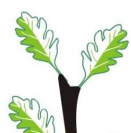


POR PUGLIA 2000-2006

Misura 6.2 azione C

Progetti Pilota a sostegno dell'innovazione delle
imprese e dello sviluppo sostenibile



CYBER PARK 2000

Progetto pilota per la gestione
informatizzata
delle aree naturali protette

cyber . park



RELAZIONE FINALE

Contraente:
Centro Interdipartimentale
BIOAGROMED
Università degli Studi di Foggia

1. Finalità generale

Il progetto si è posto l'obiettivo di **utilizzare le tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione per proporre un nuovo ed avanzato modello di gestione, valorizzazione e fruizione di aree protette della Provincia di Foggia ed in particolare le aree protette del Bosco dell'Incoronata e del Subappennino Dauno Meridionale**, in cui sono presenti molte aree SIC che, con altre valenze ambientali, costituiscono la matrice diffusa proposta per l'istituzione di parchi naturali ai sensi della L.R. 19/97.

Tale obiettivo è stato conseguito attraverso l'esecuzione di uno **studio pilota** che ha delineato **metodi, struttura e contenuti** del suddetto modello, al fine di proporlo per la sperimentazione presso un Ente Territoriale (comune di Foggia e/o Comunità Montana) individuato quale possibile ente gestore dell'area protetta.

2. Principali obiettivi conseguiti

E' dato identificare una pluralità di obiettivi conseguenti all'espletamento del Progetto, così come di seguito schematicamente indicati:

- Il prototipo predisposto raffigura (sia sul piano ideativo e metodologico che quello di una concreta realizzazione infrastrutturale e tecnologica) un **sistema di gestione territoriale integrato come modello di gestione ambientale**, localizzandolo presso il Comune di Foggia ed individuando ruoli e competenze di ciascun soggetto.
- Si è proceduto alla realizzazione di un **sistema di monitoraggio ambientale e di elaborazione dei dati ambientali** come strumento in grado di acquisire, inglobare e sviluppare l'informazione veicolata da un certo numero di fonti; il sistema approntato, cioè, è in grado di funzionare anche con pochi dati eterogenei disponibili, così come farebbe un esperto, che conosce bene il suo problema, di fronte alla mancanza di qualche dato di riferimento.
- L'utilizzo di tecnologie dell'**intelligenza artificiale** consente al sistema allestito di trasformare i dati di monitoraggio in informazioni mirate, attraverso il ragionamento automatico (pur sempre sotto il controllo logico e procedurale dell'uomo), e le informazioni

così ottenute in supporto decisionale, attraverso la "capitalizzazione" informatica della conoscenza e della specifica esperienza nel settore.

- Il sistema così sviluppato può essere definito come un **sistema knowledge based**; esso non si limita ad una semplice traduzione in unità di misura di segnali elettrici provenienti da sensori ma, in modo più avanzato, "apprezza" la significatività del dato acquisito e funge da "supporto alle decisioni", disponendo delle capacità elaborative e della "conoscenza" per poter analizzare in tempo reale gli scenari monitorati e, in funzione dell'utente e dello stato del sistema, "suggerire" interventi a fronte di situazioni critiche od anomale.
- Il sistema approntato consente di avere sotto controllo alcuni elementi significativi del territorio per quanto attiene alla nascita, l'evoluzione ed il **controllo di eventi calamitosi ed incidenti ambientali** attraverso un monitoraggio continuo che garantisce idonee condizioni di salvaguardia a beneficio dell'ecosistema. Particolare enfasi a questo riguardo è stata assegnata alla prevenzione degli incendi boschivi. La possibilità di rilevare ed interpretare tempestivamente, con capacità diagnostiche previsionali e di *early warning*, gli eventi che si vengono a manifestare nel tempo con riferimento alle aree monitorate, integrando dati qualitativi, quantitativi ed altre eterogenee informazioni, fornisce il quadro reale di riferimento per la scelta decisionale di interventi che siano specificatamente mirati alla prevenzione ed alla conservazione delle aree.
- Oltre alle condizioni di allarme che presuppongono tempestività d'intervento, il sistema offre la possibilità di avere sotto **controllo ordinario** ulteriori elementi significativi del territorio e di conoscerne in tempo reale le relative evoluzioni, attraverso un monitoraggio continuo che garantisca la corretta fruibilità ed un'efficace salvaguardia con beneficio per il pubblico che vi accede, per l'ecosistema che preserva la sua integrità. Ciò consente interventi di gestione opportunamente programmati e calibrati, costantemente finalizzati al miglioramento delle funzionalità ecosistemiche dell'area protetta.
- Viene resa possibile, anzi promossa e stimolata, l'integrazione del sistema delle conoscenze territorialmente diffuso elaborato dal progetto attraverso la sua **connessione ai sistemi informativi degli Enti di gestione** (Comune di Foggia, Comunità Montana, Provincia di Foggia) o con i sistemi informativi di altro livello (regionale, provinciale, Autorità di Bacino, Protezione Civile, ARPA, ecc.).
- Particolare rilievo assume anche il cospicuo ampliamento del **patrimonio di conoscenze tecnico-scientifiche** in merito agli aspetti ambientali dell'area di riferimento; notevole è

stato lo sforzo di procedere ad un'analisi metodica e sistematica degli elementi più qualificanti l'assetto naturalistico ed antropico del territorio, letti ed interpretati nel quadro dell'esigenza di definire criteri di gestione in grado di guidare correttamente gli interventi di salvaguardia degli habitat e promozione socio-economica.

- Si è inteso costruire un sistema di supporto alle decisioni orientato alla risoluzione delle reali problematiche presenti sul territorio. Sono state pertanto impostate le **linee guida del piano di gestione** dei territori SIC. Il complesso sforzo messo in essere attraverso l'attività di monitoraggio e di lettura dei dati, nonché l'intero processo di acquisizione ed elaborazione delle informazioni ambientali ha senso e risulta giustificato solo se finalizzato alla definizione di criteri rigorosi, attuali, scientificamente validati che sappiano orientare le scelte di gestione delle aree protette in raccordo armonioso con la pianificazione generale del territorio.

3. Principali prodotti realizzati

Di seguito, schematicamente si elencano i più significativi risultati conseguiti tramite le attività di progetto e gli elementi d'innovazione più significativi che ne sono derivati e che contraddistinguono il prototipo di progetto, definito come un sistema complesso, articolato in una pluralità di componenti:

- Creazione del *Sistema Informativo Territoriale* (SIT) finalizzato alla gestione informatizzata delle aree naturali protette.
- Ampliamento del *Sistema della Conoscenza*, con riferimento a differenti aree tematiche d'interesse del progetto, in rapporto all'area geografica di riferimento (area campione) ed ai SIC in essa presenti; ampliamento del complesso delle informazioni tecnico-scientifiche in merito ai più rilevanti caratteri ambientali (clima, fauna, vegetazione, idrogeologia, infrastrutture, ecc.).
- Creazione di "strati" informativi (*layer*) originali ed aggiuntivi rispetto alla cartografia di base (ottenuti a seguito della realizzazione di studi specifici applicati al territorio di riferimento) e predisposizione di nuovi tematismi e di nuovi elaborati cartografici per un ulteriore potenziamento del SIT di progetto.

- Predisposizione del *Sistema integrato di Monitoraggio ambientale* a sua volta costituito da una pluralità di componenti:
 - Sistema di rilevazione ed acquisizione locale delle variabili ambientali, comprendente specifici sensori finalizzati al monitoraggio ambientale nonché le unità di interfacciamento con il sistema di trasmissione locale.
 - Il sistema hardware e software per la trasmissione in locale e verso il sistema centrale di trattamento dei dati; tale prodotto comprende le unità di trasmissione dalle installazioni dei sensori all'unità locale di elaborazione e memorizzazione dati.
 - La stazione di memorizzazione ed elaborazione dei dati provenienti dal sistema di acquisizione, con le sue componenti hardware/software; tale sistema è in grado di operare completamente in automatico (ossia senza alcun presidio), ma è comunque fornito di tutti i dispositivi e le periferiche necessarie a rendere possibile la manutenzione da parte di un operatore.
- Allestimento del *Centro di Elaborazione Dati* (CED), presso la sede del Comune di Foggia, partner del progetto, ed ente gestore del Parco Naturale Regionale "Bosco Incoronata", dove è installato il *Sistema Esperto* (SE) di interpretazione e supporto alle decisioni integrato localmente con il SIT "CyberPark 2000" in ambiente GIS.
- Lo stesso sistema è a sua volta composto da una serie di componenti hardware e software per l'elaborazione dei dati e la delibera dei livelli di allarme (*early warning*) e delle condizioni di danno del sistema monitorato.
- Definizione delle *Linee Guida* per la realizzazione del *Piano di Gestione* delle aree SIC campione.

I prodotti così realizzati si ritiene siano consoni a rendere operativa l'applicazione di un sistema di monitoraggio e supporto alle decisioni finalizzato alla gestione informatizzata delle aree naturali protette, sistema che pertanto si qualifica come la realizzazione del prototipo di progetto.

4. Acquisizioni tecnico-scientifiche

Il progetto pilota ha operato entro un quadro d'intervento in cui la ricerca applicata ed il mondo dell'ICT si sviluppano sinergicamente per delineare un processo di governo del territorio.

Il lavoro di studio ed analisi ha previsto frequenti interventi di rilevamento diretto in campo, attività di elaborazione di dati ambientali, elaborazioni cartografiche in ambiente GIS, elaborazioni di immagini satellitari o telerilevate, ecc. Il complesso delle suddette attività può ritenersi di particolare rilevanza, manifestando una spiccata valenza innovativa (non limitatamente al contesto regionale di riferimento); ciò vale sia con riferimento alla caratterizzazione ambientale tramite rilevazioni strumentali e relative restituzioni cartografiche come pure rispetto all'insieme delle problematiche inerenti la predisposizione hardware/ software ed infrastrutturale del sistema informatizzato di monitoraggio e gestione ambientale.

Il progetto ha consentito l'acquisizione di un'ampia gamma di informazioni e conoscenze relativamente ai sistemi ambientali oggetto d'indagine, secondo un fecondo approccio interdisciplinare che ha visto coinvolti settori tecnico-scientifici assai differenziati.

Un'ulteriore ampia gamma di prodotti finali di progetto riguarda quindi il complesso delle acquisizioni tecnico-scientifiche che trovano impiego ed utile collocazione nell'ambito del Sistema Informativo Territoriale connesso al sistema di monitoraggio e costantemente aggiornato.

In qualità di prodotti aggiuntivi rispetto a quelli riportati al precedente paragrafo 3, è opportuno citare:

- La progettazione della **rete ecologica territoriale** riferita all'area di diretto interesse "CyberPark 2000", comprendente quella porzione del territorio della provincia di Foggia che include il SIC "Bosco dell'Incoronata e valle del Cervaro" come asse longitudinale, allargandosi a ventaglio in direzione Sud-Ovest ad abbracciare i SIC delle aree boschive Subappenniniche (SIC "Accadia – Deliceto", SIC "Monte Cornacchia – Bosco di Faeto", la porzione a monte del SIC "Valle dell'Ofanto – Lago Capaccioti"). La rete ecologica è in grado di leggere ed interpretare il mosaico territoriale costituito da aree a differente valore e funzionalità ecologica, valutarne il grado di interconnessione e le possibilità di dispersione

delle specie selvatiche, al fine di ridurre la frammentazione paesistica e limitare la perdita di biodiversità

- La predisposizione delle **check-list della fauna** a cui assegnare un'imprescindibile valenza in qualità di strumento atto a verificare ed aggiornare la presenza delle specie animali nel contesto territoriale d'interesse; ciò costituisce un lavoro prezioso in quanto eseguito in modo più diretto e dettagliato rispetto alle semplice collazione delle informazioni bibliografiche disponibili e mediante una valutazione "sul posto". Tali *check-list* sono riferite ripartendo le indicazioni fra differenti classi tassonomiche (pesci, anfibi, rettili, mammiferi ed uccelli) e riferendoli a differenti scale spaziali (Bosco Incoronata; SIC completo ed esteso all'intera valle del Cervaro; Area estesa "CyberPark 2000", così come definita al punto precedente). Le *check-list* hanno l'importante significato di definire la rilevanza naturalistica delle specie in rapporto alla rarità od allo stato di conservazione in cui esse versano, sia relativamente all'area particolare oggetto di studio che all'intero areale di distribuzione.
- La predisposizione del **catalogo della flora vascolare** del SIC "Bosco dell'Incoronata e valle del Cervaro" e l'indicazione dell'eventuale inserimento delle specie d'interesse nell'ambito delle liste rosse di rilevanza conservazionistica.
- **Mappatura degli habitat** relativamente al SIC "Bosco dell'Incoronata e valle del Cervaro" attraverso la rilevazione diretta e la caratterizzazione degli habitat oggetto specifico di salvaguardia da parte delle Direttive europee "Habitat" (92/43/CEE) ed "Uccelli" (79/409/CEE).
- Elaborazione dei **protocolli di analisi qualitativa delle acque**, con particolare riferimento agli aspetti più innovativi connessi alla valutazione dell'**Indice Biotico Esteso** (IBE) e dell'**Indice di Funzionalità Fluviale** (IFF) oltre che dei parametri chimici, fisici e microbiologici indispensabili per l'elaborazione di un giudizio complessivo ed integrato sullo stato di salute dei corsi d'acqua. Una campagna di rilevazione dati realizzata nel corso di un intero anno ha consentito di stilare un giudizio circa la qualità delle acque del Cervaro con riferimento ad un suo ampio tratto.
- Definizione di **protocolli per il monitoraggio degli habitat** attraverso l'impiego di bioindicatori faunistici ed in particolare mediante l'analisi di comunità di artropodi e micro-mammiferi campionati per mezzo di trappolamento (*pitfall-traps*).
- Definizione di **protocolli per lo studio dell'avifauna** attraverso l'impiego di rilevatori acustici e censimento al canto per punti d'ascolto (*point-count*).

- Acquisizione ed elaborazione di **immagini radar (LIDAR)** telerilevate su Bosco Incoronata finalizzate alla realizzazione del modello digitale del terreno e del modello di combustibile. Ottenimento di ortofoto a colori da elaborazione di foto digitali tele rilevate.
- Acquisizione ed elaborazione di **immagini satellitari** relative al Bosco Incoronata, Valle del Cervaro, Subappennino Dauno; in particolare: 1 immagine Landsat TM, 4 immagini Aster, 1 immagine Spot5, 5 immagini Quickbird, finalizzate alla valutazione dello stato fisiologico della vegetazione e della suscettibilità al fuoco lungo una serie temporale di dati.

5. Infrastrutture tecnologiche

La dotazione in infrastrutture tecnologiche conseguita durante l'espletamento delle attività progettuali è funzionale alla realizzazione del prototipo di progetto, ossia l'organizzazione e l'implementazione di un *Sistema di Monitoraggio* ambientale informatizzato, in grado di acquisire ed elaborare informazioni a carattere territoriale, fornire supporto alle decisioni di tipo gestionale, sia rispetto a condizioni ordinarie che calamitose (*early warning*).

A tal fine, di seguito, si elencano le attrezzature e le altre acquisizioni strumentali che nel loro complesso vengono a costituire il prototipo, per ciascuna di esse indicando l'afferenza funzionale e la collocazione.

- **Sistema di Sorveglianza all'Infrarosso (SSI) per il rilevamento degli incendi.** Il sistema di monitoraggio antincendio viene collocato presso due distinte località assunte come aree campione del progetto pilota; in particolare, la prima località di riferimento è il Bosco Incoronata, con sensori montati alla sommità di una torre-faro appositamente montata in prossimità del Centro Servizi del Comune di Foggia, all'interno dell'area del Parco Naturale Regionale; la seconda località di riferimento è il Bosco dell'Acquara, con sensori collocati alla sommità della Torre del Castello Normanno di Bovino. Tale sistema si articola nelle seguenti componenti:
 - Due **unità termiche**: Thermo Vision A320 con obiettivo standard 25x 18,75°, lente addizionale "tele" da 30 mm (campo di vista 15°x10°); custodia protettiva in acciaio inox completa di lente al germanio; unità pan/tilt completa di staffe per il fissaggio delle unità termiche e vide; ricevitori di telemetria (pan/tilt) da inserire nel quadro elettrico.
 - Due **unità video**: telecamera, zoom, custodia protettiva in alluminio.

- Due **quadri elettrici**: unità di alimentazione, unità di conversione ethernet/RS485, switch, kit di interconnessione con unità termica e video.
- **Piattaforma di Sistema Esperto di monitoraggio ambientale DSS/"XBase Tool"** c/o Centro di Elaborazione Dati (CED), Comune di Foggia, Ufficio Ambiente (palazzo Amgas).
 - Consiste in apparati hardware e *device* software per la realizzazione dell'infrastruttura tecnologica del modulo XBASE per l'integrazione con il Sistema GIS e con il Sistema di Monitoraggio SCADA e con le infrastrutture tecnologiche di rete e di comunicazione.
 - Sono incluse estensione Frame Java.net (su supporto CD/DVD) e componenti software di XBase Tool (su supporto CD/DVD).
- **Cruscotto indicatori del Sistema Esperto/DSS "XBase Tool"** c/o Centro di Elaborazione Dati (CED), Comune di Foggia, Ufficio Ambiente (palazzo Amgas).
 - Progettazione, sviluppo ed implementazione degli algoritmi d'intelligenza artificiale necessari alla realizzazione del Sistema Esperto / Sistema di Supporto alle Decisioni (XBase Tool).
- **Centraline meteo-ambientali** c/o Bosco Incoronata, Centro Servizi Comune di Foggia e c/o Torre del Castello Normanno (Bovino - FG).
 - La centralina in oggetto è dotata di una pluralità di sensori meteo-ambientali fra i quali: radiazione globale, termo-igrometro, pluviometro, anemometro ed anemoscopio, barometro; a ciò si aggiunge il sistema di ancoraggio ed il software per la gestione del sistema.
- **Unità portatile di monitoraggio della qualità delle acque** c/o Centro di Elaborazione Dati (CED), Comune di Foggia, Ufficio Ambiente (palazzo Amgas).
 - Sonda multiparametrica per la misura del pH, potenziale redox, ossigeno disciolto, conducibilità, torbidità e temperatura delle acque; centralina trasmettitore wireless (WiFi); cavo di collegamento immergibile autoportante; palmare con Sw di misura e valutazione dell'indice di qualità delle acque (Water Quality Index).
- **Modulo di Sistema SCADA** c/o Centro di Elaborazione Dati (CED), Comune di Foggia, Ufficio Ambiente (palazzo Amgas).

- Modulo Supervisory Control and Data Acquisition “Intesys Sensors” per le funzionalità di monitoraggio e per la gestione ed interpretazione delle misure on-line di processo (data-input).
- **Torre Faro** c/o Bosco Incoronata, Centro Servizi Comune di Foggia.
 - Torre faro marca NCM mod. TF 300, comprensiva di scala fissa con terrazzini intermedi e di piattaforma alla sommità mod. P12, poggiante su plinto armato di fondazione. Alla sommità della torre sono collocati i sistemi di video e termo-camera per la prevenzione incendi; ad apposita altezza è collocata la centralina meteo-ambientale per la rilevazione delle variabili meteorologiche.
- **Dati rilievo Lidar Bosco Incoronata** c/o Centro di Elaborazione Dati (CED), Comune di Foggia, Ufficio Ambiente (palazzo Amgas).
 - Dati laser e fotografici telerilevati, a mezzo di elicottero, con risoluzione pari a 20 cm per una superficie di 2000 ha; elaborazione del Modello Digitale del Terreno, classificazione dei dati laser; ortofoto a colori ottenute dall’elaborazione delle foto digitali.
- **Immagini satellitari** c/o Centro di Elaborazione Dati (CED), Comune di Foggia, Ufficio Ambiente (palazzo Amgas).
 - Data base immagini satellitari relative al Bosco Incoronata, Valle del Cervaro, Subappennino Dauno; in particolare: 1 immagine Landsat TM, 4 immagini Aster, 1 immagine Spot5, 5 immagini Quickbird.
- **Apparati hardware di supporto** al sistema di sorveglianza antincendio Bosco Incoronata Foggia e Castello Normanno Bovino e presso il Centro di Elaborazione Dati (CED), Comune di Foggia, Ufficio Ambiente (palazzo Amgas).
 - 2 PC HP, N. 3 Monitor, N.1 Stampante, N. 2 gruppi di UPS, N. 2 armadi rack.
 - Server HP Proliant con sistema di backup HP Storage 72 GB (c/o CED, Comune di Foggia, Ufficio Ambiente).
- **Licenze software brevetti** c/o Centro di Elaborazione Dati (CED), Comune di Foggia, Ufficio Ambiente (palazzo Amgas).
 - Licenze come specificato nella rendicontazione finanziaria del progetto CyberPark 20000
 - Utilizzo e sfruttamento delle metodologie ed algoritmi di “XBase Tool”.

Articolazione strutturale del Sistema di Gestione Informatizzato

E' possibile riferire di seguito lo schema complessivo in cui si articola la struttura del *Sistema di Gestione Informatizzato* delle aree naturali protette e da cui discendono le caratteristiche più salienti del suo funzionamento. Sono distinguibili le tre componenti del sistema unitamente all'Interfaccia Web e le differenti tipologie di processo a cui il Sistema medesimo può fornire adeguato supporto.

1. *Sistema di monitoraggio ambientale* – costituito da una rete sensoristica di acquisizione e trasmissione automatizzata dei dati ambientali; integrazione dei dati acquisiti *on-line* con quelli ottenuti *in situ* attraverso rilevazioni e saggi di tipo biologico-naturalistico.
- + *Banca dati immagini telerilevate* - copertura aggiornata di immagine telerilevate ad alta ed altissima risoluzione, nonché creazione di una banca dati storica di immagini telerilevate;
2. *Sistema informativo geografico* – costituito da strati informativi tematici con particolare riferimento alla pedologia, idrologia, climatologia, uso e copertura del suolo, distribuzione della vegetazione, potenzialità ecologica, carta degli habitat, ecc.
 3. *Sistema di supporto alle decisioni* – per consentire l'elaborazione delle informazioni geograficamente riferite al fine di definire gli orientamenti connessi alle attività di pianificazione territoriale e di gestione delle aree protette.

Sistema di monitoraggio da piattaforme di telerilevamento

Particolare enfasi, nel corso della presente attività progettuale, è stata assegnata anche al *sistema di monitoraggio incentrato sull'acquisizione, interpretazione ed elaborazione delle immagini satellitari* in qualità di strumento essenziale e tecnologicamente avanzato per analizzare l'evoluzione del paesaggio, la sensibilità ambientale di alcune definite aree, il livello di rischio rispetto a specifiche perturbazioni od eventi calamitosi (in particolare, gli incendi).

Le attività relative a quanto precedentemente riferito possono essere schematicamente riassunte nel seguente modo:

- Stima del rischio dinamico d'incendio mediante l'impiego di immagini satellitari ad alta risoluzione temporale e l'elaborazione di indicatori di suscettibilità al fuoco della vegetazione.

- Analisi di serie storiche di dati satellitari ad alta risoluzione temporale per il monitoraggio delle dinamiche spazio/temporali della vegetazione.
- Caratterizzazione dei tipi di combustibili a differenti scale spaziali.
- Utilizzo delle immagini satellitari ad alta risoluzione spaziale per la gestione delle risorse territoriali.

Acquisizione delle immagini satellitari

Le immagini satellitari oggetto d'acquisizione provengono dal sensore MODIS, ospitato a bordo della piattaforma satellitare TERRA della NASA. La risoluzione del pixel è pari a circa 250, inoltre il data set MODIS selezionato per la presente ricerca consiste in valori della riflettanza in corrispondenza di sette differenti bande spettrali in grado di coprire sia la parte del visibile che dell'infrarosso.

Tipi e modelli di combustibile

La rappresentazione cartografica della caratterizzazione dei combustibili (siano essi forestali o meno) costituisce un elemento d'importanza notevole nella pianificazione e nella prevenzione degli incendi. Occorre infatti disporre d'informazioni adeguate riguardo la distribuzione, la quantità e la condizione dei combustibili al fine di migliorare la previsione della diffusione e dell'intensità del fuoco.

La classificazione dei tipi di combustibile è quindi uno strumento molto utile per sintetizzare la distribuzione spaziale e la struttura dei diversi tipi di combustibile a partire dalle differenti tipologie vegetazionali presenti nell'area di studio ed opportunamente evidenziate dalle immagini satellitari. Il sistema di classificazione delle tipologie di combustibili a quello riferibile al sistema Prometheus, specificamente elaborato con riferimento agli ecosistemi del bacino del Mediterraneo nell'ambito di progetti finanziati UE.

Previsione del rischio incendi ed indici di pericolosità

A tal fine sono stati impiegati specifici indici vegetazionali di derivazione satellitare; più nel dettaglio sono stati adottati i seguenti indici:

- *Relative Greenness Index* – consente di distinguere la fitomassa dalla necromassa attraverso una particolare elaborazione dell'indice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). L'indice risulta tanto più elevato quanto maggiore è la biomassa verde fotosinteticamente attiva; per cui condizioni di stress via via crescenti dovuti a temperature

eccessive, aridità del suolo e dell'atmosfera inducono un drastico abbassamento del valore dell'indice.

- *Moisture Stress Index* – Indice di Umidità che esprime lo stato idrico della vegetazione; ottenuto dal rapporto della riflettanza nell'infrarosso medio rispetto al vicino infrarosso.

L'indice di rischio d'incendio è ottenuto a seguito della combinazione dei due indici precedenti mediante la definizione di 7 consecutive classi di rischio (da rischio nullo ad estremo, attraverso rischio molto basso, basso, moderato, alto e molto alto), così come mostrato nella figura seguente.

Andamento temporale degli indici di vegetazione

L'elaborazione di una serie storica di dati NDVI/MODIS a risoluzione spaziale 250 metri, relativamente al periodo 2002-2007, con cadenza temporale di 16 giorni ha consentito di mostrare le variazioni stagionali naturali della vegetazione così come l'incidenza di eventi meteorologici (per esempio persistente siccità) o di particolari pressioni antropica incidenti sugli ecosistemi. L'indice utilizzato è denominato *Accumulated Relative NDVI Decrement* (ARND), specificamente sviluppato per l'area mediterranea e per l'appunto basato sulle serie temporali di NDVI.

Nella figura a seguire viene indicato il valore dell'indice relativamente all'intero periodo 2002-2007 (ottenuto dall'elaborazione di più di 130 immagini).

Acquisizione di immagini radar telerilevate da elicottero su Bosco Incoronata

Si è proceduto ad attivare un servizio di rilievo "laser scan" finalizzato alla produzione di un modello digitale del terreno di precisione nonché di ortofoto e prodotti correlati con riferimento specifico all'area del "Bosco Incoronata".

L'acquisizione delle immagini e dei dati è avvenuta mediante l'impiego di un sistema integrato costituito da un laser scanner, da un sistema di posizionamento GPS, da una piattaforma di navigazione inerziale e da una fotocamera digitale a colori ad alta risoluzione. I rilievi sono stati eseguiti fissando il sistema di acquisizione al gancio baricentrico di un elicottero AS350, come da figura a seguire.

Figura *Elicottero AS350 impiegato per la rilevazione "laser scan" dell'area Bosco Incoronata*



Figura. *Il Bosco Incoronata come appare attraverso la visualizzazione da sensore attivo “laser-scan”*



Dai punti laser acquisiti è possibile estrarre una notevole mole d'informazioni, sia dal punto di vista numerico che semplicemente visivo. In particolare, assoluta rilevanza assume la possibilità di procedere alla realizzazione di un modello di combustibili che sia in grado di considerare anche la dislocazione verticale della biomassa.

La figura immediatamente precedente illustra, a puro scopo dimostrativo, una fra le più comuni modalità di visualizzazione dei dati laser.