

Capitolo 1

Analisi

Verrà presentata in questo capitolo un'analisi basata su un grande numero di forme d'onda iniettate in posizioni celesti generiche e ricostruite con cWB. Nella prima parte verrà fatta l'analisi delle curve di sensibilità e degli overlap, mentre la seconda parte sarà un'analisi volta a stimare sistematicamente la frequenza del post-merger, in particolare utilizzato sulle EOS APR4 e SHT2. Le simulazioni utilizzano stime intermedie per le sensibilità che raggiungerà il network LIGO-Virgo nel run O4, non si considera invece il detector Kagra, nonostante sia previsto il suo utilizzo ben prima.

1.1 Curve di sensibilità e analisi dell'overlap

Si riportano gli istogrammi per gli SNR iniettati e ricostruiti dal network, divisi per distanza della sorgente. Si può notare come al crescere della distanza le distribuzioni siano sempre più schiacciate a SNR bassi.

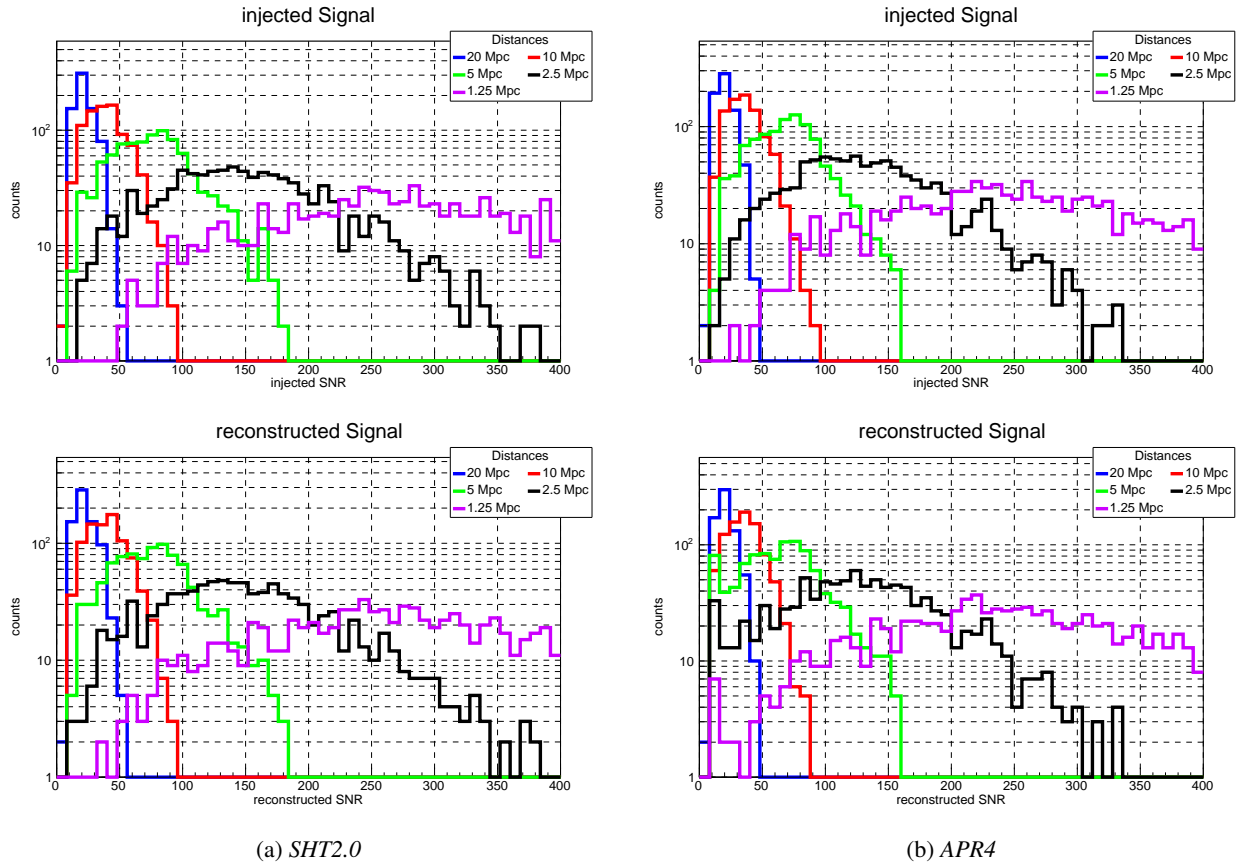


Figura 1.1: SNR iniettato (sopra) e ricostruito (sotto) per le due EOS

Si procede quindi a verificare in modo quantitativo l'efficienza dell'algoritmo di ricostruzione, facendo un fit degli SNR ricostruiti in funzione degli SNR iniettati. L'andamento ideale che ci si aspetta è rappresentato dalla

bisettrice del primo e terzo quadrante, che corrisponde a una processo tale per cui l'SNR ricostruito è pari a quello iniettato.

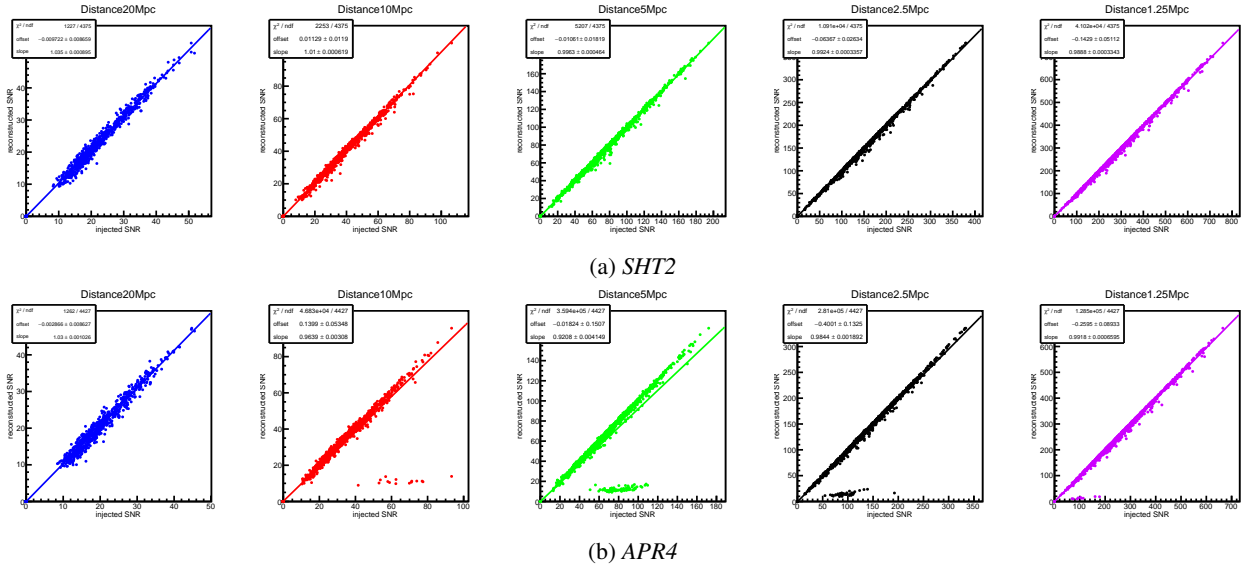


Figura 1.2: Fit dell'SNR ricostruito in funzione dell'SNR iniettato per le due EOS

Si può notare come, mentre per la EOS SHT2 le ricostruzioni siano ottime e, entro gli errori sperimentali, le rette siano compatibili con l'andamento ideale, per la EOS APR4, in particolare per le distanze intermedie, ci sia un problema nella ricostruzione, che porta ad un fit non compatibile con l'andamento ideale.

Si riportano quindi gli overlap in funzione degli SNR ricostruiti. In particolare si ha che denotando il segnale iniettato e ricostruito per ogni detector come $x_I[i] = [x_{I,1}, \dots, x_{I,N}]$ e $x_R[i] = [x_{R,1}, \dots, x_{R,N}]$ rispettivamente, si definiranno allora SNR iniettato e ricostruito come

$$iSNR = \sum_{i=1}^N x_{I,i}^2 = |x_I|^2 \quad oSNR = \sum_{i=1}^N x_{R,i}^2 = |x_R|^2 \quad (1.1)$$

Esiste però un'altra quantità che si ottiene incrociando questi dati definita come $ioSNR = \sum_{i=1}^N x_{I,i}x_{R,i}$, ovvero la correlazione incrociata, a ritardo temporale nullo, della forma d'onda iniettata e ricostruita. Grazie a questa quantità è possibile calcolare due grandezze fondamentali: l'energia residua $E_{res} = \sum_{i=1}^N (x_{R,i} - x_{I,i})^2 = oSNR + iSNR - 2ioSNR$ e l' $o_{overlap} = \frac{\langle x_I | x_R \rangle}{\sqrt{|x_I||x_R|}} = \frac{ioSNR}{\sqrt{|x_I||x_R|}}$ che descrive la corrispondenza del segnale iniettato rispetto a quello ricostruito, in particolare per $o_{overlap} = 1$ i due segnali hanno un matching perfetto, per $o_{overlap}=0$ invece non c'è ricostruzione del segnale.

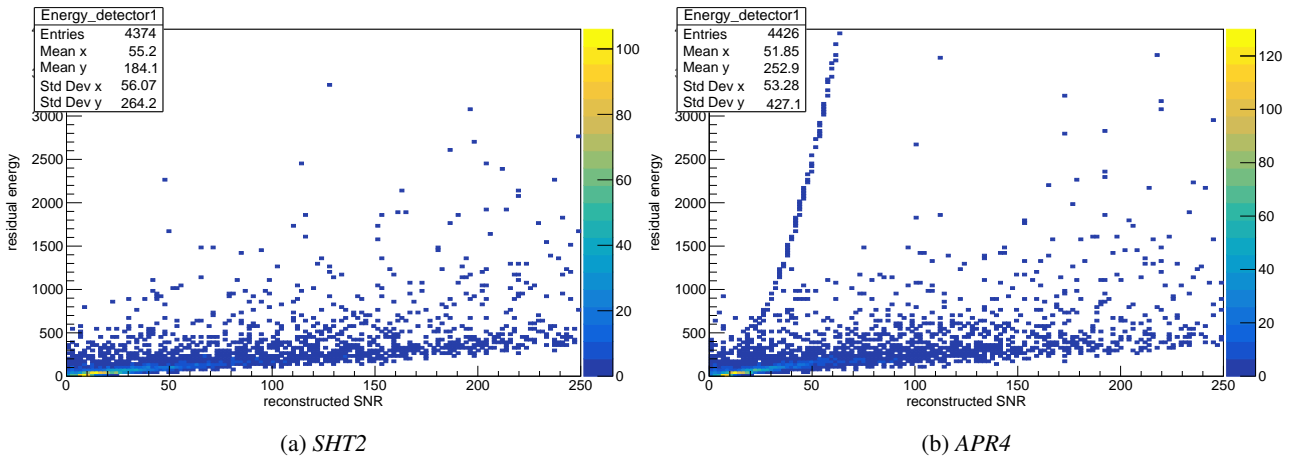


Figura 1.3: Energie residue per LIGO-Hanford per le due equazioni di stato

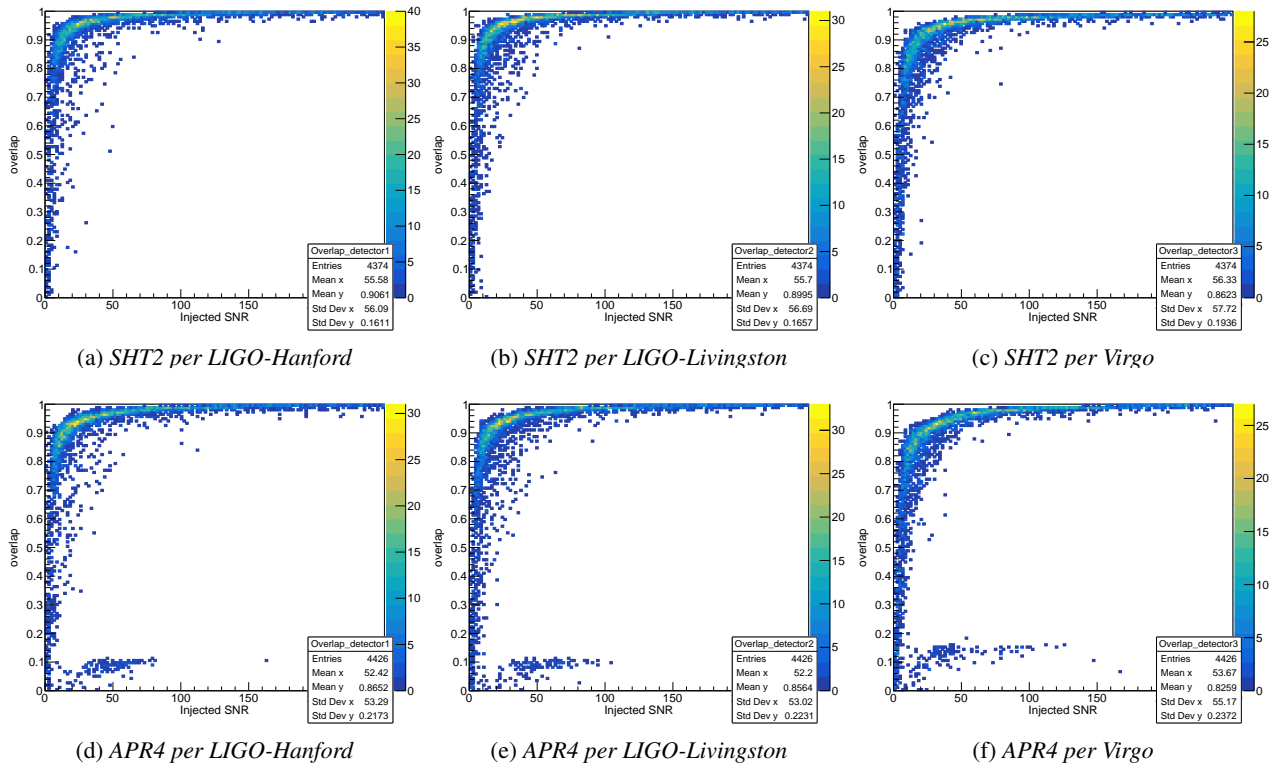


Figura 1.4: Overlap per le due equazioni di stato

Il problema si ripresenta anche in questi grafici dove è possibile notare come vi sia per la EOS APR4 una certa quantità che non presenta l'andamento atteso. Si sono isolati gli eventi problematici e si è individuata la ragione della discrepanza: gli eventi che sporcano le distribuzioni sono tali perché vengono spezzati in fase di ricostruzione, c'è infatti una soglia in tempo e in frequenza dopo la quale due eccessi di potenza vengono spezzati in due eventi separati e può accadere, in particolare per la EOS APR4 che, come si è visto in ??, presenta un post merger a frequenze molto alte. Poiché la fase tra i due segnali, a bassa energia, non sempre viene ricostruita può accadere che il segnale venga spezzato in uno più energetico riguardante l'inspiral e uno meno, legato al post-merger. Questo si nota in particolar modo andando a confrontare la distribuzione delle frequenze minime e massime per le due EOS:

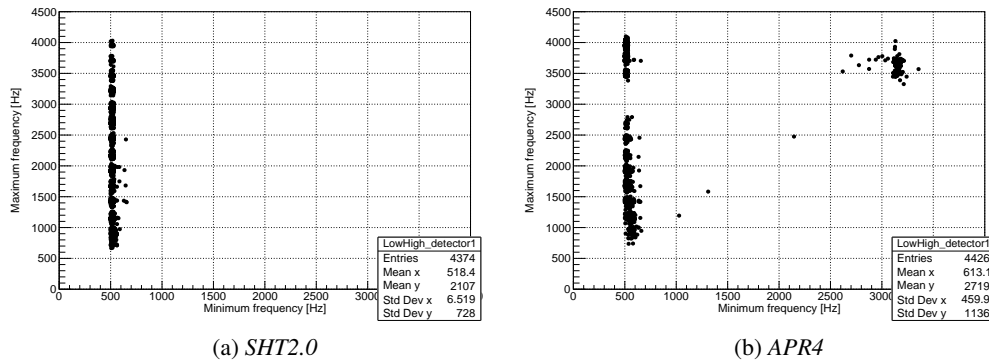


Figura 1.5: Distribuzione della frequenza massima e minima per le due EOS

Si nota immediatamente per la EOS APR4 un cluster di eventi che presenta frequenza minima estremamente alta, incompatibile con l'andamento che assume un evento ricostruito in modo completo, che come descritto in precedenza dovrebbe avere l'andamento di un chirp, partendo da frequenza basse fino a un picco. Vengono quindi tagliati gli eventi ricostruiti nel solo post-merger. Ripetendo le precedenti analisi con il set di ricostruzioni tagliato si ottiene:

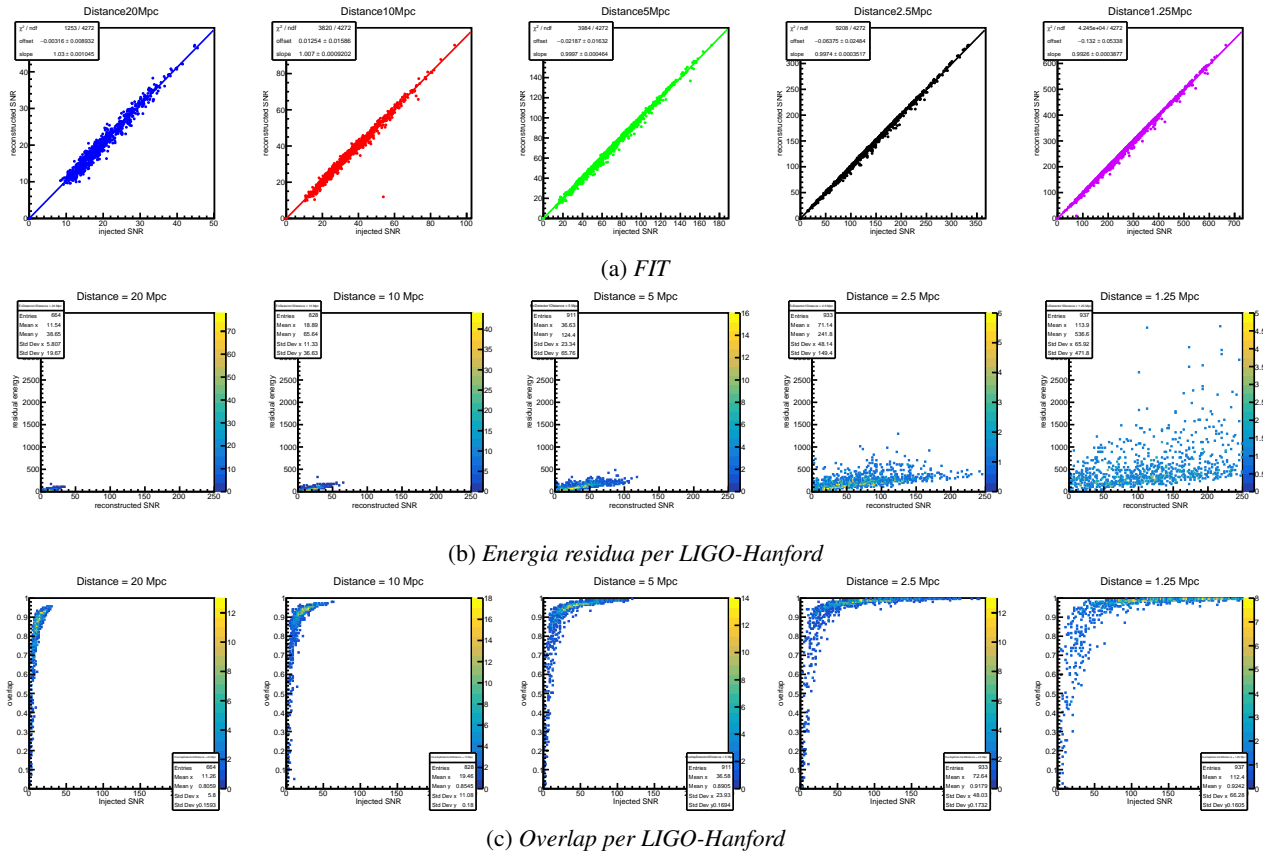


Figura 1.6: Analisi per APR4, fatta escludendo le ricostruzioni separate di uno stesso evento

che presenta risultati non ottimali, come avviene per la EOS SHT2, ma comunque decisamente migliori rispetto ai dati non tagliati.

Gli overlap sono poi stati divisi in bin di SNR ricostruito di larghezza 10 per osservare la distribuzione con la quale i segnali sono ricostruiti

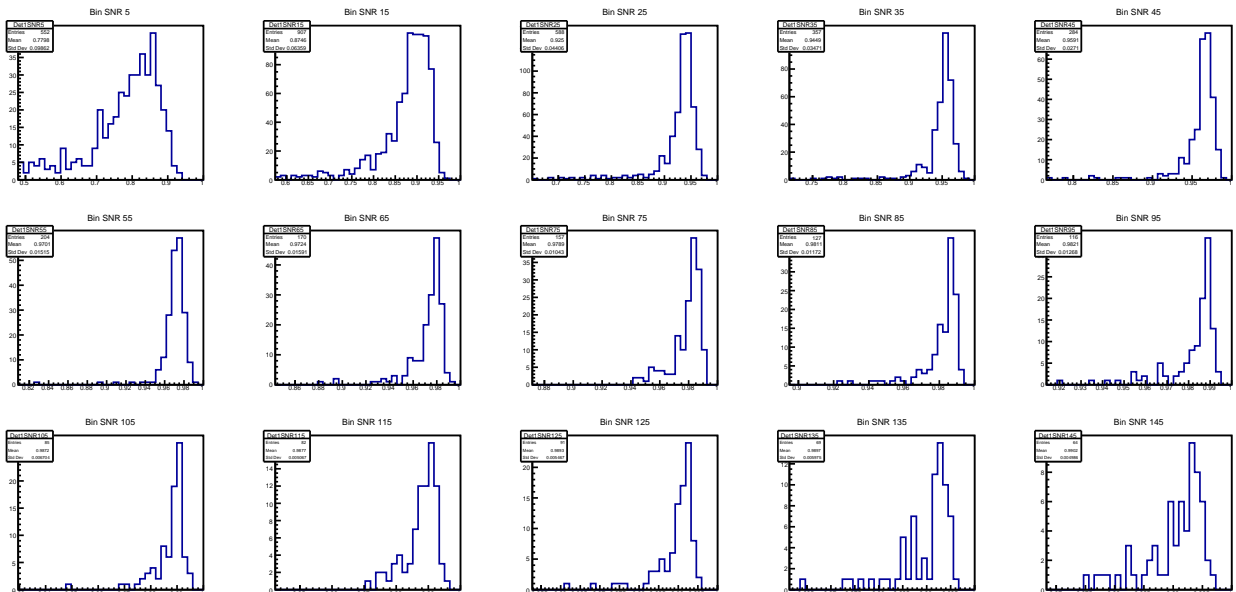


Figura 1.7: Distribuzione degli overlap per la EOS APR4 per il solo detector LIGO-Hanford, non si riportano, per ragioni di spazio, i grafici per gli altri detector e per l'altra EOS

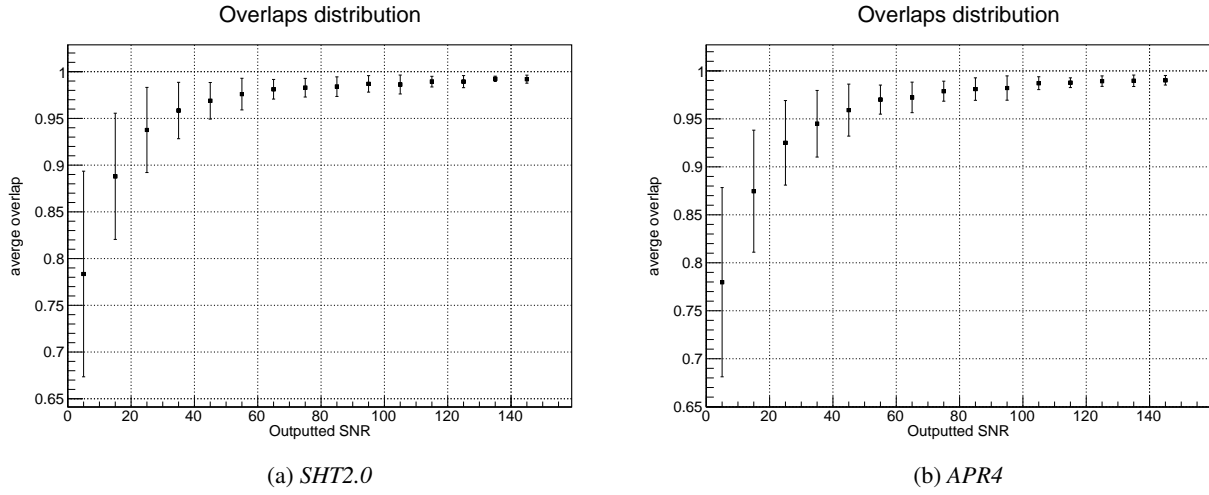


Figura 1.8: Distribuzione degli overlap per le due EOS

1.2 Ricerca frequenza post-merger

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec odio elit, dictum in, hendrerit sit amet, egestas sed, leo. Praesent feugiat sapien aliquet odio. Integer vitae justo. Aliquam vestibulum fringilla lorem. Sed neque lectus, consectetur at, consectetur sed, eleifend ac, lectus. Nulla facilisi. Pellentesque eget lectus. Proin eu metus. Sed porttitor. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse eu lectus. Ut mi mi, lacinia sit amet, placerat et, mollis vitae, dui. Sed ante tellus, tristique ut, iaculis eu, malesuada ac, dui. Mauris nibh leo, facilisis non, adipiscing quis, ultrices a, dui. Morbi luctus, wisi viverra faucibus pretium, nibh est placerat odio, nec commodo wisi enim eget quam. Quisque libero justo, consectetur a, feugiat vitae, porttitor eu, libero. Suspendisse sed mauris vitae elit sollicitudin malesuada. Maecenas ultricies eros sit amet ante. Ut venenatis velit. Maecenas sed mi eget dui varius euismod. Phasellus aliquet volutpat odio. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Pellentesque sit amet pede ac sem eleifend consectetur. Nullam elementum, urna vel imperdiet sodales, elit ipsum pharetra ligula, ac pretium ante justo a nulla. Curabitur tristique arcu eu metus. Vestibulum lectus. Proin mauris. Proin eu nunc eu urna hendrerit faucibus. Aliquam auctor, pede consequat laoreet varius, eros tellus scelerisque quam, pellentesque hendrerit ipsum dolor sed augue. Nulla nec lacus.

