

**UNIVERSITA' IUAV DI VENEZIA  
DIPARTIMENTO DI PIANIFICAZIONE**

**MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO IN  
"SISTEMI INFORMATIVI TERRITORIALI & TELERILEVAMENTO"  
FORMATO A DISTANZA A.A. 2006/07**

**CONTRIBUTO**

**ALLA PREVISIONE E ALLA PREVENZIONE  
DEGLI INCENDI BOSCHIVI MEDIANTE L'UTILIZZO  
DI STRUMENTI SATELLITARI E GIS:  
VALUTAZIONE DEL DANNO AMBIENTALE  
NELLA REGIONE CAMPANIA**

studente                      Dott.ssa DANIELA PERFETTI

relatore                      Dott. STEFANO CORAZZA

correlatore                  Dott.ssa PAOLA MOLINARI

## INDICE

---

PREMESSA	1
<b>IL CONTESTO</b>	
GLI INCENDI	2
AREA DI STUDIO: LA CAMPANIA	4
PROBLEMATICHE IN CAMPANIA	7
IL QUADRO NORMATIVO E IL PIANO REGIONALE ANTINCENDIO BOSCHIVO (AIB)	13
<b>IL PROGETTO</b>	
SUPPORTO TECNICO	16
IL TELERILEVAMENTO: LE MISSIONI LANDSAT	16
ANALISI CRITICA DEI DATI LANDSAT	21
IL NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI)	23
BASI CARTOGRAFICHE	27
<b>LA REALIZZAZIONE</b>	
ANALISI DEI DATI LANDSAT	28
IMPLEMENTAZIONE IN AMBIENTE GIS	30
ANALISI STATISTICA E RISULTATI	41

STIMA DEL DANNO SUL TERRITORIO PROVINCIALE	41
STIMA DEL DANNO NELLE AREE BOScate	43
CONCLUSIONI	51
BIBLIOGRAFIA	52
SITOGRAFIA	54
ALLEGATI	
ALLEGATO A - MAPPE DELL'ATTIVITÀ FOTOSINTETICA NELLE AREE INCENDIATE	
ALLEGATO B - MAPPE DEL DANNO AMBIENTALE NELLE AREE INCENDIATE	
ALLEGATI C:	
Ca - PERCENTUALE DI SUPERFICIE INCENDIATA SUL TERRITORIO PROVINCIALE	
Ca - STIMA DEL DANNO AMBIENTALE SUL TERRITORIO PROVINCIALE	
ALLEGATO D - ANALISI DELLA SUPERFICIE INCENDIATA E DEL DANNO AMBIENTALE	
ALLEGATO E - VARIAZIONE DELL'ENTITÀ DEL DANNO SULLA SUPERFICIE INCENDIATA NELL'INTERVALLO 2000-2007	
ALLEGATO F - TENDENZA DIACRONIA DELLE AREE BOScate E NON BOScate COLPITE DA INCENDIO	

## PREMESSA

Gli incendi determinano gravi perdite del patrimonio agro-forestale e sono causa di ingenti danni ai centri abitati, alle infrastrutture e al patrimonio edilizio pubblico e privato (in particolare gli *“incendi di interfaccia”*), con conseguente pericolo per la pubblica incolumità.

In particolare, in Campania gli incendi boschivi si inseriscono in un quadro sociale e culturale già sofferente, diventando spesso un canale distorto di espressione anonima e privata, per avanzare ripercussioni, proteste e ricercare profitti.

Un'approfondita conoscenza dell'assetto socio-culturale del territorio e del suo patrimonio agro-forestale è perciò indispensabile per *“individuare le aree e i periodi a rischio”* e, assieme al monitoraggio continuo, per *“ridurre le cause e il potenziale innesco d'incendio”* e consentire la *“mitigazione dei danni conseguenti”* (art. 4 Legge 353/2000).

La Campania, con una superficie protetta del 25%, ha riconosciuto l'importanza della salvaguardia del patrimonio ambientale, sia come bene intrinseco per il valore insostituibile della biodiversità, sia come risorse preziosa per una migliore qualità della vita (concetto recepito con il Decreto del Ministero del 20 dicembre 2001). Il fenomeno degli incendi interviene in maniera antitetica con questa politica di conservazione, pertanto si rende indispensabile ogni possibile intervento di previsione e prevenzione.

In questo contesto risulta di particolare utilità una metodologia che consente una rapida stima della perdita ecologica del patrimonio ambientale, permettendo interventi mirati sul territorio e quindi una vantaggiosa distribuzione delle risorse economiche investite per la mitigazione dei danni.

## IL CONTESTO

---

### GLI INCENDI

L'incendio è un processo di rapida decomposizione, che si verifica solo in presenza di combustibile (come il materiale vegetale: paglia, legno ecc), di comburente (l'ossigeno) e di una piccola quantità di calore ad alto potenziale, che determina lo sviluppo a catena del processo.

Lo scoppio di un incendio è legato ad una causa scatenante, la scintilla, e ad una situazione predisponente (sito del CFS).

Le condizioni che favoriscono lo scoppio e la propagazione iniziale del fuoco, i cosiddetti *fattori predisponenti*, sono:

- la *facilità di accensione o infiammabilità del combustibile*, direttamente correlata alla quantità, dimensioni e disposizioni dei materiali, i quali, se sottili e non pressati, offrono maggiore superficie esterna all'ossigeno comburente; se piccoli, si riscaldano prima e raggiungono in minor tempo la temperatura di accensione;
- la *velocità di combustione*, connessa con il peso specifico, la struttura e le dimensioni dei vegetali, il contenuto di acqua (variabile tra il 2 e il 200%), di oli essenziali o resine, l'ampiezza del comprensorio, l'età e lo stato vegetativo delle piante, il grado di pulizia del sottobosco. Si definiscono *pirofite passive* le piante che, in virtù della spessa corteccia (*Quercus suber*) o di certe caratteristiche chimiche (*Tamerix* e *Erica*), offrono una certa resistenza al passaggio del fuoco; *pirofite attive* quelle che presentano un adattamento evolutivo al fuoco, avviando importanti processi vitali (l'emissione di gemme dormienti o di rizomi o l'apertura dei frutti) dopo il suo passaggio;
- il *vento*, che favorisce l'afflusso di ossigeno e la diminuzione del vapore acqueo nell'aria, determinando l'avanzamento della linea del fuoco e diventando vettore di nuovi focolai con il trasporto di tizzoni accesi. Dalla *direzione* del vento dipende la "forma" che l'incendio assume nel suo evolversi; dalla sua *velocità* deriva la velocità di propagazione dell'incendio;
- l'*umidità*, che influisce sulla quantità di acqua presente nel combustibile vegetale;

- la *temperatura del combustibile e dell'aria*, che determinano il modo in cui il fuoco si accende e si propaga e che influenzano direttamente il *tempo di infiammabilità* dei materiali vegetali;

- la *morfologia del terreno*. In particolare, la *pendenza* favorisce l'avanzamento del fuoco verso le zone più alte, attraverso il preriscaldamento della vegetazione a monte; l'*esposizione* influenza l'irraggiamento solare e quindi la temperatura e l'umidità (condizioni di massima umidità e temperatura sono determinate dall'esposizione a S-W).

Sono dunque le condizioni meteorologiche congiuntamente alle diverse tipologie forestali e al loro governo e trattamento ad influenzare la frequenza stagionale degli incendi. Ma se tali fattori contribuiscono in maniera determinante a creare le condizioni favorevoli allo sviluppo e alla propagazione del fuoco, il fenomeno non si manifesta uniformemente sul territorio a parità di condizioni climatiche e di coefficiente di aridità. Generalmente infatti le *cause dirette* di un incendio, collegate alla sua accensione vera e propria, sono di origine antropica e da attribuire all'afflusso turistico, all'abbandono delle campagne, a particolari pratiche agronomiche e pastorizie (*cause colpose*), a speculazioni (*cause dolose*) ecc. Diversamente, si definiscono *cause naturali*, quelle che possono ricondursi a fulmini (unica causa naturale rilevante in Italia, dove si verifica prevalentemente nelle zone montane), ad eruzioni vulcaniche o ad autocombustione. Non possono ovviamente escludersi incendi di origine *accidentale*, ossia causati da eventi non programmati e imprevedibili (scintille delle ruote dei treni o di particolari locomotive, surriscaldamento di un motore ecc).

Ovviamente, in base a dove è ubicato il bosco potranno verificarsi diverse combinazioni dei fattori sociali e/o naturali che andranno quindi ad assumere una maggiore o minore incidenza sul fenomeno. Anche i mutamenti intervenuti nella società (*fattori storici*), in relazione all'uso del suolo e al rapporto tra uomo e risorse naturali e forestali, hanno un peso importante nel determinare l'esposizione di un bosco al rischio di incendio.

Risulta perciò di fondamentale importanza inserire le attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi nel loro più stretto contesto, al fine di un ottimale utilizzo delle risorse impiegate e di un più efficiente intervento sul fenomeno.

## AREA DI STUDIO: LA CAMPANIA

La Campania si estende su una superficie di circa 1.359.354 ha, con una popolazione di 5.811.390 abitanti (ISTAT, 2007) e una densità di 426 abitanti per Km<sup>2</sup>: la più alta d'Italia. Le province sono quattro: Napoli, Salerno, Caserta, Benevento.

La morfologia del territorio è variabile da collinosa (40%), a montuosa (40%), a pianeggiante (20%).

La Campania si colloca tra le zone temperate con clima mediterraneo (Koppen, 1940). Le estati sono quindi asciutte e molto calde e gli inverni miti con piovosità pari a circa il triplo delle piogge estive. Le temperature medie mensili sono rispettivamente di 25 - 30°C e di 11 - 17°C con valori massimi annui tra i 27° e i 29°C, ma le temperature massime nel periodo estivo possono superare i 40°C. La fascia costiera, sino alle zone pedemontane interessate dall'incunarsi di ampie e profonde vallate, risente della mitigazione del clima operata dal mare; le zone interne, per la presenza della catena appenninica che funge da barriera alla brezza marina, presentano un clima temperato sub-continentale con escursione termica annua più accentuata.

Le precipitazioni medie annue variano tra i 900 e i 1100 mm, con una distribuzione non uniforme sul territorio regionale. Le piogge tendono a concentrarsi nel periodo autunno-invernale e a scarseggiare durante l'estate, periodo di massima frequenza degli incendi. Il carattere temporalesco delle poche precipitazioni estive contribuisce inoltre ad aggravare alcune problematiche legate a frane, smottamenti e terremoti.

Il paesaggio campano si presenta piuttosto eterogeneo con un mosaico di risorse naturalistiche e agroforestali distribuite sull'intero territorio. Nel 1991 sono stati istituiti, a tutela del patrimonio floristico e faunistico dell'area, il Parco nazionale del Vesuvio e il Parco nazionale del Cilento e del Vallo di Diano (Legge Quadro sulle aree protette, GU n.292 del 13/12/1991). A questi si aggiungono 4 Riserve Statali (Castelvoturno, Cratere degli Astroni, Tirone Alto Vesuvio, Valle delle Ferriere), un'Area Marina Protetta (Punta Campanella), 8 Parchi Regionali, 4 Riserve Regionali, oltre a oasi, parchi suburbani ecc, per un totale di superficie protetta pari al 25%.

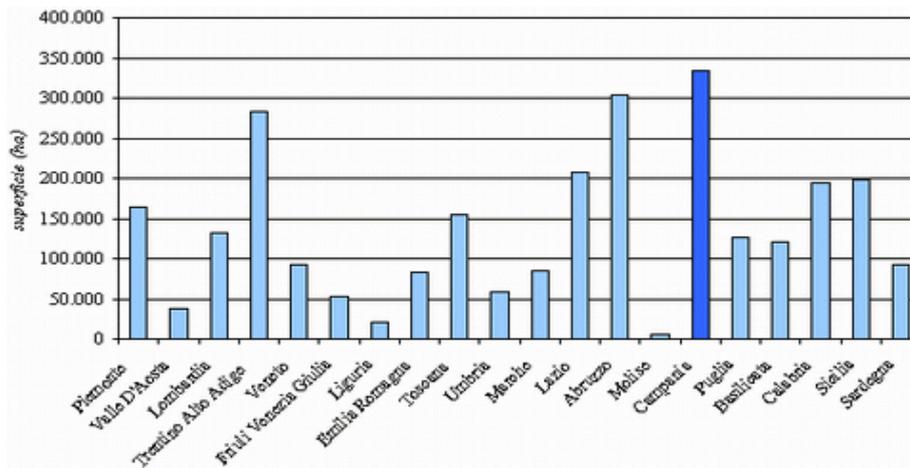


FIG. 1 - Distribuzione per regione della superficie protetta sul territorio nazionale (dal sito ARPAC)

Con la Deliberazione di Giunta Regionale n°285 del 19/01/01 sono state inoltre riconosciute, nell'ambito della Convenzione di Ramsar, due zone umide denominate di Variconi e di Persano, per un totale di 450 ettari. Infine ai sensi delle Direttive comunitarie 92/43/CEE "Habitat" e 79/409/CEE "Uccelli" sono stati individuati 106 SIC (362.530 ettari) e 21 ZPS (189.720 ettari).

Questi dati (FIG. 1) collocano la Campania, assieme all'Abruzzo e al Trentino Alto Adige, tra le prime regioni d'Italia per superficie posta sotto tutela ambientale (dati ARPAC).

Le zone collinari e pianeggianti rivolte verso mare sono dominate da una rigogliosa macchia mediterranea; sui rilievi collinari vulcanici dell'Antiappennino si hanno associazioni di castagno e querce caducifoglie. Oltre gli 800 - 1000 m s.l.m. si entra nel regno del faggio.

La superficie forestale interessa circa il 21% della regione (pari al 4,2% della superficie boscata nazionale) ed è divisa tra ceduo semplice (60% del totale), ceduo composto (3%) e macchia mediterranea (2%). La ripartizione delle formazioni boschive è mostrata nella tabella seguente:

	Montagna	Collina	Pianura
Fustaie resinose	6.104	7.678	1.525
Fustaie latifoglie	54.765	23.466	1.287
Cedui semplici	64.860	101.777	6.392
Cedui composti	7.077	1.646	37
Macchia mediterranea	425	4.901	888

Questo dato, come riportato dal Piano AIB 2008, andrà aggiornato considerando i 100.000 ettari di bosco di nuova formazione derivati da rimboschimenti naturali di terreni agricoli abbandonati.

Tuttavia, in una regione in cui l'addensamento della popolazione è più del doppio della media nazionale, non stupisce che il paesaggio e la vegetazione abbiano da sempre subito la presenza dell'uomo, causa della scomparsa di specie autoctone e dell'introduzione di specie aliene (*alien species*) in particolare tropicali: palme, banani, agavi ecc.. La stessa macchia mediterranea è stata in alcune aree rimpiazzata da colture legnose, come vite, olivo e agrumi, o da nudi seminativi.

## PROBLEMATICHE IN CAMPANIA

Il fuoco è la principale causa della diminuzione della superficie forestale nei paesi mediterranei (Francia, Grecia, Italia, Portogallo, Spagna). Circa 500.000 ettari di bosco ogni anno vengono incendiati, provocando gravi danni ecologici, economici e perdite umane (da Sauvagnargues-Lesage S., 2006). (FIG. 2)

	Surface of the country (Km <sup>2</sup> )	Percentage of wooded surfaces in the country	Number of fires since 1980
France	675 417	21,7	125 513
Greece	131 940	49,3	39 570
Italy	301 230	29	267 718
Portugal	92 391	36	420 573
Spain	504 782	51	380 551

FIG. 2 - Percentuale di superficie incendiata e numero di incendi nei paesi mediterranei (da Sauvagnargues-Lesage S., 2006)

Con 600.000 Km<sup>2</sup> di foreste (il 30% della superficie totale) l'area mediterranea rappresenta la principale risorsa forestale dell'Unione Europea, che ha riconosciuto nella cooperazione internazionale per la lotta contro gli incendi una priorità della politica comunitaria, prevedendo supporti tecnici e finanziari per gli Stati Membri. Il contributo di tutti i paesi interessati acquista inoltre un valore aggiunto se si pensa al cambiamento climatico globale in atto.

In Italia le organizzazioni implicate nelle operazioni di prevenzione, previsione e lotta contro gli incendi si distribuiscono in maniera capillare sul territorio, coinvolgendo molteplici organizzazioni e strutture: il Ministero dell'Interno, il Dipartimento di Protezione Civile, il Corpo Forestale della Stato, le Regioni, i Comuni, le associazioni di volontariato (FIG. 3).

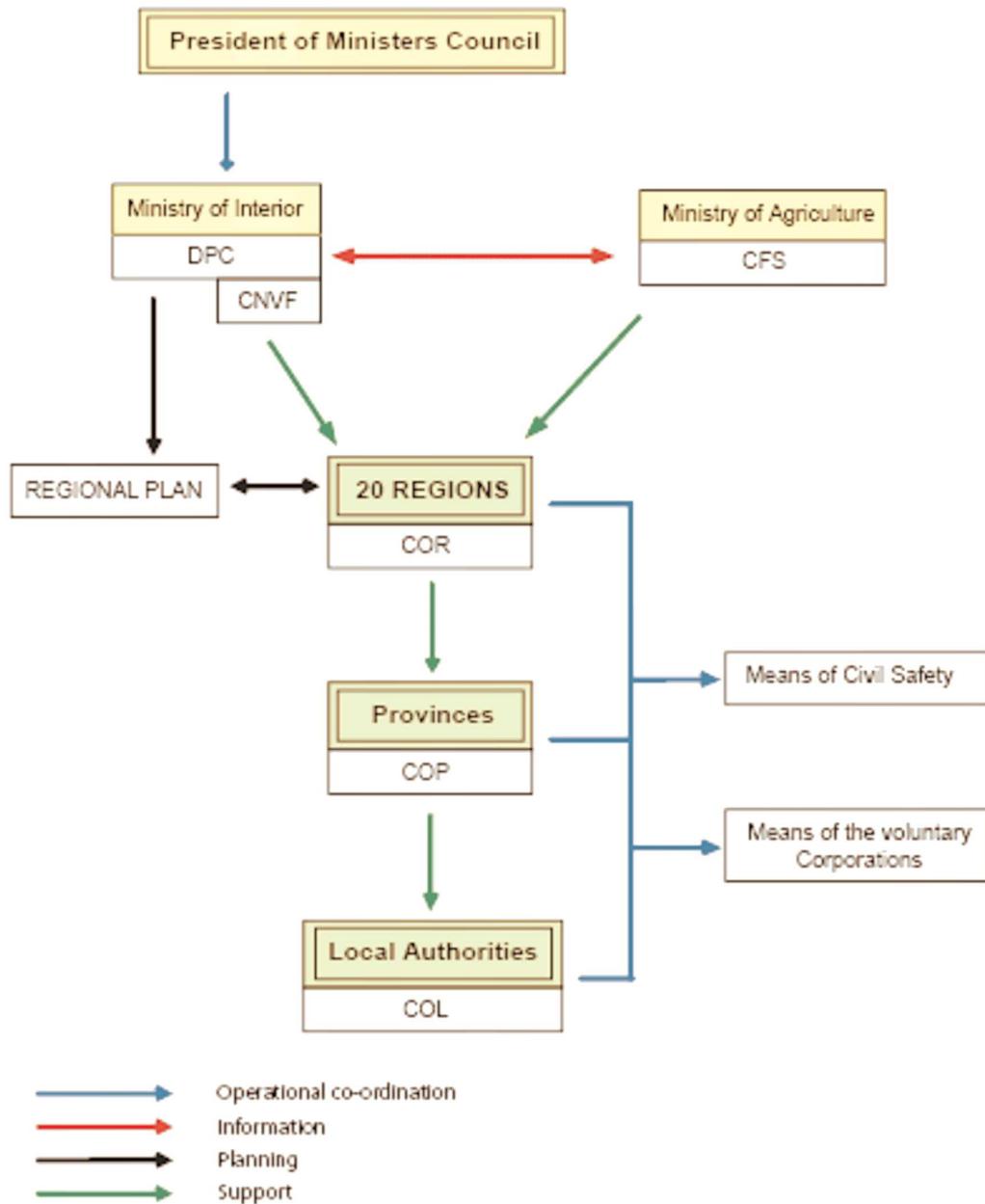


FIG. 3 - Synthesis of the Italian organisation for forest fire fighting  
(da Sauvagnargues-Lesage S., 2006)

Nella regione Campania il 21% del territorio è interessato da boschi, che rappresentano per la regione una risorsa insostituibile per i beni e i servizi che forniscono. Tra le molteplici forme di degrado a cui sono soggetti, il fuoco rappresenta quella potenzialmente più distruttiva. Tra il 1991 e il 2007 gli incendi hanno interessato una superficie superiore ai 130.000 ettari, di cui più della metà boschi (rapporto allegato al PAIB 2008). Ogni anno, tra il 2000 e il 2007, è bruciato circa l'1,26% del patrimonio forestale, con un picco nella stagione estiva 2007 (Ordinanza n°3606/agosto/2007) di 5.855 incendi pari ad una superficie di 11.090 ettari.

Fortunatamente questi dati non indicano la scomparsa di una formazione boschiva poiché il passaggio del fuoco solo di rado provoca la completa distruzione del soprassuolo. Inoltre, contribuiscono a mantenere più o meno stabile l'estensione della superficie boscata regionale i seguenti fattori: cedui e macchia appartengono a sistemi resilienti (capaci di tornare in una condizione di equilibrio dopo il disturbo), quali sono quelli mediterranei, per cui riescono a ricostituire la copertura vegetale in un breve arco di tempo; molti degli incendi si ripetono negli anni sempre sulle medesime superfici; i rimboschimenti naturali dei terreni agricoli abbandonati compensano in parte le perdite causate dal fuoco.

In generale, comunque, la tendenza del numero di incendi tra il 1991 e il 2007 si attesta ad un generale aumento, per lo più indipendente dall'efficienze delle strutture antincendio e sostanzialmente legato all'intervento di fattori socio-economico-ambientali di difficile controllo. Tale tendenza è da attribuirsi in particolare all'abbandono delle campagne, in zone collinari e montane, dove, con la scomparsa delle attività agricolo-forestali, è venuto meno anche il controllo e la protezione esercitata dalle popolazioni rurali sul territorio. Concorrono a determinare il generale aumento del numero di incendi anche:

- il turismo di massa, non ecosostenibile nei periodi estivi, soprattutto nei comuni costieri;
- la diffusa urbanizzazione;
- l'uso del fuoco quale strumento di vendetta o ritorsione nei confronti della Pubblica Amministrazione o di protesta contro l'imposizione di particolari vincoli quali quelli legati all'istituzione delle aree protette. Infatti, se originariamente il passaggio del fuoco in ambito agro-forestale era favorito da consuete pratiche

agricole o da metodi di alcune categorie produttive, negli ultimi anni è aumentata l'incidenza delle cause colpose (circa il 35% a livello nazionale) e dolose (circa il 60% a livello nazionale): l'incendio boschivo è divenuto così una forma anonima e privata di protesta, un mezzo di ricatto, di profitto, uno strumento per l'affermazione della propria esistenza quale parte di un evento straordinario. L'art. 423 bis del Codice Penale risponde a queste problematiche, introducendo il "reato di incendio boschivo".

È evidente la necessità di sensibilizzare ed educare la popolazione, affianco ad azioni investigative e repressive. La Legge quadro sugli incendi boschivi, oltre ad imporre limitazioni nelle zone incendiate (nessun cambiamenti nell'uso del suolo in una zona boscata fino a 15 anni dopo un incendio; nessuna attività di rimboschimento o edificazione rispettivamente 5 anni e 10 anni dopo l'incendio), prevede attività formative e informative (art. 5 e 6) mirate al coinvolgimento delle popolazioni, le quali, con un aumento di responsabilità civile, possono contribuire sia a diminuire le cause di innesco sia ad aumentare la tempestività dell'intervento (a cui spesso è legato il successo dell'intervento stesso). Attività tanto più necessarie in Campania dove, rispetto alla media nazionale, le cause naturali di incendi sono irrilevanti (FIG. 4).

CAUSE	AV	BN	CE	NA	SA	S. Angelo	CTA Vesuvio	CTA Cilento	Totale	%
NATURALI			1					2	3	0,26
ACCIDENTALI			1		1				2	0,20
COLPOSE	20	7	13	14	37	6	21	6	124	15,4
DOLOSE	80	42	67	20	202	14	44	110	579	71,7
DUBBIE		30	27	17	23			2	99	12,3
<b>TOTALE</b>	<b>100</b>	<b>79</b>	<b>109</b>	<b>51</b>	<b>263</b>	<b>20</b>	<b>65</b>	<b>120</b>	<b>807</b>	<b>100</b>

FIG. 4 - Cause degli incendi boschivi nella Regione Campania  
(Fonte Coordinamento Regionale C.F.S. - dal Piano AIB 2008)

Altro fenomeno che emerge tra il 1991 e il 2007 è che la superficie incendiata tende ad equivalersi tra le aree boscate (52,3%) e non boscate (47,69%). Quest'ultimo dato è legato sia alla frammentazione del territorio collinare e montano, che facilita la propagazione degli incendi dalle superfici boscate alle limitrofe superfici arbustive, sorgenti di combustibile ancora più facilmente infiammabile del bosco stesso; sia all'ubicazione delle aree non boscate, solitamente limitrofe alle aree urbanizzate e perciò soggette ai fenomeni di degrado sociale proprio delle periferie affollate.

Dato il clima tipicamente mediterraneo, la Campania, assieme alle altre regioni del centro-sud (e alla Liguria) registrano un picco del fenomeno incendi nel periodo estivo, mesi di luglio, agosto e settembre, quando cioè concorrono scarse precipitazioni ed elevate temperature. (Le regione dell'arco alpino, Liguria, Piemonte, Lombardia, Veneto, presentano un picco nel periodo invernale, mesi di gennaio, febbraio e marzo). Particolarmente pressante sulla fascia costiera è anche il fattore antropico, soprattutto legato all'afflusso turistico.

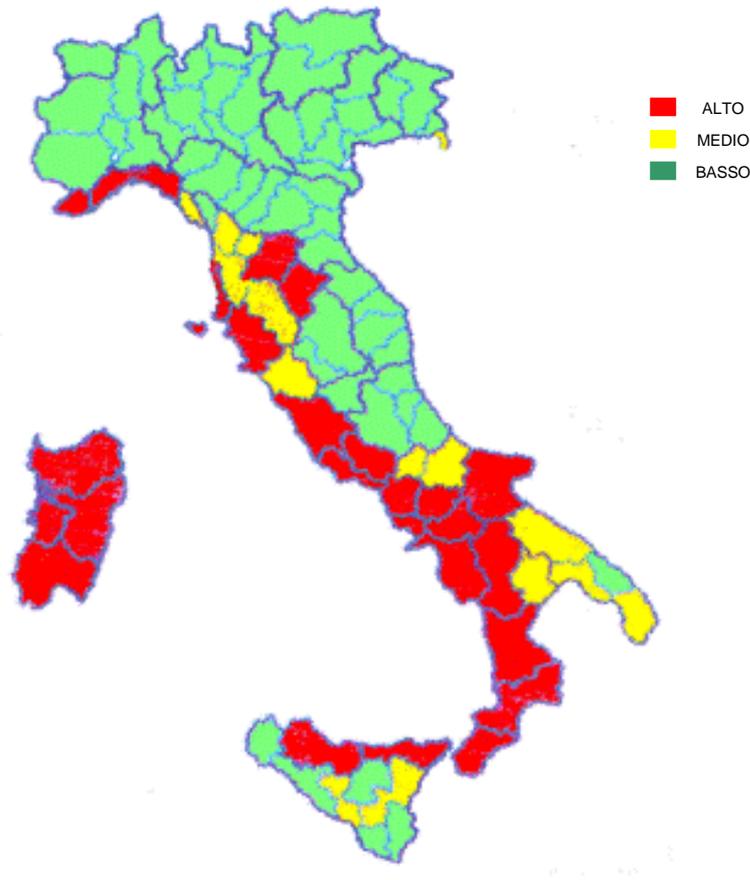


FIG. 5 - Mappa dell'indice di rischio da incendio boschivo nei mesi estivi  
(dal sito della Protezione Civile)

Anche nella tarda stagione invernale, mesi di febbraio e marzo, si registra una discreta presenza di incendi, dovuti a scarse precipitazioni e vento che concorrono nell'appiccare i fuochi sugli abbondanti materiali (detriti, rami, erba secca) accumulatisi sui terreni, già di per se facilmente infiammabili.

Emergono almeno quattro elementi principali che concorrono a rendere il fenomeno degli incendi così diffuso in Campania:

- l'elevata densità abitativa, che rende difficilmente controllabile il fattore antropico, che primeggia tra le cause di incendio;
- il clima tipicamente mediterraneo, in cui il fuoco ha sempre rappresentato un naturale evento di propagazione e rigenerazione della vegetazione;
- la frammentazione del territorio, che rende difficile, da una parte, il controllo delle attività illecite e, dall'altra, una efficace gestione delle risorse agro-forestali;
- l'ampia diffusione sul territorio regionale del manto boschivo, che rappresenta un'abbondante fonte di combustibile.

## **IL QUADRO NORMATIVO E IL PIANO REGIONALE ANTINCENDIO BOSCHIVO (PAIB)**

La Legge 21 novembre 2000 n° 353, “Legge quadro in materia di incendi boschivi”, rappresenta il principale riferimento normativo in materia di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi, precedentemente basato sulla Legge 01 marzo 1975 n° 47, “Norme integrative per la difesa dei boschi dagli incendi”.

Le disposizioni di tale Legge sono “*finalizzate alla conservazione e alla difesa dagli incendi del patrimonio boschivo nazionale quale bene insostituibile per la qualità della vita*”.

La nuova legge quadro identifica nelle attività di *prevenzione* e *previsione* il principale strumento per la conservazione del patrimonio boschivo, obiettivo da perseguire mediante una radicale riduzione delle cause d'innescio d'incendio. I sistemi di previsione mirano a localizzare e studiare le caratteristiche del pericolo, mentre i sistemi di prevenzione a realizzare un'organica gestione degli interventi e delle azioni di mitigazione delle conseguenze degli incendi.

La Legge 47/1975 prevedeva l'obbligo per le Regioni di dotarsi di un Piano per la difesa e la conservazione del patrimonio boschivo dagli incendi. La Legge 353/2000 introduce, per la predisposizione dei Piani medesimi, novità quantitativamente e qualitativamente rilevanti. In particolare prevede la rappresentazione georeferenziata di dati storici e previsionali attinenti gli incendi e l'attività di programmazione degli interventi.

La Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile ha emanato con Decreto del 20 dicembre 2001 le “Linee guida per la redazione dei piani regionali nell'ambito della lotta contro gli incendi boschivi”, in accordo con l'articolo 3 della 353/2000 che prevede l'individuazione:

- “a) delle cause determinanti ed i fattori predisponenti l'incendio;*
- b) delle aree percorse dal fuoco nell'anno precedente, rappresentate con apposita cartografia;*
- c) delle aree a rischio di incendio boschivo rappresentate con apposita cartografia tematica aggiornata, con l'indicazione delle tipologie di vegetazione prevalenti;*
- d) dei periodi a rischio di incendio boschivo, con l'indicazione dei dati anemologici e dell'esposizione ai venti;*

- e) degli indici di pericolosità fissati su base quantitativa e sinottica;
- f) delle azioni determinanti anche solo potenzialmente l'innescò di incendio nelle aree e nei periodi a rischio di incendio boschivo di cui alle lettere c) e d);
- g) degli interventi per la previsione e la prevenzione degli incendi boschivi anche attraverso sistemi di monitoraggio satellitare”;
- h) della consistenza e la localizzazione dei mezzi, degli strumenti e delle risorse umane nonché le procedure per la lotta attiva contro gli incendi boschivi;
- i) della consistenza e la localizzazione delle vie di accesso e dei tracciati spartifuoco nonché di adeguate fonti di approvvigionamento idrico;
- l) delle operazioni silvicolture di pulizia e manutenzione del bosco, con facoltà di previsione di interventi sostitutivi del proprietario inadempiente in particolare nelle aree a più elevato rischio;
- m) delle esigenze formative e la relativa programmazione;
- n) delle attività informative;
- o) della previsione economico-finanziaria delle attività previste nel piano stesso”.

Il Piano Antincendio si prefigura come uno *strumento dinamico di pianificazione* da correggere e integrare in corso d'opera. La dinamicità dello strumento risponde ad una duplice esigenza: lo sforzo di adeguarsi all'evoluzione della materia oggetto del piano e la necessità di rispondere con sempre maggiore aderenza alle indicazioni dettate dalle linee guida emanate con Decreto del Ministero degli Interni. Rappresenta quindi un modello in grado di rispondere alle mutevoli esigenze che si manifestano in relazione al fenomeno incendi, nato dalla necessità di coordinare tutte le iniziative e le attività dei soggetti impegnati con competenze e/o ambiti territoriali diversi nella difesa del patrimonio boschivo (amministrazioni centrali, Regioni, Province, Comuni, Comunità montane, volontariato). È attorno a questo piano che l'Amministrazione Regionale organizza tutte le attività connesse sia alla tutela del patrimonio forestale che alla difesa delle aree urbane e delle loro popolazioni.

Il Piano, infatti, attraverso il monitoraggio degli eventi e l'analisi del fenomeno incendi, prevede la classificazione delle aree a rischio e, pianificando i vari livelli di intervento, definisce i mezzi, gli strumenti e le procedure che ciascun

Ente preposto, nell'ambito delle competenze attribuitegli, deve utilizzare nella lotta agli incendi boschivi.

Obiettivo del PAIB è la riduzione dei danni economici e la mitigazione degli effetti subiti dal patrimonio naturalistico e socio-culturale, nonché la conservazione del paesaggio boschivo quale risorsa importante per il benessere della popolazione.

Con DGR 972 del 06/06/08 è stato approvato il Piano Regionale di Previsione, Prevenzione e Lotta Attiva agli incendi boschivi per l'anno 2008 in accordo con:

- la Legge Regionale n°11 del 07/05/1996
- il Piano Forestale Generale approvato dal Consiglio regionale il 23/02/1998
- le norme e le disposizioni previste dal regolamento CEE n 2152/2003
- l' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28/agosto/2007 n 3606
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 1 aprile 2008.

Anche l'Unione Europea ha adottato strumenti specifici, volti a coordinare e co-finanziare le attività dei Paesi membri contro gli incendi boschivi. Tra gli altri:

- il Regolamento CE n°2152/2003 "Forest Focus", che ha ripreso una serie di attività comuni di monitoraggio e prevenzione degli incendi boschivi già iniziate negli anni Ottanta;
- il Regolamento CE N. 1698/2005 sul sostegno allo sviluppo rurale, che co-finanzia misure forestali in campo volte a prevenire gli incendi o a restaurarne i danni;
- il Sesto ed il Settimo Programma Quadro per la ricerca, che stanno permettendo l'avvio di grandi progetti di ricerca riguardanti anche gli incendi boschivi;
- il Meccanismo comunitario di protezione civile (Decisione del Consiglio del 23 ottobre 2001), del quale fanno parte anche il MIC, il Centro di informazione e monitoraggio comunitario che si attiva in caso di grandi disastri naturali al fine di coordinare gli interventi, e il Fondo di solidarietà dell'Unione Europea, che può essere mobilitato in caso di disastri di eccezionale gravità ed estensione.

## IL PROGETTO

---

### SUPPORTO TECNICO

Nella realizzazione del lavoro sono state utilizzate tecniche di rilevamento da piattaforma satellitare, che consentono una adeguata indagine della superficie regionale, e applicazioni GIS (Geographic Information System), che rendono possibile l'analisi di dati spaziali di natura diversa fino all'elaborazione di una cartografia tematica. I dati utilizzati sono stati messi a disposizione dalla Regione Campania e Agriconsulting S.p.A. e sono stati acquisiti nell'ambito del Progetto Relativo alla Realizzazione del Catasto incendi per gli anni 2000-2007.

### IL TELERILEVAMENTO: LE IMMAGINI LANDSAT

Tradizionalmente, il telerilevamento si definisce come un insieme di teorie, strumenti, tecniche e mezzi interpretativi che consentono di acquisire informazioni qualitative e quantitative su oggetti, superfici e fenomeni mediante dispositivi non a contatto diretto con essi. La distanza dell'osservatore dalle informazioni raccolte può andare da alcuni metri (Proximal Sensing) fino a migliaia di chilometri (Remote Sensing), come nel caso delle osservazioni effettuate dai satelliti.

Il programma satellitare di osservazione della Terra noto come Landsat (abbreviazione di *Land Satellite*) è stato varato il 23 luglio del 1972 dalla NASA con il lancio dell'*Earth Resources Technology Satellite* o *ERTS-1* poi ridenominato *Landsat 1*. Si trattava del primo satellite per telerilevamento multispettrale dedicato al monitoraggio di terre e oceani. Da allora sono stati 6 i satelliti Landsat lanciati in orbita con successo (FIG. 6, 7).

Il *Landsat 5* e il *Landsat 7*, ai quali si fa riferimento per questo progetto, sono stati lanciati rispettivamente il 1 marzo 1985 e il 15 aprile 1999.

Il *Landsat 5* ha interrotto temporaneamente la sua attività tra il novembre del 2005 e il 30 gennaio del 2006 a causa di un problema al pannello solare sinistro, ma ancora oggi acquisisce efficacemente immagini della superficie terrestre.

LANDSAT 1-3						
Sensor-system	Spectral resolution (µm)	Spatial resolution (m)	Scan-width (km)	Revisit period	Orbital altitude	Operation periode
MSS	channel 4: 0,5 - 0,6	79×79	185	18 days	918 km, near polar, sun-synchronous	<b>Landsat 1</b> 23/07/1972 - 06/01/1978 <b>Landsat 2</b> 22/01/1975 - 25/02/1982 <b>Landsat 3</b> 05/03/1978 - 30/11/1982
	channel 5: 0,6 - 0,7	79×79				
	channel 6: 0,7 - 0,8	79×79				
	channel 7: 0,8 - 1,1	79×79				

LANDSAT 4-5						
Sensor-system	Spectral resolution (µm)	Spatial resolution (m)	Scan-width (km)	Revisit period	Orbital altitude	Operation periode
MSS	as Landsat 3		185	16 days	710 km, near polar, sun-synchronous	<b>Landsat 4</b> 16/07/1982 - 02/1983 <b>Landsat 5</b> 01/03/1984 -
TM	channel 1: 0,45 - 0,52	30×30				
	channel 2: 0,52 - 0,60	30×30				
	channel 3: 0,63 - 0,69	30×30				
	channel 4: 0,76 - 0,90	30×30				
	channel 5: 1,55 - 1,75	30×30				
	channel 6: 10,40 - 12,50	120×120				
	channel 7: 2,08 - 2,35	30×30				

LANDSAT 7						
Sensor-system	Spectral resolution (µm)	Spatial resolution (m)	Scan-width (km)	Revisit period	Orbital altitude	Operation periode
TM	Channels 1,2,3,4,5,7 as Landsat 4-5					15/04/1999 -
	channel 6: 10,40 - 12,50	60×60				
	Panchromatic: 0,50 - 0,90	15×15				

FIG. 6 - Specifiche tecniche delle missioni Landsat (da <http://www.eduspace.esa.int/subdocument/default.asp?document=322#landsat>)

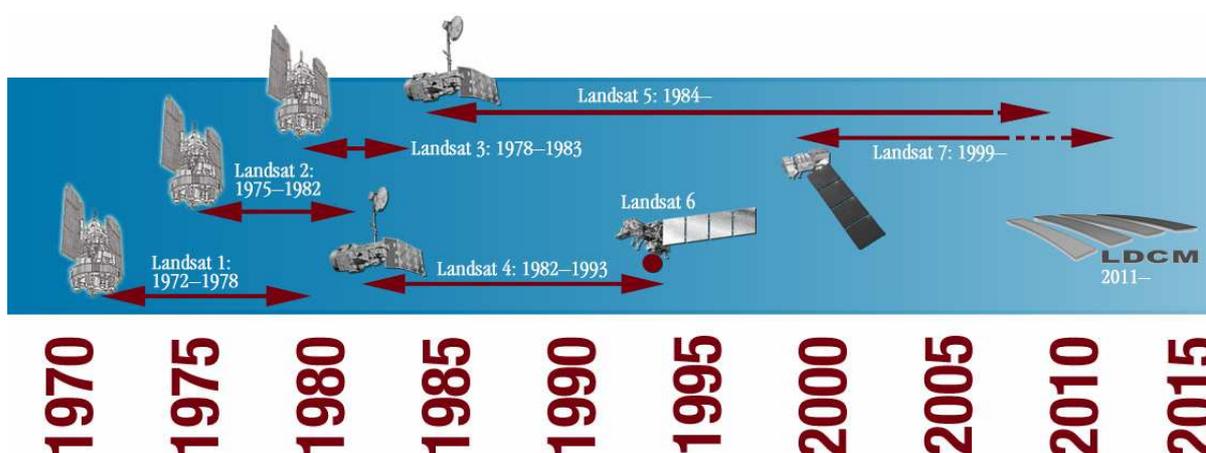


FIG. 7 - Attività delle missioni Landsat (da <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/timeline.html>)

Il Landsat 7 continua ad acquisire informazioni (raccolte dal USGS), nonostante il guasto permanente dello Scan Line Corrector (SLC), un sistema necessario alla compensazione delle oscillazioni del satellite.

I satelliti Landsat hanno orbita *quasi polare* (piano quasi perpendicolare al piano equatoriale terrestre) e sono *eliosincroni*, ripercorrono la stessa fascia di superficie terrestre alla medesima ora. I sensori, diretti al nadir, scannerizzano la superficie terrestre tra gli 81°N e gli 81°S, seguendo una traccia ampia 185 Km (*Swath*).

Il Landsat 5 (FIG. 8) e il Landsat 7 (FIG. 9) orbitano (quest'ultimo in ritardo di 8 giorni rispetto al primo) ad un'altitudine di 705 Km sulla superficie terrestre, con un'inclinazione di 98,2° rispetto all'equatore, ed hanno un *tempo di rivisita* di 16 giorni (*risoluzione temporale*). I sensori montati a bordo delle due missioni sono il *Multi-spectral Scanner System* (MSS) e il *Thematic Mapper* (TM) sul Landsat 5; l'*Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+) sul Landsat 7.

<p><b>Launch Date:</b> March 1, 1984  <b>Status:</b> TM still operational! MSS instrument decommissioned  <b>Sensors:</b> TM, MSS  <b>Altitude:</b> 705 km  <b>Inclination:</b> 98.2°  <b>Orbit:</b> polar, sun-synchronous  <b>Equatorial Crossing Time:</b> nominally 9:45 AM (± 15 min.) local time (descending node)  <b>Period of Revolution:</b> 99 minutes; ~14.5 orbits/day  <b>Repeat Coverage:</b> 16 days</p>
--

FIG. 8 - Specifiche tecniche del Landsat 5

<p><b>Launch Date:</b> April 15, 1999  <b>Status:</b> operational despite Scan Line Corrector (SLC) failure May 31, 2003  <b>Sensors:</b> ETM+  <b>Altitude:</b> 705 km  <b>Inclination:</b> 98.2°  <b>Orbit:</b> polar, sun-synchronous  <b>Equatorial Crossing Time:</b> nominally 10 AM (± 15 min.) local time (descending node)  <b>Period of Revolution:</b> 99 minutes; ~14.5 orbits/day  <b>Repeat Coverage:</b> 16 days</p>
---

FIG. 9 - Specifiche tecniche del Landsat 7

Il Multi-spectral Scanner (MSS) (FIG. 10) (montato anche sulle prime quattro missioni, assieme al RBV o *Return Beam Vidicon*) è un sensore ottico-meccanico che osserva la Terra perpendicolarmente alla traccia orbitale. La scansione avviene attraverso uno specchio oscillante collegato ad un set di 6

rivelatori che suddividono la traccia di scansione in 6 righe parallele per ciascuno dei 4 filtri corrispondenti alle bande spettrali:

- 4 (0.52 - 0.60  $\mu\text{m}$ ; Verde Visibile);
- 5 (0.63 - 0.69  $\mu\text{m}$ ; Rosso Visibile);
- 6 (0.76 - 0.90  $\mu\text{m}$ ; Infrarosso Vicino);
- 7 (0.8-1,1  $\mu\text{m}$ ; Infrarosso Vicino).

L'*Instantaneous Field of View* (IFOV), ossia il cono angolare di visibilità del sensore che determina l'area della superficie terrestre visibile ad una data altezza in un particolare momento, è di 68 x 83 metri e corrisponde alla risoluzione spaziale massima del sensore, cioè alla dimensione limite entro la quale un oggetto omogeneo risulta chiaramente osservabile.

<b>Sensor type:</b>	<b>opto-mechanical</b>
<b>*Spatial Resolution:</b>	<b>68 m X 83 m (commonly resampled to 57 m)</b>
<b>Spectral Range:</b>	<b>0.5 - 1.1 <math>\mu\text{m}</math></b>
<b>Number of Bands:</b>	<b>4, 5 (Landsat 3 only)</b>
<b>Temporal Resolution:</b>	<b>18 days (L1-L3), 16 days (L4 &amp; L5)</b>
<b>Image Size:</b>	<b>185 km X 185 km</b>
<b>Swath:</b>	<b>185 km</b>
<b>Programmable:</b>	<b>no</b>

FIG. 10 - Specifiche tecniche del sensore MSS

Il *Thematic Mapper* (TM) (FIG. 11) (montato sulle missioni 4, 5, 6 e ancora operativo sul Landsat 5) è un sensore ottico simile in modalità operativa al MSS, ma acquisisce informazioni con una migliore *risoluzione spettrale* (l'intervallo di lunghezza d'onda a cui è sensibile lo strumento), *geometrica* (il *picture element*, le dimensioni dell'area elementare al suolo di cui si rileva l'energia elettromagnetica) e *radiometrica* (la minima energia in grado di stimolare l'elemento sensibile affinché produca un segnale elettrico rilevabile dall'apparecchiatura). Il TM è infatti sensibile a 7 bande spettrali:

- 1 (0.45 – 0.52  $\mu\text{m}$ ; Blu-Verde Visibile)
- 2 (0.52 – 0.60  $\mu\text{m}$ ; Verde Visibile)
- 3 (0,63-0,69  $\mu\text{m}$ ; Rosso Visibile)
- 4 (0.76 – 0.90  $\mu\text{m}$ ; Vicino Infrarosso)
- 5 (1.55 – 1.75  $\mu\text{m}$ ; Medio-Infrarosso)
- 6 (10.4 – 12.5  $\mu\text{m}$ ; Infrarosso Termico)
- 7 (2.08 – 2.35  $\mu\text{m}$ ; Medio-Infrarosso)

ed ha un IFOV di 30 m per le band 1-5 e 7, di 120 m per la 6 (banda in cui può acquisire informazioni in assenza di luce).

<b>Sensor type:</b>	<b>opto-mechanical</b>
<b>Spatial Resolution:</b>	<b>30 m (120 m - thermal)</b>
<b>Spectral Range:</b>	<b>0.45 - 12.5 <math>\mu\text{m}</math></b>
<b>Number of Bands:</b>	<b>7</b>
<b>Temporal Resolution:</b>	<b>16 days</b>
<b>Image Size:</b>	<b>185 km X 172 km</b>
<b>Swath:</b>	<b>185 km</b>
<b>Programmable:</b>	<b>yes</b>

FIG. 11 - Specifiche tecniche del sensore TM

L'Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +) (FIG. 12) (sul Landsat 7 sostituisce i due precedenti strumenti) è uno sensore ottico multispettrale a 8 bande:

- 1 (0.45 – 0.515  $\mu\text{m}$ ; Blu-Verde Visibile)
- 2 (0.525 – 0.605  $\mu\text{m}$ ; Verde Visibile)
- 3 (0,63-0,69  $\mu\text{m}$ ; Rosso Visibile)
- 4 (0.75 – 0.90  $\mu\text{m}$ ; Vicino Infrarosso)
- 5 (1.55 – 1.75  $\mu\text{m}$ ; Medio-Infrarosso)
- 6 (10.4 – 12.5  $\mu\text{m}$ ; Infrarosso Termico)
- 7 (2.09 – 2.35  $\mu\text{m}$ ; Medio-Infrarosso)
- 8 (0,52 – 0,9  $\mu\text{m}$ ; Pancromatico);

con un IFOV di 30 m per le bande 1-5 e 7, di 60 m per l'infrarosso termico e di 15 metri per il pancromatico.

<b>Sensor type:</b>	<b>opto-mechanical</b>
<b>Spatial Resolution:</b>	<b>30 m (60 m - thermal, 15-m pan)</b>
<b>Spectral Range:</b>	<b>0.45 - 12.5 <math>\mu\text{m}</math></b>
<b>Number of Bands:</b>	<b>8</b>
<b>Temporal Resolution:</b>	<b>16 days</b>
<b>Image Size:</b>	<b>183 km X 170 km</b>
<b>Swath:</b>	<b>183 km</b>
<b>Programmable:</b>	<b>yes</b>

FIG. 12 - Specifiche tecniche del sensore ETM +

Le novità dell'ETM+ consentono misurazioni più accurate rispetto ai precedenti sensori, tanto che è stato definito come *"the most stable, best characterized Earth observation instrument ever placed in orbit"*.

L'eccellente qualità dei dati è garantita dallo *Scan Mirror*, che elimina le oscillazioni trasversali, mentre quelli lungo la traccia sono limitati dalla spinta in avanti del satellite, e dallo *Scan Line Corrector*, che rimuove gli spostamenti a "zig-zag" che derivano dalla combinazione dei due precedenti. Gli effetti del guasto del sistema SLC consistono nella perdita o nella duplicazione di alcuni dati lungo i bordi della scena e tendono a diminuire gradualmente fino al centro dell'immagine, dove la qualità radiometrica e geometrica sono simili a quelle antecedenti il danno. L' U.S. Geological Survey (USGS) sta mettendo a punto delle tecniche per correggere i dati che continua a raccogliere dal Landsat 7.

#### **ANALISI CRITICA DEI DATI LANDSAT**

Considerando le finalità del progetto, che prevede la realizzazione di un modello speditivo per l'analisi quali-quantitativa del danno ambientale da incendio boschivo sull'intero territorio regionale, i dati Landsat sono risultati perfettamente idonei (Chirici et alii, 2001; Chirici, 2003).

I satelliti Landsat, grazie alla elevata *risoluzione temporale*, garantiscono una continua scansione della superficie terrestre con un tempo di rivisita di appena 16 giorni. Per effettuare l'analisi multitemporale è stato così possibile scegliere tra un'ampia gamma di immagini.

I *sensori ottici multispettrali* hanno consentito l'utilizzo di diverse combinazioni di bande, selezionando quelle più idonee allo studio della vegetazione.

La risoluzione spaziale dei canali spettrali utilizzati, pari a 30 metri, sebbene inferiore a quella di altri sensori oggi a disposizione (Quickbird, Worldview, Envisat, Ikonos, SPOT), è comunque sufficiente per un'analisi a livello regionale.

D'altra parte il modello dovrebbe rappresentare uno strumento per le amministrazioni regionali per pianificare interventi di previsione e prevenzione sull'intero territorio. La scala di analisi, con un dettaglio di 30 x 30 metri, consente la distinzione di macroaree di vegetazione (boschi di latifoglie, boschi di conifere, boschi misti), risultando perciò idonea allo scopo.

Il principale svantaggio dei dati Landsat, almeno nel contesto di questo progetto, è rappresentato dal fatto che solo il *Landsat 5 TM* continua a fornire efficacemente immagini della superficie terrestre, le altre missioni non sono più attive.

Inoltre, bisogna aggiungere che l'utilizzo di *sensori a microonde* (AMI o Active Microwave Instrument - ERS 2) offrirebbe una serie di vantaggi, quali l'acquisizione di dati in assenza di luce solare (di giorno e di notte) e indipendentemente dalle condizioni meteorologiche (copertura nuvolosa). Le microonde poi, fornendo informazioni sulle proprietà geometriche e dielettriche delle superfici o del volume oggetto di studio in relazione alla scabrosità, al tipo di materiale (per es. ferro, cemento, legno, materiale organico) e al contenuto in umidità, consentirebbero un'analisi più affinata della superficie (vegetale, in questo caso) oggetto dello studio.

## IL NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI)

Il modello elaborato consente la stima del danno subito dalle aree boscate e non boscate, attraverso la valutazione della variazione dell'attività fotosintetica nelle aree incendiate, basandosi sull'assunto che la quantità di biomassa bruciata è proporzionale alla quantità di CO<sub>2</sub> assorbita.

L'attività fotosintetica viene stimata, pixel per pixel, attraverso il calcolo del *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), anche noto come Indice di Vegetazione. (LEE et alii; Bottai et alii, 2008; Leigh et alii, 2006; Chirici et alii, 2001; Chirici, 2003; Nordberg, 2005)

L'indice sfrutta la diversa risposta della copertura vegetale alle bande del rosso visibile (R), radiazione dello spettro elettromagnetico assorbita durante la fotosintesi clorofilliana, e del vicino infrarosso (NIR), radiazione fortemente riflessa:

$$\frac{\text{NDVI}_{\text{NIR}} - \text{NDVI}_{\text{R}}}{\text{NDVI}_{\text{NIR}} + \text{NDVI}_{\text{R}}}$$

L'indice fornisce un valore numerico adimensionale, teoricamente compreso tra -1 e +1. Tale valore è stato dimostrato essere in stretta relazione con lo stato di salute della vegetazione, intesa come biomassa e area fogliare (*Leaf Area Index*), e con i processi biochimici ad essa correlati (attività fotosintetica). La caratteristica del comportamento dei pigmenti delle foglie non sottoposte a stress è infatti quella di riflettere soltanto circa il 10% della radiazione ricevuta nella regione spettrale della luce visibile (rosso) e allo stesso tempo di riflettere oltre il 40% di quella ricevuta nell'infrarosso vicino.

Valori bassi di NDVI si verificano in aree a bassa o assente copertura vegetale, o dove la vegetazione presente è senescente o sofferente, mentre alti valori dell'indice rispecchiano una situazione di forte attività fotosintetica e quindi elevata presenza di biomassa. Il risultato è un'immagine in scala di grigio con valori del DN (*Digital Number*) più elevati (tendenti al bianco) in corrispondenza di zone ricche di vegetazione e più bassi (tendenti al nero) in zone povere di vegetazione.

I valori reali osservati di NDVI variano comunque prevalentemente in un range compreso tra -0,4 (corpi d'acqua, neve e nubi) e +0,6 (vegetazione molto

densa). Valori compresi tra 0.3 e 0.4 sono tipici delle formazioni prative, mentre i suoli nudi assumono valori prossimi a 0.

Le mappe riportate di seguito (FIG. 13 e 14) mostrano la stessa scena, rispettivamente, relativa alla fase antecedente (a sinistra) e successiva (a destra) ad un incendio, così come appare nella combinazione RGB 432.

L'analisi degli *scatterplots* delle immagini RGB 432 per le componenti del rosso (banda 3) e dell'infrarosso vicino (banda 4), mette in evidenza la variazione di risposta spettrale dei pixel nelle aree bruciate.

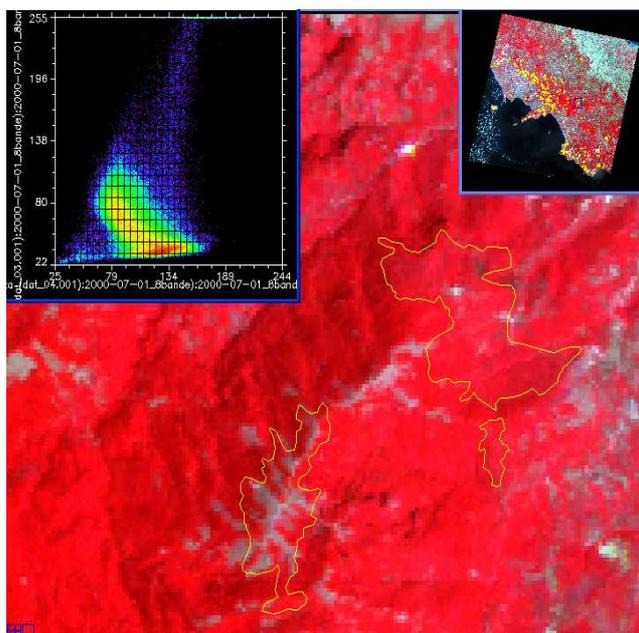


FIG. 13a -  
Immagine *pre* incendio in visualizzazione RGB 432

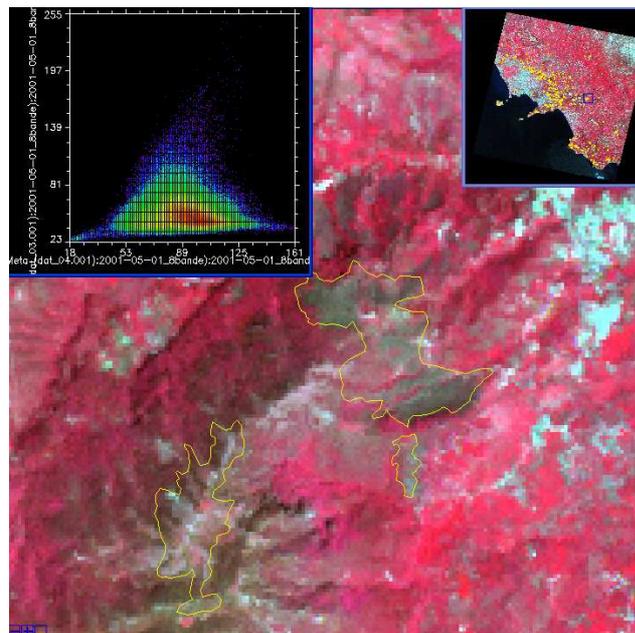


FIG. 14a -  
Immagine *post* incendio in visualizzazione RGB 432

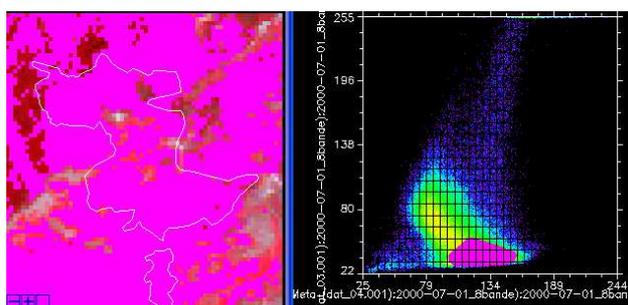


FIG. 13b -  
Ingrandimento dello scatterplot (*pre* incendio)  
relativo alle componenti 4 e 3.  
In viola i pixel con forte risposta nella NIR.

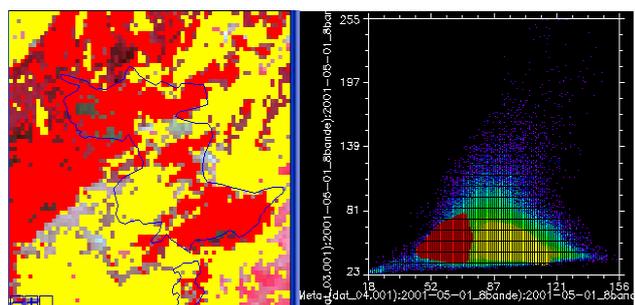


FIG. 14b -  
Ingrandimento dello scatterplot (*post* incendio)  
relativo alle componenti 4 e 3.  
In rosso i pixel con diminuzione della riflettanza nel NIR.

L'utilizzo di colori aiuta ad identificare le classi di distribuzione dei pixel in relazione alle due componenti principali:

- nello scatterogramma a sinistra, i pixel (in viola) riflettono fortemente nel NIR e assorbono praticamente tutta la radiazione del rosso visibile. Il comportamento è quello tipico del pigmento clorofilliano durante la fotosintesi;
- nello scatterogramma a destra, è evidente come cambi la risposta spettrale dei pixel nell'area bruciata (in rosso), che riflettono molto meno nel NIR aumentando la riflettanza nel R visibile.

Il cambiamento è simile a quello riscontrato con il passaggio dalla fase vegetativa (solitamente la primavera) alla fase di riposo delle piante (solitamente l'autunno), tipicamente accompagnato da una quiescenza del processo fotosintetico (FIG. 15).

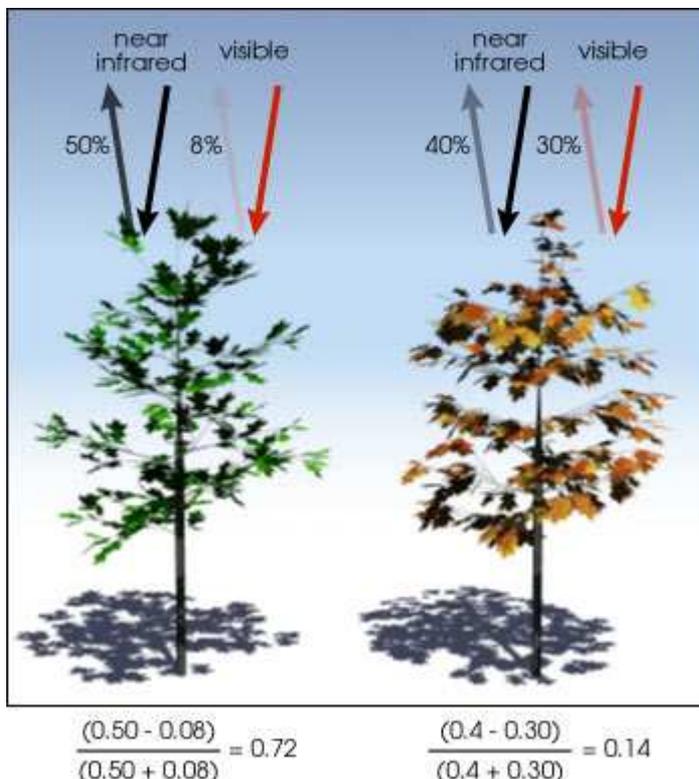


FIG. 15 - Risposta spettrale della vegetazione nel rosso visibile e nell'infrarosso vicino in relazione alla stagione vegetativa (da [http://earthobservatory.nasa.gov/Library/MeasuringVegetation/measuring\\_vegetation\\_2.html](http://earthobservatory.nasa.gov/Library/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.html))

La scelta di analizzare lo stato della vegetazione su immagini relative ai mesi di aprile-maggio consente di minimizzare la variazione di NDVI causata dal cambiamento di stagione, in quanto si assume che, in area mediterranea, in questo periodo la vegetazione sia in piena attività fotosintetica.

Inoltre, poiché vengono presi in considerazione solamente i pixel delle aree bruciate, è ragionevole l'attribuzione di un'eventuale diminuzione di NDVI all'evento dell'incendio.

Di seguito vengono mostrate le immagini in scala di grigio (FIG. 16) relative al calcolo dell'indice NDVI, per la fase antecedente (a sinistra) e successiva (a destra) l'incendio. Il valore di NDVI diminuisce nell'area bruciata: i pixel assumono una colorazione più scura nell'immagine a destra.

Il riquadro al centro riporta un ingrandimento del poligono incendiato, dopo la tematizzazione in ambiente GIS per le tre categorie di danno identificate. L'utilizzo degli stessi colori risalta la corrispondenza tra la mappa GIS e la mappa relativa allo scatterplot "post incendio" precedentemente mostrata.

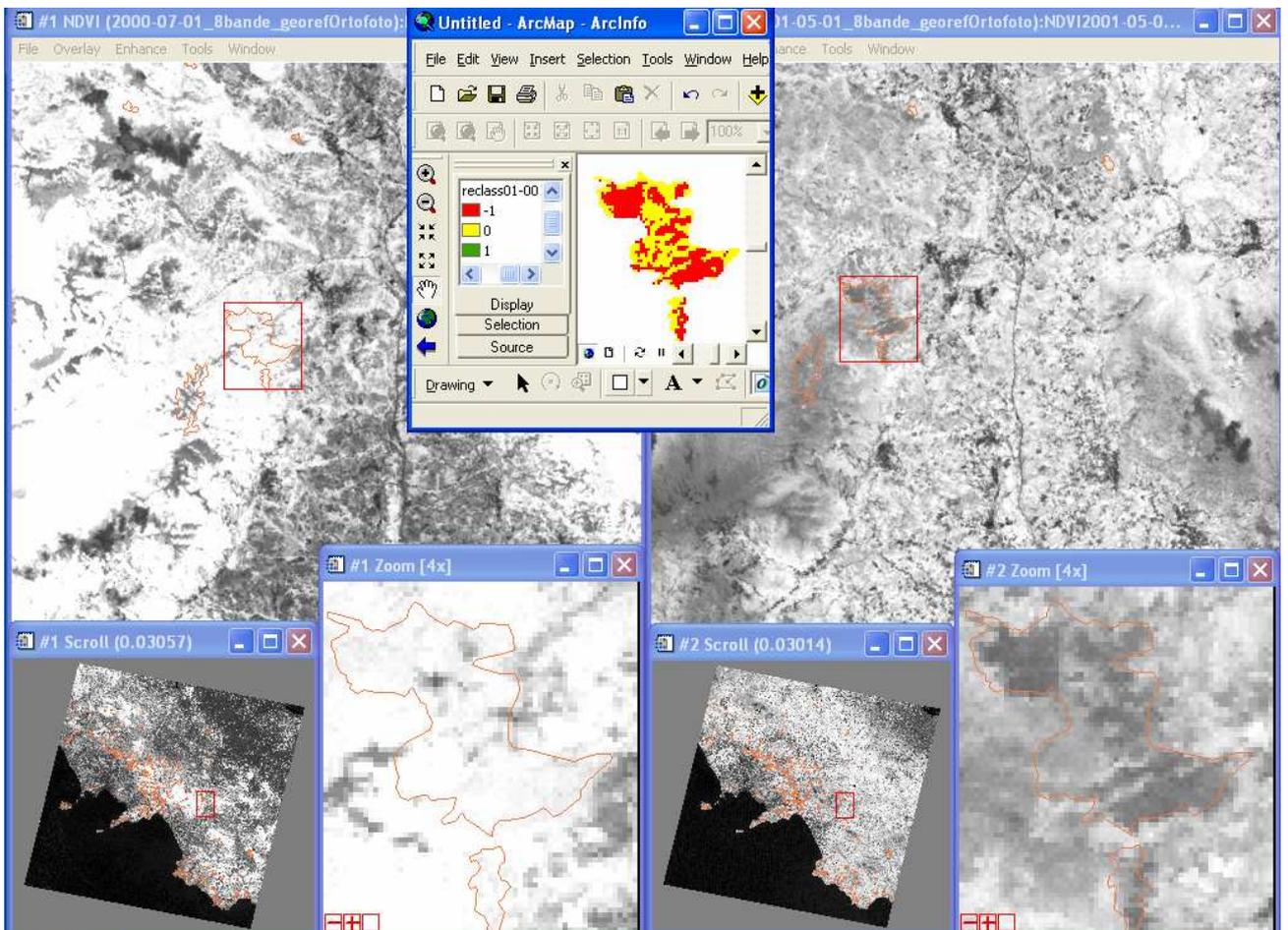


FIG. 16 - Immagine in scala di grigio dell'indice NDVI (a sinistra la fase *pre* incendio, a destra quella *post* incendio)

## **BASI CARTOGRAFICHE**

Le basi cartografiche utilizzate e implementate in ambiente GIS sono:

- la Carta catastale degli incendi dal 2000 al 2007, 1: 10.000;
- la Carta delle aree boscate, 1:25.000;
- la Carta dell'Utilizzo Agricolo del Suolo, 1: 25.000;
- Limiti amministrativi e toponomastica, 1:25.000;
- Carta delle aree protette, 1:25.000;
- Carta dei Siti d'Importanza Comunitaria (SIC), 1:25.000;
- Carta delle Zone a Protezione Speciale (ZPS), 1:25.000;
- l'Ortofoto delle Regione Campania, 1:10.000;
- la copertura regionale del Landsat 5 TM, risoluzione 30 m, per gli anni 2004, 2005, 2006, 2007;
- la copertura regionale del Landsat 7 ETM +, risoluzione 30 m, per gli anni 2000, 2001, 2002, 2003.

Tutti i dati sono stati riferiti al sistema di proiezione WGS 1984 – UTM fuso 33N.

## LA REALIZZAZIONE

---

### ANALISI DEI DATI LANDSAT

Le immagini sono fornite in formato CEOS “Path Oriented”, sono cioè allineate secondo la direzione dell’orbita del satellite. Questo tipo di dato può essere proiettato correttamente in ambiente GIS solo previa georeferenziazione che consente il riallineamento con la griglia della mappa.

Ciascuna immagine è stata quindi registrata rispetto ad un’altra immagine (procedura *image-to-image*) attraverso la selezione di 13-15 punti di controllo o *Ground Control Points* (GCP), scegliendo un algoritmo di interpolazione spaziale di I grado (*Nearest Neighbor*), per mantenere l’integrità radiometrica, e considerando accettabile un errore medio residuo (RMS) di posizionamento inferiore ad un pixel. Nella maggior parte dei casi l’RMS è risultato pari a circa 0,6. L’immagine viene quindi riproiettata (WGS 1984 – UTM fuso 33N) e ricampionata (pixel 30 metri).

Il dataset di immagini messo a disposizione copre l’arco di tempo compreso fra gli anni 2000 e 2007 per diverse stagioni. Una rapida visione delle immagini (sono state escluse quelle in cui la copertura nuvolosa rappresenta un impedimento per le analisi successive) e la consultazione di dati bibliografici hanno suggerito di effettuare l’analisi preferenzialmente su dati relativi ai mesi di maggio-aprile, considerando anche che il periodo estivo (luglio-agosto, spesso anche settembre) rappresenta il picco per la stagione degli incendi in Campania. Le date delle immagini selezionate sono le seguenti:

- 2000-07-01
- 2001-05-01
- 2002-04-02
- 2003-05-07
- 2004-04-15
- 2005-05-04
- 2006-07-10
- 2007-06-27

Per gli anni 2000, 2006, 2007, non essendo disponibili immagini relative ai mesi di aprile o maggio, si è resa inevitabile la scelta di altri periodi. Con la selezione dei dati più prossimi all'intervallo ottimale si è cercato comunque di limitare la perdita di informazioni.

Per ciascuna coppia di immagini, la prima rappresenta la fase *pre-incendio*, la seconda la fase *post-incendio*. Il picco della stagione degli incendi ricade in questo modo all'interno dell'intervallo considerato.

Per valutare gli effetti del fuoco sullo strato vegetativo, si ricorre al calcolo del *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI):

$$\frac{\text{NDVI}_{\text{NIR}} - \text{NDVI}_{\text{R}}}{\text{NDVI}_{\text{NIR}} + \text{NDVI}_{\text{R}}}$$

Una volta calcolato l'indice per ciascuna delle fasi *pre* e *post* incendio, i dati vengono nuovamente processati mediante una tecnica di *Change Detection Analysis*, nota come *NDVI Differencing*. (De Conti et alii, 2003; Disperati et alii, 2003)

Viene pertanto restituita una terza immagine, nella quale ogni pixel esprime la variazione, in termini di attività fotosintetica, fra la fase *post* e *pre* incendio:

$$\Delta\text{NDVI} = (\text{NDVI}_{\text{post}} - \text{NDVI}_{\text{pre}})$$

In pratica si utilizza la differenza tra due scene riprese in tempi diversi per enfatizzare le variazioni di riflettanza. Valori prossimi allo zero ( $\Delta\text{NDVI} \approx 0$ ) indicano assenza di cambiamenti; valori con modulo significativamente diverso da zero identificano zone di cambiamento.

Secondo quanto riportato da Nordberg e Evertson (2004), il metodo *NDVI Differencing* risulta, tra le tecniche di *Change Detection* paragonate, il più accurato per la separazione dei dati in 2 classi di distribuzione, zone di "cambiamento" e zone di "non cambiamento".

Per le successive operazioni è stato necessario importare in ambiente GIS i dati elaborati. Il formato idoneo è il GRID, una griglia di celle organizzate in righe e colonne, in cui a ciascun pixel è associato il valore ottenuto di  $\Delta\text{NDVI}$ .

## IMPLEMENTAZIONE IN AMBIENTE GIS

L'ambito territoriale di riferimento è relativo all'intero territorio della regione Campania.

L'applicazione di una maschera (*masking*) (i poligoni delle aree incendiate, perimetrati durante il progetto catasto incendi), permette di estrarre le aree bruciate per ciascuno degli intervalli studiati e quindi di estrapolare i valori di  $\Delta_{NDVI}$  direttamente correlabili con il fenomeno degli incendi. Tanto più il danno riportato dalla vegetazione è elevato tanto più alta è la variazione di NDVI ( $\Delta_{NDVI}$ ).

Nel metodo di *Change Detection* comunemente applicato, l'immagine differenza viene riclassificata utilizzando un valore soglia

$$\text{MEDIA}_{DN} + n \text{ DEV.ST}_{DN}$$

che consente di distinguere tre intervalli, corrispondenti rispettivamente alla coda sinistra ( $\Delta_{NDVI} < \mu - n \sigma$ ), alla coda destra ( $\Delta_{NDVI} > \mu + n \sigma$ ) e alla parte centrale della distribuzione ( $\mu - n \sigma < \Delta_{NDVI} < \mu + n \sigma$ ). Le due code indicano un "cambiamento" significativo nelle condizioni dello strato vegetativo, conseguenza dell'elevato impatto che l'incendio ha avuto sulla copertura vegetale; i valori nella parte centrale della distribuzione segnalano invece che "nessun cambiamento" ha interessato l'attività fotosintetica.

Il fattore  $n$  definisce l'ampiezza della dispersione dei valori attorno alla media. Secondo quanto riportato da Disperati et alii (2003), se nella distribuzione dei valori di  $\Delta_{NDVI}$  media e moda coincidono con lo zero (curva normale, FIG. 17), il valore di  $n \cdot \sigma$  può essere definito come distanza dal valore di pixel teorico 0, simmetrico rispetto alla media; se invece media e moda non coincidono tra loro e inoltre sono diverse dallo 0 (curva non normale) o qualora le finalità del lavoro lo richiedano, è utile valutare separatamente la posizione delle soglie relative alle due tipologie di cambiamento.

Tra gli intervalli di tempo studiati, i valori di  $\Delta_{NDVI}$  degli anni 2000/2001, 2003/2004, 2004/2005, 2005/2006, 2006/2007, sono stati riferiti al primo caso, approssimando media e moda allo zero (FIG. 18, 19, 20, 21, 22).

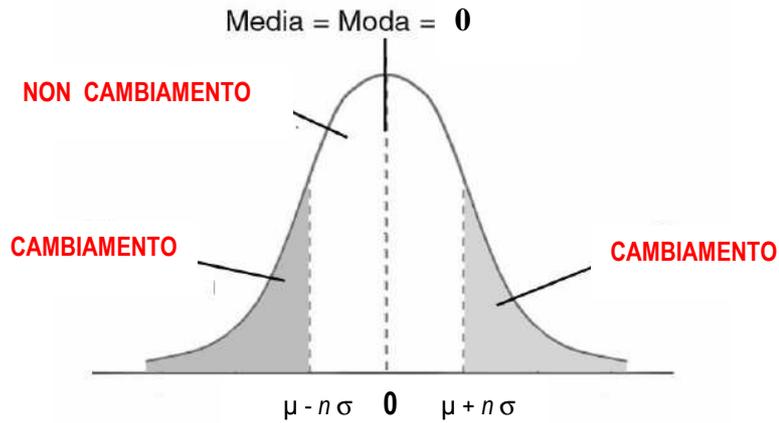


FIG. 17 - Ipotetica distribuzione normale dei valori di  $\Delta_{NDVI}$

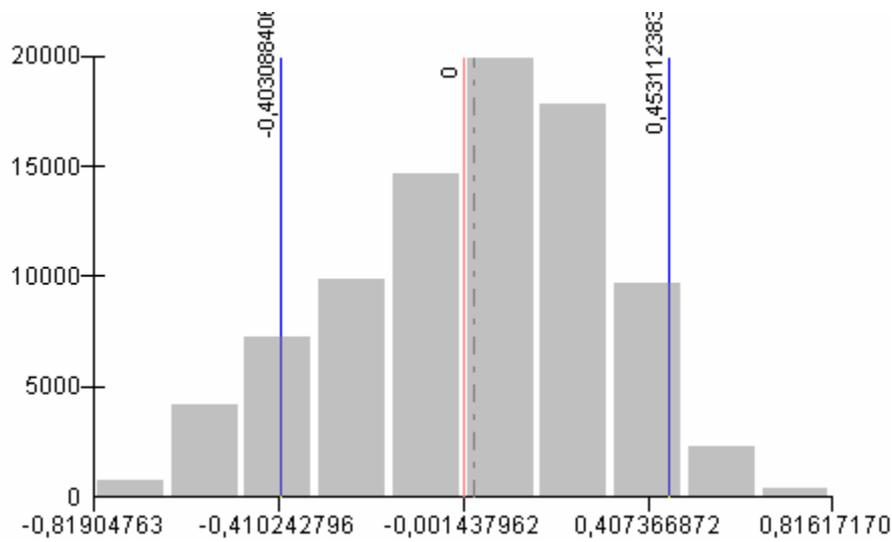


FIG. 18 - Istogramma del valore  $\Delta_{NDVI}$  per l'intervallo 2000-2001. Le linee blu indicano le soglie definite dalla funzione  $\mu \pm 1,5\sigma$ ; la linea tratteggiata la media; la linea rossa lo 0.

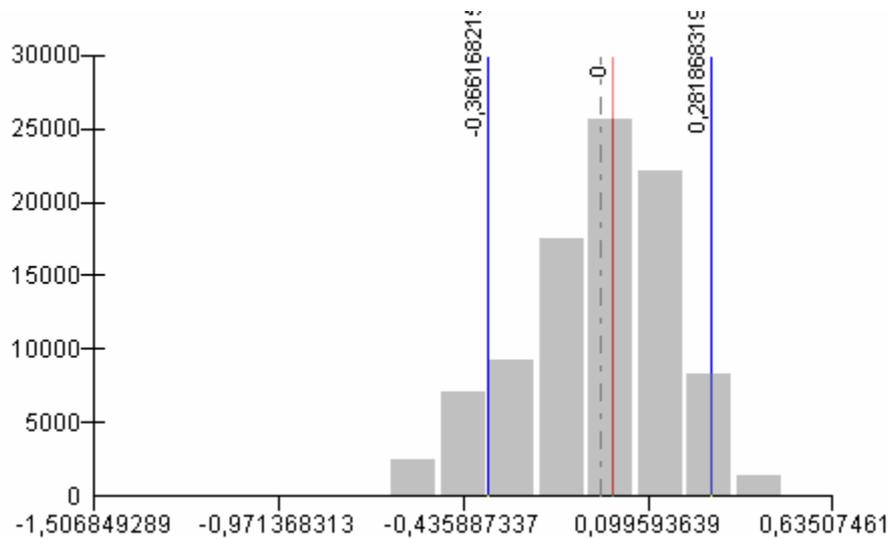


FIG. 19 - Istogramma del valore  $\Delta_{NDVI}$  per l'intervallo 2003-2004

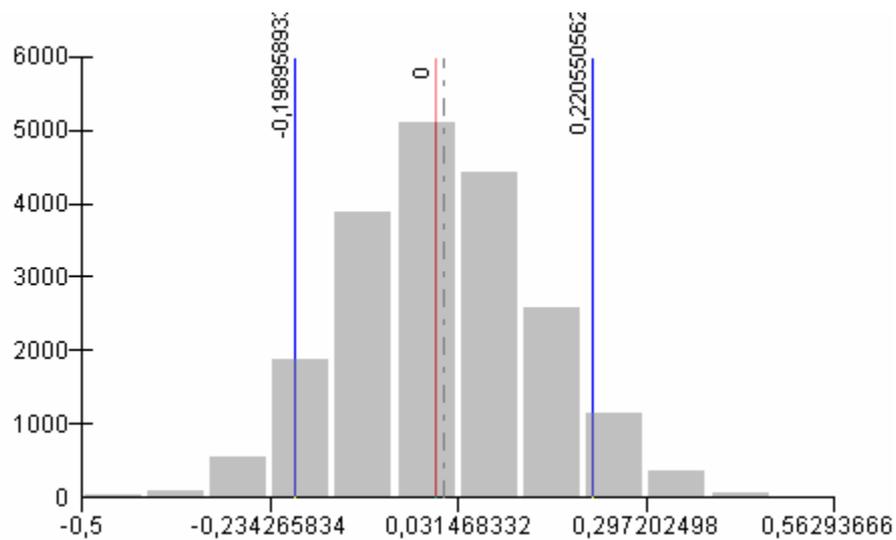


FIG. 20 - Istogramma del valore  $\Delta_{NDVI}$  per l'intervallo 2004-2005

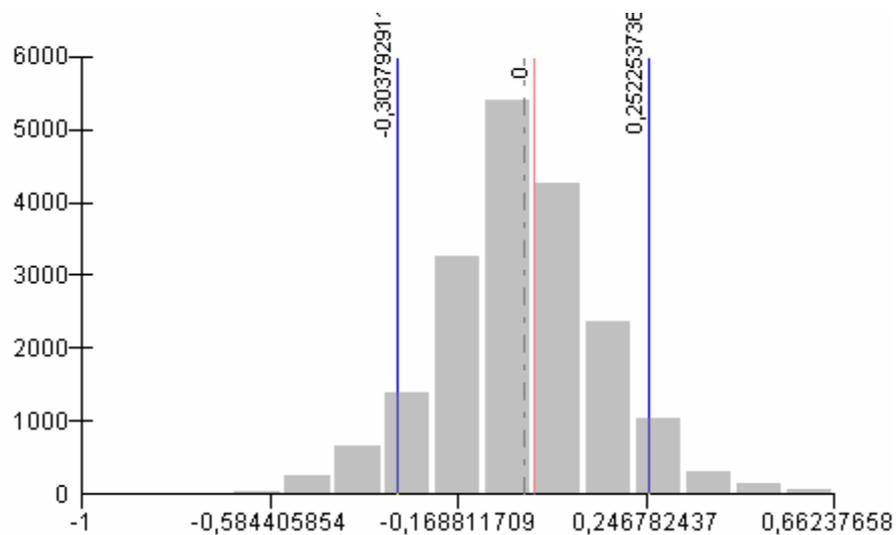


FIG. 21 - Istogramma del valore  $\Delta_{NDVI}$  per l'intervallo 2005-2006

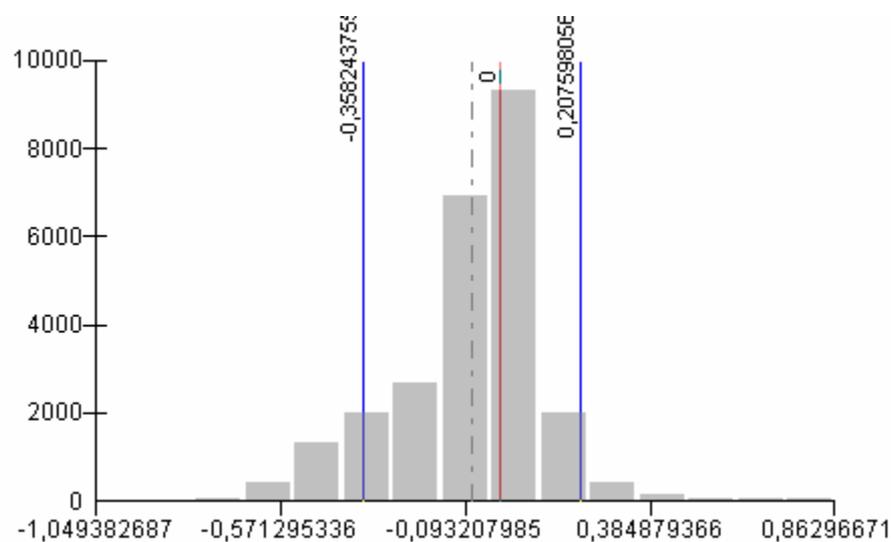


FIG. 22 - Istogramma del valore  $\Delta_{NDVI}$  per l'intervallo 2006-2007

In questi casi è risultato adeguato l'utilizzo di una soglia simmetrica rispetto alla media (e quindi in pratica rispetto allo zero), definita dalla funzione:

$$\Delta_{NDVI} = \mu \pm 1,5\sigma$$

La scelta del valore  $n = 1,5$  (De Conti et alii, 2003) comporta un ampliamento del *range* della classe centrale ("non cambiamento") ed una diminuzione dei valori compresi nelle classi laterali ("cambiamento"). Di conseguenza, le zone di "cambiamento" coincidono con l'estremità delle code (destra e sinistra) della distribuzione, ossia con i valori più alti e più bassi di  $\Delta_{NDVI}$ , e identificano variazioni significative nell'attività fotosintetica.

Per quanto riguarda gli intervalli 2001/2002 e 2002/2003, la distribuzione di  $\Delta_{NDVI}$  è completamente spostata a sinistra e a destra dello 0, posto lontano dal valore medio (FIG. 24, 25) che risulta, rispettivamente, il più basso ( $\mu = -0,261$ ) e il più alto ( $\mu = 0,3467$ ) della serie di dati trattata (FIG. 23).

	$\mu$
2001/2000	0,0250
2002/2001	<b>-0,2610</b>
2003/2002	<b>0,3467</b>
2004/2003	-0,0421
2005/2004	0,0108
2006/2005	-0,0258
2007/2006	-0,0753

FIG. 23 - Valore medio della distribuzione di  $\Delta_{NDVI}$  nei diversi intervalli di tempo analizzati

In queste circostanze, è stato necessario adottare una soglia differenziata per definire le due tipologie di cambiamento:

- per il 2001/2002,  $\Delta_{NDVI} < \mu - 1,28 \sigma$  e  $\Delta_{NDVI} > \mu + 2,56 \sigma$ ;
- per il 2002/2003,  $\Delta_{NDVI} < \mu - 2,56 \sigma$  e  $\Delta_{NDVI} > \mu + 0,4 \sigma$ .

La soglia è il risultato della suddivisione dell'intervallo di  $\Delta_{NDVI}$  in classi di ampiezza  $0.2\sigma \cdot m$  (con  $m$  uguale a 1, 2, 3,...n) (FIG. 24, 25). Quest'ordine di grandezza, consentirebbe, secondo la letteratura, un'adeguata distinzione degli intervalli di "cambiamento", "non cambiamento" (Disperati et alii, 2003).

Le soglie sono state selezionate al fine di mantenere la rappresentatività di entrambe le classi esterne e di attribuire il significato di “cambiamento” ai valori più estremi della distribuzione (le code), in accordo con quanto effettuato per gli altri dati.

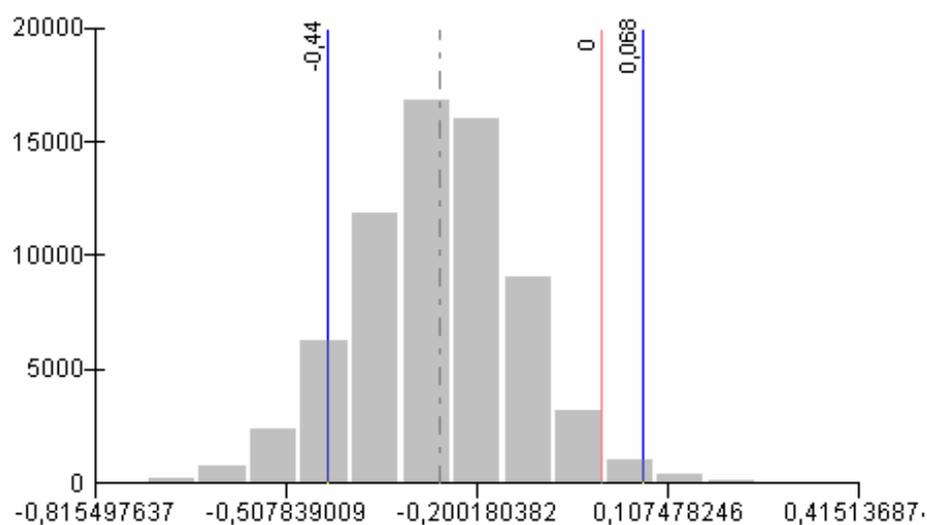


FIG. 24 - Istogramma del valore  $\Delta_{NDVI}$  per l'intervallo 2001-2002.

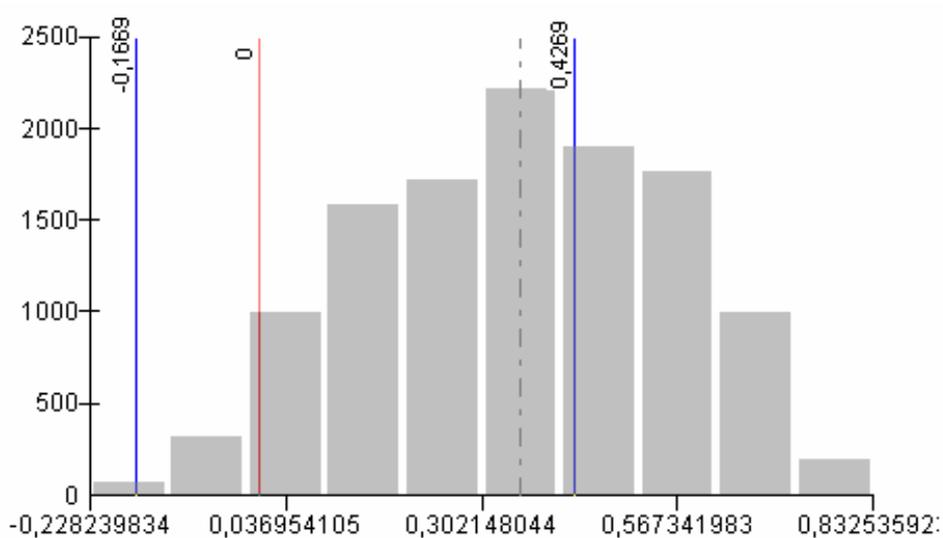


FIG. 25 - Istogramma del valore  $\Delta_{NDVI}$  per l'intervallo 2002-2003

Le classi di danno identificate in corrispondenza degli intervalli di  $\Delta_{NDVI}$  su detti sono:

- classe di danno **-1**
  - classe di danno **+1**
  - classe di danno **0**
- 

Nel dettaglio:

- i valori di  $\Delta_{NDVI} < \mu - 1,5\sigma$  indicano una diminuzione dell'attività fotosintetica in seguito all'incendio (classe di danno -1). L'incendio ha avuto effetti distruttivi sulla vegetazione fino (nel caso dei valori più bassi) alla sostituzione dello strato vegetativo con il suolo nudo. L'intervallo di tempo considerato, non è sufficiente per consentire una piena ripresa vegetativa.
- i valori di  $\Delta_{NDVI} > \mu + 1,5\sigma$  indicano un aumento dell'attività fotosintetica (classe di danno +1). L'aumento del valore dell'indice è da correlare con la comparsa di specie che immediatamente dopo l'incendio, mostrano un forte recupero. Infatti, in condizioni naturali è negli anni immediatamente successivi ad un incendio che si manifesta la ricrescita della vegetazione.
- i valori compresi tra  $\mu - 1,5\sigma$  e  $\mu + 1,5\sigma$  (classe di danno 0) sono infine associati ad incendi che non hanno provocato, nell'intervallo di un anno, danni rilevanti, tanto che la vegetazione mantiene pressoché costante, prima e dopo l'evento, la sua attività fotosintetica.

Il passo successivo è associare, a ciascun valore stimato, il tipo di vegetazione che effettivamente ha riportato un certo tipo di danno in seguito ad un incendio. Ciascuno dei layer ottenuti dalla precedente riclassificazione, dopo essere stato vettorializzato, viene sovrapposto con lo strato informativo:

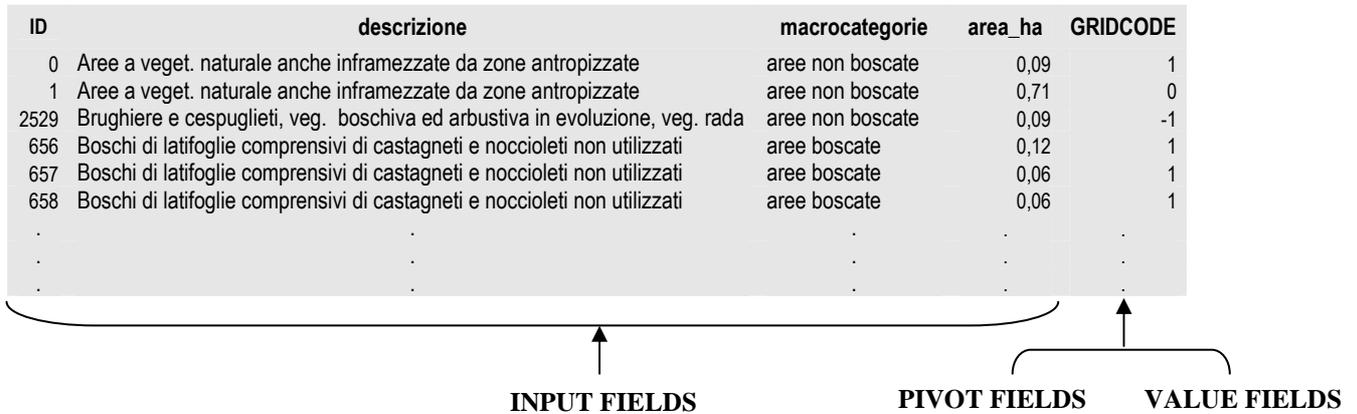
- delle aree bruciate e delle aree agricole;
- delle province della Campania.

Si ottengono due serie di strati vettoriali, i cui attributi danno informazioni sull'andamento degli incendi nel corso di ciascun anno e nel corso dell'intera "serie storica", in relazione, rispettivamente, alle diverse tipologie di vegetazione e alle varie province.

Per il calcolo delle successive statistiche, è necessario esportare le tabelle associate con i layer su detti e rielaborarle in modo tale che i campi esplicitino le informazioni necessarie.

Viene riportato il procedimento svolto per le aree boscate e agricole, adottato, in una fase successiva, anche per le informazioni sulle province.

Si predispongono prima di tutto *tabelle pivot* in modo da riorganizzare e riassumere i dati di input in base alla categoria di danno (Model A):



La tabella pivot assume la struttura seguente:

descrizione	macrocategorie	area_ha	gridcode -1	gridcode 0	gridcode 1
aree a ricoloniz. artificiale	aree non boscate	0,00	0	0	1
aree a ricoloniz. artificiale	aree non boscate	0,01	0	0	1
aree a ricoloniz. artificiale	aree non boscate	0,05	0	1	0
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

Le elaborazioni successive consentono di associare ciascun incendio alla superficie in ettari, in funzione del tipo vegetazionale e della categoria di danno (Model B):

descrizione	frequency	SUM_grid	SUM_grid	SUM_grid	SUM_area	SUM_area	SUM_area
		-1	0	+1	-1	0	+1
ambiente urbanizzato e superf. arti	24	0	18	6	0,0	2,8	0,2
aree a ricolonizzaz. naturale	7	0	3	4	0,0	0,2	0,3
Aree a veget. naturale anche inframezzate da zone antropizzate	1	0	1	0	0,0	1,2	0,0
aree a vegetaz. sclerofilla	61	-1	45	15	0,1	54,6	2,0
aree pascolo naturale alta quota	155	-60	71	24	22,3	294,4	2,3
Aree prevalentemente agricole con nuclei significativi di veget. naturale	55	-9	42	4	2,1	43,1	0,4
aree vegetazione rada	131	-43	67	21	20,5	392,7	2,2
Boschi di latifoglie comprensivi di castagneti e nocciolieti non utilizzati	363	-47	228	88	40,8	318,0	33,5
Boschi misti	9	-4	5	0	1,8	8,7	0,0
Brughiere e cespuglieti, veg.boschiva ed arbustiva in evoluzione, veg.rada	411	-109	219	83	109,3	576,2	16,5
cereali da granella	15	0	13	2	0,0	3,7	0,2
cereali granella autunno-vernini	7	0	6	1	0,0	0,3	0,1
cespuglieti e arbusteti	48	-4	32	12	2,7	91,0	3,0
colture foraggere	1	0	1	0	0,0	0,0	0,0
colture industriali	2	0	2	0	0,0	0,0	0,0
colture temp.ass. a colture perm.	5	-3	2	0	0,2	0,2	0,0
erbai	1	0	1	0	0,0	0,0	0,0
frutteti e frutti minori	49	-12	36	1	3,3	14,8	0,1
oliveti	103	-9	79	15	5,7	45,2	1,0
ortive	5	-1	4	0	0,1	0,8	0,0
pascoli inutilizzati	7	0	4	3	0,0	1,7	0,2
prati avvicendati	1	0	1	0	0,0	0,1	0,0
prati permanenti e pascoli	44	-5	29	10	7,4	70,6	1,8
rocce nude e affioramenti	3	0	3	0	0,0	6,6	0,0
sistemi colturali complessi	11	0	8	3	0,0	5,9	0,1
vigneti	4	0	4	0	0,0	2,6	0,0

Lo stesso procedimento viene seguito per ottenere la tabella relativa alle 4 macrocategorie riassuntive (aree boscate, aree non boscate, aree agricole, altro):

macrocategorie	frequency	SUM_grid-1	SUM_grid0	SUM_grid+1	SUM_area-1	SUM_area0	SUM_area+1
altro	32	-1	25	6	0,1	10,2	0,2
aree agricole	253	-33	194	26	11,4	115,8	1,8
aree boscate	372	-51	233	88	42,6	326,7	33,5
aree non boscate	866	-222	472	172	162,3	1482,5	28,2

Lo schema di Model Builder mostrato in FIG. 26 riassume i tools utilizzati nel procedimento appena esposto.

Il software GIS è stato infine utilizzato per creare delle mappe tematiche.

In appendice sono allegate due serie di mappe, relative a:

- la variazione di attività fotosintetica nelle aree incendiate per ciascuno degli intervalli temporali considerati, con l'istogramma del valore  $\Delta_{NDVI}$  e la tabella con le statistiche associate (minimo, massimo, media, deviazione standard) che ne mostrano la distribuzione (ALLEGATO A);

- la stima della classe di danno nelle aree incendiate per ciascuno degli intervalli temporali considerati, con l'istogramma relativo alla distribuzione delle tre categorie di danno e la tabella con i corrispondenti valori di  $\Delta_{NDVI}$  riclassificati (ALLEGATO B). Sono state evidenziate le aree boscate.

In ciascuna mappa, la regione Campania rappresenta il quadro di unione, mentre gli ingrandimenti consentono una migliore visualizzazione della tematizzazione.

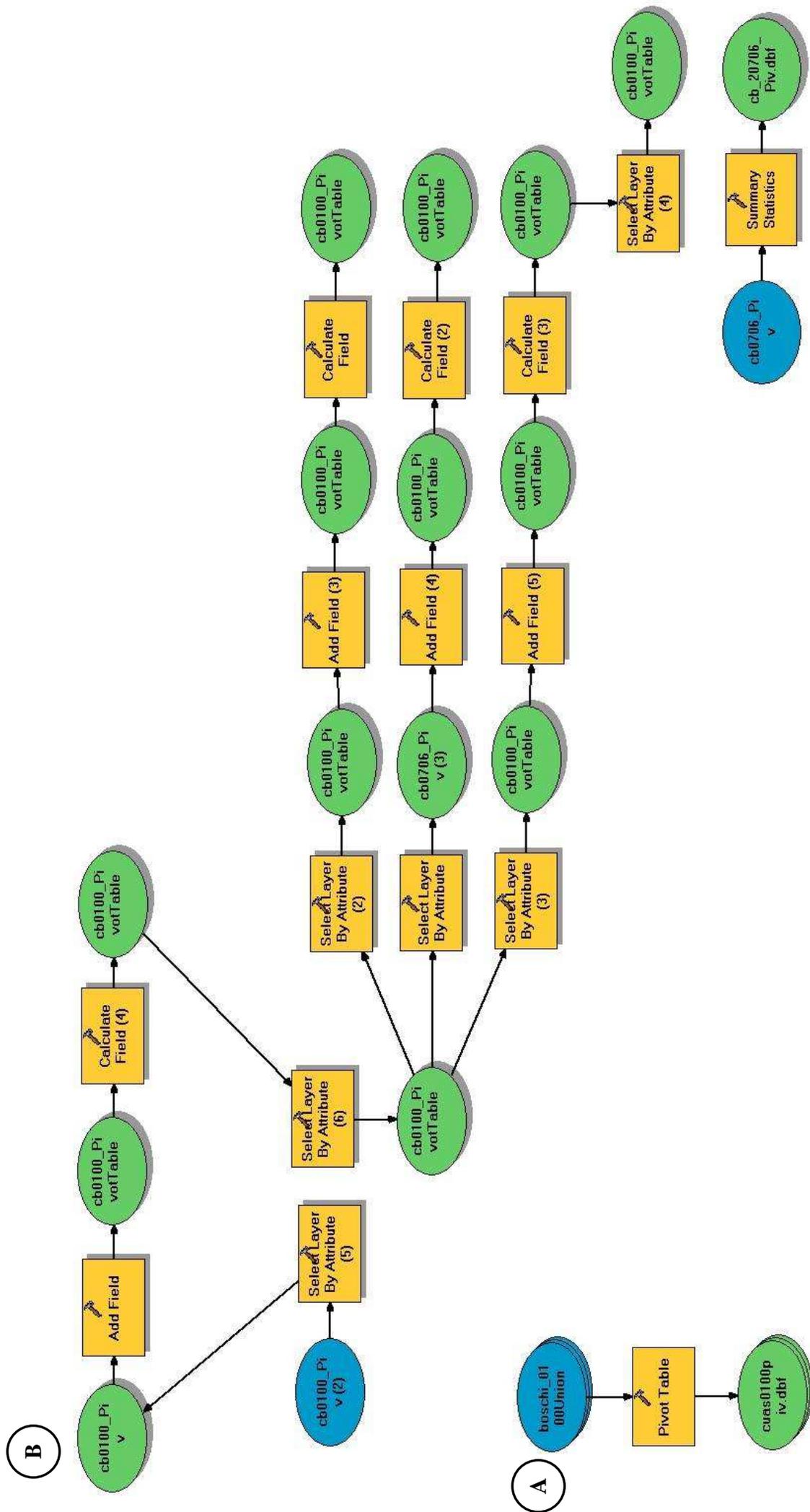


FIG. 26 - Model Builder per l'elaborazione delle tabelle da sottoporre alle successive statistiche

## ANALISI STATISTICA E RISULTATI

L'analisi statistica delle tabelle ottenute è stata effettuata con un software dedicato ed ha prodotto i risultati del progetto presentati in allegato (ALLEGATI C, D, E, F)

### STIMA DEL DANNO SUL TERRITORIO PROVINCIALE

La provincia di Salerno risulta quella statisticamente più colpita dagli incendi durante il periodo indagato, con una superficie bruciata pari a circa il 40% dell'intera regione. Solo nel 2003/2004 e nel 2006/2007 il primato spetta alla provincia di Caserta (ALLEGATO C-a).

La mappa riportata in FIG. 27 evidenzia come gli incendi sul territorio salernitano tendano a concentrarsi lungo le coste, in particolare in corrispondenza di due mete turistiche molto frequentate:

- la fascia costiera del Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano, con una superficie incendiata estesa dal comune di Agropoli a San Giovanni a Piro, affacciato sul Golfo di Policastro;
- la parte meridionale della Penisola Sorrentina, con aree incendiate da Massa Lubrense (in provincia di Napoli) a Cetara.

L'ALLEGATO C-b mostra la distribuzione delle categorie di danno sul territorio provinciale. Prevalgono le aree con danno minore (*classe 0*), in cui cioè non si rilevano cambiamenti nell'attività fotosintetica.

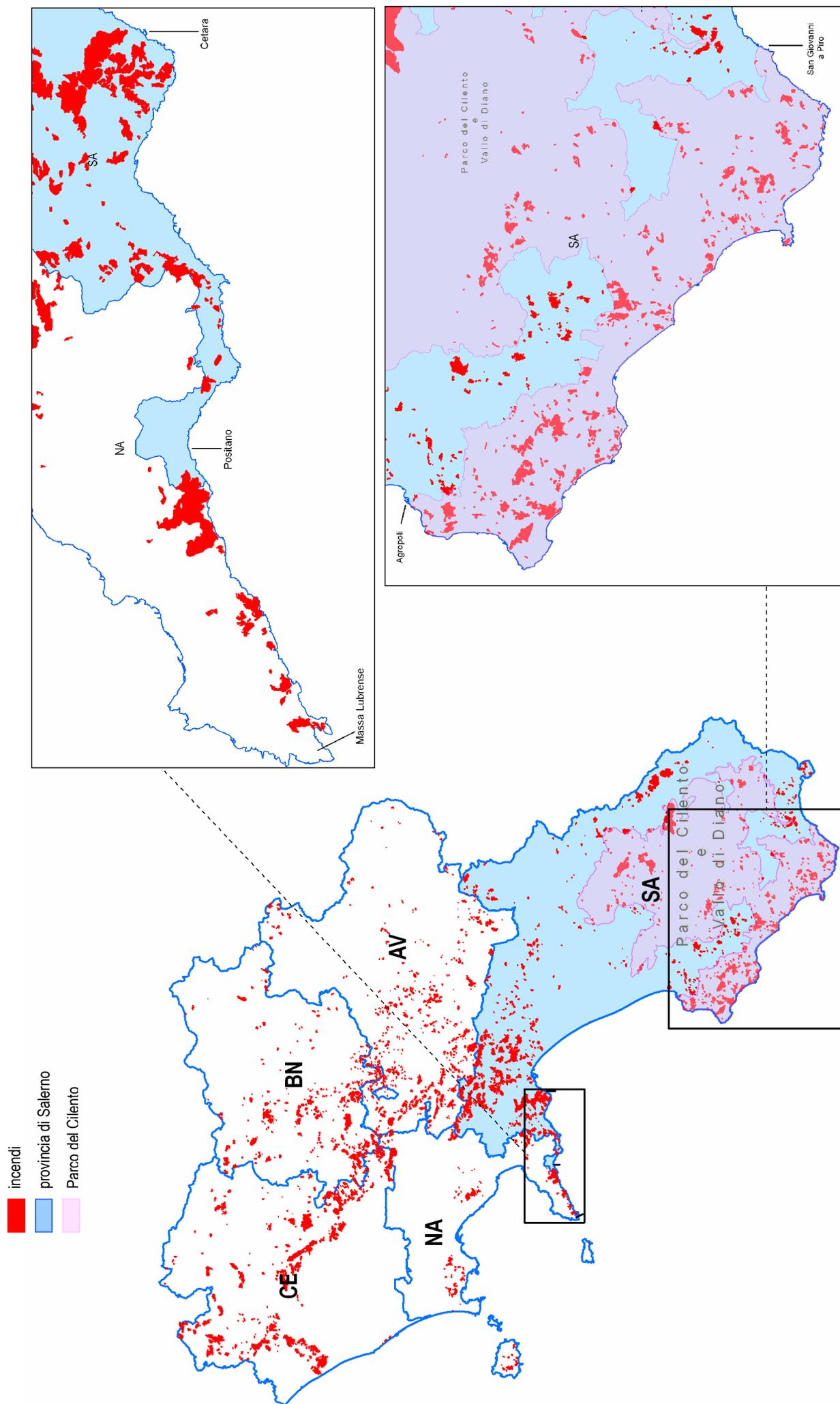


FIG. 27 - Superficie incendiata nella provincia di Salerno. Ingrandimenti: Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano; Penisola Sorrentina

## STIMA DEL DANNO SULLE AREE BOScate

Dall'analisi della superficie totale incendiata (ALLEGATO D) emerge che, tra gli intervalli di tempo analizzati, quello maggiormente colpito dagli incendi è il maggio2003/aprile2004, con 8158 ettari di superficie bruciata, seguito dal luglio2000/maggio2001, con 7604 ettari.

La frequenza percentuale della superficie incendiata è maggiore nelle aree boscate e non boscate e pari a circa il 10% nelle superfici agricole, che risentono del fenomeno dalle aree limitrofe.

In particolare le aree non boscate sono interessate dal fenomeno con una frequenza media superiore al 50%. Nel 2006/2007 la frequenza sale fino al 75,5% (solo il 18% i boschi), mentre nel 2004/2005 le aree boscate, con il 45,5%, risultano maggiormente colpite.

Le superfici bruciate tendono a distribuirsi tra le categorie di danno con una netta predominanza della classe di "non cambiamento" (*classe 0*), mentre le classi di "cambiamento" (*classe -1 e +1*) per lo più si equivalgono. Il picco relativo alla classe di danno +1, nel grafico del 2002/2003, va rapportato ad una superficie totale incendiata inferiore ai 1000 ettari, per cui se nel corso dell'intervallo di tempo medesimo si registra un aumento delle aree boscate e non boscate che hanno subito questo tipo di danno, l'ammontare delle superfici per le quali si registra un "cambiamento" (*classe -1 e +1*), in termini di attività fotosintetica, è comunque dello stesso ordine di grandezza nei vari intervalli.

Dall'ALLEGATO E si deduce, mediante l'analisi della frequenza cumulata percentuale, la superficie totale incendiata nel corso dell'intera "serie storica", mentre dalle linee spezzate si ricava un eventuale *trend* nel fenomeno.

Emerge che le aree boscate che subiscono un danno intenso senza manifestare una netta ripresa vegetativa (*classe -1*) presentano la tendenza a diminuire nel tempo, fino ad un valore minimo tra il 2005/2006. Con una propensione inversa, la vegetazione non boscata risulta più colpita negli ultimi anni fino a toccare un valore massimo nel medesimo intervallo di tempo.

Contemporaneamente, le aree non boscate sono anche quelle più interessate da incendi di debole entità, i quali non comportano perdite rilevanti per la comunità vegetale, che infatti mantiene pressoché invariata la sua attività fotosintetica (*classe 0*).

Infine, le aree interessate da incendi intensi in cui la vegetazione risponde con una forte ripresa vegetativa (*classe +1*), non presentano una tendenza evidente, ma sono caratterizzate da oscillazioni casuali nel corso del tempo.

Un'analisi dettagliata delle superfici boscate e non boscate percorse da incendi viene mostrata nell'ALLEGATO F. Al grafico della tendenza diacronica delle tipologie di vegetazione nelle classi di danno è affiancato quello della *mediana* (il 50 percentile), che permette una immediata identificazione del tipo di vegetazione statisticamente più colpito nel corso degli anni.

L'analisi della superficie boscata ha interessato tre tipologie di boschi:

- boschi di latifoglie, comprensivi di castagneti e noccioleti non utilizzati;
- boschi misti;
- boschi di conifere.

I boschi di castagno non sono stati rappresentati graficamente, essendo la superficie annuale bruciata nulla o inferiore ad un ettaro (FIG. 28, 29, 30).

	<b>Boschi di conifere</b>	<b>Boschi di latifoglie</b>	<b>Boschi misti</b>	<b>Castagneti da frutto</b>
2001/2000	18,39	2089,66	23,62	
2002/2001	0	252,82	1,98	0
2003/2002	0	0,70	0	
2004/2003	17,53	2072,83	5,57	0,17
2005/2004	11,30	658,80	8,48	0,28
2006/2005	1,16	352,86	2,15	
2007/2006		318,02	8,70	

FIG. 28 - Superficie bruciata in ettari tra il 2000 e il 2007, relativamente alla classe di danno -1

	<b>Boschi di conifere</b>	<b>Boschi di latifoglie</b>	<b>Boschi misti</b>	<b>Castagneti da frutto</b>
2001/2000	0,28	518,22	0,31	
2002/2001	7,68	1703,52	27,78	0,88
2003/2002	3,35	20,68	0,00	
2004/2003	0,54	244,44	0,62	0,00
2005/2004	2,00	23,37	1,63	0,00
2006/2005	0,00	4,27	0,00	
2007/2006		40,75	1,84	

FIG. 29 - Superficie bruciata in ettari tra il 2000 e il 2007, relativamente alla classe di danno 0

	<b>Boschi di conifere</b>	<b>Boschi di latifoglie</b>	<b>Boschi misti</b>	<b>Castagneti da frutto</b>
2001/2000	0,06	30,98	1,18	
2002/2001	0,04	20,54	0,69	0
2003/2002	0,53	223,68	3,37	
2004/2003	0,01	17,85	0,00	0,00
2005/2004	0,41	76,45	0,11	0,00
2006/2005	0,11	24,86	0,00	
2007/2006		33,46	0,00	

FIG. 30 - Superficie bruciata in ettari tra il 2000 e il 2007, relativamente alla classe di danno +1

Le superfici arbustive ed erbacee sono invece suddivise in:

- brughiere e cespuglieti, comprensivi di vegetazione arborea e arbustiva sparsa in evoluzione;
- vegetazione sclerofilla;
- cespuglieti e arbusteti;
- aree a pascolo naturale di alta quota;
- pascoli inutilizzati;
- prati permanenti e pascoli;
- aree a ricolonizzazione artificiale;
- aree a ricolonizzazione naturale;
- aree a vegetazione naturale anche inframezzata da zone antropizzate;
- aree a vegetazione rada;
- erbai.

È emerso che tra le superfici boscate, i boschi di latifoglie sono in assoluto quelli maggiormente colpiti dagli incendi, a prescindere dal danno riportato. Tra le aree non boscate prevalgono invece nettamente brughiere e cespuglieti, comprensivi di vegetazione arborea e arbustiva sparsa in evoluzione. Una certa rilevanza rispetto alle altre formazioni prative e arbustive hanno anche i pascoli naturali di alta quota, le aree a vegetazione rada, le aree a vegetazione sclerofilla, i cespuglieti e i prati permanenti e pascoli.

Dalla mediana deduciamo che i boschi di latifoglie rappresentano la tipologia di vegetazione che statisticamente subisce il danno minore (*classe 0*), sebbene nel tempo la superficie interessata vari in modo casuale. Le brughiere subiscono invece i cambiamenti maggiori (*classe -1 e +1*).

I dati sono stati infine incrociati con lo strato informativo delle aree protette e dei SIC e ZPS. I risultati vengono illustrati di seguito.

La tabella in FIG. 31 mostra la percentuale di superficie incendiata ricadente nel perimetro delle aree protette (intesa come frequenza percentuale della superficie protetta bruciata rispetto al totale regionale per lo stesso anno). È evidente come il valore si mantenga sempre piuttosto elevato, con valori massimi nel 2002 (47,74%) e nel 2004 (54,19%). Le aree protette più colpite (FIG. 32) sono il Parco del Cilento e Vallo di Diano, sia per numero di incendi (607) che per superficie incendiata (8847,44 ha), seguito dai Parchi Regionali dei Monti Lattari, dei monti Picentini e di Partenio.

In FIG. 33 è presentata la mappa con evidenziati gli incendi corrispondenti.

anno incendio	numero totale incendi	totale superficie incendiata (ha)	numero incendi in aree protette	totale superficie incendiata in aree protette (ha)	% superficie incendiata in aree protette
2000	506	7575,9697	156	2495,3690	32,94
2001	472	5661,3652	143	1606,1113	28,37
2002	140	1290,0865	64	615,8430	47,74
2003	944	8668,3258	327	2066,8595	23,84
2004	351	1796,3599	154	973,4036	54,19
2005	193	1575,8837	39	261,9378	16,62
2006	201	1936,3038	79	439,3985	22,69
2007	797	19157,7057	201	5994,6866	31,29

FIG. 31 - Percentuale di superficie incendiata tra il 2000 e il 2007 nelle aree protette

nome area protetta	tipo	estensione area protetta (ha)	numero incendi in area protetta	superficie incendiata (ha)
Cilento-Vallo di Diano	Parco nazionale	177817,13	607	8847,44
Monti Lattari	Parco regionale	15411,98	126	3302,27
Monti Picentini	Parco regionale	59037,76	176	2961,12
Partenio	Parco regionale	14870,34	181	2648,86
Fiume Sarno	Parco regionale	4941,65	51	1231,89
Taburno-Camposauro	Parco regionale	13683,50	99	1219,63
Roccamonfina	Parco regionale	8704,84	48	860,63
Matese	Parco regionale	33326,55	36	637,10
Campi Flegrei	Parco regionale	3139,63	26	321,51
Vesuvio	Parco nazionale	8266,83	33	293,25
Foce Sele-Tanagro	Riserva naturale	7224,69	9	96,36
Foce Volturno-Costa di Licola	Riserva naturale	1002,34	2	14,20
Lago Falciano	Riserva naturale	94,76	0	0
Monti Eremita-Marzano	Riserva naturale	1695,25	0	0

FIG. 32 - Distribuzione della superficie incendiata nelle aree protette

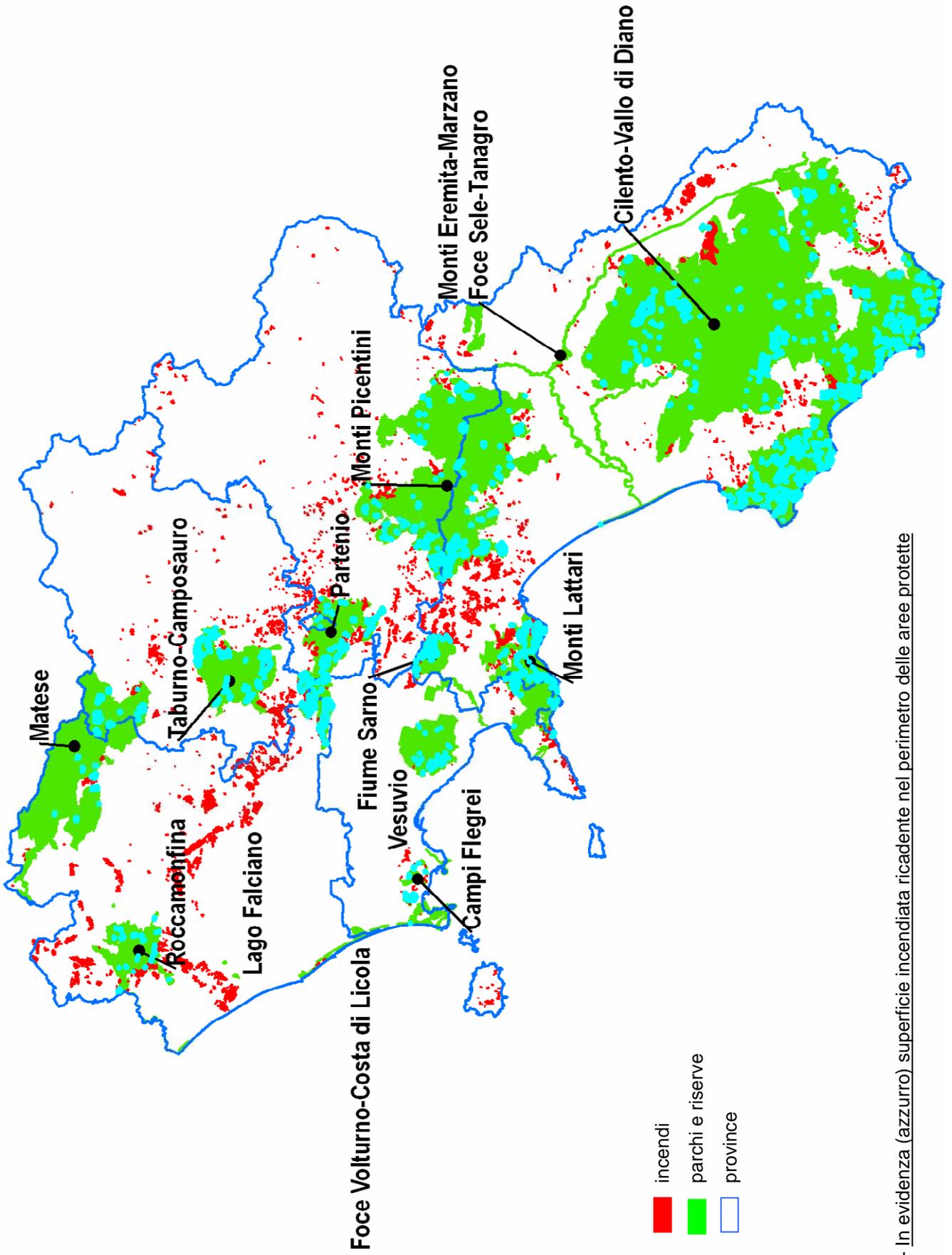


FIG. 33 - In evidenza (azzurro) superficie incendiata ricadente nel perimetro delle aree protette

Prendendo in considerazione gli intervalli di tempo studiati è emerso quanto segue (FIG. 34, 35).

Nel 2001/2002 si registra il massimo numero di focolai (1080) all'interno delle aree protette, numero assai elevato anche nel 2003/2004 (1001) e nel 2000/2001 (929). Nella maggior parte dei casi, come già evidenziato nel corso delle precedenti analisi, gli incendi sono di lieve entità, per cui riconducibili alla classe di *danno 0*. Particolarmente estesa è la superficie che ha subito un danno elevato nei primi tre intervalli di tempo. In particolare, nel 2000/2001 circa 330 ettari riportano un danno considerevole a causa degli incendi (*classe -1*), tale da non manifestare una netta ripresa vegetativa.

anno	numero incendi	superficie incendiata (ha) danno -1	superficie incendiata (ha) danno 0	superficie incendiata (ha) danno +1
2000/2001	929	329,64	2230,81	76,68
2001/2002	1080	151,06	2460,8	20,711
2002/2003	310	0,60	253,45	237,78
2003/2004	1001	71,64	1804,46	177,99
2004/2005	616	63,47	834,75	70,07
2005/2006	178	44,37	259,71	12,64
2006/2007	202	14,25	377,99	20,43

FIG. 34 - Danno riportato nelle aree protette a causa degli incendi avvenuti tra il 2000 e il 2007

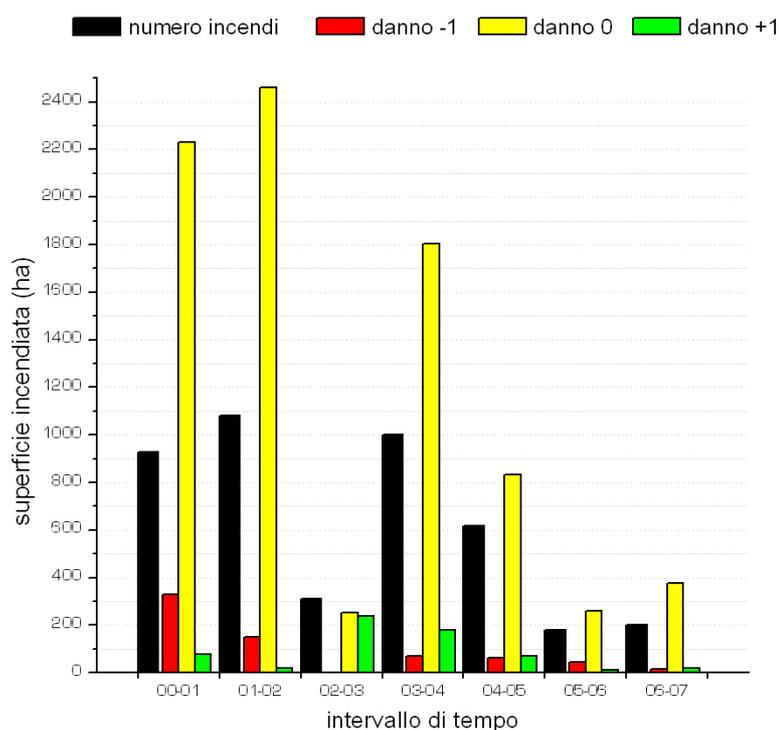


FIG. 35 - Distribuzione delle classi di danno nelle aree protette e numero di incendi per intervallo di tempo

I Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e le Zone di Protezione Speciale (ZPS) ricadono in buona parte all'interno di aree già sottoposte a tutela e infatti, come queste, risultano frequentemente colpite da incendi. La FIG. 36 mostra, in ordine decrescente di superficie bruciata, i SIC con superficie incendiata superiore a 100 ettari.

codice SIC	nome SIC	estensione SIC (ha)	numero incendi in SIC	superficie incendiata (ha)
SIC-IT8040006	Dorsale dei Monti del Partenio	15641	198	2834,66
SIC-IT8030008	Dorsale dei Monti Lattari	14564	115	2502,62
SIC-IT8040013	Monti di Lauro	7040	98	1857,17
SIC-IT8050027	Monte Mai e Monte Monna	10116	90	1651,36
SIC-IT8010015	Monte Massico	3847	80	1378,74
SIC-IT8050034	Monti della Maddalena	8511	21	1292,60
SIC-IT8050028	Monte Motola	4690	3	1219,08
SIC-IT8010006	Catena di Monte Maggiore	5184	39	1200,32
SIC-IT8050033	Monti Alburni	23621	40	1009,83
SIC-IT8010022	Vulcano di Roccamonfina	3816	44	877,87
SIC-IT8030006	Costiera Amalfitana tra Nerano e Positano	980	29	850,54
SIC-IT8020009	Pendici Meridionali del Monte Mutria	14598	21	685,22
SIC-IT8010005	Catena di Monte Cesima	3427	29	655,13
SIC-IT8050054	Costiera Amalfitana tra Maiori e il Torrente Bonea	413	15	634,03
SIC-IT8020008	Massiccio del Taburno	5321	40	589,43
SIC-IT8010017	Monti di Mignano Montelungo	2487	10	585,09
SIC-IT8010016	Monte Tifata	1420	33	579,95
SIC-IT8040017	Pietra Maula (Taurano, Visciano)	3526	35	504,84
SIC-IT8020007	Camposauro	5508	48	482,84
SIC-IT8050002	Alta Valle del Fiume Calore Lucano (Salernitano)	4668	12	471,75
SIC-IT8050052	Monti Eboli, M. Polveracchio, M. Boschetiello e Vallone della Caccia di Senerchia	14307	18	440,92
SIC-IT8050025	Monte della Stella	1179	20	410,65
SIC-IT8050030	Monte Sacro e Dintorni	9634	36	357,33
SIC-IT8050022	Montagne di Casalbuono	17123	14	345,51
SIC-IT8050006	Balze di Teggiano	1201	1	325,51
SIC-IT8050032	Monte Tresino e Dintorni	1339	19	324,90
SIC-IT8010013	Matese Casertano	22217	22	312,44
SIC-IT8030011	Fondali Marini di Punta Campanella e Capri	8491	4	289,16
SIC-IT8030036	Vesuvio	3412	21	259,92
SIC-IT8040010	Monte Cervialto e Montagnone di Nusco	11884	21	249,52
SIC-IT8050012	Fiume Alento	3024	9	247,69
SIC-IT8030019	Monte Barbaro e Cratere di Campignone	358	9	233,03
SIC-IT8040011	Monte Terminio	9359	17	228,09
SIC-IT8050026	Monte Licosa e Dintorni	1096	5	225,59
SIC-IT8050024	Monte Cervati, Centaurino e Montagne di Laurino	27898	24	190,38
SIC-IT8050023	Monte Bulgheria	2400	9	173,87
SIC-IT8050020	Massiccio del Monte Eremita	10570	6	147,67
SIC-IT8030005	Corpo Centrale dell'Isola d'Ischia	1310	15	142,72
SIC-IT8030003	Collina dei Camaldoli	261	5	111,79
SIC-IT8050013	Fiume Mingardo	1638	11	111,70
SIC-IT8040009	Monte Accellica	4795	14	102,75

FIG. 36 - Distribuzione della superficie incendiata nei SIC

Quanto detto per i SIC vale anche per le ZPS (FIG. 37).

codice ZPS	nome ZPS	estensione ZPS (ha)	numero incendi nelle ZPS	superficie incendiata (ha)
ZPS-IT8040021	Picentini	63728	207	3314,36
ZPS-IT8050046	Monte Cervati e Dintorni	36912	30	1463,14
ZPS-IT8050055	Alburni	25367	45	1142,99
ZPS-IT8050048	Costa tra Punta Tresino e le Ripe Rosse	2841	28	776,21
ZPS-IT8010026	Matese	25932	27	547,13
ZPS-IT8030011	Fondali marini di Punta Campanella e Capri	8491	4	289,16
ZPS-IT8030037	Vesuvio e Monte Somma	6251	31	284,77
ZPS-IT8050020	Massiccio del Monte Eremita	10570	6	147,67
ZPS-IT8050047	Costa tra Marina di Camerota e Policastro Bussentino	3276	15	134,36
ZPS-IT8050009	Costiera Amalfitana tra Maiori e il Torrente Bonea	325	9	116,65
ZPS-IT8050053	Monti Soprano, Vesole e Gole del Fiume Calore Salernitano	5974	4	76,70
ZPS-IT8030024	Punta Campanella	390	4	57,47
ZPS-IT8050045	Sorgenti del Vallone delle Ferriere d'Amalfi	459	7	46,57
ZPS-IT8050008	Capo Palinuro	156	1	21,57
ZPS-IT8020006	Bosco di Castelvetere in Val Fortore	1468	1	5,49
ZPS-IT8040022	Boschi e sorgenti della Baronia	3469	1	4,24
ZPS-IT8030014	Lago d'Averno	125	1	1,26

FIG. 37 - Distribuzione della superficie incendiata nelle ZPS

## CONCLUSIONI

---

I dati Landsat TM e ETM+ si confermano idonei a supportare scelte di pianificazione ad ampia scala, offrendo la possibilità di un compromesso tra un'analisi di dettaglio adeguato e l'esigenza di risultati rapidi e sintetici.

Il metodo di *Change Detection* applicato (*NDVI Differencing*) risponde alla stessa necessità, consentendo di distinguere almeno tre classi di danno. La metodologia applicata, inoltre, presenta un requisito di dinamicità, potendo essere utilizzata per l'analisi di dati relativi a serie storiche di diversa ampiezza e ad altri contesti regionali.

Inoltre, la possibilità di stimare il danno ambientale da incendio in modo rapido e sintetico contribuisce a rendere più snella la programmazione degli interventi sul territorio regionale e a mettere in atto azioni di mitigazione più tempestive.

La regione Campania, quindi, potrà trovare in questo metodo uno strumento efficace per migliorare la gestione delle risorse impiegate, programmando gli interventi secondo una scala di priorità.

Particolare attenzione si dovrà porre per il monitoraggio dei boschi di latifoglie e delle brughiere, che risultano essere le tipologie di vegetazione maggiormente colpite dagli incendi, sebbene con una estensione superficiale variabile nel tempo. Soprattutto le brughiere, comprensive di vegetazione arbustiva ed arborea in evoluzione, subiscono il danno più elevato, probabilmente da correlare alle tradizionali pratiche di incendio che impediscono la ripresa del bosco lasciando spazio a magri pascoli.

I boschi di latifoglie, poi, rappresentano la tipologia tipica di bosco in Campania e ciò accresce la necessità di monitorare la regione nella sua interezza.

Nelle aree sottoposte a tutela ambientale (Parchi e Riserve), i dati sugli incendi sono piuttosto allarmanti, risultando la superficie bruciata superiore al 30% per l'intervallo di tempo analizzato (200-2007), con un numero di focolai spesso superiore alle mille unità.

Ovviamente, gli interventi di mitigazione dovranno essere condotti dando priorità da una parte al ruolo naturalistico e paesaggistico del bosco, partendo dal presupposto che le aree protette, in quanto tali, hanno un valore ecologico, in termini di biodiversità, superiore ad altre; dall'altro considerando il rischio di

estensione dell'incendio ad aree antropizzate, valutazione questa che richiede studi specifici (analisi del rischio di interfaccia).

Nel programmare gli interventi di previsione e prevenzione del danno non si potrà infine prescindere dalla presenza delle aree agricole, in cui la superficie incendiata è risultata pari al 10% del totale, non solo per la perdita economica implicata, ma soprattutto considerando la frammentarietà del territorio che facilita la diffusione degli incendi da un'area all'altra.

Concludendo, la metodologia ha prodotto risultati significativi che, da soli, offrono un contributo al controllo della perdita ecologica del manto boschivo causata da un incendio; inseriti in un contesto più ampio, danno un apporto importante alla valutazione del rischio da incendio boschivo.

## BIBLIOGRAFIA

---

- Bottai L., Montagni A., Maselli F., 2008. Il Telerilevamento per il monitoraggio degli effetti degli incendi forestali. *Rivista Italiana di Telerilevamento*, V. 40, n. 1, pp. 75-87.
- Chirici G., Corona P., Dellisanti R., Di Giovine M., Marchetti M, Rossini P., Travaglini D., 2001. Confronto e integrazione di dati telerilevati IKONOS e Landsat 7 ETM+ nella valutazione dei danni da incendio in ambiente mediterraneo: il caso della Pineta di Castel Fusano. *Atti 5a Conferenza Nazionale ASITA: "La qualità nell'informazione geografica"*, Rimini, 9-12 ottobre 2001.
- Chirici G., 2003. Elaborazioni immagini Landsat 7 ETM+ per l'individuazione delle aree incendiate. *Relazione per la regione Campania relativa al Progetto "Catasto incendi", 2000-2003.*
- Corpo Forestale dello Stato. *Dossier Incendi 2007.*
- De Conti A. Laforteza R., 2003. Determinazione dei cambiamenti di copertura di vegetazione in aree mediterranee colpite da incendio. *Atti VII Conferenza Nazionale ASITA, Verona 28-31 ottobre 2003, pagg. 939-944.* Artestampa, Varese.
- Disperati L., Rindinella A., Viridis S., Salvini R., 2003. Applicazione del metodo di NDVI differencing per la valutazione della deforestazione nel Mato Grosso meridionale (Brasile).

- Escuin S., Navarro R, Fernandez P., 2002. Using Remote Sensing and GIS to Assess Wildfire Damage Throughout the Mediterranean. EOM (Earth Observation Magazine).
- Koppen W., 1940. "Classificazione dei climi terrestri", Guida alla meteorologia. (1979). Ed. Roth J. Mondadori, Milano.
- Leigh B. Lentile, Zachary A. Holden, Alistair M. S. Smith, Michael J. Falkowski, Andrew T. Hudak, Penelope Morgan, Sarah A. Lewis, Paul E. Gessler, Nate C. Benson, 2006. Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects. *International Journal of Wildland Fire* 15(3) 319–345.
- Maj-Liz Nordberg M.L. and Evertson J., 2004. Monitoring Change in Mountainous Dry-heath Vegetation at a Regional Scale Using Multitemporal Landsat TM Data. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*.
- Mertikas S.P., Pischl W., 2001. The Development of an Integrated System for the Management of Wild Forest Fires. *Earth Space Review*.
- Sauvagnargues-Lesage S., Picard C., Vasconcelos S., Xanthopoulos G., 2006. Fire suppression management and planning: a state of the art: final version. EUFIRELAB.

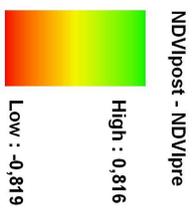
## SITOGRAFIA

---

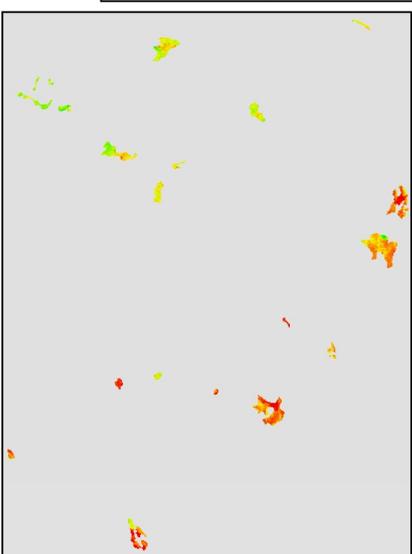
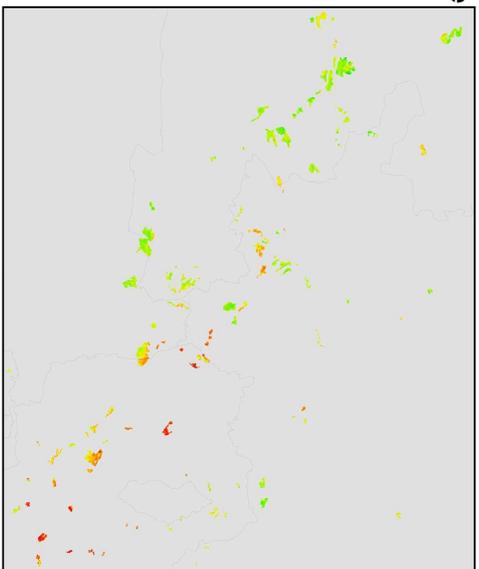
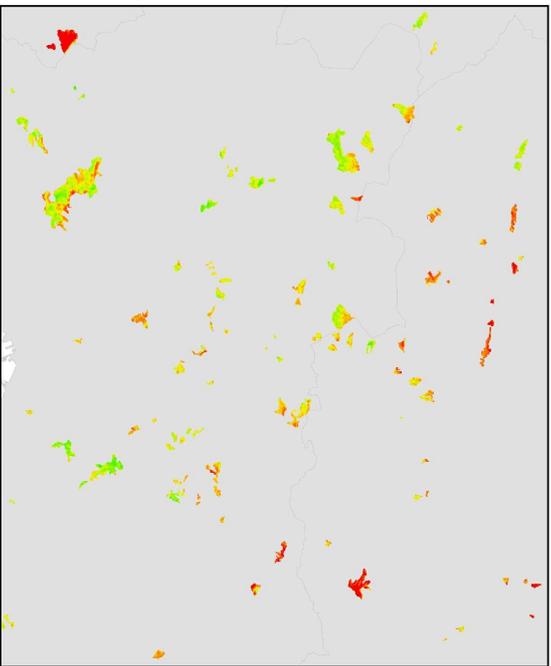
- Seung-Ho LEE, Cheol-Min KIM, Dai-Kyun RHO. Ecological Change Detection of Burnt Forest Area using Multi-temporal Landsat TM Data.
- <http://eufirelab.org>
- [http://it.encarta.msn.com/encyclopedia\\_761579105/Campania.html](http://it.encarta.msn.com/encyclopedia_761579105/Campania.html)
- <http://www2.corpoforestale.it/web/guest/serviziattivita/antincendioboschivo>
- [http://www.arpacampania.it/at\\_cont\\_sezione.asp?id\\_sez=13&pag=1](http://www.arpacampania.it/at_cont_sezione.asp?id_sez=13&pag=1)
- <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>
- [http://landsat.usgs.gov/about\\_mission\\_history.php](http://landsat.usgs.gov/about_mission_history.php)
- <http://www.eduspace.esa.int/eduspace/main.asp?ulang=it>
- <http://www.camera.it/parlam/leggi/00353l.htm>
- [http://www.sito.regione.campania.it/agricoltura/comunicati/comunicato\\_11\\_06\\_08.html](http://www.sito.regione.campania.it/agricoltura/comunicati/comunicato_11_06_08.html)
- <http://www.protezionecivile.emilia-romagna.it/archivio-aggiornamenti/piani/scheda%2030/OPCM%203606%202007.pdf>
- <http://www2.corpoforestale.it/web/guest/serviziattivita/antincendioboschivo/attivainvestigativa/reatoincendiobos>
- <http://www.eurimage.com/products/docs/landsat.pdf>
- <http://earthobservatory.nasa.gov/Library/MeasuringVegetation/>

# **ALLEGATO A**

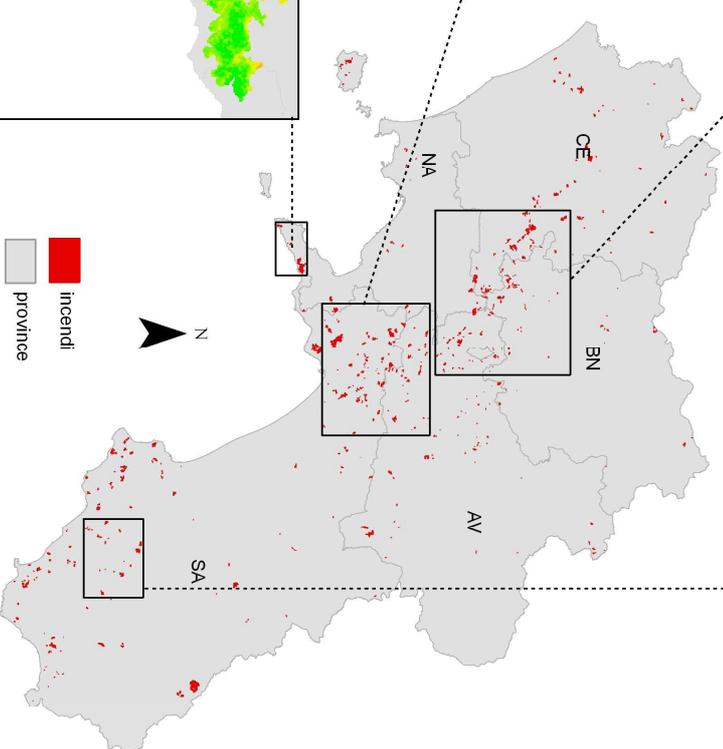
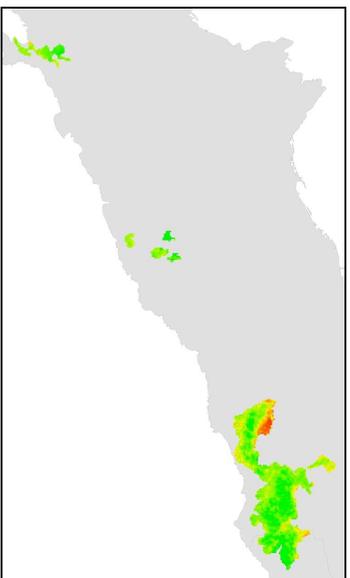
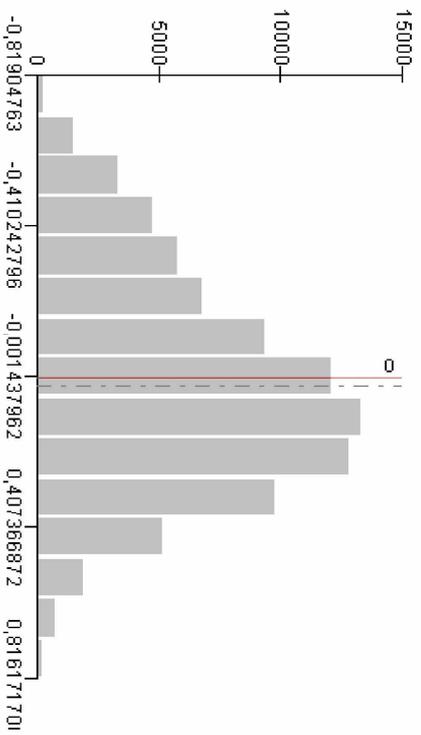
# Mappa dell'attività fotosintetica (NDVIpost - NDVIpre) nelle aree incendiate (intervallo 2000-2001)



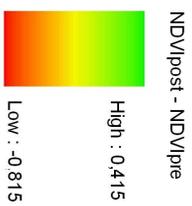
Min	-0,819
Max	0,816
Mean	0,025
Std. dev.	0,285



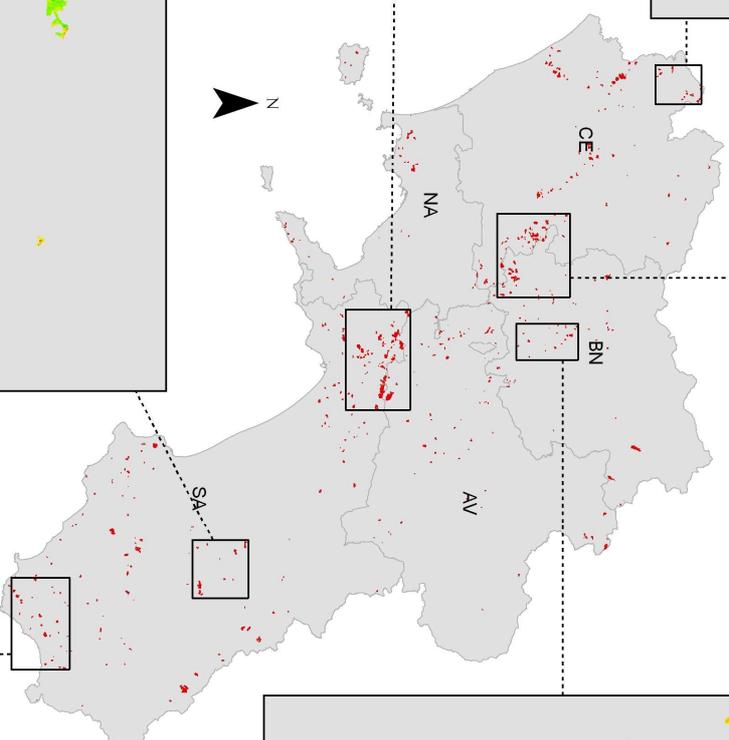
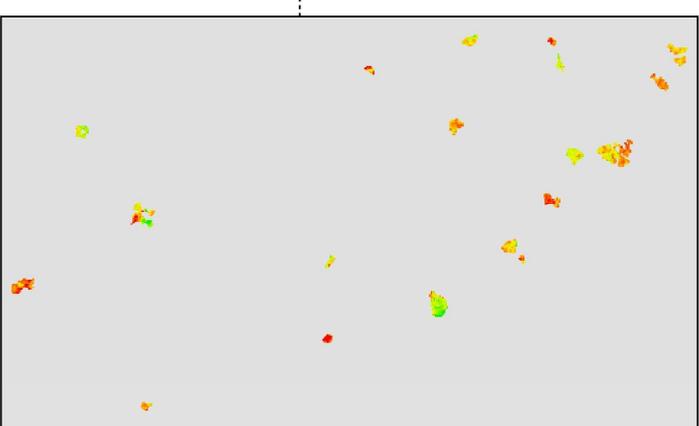
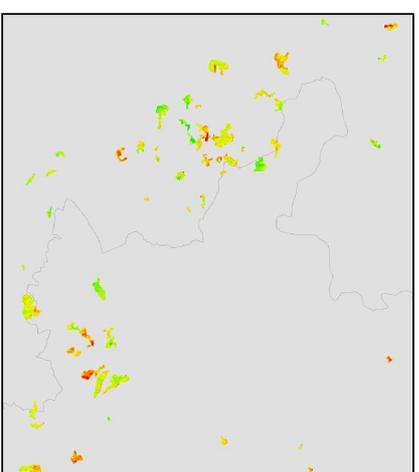
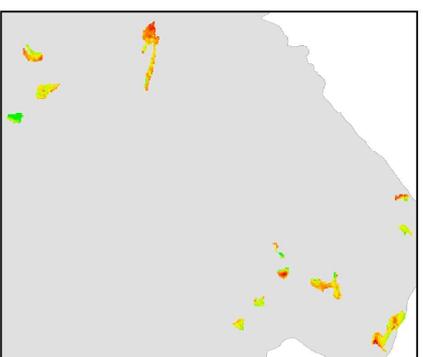
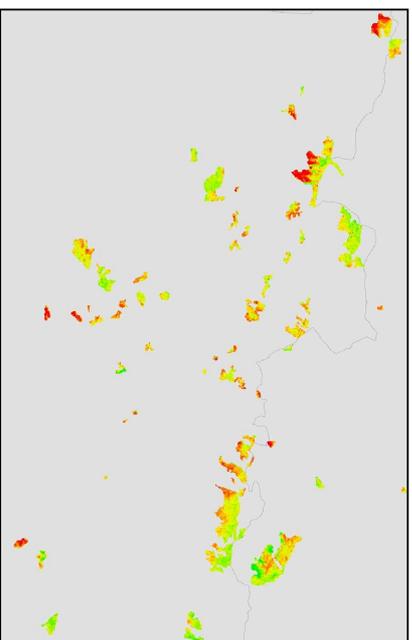
Istogramma del valore NDVIpost - NDVIpre



# Mappa dell'attività fotosintetica (NDVIpost - NDVIpre) nelle aree incendiate (intervallo 2001-2002)



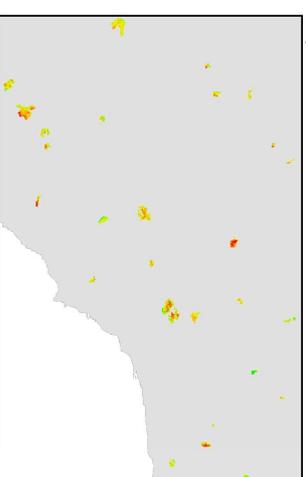
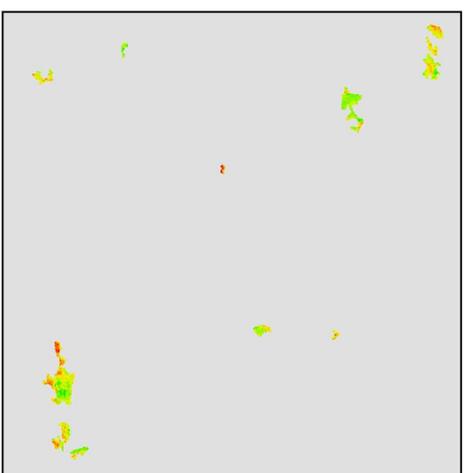
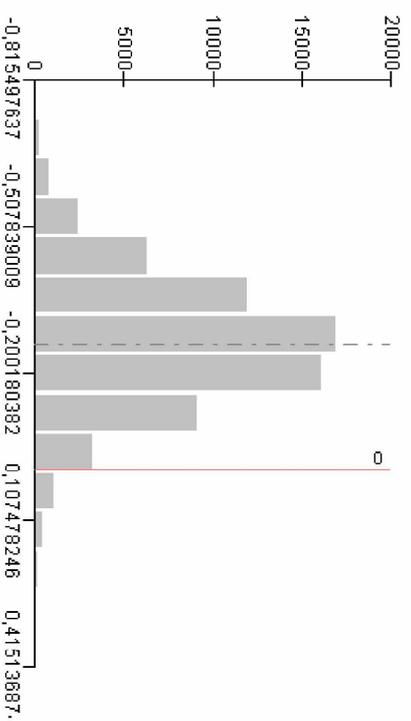
Min	-0,815
Max	0,415
Mean	-0,260
Std. dev.	0,128



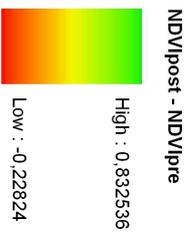
■ incendi

■ province

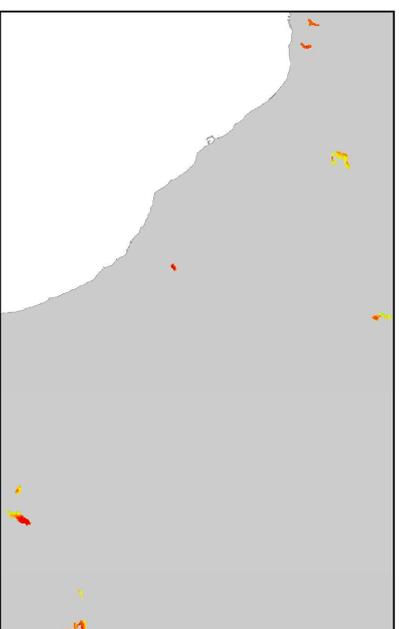
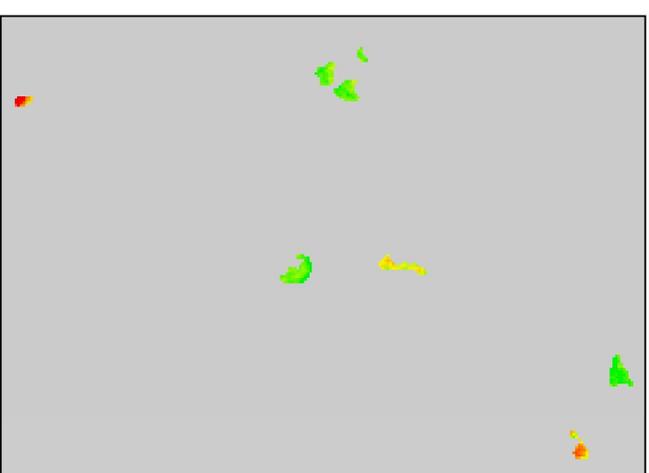
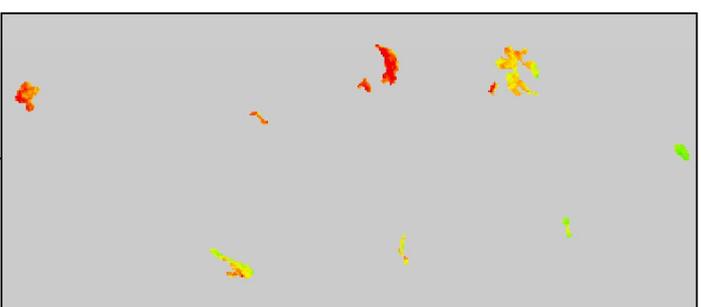
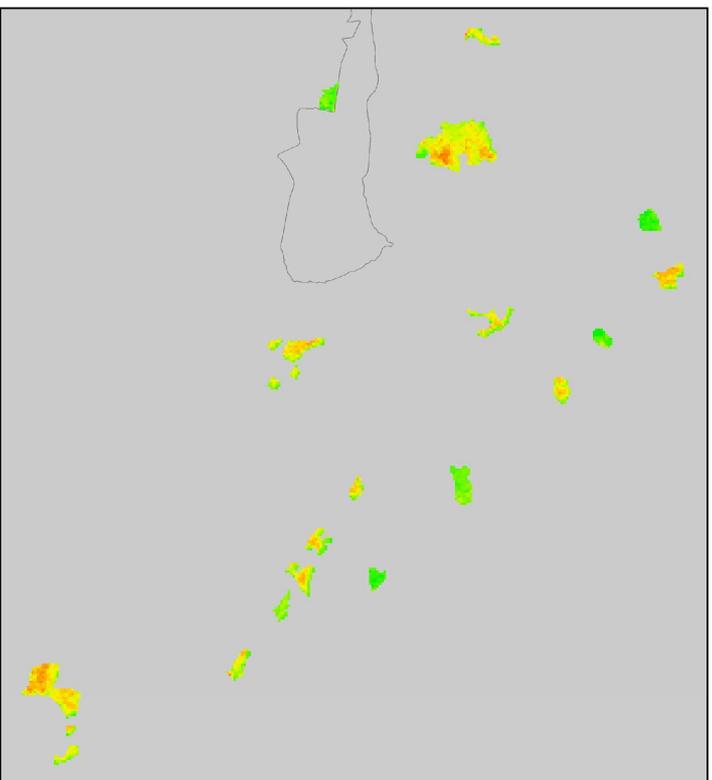
Istogramma del valore NDVIpost - NDVIpre



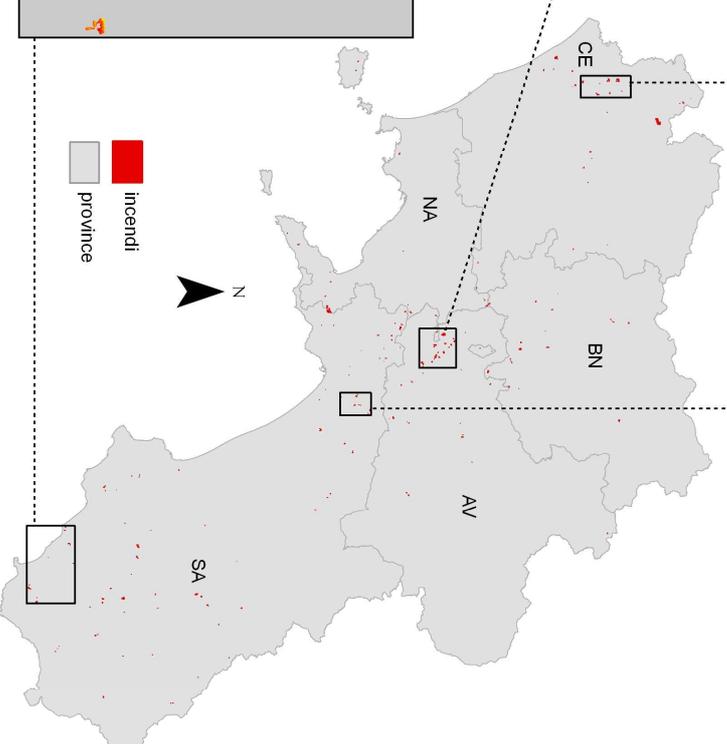
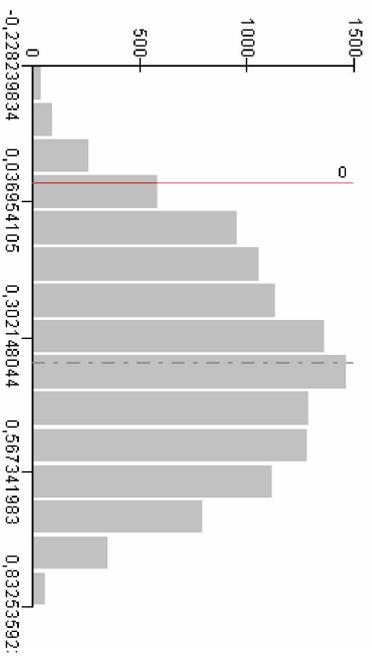
# Mappa dell'attività fotosintetica (NDVIpost - NDVIpre) nelle aree incendiate (intervallo 2002-2003)



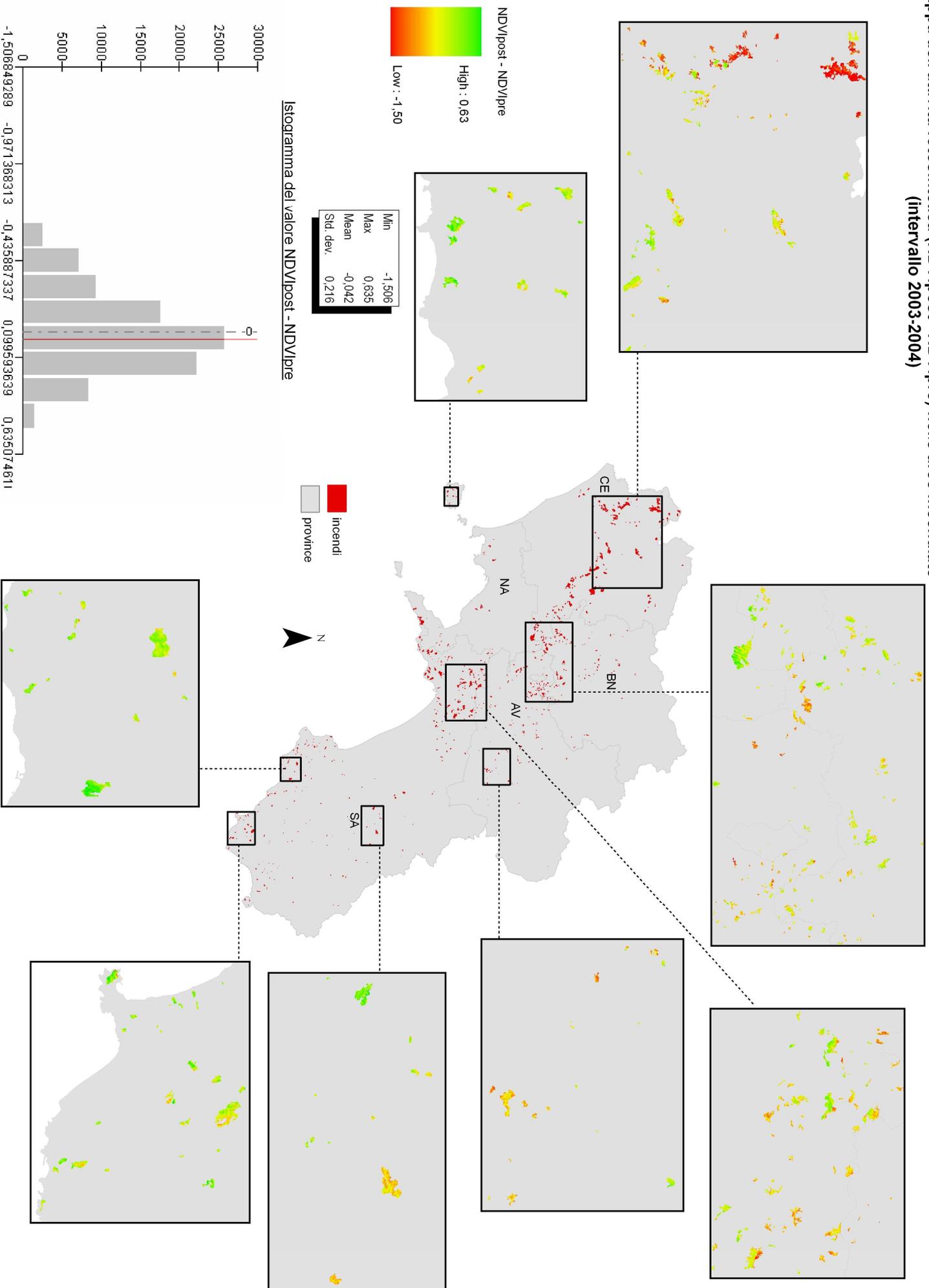
Min	-0,23
Max	0,83
Mean	0,35
Std. dev.	0,20



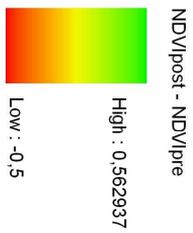
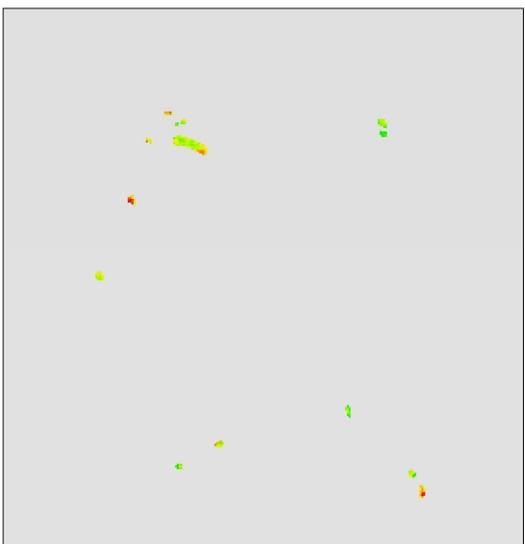
Istogramma del valore NDVIpost - NDVIpre



**Mappa dell'attività fotosintetica (NDVipost - NDVipre) nelle aree incendiate (intervallo 2003-2004)**

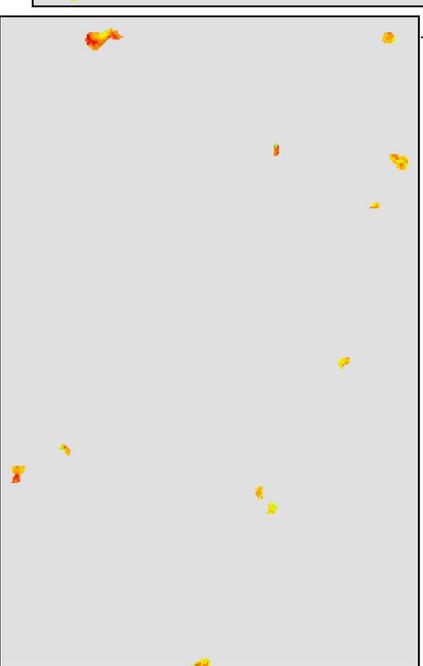
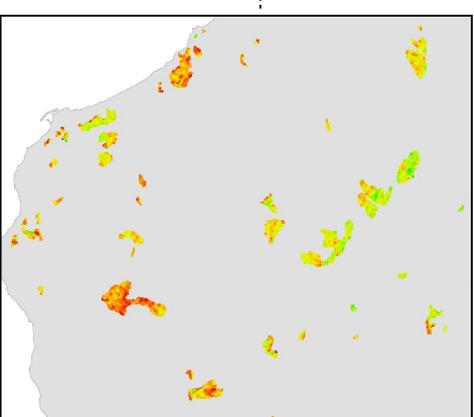
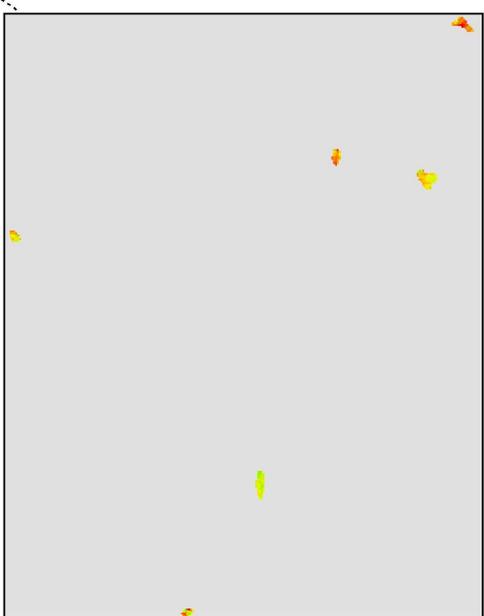
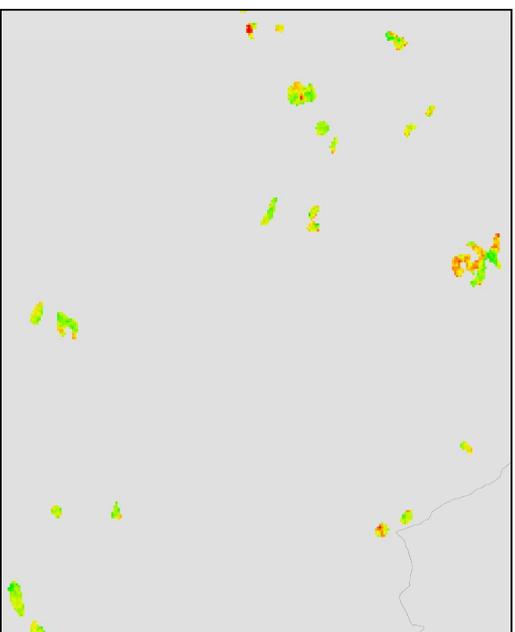
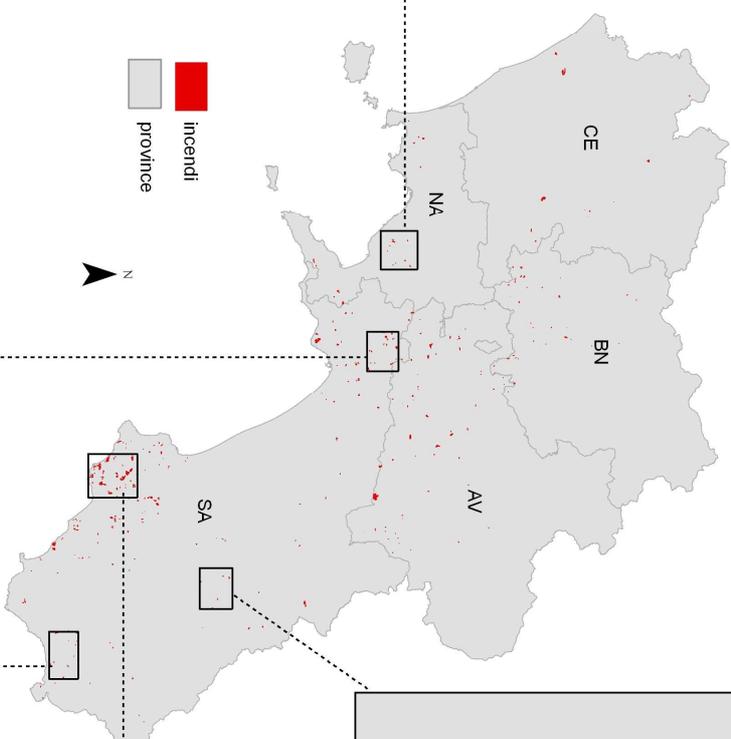
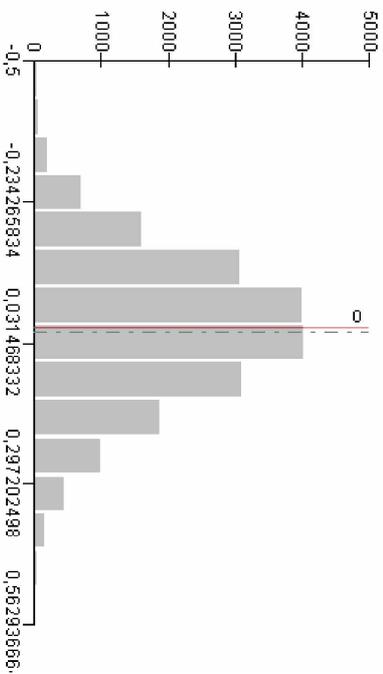


# Mappa dell'attività fotosintetica (NDVIpost - NDVIpre) nelle aree incendiate (intervallo 2004-2005)

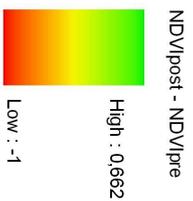


Min	-0,5
Max	0,562
Mean	0,010
Std. dev.	0,139

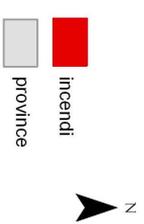
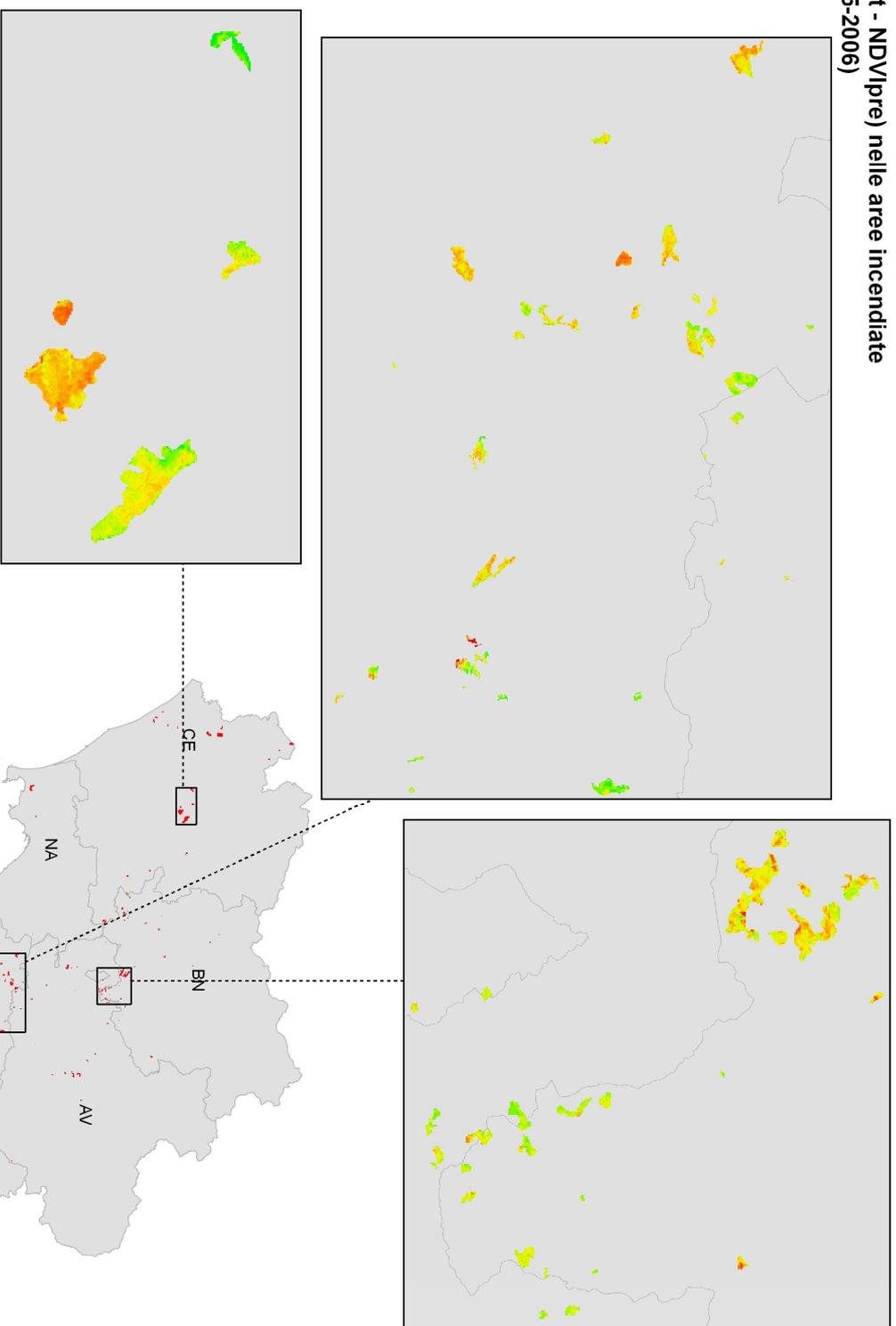
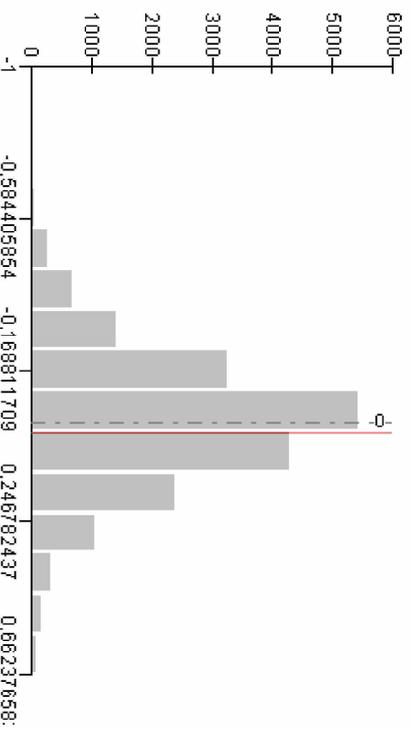
Istogramma del valore NDVIpost - NDVIpre



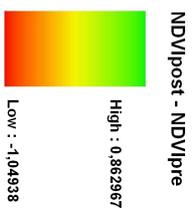
# Mappa dell'attività fotosintetica (NDVIpost - NDVIpre) nelle aree incendiate (intervallo 2005-2006)



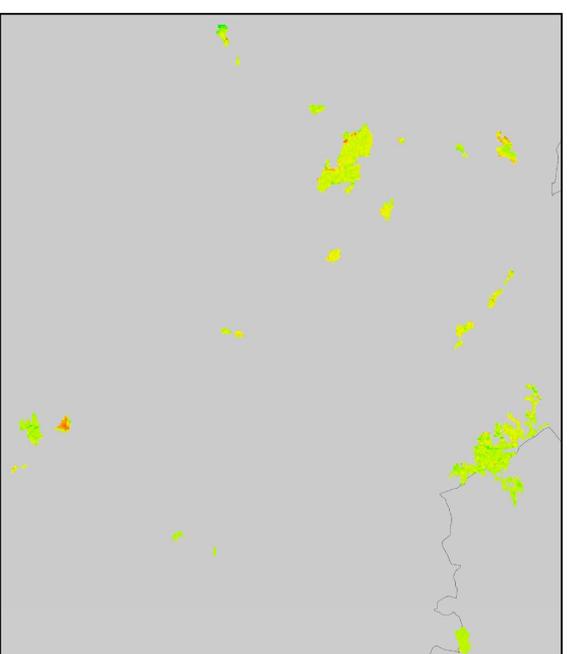
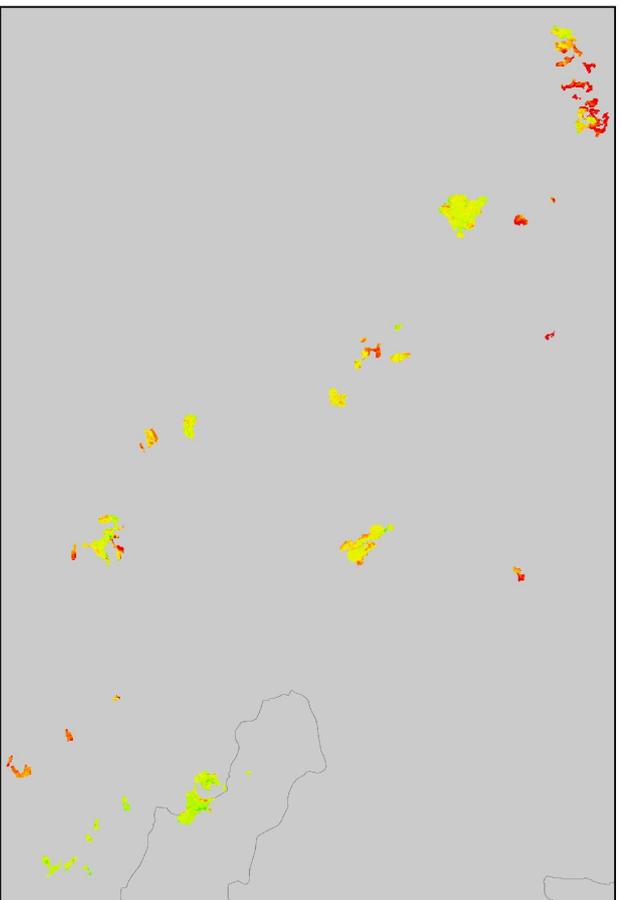
Min	-1
Max	0,662
Mean	-0,025
Std. dev.	0,185



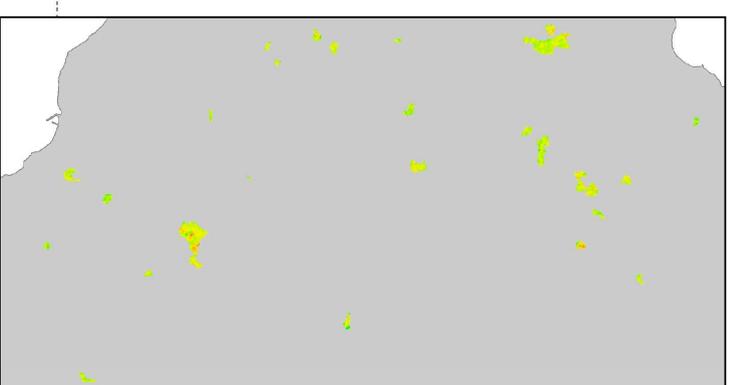
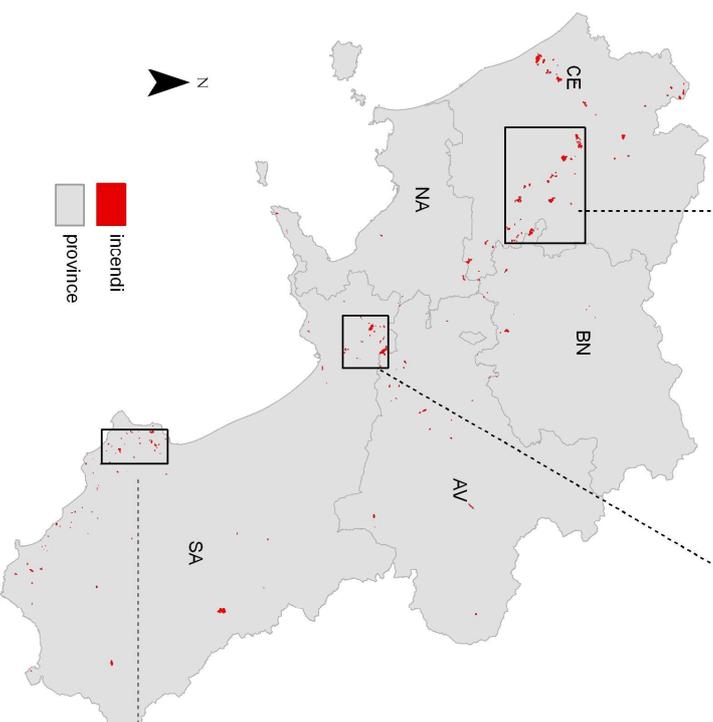
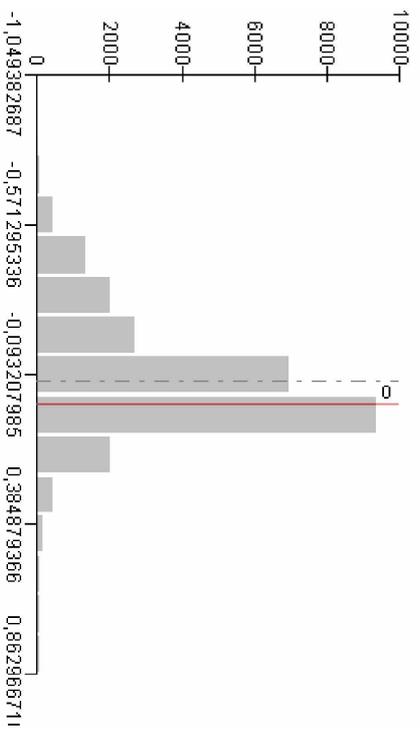
# Mappa dell'attività fotosintetica (NDVIpost - NDVIpre) nelle aree incendiate (intervallo 2006-2007)



Min	-1,05
Max	0,86
Mean	-0,08
Std. dev.	0,19

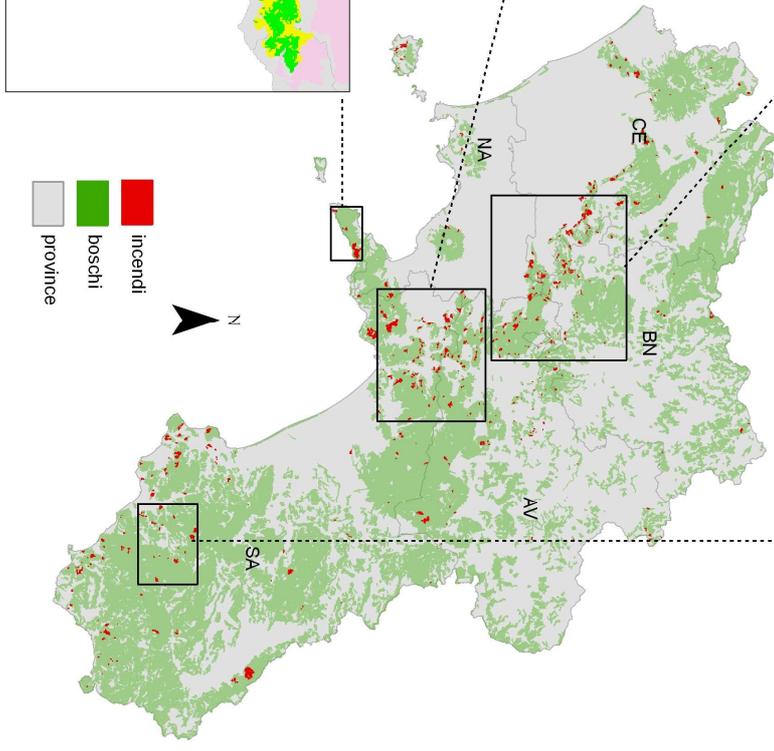
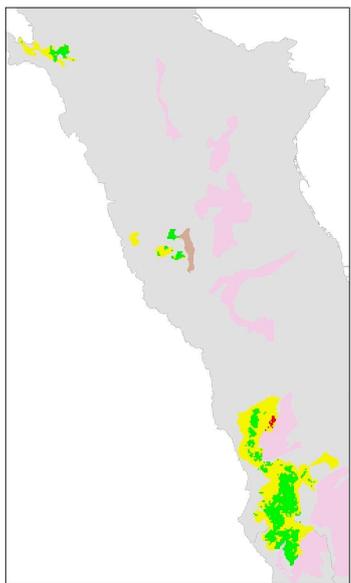
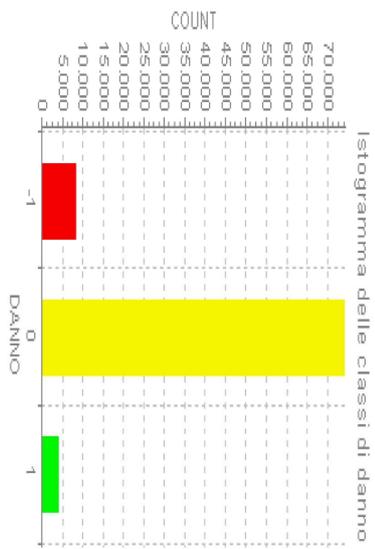
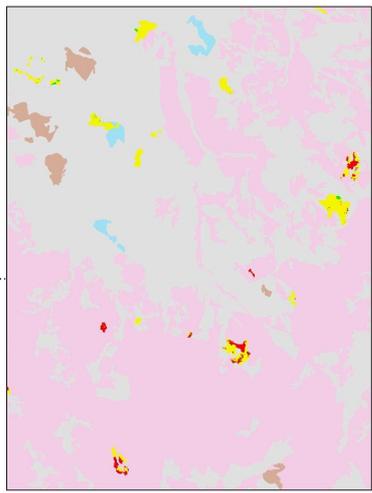
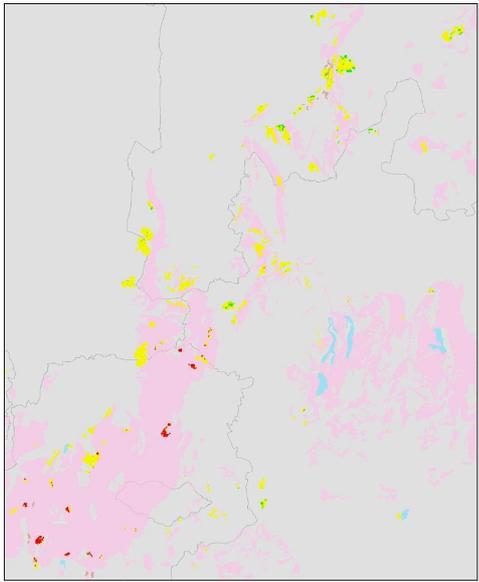
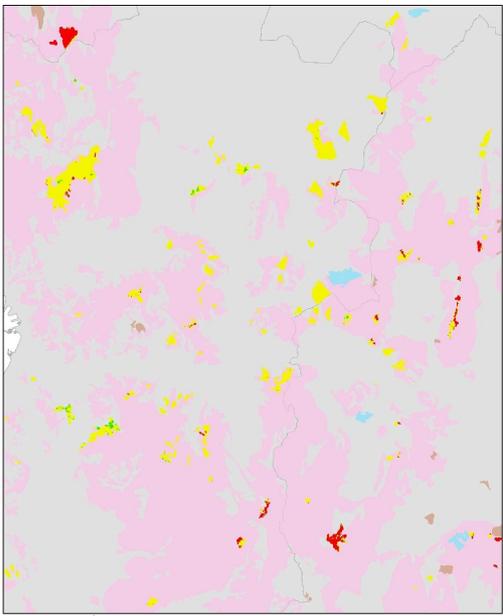
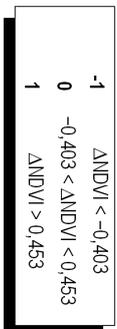
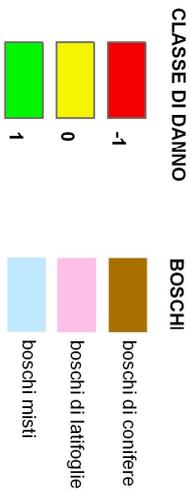


Istogramma del valore NDVIpost - NDVIpre

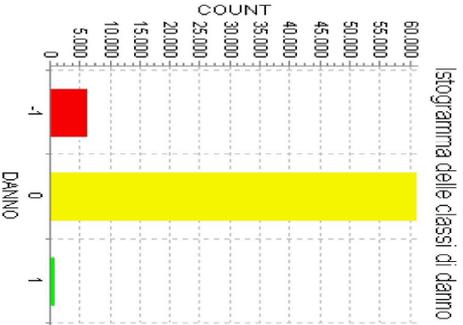
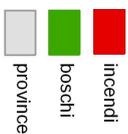
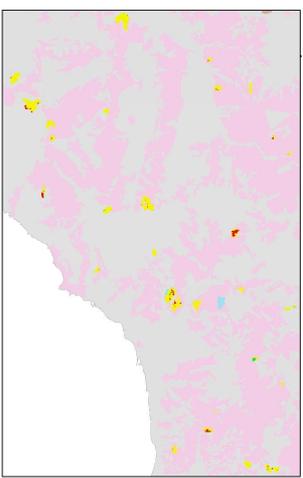
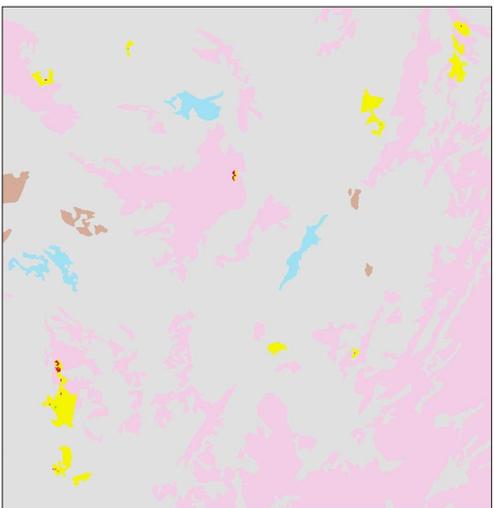
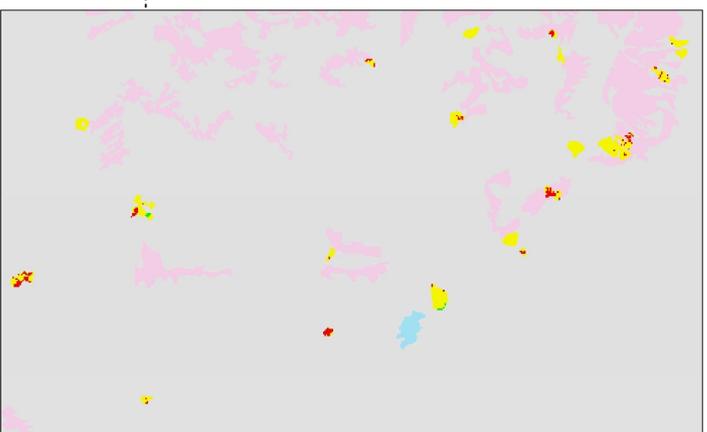
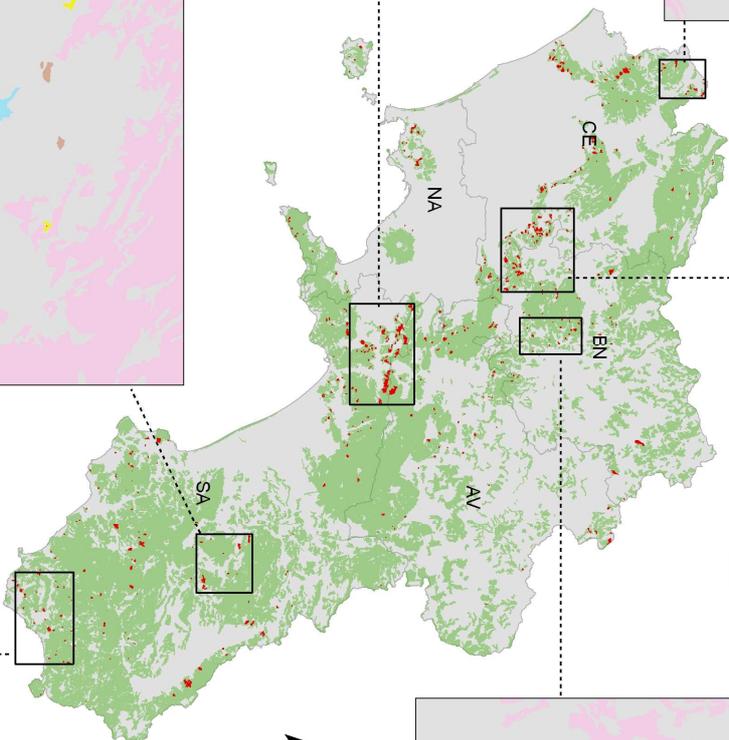
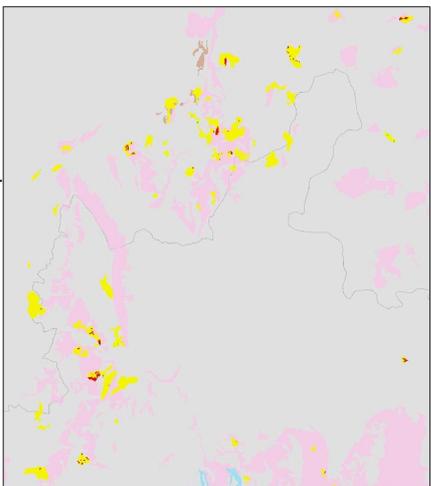
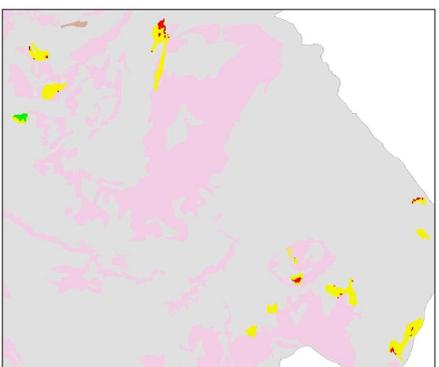
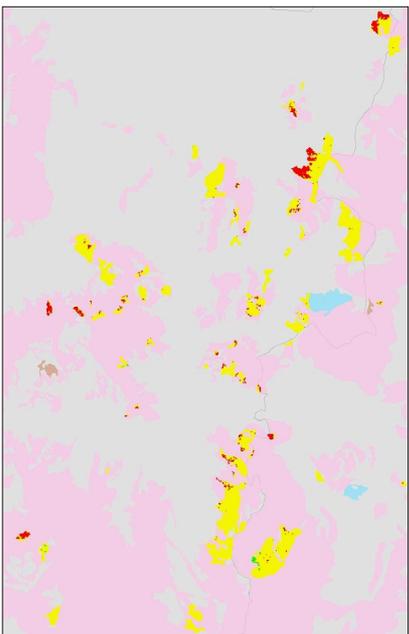
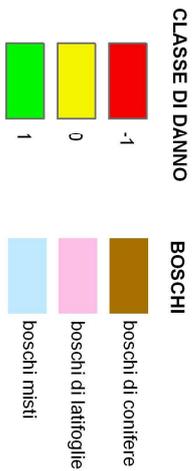


## **ALLEGATO B**

# Mappa del danno nelle aree incendiate (intervallo 2000-2001)

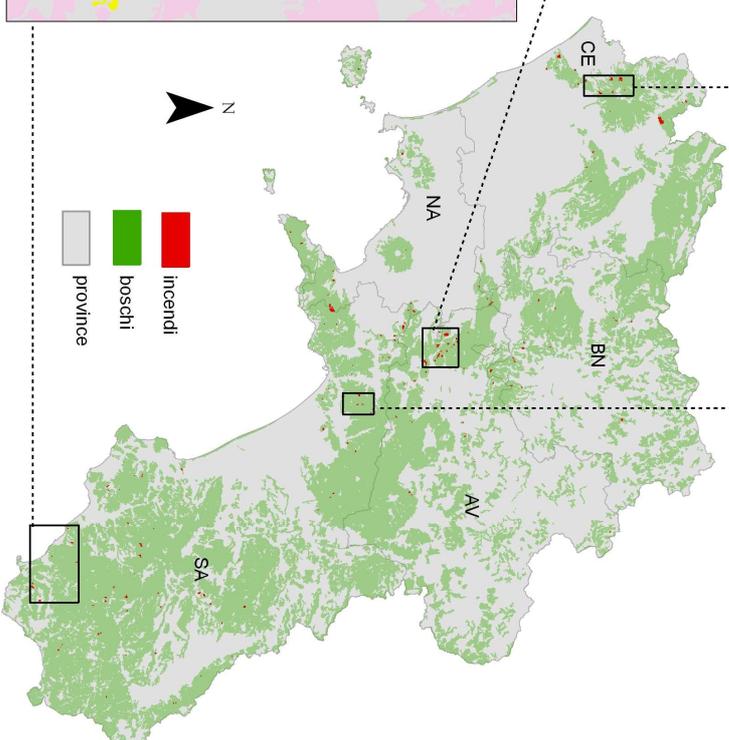
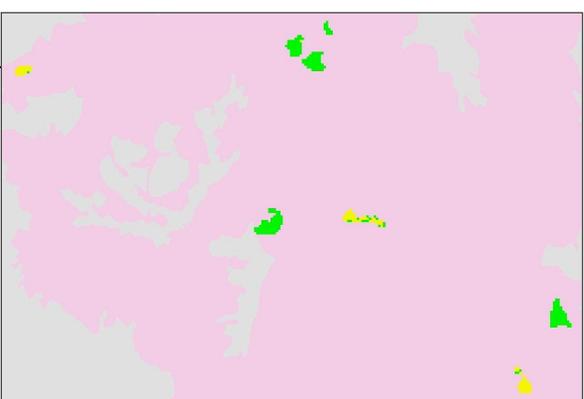
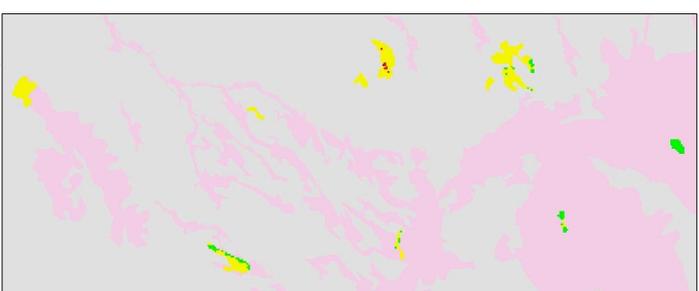
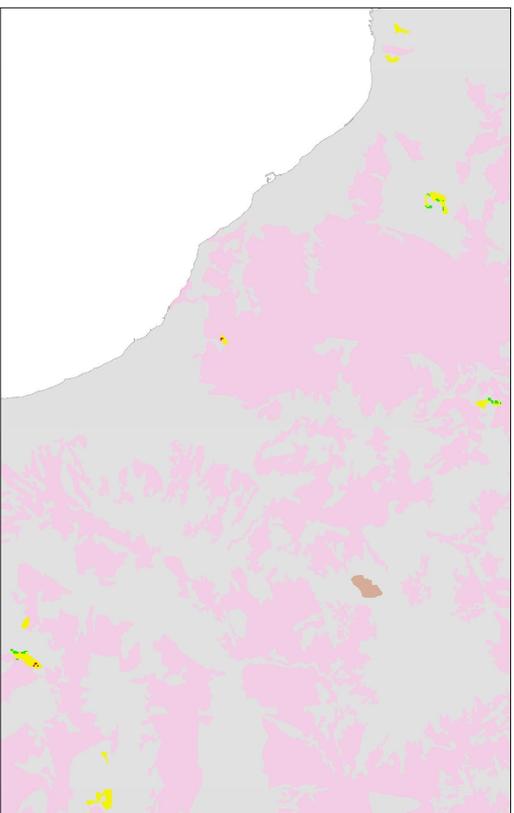
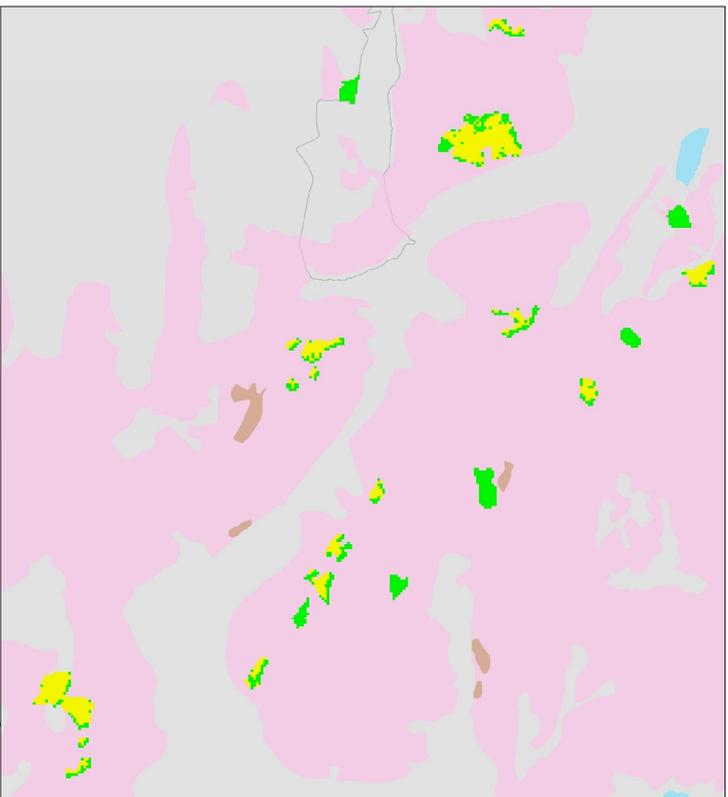
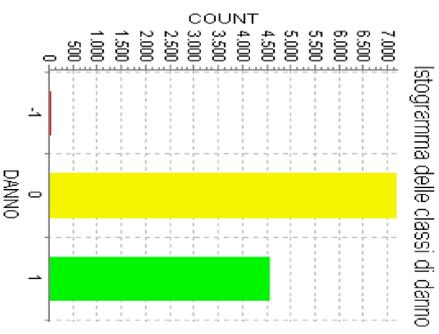
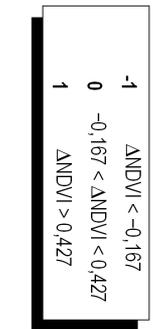
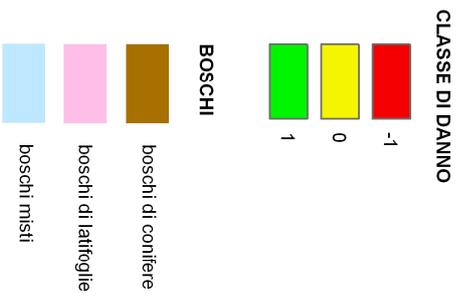


# Mappa del danno nelle aree incendiate (intervallo 2001-2002)

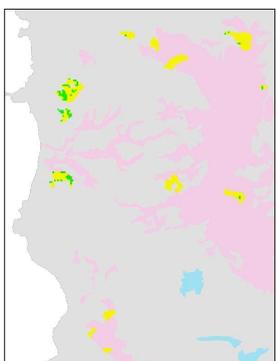
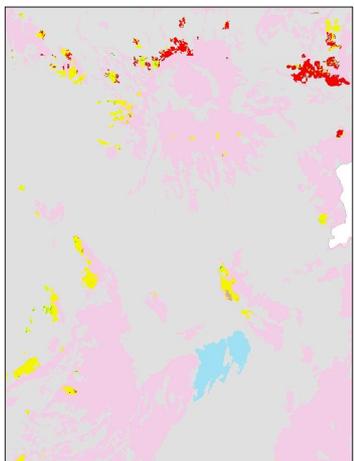


-1	ANDVI < -0,44
0	-0,44 < ANDVI < 0,068
1	ANDVI > 0,068

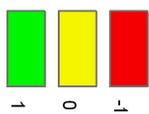
# Mappa del danno nelle aree incendiate (intervallo 2002-2003)



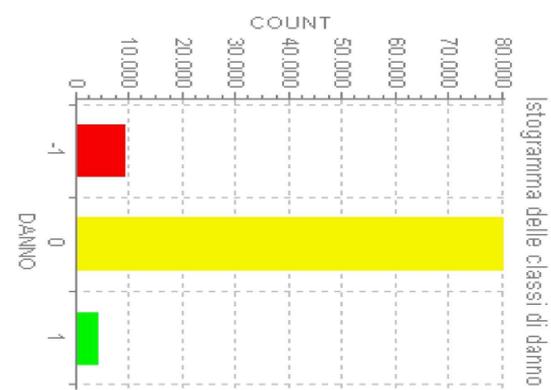
# Mappa del danno nelle aree incendiate (intervallo 2003-2004)



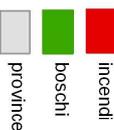
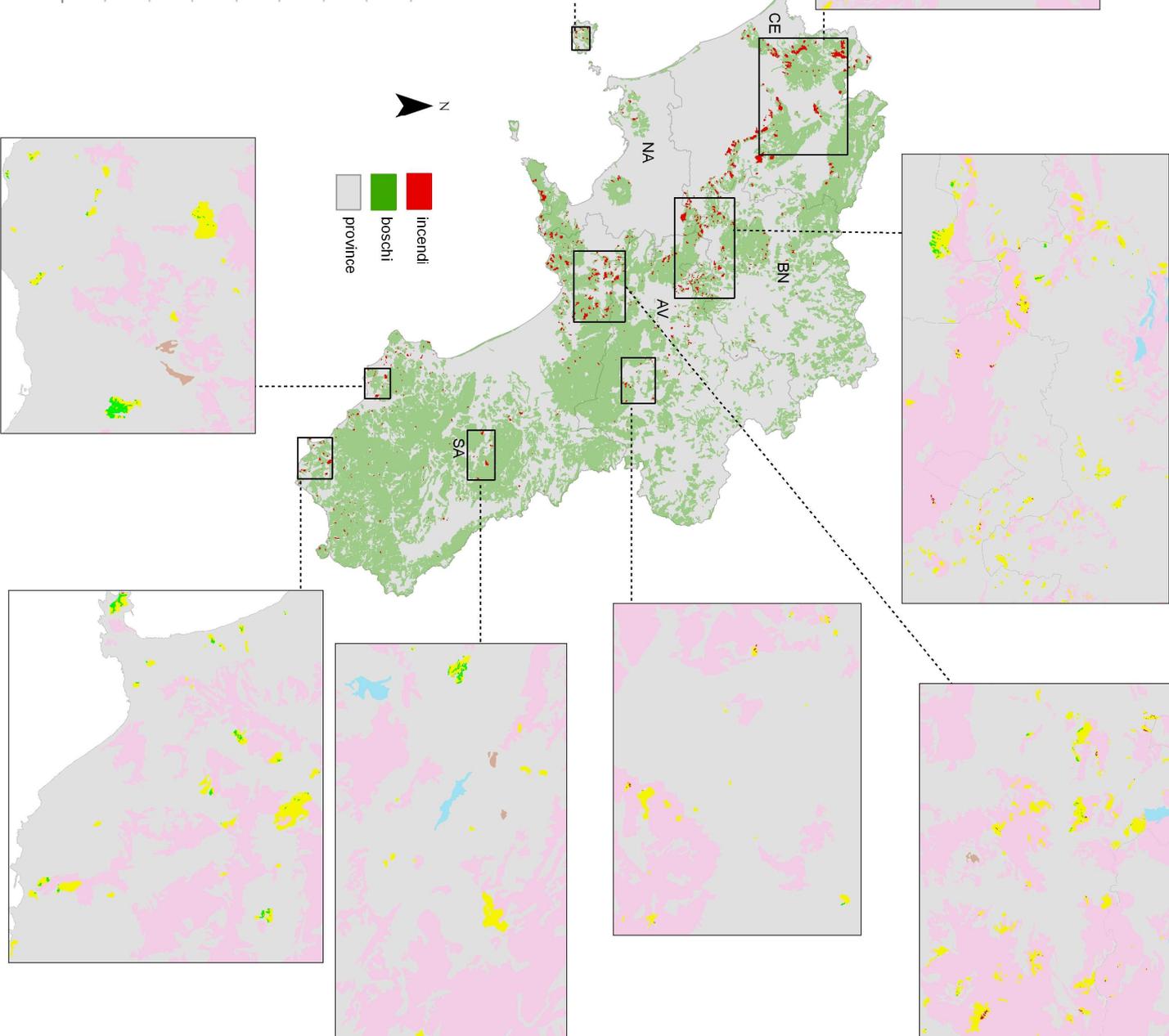
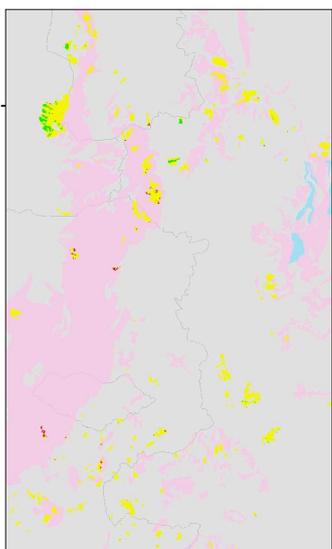
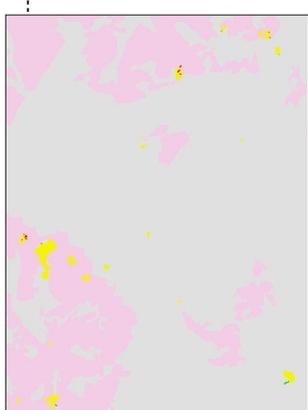
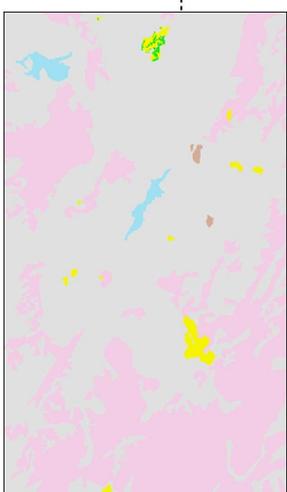
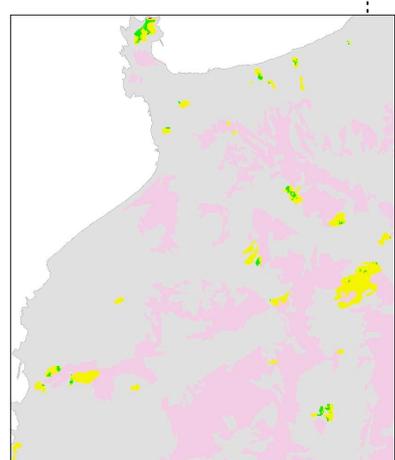
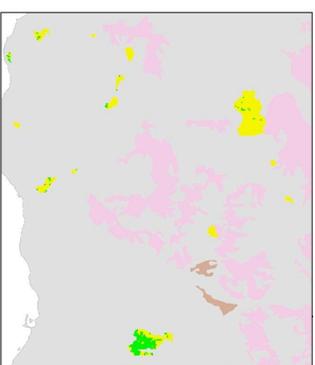
CLASSE DI DANNO



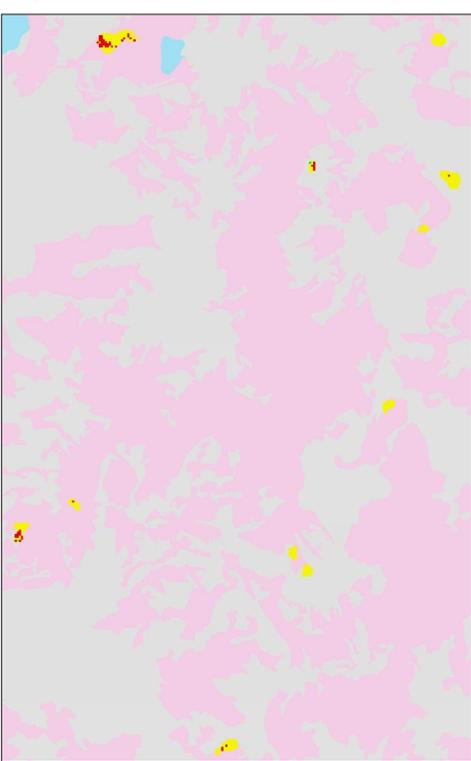
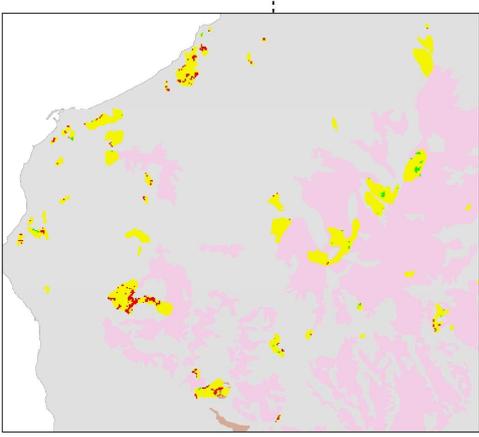
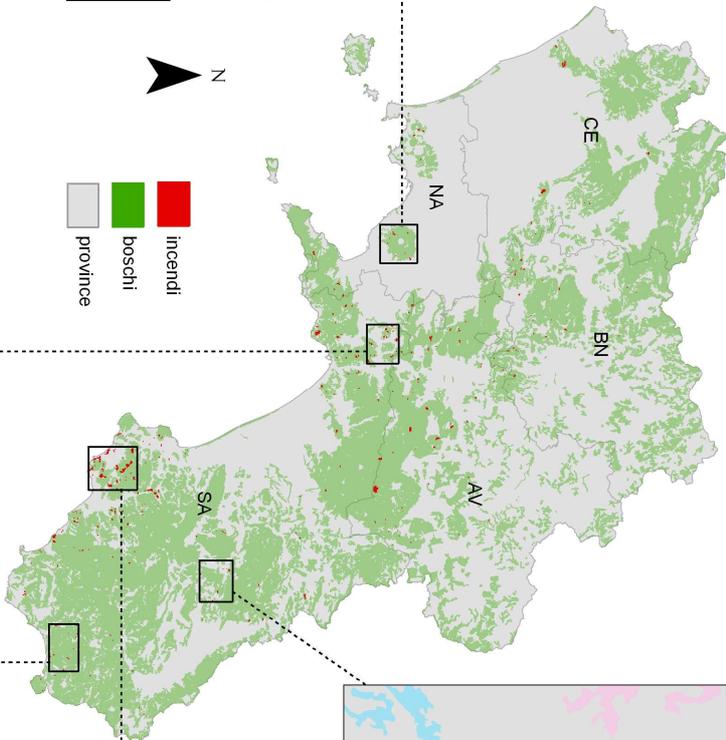
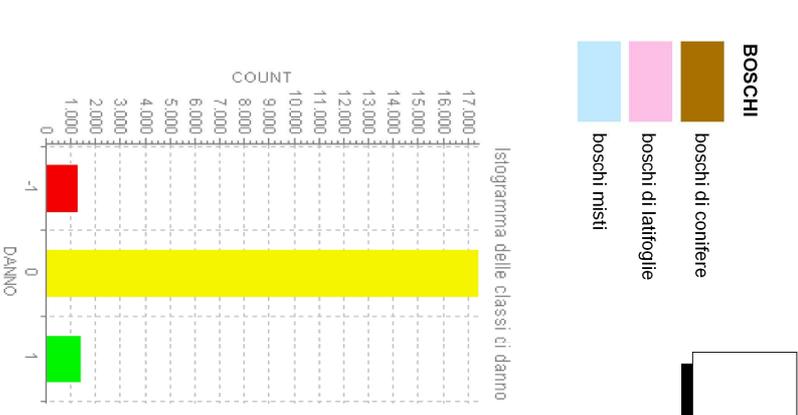
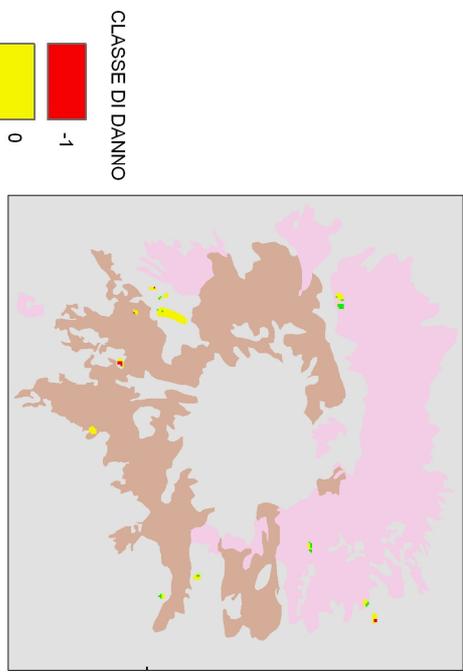
BOSCHI



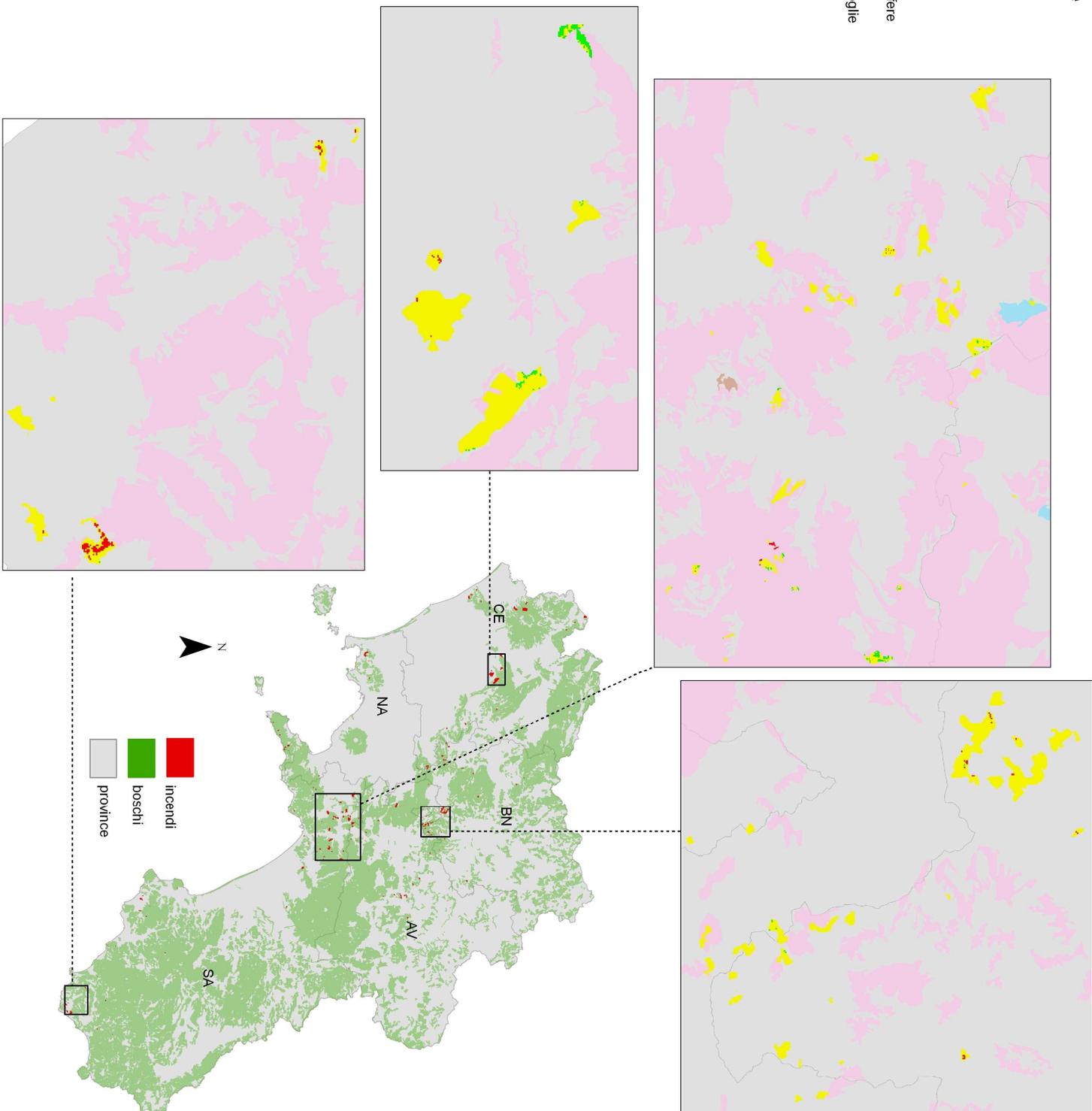
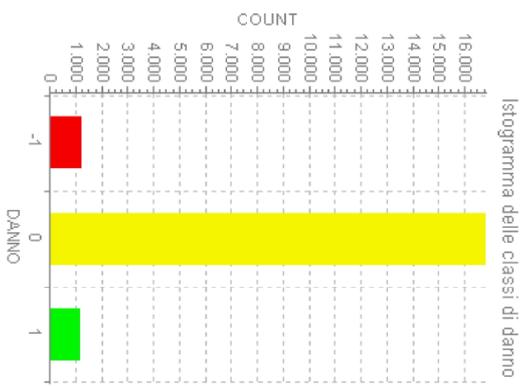
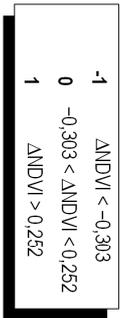
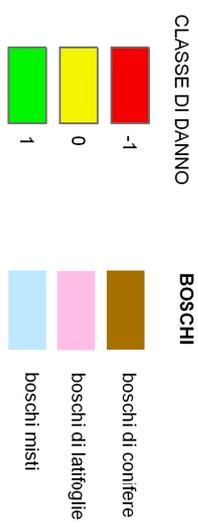
-1	ANDVI < -0,366
0	-0,366 < ANDVI < 0,281
1	ANDVI > 0,281



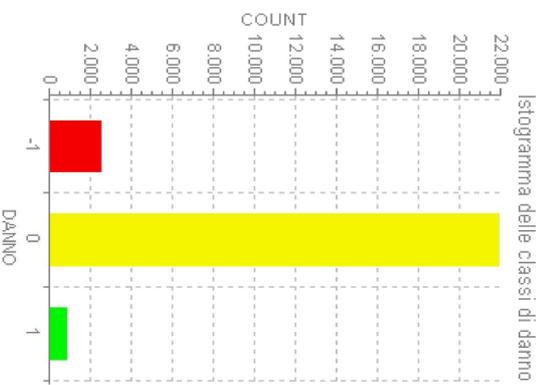
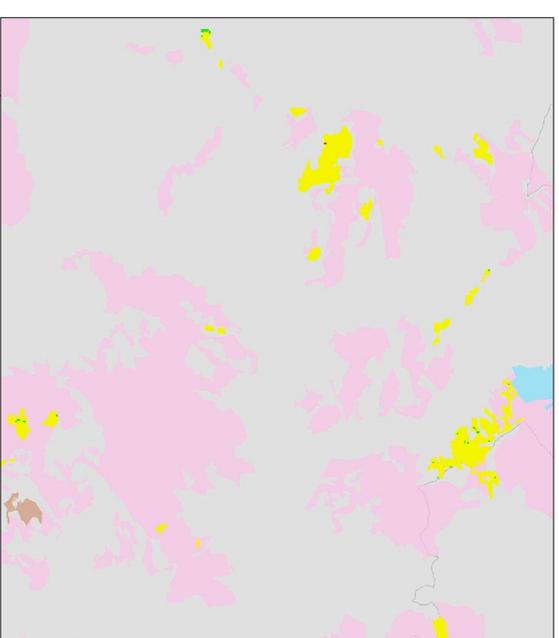
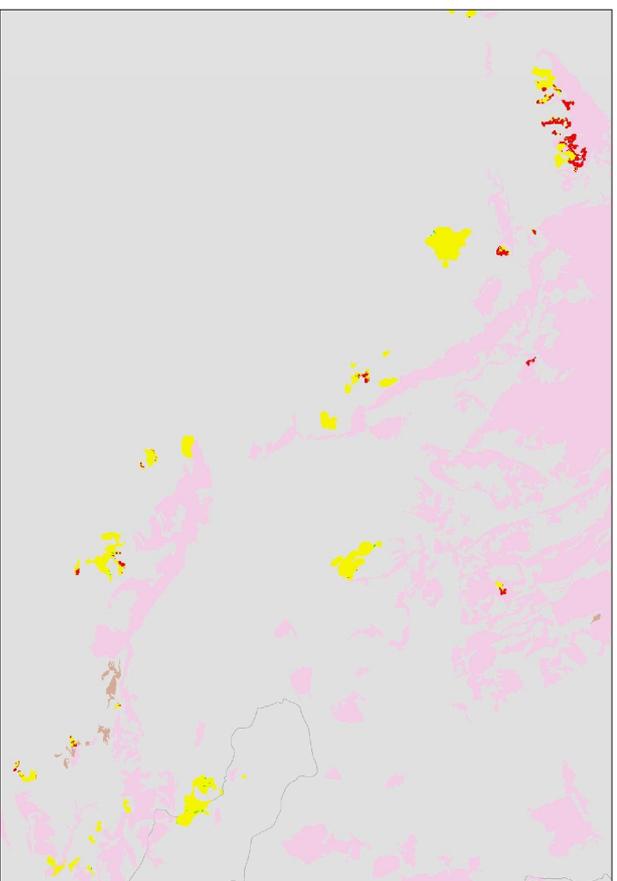
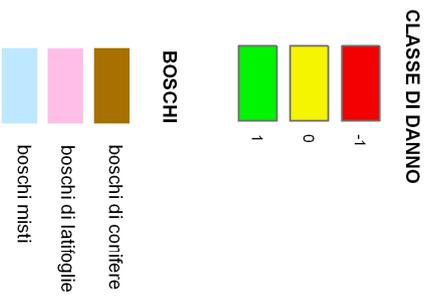
# Mappa del danno nelle aree incendiate (intervallo 2004-2005)



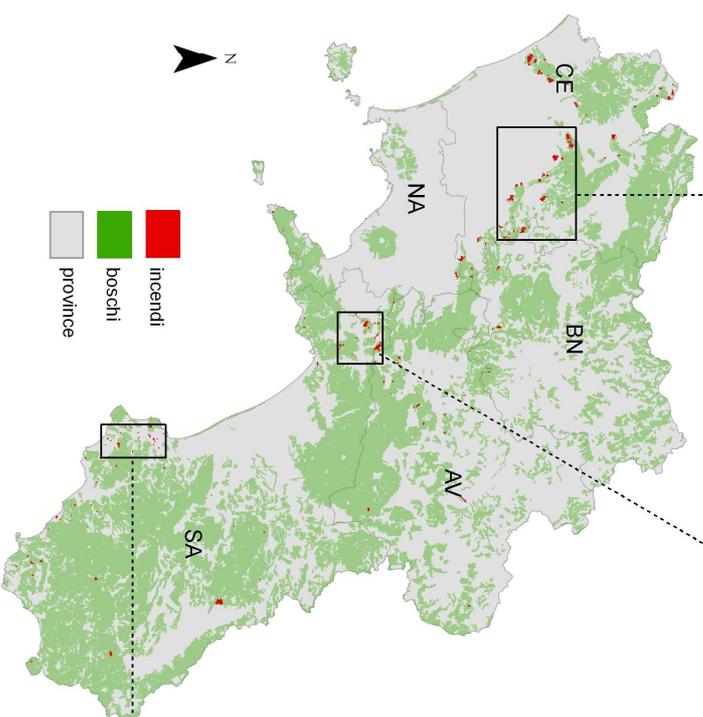
# Mappa del danno nelle aree incendiate (intervallo 2005-2006)



# Mappa del danno nelle aree incendiate (intervallo 2006-2007)



-1	ANDVI < -0,358
0	-0,358 < ANDVI < 0,207
1	ANDVI > 0,207

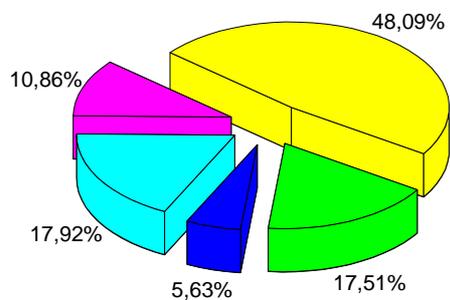


## **ALLEGATO C**

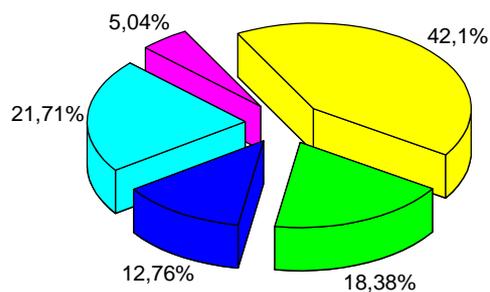
## Ca - Percentuale di superficie incendiata sul territorio provinciale

Avellino Benevento Caserta Napoli Salerno

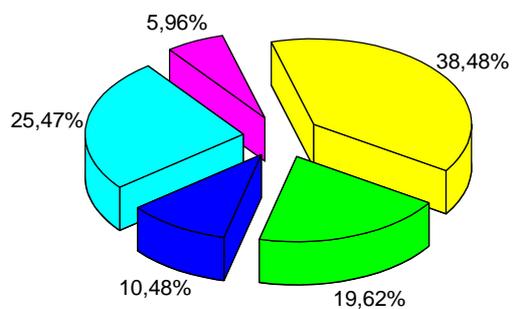
Intervallo 2000-2001



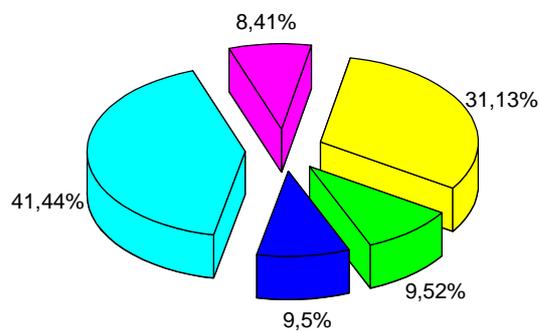
Intervallo 2001-2002



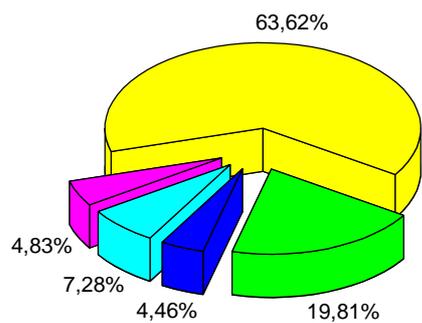
Intervallo 2002-2003



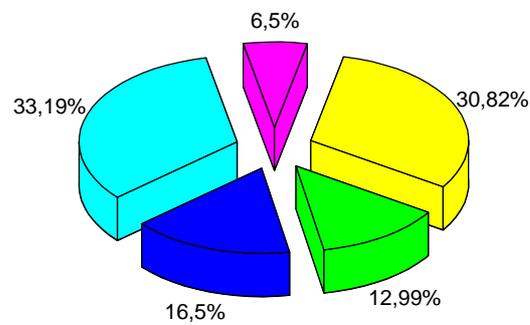
Intervallo 2003-2004



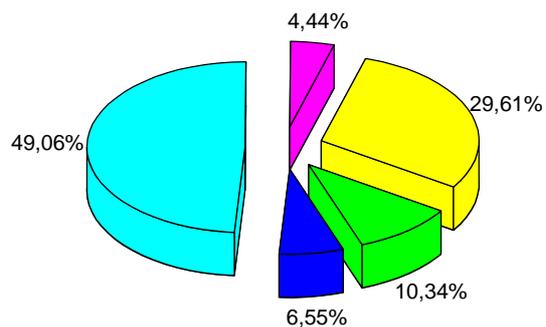
Intervallo 2004-2005



Intervallo 2005-2006

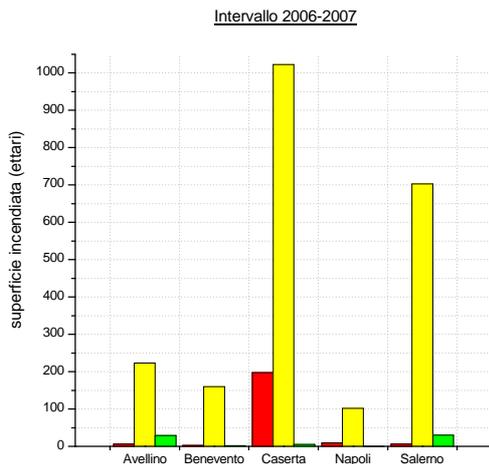
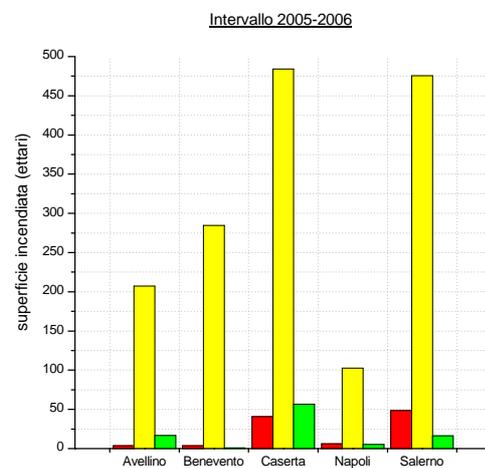
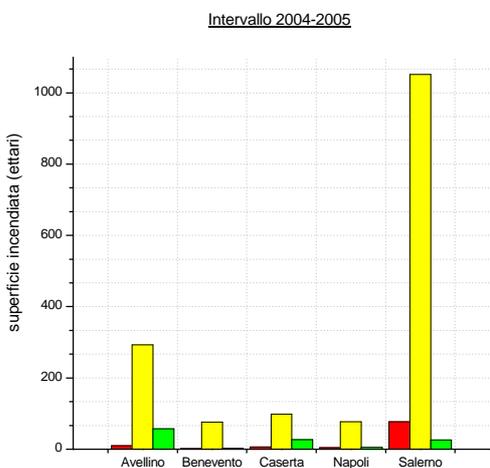
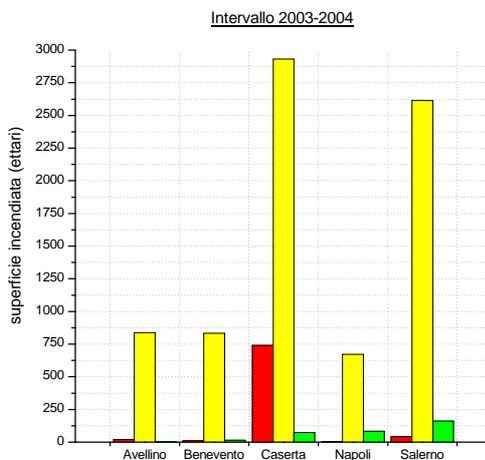
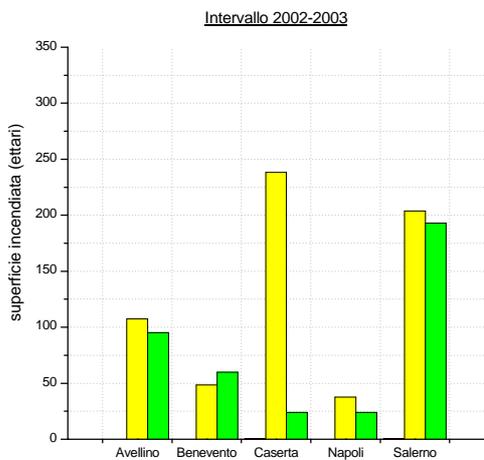
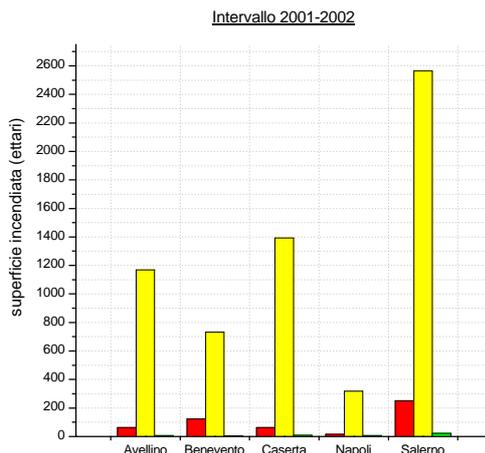
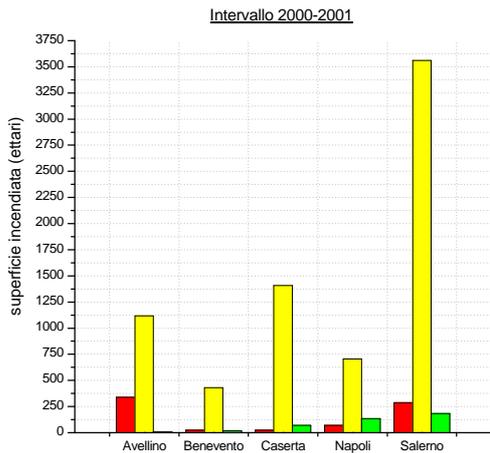


Intervallo 2006-2007



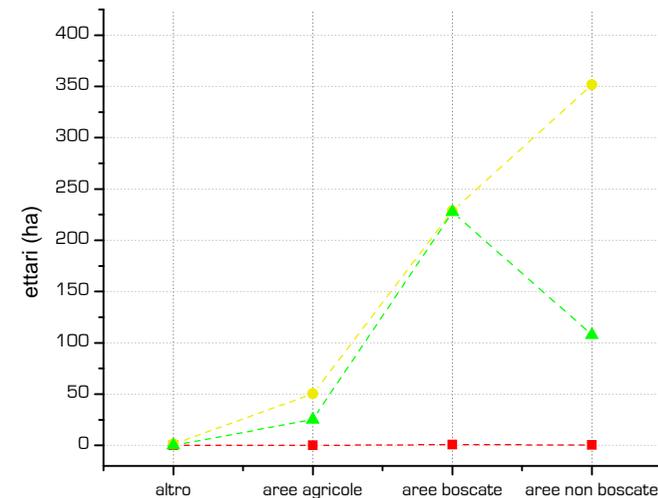
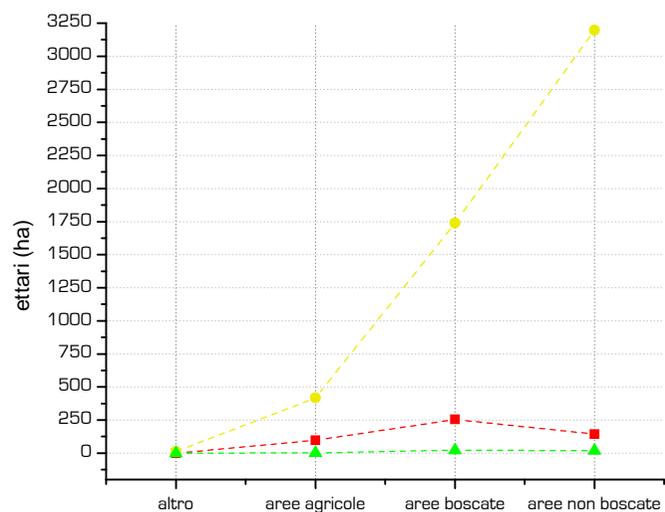
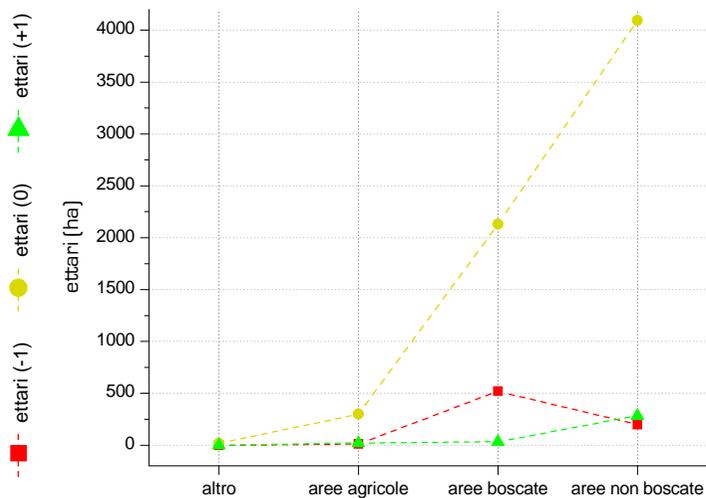
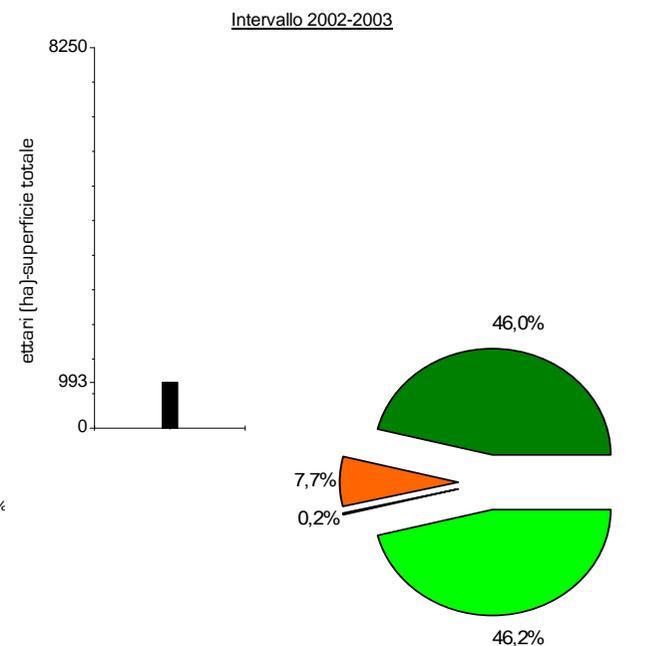
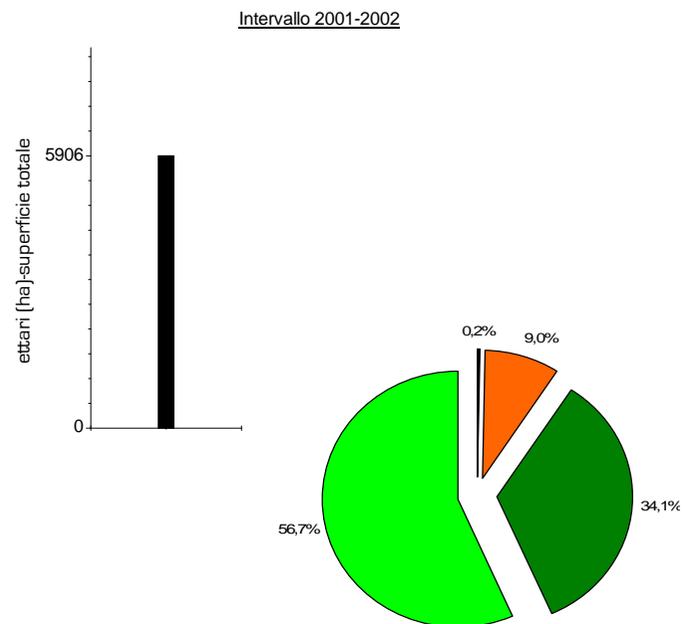
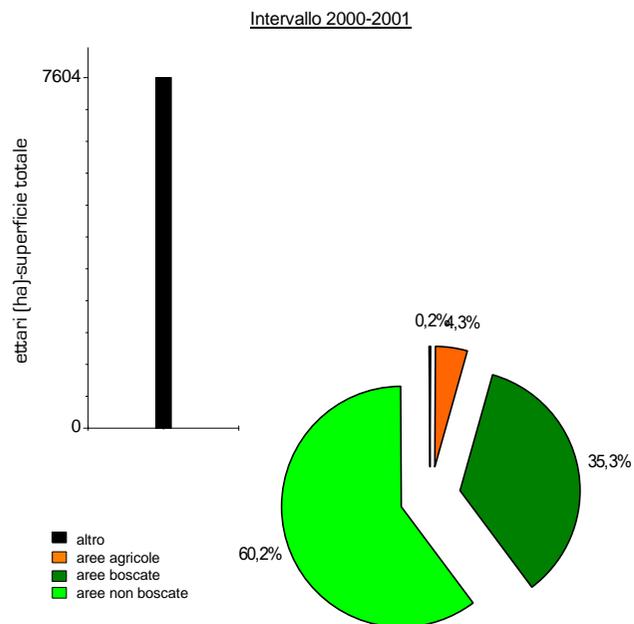
# Cb - Stima del danno ambientale sul territorio provinciale

■ -1   ■ 0   ■ 1



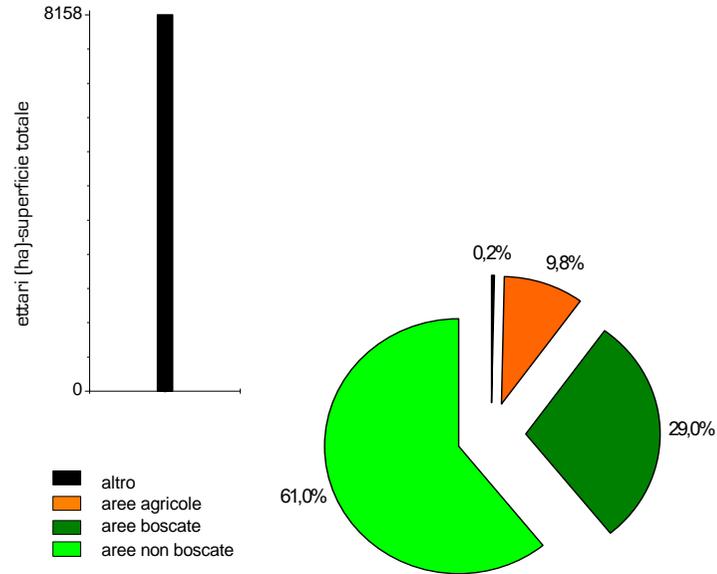
## **ALLEGATO D**

## Analisi della superficie incendiata e del danno ambientale

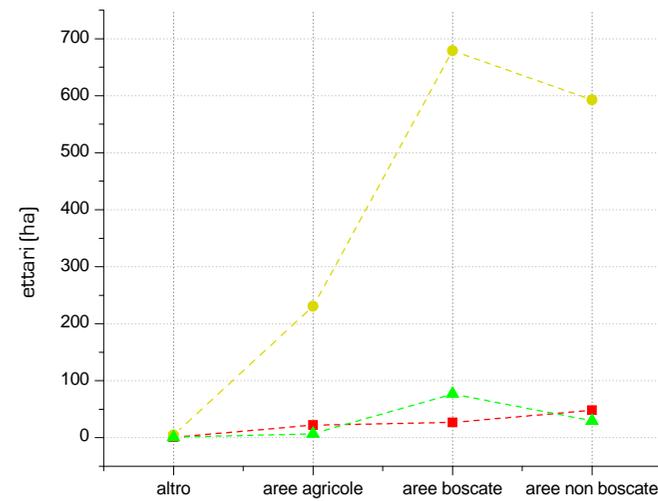
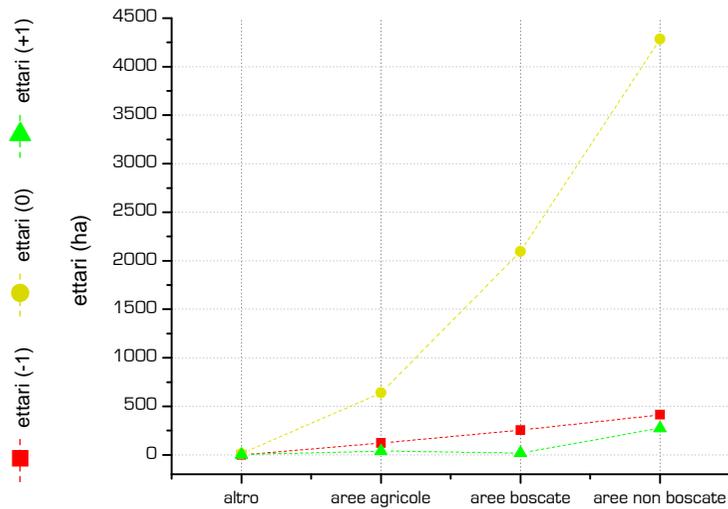
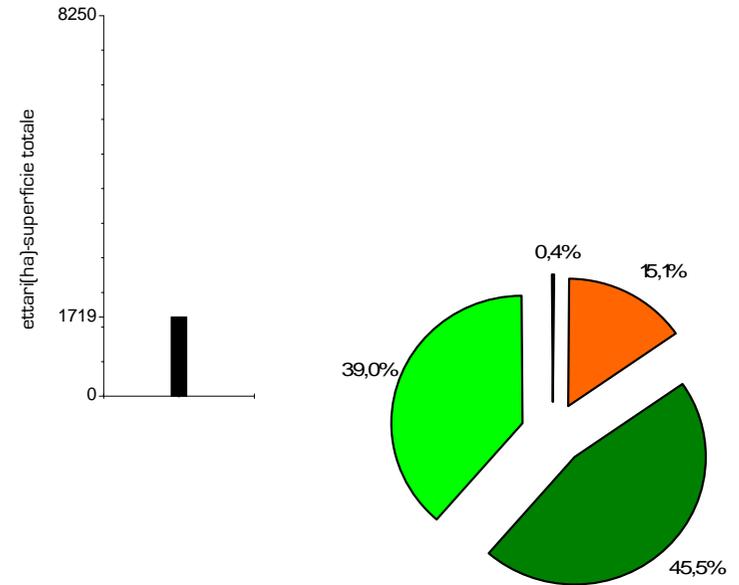


# Analisi della superficie incendiata e del danno ambientale

Intervallo 2003-2004

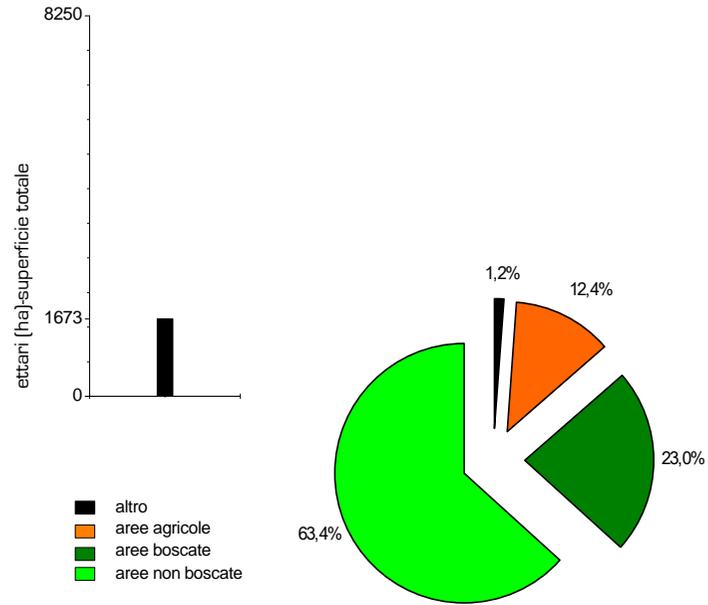


Intervallo 2004-2005

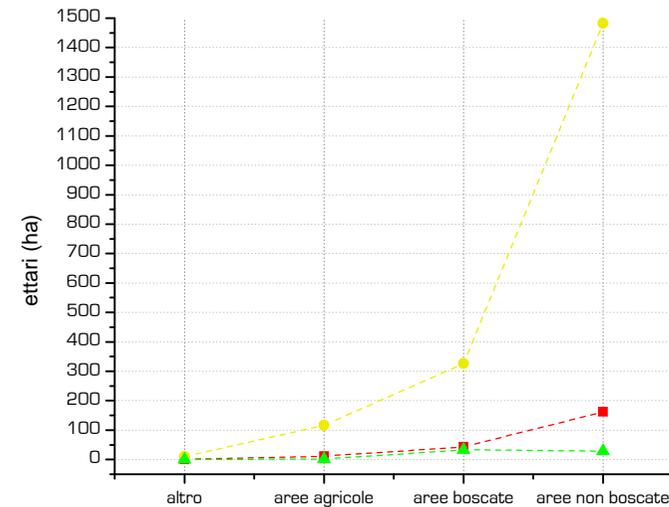
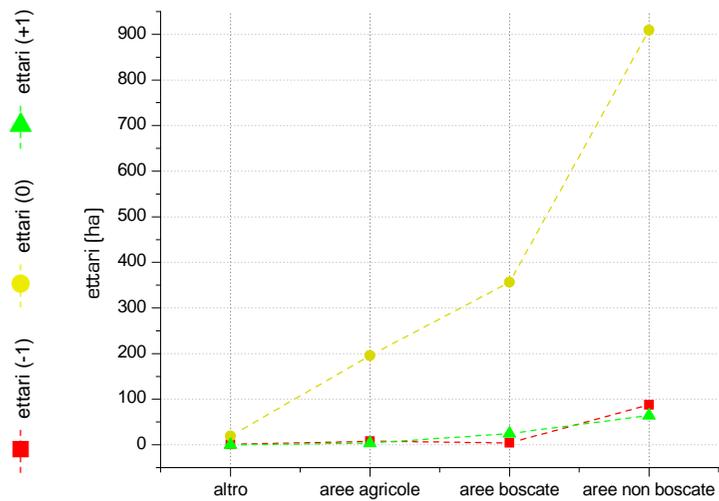
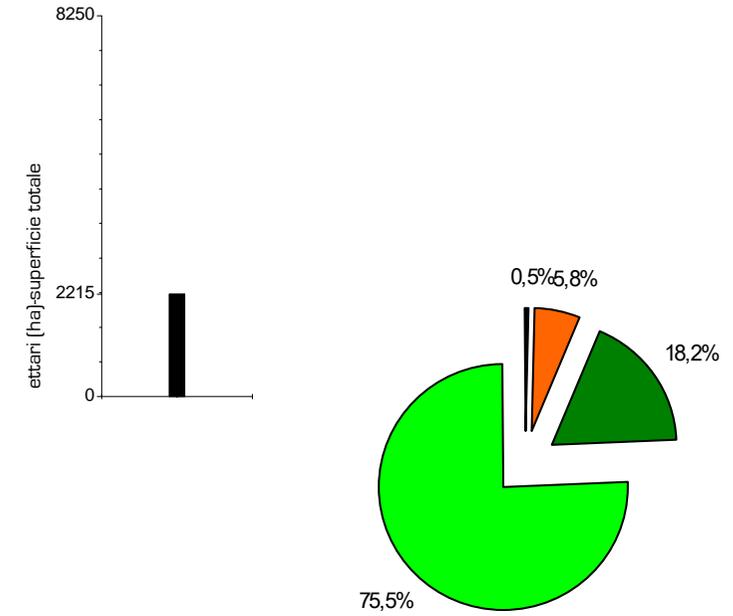


# Analisi della superficie incendiata e del danno ambientale

Intervallo 2005-2006

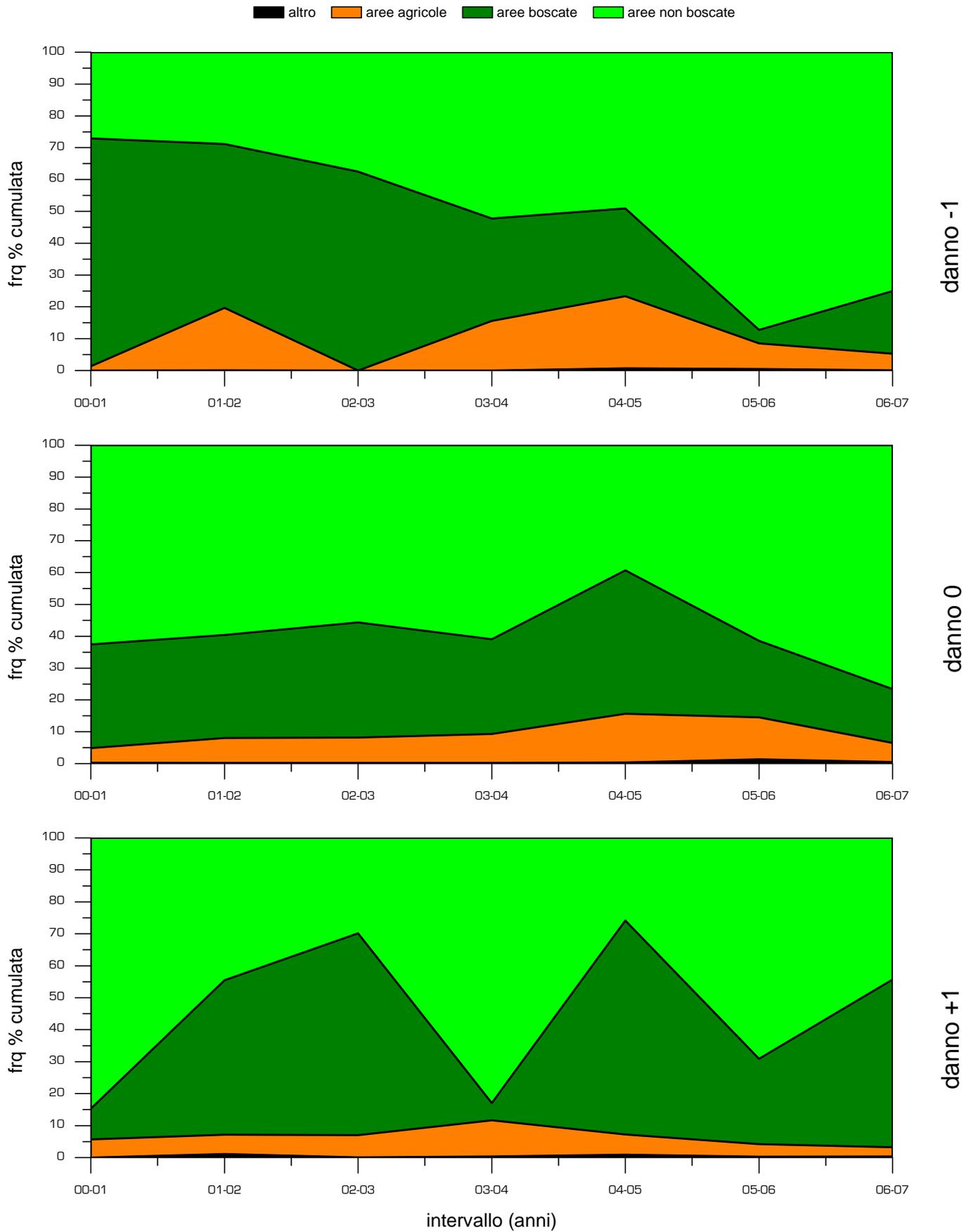


Intervallo 2006-2007



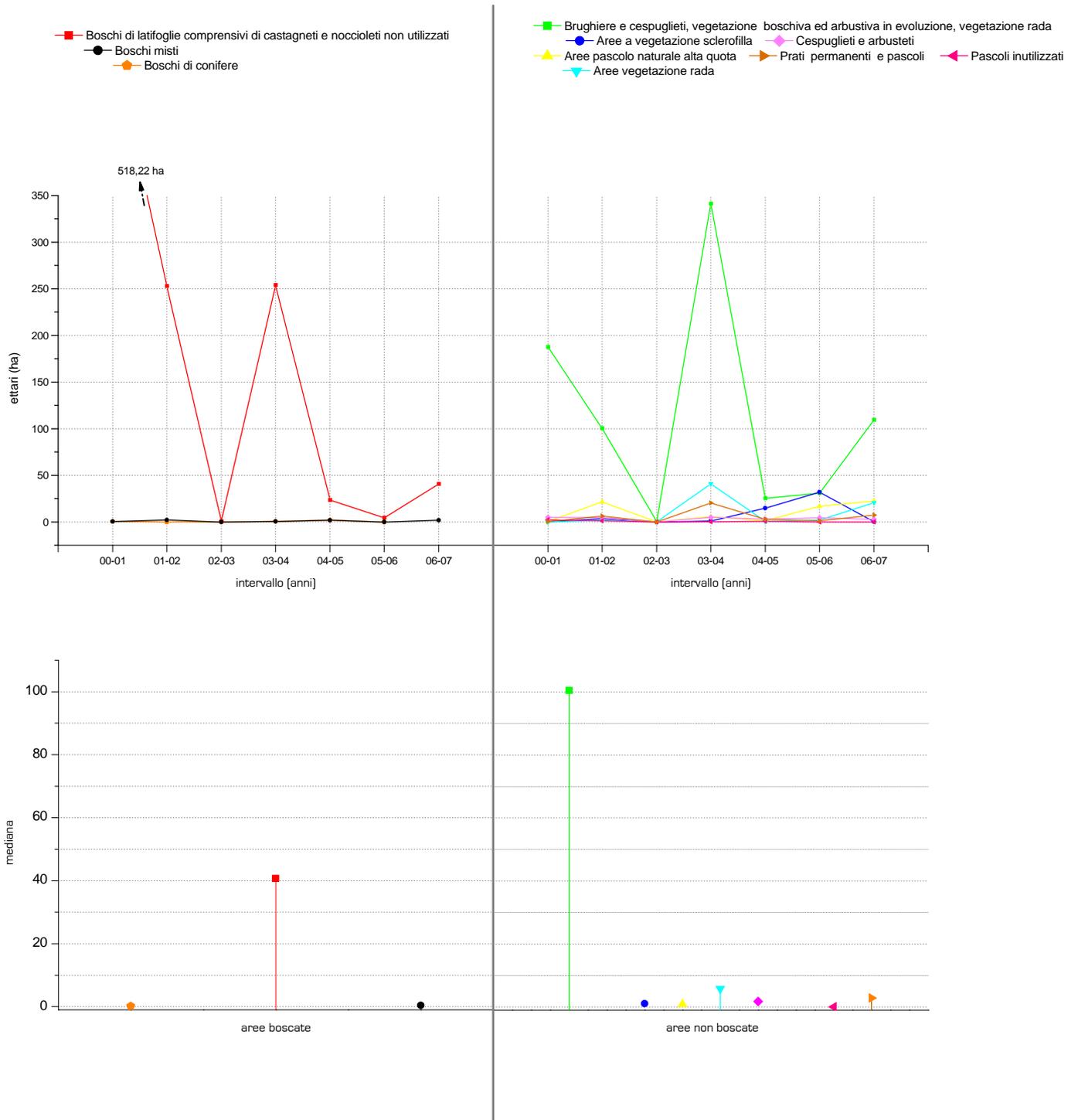
# **ALLEGATO E**

Variazione dell'entità del danno sulla superficie incendiata  
nell'intervallo di tempo 2000-2007



# **ALLEGATO F**

# Tendenza diacronica delle aree boscate e non boscate colpite da incendio (classe di danno -1)



# Tendenza diacronica delle aree boscate e non boscate colpite da incendio (classe di danno 0)



## Tendenza diacronica delle aree boscate e non boscate colpite da incendio (classe di danno +1)

