

Laboratori Nazionali del Gran Sasso



RELAZIONE GENERALE

Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN - Affidamento di incarico professionale finalizzato allo studio ed alla definizione delle possibili soluzioni alternative volte alla razionale captazione e distribuzione delle acque potabili ed all'eventuale adeguamento della rete delle acque non potabili all'interno dei laboratori sotterranei

ROMA Marzo 2018

Premessa

Con proprio ordine di acquisto n. 257/2017 del 28 luglio 2017 l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) affidava allo scrivente l'incarico denominato "Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN - Affidamento di incarico professionale finalizzato allo studio ed alla definizione delle possibili soluzioni alternative volte alla razionale captazione e distribuzione delle acque potabili ed all'eventuale adeguamento della rete delle acque non potabili all'interno dei laboratori sotterranei".

Il Disciplinare d'Incarico precisava il contenuto della prestazione, indicando specificatamente che "le soluzioni proposte dovranno affrontare i seguenti argomenti:

- *Attuare una netta separazione della circolazione idrica potabile da quella non potabile, con specifico riferimento alle zone di tutela assoluta e zone di salvaguardia e di protezione definite dalla normativa di settore al fine di assicurare il rispetto formale e sostanziale dei vincoli ex D.Lgs. n. 152/06, art.94.*
- *Individuare all'interno ed eventualmente all'esterno dei laboratori sotterranei la zona più idroproduttiva in acquifero compartimentato a locale indipendenza, definendo i sistemi di captazione e raccolta delle acque potabili destinate al consumo umano senza necessità di alcun trattamento di correzione, in quanto mai venute a contatto con l'ambiente antropico (es. tubi drenanti finestrati e monitorati posti direttamente in roccia madre).*
- *Prevedere adeguati sistemi di prevenzione e monitoraggio delle acque potabili.*
- *Fornire indicazioni, se ritenuto necessario rispetto alla situazione attuale e ai fini di una tutela integrale della risorsa idrica, sugli interventi di miglioramento dei sistemi di raccolta delle acque di piattaforma e di percolazione a tergo del rivestimento (non potabili) prevedendo eventualmente il completamento dei sistemi di barriere impermeabili e interventi sostitutivi e di adeguamento ovvero di eventuale definitivo abbandono dei manufatti e reti esistenti che non fornissero completa assicurazione sulla propria efficacia.*
- *Fornire indicazioni relative alle metodologie che possono essere utilizzate per l'eventuale confinamento in sicurezza di falda affiorante localizzata essendo il particolare contesto dei laboratori sotterranei parzialmente corrente a quota di zona satura."*

Si richiedeva inoltre che:

- tra le diverse soluzioni ed alternative si verificasse la possibilità di eliminare le attuali captazioni all'interno dei laboratori sotterranei mediante realizzazione di nuove captazioni in condizioni più sicure;
- nel caso in cui fossero ritenuti necessari miglioramenti rispetto alla situazione attuale, si definissero opportune soluzioni tecniche e/o indicazioni progettuali finalizzate ad assicurare una riduzione del potenziale rischio di interferenze con la falda acquifera, con specifico riferimento alla rete attualmente utilizzata per il convogliamento delle acque non potabili (cd. di stillicidio), costantemente monitorate in qualità e quantità e conferite al recettore finale di valle;
- le suddette soluzioni di intervento fossero corredate dalle relative stime economiche.

Sulla scorta delle predette linee guida ed in base alle documentazioni tecniche reperite nel corso dell'espletamento dell'incarico si è proceduto alla redazione della presente Relazione che sintetizza, unitamente agli elaborati grafici e numerici allegati, i risultati della consulenza tecnico-scientifica espletata.

Rischio Ambientale dei LNGS

L'ambiente con cui le attività dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso interagiscono è particolarmente delicato, atteso che gli stessi sono ubicati all'interno di un sistema montuoso che alimenta sia le falde acquifere di una ampia area geografica dell'Abruzzo, sia direttamente alcune reti di acqua potabile.

Per una ragione di contiguità assume rilevanza, ai fini della prevenzione di eventi dannosi incidentali, anche la galleria autostradale da cui i Laboratori hanno accesso, che registra un traffico piuttosto intenso ed anche di particolare natura.

All'epoca della realizzazione dei Laboratori l'ordinamento normativo nazionale non conteneva leggi e/o regolamenti specifici cui fare riferimento, relativi alla valutazione di rischi di incidenti rilevanti e/o di impatto sull'ambiente, né per il tipo di insediamento in questione né in generale per attività produttive industriali, per cui fu nominata un'apposita Commissione di tecnici sotto la responsabilità dell'ISPESL (Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro) per seguire la realizzazione degli impianti e individuare i necessari interventi di messa in sicurezza del sistema.

Oggi, viceversa, sono cogenti leggi e norme, generali e specifiche, che disciplinano ogni aspetto della sicurezza e dell'ambiente in tutte le sue componenti, ma ciononostante appare difficile individuare un quadro normativo completo nel quale far rientrare, sul piano tecnico ed amministrativo, l'attività svolta nei Laboratori. Questi infatti rappresentano, non solo per l'Italia, una fattispecie assolutamente singolare per tipo di attività, per tipo di impianti, per ubicazione, per il carattere di internazionalità, per il *prodotto* che forniscono, costituito da risultati di ricerche in campo fisico all'avanguardia nel mondo, non facilmente valutabili in termini economici o di servizio sociale.

D'altra parte la mancanza di precisi riferimenti normativi rischia di inficiare ogni logica di valutazione dei pericoli esistenti, potendo apparire assolutamente soggettiva o non esauriente e dunque non condivisibile. Pertanto, nello sviluppo del presente incarico, analizzata la pericolosità delle sostanze chimiche presenti nei Laboratori, nonché delle merci che possono transitare nell'adiacente galleria autostradale, si è ritenuto necessario effettuare una ricognizione dei problemi tecnico-giuridici derivanti dall'applicazione delle vigenti leggi e norme, sia ai fini delle valutazioni e dei suggerimenti richiesti, sia per dare coerenza ad eventuali iniziative che si dovranno adottare per migliorare la sicurezza.

Peraltro le considerazioni scaturite potrebbero costituire oggetto di un più approfondito esame, da parte dei gestori dei Laboratori e degli organi istituzionali di controllo, per pervenire ad un coerente e condiviso quadro di riferimento sul piano amministrativo per una più efficace gestione del rischio connesso con le strutture e le attività in oggetto da adottare per il futuro.

Su tale presupposto si fondano alcune raccomandazioni, relative ad interventi per migliorare la sicurezza sia dei Laboratori sia dell'adiacente Traforo con le quali si conclude questa relazione.

Cenni descrittivi sulla struttura dei LNGS

I Laboratori del Gran Sasso, che costituiscono uno dei quattro laboratori nazionali dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (I.N.F.N.), sono destinati ad attività di ricerca, principalmente nei campi della fisica subnucleare e astrofisica, usualmente concepite, finanziate e condotte congiuntamente da istituzioni scientifiche italiane e straniere.

I Laboratori inizialmente si sviluppavano su tre aree, così come indicato nella figura 1:

- Laboratori interni (galleria)
- Laboratori d'alta quota (Campo Imperatore)
- Laboratori esterni (Assergi)

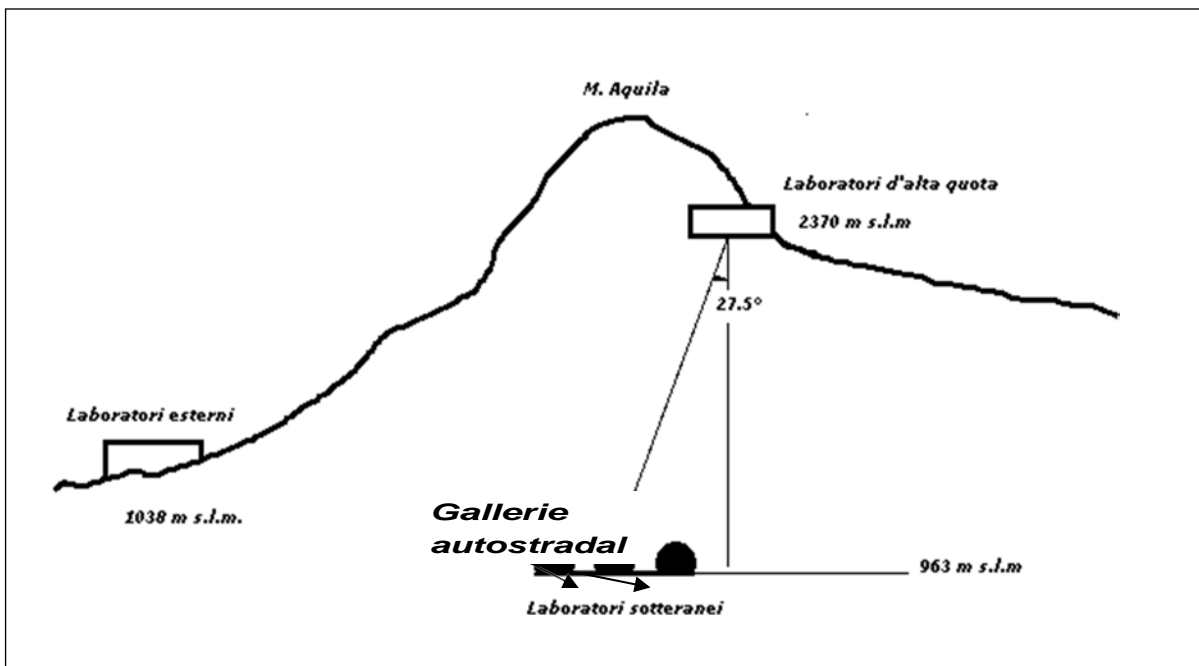


Figura 1 - Posizione laboratori

Attualmente, oltre ai laboratori interni, sono attivi solo i laboratori esterni, ubicati ad Assergi a 1038 m s.l.m., che ospitano il Centro direzionale e le strutture di supporto, quali uffici, servizi vari, biblioteca e mensa. I laboratori d'alta quota ubicati a Campo Imperatore, a 2370 m s.l.m., sono stati smantellati nel 2000.

Questo studio si limita all'analisi della situazione dei Laboratori interni (in galleria), i quali sono collocati a livello delle gallerie autostradali, meglio note come Traforo del Gran Sasso, e sono accessibili attraverso una di tali gallerie, lunga circa 10 chilometri, nella direzione Roma.



Figura 2 - Laboratori interni in galleria

Questi Laboratori sono costituiti da tre grandi sale, per un volume complessivo di circa 90.000 m³ (Figure 2, 3), nelle quali si svolgono ricerche sulla natura dei neutrini e su altri fenomeni fondamentali per la fisica delle particelle e dell'astrofisica. I 1400 m di roccia che sovrastano i Laboratori costituiscono una copertura tale da ridurre il flusso di raggi cosmici di un fattore un milione; inoltre anche il flusso di neutroni è sensibilmente inferiore, di circa un fattore 1000, rispetto a quello in superficie; infine, anche il grado di radioattività è particolarmente contenuto, data la natura calcarea della roccia del massiccio del GranSasso

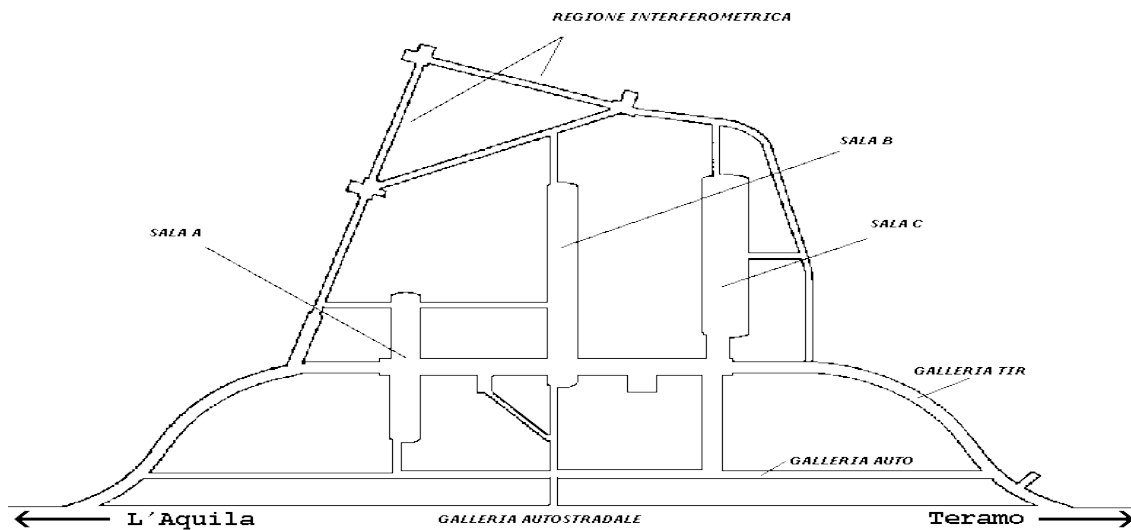


Figura 3 - Planimetria dei laboratori interni in galleria

DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA IN CORSO NEI LABORATORI

Nei Laboratori sotterranei è concentrata la gran parte delle attività di ricerca di tutto il sistema L.N.G.S. ed in particolare degli esperimenti descritti nel seguito.

BOREXINO (Sala C)

L'esperimento ha lo scopo di misurare il flusso di neutrini provenienti dalle reazioni nucleari all'interno del Sole. Il bersaglio del flusso di neutrini è costituito da 325 m³ di pseudocumene (PC), nome commerciale del (1,2,4)-trimethylbenzene (olio minerale di tipo aromatico, normalmente utilizzato nell'industria di produzione delle vernici), nel quale sono disciolti 600 litri di PPO, 2,5-diphenyloxazole, la cui funzione è quella di spostare la lunghezza d'onda della luce di scintillazione nella banda di frequenza di maggior sensibilità dei fotomoltiplicatori. Gli elettroni colpiti dai neutrini nel loro percorso "eccitano" le molecole del liquido che emettono un impulso luminoso registrato dai fotomoltiplicatori che lo convertono poi in impulso elettrico registrato da un sistema di acquisizione dati.

Il bersaglio è contenuto in una sfera di nylon immersa in ulteriori 1000 m³ di PC, in cui sono disciolti 5 m³ di dimethylphthalate (DMP) con funzioni di inibitore della emissione luminosa al passaggio di particelle cariche. L'intero sistema è contenuto in una sfera di acciaio inossidabile, a sua volta installata all'interno di un contenitore di acciaio inossidabile il cui volume intercluso (2100 m³) contiene acqua demineralizzata. Lo scopo dello PC esterno alla sfera di nylon e dell'acqua all'esterno della sfera di acciaio è quello di ridurre a livelli trascurabili la radiazione di fondo, proveniente dalle rocce e dall'ambiente circostante.

Lo PC deve essere purificato opportunamente dagli isotopi radioattivi eventualmente presenti, come ad esempio il radon, e per tale motivo subisce una distillazione di stripping con azoto ed una estrazione

dell' acqua . Per evitare il contatto dello PC con l'aria, in maniera da non pregiudicare le probabilità di successo dell'esperimento, tutte le linee di trasferimento dei fluidi sono "inertizzate" in azoto ($100 \text{ m}^3/\text{h}$). Il cosiddetto CTF (Counting Test Facility), che ha funzionato per alcuni anni come prototipo del Borexino, è ancora parte integrante dell'apparato sperimentale e viene utilizzato quale rivelatore di prova o controllo della purezza dello PC di Borexino (contenuto totale di PC pari a circa 3.6 t, all'interno di un pallone di nylon immerso in 1000 m^3 di acqua demineralizzata).

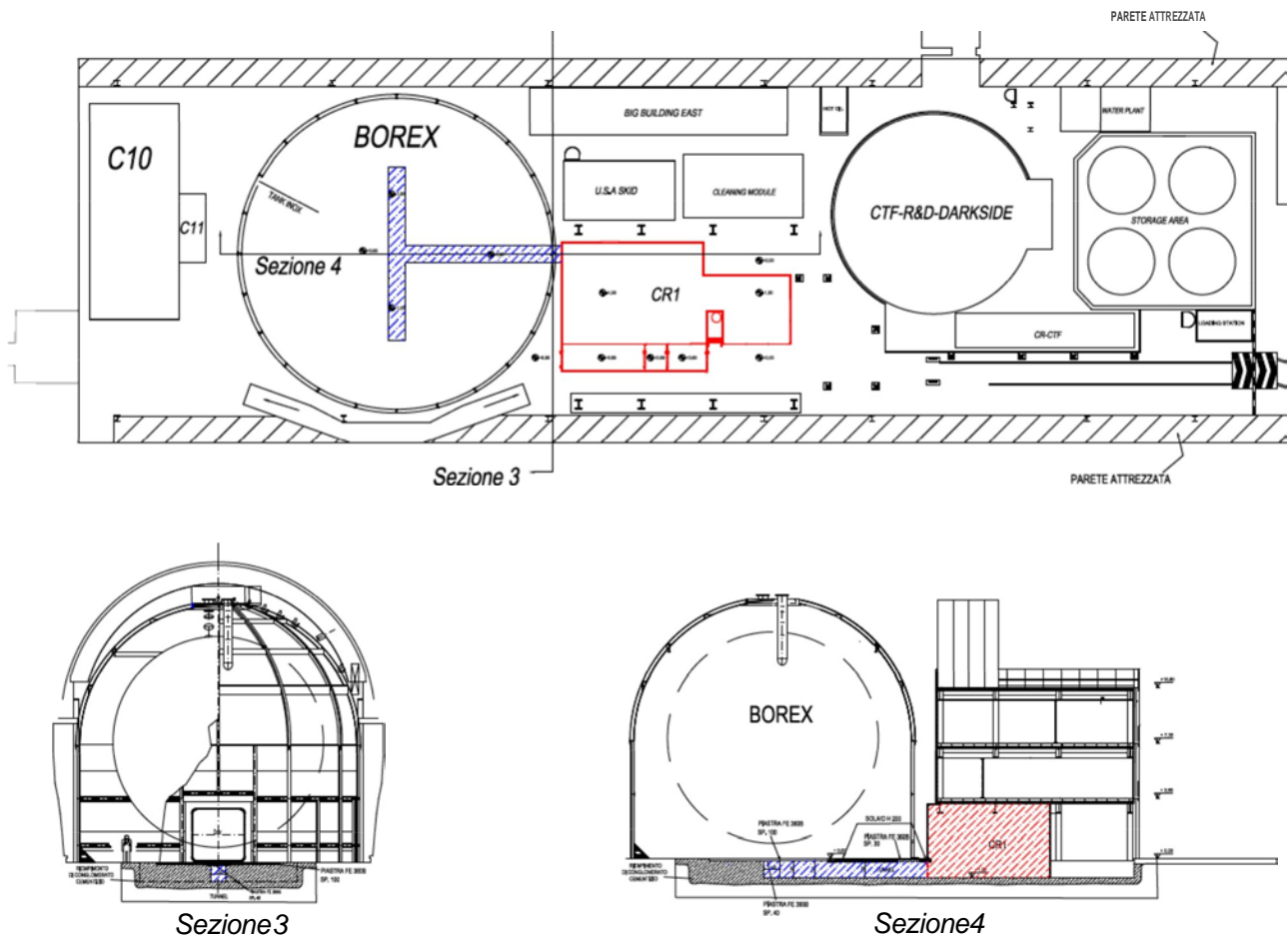


Figura 4 - Borexino

L'esperimento Borexino ha cominciato a raccogliere dati nel 2007. Da allora, ha prodotto un considerevole numero di risultati scientifici tra cui la prima spettroscopia diretta dei neutrini solari dalla reazione protone-protone, la misura di precisione del tasso di interazione dei neutrini solari da 7Be (errore inferiore al 5%), la prima misura diretta del flusso di neutrini solari p-e-p, e la misura del tasso di interazione dei neutrini solari da 8B a bassa soglia energetica . Oltre ai risultati in ambito solare, Borexino ha anche pubblicato risultati significativi in altri campi della fisica come, ad esempio, la prima osservazione di anti-neutrini terrestri (i cosiddetti geoneutrini) e numerosi limiti su processi rari o proibiti. Oltre a queste applicazioni, Borexino offre un'opportunità unica per eseguire uno studio sulle oscillazioni di neutrini a breve distanza . Questa era l'idea alla base di SOX (Short distance neutrino Oscillations with boreXino). L'esperimento SOX avrebbe dovuto utilizzare un innovativo generatore di antineutrini composto da 144Ce . Questo generatore doveva essere dislocato nei pressi del rivelatore Borexino ed avrebbe dovuto produrre decine di migliaia di interazioni di antineutrini nel volume interno del rivelatore Borexino. L'inizio dell'esperimento SOX era previsto per il 2018, e l'acquisizione dei dati si sarebbe dovuta estendere per circa 18 mesi, ma

l'impossibilità di realizzare la sorgente con le caratteristiche necessarie all'esperimento ha convinto l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), di comune accordo con il Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives/Institute of Research into the Fundamental laws of the Universe (CEA/IRFU) ad annullare il progetto SOX per l'impossibilità tecnica di realizzare l'esperimento. All'origine di tale decisione è la comunicazione del produttore della sorgente, il russo Mayak, di non essere in grado di realizzare il generatore di antineutrini basato sul Cerio 144. Il generatore avrebbe, infatti, un'intensità di non più di 50 kCi (kilocurie), che corrisponde a circa un terzo di quanto richiesto dal progetto, e quindi non avrebbe le caratteristiche di attività necessarie, cioè non fornirebbe un numero sufficiente di antineutrini, per condurre l'esperimento in modo scientificamente efficace e competitivo. Il progetto, che era risultato vincitore di due ERC (European Research Council) grant, i finanziamenti europei più prestigiosi e ambiti riservati a progetti di ricerca altamente innovativi e challenging, e che era nel programma scientifico dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN, non sarà quindi realizzato. Conseguentemente, l'installazione sperimentale Borexino, dopo oltre un decennio di attività si avvia alla conclusione.

CRESST (Sala A), GENIUS-TF e HDMS (ambedue in una galleria di collegamento tra Sala A e Sala B)

Gli esperimenti CRESST, Genius-Tf, HDMS e DAMA (di cui si dà una breve descrizione nel seguito) hanno lo scopo di osservare particelle pesanti debolmente interagenti che dovrebbero costituire la cosiddetta materia oscura. Come rivelatori di tali interazioni si impiegano cristalli di zaffiro o di altra natura a temperature molto prossime allo zero assoluto (-273°C) con raffreddamento prodotto da azoto liquido, He2/He3 ed Argon.

A parte i rivelatori solidi, costituiti dai cristalli già menzionati, gli apparati sperimentali sono costituiti da un "castelletto" di schermatura in piombo e/o rame ed utilizzano gas nobili come sostanze in grado di evitare il contatto del rivelatore con l'aria ambiente che pregiudicherebbe la possibilità di misura del rivelatore stesso.

Si tratta in ogni caso di esperimenti che non impiegano materiali tossici e per i quali l'unico pericolo è connesso con l'impiego di fluidi criogenici.

Peraltro l'esperimento GENIUS-TF, dove TF sta per "Test Facility", è un prototipo dell'esperimento GENIUS attualmente in fase di "proposta".

CUORE (Sala A)

CUORE è l'acronimo di Cryogenic Underground Observatory for Rare Events, Osservatorio Criogenico Sotterraneo per la Fisica degli Eventi Rari. Il suo scopo principale è, infatti, la ricerca del decadimento beta doppio senza emissione di neutrini, ma CUORE cercherà anche tracce di materia oscura e studierà alcuni decadimenti rari.

L'esperimento è oggi in una delle ultime fasi della costruzione. Una volta ultimato, CUORE sarà il rivelatore bolometrico più grande mai costruito. Bolometrico vuol dire che lavorerà a temperature criogeniche: gli oltre 740 chilogrammi di cristalli, più altre 4 tonnellate tra parti in rame e schermi in piombo, saranno raffreddati a 10 milliKelvin, 10 millesimi di grado sopra lo zero assoluto! Queste temperature estreme vengono raggiunte grazie alla potente combinazione tra refrigeratori meccanici e un refrigeratore a diluizione di elio in doppia fase, il tutto alloggiato dentro un enorme criostato.

La collocazione all'interno della Sala A dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso garantisce la protezione dai raggi cosmici, i quali accecherebbero il rivelatore se questo fosse costruito in un normale laboratorio, coprendo il segnale cercato con un enorme segnale di fondo. Il rivelatore è anche protetto dalla radioattività ambientale grazie a due schermature in piombo poste all'interno del criostato; di queste, una è costituita da piombo romano antico recuperato da un relitto grazie alla collaborazione tra fisici e

archeologi. Lo stesso criostato verrà poi posto all'interno di una grossa schermatura formata da oltre 80 tonnellate di piombo e da uno strato di polietilene borato.

Il funzionamento di questo tipo di esperimento è stato provato dai predecessori di CUORE, anch'essi costruiti e fatti funzionare nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso. In particolare, Cuoricino e CUORE-O hanno fornito alcuni tra i migliori risultati al mondo nel campo della fisica nucleare e delle particelle.

Il cuore dell'esperimento è costituito da 988 cristalli di ossido di tellurio, disposti in 19 torri. I cristalli contengono ^{130}Te (tellurio 130), un particolare isotopo che ci si aspetta possa mostrare traccia del ricercato decadimento beta doppio senza emissione di neutrini: i cristalli fungono perciò sia da sorgente del segnale che da rivelatore. D'altra parte, questo implica anche che loro stessi e il materiale con cui sono in contatto, il rame e il PTFE che costituiscono l'ossatura delle torri per primi, devono essere radio-puri. Una procedura precisa e rigorosa è stata perciò applicata in tutte le fasi di costruzione del rivelatore, dalla pulizia dei materiali fino all'assemblaggio delle torri, riducendo al minimo l'esposizione all'aria e il contatto con altre possibili sorgenti di radiazione. Per intenderci, il semplice toccare i cristalli a mani nude li avrebbe resi inutilizzabili esponendoli alla radioattività naturale del nostro corpo.

Un'interazione o un decadimento all'interno di un cristallo comporta un rilascio di energia, il quale si traduce in un piccolissimo aumento della temperatura del cristallo stesso e questo è il motivo per cui è necessario che tutto lavori a temperature criogeniche: in condizioni normali non saremmo in grado di vedere questa variazione, perché troppo piccola. Un piccolo sensore di temperatura è stato perciò incollato su ciascun cristallo; una procedura quasi completamente automatizzata ha permesso di rendere minime le differenze nella risposta tra i vari cristalli nella conversione tra energia e aumento della temperatura.

Il criostato di CUORE è il più grande mai costruito: esso si compone di un sistema di schermi cilindrici concentrici, ognuno dei quali raffreddato a temperature sempre più basse andando dall'esterno verso l'interno. In particolare si passa da temperatura ambiente a meno di 10 milliKelvin nel guscio più interno: il volume occupato dal rivelatore si trova esattamente nel centro e, quando il sistema è in funzione, costituisce a tutti gli effetti il metro cubo più freddo dell'Universo.

I vari schermi sono sigillati ad una serie di piatti, i quali reggono il peso della struttura (in totale, più di 15 tonnellate). I piatti più esterni sono attraversati dai Pulse Tube costituenti il sistema di raffreddamento meccanico e tutti sono attraversati dall'unità a diluizione per il raffreddamento più estremo. Quest'ultima è costituita da un sistema chiuso al cui interno circola una miscela particolare di elio (miscela di $^3\text{He}/^4\text{He}$). Questa miscela ha la proprietà di separarsi in due fasi con densità diverse quando la temperatura è abbastanza bassa; attraverso un sistema di pompaggio è quindi possibile raffreddare facendo passare ^3He dalla fase più densa a quella più diluita, pompando su quest'ultima. Un processo simile viene usato nella vita di tutti i giorni: quando soffiato su di una tazza di the infatti, asportiamo vapore permettendo ad altro the di evaporare a sua volta con conseguente raffreddamento.

All'interno del criostato si trovano anche due schermature in piombo che proteggono il rivelatore dalla radioattività ambientale. La più esterna delle due forma una specie di bicchiere intorno al rivelatore e contiene piombo archeologico romano. Il piombo, infatti, è in parte costituito da ^{210}Pb (piombo 210), un isotopo radioattivo figlio della catena di decadimento dell'uranio (^{238}U), che decade con un tempo di dimezzamento di 22 anni (questo significa che dopo tale periodo la quantità iniziale di ^{210}Pb si è dimezzata). Qualunque campione estratto negli ultimi decenni presenta quindi tracce di ^{210}Pb derivanti dall'uranio presente nella roccia. Durante la lavorazione del materiale, i Romani separavano l'argento dal piombo e, così facendo, asportavano anche gran parte dell'uranio, impedendo che questo rigenerasse ^{210}Pb .

Il piombo utilizzato in CUORE proviene da un relitto affondato nel I secolo a.C. vicino ad Oristano, in Sardegna. Quasi un migliaio di lingotti da oltre 30 chili l'uno furono recuperati, insieme ad altri reperti, in

uno sforzo congiunto tra fisici e archeologi all'inizio degli anni novanta. Di questi lingotti, per circa duecentosettanta venne autorizzata la fusione per l'utilizzo per esperimenti di fisica. La parte superiore di questi lingotti, recante il marchio degli antichi proprietari, venne però prima asportata e consegnata per l'esposizione nel Museo Archeologico Nazionale di Cagliari, insieme al resto dei reperti.

DAMA (Galleria di collegamento tra Sala A e Sala B)

L'esperimento DAMA ha lo scopo di ricercare particelle di "materia oscura" dell'universo utilizzando tre diversi apparati per confrontare quali siano i migliori risultati nella riduzione del "rumore". Il primo impiega cristalli di ioduro di sodio drogati con tallio, il secondo è costituito da xenon liquido, il terzo usa cristalli di fluoruro di calcio.

DARKSIDE (Sala C)

DarkSide-50 è una TPC ("Time Projection Chamber") bifasica ad Argon. Trentotto fotomoltiplicatori Hamamatsu R11065 da 3 pollici e a bassa radioattività, 19 sulla sommità e 19 sul fondo della TPC, vedono la regione di volume attivo attraverso finestre di silice fusa. Le finestre sono rivestite da entrambi i lati da ossido di indio (ITO) e stagno, un conduttore trasparente. Questo fa sì che la superficie interna della finestra funzioni da anodo a terra (parte superiore) e da catodo da -60kV (parte inferiore) per la TPC mantenendo la parte esterna vicino al potenziale di -1.5kV del fotocatodo dei PMT.

Uno strato di gas per la produzione di un segnale di elettroluminescenza è garantito da una montatura cilindrica sulla finestra di silice fusa, che si estende verso il basso per formare un campana contenente vapore di Argon di dimensione 2cm ("tasca di gas") al di sopra volume di deriva della TPC. Il recipiente cilindrico contenente il volume attivo di Argon è fatto di PTFE, trattato in maniera tale da essere altamente riflettente per lunghezze d'onda nel visibile. L'intera superficie interna del volume attivo è rivestita con il wavelength shifter TetraPhenylButadiene (TPB) per convertire la luce di scintillazione dell'Argon a 128nm in luce con lunghezza d'onda rilevabile dai PMTs. Il campo di drift è prodotto da un sistema formato dai piani del catodo di ITO e dell'anodo e una griglia che separa la regione di deriva degli elettroni da quella di estrazione.

La TPC di DarkSide-50 è inserita all'interno di un veto per neutroni costituito da scintillatore liquido borato (LSV), il quale a sua volta è all'interno di un veto per muoni costituito da un rivelatore Cherenkov ad acqua. Questo design, non soltanto permette a DarkSide-50 di beneficiare di una soppressione attiva del fondo, ma anche ci permette un'esperienza diretta nell'operare un rivelatore a basso fondo all'interno di questi scudi in prospettiva di futuri upgrades.

GERDA (Sala A)

GERDA (GERmanium Detector Array) è un esperimento dedicato alla ricerca di un fenomeno rarissimo, ancora mai osservato: il doppio decadimento beta senza emissione di neutrini. Per le sue ricerche, GERDA utilizza un isotopo del Germanio, il ^{76}Ge . Nel doppio decadimento beta senza neutrini avviene la simultanea trasformazione di due neutroni in due protoni e due elettroni. Non ci sono leptoni nello stato iniziale, ma ve ne sono due in quello finale. La sua osservazione pertanto mostrerebbe che il numero leptonico totale, una simmetria accidentale della teoria del Modello Standard, è violata dalla natura. Il processo pertanto ha la stessa importanza delle ricerche sulla violazione del numero barionico (il decadimento del protone, per esempio). L'interpretazione standard del decadimento lo vede mediato da neutrini massivi di Majorana: pertanto la sua osservazione proverebbe la natura di Majorana del neutrino e un metodo per determinare la massa assoluta dei neutrini.

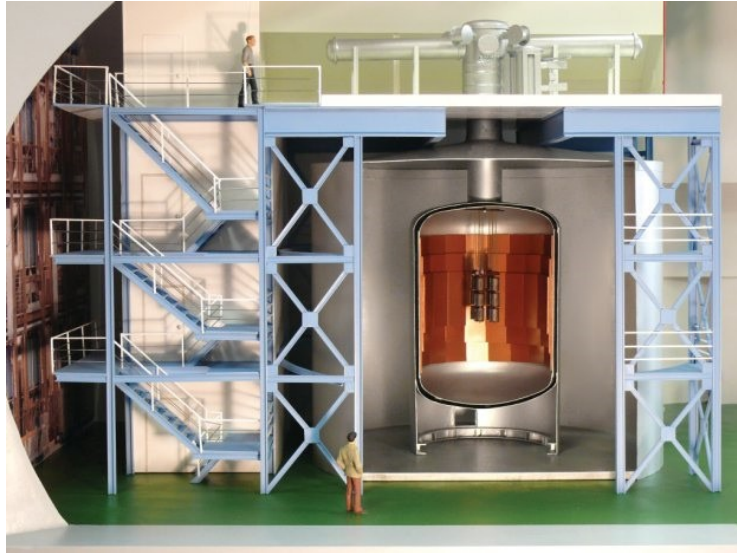


Figura 5 - GERDA

GERDA si fonda su un concetto nuovo di rivelazione del doppio decadimento beta: i rivelatori a Germanio, arricchiti nell'isotopo doppio beta attivo 76, sono immersi "nudi" entro un criostato contenente argon liquido. Il sistema di sospensione dei rivelatori, i cavi di segnale e di alta tensione e l'elettronica sono stati scelti e costruiti in modo da minimizzare il loro contributo in termini di eventi di fondo (radioattività). Il criostato è a sua volta immerso in un grande serbatoio riempito di acqua ultrapura che serve da moderatore e assorbitore di neutroni e come rivelatore di raggi cosmici. Inoltre, tutta una serie di tagli basati sulla pulse shape discrimination, la lettura della luce di scintillazione dell'argon liquido e l'anticoincidenza tra rivelatori permette di ridurre fortemente gli eventi di fondo. Attualmente GERDA ha il fondo più basso nella regione attorno a dove dovrebbe trovarsi il segnale rispetto a tutti gli esperimenti che usano altri isotopi.

GINGER (Nodo B)

La misura del lense-Thirring come una piccola variazione del locale vettore rotazione terrestre richiede una sensibilità dell'ordine di 10^{-14} rad/s. I sistemi di navigazione inerziale basati su l'effetto Sagnac hanno tipicamente un'area <0.02 m² e un sensibilità circa di 5×10^{-7} rad/s. Queste caratteristiche, sufficienti per is sistemi di navigazione, sono di diversi ordini di grandezza inferiori alle caratteristiche richieste dalle applicazioni scientifiche dei giro laser ed a maggior ragione per poter utilizzare un giro laser per misure di fisica fondamentale.

Il girolaser dalle prestazioni migliori attualmente in funzione è quello installato a Wetzell (in Baviera) e chiamato "Gross Ring G". E' un girolaser quadrato di 4 m di lato, montato su di un supporto monolitico di Zerodur, un materiale estremamente rigido e con un coefficiente di espansione termica prossimo allo zero. Il suo limite di risoluzione attuale è di circa 10^{-12} rad/s con un tempo di integrazione di 1000 s. Pur se questa sensibilità non è ancora sufficiente per poter immaginare di misurare gli effetti di relatività generale è possibile migliorare ulteriormente questo record attraverso l'aumento dell'area del detector, l'ottimizzazione del design tecnico/ingegneristico e complesse procedure di filtraggio del segnale per raggiungere, così, la sensibilità richiesta.

Un girolaser è un sensore di rotazione basato sull'effetto Sagnac, in cui due fasci laser contropropaganti lungo un percorso ad anello accumulano una differenza di fase proporzionale alla velocità angolare (locale)

proiettata lungo il vettore area definito dalla superficie racchiusa dall'anello. La sua sensibilità dipende dalla lunghezza d'onda dell'emissione laser e dal rapporto tra l'area ed il perimetro dell'anello.

Le sorgenti di rumore che ne limitano l'accuratezza sono diverse. Tra queste vanno segnalate quelle dovute alla dinamica dell'emissione laser e alle variazioni della configurazione geometrica. Entrambe possono essere oggetto di complessi sistemi di controllo attivi per migliorare, in particolare, il duty-cycle dello strumento. Inoltre, un'ambiente in cui siano controllate temperatura, umidità e correnti d'aria risulta essenziale al funzionamento ed al successo di GINGER.

GINGERino, un prototipo di girolaser a singolo asse installato all'interno dei laboratori del Gran Sasso, mira a raggiungere la sensibilità di G ed a migliorarne le performance a tempi di integrazione lunghi in modo da poter misurare i rumori a bassa frequenza dovuti all'attività microsismica. L'analisi dei rumori residui all'interno dei LNGS rappresenta un importante fattore per poter procedere alla progettazione di GINGER ed alla sua installazione ottimale.

GINGERino è di forma quadrata con un lato di 3.6 m ed è stato installato alla fine del 2014 in prossimità del nodo B delle gallerie. Una zona lontana dalle attività umane. Ad oggi il laser è stato messo in funzione consentendo una prima osservazione diretta del segnale di Sagnac. L'apparato sperimentale è alloggiato in una camera anecoica necessaria a schermare il sistema dall'ambiente esterno che si presenta non confortevole in quanto a temperatura, circa 7 °C, ed umidità. La struttura è attualmente operativa e la temperatura interna è di circa 18 °C.

LUNA (Gallerie di collegamento)

L'esperimento si propone di misurare le sezioni d'urto di processi nucleari a bassissima energia per ottenere dati utili al calcolo dei processi di nucleosintesi degli elementi nelle stelle ed emissione di neutrini. Un acceleratore elettrostatico (ovvero uno da 50KV ed un altro da 400kV) produce un fascio di ^3He su un bersaglio di ^3He gassoso. I prodotti della reazione sono rivelati in 4 telescopi di contatori al silicio. Sostanze utilizzate, in quantità modeste: azoto liquido per refrigerazione ed idrogeno gas in bombolette, azoto e CO_2 gas in bombola per lavaggio.

L'acceleratore LUNA 400 kV è installato nei laboratori sotterranei dei LNGS dall'anno 2000. Si tratta di un acceleratore di tipo Cockcroft-Walton, a singolo stadio, in grado di fornire fasci molto intensi di protoni ed elio con un'ottima stabilità temporale ed un'eccellente risoluzione energetica. Il fascio di LUNA 400 kV, attraverso due diverse linee di trasporto, può raggiungere un bersaglio solido o uno gassoso. Il primo può essere prodotto per impiantazione, evaporazione o anodizzazione ed in generale viene raffreddato con acqua per dissipare la potenza che il fascio molto intenso vi deposita. Il bersaglio è montato vicino ad un tubo di rame raffreddato con azoto liquido che rallenta l'accumulo di carbonio sulla superficie del bersaglio stesso. Il secondo è di tipo "a pompaggio differenziale", privo di finestre di separazione che degraderebbero l'energia delle particelle del fascio: le differenti pressioni che vanno dal mbar nella zona del bersaglio vero e proprio ai $1\text{E}-6$ mbar verso l'acceleratore sono mantenute da un sistema di pompe e collimatori opportuni. Le reazioni nucleari che avvengono in seguito all'interazione del fascio con il bersaglio possono dare luogo a fotoni o particelle cariche. I primi vengono in generale rivelati con rivelatori al Germanio ad alta purezza (HPGe) o con scintillatori BGO; le seconde con rivelatori al silicio. I rivelatori possono essere schermati con piombo e/o rame per diminuire la componente di fondo ambientale ed eventualmente la schermatura può essere circondata da una "radon box" che consente di sostituire l'aria contenente Radon con azoto all'interno del volume racchiuso. La combinazione tra la riduzione del fondo cosmico offerta dai laboratori sotterranei e quella del fondo ambientale ottenuta con schermature passive, molto più efficaci sottoterra a causa del ridotto fondo muonico che crea radiazione secondaria all'interno della schermatura, rende l'esperimento LUNA unico al mondo per la misura di sezioni d'urto di reazioni nucleari di interesse

astrofisico. LUNA ha ottenuto, nei passati 25 anni, risultati molto importanti in questo campo: con il primo acceleratore installato sottoterra nel periodo 1992-2001, LUNA 50 kV, è stato possibile misurare la reazione $3\text{He}(3\text{He},2\text{p})4\text{He}$ fino alle energie rilevanti per il nostro Sole (picco di Gamow del Sole) ed escludere la presenza di risonanze. La possibilità di una risonanza a basse energie in questa reazione era stata suggerita dal premio Nobel W. Fowler per risolvere il cosiddetto “solar neutrino puzzle”, ossia spiegare lo scarso flusso di neutrini solari osservati nell’esperimento realizzato negli anni 60 da un altro premio Nobel, R. Davis. Una risonanza nella reazione $3\text{He}(3\text{He},2\text{p})4\text{He}$ avrebbe sfavorito il ramo della catena p-p del ciclo di combustione dell’idrogeno che produce il 8B , il cui decadimento rilascia i neutrini effettivamente osservati nell’esperimento di Davis. In seguito LUNA ha misurato la reazione chiave del ciclo CNO di combustione dell’idrogeno, $14\text{N}(p,\gamma)15\text{O}$, trovando un valore per la sua sezione d’urto circa la metà di quanto fino allora stimato. Tra le più importanti conseguenze di questa misura, va ricordata la riduzione (di circa un fattore 2) del flusso atteso di neutrini prodotti dal ciclo CNO nel Sole. Inoltre, le stime di età degli Ammassi Globulari Galattici, gruppi di stelle tra le più antiche della nostra Galassia, sono state riviste: la Via Lattea è così risultata essere più vecchia di circa 1 miliardo rispetto alle precedenti valutazioni. Un’altra misura chiave è stata quella della reazione $3\text{He}(4\text{He},\gamma)7\text{Be}$, importantissima sia per la nucleosintesi primordiale (produzione di 7Li) sia per la produzione di neutrini prodotti nel Sole dai decadimenti del 7Be e del 8B . La misura di LUNA, combinata con altre misure effettuate ad energie maggiori, ha consentito una riduzione di circa un fattore 2 dell’incertezza sulle previsioni del modello solare standard per i flussi di neutrini. LUNA ha studiato anche reazioni importanti per la nucleosintesi stellare come, ad esempio, la $25\text{Mg}(p,\gamma)26\text{Al}$, fondamentale per la comprensione dell’abbondanza di 26Al in diversi ambienti stellari o, più di recente, la $17\text{O}(p,\gamma)18\text{F}$. Quest’ultima è stata studiata nell’intervallo energetico di interesse per le Novae, stelle compatte, appartenenti a sistemi binari stretti, soggette a periodiche esplosioni termonucleari superficiali. Per questa misura sono state utilizzate due diverse tecniche sperimentali tra loro complementari. Il tasso di reazione ottenuto, 4 volte più preciso di quello disponibile in letteratura, ha consentito di migliorare i modelli per la nucleosintesi delle Novae, quindi, le previsioni delle abbondanze prodotte di diversi isotopi dell’ossigeno, del fluoro e dell’azoto. Recentemente LUNA ha misurato anche la reazione chiave per la produzione di 6Li durante la nucleosintesi primordiale, $2\text{H}(\alpha,\gamma)6\text{Li}$. I risultati ottenuti hanno definitivamente escluso che questo isotopo possa essere stato prodotto dal Big Bang. Il programma sperimentale di LUNA è ancora molto ricco e prevede la misura di altre reazioni di grande interesse per l’astrofisica e la cosmologia. Inoltre, la prossima installazione del nuovo acceleratore LUNA MV in sala C, consentirà di misurare anche reazioni di interesse per i cicli di combustione dell’elio o del carbonio, quali la $12\text{C}(\alpha,\gamma)16\text{O}$, processo essenziale per comprendere l’evoluzione delle stelle massicce, la $13\text{C}(\alpha,n)16\text{O}$ e la $22\text{Ne}(\alpha,n)25\text{Mg}$ che forniscono il flusso di neutroni necessario per il processo s (slow neutron capture) responsabile della formazione dei nuclei di massa medio grande, e la $12\text{C}+12\text{C}$ con emissione di protoni e particelle alfa, reazione principale del ciclo di combustione del carbonio.

LVD (Sala A)

L’esperimento è allestito sul lato Nord della Sala A e ha lo scopo di operare come un avanzato telescopio neutrino, in grado di “vedere” collassi stellari nelle nostre Galassie. Utilizza un apparato sperimentale costituito da una struttura in acciaio a geometria parallelepipedica che sostiene e supporta 840 taniche in acciaio (da 1.2 m^3), raggruppate in 3 torri (dimensioni: $22,7 \times 13,2 \times 10\text{ m}$) a doppio contenimento monitorato riempite con rivelatore.



Figura 6 - LVD

Quest'ultimo, o olio scintillatore, è costituito da Nafta pesante idrogenata, in condizioni statiche. Poiché ogni tanica contiene poco più di 1 t di rivelatore, l'hold-up complessivo è di 1008 t.

XENON (Sala B)

Il nucleo centrale dei rivelatori della collaborazione XENON, è una Camera a Proiezione Temporale (TPC) a doppia fase contenente xenon liquido (LXe), con in cima uno strato di xenon gassoso (GXe), ad una temperatura di circa -95 °C. La TPC è chiusa alle estremità inferiore e superiore da due griglie: il catodo (a tensione negativa) in basso e la griglia di Gate (a massa) in alto. Tale struttura racchiude la regione attiva di LXe, chiamata "volume sensibile", che rappresenta il volume di LXe utilizzato per rivelare le interazioni di materia oscura. Una particella che interagisce nel LXe produce un segnale di scintillazione (S1) attraverso eccitazione e ricombinazione di elettroni di ionizzazione. Gli elettroni che non partecipano alla ricombinazione sono trasportati verso l'interfaccia liquido-gas e successivamente estratti nel GXe dove producono un secondo segnale di scintillazione (S2). Il segnale S2 è generato dall'accelerazione degli elettroni estratti grazie all'utilizzo di intensi campi elettrici: tra due successive collisioni con atomi di xenon, un elettrone guadagna energia a sufficienza per eccitare nuovamente altri atomi. In questo modo ciascun elettrone genera centinaia di fotoni di scintillazione generando così il segnale, amplificato e proporzionale, S2. La luce di scintillazione così prodotta viene rivelata per mezzo di due piani di fotomoltiplicatori, uno in cima alla TPC nel GXe ed uno nel LXe al di sotto del catodo. Dalla distribuzione dei PMT che hanno generato segnale si risale alle coordinate x-y dell'evento mentre la coordinata z è fornita dalla distanza temporale tra i segnali S1 e S2. E' dunque possibile avere una ricostruzione 3D del vertice di interazione. La conoscenza di tale punto rende possibile la selezione di eventi che si sono verificati nelle regioni più interne del LXe che definiscono il cosiddetto "volume fiduciale", che rappresenta una regione caratterizzata da un livello di segnali di fondo molto basso.



Figura 7 - XENON

Il rivelatore XENON100 usa gli stessi principi operazionali ed altre soluzioni progettuali che furono testate con successo col prototipo XENON10. Il volume sensibile è costituito da 62 kg di LXe racchiusi in un cilindro di PTFE di raggio ed altezza pari a 15 cm. Il cilindro di PTFE riflette la luce di scintillazione con elevata efficienza ed inoltre separa otticamente la regione attiva dal volume esterno di LXe, usato come veto attivo, costituito da 99 kg di xenon che comprendono uno strato di LXe sopra e sotto i due piani di fotomoltiplicatori.

SABRE

Il cuore dell'esperimento SABRE è costituito da rivelatori di Ioduro di Sodio drogato al Tallio (NaI(Tl)), che funzionano come cristalli scintillanti. Lo scattering elastico di una particella di materia oscura su un nucleo del materiale di cui si compone il cristallo (Iodio o Sodio nel caso di cristalli di NaI), causa il rinculo del nucleo colpito. Ogni collisione tra una particella di materia oscura e un nucleo rilascia una piccola quantità di energia (<100 keV), che viene convertita in luce. La luce prodotta viene misurata da due fotomoltiplicatori ad alta efficienza e sensibilità, direttamente affacciati alle estremità del cristallo. Il cristallo e i due fotomoltiplicatori sono inseriti all'interno di un involucro di rame, a formare un modulo di rivelazione. Tali moduli vengono messi in funzione all'interno di un vessel di acciaio riempito di un liquido scintillatore, che agisce come uno schermo attivo. Gli eventi dovuti all'interazione di materia oscura rilasciano energia solo all'interno del cristallo: lo scintillatore liquido permette quindi di identificare una gran parte dei fondi dovuti agli isotopi radioattivi presenti nel cristallo e alla contaminazione residua dei materiali utilizzati. Uno schermo passivo di piombo, polietilene ed acqua riduce il flusso di particelle provenienti dalle sale sperimentali del Laboratori Nazionali del Gran Sasso.

L'esperimento SABRE ha un programma articolato in due fasi. La prima fase (SABRE Proof of Principle o PoP) ha lo scopo di testare le proprietà dei cristalli di Ioduro di Sodio in termini di radiopurezza, ovvero assenza di contaminazioni radioattive residue che possono compromettere la capacità di tali cristalli di rivelare efficacemente le interazioni di materia oscura. In questa fase verrà utilizzato un cristallo di 5 kg appositamente prodotto seguendo un procedimento specifico volto a ridurre il fondo intrinseco e le contaminazioni esterne. Il cristallo verrà installato all'interno di un veto attivo costituito da ~1.5 tonnellate di scintillatore liquido presso i LNGS. Qualora il cristallo rispettasse le caratteristiche previste dalla collaborazione verrà avviata la seconda fase del progetto in cui saranno impiegati molti rivelatori con le caratteristiche di radiopurezza verificate nella fase PoP, in un esperimento di grande massa per la ricerca di materia oscura. Per poter distinguere la modulazione annuale dovuta alla materia oscura da un possibile contributo dovuto ad effetti stagionali, due copie identiche del rivelatore SABRE verranno messe in funzione

in due diversi emisferi, quello nord (presso i LNGS - in Italia) e quello sud (presso lo Stawell Underground Physics Laboratory - SUPL - in Australia). Eventuali effetti stagionali produrrebbero infatti una modulazione annuale con fasi opposte nei due emisferi, al contrario della modulazione dovuta alla materia oscura, che manterrebbe la stessa identica fase nell'emisfero nord e in quello sud.

SOSTANZE PERICOLOSE PRESENTI NEI LABORATORI

Per avere un quadro d'insieme della situazione si è fatto riferimento all'allegato I, Parte 1 e Parte 2 del D.Lgs. 26 giugno 2015, n. 105, che ha recepito la direttiva 2012/18/UE meglio nota come Seveso III.

Occorre rilevare che molte sostanze, che presentano una certa nocività per l'uomo, per inalazione, per contatto con la pelle o per ingestione, non necessariamente comportano rischi di incidenti rilevanti secondo la definizione della direttiva comunitaria, ma che possono interessare gli addetti e sono pertanto regolamentate attraverso le leggi e le norme in materia di sicurezza negli ambienti di lavoro alle quali pure le attività dei Laboratori sono assoggettate.

Nella logica dei rischi di incidenti rilevanti di cui alla Direttiva Seveso si ricavano diversi scenari di pericolosità. Sono infatti presenti nei Laboratori diverse sostanze tossiche, ma in quantità assolutamente modeste rispetto a quelle limiti di cui al citato decreto legislativo.

Vi sono anche sostanze infiammabili e/o facilmente infiammabili e/o estremamente infiammabili come lo pseudocumene, la nafta pesante idrogenata, l'acetone, l'etanolo e l'idrogeno, ma pure in questo caso i quantitativi presenti in laboratorio sono inferiori a quelli limite.

Per quanto riguarda le sostanze pericolose per l'ambiente, lo pseudocumene e la nafta pesante sono presenti in quantità superiori a quelle limite previste per la presentazione della notifica.

E' superfluo aggiungere che nei Laboratori esistono misure tecniche ed organizzative intese a ridurre la probabilità di eventi accidentali e a contenere le possibili conseguenze di danno, ma questi argomenti sono oggetto di analisi di rischio che non vengono affrontati in questo studio.

CONSIDERAZIONI SUL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

In fase di realizzazione dei Laboratori non c'erano nell'ordinamento giuridico nazionale precisi riferimenti normativi in merito alla valutazione e prevenzione dei rischi e alla previsione di eventuali impatti sull'ambiente per quel tipo di struttura o di attività unica nel suo genere. Per questo, come detto in premessa, fu istituita dall'ISPESL una apposita commissione, ai sensi dell'art. 2 della legge n. 231 del 2.06.84, con il compito di consulenza nella individuazione e realizzazione di interventi intesi a conferire alla struttura il massimo di sicurezza.

Oggi esistono numerose leggi e norme in materia di sicurezza e ambiente le quali tuttavia sul piano formale non sembra siano applicabili ai caso dei Laboratori in maniera completa e rigorosa, analogamente a quanto avviene per impianti industriali. Ciò nonostante, ad alcune di queste leggi e norme si sono ispirati molti studi e documenti presentati dai Laboratori o eseguiti per loro conto da professionisti e/o Società esterne. A prescindere dal merito e dalle finalità di tali studi qui preme solo rilevare, come detto in premessa, che in mancanza di riferimenti normativi precisi ogni logica di valutazione dei rischi associabili ad una determinata attività può risultare assolutamente soggettiva, parziale e comunque può portare a comportamenti confusi e contraddittori sia da parte dei responsabili dell'attività in questione, sia da parte degli organi istituzionali di controllo con il risultato di alimentare contenziosi e soprattutto una errata percezione del rischio reale.

Per questa ragione si è voluto analizzare il problema sul piano tecnico-giuridico-amministrativo per rendere coerenti le valutazioni di merito richieste con questo studio.

Valutazione di Impatto Ambientale

Tra gli strumenti normativi ai quali fare riferimento sembra ricorrere frequentemente in alcuni l'idea di utilizzare le norme sulla Valutazione di Impatto Ambientale, presumibilmente nella convinzione che la metodologia che essa comporta possa essere quella più appropriata per un'analisi soddisfacente delle possibili interazioni tra attività dei Laboratori e ambiente circostante.

I Laboratori però non rientrano tra le grandi opere sottoposte alla procedura di VIA previste dal D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377, e nemmeno tra quelle a carattere "locale" regolamentate dal D.P.R. 12 aprile 1966.

La questione poi non è puramente formale, ma sostanziale in quanto la VIA è concepita come strumento di valutazione preliminare alla realizzazione di un "progetto" con la finalità di influenzarne, se del caso, i processi decisionali ed assicurare una migliore protezione della vita umana e dell'ambiente. Questa procedura prevede di dare le dovute informazioni ai cittadini e renderli partecipi, recependo eventuali ragionevoli istanze. Nel caso in esame l'opera è stata autorizzata a suo tempo ed è in piena attività da oltre trent'anni. Dunque non è possibile né verificare *a posteriori* la compatibilità dell'opera con gli atti di pianificazione e programmazione territoriale (verifica prevista nel quadro di riferimento programmatico) e tanto meno intervenire sulle soluzioni progettuali adottate (nell'ambito del quadro di riferimento progettuale).

Un eventuale riferimento alla procedura VIA si ridurrebbe pertanto ad un'analisi degli impatti su componenti e fattori ambientali secondo criteri descrittivi, analitici e previsionali, come richiesto dalla citata normativa nel quadro di riferimento ambientale. Trattandosi tuttavia di impianto operante da molti anni, questa analisi sarebbe molto più affidabile se fatta su base storica e fosse finalizzata all'individuazione di eventuali criticità e/o fenomeni di degrado per arrestarli in tempo con adeguate misure preventive.

In sostanza, la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, così come concepita e strutturata nella vigente normativa, non si può applicare al caso dei Laboratori né sul piano amministrativo-*formale* né sul piano tecnico-*sostanziale*.

Ove comunque si volessero applicare metodologie e criteri che pure rientrano nella procedura di VIA, ma non ne rappresentano le finalità, ad interventi che in qualche modo riguardano l'attività dei Laboratori, occorrerebbe chiarire le ragioni della scelta e i limiti sul piano giuridico-amministrativo per non generare confusione e aspettative improprie.

Ad ogni buon conto, i LNGS si sono dotati di un Sistema di Gestione Ambientale (SGA), sulla spinta del quale sono stati avviati, fra gli altri, mirati programmi ambientali di tutela delle acque.

Dall'anno 2001, i LNGS hanno adottato un Sistema di Gestione Ambientale, che ha avuto in data 26/06/2002 la prima certificazione di conformità alla norma UNI EN ISO 14001, standard internazionale relativo ai sistemi di gestione ambientale. A partire da tale data il SGA dei LNGS ha ricevuto periodiche conferme di certificazione; l'ultimo certificato rilasciato dall'Organismo Bureau Veritas data 26/06/2014 col No. IT177884/UK.

Inquinamento delle acque

Molto più complessa e articolata è la legislazione sulle acque, caratterizzata da un ben preciso obiettivo di tutela di tutti i recettori idrici naturali, superficiali o sotterranei.

Senza la necessità di un esame dettagliato e approfondito di tutta la legislazione, è sufficiente richiamare il D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, *Norme in materia ambientale* (G.U. n. 88 del 14 aprile 2006), che "...definiscono la disciplina generale per la tutela delle acque superficiali, marine e sotterranee..". In questo decreto, ai fini del conseguimento degli obiettivi tra i quali è prioritaria la prevenzione dell'inquinamento, non si fa alcuna distinzione tra soggetti che possono essere causa di inquinamento, né si fa cenno a soggetti che per qualche ragione possano essere esclusi. In particolare, il decreto si occupa delle aree di

salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano, aspetto che interessa particolarmente i Laboratori i quali si trovano a ridosso delle fonti di approvvigionamento delle acque potabili per il fabbisogno di oltre 800.000 persone.

Ancora, a titolo di esempio, nel regolamento concernente gli standard di qualità nell'ambiente acquatico (D.M. 6.11.2003, n. 367) viene specificato che *le regioni individuano le sostanze pericolose in funzione della loro potenziale presenza non solamente nei cicli industriali o negli scarichi di fognatura o nelle produzioni agricole, ma anche in ogni altro centro di attività che possa determinare situazioni di pericolo attraverso inquinamento di origine diffusa nell'ambiente idrico.*

Dunque, le norme riguardanti l'inquinamento dei sistemi idrici ed in particolare il D. Lgs. 152/2006 si applica anche ai Laboratori del Gran Sasso, sia nella forma che nella sostanza. Ciò comporta che :

- gli scarichi devono rispettare i valori limite di emissione previsti dall'allegato 5 del citato decreto, ma in pratica devono rispettare gli obiettivi di qualità dei corpi idrici ricettori, salvo diversa prescrizione dalla Regione competente, dal momento che lo sversamento finale avviene direttamente in un piccolo torrente;
- tutti gli scarichi dei Laboratori devono confluire, previa eventuali trattamenti, in un unico punto assunto per la misurazione che deve essere accessibile all'autorità competente per i controlli del caso;
- l'autorità competente è autorizzata ad effettuare tutte le ispezioni che ritenga necessarie per l'accertamento delle condizioni che danno luogo alla formazione degli scarichi.

La normativa sulle Aree di Salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano vede innanzitutto la normativa nazionale sostanzialmente rappresentata dall'art. 94 del Dlgs 152/2006 e la disciplina del Piano di tutela delle Acque della Regione Abruzzo approvato con Deliberazione Consiliare n. 51/10 dell'8/01/2016, che si occupa di questa tematica nelle Norme Tecniche di Attuazione - NTA all'art. 21 e ss e negli allegati al Piano:

- Quadro Programmatico R1.4 nel paragrafo 3.3 "Disposizioni inerenti le aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano"
- Tecniche operative per la perimetrazione delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano R1.4 - App.01.
- Quest'ultimo allegato fa inoltre specifico riferimento all'Accordo del 12 dicembre 2002 tra il Governo e le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano concernente "Linee guida per la tutela della qualità delle acque destinate al consumo umano e criteri generali per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle risorse idriche di cui all'articolo 21 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152"

L'art. 94 del Dlgs 152/2006 prevede la "**Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano**" e recita testualmente:

1. *Su proposta delle Autorità d'ambito, le regioni, per mantenere e migliorare le caratteristiche qualitative delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano, erogate a terzi mediante impianto di acquedotto che riveste carattere di pubblico interesse, nonché per la tutela dello stato delle risorse, individuano le aree di salvaguardia distinte in zone di tutela assoluta e zone di rispetto, nonché, all'interno dei bacini imbriferi e delle aree di ricarica della falda, le zone di protezione.*

2. *Per gli approvvigionamenti diversi da quelli di cui al comma 1, le Autorità competenti impartiscono, caso per caso, le prescrizioni necessarie per la conservazione e la tutela della risorsa e per il controllo delle caratteristiche qualitative delle acque destinate al consumo umano.*

3. *La zona di tutela assoluta è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni: essa, in caso di acque sotterranee e, ove possibile, per le acque superficiali, deve avere un'estensione di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e dev'essere adibita esclusivamente a opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio.*

4. La zona di rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata, in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa. In particolare, nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- a) dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;
- b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade.
- e) aree cimiteriali;
- f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
- h) gestione di rifiuti;
- i) stoccaggio di prodotti ovvero, sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- l) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- m) pozzi perdenti;
- n) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

5. Per gli insediamenti o le attività di cui al comma 4, preesistenti, ove possibile, e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza. Entro centottanta giorni dalla data di entrata in vigore della parte terza del presente decreto le regioni e le province autonome disciplinano, all'interno delle zone di rispetto, le seguenti strutture o attività:

- a) fognature;
- b) edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
- c) opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio;
- d) pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione di cui alla lettera c) del comma 4.

6. In assenza dell'individuazione da parte delle regioni o delle province autonome della zona di rispetto ai sensi del comma 1, la medesima ha un'estensione di 200 metri di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione.

7. Le zone di protezione devono essere delimitate secondo le indicazioni delle regioni o delle province autonome per assicurare la protezione del patrimonio idrico. In esse si possono adottare misure relative alla destinazione del territorio interessato, limitazioni e prescrizioni per gli insediamenti civili, produttivi, turistici, agro-forestali e zootecnici da inserirsi negli strumenti urbanistici comunali, provinciali, regionali, sia generali sia di settore.

8. Ai fini della protezione delle acque sotterranee, anche di quelle non ancora utilizzate per l'uso umano, le regioni e le province autonome individuano e disciplinano, all'interno delle zone di protezione, le seguenti aree:

- a) aree di ricarica della falda;

- b) emergenze naturali ed artificiali della falda;
- c) zone di riserva.

Le Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Tutela delle Acque della Regione Abruzzo prevedono:

Art. 21. Aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano

1. La Regione, per mantenere e migliorare le caratteristiche qualitative delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano, eroga a terzi mediante impianto di acquedotto che riveste carattere di pubblico interesse, nonché per la tutela dello stato delle risorse, individua in attuazione del PTA, su proposta degli Enti d'Ambito, le aree di salvaguardia distinte in zone di tutela assoluta e zone di rispetto, nonché, all'interno dei bacini imbriferi e delle aree di ricarica della falda, le zone di protezione.

2. All'interno di queste aree vengono posti divieti, vincoli e regolamentazioni finalizzati alla prevenzione del degrado quali-quantitativo delle acque in afflusso alle opere di captazione, eventualmente con l'integrazione di opere strutturali in grado di minimizzare o eliminare i problemi di incompatibilità tra uso del territorio e qualità delle risorse idriche.

3. Per le finalità di cui al precedente comma 1, entro due anni dalla data di adozione del PTA, gli Enti d'Ambito, provvedono all'individuazione delle aree di salvaguardia distinte in zone di tutela assoluta (ZTA) e zone di rispetto (ZR), nonché, all'interno dei bacini imbriferi e delle aree di ricarica della falda, le zone di protezione (ZP) e trasmettono per l'approvazione la proposta di delimitazione alla Giunta Regionale.

4. Per gli approvvigionamenti diversi da quelli di cui al comma 1 l'Autorità concedente la concessione di derivazione, individuata all'art. 9 del Decreto Regionale N. 3/REG. "Disciplina dei procedimenti di concessione di derivazione di acqua pubblica, di riutilizzo delle acque reflue e di ricerche di acque sotterranee", impartisce, caso per caso, le prescrizioni necessarie per la conservazione e la tutela della risorsa e per il controllo delle caratteristiche qualitative delle acque destinate al consumo umano.

5. Per l'inquadramento della fase di individuazione delle aree di salvaguardia all'interno della procedura amministrativa di rilascio di concessioni a derivazioni di acque pubbliche si fa rinvio al Decreto Regionale N. 3/REG. "Disciplina dei procedimenti di concessione di derivazione di acqua pubblica, di riutilizzo delle acque reflue e di ricerche di acque sotterranee", art. 19, commi 6 e 7, ed eventuali s.m.i.

6. Per la delimitazione delle aree di salvaguardia gli Enti D'Ambito fanno riferimento, oltre che ai principi generali definiti dalle vigenti linee guida, alle tecniche operative di cui all'appendice al Quadro Programmatico "Tecniche operative per la perimetrazione per le aree di salvaguardia" (R1.4 - App.01), che individua i criteri per la definizione di tali aree nonché la documentazione tecnica da presentare alla Regione per la proposta di cui al precedente comma 1.

7. Il provvedimento di delimitazione delle aree di salvaguardia, dopo l'approvazione da parte della Giunta regionale, è inviato alle Province ed ai Comuni interessati.

a. Le Province provvedono a:

- 1. recepire nei propri strumenti di pianificazione territoriale i vincoli derivanti dalla definizione delle aree di salvaguardia;*
- 2. emanare i provvedimenti necessari per il rispetto dei vincoli connessi con la definizione delle aree di salvaguardia;*
- 3. vigilare sul rispetto dei vincoli.*

b. I Comuni provvedono a:

- 1. recepire nei propri strumenti di pianificazione territoriale i vincoli derivanti dalla definizione delle aree di salvaguardia;*
- 2. emanare i provvedimenti necessari per il rispetto dei vincoli connessi con la definizione delle aree di salvaguardia;*

3. notificare ai proprietari dei terreni interessati dalle aree di salvaguardia i provvedimenti di definizione con i relativi vincoli.

8. Il provvedimento di delimitazione delle aree di salvaguardia, dopo l'approvazione da parte della Giunta regionale, è inviato inoltre all'autorità competente al rilascio della concessione a derivazione, così come individuata all'art. 9 del Decreto Regionale N. 3/REG, per l'inserimento nel disciplinare di concessione delle prescrizioni poste a carico del concessionario per la tutela del punto di presa, nonché all'Azienda Sanitaria Locale e all'ARTA Abruzzo.

9. La Regione predispose una convenzione tipo, per assicurare la tutela delle aree di salvaguardia delle risorse idriche destinate al consumo umano; nei limiti della convenzione tipo, il gestore del servizio idrico integrato può stipulare una convenzione con gli Enti locali, le associazioni e le università agrarie titolari di demani collettivi, per la gestione diretta dei demani pubblici o collettivi ricadenti nel perimetro delle predette aree, nel rispetto della protezione della natura e tenuto conto dei diritti di uso civico esercitati; la convenzione è sottoposta alla approvazione della Regione.

10. La quota di tariffa riferita ai costi per la gestione delle aree di salvaguardia, in caso di trasferimenti di acqua da un ambito territoriale ottimale all'altro, è versata agli Enti locali nel cui territorio ricadono le zone di salvaguardia; i relativi proventi sono utilizzati ai fini della tutela e del recupero delle risorse ambientali.

11. Le aree di salvaguardia ed i relativi vincoli territoriali restano in vigore anche nei casi in cui le opere di captazione risultino temporaneamente disattivate. I loro limiti vanno verificati almeno ogni 10 anni ed eventualmente revisionati, qualora il corpo idrico sia stato interessato da variazioni quali-quantitative (dovute sia a fattori naturali che a fattori antropici) o ci sia stato un avanzamento delle conoscenze tecnico-scientifiche.

12. Ai sensi dell'art. 94 commi 3 e 6 del decreto, fino all'approvazione da parte della Giunta Regionale delle zone di salvaguardia:

a) la zona di tutela assoluta ha un'estensione di 10 metri di raggio dal punto di captazione delle acque sotterranee e, ove possibile, dal punto di derivazione di acque superficiali;

b) la zona di rispetto ha un'estensione di 200 metri di raggio dal punto di captazione di acque sotterranee o di derivazione di acque superficiali salvo quanto di seguito specificato: per le derivazioni da corsi d'acqua superficiali la zona di rispetto, a valle ha un'estensione di 100 metri dal punto di derivazione.

13. Ai sensi della DGR n. 135 del 12/03/2004 "Acqua destinata al consumo umano. Linee guida per i controlli, criteri generali per programmi di controlli, criteri generali per programmi di controllo esterni e relativa competenza delle Aziende USL", i Gestori degli impianti acquedottistici verificano la sussistenza delle aree di salvaguardia e provvedono alla loro gestione. Nel caso di mancata definizione delle aree di salvaguardia i gestori si attivano affinché la competente Ente d'Ambito ne proponga alla Regione l'individuazione.

14. Le prescrizioni ed i vincoli da applicarsi nelle aree di salvaguardia sono indicate nei successivi artt. 22, 23 e 24 e descritti nel Quadro Programmatico del PTA che forma parte integrante delle NTA.

15. All'interno delle Aree di Salvaguardia si applicano le seguenti prescrizioni generali:

a) i centri e le attività di potenziale o reale contaminazione devono essere prima messi in sicurezza e successivamente allontanati;

b) nessuna nuova opera o attività potenzialmente inquinante deve essere autorizzata, a meno che non sia garantita la preservazione della qualità delle acque, della potenzialità della risorsa idrica e delle proprietà terapeutiche delle acque;

c) gli interventi su opere esistenti possono essere autorizzati, previa attenta valutazione delle singole situazioni e sempre nel pieno rispetto degli stessi principi.

16. Gli Enti d'Ambito, sentiti il Gestore del Servizio Idrico Integrato ed i Comuni, nei casi in cui questi ultimi non abbiano aderito alla gestione unica del Servizio Idrico Integrato, sentiti i proprietari delle aree ricadenti

nelle aree di salvaguardia, adottano, entro due anni dall'adozione del presente Piano, un programma di adeguamento di tali aree alle prescrizioni del piano stesso; la Regione, verificate le osservazioni e le eventuali proposte degli interessati è competente ad approvare il programma medesimo. L'adeguamento delle aree di salvaguardia secondo il programma approvato, fermo restando la tempestiva messa in atto di misure di sicurezza sui centri di pericolo per la protezione dell'acquifero interessato, deve avvenire entro il periodo di vigenza del presente Piano.

Art. 22. Individuazione della Zona di Tutela Assoluta e dei relativi vincoli

1. La Zona di Tutela Assoluta (ZTA) è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni. In mancanza di dati idonei, la sua individuazione può avvenire per applicazione del solo criterio geometrico e deve possedere i seguenti requisiti minimi:

- a) un'estensione di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione;
- b) deve essere adeguatamente protetta ed adibita esclusivamente a opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio.

Art. 23. Individuazione della Zona di Rispetto e relativi vincoli

1. La Zona di Rispetto (ZR) è costituita dalla porzione di territorio circostante la ZTA e può essere distinta in zona ZR ristretta e ZR allargata, in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.

2. Per Zona di Rispetto Ristretta, si intende l'Area di Salvaguardia, generalmente posta a ridosso della Zona di Tutela Assoluta, a cui vengono di norma imposti vincoli territoriali molto restrittivi.

3. Per Zona di Rispetto Allargata, si intende la parte di territorio ricadente nell'Area di Salvaguardia, generalmente posta a ridosso della Zona di Rispetto Ristretta, a cui possono venire imposti, in relazione a quest'ultima, vincoli territoriali meno restrittivi.

4. L'individuazione delle ZR è effettuata secondo i criteri indicati all'appendice al Quadro Programmatico "Tecniche operative per la perimetrazione per le aree di salvaguardia" (R1.4- App.01) paragrafo 3.3. Nel caso di motivata indisponibilità di dati adeguati, può essere temporaneamente utilizzato il criterio geometrico, in relazione alle esigenze di tutela degli acquiferi, purché venga dimostrata la messa in atto delle attività di studio e monitoraggio utili alla raccolta dei dati per l'applicazione dei metodi indicati entro due anni dall'avvio di tali attività di monitoraggio. Per quanto non previsto dal presente articolo si rinvia al Quadro programmatico del PTA che forma parte integrante delle presenti NTA.

5. Nelle ZR sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- a) dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;
- b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;
- e) aree cimiteriali;
- f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione della estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
- h) gestione rifiuti;
- i) **stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;**
- j) centri di raccolta, demolizione, e rottamazione di autoveicoli;
- k) pozzi perdenti;

l) pascoli e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. E' comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

6. Nell'impossibilità tecnica, debitamente motivata, di dismissione o allontanamento dei centri di pericolo o delle attività di cui al punto precedente, sono adottate, da parte del titolare delle attività stesse, delle misure per garantire la loro messa in sicurezza. In quest'ultima ipotesi, dovranno ovviamente essere adottate soluzioni tecniche atte ad evitare l'interazione, diretta o indiretta, tra le eventuali sostanze contaminanti e la falda, così come è consigliabile realizzare sistemi per il controllo in tempo reale dell'eventuale percolazione dei contaminanti stessi nel sottosuolo.

7. Le condotte fognarie, all'interno delle ZR devono essere altamente affidabili in termini di tenuta, che deve essere garantita per tutta la durata dell'esercizio e periodicamente controllata.

8. Le pratiche agronomiche svolte all'interno delle ZR devono essere conformi alle prescrizioni di cui al Programma di Azione per le zone vulnerabili da nitrati di origine agricola, approvata con DGR n. 899 del 07.09.2007.

9. Nelle ZR è vietato il riutilizzo delle acque reflue depurate a scopo irriguo.

10. Con disposizioni di attuazione del Piano di Tutela sono disciplinate, all'interno delle zone di rispetto, in aggiunta a quanto già stabilito ai precedenti commi 7, 8 e 9, le seguenti strutture e attività:

a) fognature;

b) edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;

c) opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio;

d) pratiche agronomiche e contenuti dei Piani di utilizzazione per lo spandimento dei concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi.

11. Il rispetto delle prescrizioni contenute nei commi precedenti e di quelle ulteriori eventualmente necessarie per il perseguimento delle esigenze di tutela della risorsa idrica, può essere garantito anche mediante appositi protocolli d'intesa tra gli Enti e/o i soggetti coinvolti nella gestione e/o nell'uso della risorsa stessa e nella realizzazione delle opere e/o nello svolgimento delle attività indicate ai commi precedenti.

Art. 24. Individuazione della Zona di Protezione e dei relativi Vincoli

1. Le Zone di Protezione (ZP) sono delimitate per assicurare la protezione del patrimonio idrico. Le ZP definiscono il bacino idrogeologico sotteso alla sorgente captata, o al cui interno sono ubicati i pozzi o i corsi d'acqua superficiali utilizzati per il prelievo ai fini potabili, e sono individuate, mediante applicazione del criterio idrogeologico, in scala regionale di dettaglio (1:25.000 o 1:50.000). In cartografia devono essere segnalate: le aree di ricarica della falda, le emergenze naturali e artificiali della stessa e le zone diriserva.

2. Per ulteriori indicazioni in merito all'individuazione delle Zone di Protezione si rimanda al Quadro Programmatico del PTA che forma parte integrante delle NTA.

3. Nelle ZP, le opere e le attività da vietare, da mettere in sicurezza o da localizzare sono le stesse previste per la Zona di Rispetto, ma di norma i vincoli sono meno restrittivi, potendo alcuni divieti essere attenuati, attraverso la prescrizione di soluzioni tecniche atte ad evitare l'interazione, diretta o indiretta, tra i contaminanti e la falda o di sistemi predisposti per il controllo in tempo reale dell'eventuale percolazione degli stessi contaminanti nel suolo e/o nel sottosuolo.

4. Con disposizioni di attuazione del PTA, ove necessario vengono adottate le misure relative alla destinazione del territorio interessato, limitazioni e prescrizioni per gli insediamenti civili, produttivi, turistici, agro-forestali e zootecnici da inserirsi negli strumenti urbanistici comunali, provinciali, regionali, sia generali sia di settore.

Art. 25 Protezione dinamica

1. Per protezione dinamica si intende la protezione della risorsa idrica mediante la gestione, in termini dinamici, di determinate opere di captazione od anche mediante la gestione di un sistema di monitoraggio, delle acque in afflusso alle stesse opere, che sia in grado di verificarne periodicamente i principali parametri quantitativi e qualitativi consentendo, con un sufficiente tempo di sicurezza, la conoscenza di eventuali loro variazioni significative.

2. L'utilizzazione della protezione dinamica, che è sempre in associazione a quella statica, intesa come la protezione della risorsa idrica mediante la definizione delle Aree di Salvaguardia, è di norma riservata alle captazioni di rilevante entità o interesse, per una loro "tutela più efficace"

3. Si rinvia al Quadro Programmatico del PTA, che forma parte integrante delle NTA, per la descrizione degli strumenti utili alla protezione dinamica degli acquiferi.

4. Entro 2 anni dall'adozione del PTA, gli Enti d'Ambito, sentiti i Soggetti Gestori, ed i Comuni non aderenti alla gestione unica del Servizio Idrico Integrato, redigono un programma per l'attuazione degli strumenti di protezione dinamica sulle captazioni ad uso potabile. Il programma dovrà essere redatto secondo le priorità evidenziate nell'Elaborato di Piano A1.4- App.02 "Sintesi delle criticità/problematiche quali-quantitative dei corpi idrici sotterranei significativi", nonché secondo le indicazioni delle ASL competenti.

Il Quadro programmatico Allegato del Piano di Tutela delle Acque contiene al Capitolo 3 sulle Misure per la tutela qualitativa della risorsa idrica, paragrafo 3.3 contenente Disposizioni inerenti le aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano.

Il paragrafo è articolato in ulteriori sotto paragrafi che trattano:

- Zona Di Tutela Assoluta (ZTA)
- Zona di rispetto (ZR)
- Zone di protezione (ZP)
- Vincoli territoriali nella Zona di Tutela Assoluta
- Vincoli territoriali nella Zona di Rispetto
- Vincoli territoriali nella Zona di Protezione
- Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento
- Opere di captazione dinamica
- Opere di captazione integrate
- Misure di emergenza idrica
- Piani di approvvigionamento idrico alternativo

Il documento Tecniche operative per la perimetrazione delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano Allegato del Piano di Tutela delle Acque dopo aver inquadrato l'argomento esplicita i contenuti **dell'Accordo Stato-Regioni-Province autonome del 12/12/2002** sulle "Linee guida per la tutela della qualità delle acque destinate al consumo umano e criteri generali per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle risorse idriche di cui all'art. 21 D. Lgs. 152/99" **che** ribadiscono e sanciscono il concetto che "la delimitazione delle aree di salvaguardia rappresenta una delle misure che consente la tutela dei corpi idrici " attraverso la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento ed il perseguimento degli usi sostenibili e durevoli delle risorse idriche, prima di tutto di quelle destinate al consumo umano, erogate mediante acquedotto di pubblico interesse.

L'Accordo contiene in particolare i criteri e le modalità di riferimento a supporto dell'attività necessaria alla delimitazione delle aree di salvaguardia.

Le aree di salvaguardia sono individuate secondo i seguenti criteri generali:

- 1) Le aree di salvaguardia di sorgenti, pozzi e punti di presa delle acque superficiali sono suddivise in zona di tutela assoluta, zona di rispetto e zona di protezione.

2) I criteri per la delimitazione delle aree di salvaguardia e l'estensione delle diverse zone sono stabiliti in funzione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche, idrologiche e idrochimiche delle sorgenti, dei pozzi e dei punti di presa da acque superficiali.

Le singole zone sono delimitate secondo i seguenti criteri:

a) criterio geometrico: consiste nel prefissare le dimensioni delle aree di salvaguardia, a prescindere da eventuali considerazioni di carattere tecnico. Di norma è adottato per la delimitazione della zona di tutela assoluta ("*almeno 10 metri di raggio dal punto di captazione*", comma 3 art. 94 D. Lgs. 152/06) e della zona di rispetto per le derivazioni da corpi idrici superficiali ("*200 metri di raggio, rispetto al punto di captazione o di derivazione*", comma 6 art. 94 D. Lgs. 152/06), e, in via provvisoria, in attesa che la Regione la delimiti o con il criterio temporale o con quello idrogeologico, per la delimitazione delle zone di rispetto dei pozzi e delle sorgenti.

b) criterio temporale: consiste nel definire le dimensioni delle aree di salvaguardia in funzione del tempo di sicurezza, inteso come un intervallo temporale prefissato che consente di eliminare o mitigare gli effetti di un eventuale inquinante idrotrasportato nell'acquifero saturo (in condizioni di deflusso, sia naturali sia indotti da pompaggio) intervenendo a distanza di sicurezza dal punto di captazione, mediante l'attivazione di sistemi di disinquinamento delle acque sotterranee, ovvero mediante misure di approvvigionamento idrico alternativo. Si applica, in prevalenza, per la delimitazione definitiva della zona di rispetto di pozzi ed eventualmente di sorgenti, laddove applicabile, quindi in scenari idrogeologici generalmente poco complessi, ben conosciuti e ben documentati. La metodologia riportata nell'Accordo Stato – Regioni del 12 dicembre 2002 per l'applicazione del criterio temporale è la seguente: ricostruzione delle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo; ricostruzione della morfologia della superficie piezometrica in condizioni statiche; ricostruzione della morfologia della superficie piezometrica in condizioni dinamiche (quindi, simulando il pozzo in emungimento con la portata concessa); ricostruzione delle principali direttrici di flusso idrico sotterraneo; ricostruzione delle linee isocrone, tenendo conto di un inquinante idrotrasportato, con tempo di ritardo pari ad 1; scelta delle aree delimitate dalle linee isocrone corrispondenti ai tempi di sicurezza predefiniti, rispettivamente, per la Zona di Rispetto, eventualmente distinte in Ristretta e Allargata.

c) criterio idrogeologico: consiste nel definire i limiti delle aree di salvaguardia mediante considerazioni tecnico-scientifiche basate su tutte le conoscenze esistenti sull'idrodinamica sotterranea e sulle caratteristiche geologico - strutturali dell'acquifero. Esso è di norma adottato:

- per la delimitazione della Zona di Tutela Assoluta, quando viene ritenuto insufficiente il diametro minimo di 10 metri previsto al comma 3 dell'art. 94 del Decreto Legislativo n. 152/06;
- per il posizionamento della recinzione all'interno della Zona di Tutela Assoluta, quando non è possibile recingere l'intera area di diametro pari a 10 metri;
- per la delimitazione delle Zone di Rispetto, in presenza di scenari idrogeologici complessi (Conferenza Permanente per i Rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome, 2003);
- per la delimitazione della Zona di Protezione (Conferenza Permanente per i Rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome, 2003).
- per la delimitazione delle Zone di Riserva.
- per la delimitazione della Zona di Sicurezza. Per l'applicazione di tale criterio, bisogna basarsi su studi geologici, idrogeologici, idrologici, idrochimici, isotopici e microbiologici ed è necessario acquisire dati storici delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa interessata, allo scopo di identificare e definire i limiti delle aree interessate dalla captazione. È evidente che, essendo necessario affidarsi a ragionamenti logici basati su tutti i dati idrogeologici disponibili, non è da

escludere che si possa sconfinare in un criterio misto basato, cioè, sull'applicazione e del criterio temporale e di quello idrogeologico. Il criterio misto consiste, quindi, nell'applicazione parziale ma simultanea di almeno due degli altri criteri.

Di notevole interesse per la definizione degli interventi di salvaguardia è altresì la *Proposta di Normativa Tecnica*, allegata al *Piano di Tutela delle Acque Regione Abruzzo*, costituito da 12 articoli, attualmente sottoposto all'esame e discussione, prima dell'adozione.

Direttiva Seveso per attività a rischio di incidenti rilevanti

I Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) rientrano nel campo di applicazione del D.Lgs. 238/05 (Seveso ter) entrato in vigore il 06/12/2005 (pubblicato nel S.O. della Gazzetta Ufficiale n. 271 del 21/11/2005). Tale decreto che ha modificato ed integrato il precedente D.Lgs. 334/99 (Seveso bis) ha determinato per i LNGS l'ingresso nel campo di applicazione degli articoli 6 e 8 del D.Lgs. 334/99 e s.m.i. a causa dell'abbassamento della soglia limite del quantitativo delle sostanze classificate "pericolose per l'ambiente" da 2000 t a 500 t. Pertanto, i LNGS hanno elaborato e trasmesso agli enti ed alle autorità il Rapporto di Sicurezza ai sensi dell'articolo 8 del D.Lgs. 334/99 e s.m.i. e secondo il D.P.C.M. 31/03/1989. Il CTR ha espresso valutazione tecnica positiva al Rapporto di Sicurezza, subordinandola ad una serie di condizioni ed una prescrizione, ottemperate entro il 2011 dal Gestore dei LNGS. Nell'anno 2016 il Rapporto di Sicurezza è stato sottoposto a riesame, ai sensi dell'articolo 8, comma 7 del D.Lgs. 334/99 e ss.mm.ii. entro i 5 anni previsti, attivandone l'istruttoria, che risulta tutt'ora in corso.

Inquadramento Normativo Lavori

Gli studi preliminari relativi all'autostrada L'Aquila-Villa Vomano ed al traforo risalgono ai primi anni '60. Il progetto di massima, elaborato dalla SARA (Società Autostrade Romane e Abruzzesi), porta la data del 29 gennaio 1968 e fu esaminato il 31.1.1968 dal Consiglio di Amministrazione dell'ANAS, che espresse parere favorevole con alcuni suggerimenti. Approvato definitivamente con D.M. n. 401 del 11.3.1968, l'ANAS affidò alla SARA la concessione della costruzione e dell'esercizio dell'autostrada L'Aquila-Villa Vomano e del Traforo del Gran Sasso, con convenzione in data 23.4.1968. Il progetto esecutivo del tronco Assergi-Casale S. Nicola, comprendente il traforo del Gran Sasso, venne conseguentemente redatto dal concessionario e licenziato in data 26.11.1968. Esaminato il 16.12.1968 dal consiglio di Amministrazione dell'ANAS, che espresse parere favorevole con alcune prescrizioni, fu approvato in via definitiva con D.M. n. 410 del 24.2.1969.

Il 26 giugno 1968 fu stipulato un contratto fra la SARA e la Cogefar per l'esecuzione di lavori preliminari, che comprendevano, oltre all'impianto dei cantieri ed allo scavo delle trincee di approccio, anche scavi e cunicoli esplorativi. I lavori vennero consegnati il 14.11.1968 e sospesi una prima volta nel settembre del 1970, a causa di impreviste e rilevanti venute d'acqua che imposero la redazione di una prima perizia di variante tecnica e suppletiva (21/05/71), comprendente alcune modifiche del progetto e, soprattutto, le opere rese necessarie dalla necessità di convogliare gli ingenti quantitativi d'acqua drenati all'esterno delle gallerie medesime. In data 09/05/73 venne licenziato il progetto esecutivo aggiornato, sulla base delle conoscenze ormai acquisite e con la previsione di tutte le opere necessarie per l'esplorazione sistematica, dal punto di vista idrogeologico, del massiccio del Gran Sasso. In data 06/04/77 la legge n. 106, di conversione dei DDL n. 789/76 e n. 19/77, dichiarava la decadenza della Concessione affidata alla SARA ed autorizzava l'ANAS a completare le opere. Il 12/04/82 venne dichiarata l'ultimazione dei lavori, il cui importo totale netto risultò pari a circa 200 miliardi.

Nel frattempo, nel corso dell'anno 1980, il Prof. Antonino Zichichi, Presidente dell'I.N.RN., lanciò l'idea di

realizzare un grande laboratorio sotterraneo per studi di fisica subnucleare e di astrofisica, nelle viscere del Gran Sasso. Con legge n. 32 del 9 febbraio 1982 il Parlamento approvò l'iniziativa ed affidò la realizzazione dell'opera all'ANAS, che lo consegnerà poi all'I.N.F.N. Il finanziamento iniziale (di 20 miliardi) venne poi portato a circa 77 miliardi con successiva legge n. 231 del 12 giugno 1984. In un primo tempo, nei limiti delle somme disponibili, era prevista la realizzazione di una sala sotterranea e dei relativi collegamenti con la galleria autostradale sinistra, come anticipazione di un più vasto programma. Successivamente venne progettato il più grande laboratorio sotterraneo del mondo, costituito da tre grandi sale sotterranee, con un articolato e complesso sistema di cunicoli di servizio. L'esecuzione dei lavori venne affidata alla Cogefar, con contratto in data 11 novembre 1982 e gli stessi vennero consegnati il 6 agosto 1982 ed ultimati, per quanto riguarda le opere edilizie, il 22 maggio 1987. L'attività sperimentale ebbe inizio fin dal 1984-1985, con la partecipazione di importanti istituzioni straniere, come la Harvard University, il Massachusetts Institute of Technology, il California Institute of Technology, i Bell Laboratories, il Max Planck Institut, il Centro di ricerche di Saclay, il Weizman Institute di Rehovot, il CERN.

Nel 1980 vennero presentati, dalla Cassa per il Mezzogiorno, i progetti esecutivi per la protezione igienica della captazione delle acque sorgive provenienti dalla galleria del Gran Sasso, sia per il versante teramano che per il versante aquilano, ma, a seguito di esame da parte del Consiglio superiore LL.PP. nelle sedute del 23/10/80 e del 9/11/80, le soluzioni proposte non furono ritenute meritevoli di approvazione.

Del problema venne successivamente investita la Giunta regionale che promosse la redazione di un ulteriore progetto che venne approvato nel 1988 e, previo stipula di apposita convenzione fra la Agenzia per il Mezzogiorno e la Regione Abruzzo, in qualità di Ente appaltante, i lavori vennero affidati alla Cogefar, e consegnati il 19 settembre 1988.

Il Traforo autostradale del Gran Sasso d'Italia attraversa la catena montuosa in prossimità del settore centrale più elevato ed è costituito da due gallerie parallele, che corrono ad un'interasse medio di 60 m, collegate da 18 by-pass. La galleria in via destra ha una lunghezza totale di 10.175 m, quella in via sinistra ha una lunghezza totale di 10.125 m. Dagli imbocchi, posti a 958 m s.l.m. quello di Assergi (L'Aquila) ed a 889 m s.l.m. quello di Casale S. Nicola (Teramo), le gallerie salgono verso il vertice altimetrico posto a 973 m s.l.m., alla progressiva 5.330 m dall'imbocco di Assergi. La sezione media di scavo è di 80 m² nei tratti in roccia carbonatica senza arco rovescio (70% dello sviluppo del traforo) e di 110 m² nei tratti in materiali argillitico-marnosi con arco rovescio (30%). Al di sotto del piano viabile sono alloggiati le opere di educazione delle acque drenate dalle gallerie, e sul versante teramano è stata inoltre realizzata una galleria dei servizi della lunghezza di 2.628 m e con una sezione di 25 m².

A fianco della galleria in via sinistra, a circa 6.250 m dall'imbocco di Assergi, sotto la copertura massima di roccia (in corrispondenza del Monte Aquila) di circa 1380 m, sono stati scavati i laboratori dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare per lo svolgimento di ricerche nel campo della fisica subnucleare e dell'astrofisica. Il Laboratorio sotterraneo comprende tre sale sperimentali collegate da una rete di cunicoli e by-pass, nicchie di servizio, ed una stazione interferometrica costituita da tre gallerie minori disposte a triangolo.

I lavori del Traforo autostradale, iniziati nel mese di aprile 1969, sono stati ultimati nell'estate del 1980, mentre lo scavo e le successive opere edilizie del Laboratorio dell'INFN, iniziati verso la fine del 1982, sono stati completati nel 1987. Il volume di roccia scavata ammonta a circa 2.120.000 m³ (gallerie autostradali: 1.930.000 m³; Laboratorio INFN: 190.000 m³). Nella realizzazione dell'opera, costata complessivamente circa 2.000 miliardi delle vecchie lire, hanno perso la vita, in incidenti sul lavoro, 14 persone.

L'esecuzione del Traforo ha apportato un notevole contributo alle conoscenze litostratigrafiche, strutturali ed idrogeologiche del massiccio del Gran Sasso d'Italia. La sua realizzazione è stata infatti accompagnata da:

- rilevamenti geologici di superficie effettuati al di sopra del tracciato autostradale (CALEMBERT

et alii, 1972a);

- esecuzione, negli anni '72 – '74, e quindi a lavori di scavo già iniziati, di tre sondaggi profondi sulla verticale delle gallerie, denominati: Fontari, Monte Aquila e Vaduccio, e profondi rispettivamente 1344, 1612 e 1004 m.;
- (CALEMBERT et alii, 1972b, 1974), finalizzati alla conoscenza della struttura geologica profonda e dei locali caratteri lito-strutturali del massiccio, delle caratteristiche di permeabilità delle rocce presenti nel sottosuolo, dei livelli di falda e, quindi, dei valori della pressione idrostatica alle quote di scavo delle gallerie;
- esecuzione di indagini geognostiche sistematiche mediante sondaggi a carotaggio continuo eseguiti in avanzamento fino ad una distanza massima di circa 300 m dai fronti di scavo (n. 98 sondaggi per circa 14.500 ml di carotaggio);
- installazione di complessi piezometri in fori di sondaggio di centinaia di m di lunghezza;
- rilevamento geologico sistematico dei fronti e delle pareti di scavo delle due gallerie e dei cunicoli (ANAS-COGEFAR, 1980; CATALANO et alii, 1986a, 1986b);
- indagini idrogeologiche consistenti in: misure pluviometriche a varie quote, misure di portata delle sorgenti del massiccio e delle acque drenate dalle gallerie con il procedere degli scavi, analisi della circolazione idrica profonda mediante l'uso di traccianti immessi nel foro del sondaggio Fontari e con il controllo sistematico del loro arrivo alle principali sorgenti, analisi delle caratteristiche fisico-chimiche (compresa in alcuni casi l'analisi del contenuto di tritio) delle acque di sorgente e di quelle provenienti dai drenaggi degli scavi, (MONJOIE, 1975).

Tali indagini e ricerche hanno contribuito a meglio definire le caratteristiche litostratigrafiche e l'assetto strutturale, nonché i caratteri generali dell'idrostruttura del Gran Sasso d'Italia. In particolare, nel transetto interessato dal Traforo autostradale, sono stati riconosciuti due elementi morfo-strutturali principali, i cui dati sono stati aggiornati e meglio dettagliati sulla base dei risultati del rilevamento del Foglio 349.

Il primo elemento, posto a nord e comprendente la dorsale di Monte Aquila, presenta una geometria complessa caratterizzata da due unità tettoniche sovrapposte, separate da una superficie di sovrascorrimento (thrust superiore) ad andamento più o meno listrico e direzione ONO-ESE. L'unità inferiore affiora nel settore medio-basale del versante ed è costituita da una successione rovesciata di età compresa tra il Giurassico inferiore (Corniola) ed il Messiniano p.p. (formazione della Laga - membro del Lago di Campotosto - associazione pelitico-arenacea) la quale rappresenta il fianco inverso di una sinclinale rovesciata. L'unità superiore, compresa tra la superficie di sovrascorrimento e la faglia diretta di Campo Imperatore a sud, è costituita dalla successione di età compresa tra il Triassico superiore (Dolomia Principale) ed il Giurassico superiore (Calcari Diasprigni), che si sviluppa con immersione degli strati verso SSO, dal settore medio del versante fino in cresta. Le litofacies del Giurassico inferiore e la presenza di alcune paleofaglie giurassiche sinsedimentarie mettono in evidenza l'articolato alto strutturale del Monte Aquila.

Il secondo elemento, che nelle grandi linee può essere considerato un imponente blocco monoclinale immergente verso NNE e costituito dalle formazioni carbonatiche comprese tra il Giurassico inferiore (Calcarea Massiccio) ed il Miocene medio-superiore (marne con cerrognia), è interessato da due faglie dirette ad andamento ONO-ESE ed immergenti verso SSO di circa 45°-50°: la prima, la faglia bordiera di Campo Imperatore, come già detto pone a contatto i due elementi morfo-strutturali, la seconda, la faglia di Valle Fredda (Sistema di faglie di Monte S. Franco - Monte Ienca - Pizzo Cefalone - Monti della Scindarella), suddivide il grande blocco monoclinale in due settori principali. Tali faglie, che presentano notevoli rigetti e sviluppi longitudinali continui fino a 10-15 km, sono localmente caratterizzate da una fascia di intensa frantumazione cataclastica dei termini dolomitici e calcareo-dolomitici dello spessore di alcune decine di

metri a partire dal contatto tettonico; la faglia di Campo Imperatore mostra altresì evidenze di attività tettonica recente in quanto disloca i detriti di falda cementati del Pleistocene superiore e taglia naturalmente il preesistente thrust superiore.

Le unità tettoniche descritte si accavallano sull'unità della Laga a monte dell'imbocco autostradale di Casale S. Nicola, per mezzo di un piano di sovrascorrimento basale poco evidente sul terreno ma verosimilmente ubicato all'interno dell'associazione pelitico-arenacea del membro del Lago di Campotosto della formazione della Laga, quest'ultima in continuità stratigrafica con la sovrastante successione carbonatica rovesciata, ed a breve distanza dalla base del versante carbonatico, laddove gli strati pelitico-arenacei da rovesciati assumono una giacitura stratigrafica normale e dove sono visibili motivi di taglio inversi.

Al livello delle gallerie autostradali, i due elementi morfo-strutturali descritti si estendono all'incirca con pari lunghezza. In particolare, procedendo dall'imbocco di Casale S. Nicola, si attraversano prima marne e calcari marnosi miocenici (formazione della Laga, argille ad Orbulina e marne con cerroigna) costituenti una struttura anticlinale piuttosto piatta, quindi si attraversa prima il fianco diritto della sinclinale caratterizzato sempre dall'associazione pelitico-arenacea del membro del Lago di Campotosto della formazione della Laga, poi il nucleo della sinclinale stessa, dove le marne sono molto tettonizzate e con giacitura caotica. Dopo poco più di 2 km dall'imbocco, si entra nel fianco rovesciato della sinclinale, cioè nell'unità tettonica inferiore, costituito prima dall'associazione pelitico-arenacea della formazione della Laga e dalle argille ad Orbulina, quindi dalle formazioni calcareo-marnose mioceniche (marne con cerroigna ed unità spongolitica) ed infine dal resto della successione carbonatica dalla Scaglia Cinerea (Eocene p.p. - Oligocene) alla Corniola (Giurassico inferiore). In quest'ultimo settore è presente una situazione strutturale, nel dettaglio molto complessa, costituita dalla presenza di una fitta alternanza delle varie formazioni che costituiscono numerose piccole scaglie embricate con forme irregolari, accavallatesi lungo piani di taglio subparalleli al thrust superiore. A circa 5 km dall'imbocco s'incontra il piano di sovrascorrimento che pone a contatto i calcari giurassici con le dolomie triassiche dell'unità tettonica superiore, quindi, a poco più di 5 km si attraversa la faglia di Campo Imperatore per entrare nel grande blocco monoclinale meridionale immergente a NNE.

L'elemento meridionale, come già accennato, risulta diviso dalla faglia di Valle Fredda in due settori principali di diversa lunghezza. Nel primo tratto di circa 3 km, dalla faglia di Campo Imperatore alla faglia di Valle Fredda, le gallerie attraversano le formazioni carbonatiche comprese tra il Cretaceo inferiore p.p. (maiolica detritica) ed il Giurassico inferiore (Calcare Massiccio). Nel secondo tratto, dalla faglia di Valle Fredda all'imbocco di Assergi (ultimi 2 km), si attraversano essenzialmente le formazioni del Cretaceo inferiore p.p. (maiolica detritica) e del Giurassico superiore p.p. (calcari bioclastici inferiori), sempre con giacitura complessivamente a monoclinale.

Il quadro strutturale del settore attraversato dal Traforo autostradale, risulta infine complicato dalla presenza di un fitto corteo di faglie normali a direzione variabile, da subverticali a poco inclinate, alcune delle quali intersecano la superficie di sovrascorrimento con modesti spostamenti.

Dal punto di vista idrogeologico, le indagini eseguite durante la realizzazione del Traforo, ed in particolare l'utilizzo dei traccianti artificiali immessi nel foro del sondaggio Fontari, hanno consentito di verificare un collegamento diretto tra l'acquifero carsico attraversato dalle gallerie e le principali sorgenti alimentate dal massiccio e quindi di delineare i caratteri generali della geometria e dell'idrodinamica sotterranea dell'idrostruttura del Gran Sasso, già descritti in precedenza.

Le complesse condizioni idrogeologiche hanno determinato, durante i lavori di scavo in sotterraneo per la realizzazione del Traforo, enormi difficoltà ed un rallentamento notevole dell'avanzamento, soprattutto per la presenza di notevoli carichi idrostatici (fino a 64 atmosfere) e di faglie marcate da spesse fasce di Assergi nel settembre del 1970, con portate stimate fino a 20.000 l/s e conseguente accumulo di una

grande quantità di materiale cataclastico che sommerse completamente il carro di perforazione e che raggiunse complessivamente il volume di 36.000 mc, ostruendo completamente la galleria per 50 m e formando un cono esteso fino a 350 m dal fronte di perforazione. Tale fenomeno si verificò con la perforazione della faglia di Valle Fredda che costituiva un setto impermeabile che isolava due serbatoi sotterranei, il secondo dei quali (quello verso monte) aveva un'altezza d'acqua 200 m maggiore del primo. Sono da ricordare, inoltre, le notevolissime venute idriche sul lato di Casale S. Nicola, verificatesi a partire dal febbraio 1976, durante l'attraversamento delle formazioni carbonatiche interessate da fitti reticoli di faglie e fratture, caratterizzate da un acquifero ad elevata trasmissività e con pressioni idriche di 60 atmosfere. Per abbattere le enormi pressioni idriche e porre quindi in condizioni di sicurezza l'avanzamento nei calcari acquiferi dei fronti delle due gallerie, il drenaggio naturale causato dagli scavi fu integrato con drenaggi artificiali realizzati attraverso l'esecuzione, lungo il perimetro dello scavo, di aureole di fori drenanti, di lunghezza variabile da 20 a 100 m. L'articolato sistema di drenaggio e captazione impedisce il ripristino di forti pressioni idriche al contorno delle gallerie e quindi garantisce la conservazione delle strutture di rivestimento delle gallerie stesse. L'intero volume delle acque drenate e captate a tergo del rivestimento, lungo l'intera sezione ed al piede, viene convogliato in apposite canalizzazioni ubicate in platea, al di sotto del piano viabile delle gallerie, e poi immesso nelle reti acquedottistiche. Le acque drenate dagli scavi, che hanno raggiunto inizialmente portate con punte massime di 900 l/s sul versante aquilano e di 2150 l/s nel teramano, si sono progressivamente ridotte nel tempo, e sono state in seguito utilizzate per usi idropotabili, dalla Ruzzo Servizi S.p.A. nel teramano, che preleva attualmente circa 900 l/s, e dalla Gran Sasso Acqua S.p.A. nell'aquilano, che preleva circa 400 l/s.

Gli enormi volumi idrici mobilizzati dal drenaggio degli scavi in sottterraneo, come già esaminato in precedenza, sono stati sottratti in parte al sistema delle sorgenti, ed in parte alle riserve permanenti dell'acquifero, determinandone un consistente ed irreversibile depauperamento.

Inquadramento Idrogeologico

L'assetto idrogeologico del Gran Sasso d'Italia è stato analizzato per la prima volta negli anni settanta, da studi regionali eseguiti da CELICO (1978, 1983), nell'ambito del Progetto Speciale 29 avviato dalla Cassa per il Mezzogiorno nel 1975, e da BONI et alii (1986), che a conclusione di una ricerca iniziata nel 1970 presenta uno schema idrogeologico dell'Italia centrale dove figurano le idrostrutture riconosciute, le principali direzioni di flusso delle acque sotterranee, i bilanci idrogeologici delle strutture e l'entità delle risorse idriche sotterranee. Ricerche più specifiche sono state effettuate contemporaneamente ed appena dopo la realizzazione delle gallerie autostradali del Gran Sasso e dei laboratori sotterranei dell'INFN, avvenuta negli anni settanta ed ottanta (MONJOIE, 1975, 1978, 1980; ANAS-COGEFAR, 1980; CATALANO et alii, 1986a, 1986b), e negli anni novanta vengono descritte le modificazioni idrogeologiche indotte dagli scavi per il doppio traforo autostradale del Gran Sasso (ADAMOLI, 1990, 1994; MASSOLI-NOVELLI & PETITTA, 1997). Successivamente sono state svolte indagini idrologiche che hanno consentito di ampliare la serie storica dei dati di portata delle sorgenti basali e di caratterizzare la circolazione idrica sotterranea dell'idrostruttura (PETITTA & MASSOLI-NOVELLI, 1995; MASSOLI-NOVELLI & PETITTA, 1998; PETITTA & MASSOLI-NOVELLI, 1998; FARRONI et alii, 1999; STIGLIANO et alii, 1999). Negli ultimi anni, infine, è stato impostato il bilancio idrogeologico del Gran Sasso (SCOZZAFAVA & TALLINI, 2001), è stato approfondito lo studio delle sorgenti del Tirino (BONI et alii, 2002) e sono stati sviluppati gli aspetti idrochimici (TALLINI et alii, 2000a; TALLINI et alii, 2000b; PETITTA et alii, 2001; PETITTA & TALLINI, 2002).

I COMPLESSI IDROGEOLOGICI

I depositi carbonatici pre-orogenici, i depositi terrigeni silicoclastici sinorogenici, nonché i depositi continentali quaternari post-orogenici, affioranti nel Foglio 349 "Gran Sasso d'Italia", presentano caratteri idrogeologici piuttosto differenziati. In generale, le successioni carbonatiche mesocenozoiche, riferibili a facies variabili dalla piattaforma carbonatica alla scarpata esterna-bacino prossimale fino a quella di rampa-piattaforma aperta, permeabili per fessurazione e per carsismo, assumono il ruolo di serbatoi per le acque sotterranee. Le successioni terrigene mioceniche, invece, data la scarsa permeabilità, svolgono generalmente il ruolo di "acquiclude" nei confronti degli acquiferi carbonatici. Vario, infine, data la permeabilità per porosità estremamente variabile, è il ruolo idrogeologico svolto dai depositi detritici quaternari.

Nell'ambito delle suddette successioni è possibile, comunque, riconoscere e valutare delle differenze idrogeologiche fra le varie formazioni, le quali, sulla base dei caratteri litologici, sedimentologici e strutturali, possono essere raggruppate in complessi idrogeologici aventi caratteri abbastanza omogenei.

Idrostruttura del Gran Sasso d'Italia

Il massiccio del Gran Sasso d'Italia è identificabile come una struttura idrogeologica indipendente la cui area di alimentazione si estende su un territorio di circa 970 km², posto a quote comprese fra 2912 e 250 m s.l.m. Il limite dell'idrostruttura, ben definito a nord e ad oriente, nei tratti in cui il massiccio carbonatico si sovrappone ai sedimenti terrigeni che rappresentano l'acquiclude regionale (limite a flusso nullo), appare invece incerto a SO, lungo la valle dell'Aterno, dove è quasi certa la possibilità di importanti travasi idrici dalla vicina catena del Sirente verso la zona più depressa della struttura, cioè verso la sorgente di Capo Pescara, nel Foglio Sulmona.

L'idrostruttura del Gran Sasso, che rappresenta una delle più importanti fonti di alimentazione idropotabile dell'Abruzzo in quanto alimenta ben tre Consorzi acquedottistici (la Ruzzo Servizi S.p.A. nel teramano, la Gran Sasso Acqua S.p.A. nell'aquilano e l'A.C.A. nel pescarese), è costituita da tutti i complessi carbonatici precedentemente descritti, la cui conducibilità idraulica per fratturazione presenta valori variabili da 10⁻⁸ a 10⁻⁵ms⁻¹, fino a raggiungere valori di K = 10⁻⁴ms⁻¹ dove più sviluppata è l'azione di dissoluzione carsica (MONJOIE, 1980).

I caratteri litologici e lo stato di fagliazione e fratturazione delle rocce carbonatiche, nonché la presenza in quota (fra 1500 e 1700 m s.l.m.) di una fascia a carsismo diffuso di circa 100 m di spessore, evidenziata dai tre sondaggi profondi effettuati per la realizzazione del traforo autostradale (MONJOIE, 1975, 1980), la notevole diffusione di forme carsiche superficiali e la presenza a quote elevate di numerose e vaste depressioni endoreiche tettono-carsiche, prive di coperture vegetali, favoriscono l'infiltrazione della maggior parte dell'afflusso pluviometrico e nivale e quindi l'alimentazione di un imponente acquifero basale di tipo compartimentato che a sua volta alimenta, con una portata complessiva di circa 23,5 m³/s, le sorgenti poste ai margini dell'idrostruttura e quindi il reticolo fluviale.

La compartimentazione dell'acquifero carsico, che nonostante la complessità della struttura può essere ritenuto, in senso regionale, unico, è determinata dalla presenza sia di discontinuità litostratigrafiche che di faglie caratterizzate da spesse fasce di cataclasi finissime, le quali, fungendo da diaframmi impermeabili sotterranei limitano, ma non impediscono totalmente, le comunicazioni tra i diversi e contigui settori della falda di fondo, le cui quote piezometriche possono presentare differenze anche di centinaia di metri.

Il quadro idrodinamico dell'acquifero è altresì condizionato dal complesso dolomitico e calcareo-dolomitico basale, il quale, presentando una conducibilità idraulica per fratturazione inferiore a quella dei calcari, non solo sostiene alla base l'acquifero carsico compartimentato ma, in corrispondenza degli articolati alti strutturali (Monte Aquila, Corno Grande, ecc.), può rappresentare un locale ostacolo al deflusso delle acque sotterranee.

La circolazione idrica nella falda profonda, la cui principale area di ricarica è costituita dalla vasta depressione tettonica di Campo Imperatore, risulta comunque sostanzialmente condizionata, oltreché dal reticolo carsico a prevalente sviluppo orizzontale in quota, anche dai sistemi di faglie dirette ad andamento appenninico che costituiscono zone a maggiore permeabilità e quindi a maggiore drenaggio.

Le linee di flusso idrico sotterraneo sono pertanto tendenzialmente orientate nella medesima direzione e cioè dalle aree più elevate del massiccio verso la zona più depressa a SE, costituita dalla Valle del Tirino e dalla profonda incisione del Fiume Aterno a Popoli.

La maggior parte dell'acqua immagazzinata nell'acquifero carbonatico va quindi ad alimentare le importanti sorgenti di bassa quota di Capo d'Acqua, di Pesciano - Capestrano, del Basso Tirino, di S. Calisto e di Capo Pescara poste appunto alla base SE della catena, e quindi al di fuori del Foglio. La restante parte alimenta principalmente le sorgenti di alta quota del Chiarino, di Rio Arno, del Ruzzo e della Vitella d'Oro - Mortaio d'Angri (quest'ultima fuori Foglio), sul fronte esterno della catena, e le sorgenti di Vetoio - Boschetto e Tempera - Capo Vera (fuori Foglio) sul fronte interno aquilano.

Alle quote medio-alte, inoltre, sono presenti numerose sorgenti minori a regime variabile e con portate di $0,1 \div 5$ l/sec (stima CASMEZ, 1982), alimentate da locali falde sospese di limitata estensione, generalmente contenute nei depositi quaternari o localmente sostenute dai livelli marnosi presenti a varie altezze stratigrafiche delle sequenze carbonatiche.

Per quanto riguarda le caratteristiche chimiche delle acque sorgive, infine, dai dati esistenti emerge, in prima analisi, una sostanziale omogeneità delle acque del Gran Sasso, le quali mostrano un chimismo bicarbonato-calcico (STIGLIANO et alii, 1999; TALLINI et alii, 2000a). Un esame più approfondito ha comunque evidenziato che le acque sorgive, pur simili, presentano differenze tra singoli gruppi di emergenze (PETITTA & TALLINI, 2002).

Gli scavi in sotterraneo, eseguiti negli anni '70 per la realizzazione del Traforo autostradale, hanno comportato il drenaggio e quindi la mobilitazione di enormi volumi idrici, i quali sono stati sottratti in parte alle sorgenti ed in parte alle riserve permanenti dell'acquifero determinandone un consistente ed irreversibile impoverimento.

In particolare, il drenaggio ha determinato, sulla verticale delle gallerie, un abbassamento di circa 600 m della superficie piezometrica della falda di fondo, all'incirca da 1600 m s.l.m. fino alla quota del piano autostradale. L'attuale profilo piezometrico è pertanto verosimilmente caratterizzato da una depressione lineare localizzata lungo l'asse del tunnel autostradale, con linee di flusso convergenti al piede delle gallerie (ADAMOLI, 1990, 1994).

Allontanandosi dal Traforo, la superficie piezometrica tende a risalire posizionandosi verosimilmente a quote più basse di quelle originarie, e le linee di flusso delle acque sotterranee, a partire da una certa distanza dalle gallerie, attualmente di difficile valutazione, seguono le direzioni naturali, cioè dalle zone di "alto" verso i margini dell'idrostruttura.

La vistosa depressione della superficie piezometrica dell'acquifero carbonatico, a sua volta, ha causato consistenti effetti sul sistema delle sorgenti sia di alta quota che basali, le quali hanno subito, a causa della diminuzione dei gradienti idraulici, un deciso decremento delle portate (fino al 50-60% in meno) rispetto ai valori pre-traforo.

La notevole diminuzione delle portate non è però ascrivibile soltanto agli effetti drenanti del Traforo autostradale, ma è da addebitarsi anche ad una minore ricarica naturale dell'acquifero, a sua volta dovuta ad una diminuzione delle precipitazioni meteoriche (in particolare quelle del periodo invernale) registrata negli ultimi decenni nell'area in esame, alla quale si è associato, sempre nel periodo esaminato, un modesto incremento del valore della temperatura media annua, che tende ad incrementare l'evapotraspirazione a discapito dell'infiltrazione efficace e quindi della ricarica dell'acquifero.

L'attendibilità dello schema idrogeologico è stata verificata attraverso l'elaborazione del bilancio idrologico medio annuale dell'idrostruttura del Gran Sasso d'Italia (ADAMOLI, 2006), il cui calcolo è da ritenere comunque approssimativo in quanto i dati idrologici disponibili (PERRONE, 1901; SERVIZIO IDROGRAFICO, 1964, 1921-1996; CASMEZ, 1982; CELICO, 1983; BONI et alii, 1986; PETITTA & MASSOLI-NOVELLI, 1995, 1998; MASSOLI-NOVELLI & PETITTA, 1998; FARRONI et alii, 1999; STIGLIANO et alii, 1999; BONI et alii, 2002; TALLINI et alii, 2000a; TALLINI et alii, 2000b; PETITTA et alii, 2001; PETITTA & TALLINI, 2002) presentano dei limiti oggettivi, dovuti soprattutto al fatto che le misure di portata delle sorgenti risultano in genere sporadiche ed asistematiche.

Il bilancio, relativo al periodo 1980-2000, ha preso in esame le Precipitazioni, l'Infiltrazione efficace e la somma dell'Evapotraspirazione più il Ruscellamento, come unico parametro: $P = IE + (ET + R)$.

Per le Precipitazioni, i dati (Annali del Servizio Idrografico, Ufficio di Pescara) sono riferiti a 30 stazioni pluviometriche installate nell'area dell'idrostruttura ed in zone limitrofe. L'Infiltrazione efficace media annua, espressa in mm/anno, è stata calcolata dividendo la portata media erogata dalle sorgenti per la loro area di alimentazione, mentre l'Evapotraspirazione più il Ruscellamento sono stati calcolati per differenza tra Precipitazione ed Infiltrazione efficace.

Il risultato del bilancio mostra un valore del coefficiente d'infiltrazione pari a 87%, significativamente superiore a quello di altre idrostrutture carbonatiche dell'Appennino centrale (valore medio 65%-70%).

Questo fatto può essere spiegato ipotizzando sia una sottostima dell'afflusso pluviometrico medio sia un contributo idrico da parte di limitrofe idrostrutture.

Nel primo caso, la sottostima del valore medio delle precipitazioni appare verosimile, in quanto il numero delle stazioni pluviometriche ubicate alle quote più elevate del massiccio, dove si estendono le principali aree di ricarica dell'acquifero, appare del tutto insufficiente.

Nel secondo caso, come già accennato, appare quasi certa la possibilità di importanti contributi idrici alla sorgente di Capo Pescara da parte della vicina idrostruttura del Sirente, ipotesi tra l'altro già avanzata da SCOZZAFAVA & TALLINI (2001), sempre in base a valutazioni sul bilancio idrologico. L'alto valore del coefficiente d'infiltrazione, può comunque essere in parte giustificato anche dall'assetto geomorfologico del massiccio del Gran Sasso d'Italia.

La presenza di numerose ed estese depressioni tettoniche endoreiche con doline e talora inghiottitoi favorisce, infatti, l'infiltrazione delle acque meteoriche e rende quasi nullo il deflusso superficiale verso aree esterne al bacino idrogeologico. La notevole estensione di affioramenti di rocce nude e di suoli del tutto privi o quasi di copertura vegetale rende inoltre verosimilmente modesti i valori di evapotraspirazione.

Per quanto riguarda infine la valutazione del patrimonio idrico, riferito alle risorse idriche sotterranee rinnovabili, l'idrostruttura del Gran Sasso eroga (media approssimativa del periodo 1980-2000) una portata media complessiva di circa $23,5 \text{ m}^3/\text{s}$, pari ad un volume idrico annuo di 740 milioni di mc.

n.	Sorgente	Quota (m slm)	Q anteoperam (m ³ /s)	Q postoperam (m ³ /s)
1	Chiarino	1315	0,2	0,1
2	Rio Arno	1524	0,2	0,1
3	Ruzzo	925-1600	0,7	0,3
4	Vitella d'Oro - Mortaio d'Angri	662-676	0,7	0,4
5	Vetoio - Boschetto	625-640	0,9	0,6
6	Tempera - Capo Vera	650	1,7	1,0
7	Capo d'Acqua	340	5,0	2,8
8	Presciano - Capestrano	335-340	2,4	1,8
9	Sorgente lineare medio Tirino	310-320	1,0	0,6
10	Basso Tirino	262	6,0	5,5
11	S. Calisto	280-300	2,2	2,0
12	Capo Pescara	247	7,5	7,0
13	Drenaggio traforo lato nord	958	-	0,9
14	Drenaggio traforo lato sud	889	-	0,4
	Totale portata		28,5	23,5

Interventi emergenziali

A conclusione dell'argomento è opportuno infine ricordare che, a seguito dell'episodio di sversamento accidentale di 50 litri di pseudocumene avvenuto il 16 agosto 2002 nella sala C del Laboratorio dell'INFN, con conseguente inquinamento delle acque superficiali, la Regione Abruzzo ha promosso un'indagine che ha dimostrato la sussistenza di contatti idraulici fra le acque di scarico del laboratorio e l'acquifero carbonatico che alimenta gli acquedotti, e quindi l'esistenza di un potenziale pericolo per la salute pubblica. In particolare, sono state eseguite prove con traccianti, su richiesta dell'Azienda Acquedottistica del Ruzzo (ACAR), nel corso del 2003, da parte dello Studio di Geologia Pegaso (Dott. Marrone), in collaborazione con l'Università Politecnica della Marche (referente Prof. Nanni). Lo studio aveva lo scopo di verificare l'esistenza di contatti idraulici tra la rete di smaltimento delle acque del Laboratorio INFN e le condotte idriche del Ruzzo, visto che queste ultime si sviluppano alla base della galleria autostradale, parallele alla condotta di eduazione delle acque drenate dai Laboratori direttamente dall'acquifero del Gran Sasso. In particolare, si voleva verificare se eventuali contaminanti che dovessero accidentalmente raggiungere la condotta di eduazione INFN drenante la falda, potessero raggiungere le vasche di raccolta del Ruzzo e/o l'opera di presa dell'Acquedotto de L'Aquila (Gran Sasso Acqua s.p.a.), che raccoglie le acque drenate in falda verso l'uscita meridionale delle gallerie autostradali. Il test condotto con traccianti (fluoresceina sodica) ha comportato l'immissione di una miscela contenente 50 grammi di tracciante, alle ore 9.50 circa del 14 aprile 2003, contemporaneamente in tutti i 20 punti di captazione drenanti noti, presenti ai lati delle gallerie e nelle sale del Laboratorio; i punti di raccolta tramite fluocettori erano stati posizionati in corrispondenza di 4 punti: sbarramenti destro e sinistro dell'acquedotto del Ruzzo in uscita dalle due gallerie, vasca di raccolta dell'acquedotto de L'Aquila e pozzetto 62 (uscita della condotta dell'acquedotto del Ruzzo dal Laboratorio INFN a valle delle condotte drenanti. La frequenza di raccolta dei dati venne fissata in 5-10 minuti dal pozzetto 62 e in un'ora negli altri tre punti, per 24 ore. I fluocettori vennero prelevati 15 giorni dopo l'immissione del tracciante. Nel pozzetto 62 già dopo 5-15 minuti dall'immissione fu rinvenuto il tracciante, in concentrazioni elevate da non consentirne la misurazione precisa, attestando quindi immediatamente la connessione tra i punti di captazione e la condotta di drenaggio delle acque del

Laboratorio verso l'acquedotto del Ruzzo. Nei due sbarramenti relativi all'acquedotto del Ruzzo, il tracciante fu rinvenuto nello sbarramento dopo circa 40 minuti dall'immissione, raggiungendo un massimo di concentrazione a 100 minuti dall'inizio del test; nello sbarramento destro della stessa opera venne ugualmente rinvenuta la fluoresceina, con tempi di arrivo analoghi ma in concentrazioni decisamente inferiori. Diversamente, nella vasca di raccolta sul lato aquilano, non venne riscontrato l'arrivo di fluoresceina, ad eccezione di minime concentrazioni circa 23 ore dopo l'immissione iniziale. Dai fluorocaptori venne comunque evidenziato nel tempo (15 giorni di osservazione) l'arrivo della fluoresceina anche nella vasca del lato aquilano. Inoltre, il tracciante venne rinvenuto anche nelle captazioni delle sorgenti Mescatore e Vacelliera, situate sul lato teramano del Gran Sasso, anch'esse utilizzate a scopo idropotabile.

Il risultato dei test rese evidente che il sistema di raccolta delle acque di drenaggio sotterraneo dell'acquifero operante all'interno dei Laboratori, era al momento dei test in diretta connessione idraulica con la condotta. Tale connessione diretta poteva essere dovuta a perdite della condotta INFN ma anche più genericamente al contatto tramite la falda contenuta nell'acquifero del Gran Sasso (saturo alla quota della galleria); in altre parole appare probabile che le perdite della rete di raccolta dei laboratori INFN andassero ad interagire con l'acquifero saturo circostante, miscelandosi con le acque di falda; la stessa falda viene ancora oggi captata nelle immediate vicinanze dai drenaggi acquedottistici, consentendo in tal modo l'arrivo del tracciante (e potenzialmente di qualsiasi inquinante) nella rete acquedottistica. Tale ipotesi di alimentazione per il tramite della falda, venne confermata dal rinvenimento della fluoresceina anche nelle opere del lato aquilano, in tempi più lunghi e concentrazioni minori, coerenti con l'assetto idrogeologico che vede come probabile l'interconnessione a scala dell'acquifero della circolazione idrica sotterranea, con direzioni di drenaggio differentemente orientate in funzione dell'assetto geologico-strutturale (acquifero compartimentato a circolazione regionale comune), ipotesi confermata anche dal rinvenimento del tracciante nelle sorgenti sopra citate, le cui aree di alimentazione esulano dal drenaggio del traforo autostradale. In altre parole, il mancato isolamento delle opere di collettamento delle acque di falda drenate dai Laboratori INFN, data la presenza alla quota della galleria della falda regionale con circolazione attiva, comporta un miscelamento di tali acque con la falda regionale, che a sua volta viene intercettata dalle opere di drenaggio a scopo idropotabile, sia in galleria (lato teramano e lato aquilano) che all'esterno (sorgenti Mescatore e Vacelliera). La diffusione del tracciante anche oltre la vicinissima opera di captazione del versante teramano conferma che la circolazione idrica sotterranea nel sistema fratturato, presenta un livello di comunicazione che va oltre le zone di richiamo determinate dai drenaggi in galleria, tendendo a diffondersi più ampiamente fino a coinvolgere bacini idrogeologici differenti, comunque sempre ubicati nello stesso sistema idrogeologico del massiccio del Gran Sasso, in coerenza con il concetto di acquifero localmente compartimentato ma non isolato nei diversi sottobacini. D'altronde, tale schema concettuale era già stato verificato sia durante la realizzazione del traforo, dalle prove con traccianti immessi nei fori di sondaggio profondi, che dalle conseguenze a breve e lungo termine determinate dal drenaggio della galleria autostradale rispetto alla situazione naturale pregressa.

In tale quadro, due ulteriori considerazioni concorrono a presumere un elevato grado di vulnerabilità della risorsa idrica sotterranea: la velocità di diffusione del tracciante (e quindi potenzialmente degli inquinanti) a causa della circolazione nella rete di fratture, e la presenza delle due gallerie autostradali, che per analogia possono presentare problematiche del tutto simili di rapida e diretta comunicazione con l'acquifero circostante e con le correlate opere di captazione. In altri termini, pur se la prova con tracciante si riferiva al solo settore dei Laboratori INFN, è presumibile che analoghe condizioni di comunicazione idraulica e quindi di elevata vulnerabilità siano da estendersi alle gallerie autostradali.

In definitiva, in un modello concettuale tipico delle fonti di inquinamento, del tipo sorgente/percorso/bersaglio, alla luce delle prove con traccianti realizzate nel 2003, è opinione condivisa anche da coloro che realizzarono le prove, che tenuto conto dell'assetto idrogeologico e della peculiarità delle captazioni, praticamente coincidenti con centri di pericolo rilevanti, risulta estremamente difficile impedire la connessione tra percorso e bersaglio. Ciò vuol dire che una volta che un potenziale inquinante dovesse raggiungere la falda, la sua trasmissione verso diverse opere di captazione non potrebbe essere evitata. Di conseguenza, l'unico e più logico sistema di riduzione del rischio di inquinamento delle risorse in esame, risiede nell'intervenire sulla relazione sorgente/percorso, ovvero riducendo la pericolosità del sistema, attraverso opere di messa in sicurezza che impediscano alle acque drenate nei Laboratori INFN ma anche nelle gallerie autostradali di poter interferire con la falda circostante.

In seguito a ciò, la Presidenza del Consiglio dei Ministri con Decreto del 27 giugno 2003 ha dichiarato lo stato di emergenza socio- ambientale nel territorio delle province di L'Aquila e Teramo, ed il Commissario delegato per il superamento dell'emergenza ha dato corso all'analisi delle problematiche idraulico-ambientali del Sistema Gran Sasso, definendo il complesso degli interventi emergenziali idonei ad assicurare la messa in sicurezza dell'acquifero:

- Implementazione di un sistema di monitoraggio ambientale di tipo quali-quantitativo, esteso al complesso del sistema Gran Sasso (acquifero, laboratori, traforo autostradale, captazioni acquedottistiche) soggetto ad un'unica supervisione centrale ad opera della Protezione Civile Regionale dell'Abruzzo, che consenta di governare unitariamente sia la gestione ordinaria, sia l'emergenza, nonché il transitorio connesso con l'esecuzione delle opere di messa in sicurezza demandate al Commissario;
- Realizzazione prioritaria di interventi di tipo provvisoriale finalizzati ad assicurare ridondanza del sistema nelle fasi di transitorio operativo dei lavori, onde ridurre il livello di rischio complessivo delle singole parti, ma suscettibili di continuare ad assolvere funzioni di riserva strategica anche nelle fasi successive al completamento degli interventi;
- Riordino del sistema delle captazioni, sia lungo le canne autostradali, sia lungo i cunicoli perimetrali dei Laboratori, nel rigoroso rispetto delle norme di legge (152/99) e con la finalità di consentire un sostanziale recupero dell'energia potenziale, sia ai fini igienici, sia per quelli funzionali del sistema acquedottistico;
- Realizzazione di un sistema di tubazioni di adduzione, ridondante per capacità di vettoriamento e per topologia, asservito ad un sistema di supervisione in grado di effettuare automaticamente, in condizioni ordinarie o di emergenza, interventi di regolazione, sezionamento e scarico, riconfigurazione di assetto piezometrico e/o topologico;
- Isolamento pavimentale basato sull'impiego di resine bicomponenti atossiche, sussidiate da un sistema di controllo di tipo geofisico in tempo reale dell'isolamento assentito, che assicuri un adeguato grado di sicurezza all'acquifero di base ed alle preesistenti opere di drenaggio, la cui funzione verrà mantenuta, sia durante la fase esecutiva delle opere al fine di assicurare l'approvvigionamento idrico, sia successivamente al fine di garantire il mantenimento dell'attuale assetto idrogeologico;
- Realizzazione ex-novo di un sistema di smaltimento delle acque di piattaforma, integralmente realizzato con condotte e manufatti di ghisa sferoidale dotati di giunti antisfilamento e di elementi ad elevata capacità di deformazione angolare al fine di assicurare affidabilità di funzionamento anche in condizioni sismiche eccezionali. La rete di smaltimento delle acque di piattaforma recapiterà ad un impianto di depurazione di tipo chimico-fisico dotato di disoleatore e di vasche di stoccaggio di adeguata capacità, atte ad assicurare il contenimento dello sversamento accidentale

di un carico completo di una cisterna con rimorchio;

- Interventi di riordino e razionalizzazione delle opere impiantistiche dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso, con particolare riguardo agli aspetti di ventilazione, refrigerazione, antincendio ed elettrici.

Progettazioni interne ai Laboratori I.N.F.N.			
Progetto	Titolo	Progettista	Impresa esecutrice
PR-L1	<i>Messa in sicurezza dei sistemi di raffreddamento degli apparati sperimentali e degli impianti di condizionamento ambientale ai fini della riattivazione dei laboratori</i>	Prof. A. Spena	Ascani – Pal Impianti S.r.l.
PR-L2	<i>Interventi urgenti a carattere idraulico-ambientale</i>	Prof. R. Guercio	Nuove Infrastrutture S.r.l.
PR-L3	<i>Installazione di un sistema di isolamento pavimentale nei laboratori A,B,C e comprensivi degli interventi urgenti nel laboratorio C (esperimento borexino) (impermeabilizzazione)</i>	V. Mosco & Associati	Lungarni S.p.a..
PR-L4	<i>Adeguamento dei sistemi antincendio ai fini della sicurezza dei laboratori</i>	Prof. A. Spena	E.I.T.E.C. & INTECO

Al termine della gestione commissariale risultavano pertanto identificate tre differenti categorie di problematiche, definite *urgenti ed indifferibili, emergenziali ed ordinarie*. Le opere individuate come risolutive per le prime due categorie sono state progettate a livello definitivo, mentre quelle *urgenti ed indifferibili* sono state sviluppate a livello esecutivo, appaltate e collaudate, ad eccezione dell'intervento PR-L2.

Progettazioni esterne ai Laboratori I.N.F.N.			
Progetto	Titolo	Progettista	Impresa esecutrice
PR1	<i>Interventi a carattere idraulico-ambientale galleria SX opere di drenaggio, impermeabilizzazione, depurazione e monitoraggio ambientale</i>	Prof. R. Guercio	Nuove Infrastrutture S.r.l.
PR2	<i>Interventi a carattere idraulico-ambientale galleria sx opere di captazione ed adduzione acqua potabile</i>	Prof. R. Guercio	Mic S.r.l.
PR3	<i>Progetto esecutivo del sistema di scarico provvisorio finalizzato alle attività commissariali</i>	Prof. R. Guercio	Nuove Infrastrutture S.r.l.
PR4	<i>Adeguamento delle reti impiantistiche elettriche di potenza e di segnale, e di monitoraggio ambientale ai fini della sicurezza in galleria</i>	Prof. A. Spena	Sarappalti S.p.a.
PR5	<i>Adeguamento delle reti impiantistiche aerauliche ai fini della sicurezza della galleria (canna SX)</i>	Prof. A. Spena	Alma-Cis S.r.l.
PR6	<i>Adeguamento delle reti impiantistiche termoidrauliche ai fini della sicurezza della galleria</i>	Prof. A. Spena	E.I.T.E.C. & INTECO
PR7	<i>Impianto di ventilazione carreggiata di SX galleria del Gran Sasso</i>	Prof. F.M. La Camera	Gemmo S.p.a.
PR8	<i>Intervento urgente per la realizzazione di un sistema tecnologico integrato di supervisione e controllo dei laboratori e della galleria Autostradale – Sistema Base</i>	Prof. F. Garzia	da appaltare
PR9	<i>Intervento urgente per la realizzazione di un sistema tecnologico integrato di supervisione e controllo dei laboratori e della galleria Autostradale – Sottosistema di sicurezza</i>	Prof. F. Garzia	da appaltare

Gli interventi elencati nelle tabelle precedenti si sono conclusi intorno al 2008, come riassunto nei documenti della gestione commissariale trasferiti, con ordinanza di protezione civile n. 66 del 22 marzo 2013, all'INFN, nella sua qualità di Amministrazione competente in regime ordinario al completamento delle iniziative avviate ai sensi dell'Ord. 3303 del 18 luglio 2003.

La mancata realizzazione dell'intervento PR-L2, destinato a migliorare significativamente le modalità di captazione all'interno dei cunicoli di servizio dei LNGS, è derivato dalla impossibilità di assicurare a priori l'invarianza sostanziale del prelievo idropotabile, come richiesto dall'acquedotto del Ruzzo.

Ad integrazione di quanto previsto dai documenti commissariali, i Laboratori si sono dotati di una propria rete di monitoraggio in diversi punti della rete di drenaggio, con esecuzione di analisi periodiche e monitoraggio *on-line*. Attualmente, il monitoraggio delle acque circolanti nei Laboratori prevede il prelievo e l'analisi su quattro punti del sistema di collettamento (acque provenienti dal processo di osmosi inversa, acque reflue depurate provenienti dai servizi igienici, acque di percolazione, acque di raffreddamento provenienti dalla centrale termoidraulica), con campionamento ed analisi a cadenza quindicinale a cura del Laboratorio Chimico dei Laboratori INFN. In aggiunta, praticamente all'uscita del sistema di drenaggio e collettamento, viene monitorato in continuo il pozzetto n.64, dove si raccolgono tutte le acque utilizzate all'interno dei Laboratori, dove vengono analizzati la torbidità e soprattutto il TOC (Total Organic Carbon), in modo da rilevare quindi eventuali composti idrocarburi o derivati che dovessero raggiungere le acque, oltre eventuali inquinanti organici provenienti dal depuratore. Lo strumento è connesso con la sala sicurezza dei Laboratori con attivazione delle soglie di allarme.

Non risultano implementati analoghi interventi al di sotto della sede autostradale a protezione dei cunicoli di drenaggio e di adduzione verso l'esterno dell'acquedotto del Ruzzo.

A seguito dei lavori eseguiti, su richiesta dell'INFN, l'Istituto Superiore di Sanità ha emesso un parere in data 19.07.2013, prot. 0028289, stigmatizzando che le opere realizzate non si estendano all'intera area dei Laboratori, formulando una serie di raccomandazioni generali, atte a fronteggiare il mancato rispetto dell'area di tutela assoluta con azioni a medio-lungo termine, ed una raccomandazione specifica relativa alla necessità di adottare speciali misure di prevenzione dei rischi relativi alla contaminazione delle acque. Già precedentemente a tale parere, la Regione Abruzzo aveva istituito nell'Aprile 2011 una Commissione Tecnica per l'esame dei lavori effettuati per la messa in sicurezza dei Laboratori Sotterranei.

Nonostante la realizzazione delle opere di messa in sicurezza, ai punti di controllo esterni alla galleria sul lato nord, i responsabili della ASL di Teramo, incaricati di eseguire le analisi di legge sulle acque potabili, hanno verificato saltuariamente la presenza, nelle acque destinate all'approvvigionamento idrico potabile, di contaminanti di inequivocabile origine antropica, sebbene in concentrazioni inferiori ai limiti di legge. Non sembra possibile, se non in base ai composti rinvenuti di volta in volta, ipotizzare l'origine della contaminazione (Galleria Autostradale o Laboratori, o altra sorgente ignota), in quanto l'assetto idrodinamico risulta estremamente complesso, con la presenza dei centri di pericolo direttamente in falda sotto la superficie piezometrica, essendo inoltre i punti di captazione molto numerosi e non facilmente localizzabili.

A tali conclusioni si era giunti anche nel 2003, auspicando quindi la realizzazione di interventi di prevenzione consistenti in opere di messa in sicurezza dei sistemi analizzati (Laboratori e Gallerie Autostradali). Al contempo, in via precauzionale, si era provveduto ad escludere dalla rete di approvvigionamento idrico potabile il sistema di captazione relativo ai Laboratori gestito dall'acquedotto del Ruzzo. Va detto che gli interventi realizzati, successivamente a tale evento in regime commissariale, hanno riguardato estesamente l'area dei Laboratori, ma non hanno incluso le gallerie autostradali. In dettaglio, sulla scorta degli atti di collaudo depositati presso gli uffici amministrativi del LNGS, risultano siano state realizzate, nell'ambito dell'intervento PRL3, vasche in acciaio inox, di contenimento degli

sversamenti accidentali, sussidiate da una rete di raccolta e convogliamento dei liquidi accidentalmente sversati su piattaforme impermeabili e resistenti a sostanze chimiche, perimetrate da un cordolo di contenimento dei liquidi, nei settori delle sale A, B e C e nel corridoio TIR, liberi da apparecchiature sperimentali in funzione. Nell'ambito dell'intervento PRL1 è stata eseguita la messa in sicurezza dei sistemi di raffreddamento degli apparati sperimentali e degli impianti di condizionamento ambientale dei Laboratori. Gli interventi previsti nell'ambito del progetto PRL2, relativi alla rete di captazione delle acque potabili all'interno dei laboratori, di impermeabilizzazione pavimentale dei cunicoli perimetrali e di smaltimento degli stillicidi, pur regolarmente contrattualizzato, non ha trovato attuazione nell'ambito delle attività commissariali. Nell'ambito dell'intervento PR1 sono stati eseguiti, nel tratto di galleria di sinistra, compresa tra l'ingresso dei LNGS e il by-pass 15, progressiva 7683.09, in direzione Teramo, la tubazione in PEAD DN 400 delle acque di scarico del LNGS conferite al pozzetto n. 64, la tubazione in acciaio DN 250 a circuito chiuso in pressione delle acque di raffreddamento utilizzate all'interno dei LNGS, la tubazione in acciaio inox DN 500 per il convogliamento delle acque potabili captate all'interno dei LNGS (priva allo stato attuale di alimentazione, in quanto la rete di raccolta delle captazioni potabili all'interno dei laboratori, ancorchè progettata, non è stata realizzata), la tubazione di raccolta delle acque di piattaforma della galleria autostradale, nel tratto in epigrafe, in ghisa sferoidale del DN 300, completa di caditoie tagliafiamma in acciaio e relative opere di connessione idraulica, unitamente al rifacimento della pavimentazione stradale e della relativa segnaletica orizzontale e verticale nel tratto autostradale corrispondente. Nell'ambito dell'intervento PR2 è stata eseguita la condotta in acciaio inox DN500 di discesa nel cunicolo di servizio, che si sviluppa tra le due gallerie autostradali lato Teramo, e la coppia di condotte in acciaio inox DN500 che si sviluppano sino all'esterno della galleria di servizio. Nell'ambito dell'intervento PR3 è stata eseguita la condotta di scarico in PEAD DN400 all'interno del cunicolo di servizio, unitamente alle opere di discesa dal by-pass 15 al sottostante cunicolo e quelle di disoleatura e restituzione allo scarico nel torrente Gravone, nonché i sistemi di monitoraggio delle acque di scarico.

Nell'ambito dell'intervento PRL1 è stata eseguita la messa in sicurezza dei sistemi di raffreddamento degli apparati sperimentali e degli impianti di condizionamento ambientale dei Laboratori. I restanti interventi PR4, PR5, PR6 e PR7, regolarmente eseguiti, hanno riguardato gli impianti aerulici, le reti elettriche di potenza e di segnale, le reti impiantistiche termoidrauliche ed infine i sistemi di gestione dinamica delle corsie e di ventilazione della galleria autostradale. Gli interventi PR8 e PR9, pur progettati a livello definitivo, non sono stati appaltati né contrattualizzati.

A completamento delle opere di messa in sicurezza, i Laboratori INFN hanno attivato e potenziato progressivamente un sistema di monitoraggio gestito dal proprio personale tecnico, dei sistemi di drenaggio ricadenti nell'area, tramite monitoraggio in continuo dei parametri chimico-fisici e tramite un programma di campionamento ed analisi di diversi punti della rete di drenaggio, in modo da verificare con la maggiore attenzione possibile le caratteristiche delle acque sotterranee in uscita dall'area dei Laboratori. Ciò anche in virtù della peculiarità degli esperimenti autorizzati e condotti nel settore della Fisica Nucleare, che richiedono l'uso di sostanze particolari. I dati raccolti negli ultimi anni dall'INFN e riassunti in appositi report, risultano di notevole utilità per verificare l'effettiva funzionalità delle opere di messa in sicurezza realizzate nel decennio precedente.

Non risultano da quanto finora raccolto episodi di superamento di parametri significativi rispetto alla normativa vigente, considerati i composti analizzati direttamente dai Laboratori INFN.

In particolare, nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso, oltre alla sopra citata impermeabilizzazione delle pavimentazioni, è stato realizzato, accompagnato da sensori di presenza liquidi sui pavimenti, un sistema di spazzamento liquidi con griglie di raccolta, tubazioni in acciaio inox e un'apposita vasca di raccolta con serbatoi atti allo stoccaggio provvisorio dei liquidi che dovessero accidentalmente sversarsi. Una tubazione

apposita è ora in grado di collettare all'esterno della galleria sul lato Teramo, isolandole dal sistema di captazione acquedottistica, le acque defluenti dai laboratori (acque di stillicidio, di dilavamento di superfici impermeabilizzate, di depurazione dai servizi igienici, di scarico dell'impianto di demineralizzazione), che quindi transitano integralmente per il pozzetto n.64 (oggetto di monitoraggio quali-quantitativo da parte dei Laboratori), per poi essere soggette ad apposito trattamento tramite una vasca di sedimentazione-disoleature. Infine, il sistema di raccolta delle acque dei Laboratori viene convogliato all'esterno con apposita tubazione nel corpo idrico recettore Fosso Gravone, affluente del Torrente Mavone. Le acque potabili provenienti dalla galleria autostradale, poste a scarico, erano soggette, durante i lavori commissariali, ad un trattamento di ultrafiltrazione e disinfezione con raggi UV.

Successivamente al completamento delle opere commissariali, nel 2011 la Giunta della Regione Abruzzo con delibera n.248 dell'11 aprile 2011 ha istituito un'apposita Commissione Tecnica per l'esame dei lavori effettuati per la messa in sicurezza dei Laboratori INFN del Gran Sasso, i cui membri sono stati designati dai diversi soggetti interessati con successivo Decreto n.65 del 17.07.2012. I Lavori della Commissione hanno dato per ora origine ad un Protocollo d'Intesa *"per la gestione delle fasi di comunicazione, autorizzazione e allerta da seguire preventivamente alla realizzazione di interventi che possano comportare rischio di pregiudicare la qualità delle acque del sistema idrico del Gran Sasso, captate per il consumo umano, nonché per la gestione dei sistemi di misurazione in continuo"*.

Inoltre, il parere prodotto dall'Istituto Superiore di Sanità su richiesta dell'INFN, in merito al potenziale impatto sulla falda e sulla qualità delle acque della porzione di acquifero interna ai Laboratori INFN interessata da lavori per un esperimento denominato LUNA-MV, da posizionarsi al nodo B della galleria interferometria, ampliando il raggio di azione a tutto il sistema di captazione delle acque sotterranee della galleria del Gran Sasso, evidenzia una generale non conformità della localizzazione dei Laboratori INFN e delle attività in essi condotte, rispetto a quanto stabilito dall'art.94 del D.Lgs. 152/2006, relativo alla Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano. Le valutazioni e raccomandazioni formulate nel succitato parere, pur sottolineando l'impossibilità di adempiere completamente ai dettami della normativa vigente sulle aree di salvaguardia se non riducendo le attività dei Laboratori INFN o abbandonando le captazioni, indicano attività da svolgere nel medio periodo per ridurre significativamente il rischio di inquinamento della risorsa captata a scopo idropotabile. In estrema sintesi tali attività possono essere elencate come di seguito:

- a) completamento del sistema di isolamento e canalizzazione;
- b) definizione di una procedura di valutazione dei rischi nei diversi ambienti dei Laboratori INFN, con controlli interni in tempo reale da condividere con gli altri Enti interessati (Gestore Idrico e Autorità sanitaria locale);
- c) registri di carico e scarico di prodotti potenzialmente rischiosi;
- d) potenziamento dei sistemi di *"early warning"*, con indicazione di una lista di parametri minimi da monitorare;
- e) disponibilità di una procedura specifica per la prevenzione delle contaminazioni

Ulteriori raccomandazioni specifiche formulate riguardano la necessità di provvedere alla impermeabilizzazione del nodo B non ancora realizzata, nonché l'adozione di misure specifiche durante la posa in opera dell'esperimento LUNA-MV e la caratterizzazione della qualità dell'acqua di stillicidio nell'area di intervento. Il parere ISS conclude ribadendo la necessità di adozione di speciali misure di prevenzione del rischio di inquinamento delle falde, oltre a quelle già in essere.

In sintesi, è evidente che la peculiare situazione di captazione delle acque sotterranee dalla galleria autostradale del Gran Sasso e dagli annessi Laboratori Sotterranei INFN, impedisce l'applicazione della normativa vigente in termini di salvaguardia delle risorse idriche destinate al consumo idropotabile,

secondo quanto previsto dall'art.94 del D.Lgs. 152/2006. Le conoscenze acquisite in base alle attività sopra riassunte, evidenziano inequivocabilmente la necessità di ulteriori interventi atti a diminuire il rischio di inquinamento connesso alle attività antropiche esistenti, che per ovvi motivi non è possibile sospendere o ricollocare, come suggerito dalla normativa in questi casi. Tale necessità risulta ancora esistente, nonostante quanto finora svolto per la messa in sicurezza del sistema del Gran Sasso in merito alla captazione delle acque di falda.

METODOLOGIA DI GESTIONE DEL RISCHIO CONNESSO ALL'ATTIVITÀ DEI LABORATORI

Il quadro di riferimento della problematica della salvaguardia delle risorse idriche sotterranee del Gran Sasso captate ad uso idropotabile dal traforo, come esposto nei capitoli precedenti, può essere riassunto come segue:

- l'assetto idrogeologico del Gran Sasso prevede una circolazione idrica sotterranea in rete di fratture (con possibili rapidi percorsi in ambiente carsico) tipica di un acquifero "compartimentato", ovvero caratterizzato da una circolazione regionale d'insieme, che viene suddivisa in sottobacini comunque non completamente isolati tra loro, sebbene dotati di una locale indipendenza dovuta al ruolo degli elementi tettonici presenti, che ne indirizzano le acque verso diversi punti di recapito, rappresentati da sorgenti localizzate ai margini della struttura sui diversi lati, nonché all'interno del traforo autostradale, che corre a quota corrispondente ad una zona satura dell'acquifero;
- tale condizione naturale di interconnessione e tempi rapidi di risposta dell'acquifero comporta un'elevata vulnerabilità della risorsa, che viene modulata e ridotta in virtù degli elevati spessori di copertura di rocce non sature rispetto alla superficie di falda, individuabile a notevoli profondità dalla superficie;
- al contempo, il rischio di inquinamento assume generalmente valori bassi, in funzione del numero limitato di centri di pericolo, intesi come attività antropiche in grado di produrre potenziale inquinamento, sia per i limitati insediamenti, ma anche per i vincoli rappresentati dalla presenza del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga;
- queste situazioni favorevoli vengono meno nel momento in cui attività antropiche potenzialmente pericolose vengono a trovarsi in prossimità o in corrispondenza dei punti di captazione idropotabile, come in effetti avviene nel traforo del Gran Sasso;
- le condizioni specifiche di captazione direttamente dalla falda idrica sotterranea e la concomitante presenza dei Laboratori INFN e delle gallerie autostradali (elevata pericolosità), unite alla natura dell'acquifero fratturato che determina tempi di risposta brevi (elevata vulnerabilità), identifica chiaramente un rischio elevato di inquinamento della risorsa idrica;
- la normativa vigente per casi simili, dove avviene la coincidenza dei punti di captazione con la presenza di centri di pericolo, inibendo di fatto l'applicazione delle aree di salvaguardia, sin dall'identificazione della zona di rispetto assoluto (10 m intorno ai punti di captazione), prevede in alternativa l'abbandono della captazione o la rilocalizzazione dei centri di pericolo. Nella fattispecie della galleria del Gran Sasso, ambedue le ipotesi, per quanto teoricamente possibili, implicherebbero una completa riformulazione del sistema acquedottistico e/o stradale, coinvolgendo anche le attività di ricerca di alto profilo scientifico internazionale previste nei Laboratori sotterranei INFN;
- a tale condizione teorica di elevato rischio, si aggiunge il caso reale dell'inquinamento verificatosi nel 2001 nei Laboratori INFN, che certifica quindi concretamente il rischio, come anche documentato dalle successive prove con traccianti eseguite nel 2003;
- in tale contesto, nonostante gli sforzi già compiuti negli ultimi anni, documentati nel capitolo precedente, si rende necessario e improcrastinabile procedere ad una riduzione del rischio complessivo di inquinamento, operando su tutti i fattori possibili per rendere meno probabile tale eventualità; in un moderno approccio tramite il modello concettuale universalmente accettato, costituito dal nesso sorgente/percorso/bersaglio, le possibilità di intervento possono essere diversificate nei vari sistemi coinvolti, come di seguito esposto.

In sintesi, si suggerisce l'opportunità di valutare, d'intesa con le autorità competenti, di operare sia sul piano della vulnerabilità del sistema, sia sulla tutela dell'acquifero, sia su quanto attiene all'utilizzazione ai fini potabili della risorsa idrica.

Per quanto attiene alla vulnerabilità del sistema, si propone l'immediata predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA), come previsto dalla Direttiva 2000/60/CE, specificatamente per quanto riguarda i corpi idrici fortemente modificati (HMWB), uniformandosi a quanto previsto dalle Linee Guida per la Predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a VIA, recentemente aggiornate, 26/01/2018, dal Ministero dell'Ambiente.

Contestualmente a tale attività, si ritiene opportuno valutare l'attivazione della progettazione degli interventi strutturali relativi alla:

- Realizzazione prioritaria di interventi di tipo provvisoriale (potabilizzatori per acque di categoria A2-A3) finalizzati ad assicurare ridondanza del sistema nelle fasi di transitorio operativo dei lavori, onde ridurre il livello di rischio complessivo delle singole parti, ma suscettibili di continuare ad assolvere funzioni di riserva strategica anche nelle fasi successive al completamento degli interventi;
- Riordino del sistema delle captazioni lungo i cunicoli perimetrali dei Laboratori, nel rigoroso rispetto delle norme di legge (152/06) e con la finalità di consentire un sostanziale recupero dell'energia potenziale, sia ai fini igienici, sia per quelli funzionali del sistema acquedottistico attraverso il recupero delle venute idriche intubate nella zona dell'interferometro (oltre 29 dreni esistenti) e delle acque di stillicidio, mediante iniezione di resine poliuretatiche idroespansive ed impermeabilizzazione a spruzzo a penetrazione osmotica;
- Realizzazione di un sistema di tubazioni di adduzione, ad anello in acciaio inox aisi 316L staffato a parete, asservito ad un sistema di supervisione in grado di effettuare automaticamente, in condizioni ordinarie o di emergenza, interventi di regolazione, sezionamento e scarico, riconfigurazione di assetto piezometrico e/o topologico;
- Isolamento pavimentale basato sull'impiego di uno schermo di impermeabilizzazione pavimentale realizzato in opera, costituita da una membrana polimerica di impermeabilizzazione per applicazioni spray-on a freddo. Poiché come tutti i prodotti applicati a spruzzo, tale prodotto non può sigillare venute d'acqua provenienti dal supporto, ma può essere applicata su supporti umidi o bagnati, in caso di venute d'acqua si provvederà alla interposizione di una guaina drenante o altre tipologie di membrane geodrenanti. Al fine di limitare il consumo del prodotto, particolarmente sensibile al grado di rugosità della superficie, si provvederà alla applicazione di uno strato di gunita, come supporto di base.
- Realizzazione ex-novo di un sistema di smaltimento degli sversamenti sul piano di calpestio, integralmente realizzato con condotte e manufatti di ghisa sferoidale dotati di giunti antisfilamento e di elementi ad elevata capacità di deformazione angolare al fine di assicurare affidabilità di funzionamento anche in condizioni sismiche eccezionali. La rete di smaltimento dovrà essere intercettata da una griglia trasversale che assicura il contenimento del volume sversato all'interno della vasca esistente, posta nella nicchia in corrispondenza dell'ingresso dei Laboratori, opportunamente impermeabilizzata e rivestita in acciaio inox;
- Upgrade del sistema disoleatore esterno, dotandolo di filtri a base di polimeri surfattanti, in grado di trattenere eventuali sostanze oleose disperse in acqua, a tutela dell'ambiente acquatico.
- Realizzazione ex-novo di un impianto di depurazione di tipo fisico esterno dotato di un sistema di ozonizzazione in vasca di equalizzazione, filtrazione su carboni attivi granulati, ultrafiltrazione e disinfezione UV per il trattamento delle acque di scarico provenienti dai sistemi di drenaggio poste sotto la pavimentazione dei Laboratori.

La stima dei singoli interventi si basa su valutazioni analitiche delle singole quantità e costi parametrici desunti dal prezzario regionale vigente o simili.

INFN - Laboratorio Nazionale del Gran Sasso

QUADRO ECONOMICO GENERALE

A)	Somme per lavori	
		Studio di fattibilità
A1)	Per lavori	
	A1a) Rete acqua potabile	€ 1 009 500.00
	A1b) Raccolta acque di piattaforma	€ 1 902 060.00
	A1c) Impermeabilizzazione di piattaforma	€ 1 200 000.00
	A1d) Impermeabilizzazione parietali e della volta del cunicolo	€ 3 398 725.00
	A1e) Implementazione del disoleatore esistente con polimeri surfattanti < 30 ppm	€ 100 000.00
	A1f) Sistema di depurazione fisico Ozono-GAC-ultrafiltrazione-UV	€ 1 000 000.00
	Sommano	€ 8 610 285.00
A2)	Costi della sicurezza speciali	€ 334 013.20
A3)	Totale somme per lavori	€ 8 944 298.20
	(Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso d'asta compresi nel totale somme per lavori A3)	€ 127 893.80
	Importo a base asta da sottoporre a ribasso	€ 8 482 391.20
	Oneri della sicurezza, da non sottoporre a ribasso	€ 461 907.00
B)	Somme a disposizione dell'Amministrazione	
B1)	Progettazione, collaudo, spese tecniche, incarichi a professionisti (10% di A3)	€ 894 429.82
B2)	Per incentivi ai sensi dell'art. 113 D.Lgs. 50/2016 (2% di A3)	€ 178 885.96
B3)	Per indagini specialistiche (georadar, diagnosi stato reti di drenaggio, ecc.)	€ 170 600.91
B4)	Per IVA 22% sulle voci B2)+B4)	€ 234 306.76
B5)	Per imprevisti 5%	€ 447 214.91
B7)	Totale somme a disposizione	€ 1 925 438.36
C)	TOTALE GENERALE (A3+B7)	€10 869 736.56