Conclusioni

Il presente lavoro di tesi è stato svolto all'interno della collaborazione NEMO (NEutrino Mediterranean Observatory), con lo scopo di fare un'analisi dei dati raccolti nel sito abissale di Capo Passero, scelto dalla collaborazione per ospitare il futuro "Telescopio per Neutrini".
Obiettivo della misura (l'acquisizione dati è durata 19 mesi) e della mia successiva analisi è stato quello di studiare gli eventuali effetti di oscuramento delle sfere di vetro che conterranno i fotomoltiplicatori di cui sarà composto il "Telescopio per Neutrini", a seguito della deposizione di sedimenti e della crescita di "colonie" di batteri sulle sfere stesse.
L'apparato sperimentale utilizzato consisteva di quattro sfere di vetro, resistenti alle alte pressioni, su cui erano disposti alcuni fotodiodi, che venivano illuminati da dei LED blu, alloggiati su tre delle quattro sfere. L'apparato, supportato da una leggera struttura in alluminio, è stato posizionato a circa 3300 metri di profondità, a circa 100 metri dal fondo.
È stato studiato l'andamento temporale del segnale raccolto dai vari fotodiodi, illuminati dai LED con due differenti intensità di luce. Il segnale di ogni fotodiodo è stato inoltre confrontato con il valore assunto al tempo iniziale, in modo tale da ottenere una grandezza, con valori compresi tra 0 e 1 e pari all'unità per $t = 0$, adatta a valutare la trasparenza dei moduli ottici.
Ci si apettava una lenta diminuzione della trasparenza con il tempo, che è stata verificata per la maggior parte dei fotodiodi, caratterizzata da un contributo regolare e da numerose fluttuazioni casuali: questo effetto è più marcato per le superfici che sono rivolte verso l'alto. Le superfici rivolte verso il basso sono meno soggette alla deposizione di sedimenti, ma vengono comunque "colonizzate" da batteri, che producono una sottile pellicola biologica che ne diminuisce la

trasparenza, anche se in maniera minore rispetto all'accumulo di sedimenti.

La "velocità" con cui questi fenomeni hanno luogo sembra diminuire con il tempo, stabilizzandosi in alcuni casi dopo circa un anno dalla messa in acqua dell'apparato: per la zona che si trova intorno all'"equatore" dei moduli ottici è stata stimata una diminuzione annuale di trasparenza pari a circa l'1%.

La struttura dell'apparato sperimentale ed in particolare le due diverse condizioni di illuminazione, realizzate accendendo uno o due LED, sono state fonte di alcuni problemi nell'analisi dei dati, legati al fatto che misure relative agli stessi fotodiodi, illuminati dalle due diverse sorgenti, fornivano spesso risultati non compatibili tra loro. Questo fenomeno è stato interpretato come l'evidenza di un possibile errore sistematico di cui non conosciamo l'origine, ma che abbiamo potuto valutare.

L'esperimento NEMO, attualmente in fase di progettazione, sarà un "Telescopio per Neutrini astrofisici" posto in acqua a grande profondità, nel Mar Mediterraneo. Sarà essenzialmente costituito da un reticolo di fotomoltiplicatori, posti all'interno di sfere di vetro in grado di resistere alle alte pressioni, alloggiati su opportune strutture meccaniche.

L'intero apparato avrà un volume maggiore di 1 km^3, in modo tale da essere sensibile alla rivelazione di muoni prodotti dall'interazione di corrente carica di neutrini astrofisici di alte energie, comprese tra 100 GeV e $10 PeV$.

Uno studio delle proprietà delle superfici dei moduli ottici in funzione del tempo, nel sito in cui l'esperimento sarà realizzato, è molto importante ai fini della progettazione dell'apparato, vista l'impossibilità di intervenire su eventuali malfunzionamenti una volta che l'apparato sarà stato messo in mare.

L'effetto del biofouling può ridurre la probabilità con cui i fotoni, la cui produzione per effetto Čerenkov è indotta in acqua dal passaggio muoni di alta energia, possono raggiungere i fotomoltiplicatori che costituiscono l'apparato.

È evidente che l'effetto di questo processo può diminuire, su scale temporali dell'ordine di alcuni anni, le prestazioni del telescopio.

I risultati ottenuti sull'andamento della trasparenza dei moduli ottici sono stati utilizzati per simulare l'apparato e quindi stabilirne un'eventuale diminuzione delle prestazioni.
Per questa parte del mio lavoro di tesi non ho dovuto sviluppare dei programmi di simulazione e analisi, peraltro già esistenti e in fase di sviluppo, piuttosto ho utilizzato tali programmi per simulare le capacità dell'apparato nel ricostruire i muoni, anche in presenza del biofouling. È possibile evidenziare una progressiva diminuzione dell'efficienza di tracciamento dei muoni che vengono dall'alto, visto che la trasparenza delle superfici rivolte verso il basso si riduce in modo quasi impercettibile.
L'efficienza di tracciamento diminuisce in modo particolare per quei muoni di energia $\leq 1TeV$ che, al loro passaggio, "accendono" nell'apparato pochi fotomoltiplicatori. Per quei muoni di alta energia, che inducono segnali in centinaia di fotomoltiplicatori, la riduzione di efficienza è molto ridotta, anche dopo alcuni anni di attività dell'apparato.
Abbiamo in particolare studiato come variano le prestazioni dell'apparato dopo sei mesi, un anno, cinque e dieci anni di attività dell'apparato e quindi di esposizione agli effetti del biofouling. Dalla simulazione emerge che, per muoni di alta energia ($E > 1TeV$), la riduzione di area efficace e di risoluzione angolare dopo cinque e dieci anni di attività dell'apparato è molto piccola, mentre per energie inferiori gli effetti sono molto più evidenti.
I risultati presentati forniscono delle stime preliminari sull'eventuale diminuzione dell'area efficace e della risoluzione angolare del telescopio NEMO: uno studio più approfondito richiederà una stima migliore dell'oscuramento per le varie latitudini del modulo ottico e dell'evoluzione temporale del processo alle varie latitudini.