

- studio dell'impatto di forzanti remote oceaniche sulla variabilità del monsone africano;
- studio della variabilità inter-annuale delle African easterly waves;
- sviluppo di un progetto di confronto incrociato tra diversi modelli climatici globali per valutarne la capacità di riprodurre le caratteristiche stagionali del monsone africano.

Per l'area euro-mediterranea sono state esaminate le serie storiche delle portate dei fiumi del Mediterraneo per mettere in luce la presenza di eventuali loro correlazioni con gli andamenti periodici dei principali forzanti climatici, quali il North Atlantic Oscillation, Eastern Atlantic-Western Russia Oscillation, ecc.. Tali correlazioni appaiono essere significative per i fiumi del Mediterraneo presenti sui versanti occidentali del Nord Africa, dell'Italia e dei Balcani. Inoltre, sulla base dei dati e dei risultati ottenuti da tale esame, è stato avviato uno studio dei flussi di nutrienti trasportati dai fiumi che sfociano nel Mediterraneo.

Infine, nel corso dell'anno, è proseguita l'implementazione di metodologie software per la rappresentazione e l'analisi di basi di dati di interesse climatico consultabili in rete via web.

5.2. *Analisi e ricerche sperimentali sulla variabilità climatica*

Le attività sperimentali riguardano principalmente la ricostruzione dei climi del passato e la variabilità del clima attuale, tramite osservazioni sperimentali da stazioni climatologiche (Lampedusa, Antartide) o dallo spazio dei parametri climatici e dell'ozono stratosferico. Questo filone di attività ha l'obiettivo generale di distinguere la parte fisica e fisico-chimica degli andamenti naturali del sistema ambientale globale e mediterraneo dalle perturbazioni aggiuntive o sinergiche indotte dalle attività umane. In particolare, sono svolte analisi di dettaglio e studi per comprendere l'andamento e la variabilità del clima presente e passato (paleoclima) nell'area mediterranea ed in Antartide; i dati sperimentali acquisiti sono utilizzabili anche nelle attività di modellistica.

Studi sperimentali sul ruolo degli aerosol sul clima nel Mediterraneo

È stato completato uno studio indirizzato alla caratterizzazione del particolato atmosferico e dei suoi effetti sul bilancio della radiazione nel Mediterraneo. Questo tipo di studi è finalizzato a ridurre le incertezze connesse alle stime degli effetti climatici degli aerosol, ancora molto ampie (IPCC, 2001). Lo studio effettuato ha permesso di identificare diversi tipi di aerosol sulla base di misure di fotometria solare svolte presso la Stazione di Osservazioni Climatiche di Lampedusa, e di analisi con retrotraiettorie. È stato sviluppato un metodo che permette di ricavare dalle osservazioni a terra una stima quantitativa dell'albedo di scattering singolo, un parametro fondamentale per la valutazione degli effetti prodotti dall'aerosol sul bilancio della radiazione. Conseguentemente, è stato possibile identificare le diverse proprietà ottiche di aerosol desertici, marini, e continentali-antropici; tra i continentali antropici, si sono individuati casi di aerosol prodotto in combustione di biomasse. I diversi tipi di aerosol producono effetti molto diversi sul bilancio della radiazione, e la definizione delle loro caratteristiche dominanti permette una migliore stima del loro ruolo nel Mediterraneo. Per esempio gli aerosol provenienti da incendi boschivi producono tassi di riscaldamento dell'ordine di 3 gradi/giorno.

Caratterizzazione paleoclimatica e del clima storico nell'area del Mediterraneo meridionale

Le variazioni ambientali del passato da alcuni anni sono studiate dall'ENEA anche nell'Isola di Lampedusa e in Libia. La ricerca ha lo scopo di evidenziare l'impatto sul territorio delle variazioni climatiche globali e in special modo, trattandosi di aree semi-aride ed aride, di quelle che hanno provocato una diminuzione del bilancio idrologico al suolo. Inoltre, lo studio delle fasi di espansione del Sahara e della distribuzione dei depositi eolici, formatisi per sedimentazione delle polveri sahariane nell'area peridesertica e sulla sponda meridionale Mediterraneo, ha lo scopo di fornire indicazioni sul trasporto degli aerosol sahariani nel recente passato geologico e sui possibili rapporti di causa-effetto con variazioni climatiche note. I risultati raggiunti sono relativi a diversi argomenti. Per quel che riguarda gli effetti delle variazioni climatiche sul bilancio idrologico delle aree attualmente aride e semiaride, è stato osservato che le punte di maggiore aridità e di più forte espansione del Sahara si verificano nel corso del periodo più freddo, e con basso grado di insolazione, dell'Ultimo Massimo Glaciale (circa 20.000 anni fa). In quel periodo, la riduzione dell'estensione delle celle di Hadley permetteva ai venti occidentali di espandersi sul Sahara settentrionale e di sospingere le sabbie desertiche verso NE e N, sollevando contemporaneamente polveri fini. Queste ultime venivano poi trasportate su lunghe distanze fino al Mediterraneo (Lampedusa) ed alla penisola italiana. Fasi di aridificazione minori si verificarono anche a varie riprese tra 20.000 e 10.000 anni fa. Gli ultimi 10.000 anni sono caratterizzati da due fasi distinte. Nella parte più antica, a seguito degli effetti della forte insolazione, le condizioni climatiche erano meno aride dell'attuale, tuttavia occorre precisare che nella zona a Nord del 24°-25° parallelo il Sahara subì un aumento di piovosità molto minore rispetto alla zona meridionale. Nella parte più recente del periodo la zona subì una forte aridificazione, ma senza l'espansione di dune sull'area circostante. Di conseguenza il trasporto eolico fu sensibile nelle aree peridesertiche: le polveri raggiunsero l'isola di Lampedusa e, in misura molto minore, la penisola italiana, a causa di una circolazione atmosferica molto diversa da quella glaciale.

Caratterizzazione della variabilità climatica in Antartide e correlazioni inter-emisferiche (EPICA e TALDICE)

I ghiacci polari costituiscono l'archivio naturale più dettagliato e completo della storia del clima e dell'atmosfera terrestre. La sequenza di EPICA-Dome C, perforata nella calotta antartica orientale in prossimità della Stazione italo-francese di Concordia a Dome C (terminata nel dicembre 2004) ha una notevole rilevanza scientifica poiché rappresenta la più lunga registrazione climatica sinora ottenuta nel ghiaccio (lunghezza totale 3270 m, età stimata 900.000 anni). Tale carota è stata ottenuta nell'ambito del Progetto "European Project for Ice Coring In Antarctica" promosso dalla European Science Foundation e finanziato dalla Commissione Europea e da contributi nazionali di dodici paesi europei. L'ENEA ha svolto ricerche sulle polveri vulcaniche contenute nella carota di ghiaccio, in stretta collaborazione con laboratori italiani e francesi con lunga e consolidata esperienza scientifica in campo glaciologico. Nel corso delle indagini sono stati ottenuti circa 250 dati chimici sul particolato vulcanico, mediante analisi alla microsonda elettronica. L'interpretazione dei dati sperimentali ha permesso di individuare i vulcani di origine del particolato. La ricostruzione delle traiettorie delle masse d'aria durante gli ultimi due cicli climatici glaciale-interglaciale (circa 200.000 anni) ha fornito elementi utili per la ricostruzione della circolazione paleoatmosferica della calotta est-antartica. Inoltre, è stata presentata la correlazione di precisione tra la sequenza di EPICA-Dome C e le altre lunghe carote antartiche raccolte nei siti di Vostok e Dome Fuji. Per la prima volta è stato proposto uno schema tephrostratigrafico che consente il confronto diretto dei segnali climatici preservati nel ghiaccio polare e che potrà essere esteso anche agli "archivi"

di sedimenti marini dell'Oceano Meridionale. Infine, i dati di questo lavoro forniscono indicazioni utili per rifinire la scala temporale della registrazione climatica, la quale è basata in larga parte su modelli glaciologici alquanto imprecisi. Le indagini si inquadrano in un programma di ricerche in Antartide che prevede lo studio paleo-climatico delle carote di ghiaccio per la ricostruzione della paleo-circolazione atmosferica dell'ultimo milione di anni e correlazioni stratigrafiche con altre lunghe sequenze di ghiaccio antartiche. Durante il 2005 è iniziata una nuova perforazione in ghiaccio a leadership italiana (progetto TALDICE) per lo studio paleo-climatico del settore costiero della calotta Antartica negli ultimi 120.000 anni. In quest'ultimo progetto, l'ENEA svolge il ruolo di coordinamento delle attività scientifiche e logistiche oltre ad essere attiva in numerosi campi di ricerca (glaciochimica, tephrocronologia, etc.).

Osservazioni continuative su lungo periodo di parametri climatici nel Mediterraneo e in Antartide

Nel corso del 2005, sono proseguite le osservazioni di numerosi parametri atmosferici presso la Stazione di Osservazioni Climatiche di Lampedusa e meteo-climatici presso le stazioni automatiche in Antartide. I dati di concentrazione di gas ad effetto serra sono stati sottomessi a varie banche dati internazionali, anche come contributo Italiano alla rete Global Atmosphere Watch (www.wmo.ch/web/gcos/gcoshome.html) dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (www.palermo.enea.it/Lampedusa_gaw.kishou.go.jp/wdceg.html), mentre i dati dell'Antartide (TAF, METAR, SYNOP, Bollettini Meteorologici, immagini satellitari, ecc.) sono stati archiviati e utilizzati presso l'ufficio meteorologico della stazione Mario Zucchelli a Baia Terra Nova e sul sito dell'Osservatorio Meteo-Climatico (www.climantartide.it); gli stessi dati sono stati utilizzati da numerosi gruppi di ricerca del PNRA ed inseriti nella rete mondiale dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale Global Climate Observing System (www.wmo.ch/web/gcos/gcoshome.html).

5.3. Tecnologie spaziali per osservazioni del territorio e della relativa vulnerabilità

La complessità dei problemi del clima, ma anche degli altri problemi connessi con i cambiamenti ambientali globali, richiede che gli studi in questo campo siano basati su di un enorme numero di informazioni specifiche su grandi scale spaziali, che devono poi essere sintetizzate opportunamente e rese fruibili per la comprensione dei fenomeni e dei processi e per la modellistica delle simulazioni climatiche. Questo tipo di informazioni può essere ottenuto attraverso l'adozione di sistemi di indagine (ambientale e territoriale) che utilizzino tecnologie spaziali di osservazioni della terra da satellite o da piattaforme aeree. Tali sistemi, in ogni caso, devono essere preventivamente messi a punto ed ottimizzati sia in termini di hardware (tecnologie e sistemi di osservazione) che di software (raccolta ed analisi dati, elaborazioni specifiche per gli scopi richiesti). Vengono, pertanto, svolte attività dedicate allo sviluppo ed integrazione di tecnologie innovative per lo studio e la gestione dell'ambiente e del territorio. Si tratta delle tecnologie dell'Osservazione aerospaziale della Terra (OT) e dei Sistemi Informativi Territoriali (SIT), nonché quelle della localizzazione (GPS), della navigazione (GNSS) e delle comunicazioni (audio, video) satellitari.

Le attività affrontano organicamente tutte le problematiche di R&ST connesse con il processo di mutua integrazione delle tecnologie citate, in modo che esso risulti funzionale rispetto ai differenti obiettivi da conseguire. Tali problematiche includono, tra l'altro, lo sviluppo di algoritmi di elaborazione dei dati e delle immagini di OT, nonché la progettazione dei SIT e la loro coerente ed efficiente implementazione.

Metodologie di monitoraggio della vegetazione semi-naturale di zone sensibili alla desertificazione, tramite tecniche di telerilevamento satellitare

Sono state realizzate metodologie per la stima di LAI (Leaf Area Index), importante parametro biofisico caratterizzante la vegetazione, a partire da immagini multispettrali Landsat TM/ETM. I risultati sono stati finalizzati alla caratterizzazione degli effetti di degrado e riduzione della vegetazione semi-naturale correlati ai cambiamenti climatici ed alla desertificazione, per le aree localizzate nel Meridione d'Italia. Dopo il preprocessing geometrico e radiometrico delle immagini (per le correzioni atmosferiche è stato impiegato il codice 6S con il supporto di firme iperspettrali acquisite appositamente a terra, tramite radiometro portatile ASD-FieldSpec Pro), per la loro calibrazione, si è fatto uso di misure "in situ" dell'indice (LAI), effettuate tramite Li-Cor LAI-2000 Plant Canopy Analyzer e georiferite con l'ausilio di tecniche GPS. Lo schema di campionamento a terra è stato ottimizzato utilizzando dati multispettrali ad alta risoluzione (4 m) del sensore IKONOS. I molteplici risultati finali, ottenuti sia attraverso indici spettrali di vegetazione che per mezzo di un approccio multivariato tra le singole bande tenendo conto della topografia, dimostrano una significativa efficacia della metodologia nella stima del LAI in buon accordo con i dati rilevati a terra.

Sistema di telerilevamento aereo ASPIS per il monitoraggio della vegetazione

Con l'obiettivo di supportare più efficacemente le attività di monitoraggio della vegetazione è stata condotta la sperimentazione e messa a punto di un sistema di telerilevamento aereo innovativo, basato sul sensore ASPIS (Advanced SPectroscopic Imaging System), dotato di bande spettrali selezionabili in un ampio range ed integrato con altra strumentazione (camere multispettrali, termiche, pancromatiche, LIDAR, GPS), e piattaforma ultraleggera SKY ARROW 650 TC, in grado di operare con notevoli caratteristiche di efficacia, economicità e flessibilità di utilizzo. Sono state inoltre progettate e realizzate le procedure per il preprocessing geometrico e radiometrico delle immagini multispettrali ASPIS. Le stime di alcuni parametri biofisici sensibili (LAI, RWC,...) della vegetazione, sia seminaturale che agricola, tramite indici e valori di riflettanza spettrali derivati dalle immagini ASPIS così processate, si sono dimostrate efficaci, con prospettive di ulteriori miglioramenti introducendo modelli più appropriati per gli effetti di BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function).

Valutazione dello stato ed evoluzione della copertura vegetale in Italia mediante immagini telerilevate del tipo AVHRR

Il sistematico monitoraggio della copertura vegetale boschiva costituisce un importante ausilio per la valutazione di numerosi indicatori di stato e di pressione legati ai processi di degrado e di desertificazione del territorio. È stata sviluppata e messa a punto una metodologia per la classificazione delle coperture vegetali in Italia e per il suo monitoraggio nel corso degli anni. La base di questo monitoraggio è l'indice di vegetazione NDVI (Normalized difference Vegetation Index) e le immagini utilizzate sono quelle del satellite NOAA/AVHRR. La durata del monitoraggio è ventennale, dal 1985 al 2005.

5.4. Studi e valutazioni degli impatti dei cambiamenti climatici e mitigazione

Questo settore di attività riguarda il complesso dei problemi connessi con le conseguenze dei cambiamenti climatici e con le questioni di mitigazione ed adattamento ai cambiamenti del clima. Si tratta, in particolare, di studi e analisi di situazioni o casi peculiari o espressivi dell'ambiente italiano e mediterraneo, di analisi e valutazioni dei rischi di desertificazione e di degrado dei suoli, per definire sia l'attuale situazione, sia il grado di sensibilità e la capacità di

adattamento ai cambiamenti globali. In questo contesto rientrano anche studi ed analisi "ad hoc" in relazione al supporto fornito dall'ENEA alla Pubblica Amministrazione per la Convenzione delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, il Protocollo di Kyoto, il Protocollo di Montreal e la Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla Desertificazione. Rientrano in questo ambito anche le attività di gestione del "Focal Point" nazionale di IPCC e di partecipazione ad IPCC, le attività di assistenza al Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio nei negoziati internazionali sul clima e le attività di informazione e divulgazione per conto dello stesso Ministero. Le attività, inoltre, sono svolte anche in connessione con altri contesti istituzionali e soprattutto con il contesto europeo, in particolare l'Agenzia Europea per l'Ambiente e le Direzioni della UE competenti in materia, dove si delineano le strategie e i programmi comunitari.

Programma Nazionale di Lotta alla siccità ed alla desertificazione nell'ambito delle attività del Comitato Nazionale

È stata effettuata una raccolta di indicatori ambientali e socio-economici a livello regionale finalizzato alla realizzazione del rapporto che l'Italia presenta periodicamente alle Nazioni Unite. La raccolta si è basata sulle fonti statistiche ufficiali e sui risultati di progetti nazionali ed europei che mettono a disposizione dati riferiti all'anno 2000. L'insieme di indicatori costituisce un primo nucleo di indicatori necessari alla valutazione dei progressi effettuati in Italia nella lotta alla desertificazione.

È stata effettuata un'attività di promozione dell'impiego di energie alternative nella lotta alla desertificazione ed elaborazione di microprogetti di cooperazione allo sviluppo e di informazione e partecipazione delle comunità locali interessate dagli interventi. I microprogetti sono stati sviluppati in collaborazione con le organizzazioni non governative locali incaricate di attuare localmente i progetti.

Impatto dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche in zone vulnerabili alla desertificazione e valutazione dei fabbisogni dei paesi affetti dalla desertificazione

Nell'ambito del Progetto DESURVEY sono stati acquisiti ed elaborati i dati climatici e territoriali necessari alla realizzazione di un bilancio idrologico a scala regionale e di bacino idrografico. La partecipazione al "work package" relativo alle risorse idriche si prefigge di costruire un data base di dati climatici e territoriali necessario ad effettuare valutazioni di impatto di futuri scenari climatici.

L'attività prevista nel "work package" dedicato all'analisi socio-economica per l'individuazione dei fabbisogni dei paesi affetti da desertificazione del nord mediterraneo, nonché di altri paesi partecipanti al progetto DeSurvey (Algeria, Tunisia, Marocco, Senegal, Cina e Cile) ha realizzato l'analisi di tutti i rapporti e piani di azioni nazionali all'UNCCD prodotti da 18 paesi e redatte schede riassuntive per ogni paese. Tale attività preparatoria permetterà un'analisi comparata dei documenti e la produzione di un rapporto finale, quale prodotto da esibire entro il 18 mesi dall'avvio del Progetto DeSurvey.

Sono stati inoltre identificati e selezionati e raccolti in un data base i potenziali stakeholders connessi alla tematica desertificazione nei paesi sopra indicati, ai vari livelli (internazionale, nazionale e locale) e avviate, in cooperazione con gli altri partner europei, analisi dei potenziali utilizzatori dei prodotti del Progetto DeSurvey.

Studi sulla vulnerabilità della Regione Abruzzo ai cambiamenti climatici

È stato intrapreso un studio di fattibilità per la valutazione della vulnerabilità e degli impatti della variazioni climatiche sulla Regione Abruzzo ed ipotesi di adattamento.

Lo studio ha comportato l'acquisizione di dati ed informazioni nel campo dell'assetto idrogeologico del territorio abruzzese, del ciclo idrologico e dei trend climatici, e la valutazione dei movimenti tettonici che hanno interessato il settore costiero negli ultimi 10.000 anni.

Quest'ultima informazione è stata ottenuta con misure in situ mediante sondaggi preso la foce del fiume Sangro.

Nel novembre è stato presentato il secondo rapporto in cui vengono individuati e definiti tutti gli aspetti metodologici a scala locale che vanno seguiti per la definizione del rischio e degli impatti da esso indotti sull'assetto socio economico del territorio a seguito di input meteoroclimatici.

Valutazioni delle politiche, misure, ed analisi delle metodologie per l'inventario delle emissioni di gas ad effetto serra e delle tecnologie per la loro riduzione

In qualità di partner scientifico del Progetto "ROMAPERKYOTO", l'ENEA ha fornito il supporto tecnico scientifico alla definizione dei principi alla base della elaborazione di un piano d'azione per la riduzione delle emissioni di "Gas Serra" del comune di Roma per contribuire al raggiungimento degli obiettivi del Protocollo di Kyoto. Inoltre è stata completata la quantificazione della riduzione di emissioni di gas ad effetto serra attraverso la valutazione delle emissioni al 1990 con proiezione delle emissioni al 2012 e la definizione delle strategie di riduzione.

5.5. Studi e valutazioni su clima e ambiente marino mediterraneo

Queste attività sono condotte secondo due linee principali: comprensione dei processi fisico-chimico-biologici dell'ecosistema marino e loro interrelazioni; sviluppo di sistemi operativi per la previsione dell'ecosistema marino a breve e medio termine.

Nell'ambito della prima linea si effettuano misure e studi rivolti alla comprensione dei processi che controllano il funzionamento e la variabilità degli ecosistemi marini mediterranei e la loro risposta a cambiamenti naturali o indotti da perturbazioni antropiche; queste attività fanno riferimento ai grandi programmi internazionali di ricerca sui cambiamenti climatici (JGOFS-SOLAS, LOICZ).

Nell'ambito della seconda linea si sviluppano diversi moduli di un sistema complesso di previsione dei cambiamenti dell'ecosistema mediterraneo a medio e breve termine. Le attività di questa linea sono inserite nel programma internazionale Global Ocean Observing System (GOOS) dell'UNESCO - IOC e WMO e nella sua componente costiera COOP.

Relazioni tra idrodinamica, ciclo dei nutrienti e componente biologica

Le attività hanno riguardato la variabilità del Mediterraneo ed in particolare i cambiamenti nella circolazione del bacino orientale, la loro propagazione nel bacino occidentale e la loro influenza sui cicli biologici. Il problema è stato affrontato svolgendo studi di processo e acquisendo serie temporali di dati. È stata condotta una campagna oceanografica nel Mediterraneo Occidentale, parte di uno studio multidisciplinare sulla sua circolazione, sul ciclo dei nutrienti, sui flussi di Carbonio e sui fattori che li controllano. Si è poi concluso il secondo anno di acquisizione di dati meteorologici, idrologici e correntometrici in continuo da postazione fissa nel Mar Ligure centrale, per lo studio delle interazioni aria-mare ed è stata condotta una campagna oceanografica nell'area circostante.

Analisi delle interazioni costa mare e valutazione risposta dei sistemi costieri ai cambiamenti naturali o di origine antropica

Nell'ambito della convenzione con il Parco delle Cinque Terre si è concluso il secondo anno di monitoraggio della qualità delle acque costiere basato su un sistema di misura in continuo di parametri fisici, chimici e bio-ottici nella colonna d'acqua (sviluppato nell'ambito del programma MIUR "Ambiente Mediterraneo") e su campagne periodiche di misura. I risultati del monitoraggio in continuo sono disponibili in tempo reale nei siti web del CRAM e del Parco delle Cinque Terre. Nella stessa area è stato completato uno studio per la caratterizzazione sedimentologica e geomorfologica della fascia costiera e della piattaforma continentale interna. A livello nazionale, è stato inoltre concluso il riconoscimento delle unità fisiografiche naturali, delle province petrografiche sedimentarie, delle celle litorali e delle "unità sedimentarie costiere di pregio" caratterizzate dalla presenza di dune eoliche e/o specchi d'acqua costieri, su base bibliografica e cartografica alla scala nominale 1:100.000 o inferiore.

È stata condotta la prima campagna di rilievi nell'ambito del Progetto MEDOCC INTERREG "Posidonia" che, attraverso la partecipazione di partners italiani, francesi, spagnoli e tunisini si propone di discutere, sperimentare e mettere a punto le procedure di monitoraggio e di sorveglianza dell'ecosistema Posidonia. Obiettivo generale del progetto è infatti armonizzare tali metodiche e redarre un manuale contenente linee guida utilizzabili anche dagli altri paesi del Mediterraneo.

Sviluppo di sistemi e metodologie per l'oceanografia operativa

Nell'ambito di queste attività di ricerca i risultati raggiunti sono stati collegati allo sviluppo di tecnologie per l'osservazione e la trasmissione di dati in tempo reale, il controllo di qualità in 'near-real time' (ovvero poche ore di ritardo dalla raccolta), la costituzione di un sistema informativo che consenta di avere notizie sui progetti e permetta l'accesso ai dati attraverso pagine web.

Sono continuate le attività per lo sviluppo di nuovi strumenti di osservazione come 'lanciatori multipli' di sonde a perdere (XBT) da utilizzare in navi commerciali per misure di temperatura nella colonna d'acqua e la messa a punto di sonde a perdere che permettano misure di profili di temperatura e 'clorofilla' utilizzando navi commerciali.

ENEA-CLIM si è quindi sempre più specializzata nei sistemi di osservazione e di gestione dei delle informazioni e dati.

A queste attività 'operative', sono state aggiunte anche altre in maggior sintonia con i grandi progetti internazionali GEO e GMES. In questo ambito sono stati meglio specificati ed implementati i 'prodotti' e 'servizi' offerti. Infatti sono state fornite, tramite pagine web, informazioni sui prodotti sviluppati nell'ambito dei sistemi operativi di osservazione ed i seguenti 'servizi': selezione dei dati in aree geografiche e limiti temporali scelti dagli utenti, selezione dei parametri e della qualità dei dati, visione preliminare dei dati, grafici dei profili, accesso ai dati.

6. PROTEZIONE DELL'AMBIENTE

6.1. *La valutazione della qualità dell'aria*

La valutazione della qualità dell'aria, a qualunque istituzione sia demandata, non può essere intesa come fotografia istantanea del presente ma piuttosto come un processo ciclico che coinvolge, nel suo insieme, la valutazione preliminare, la zonizzazione, la definizione dei regimi di controllo, la pianificazione degli interventi e il riesame periodico della situazione.

Infatti, la qualità dell'aria in un determinato luogo è il risultato di emissioni, non solo locali, e di scelte che riguardano tutti quei settori che direttamente o indirettamente insistono sul sistema atmosferico con le emissioni e la cui evoluzione può portare a conseguenze non sempre identificabili in modo semplice.

La descrizione di tali fenomeni è assai complessa: occorre considerare, ad esempio, che le sostanze inquinanti che più destano preoccupazione, come l'ozono ed il particolato fine, neppure in prima approssimazione possono essere linearmente correlate con il termine sorgente.

In tale ambito, sono proseguite le attività per lo sviluppo di strumenti e modelli per la definizione di strategie per la riduzione dell'inquinamento atmosferico a livello transnazionale, regionale ed urbano, a supporto e per conto del MATT (per i lavori connessi ai tavoli negoziali internazionali, ai gruppi di lavoro UE e ONU-ECE, al Tavolo Tecnico delle Regioni presso il MATT, alla Commissione Nazionale Emergenza Inquinamento Atmosferico, ecc.) e delle Amministrazioni Locali.

Sviluppo di indicatori e delle relative mappe in grado di caratterizzare l'impatto sul territorio italiano di inquinanti atmosferici transfrontalieri

Un indicatore di impatto su cui da anni si concentra l'attenzione della comunità scientifica internazionale riguarda l'ozono. Su questo tema, il MATT ha affidato ad un consorzio di Enti Pubblici, tra cui l'ENEA, un incarico di ricerca per individuare indicatori di impatto sulla vegetazione e sulle foreste in grado di riprodurre in maniera più precisa i danni da ozono osservati e che siano rappresentativi nell'ambiente mediterraneo.

Sono stati individuati e calcolati gli indici ritenuti più significativi, scelti alla luce delle più recenti indicazioni fornite dall'ONU-ECE e dal Programma della Commissione Europea Clean Air For Europe (CAFE).

I risultati ottenuti ribadiscono ancora una volta sia che l'Italia è, tra i paesi europei, quello dove si raggiungono le più elevate concentrazioni di ozono, sia che gli indicatori normalmente utilizzati nel contesto internazionale sono inadeguati per descrivere correttamente il danno da ozono che si osserva alle latitudini mediterranee; risulta, quindi, quanto mai necessario potenziare la ricerca al fine di individuare indicatori di impatto sulla vegetazione e sulle foreste in grado di riprodurre in maniera più precisa i danni da ozono osservati.

Nell'ambito di questa linea di attività, l'ENEA partecipa al Progetto Integrato triennale CULT-STRAT del VI Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico dell'UE, riguardante la valutazione degli effetti dell'inquinamento atmosferico sul patrimonio culturale. Nel corso del 2005 sono state realizzate, sulla base di banche dati UNESCO, mappe relative alla distribuzione dei manufatti d'arte da sovrapporre alle mappe di deposizione degli inquinanti atmosferici per l'individuazione delle aree a rischio di corrosione, ed è stata messa a punto una metodologia per l'individuazione degli stock di materiali a rischio.

Un modello integrato di valutazione per l'Italia per l'analisi di scenari emissivi di gas serra ed inquinanti atmosferici e valutazione degli effetti e dei costi associati

Il Sistema Modellistico Atmosferico della suite MINNI (Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione Internazionale sui temi dell'inquinamento atmosferico) è un modello chimico deterministico di trasporto per la descrizione dei processi chimico-fisici in atmosfera e fornisce le concentrazioni degli inquinanti in funzione dello spazio e del tempo a partire da date condizioni meteorologiche ed emissive.

Il modello, la cui realizzazione è iniziata nell'ambito dell'Accordo di Programma tra MATT ed ENEA, è stato ulteriormente sviluppato nel corso del 2005. In collaborazione con l'International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA – Laxenburg, Austria), si è proceduto alla realizzazione del modello RAINS-Italy per la valutazione dell'efficacia e dei costi delle misure di riduzione dell'inquinamento atmosferico, modello utilizzato nella sua versione originale su scala continentale dalla Commissione Europea e dall'ONU-ECE nella predisposizione di Direttive Comunitarie e Strategie europee di riduzione dell'inquinamento atmosferico. Con la versione attuale del modello RAINS-Italy, sono stati prodotti gli scenari di emissione di ossidi di zolfo, ossidi di azoto, composti organici volatili ed ammoniaca adottati ufficialmente dall'Italia ed utilizzati dalla CE nell'ambito del Programma CAFE per la definizione della Strategia Tematica per l'aria. Tali scenari di emissione sono stati realizzati a partire dallo scenario energetico più recente, concordato tra il MATT ed il MAP ai fini dei negoziati internazionali in corso (direttiva trading CO₂, meccanismo di monitoraggio delle emissioni di CO₂, direttiva tetti alle emissioni nocive), ed aggiornano gli scenari di emissione di inquinanti atmosferici precedentemente realizzati dall'ENEA.

6.2. Gestione e uso efficiente della risorsa idrica

L'ENEA è impegnato nello sviluppo di studi e metodologie funzionali ad una gestione sostenibile della risorsa idrica per usi civili ed industriali, in particolare sulla caratterizzazione e sulla valutazione della risorsa disponibile e sullo sviluppo di tecnologie ambientali per il trattamento, recupero e riutilizzo di acque reflue da comparti industriali complessi, in particolare nel settore del tessile.

Risparmio idrico

Per un utilizzo sostenibile della risorsa idrica, i documenti di riferimento, predisposti dal Bureau della UE per la direttiva europea IPPC, indicano che per i settori industriali maggiormente idroesigenti è necessario applicare tecniche di minimizzazione dei consumi idrici con misure di diversa natura, quali modifiche nel processo, riuso diretto, rigenerazione e riuso, rigenerazione e riciclo. In ogni caso, la riduzione dei consumi si riflette anche in una diminuzione del refluo scaricato, con una diminuzione dei carichi inquinanti riversati nel recettore.

Questi criteri sono alla base di due studi e progetti condotti nel corso del 2005 dall'ENEA in due industrie del settore agroalimentare.

In particolare, lo studio effettuato in una grossa distilleria della Emilia Romagna ha consentito di approntare e verificare la fattibilità di un progetto per l'ottimizzazione del ciclo idrico, conseguendo un risparmio d'acqua primaria e di effluente scaricato in fognatura e riducendo i costi connessi all'utilizzo idrico. Lo studio ha evidenziato la possibilità di ottenere un risparmio idrico complessivo pari al 25% della portata annua attualmente prelevata e scaricata. Tali riduzioni comportano un impatto sullo scarico finale dell'effluente per il quale sono state valutate adeguate misure di mitigazione. Lo studio ha anche mostrato la convenienza economica

degli interventi proposti e la possibile replicabilità degli stessi in altre distillerie a livello nazionale.

Recupero energetico dal trattamento dei reflui

La principale attività riguarda il progetto AGROIWATECH, un progetto di assistenza di partner balcanici nella realizzazione e gestione di impianti da laboratorio e pilota per il trattamento biologico di reflui di origine agroindustriale. L'obiettivo è quello di ridurre l'impatto ambientale del refluo trasformando questo in ammendante e, contemporaneamente, valorizzandolo dal punto di vista energetico, utilizzando il processo biologico stesso per la produzione di biogas; in particolare si è potuto dimostrare la fattibilità del trattamento dei reflui agroindustriali in un reattore di tipo plug-flow inclinato con una produzione di biogas dell'ordine di 2 volumi di gas per volume di reattore ed una stabilizzazione del refluo trattato che permette, dopo una rapida stabilizzazione aerobica dello stesso, di poterlo utilizzare in campo come ammendante.

Miglioramento dei corpi idrici

In quest'ambito è stato condotto un progetto il cui obiettivo è la modellazione di un sistema naturale (extended detention pond), la valutazione dei carichi inquinanti, sia di tipo organico che inorganico, e le modificazioni che questi subiscono durante il trattamento. Durante l'anno 2005, è stata realizzata la progettazione di un'area naturale a triplice attitudine, depurativa, parco pubblico e controllo di carico idraulico ed inquinante al corpo idrico recettore; tale area è stata successivamente realizzata a cura dal Comune di San Giovanni in Persiceto (Bologna). Risultato principale è stato la dimostrazione della fattibilità, in scala reale in area urbana, di un sistema di trattamento naturale per le acque di prima pioggia con ottimi risultati sull'abbattimento degli inquinanti organici ed inorganici.

Un secondo progetto su cui è impegnato l'ENEA prevedeva lo studio di proposte finalizzate alla razionalizzazione del ciclo dell'acqua, dei sistemi di raccolta e di trattamento, e la produzione di linee guida per i decisori, in paesi dell'area mediterranea (Turchia, Giordania, Libano e Palestina); i principali risultati del 2005 sono la realizzazione di corsi di formazione, sia via e-learning che mediante lezioni condotte sul posto, indirizzati al personale di gestione degli impianti, ai futuri formatori e a funzionari della pubblica amministrazione responsabili delle scelte tecnologiche.

Protezione dei corpi idrici

In questo settore, l'ENEA ha svolto per conto della Amministrazione Provinciale di Ferrara attività di ricerca, studio e supporto per la individuazione di alcuni parametri chimico-fisici di facile determinazione da utilizzare come indicatori dello stato di inquinamento.

L'attività si è concentrata sulla Sacca di Goro, sito appartenente al Comprensorio del Delta del Po, di particolare importanza per le attività produttive legate soprattutto alla molluschicoltura.

Il sito presenta problemi di eutrofizzazione, a loro volta responsabili di possibili crisi anossiche con conseguenti cali della produttività e scadimento ambientale. Per rendere maggiormente dinamici i ricambi idrici, aumentando la capacità autodepurativa del sistema, vengono periodicamente effettuati dragaggi dei canali sublagunari artificiali in ottemperanza al DM del 24/01/1996 che prevede un'attività istruttoria al fine di conoscere le caratteristiche chimiche, fisiche e microbiologiche del materiale di dragaggio.

Dallo studio condotto si è potuto evidenziare l'assenza di variazioni temporali significative delle caratteristiche litologiche dei sedimenti, si sono evidenziate inoltre le previste correlazioni tra le caratteristiche tessiturali-strutturali e gli inquinanti (alla frazione argillosa corrisponde una maggiore concentrazione di metalli pesanti).

Questi primi risultati sono già stati utilizzati per ottenere una semplificazione dell'iter per il rilascio da parte della Regione Emilia Romagna delle necessarie autorizzazioni alla esecuzione delle attività suddette.

Gestione remota di impianti attraverso l'impiego di sistemi esperti

L'implementazione di strumenti e procedure per il miglioramento delle capacità ricettive di corpi idrici superficiali ha certamente come finalità la conservazione e l'uso razionale delle risorse naturali.

Durante il 2005 si è proceduto alla fase di completamento della realizzazione di un sistema esperto per il controllo automatico di impianti di trattamento acque reflue di tipo SBR. Il sistema, che utilizza strumenti legati all'intelligenza artificiale, deve garantire che la durata delle fasi di processo del ciclo depurativo sia funzione della reale durata dei processi biologici. La sperimentazione sta avvenendo su un impianto pilota di volume pari a 500 l, realizzato nel 2004 in ENEA ed installato presso l'impianto di trattamento reflui di Trebbio di Reno (Bologna).

L'obiettivo è quello di realizzare entro giugno 2006 un prototipo da inserire in linea sull'impianto pilota SBR; il sistema realizzato permetterà di ottimizzare la qualità dei processi biologici, minimizzandone, al contempo, i tempi di svolgimento.

La realizzazione di tale sistema di controllo automatico ha evidenziato la possibilità di garantire un miglioramento della qualità del processo biologico con un contemporaneo risparmio energetico significativo; la realizzazione di tale sistema potrebbe determinare una maggiore diffusione degli impianti SBR attualmente poco numerosi in Italia.

6.3. La valorizzazione della risorsa rifiuti

La gestione dei rifiuti riveste un ruolo di importanza non secondaria nella definizione di una strategia ambientale sostenibile; i modelli di gestione integrata dei rifiuti devono dunque porsi come obiettivo non solo la prevenzione e la riduzione dell'impatto ambientale connesso al ciclo di gestione, ma anche il miglioramento complessivo del sistema "uomo-ambiente".

Attuare modelli di gestione integrata dei rifiuti significa soprattutto cogliere le opportunità di recupero delle risorse, in termini di materiali e di energia, in esse contenute.

Il riciclaggio e la valorizzazione energetica dei rifiuti e dei combustibili derivati da rifiuti sono da considerarsi come tematiche prioritarie, che richiedono soluzioni tecnico-economiche concrete e non differibili per consentire una effettiva chiusura del ciclo integrato dei rifiuti.

Le principali attività svolte nel corso dell'anno sono state:

- un progetto che ha lo scopo di promuovere l'innovazione tecnologica nel settore dei rifiuti come mezzo per realizzare uno sviluppo economico-produttivo rispettoso dell'ambiente, di promuovere lo sviluppo delle energie rinnovabili e di contribuire allo sviluppo tecnologico nel settore in ottemperanza alle nuove normative sull'incenerimento e classificazione dei materiali;
- un secondo progetto il cui obiettivo finale è quello di ottenere, dal mix di vari scarti, attraverso un processo pilota, materiali (compositi particellati) con caratteristiche chimico fisiche comparabili con quelle dei materiali cosiddetti "vergini", ma di costo sicuramente inferiore. Si tratta di uno dei primi esempi di scaling-up in questo settore, ove da una scala banco a livello di laboratorio si passa ad una scala preindustriale del processo.

6.4. Protezione del territorio dai rischi naturali

Sismica

Le attività riguardano in generale la valutazione e la mitigazione del rischio sismico. Esse si svolgono nell'ambito di progetti di ricerca internazionali, comunitari e nazionali, nonché di consulenze tecnico-scientifiche ad Enti pubblici centrali e locali e a committenti privati, e comprendono l'analisi della pericolosità sismica, la determinazione della risposta sismica locale e l'analisi sperimentale del comportamento dinamico del terreno, necessaria per la microzonazione sismica di aree urbane, l'analisi sperimentale per lo studio di frane sismoindotte, la valutazione della vulnerabilità delle strutture anche attraverso prove dinamiche in situ.

In particolare, con la firma di un Protocollo d'Intesa con l'Università di Perugia, sono iniziate le attività riguardanti lo sviluppo di un sistema d'isolamento sismico del David di Michelangelo, mentre in collaborazione con la Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici dell'Emilia-Romagna, sono iniziati gli studi per il restauro della Torre di Montorio (Monzuno, Bologna) e di quello di una seconda torre della stessa frazione, entrambe danneggiate dal terremoto del 2003.

A livello internazionale l'ENEA opera, nell'ambito di una collaborazione italo-cilena coordinata dall'ENEA, ad un progetto finalizzato alla valutazione, nella città di Valparaíso (nel Barrio Puerto, sito storico dichiarato dall'UNESCO patrimonio dell'umanità), del rischio multiplo dovuto ad eventi naturali (principalmente terremoti, tsunami ed erosione costiera) e della vulnerabilità strutturale del patrimonio culturale ed urbano.

Rischio idrogeologico da frane e alluvioni

Le attività attengono all'implementazione di metodologie per l'analisi della pericolosità da frana e alla definizione di proposte di azioni dirette ed indirette per la mitigazione del rischio applicate alla pianificazione del territorio.

Tra le più significative attività si citano la collaborazione con l'UNESCO, nell'ambito dell'International Consortium on Landslides, per la salvaguardia dei beni culturali nelle aree a rischio di:

Bamyan (Afghanistan) - supporto scientifico alla definizione di strategie di intervento per la messa in sicurezza della rupe che ospita i Buddha distrutti dai Talebani nel 2001;

Lalibela (Etiopia) - supporto scientifico per la protezione delle chiese rupestri ortodosse attraverso una campagna di indagine di tipo geologico e geologico-tecnico;

Axum - supporto scientifico per la pianificazione di indagini atte alla definizione degli impatti sull'ambiente e sui beni culturali delle opere di intervento per la rierezione dell'obelisco n. 2 del parco delle Steli di Axum.

6.5. Risanamento di aree e siti contaminati

Le tecnologie diagnostiche innovative e la qualità delle misure in campo ambientale sono attività trasversali e propedeutiche ad interventi di protezione ambientale. Queste attività hanno tra i loro obiettivi lo sviluppo e validazione di procedure, metodi, sistemi diagnostici e modelli per lo studio e la caratterizzazione dell'ambiente.

Le attività si focalizzano su due principali obiettivi:

- il primo, è quello di sviluppare strumenti e procedure che consentano di applicare la normativa che regola i controlli e gli interventi in campo ambientale, rispettando l'esigenza di ottenere le necessarie informazioni in tempi ed a costi «socio-

economicamente» accettabili, armonizzando le problematiche relative al risk assessment con quelle relative al risk management;

- il secondo, è quello di fornire un contributo, attraverso lo sviluppo di metodi e procedure, al processo europeo di armonizzazione dei programmi e dei sistemi di controllo della qualità delle analisi in campo ambientale.

Modelli

Per quanto riguarda il primo obiettivo, è stata studiata l'applicazione di modelli per la previsione del comportamento dei contaminanti nell'ambiente e degli effetti che le strategie di intervento possono avere sulla riduzione dei livelli di contaminazione e sugli ecosistemi. I modelli forniscono indicazioni su costi e conseguenze degli interventi stessi sul tessuto sociale ed economico.

In questo stesso ambito, sono stati condotti studi di applicazione, analisi e confronto di diversi modelli di migrazione di contaminanti in aree costiere e in sistemi fluviali europei allo scopo di valutare le prestazioni che differenti tipi di modello possono avere per le diverse applicazioni in relazione a condizioni ambientali ed eventi di contaminazione particolari (migrazione di contaminanti al livello continentale, eventi estremi di inondazione di aree altamente contaminate).

Altro aspetto della modellistica è quello relativo all'analisi di rischio (AdR) che rappresenta un importante strumento di supporto alle decisioni nella gestione sostenibile dei siti contaminati. Nel quadro normativo nazionale in materia di bonifica dei siti contaminati (D.M. 471/99), la AdR è obbligatoria come strumento di verifica dell'accettabilità dei livelli residui di contaminazione quando, anche applicando le migliori tecnologie di bonifica disponibili, a costi accettabili, non si riesce a raggiungere i limiti tabellari fissati dal decreto.

Le procedure oggi in uso utilizzano modelli i quali, per loro natura, sono caratterizzati da incertezza e variabilità. Le attività di ricerca in tale settore sono state concentrate sullo sviluppo e la implementazione di tecniche e metodi finalizzati alla riduzione dell'incertezza nella stima del rischio e/o dell'obiettivo di bonifica.

L'interessante risultato ottenuto è quello di rendere possibile un'analisi di rischio "in regime probabilistico".

Biosensori

I biosensori hanno negli ultimi anni riscosso una crescente attenzione perché lasciavano supporre la possibilità di ridurre i tempi e i costi delle analisi in campo ambientale. Questi dispositivi analitici utilizzano molecole naturali (ad esempio enzimi) o elementi biologici (ad esempio microorganismi) interconnessi a trasduttori di segnale (elettrochimici, ottici...) per il riconoscimento di singoli composti o classi di composti in matrici analiticamente complesse.

Nel corso dell'anno, gli studi, le ricerche e le collaborazioni, già da tempo avviate tra diverse unità dell'ENEA, sono giunte all'aggregazione delle culture e delle competenze necessarie per un tema multidisciplinare come i biosensori (chimica analitica e organica, elettrochimica, microbiologia e biologia molecolare, elettronica), in un quadro favorevole di finanziamenti provenienti dai Piani Triennali Regionali, dal MIUR (FIRB) ed alla comunità europea (V.P.Q.) e di proficue collaborazioni nazionali.

Sono state realizzati semplici dispositivi per misure di radicali liberi, di fenoli e polifenoli, di pesticidi organofosforici e di erbicidi fotosintetici, impiegando enzimi purificati come l'acetilcolinesterasi e la fosfatasi acida, batteri adattati, lieviti ingegnerizzati e il "fotosistema 2" purificato da cianobatteri termofili.

I metodi sviluppati con questi dispositivi basati sui biosensori sono applicabili sia alle analisi in campo su matrici ambientali, sia al controllo e alla caratterizzazione igienico sanitaria e nutrizionale su matrici agroindustriali come il vino, il latte, la frutta (uva).

Biorisanamento ed ecotossicologia

Nell'ambito delle tecnologie ambientali, le biotecnologie rappresentano uno strumento essenziale in quanto possono fornire nuovi approcci per la comprensione, la gestione ed il ripristino dell'ambiente. I benefici potenziali delle nuove biotecnologie ambientali sono ancora lontani dalla loro piena realizzazione, non solo a causa di barriere legali e sociali, ma anche di una carenza di conoscenze scientifiche circa gli organismi che possono essere usati nelle biotecnologie e i sistemi ecologici nei quali queste tecnologie devono essere impiegate.

Un settore importante delle biotecnologie ambientali è rappresentato dal biorisanamento.

In questo quadro è stata svolta attività di ricerca sulla esplorazione di siti contaminati, come nuove nicchie ecologiche, per l'isolamento di microorganismi, consorzi microbici e reti metaboliche di utilità nel campo del risanamento biologico e sulla innovazione metodologica per gli studi di fattibilità del biorisanamento.

I risultati annoverano la disponibilità di consorzi microbici, isolati dal sito minerario nazionale di Ingurto, che presentano capacità di resistenza e di accumulo di metalli pesanti, quali zinco, cadmio e mercurio e che, inoltre, possiedono la capacità di degradare inquinanti organici anche in presenza di metalli pesanti. Queste caratteristiche rendono i consorzi microbici ENEA di interesse applicativo nel campo del sequestro o della immobilizzazione dei metalli da reflui, suoli e sedimenti.

Le attività nel settore ecotossicologico sono state concentrate sull'uso di test per la stima degli effetti di una particolare classe di contaminanti su organismi acquatici. Questi contaminanti sono contenuti nelle vernici antivegetative. Le vernici antifouling hanno in realtà una composizione complessa: per questo motivo, l'ecosistema ricevente è contaminato da miscele complesse per le quali non è semplice prevedere gli effetti tossici verso organismi "non target". I risultati delle attività svolte dall'ENEA costituiscono una prima valutazione di base, ma integrata e quindi comprendente stime di additività, sinergismo, antagonismo e indipendenza, sui rischi connessi all'uso di questi biocidi.

6.6. Sviluppo di prodotti/processi a base biologica

I programmi di RST&D sono focalizzati essenzialmente su due linee di attività. La prima linea riguarda la valorizzazione della "qualità del prodotto agro-alimentare", intesa come fattore importante di competitività e preminente per il consumatore e per la politica dell'Unione Europea. In questo senso, le attività perseguono i seguenti obiettivi: ottenere germoplasma resistente a malattie e ad insetti in specie ortofrutticole, leguminose e cerealicole; valorizzare alcune produzioni tipiche mediterranee (grano duro, pomodoro, agrumi, vite, fragola, carciofo, nocciolo), soprattutto dal punto di vista nutrizionale e salutistico; ottenere germoplasma di qualità per sistemi agricoli sostenibili, basati principalmente sull'impiego di leguminose da granella; caratterizzare dal punto di vista fenotipico e molecolare alcune comunità microbiche presenti nei suoli e in ambienti diversi.

La seconda linea di attività riguarda l'utilizzo di piante intese come "biofabbriche" per la produzione di molecole di interesse biomedico-farmaceutico, con un approccio che potrebbe rappresentare un'alternativa efficace, biologicamente sicura e economicamente vantaggiosa

rispetto ai sistemi di produzione convenzionali (batteri, lieviti, cellule di mammifero) finora adottati dall'industria farmaceutica. In questo campo sono state sviluppate alcune ricerche pionieristiche e attualmente l'impegno è rivolto principalmente alla produzione di anticorpi e alla formulazione di nuovi vaccini. In particolare, alcuni dei vaccini prodotti sono già stati saggiati su modelli sperimentali animali con risultati che appaiono molto promettenti, documentati su importanti riviste internazionali.

Genetica e genomica di piante tipiche mediterranee

Con la realizzazione di piattaforme tecnologiche per il sequenziamento ad alta processività, l'analisi trascrittomica, l'analisi proteomica e la bioinformatica collegata, l'ENEA ha di fatto acquisito una posizione di primaria importanza, in ambito nazionale, nel settore delle analisi biomolecolari su larga scala. Le specie oggetto di queste analisi sono principalmente pomodoro, frumento duro e vite, colture che non solo tipizzano l'agricoltura italiana, ma che sono anche la principale fonte di reddito per l'industria agroalimentare. Il pomodoro è stato caratterizzato dal punto di vista di profili di espressione per lo studio dei geni che possono influenzare la salubrità dell'alimento in termini di contenuto in "nutriceuticals", di architettura della pianta e di resistenza a fitopatie. In particolare, sono state acquisite fondamentali conoscenze nel campo della regolazione della biosintesi di carotenoidi e geni coinvolti nella sintesi di fotorecettori (criptocromo). Le attività di miglioramento delle ortofrutticole hanno riguardato principalmente la fragola. Prima in campo nazionale, ENEA ha messo a punto il sequenziamento sistematico di circa 4.000 sequenze espresse da frutto in maturazione, ha costruito un database di geni espressi e un DNA-microarray con circa 1.800 geni. I principali risultati di tali ricerche sono schematizzati di seguito:

- profiling su larga scala dell'espressione dei geni nel frutto in maturazione e conseguente identificazione di nuove sequenze codificanti coinvolte nella maturazione;
- isolamento e caratterizzazione di un nuovo gene di pomodoro che codifica per un fotorecettore appartenente alla famiglia genica dei criptocromi (cry3);
- descrizione dei pattern di espressione genica diurna e circadiana di geni correlati alla fotopercezione sia in pomodoro selvatico che in linee di pomodoro transgenico con alterata espressione dei geni CRY1 e CRY2. Sono state individuate specifiche alterazioni e fluttuazioni temporali dell'espressione genica in relazione alla disponibilità di criptocromi funzionali nelle foglie di pomodoro;
- caratterizzazione di 5 geni strutturali coinvolti nella biosintesi dei flavonoidi in fragola;
- analisi dell'accumulo di flavonoidi nel frutto di fragola in differenti genotipi e identificazione di geni ad espressione alterata in frutti a contenuto differenziato di flavonoidi.

L'obiettivo principale di tali ricerche è quello di individuare nuove funzioni geniche associate all'espressione di caratteristiche desiderabili negli organismi vegetali, con particolare riferimento allo sviluppo del frutto, attraverso approcci integrati di genomica funzionale e metabolomica.

La pianta come biofabbrica di molecole ad alto valore aggiunto

È stata completata la realizzazione di anticorpi stabili in grado di funzionare come modulatori di attività proteiche all'interno del citoplasma. Queste molecole possono essere utilizzate come reagenti per interferenza molecolare in applicazioni biomediche e nel settore agrario. Per quanto riguarda l'utilizzo delle piante per la produzione di vaccini ricombinanti, area di ricerca dove ENEA ha sviluppato ricerche pionieristiche per la produzione di molecole vaccinali dirette contro HIV-1 e HPV-16, sono state definite le condizioni ottimali per la produzione su

larga scala e sono state valutate in modelli sperimentali animali nuove formulazioni di vaccini a DNA utilizzando sequenze tipiche di virus vegetali.

6.7. Sicurezza alimentare e ambientale

La valutazione dell'impatto sugli agro-ecosistemi e sulla catena alimentare di elementi e composti chimici indesiderati derivanti da differenti fonti di inquinamento, compresi alcuni prodotti biotecnologici, costituisce fattore essenziale per il conseguimento di obiettivi per la sicurezza ambientale, alimentare e sanitaria e per operare funzioni di pre-normativa. Conseguentemente sono svolte attività di RST&D concernenti soprattutto lo studio dell'impatto dell'inquinamento atmosferico e delle acque sulle colture agrarie e sulle catene alimentari.

Studio dell'impatto dei composti agrochimici sull'ambiente e sulla catena alimentare

Nell'ambito delle attività di supporto alla Commissione Consultiva Nazionale per i Prodotti Fitosanitari del Ministero della Salute sono stati valutati, dai dossier presentati dalle ditte produttrici, i rischi ecotossicologici di venti prodotti commerciali contenenti i principi attivi Azadiractina, Spinosad, Novaluron, Benalaxyl-M, Boscalid, Piraclostrobina, Spiroxamina, Isoxaflutole, Mesosulfuron-methyl e Tepraloxidim al fine della registrazione ed autorizzazione al commercio ed all'uso, secondo l'attuazione della Direttiva CEE 91/414.

Su incarico dalla Regione Emilia-Romagna e del CRPV (Centro Ricerche Produzioni Vegetali) è stato applicato l'indicatore di rischio per gli organismi acquatici REXTOX (Ratio of EXposure to TOXicity) a tre scenari geo-pedologici rappresentativi della regione Emilia-Romagna ed è stato effettuato uno screening tra 113 principi attivi impiegati per la difesa antiparassitaria e per il diserbo delle colture del pero e della barbabietola da zucchero evidenziando quelli più a rischio per pesci, alghe e daphnia. Sono stati, quindi, stimati i potenziali rischi per la salute degli operatori in rapporto a circa cinquanta diverse strategie di trattamento antiparassitario, analizzando il rischio nelle fasi di preparazione ed applicazione della miscela e distinguendo situazioni in cui erano usati o meno i sistemi di protezione personale. Il rischio per la salute degli addetti è stato stimato mediante i modelli UK-POEM 3 e German model.

Studio dell'impatto dell'inquinamento atmosferico e delle acque sulle colture agrarie e sulle catene alimentari

Nello studio per la valutazione degli effetti nocivi causati da SO₂, O₃ e polveri in siti rurali limitrofi al nucleo industriale di Termoli prima dell'entrata in esercizio di una nuova centrale termoelettrica a turbogas, le concentrazioni medie di O₃ sono risultate superiori al limite vigente per la protezione della vegetazione indicando, perciò, possibili danni alle colture. Le concentrazioni sperimentali di SO₂, invece, rientrano nel limite per la protezione degli ecosistemi e non fanno presupporre rischi per la salute umana. Tutte le concentrazioni di polveri totali misurate soddisfano ampiamente i valori guida di qualità dell'aria.

6.8. Sviluppo e promozione di tecnologie a basso impatto ambientale

Le analisi e valutazioni della sostenibilità basate sull'approccio di ciclo di vita sono la metodologia ritenuta più idonea per caratterizzare e valutare gli impatti ambientali a livello di beni e servizi e, più in generale, per valutare diverse soluzioni progettuali e di intervento.