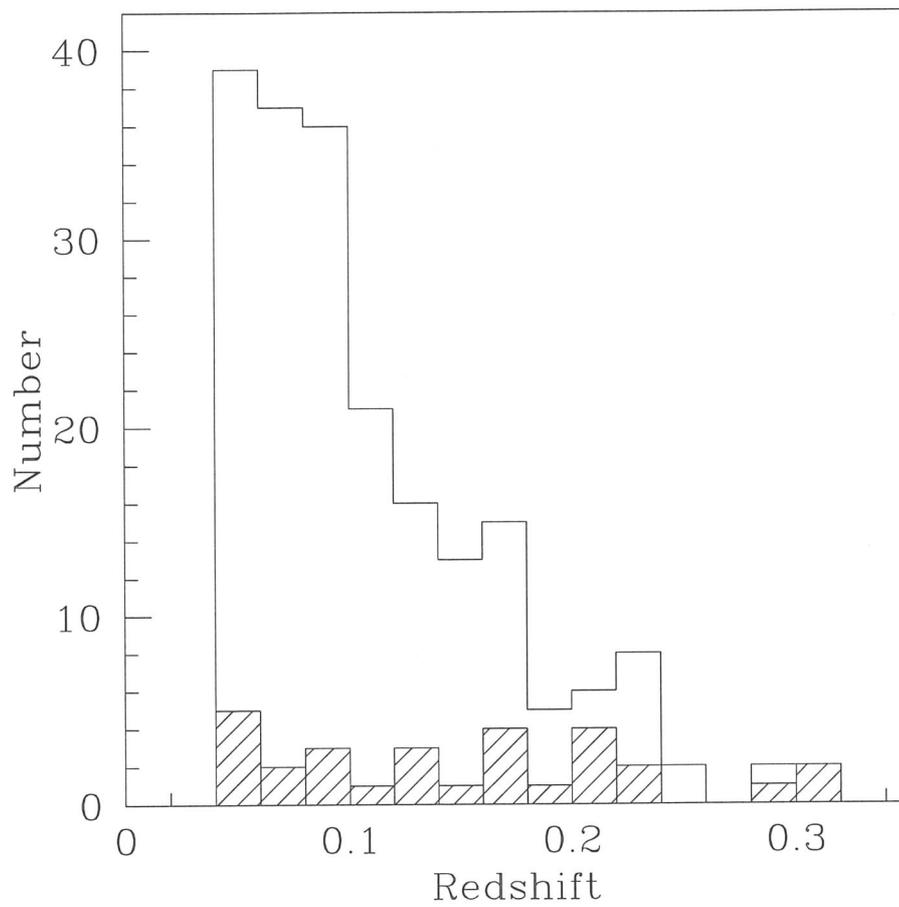


Figure 8: Distribuzione in redshift degli ammassi in cui sono presenti sorgenti estese (tratteggiato) rispetto al campione in cui sono state cercate (bianco).

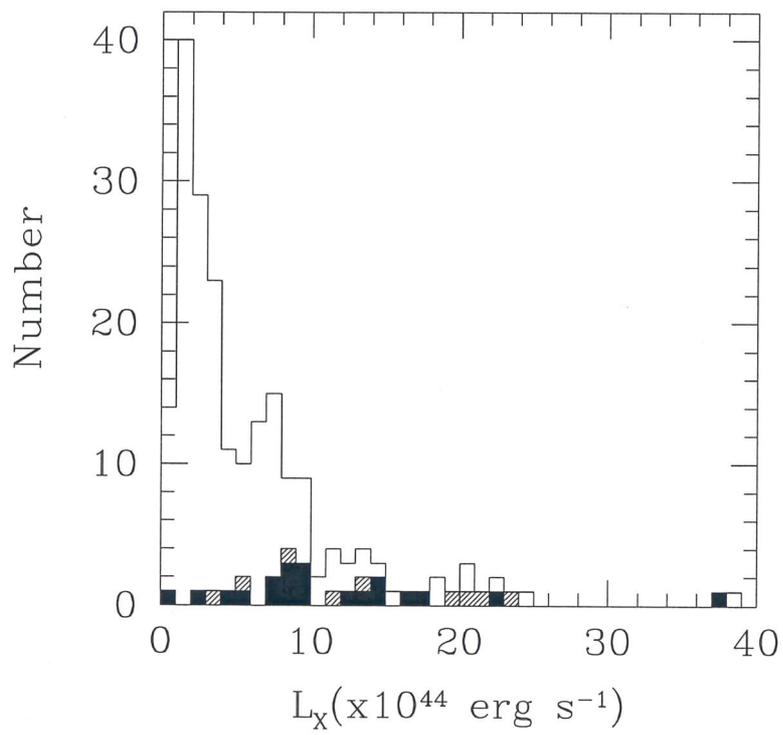


Figure 9: Distribuzione in luminosità X degli ammassi in cui è presente una sorgente estesa rispetto al campione: nero = aloni+relitti, tratteggio = incerti. NB.: l'ammasso A 2345 contiene due relitti.

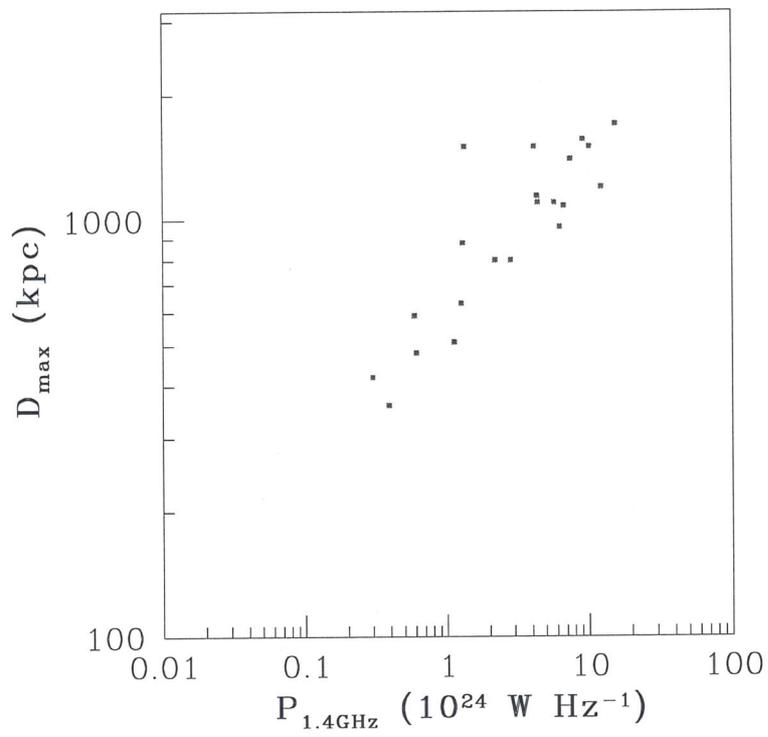


Figure 10: Correlazione tra la potenza monocromatica (1.4GHz) ed il diametro lineare massimo delle sorgenti estese.

