

CAPITOLO 4

Il sottosistema cartografico per la rappresentazione del territorio

Camilla Serafini - *"Silicondev s.r.l. - Via Zoe Fontana, 220 - 00131 Roma. camilla.serafini@silicondev.it"*

GIS E CARTOGRAFIA

In diverse discipline ed ambiti applicativi, i GIS (Geographic Information System) stanno assumendo un ruolo indispensabile non solo per l'archiviazione di grandi volumi di dati spaziali, ma soprattutto per la loro capacità di analisi, elaborazione e integrazione dei diversi strati informativi.

Tale strumento informatico è costituito da un insieme di tools hardware e software per la digitalizzazione, memorizzazione, rappresentazione, elaborazione e lo scambio di dati geografici.

Molti processi decisionali possono trarre benefici importanti dalla disponibilità di semplici strumenti di rappresentazione e di analisi di dati GIS-based.

Esempi comuni di utilizzo del dato geografico riguardano le scelte localizzative di strutture operative o di servizi, la rappresentazione ed il monitoraggio di risorse naturali (incluso il suolo ed i suoi utilizzi antropici), il posizionamento, dimensionamento e gestione operativa di infrastrutture di rete, la realizzazione di piani di emergenza e di protezione civile, il controllo dei territori vulnerabili a situazioni di rischio, il monitoraggio e le valutazioni di impatto ambientale, la zonizzazione in bacini di influenza o in aree di interesse, ecc.

In particolare il loro impiego molto esteso ha cambiato drasticamente il sistema di generazione della cartografia tematica del rischio legato al fuoco, facilitando il processo di analisi delle variabili che contribuiscono ad accrescere il rischio di incendio con elevato grado di accuratezza.

La cartografia digitale viene impiegata come supporto per l'identificazione di zone critiche, ed è utile sia per pianificare le azioni di prevenzione, sia per organizzare attività di estinzione.

La possibilità di poter individuare e valutare le zone a diverso rischio è infatti il primo passo per poter realizzare un'efficace attività di protezione del patrimonio boschivo dal fuoco e quindi e una corretta gestione del territorio.

I paragrafi che seguono passano in rassegna l'insieme dei dati cartografici, in formato raster e vettoriale, implementati nel presente DSS.

I diversi strati informativi gestiti ed elaborati dal software, costituiscono i vari fattori predisponenti gli incendi e la loro sovrapposizione consente l'identificazione delle aree prioritarie, con maggiore criticità rispetto ad altre, all'interno dei territori regionali.

MAPPE E VIEWER GRAFICO

Il Viewer dell'applicazione consente di visualizzare le informazioni geografiche e di comporre le mappe sovrapponendo i diversi livelli informativi delle aree di interesse. Le mappe utilizzate come sfondo appartengono al progetto Openstreetmap (OSM).

Tali dati geografici sono creati usando come riferimento i dati registrati da dispositivi GPS portatili, fotografie aeree ed altre fonti libere e rilasciati sotto licenza Open Database License (ODbL). Sulle mappe sono collocati, in modo georeferenziato, tutti gli elementi statici e dinamici del territorio per i quali è possibile ricavare una posizione geografica.

ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO

Al fine di programmare azioni di previsione, prevenzione e le attività operative per la lotta attiva contro gli incendi boschivi a cui è sottoposto l'intero territorio, è essenziale operare una suddivisione dello stesso in aree di estensione limitata. A tal proposito gli strati vettoriali di natura amministrativa – **Province, Comuni, Comunità Montane** – consentono di individuare aree circoscritte e di attribuire l'evento alle singole amministrazioni e/o enti competenti ai fini dell'attuazione del piano di intervento.

AMBITI TERRITORIALI

L'insieme dei layers vettoriali della cartografia regionale rappresenta uno strumento essenziale di conoscenza diretta del territorio per l'ottimizzazione dei tempi e delle modalità di intervento, il contenimento delle superfici interessate da incendio e, nel caso di incendi di interfaccia, la tutela della vita umana.

Nel presente DSS sono stati implementati:

- **Rete viaria:** fondamentale per valutare tempi e modalità di accesso alle zone di intervento, soprattutto per la viabilità secondaria, per definire il percorso, la carrabilità e la pendenza, sia per la scelta dei mezzi e per la conseguente valutazione dei tempi di percorrenza.
- **Risorse idriche:** I bacini della rete Idrografica e gli specchi d'acqua, ove presenti, rappresentano il potenziale idrico disponibile e contemporaneamente segnalano aree in cui si rende indispensabile la realizzazione di vasche di accumulo stagionali da affiancare ad invasi, anche a regime stagionale, come riserve per l'approvvigionamento di mezzi aerei e terrestri.
- **Vincoli strutturali** quali tracciati delle linee elettriche TERNI ad alta e media tensione per la rapida allerta in caso di interazione tra l'incendio e le infrastrutture critiche di alimentazione.
- **Aree protette:** La cartografia georeferenziata delle aree naturali protette quali Parchi, ZPS (zone di protezione speciale) e SIC (siti di importanza comunitaria) costituisce un concreto contributo per la gestione dei piani antincendi boschivi.

- **Localizzazione delle stazioni e dei mezzi:** ai fini dell'attuazione del piano di intervento, indispensabile è la conoscenza dell'ubicazione sul territorio delle stazioni e delle risorse idriche disponibili sui mezzi in dotazione al Dipartimento dei Vigili del Fuoco del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile e la dislocazione delle elisuperfici.
- **Risorse monitoraggio:** gli strumenti di sorveglianza e monitoraggio utilizzati sono costituiti dalla rete delle UPR e delle centraline meteo ad esse associate, le quali registrano dati di carattere puntuale. In particolare la rete meteo si compone di 17 centraline distribuite sui territori di Puglia e Calabria nelle zone limitrofe ai parchi e registra dati relativi all'intensità e direzione del vento, temperatura, radiazione solare e umidità. Questi dati vengono successivamente implementati nei modelli e spazializzati per la produzione di mappe tematiche in formato raster.
- **Toponimi:** In genere si ricorre all'uso di uno o più toponimi locali per descrivere la posizione in cui cade il punto di inizio incendio in modo da avere un'ulteriore verifica delle coordinate UTM con le unità forestali.

FATTORI PREDISPONENTI

I maggiori fattori predisponenti rispetto agli incendi boschivi fanno riferimento a tre grandi categorie: clima (come determinante dominante delle condizioni meteorologiche), copertura e uso del suolo (in particolare vegetazione), assetto topografico (pendenza, esposizione), ritenute responsabili nel favorire l'insorgere degli incendi e nel determinare il comportamento del fuoco.

La topografia ha una grande influenza sul comportamento del fuoco. Masse di terra o grandi corpi idrici influiscono sul clima generale di una regione, ed a causa della morfologia del terreno si determinano, nell'ambito di uno stesso comprensorio, differenze climatiche considerevoli che spesso causano modifiche anche sulle caratteristiche del combustibile. La topografia è l'unica costante di lungo termine tra i fattori principali che agiscono sul comportamento del fuoco.

I dati topografici che più direttamente intervengono sono pendenza ed esposizione che a loro volta sono generati a partire dal DEM.

Il DEM o Modello Digitale di Elevazione (Digital Elevation Model) rappresenta la distribuzione delle quote di una determinata superficie, in formato digitale. Nella gran parte delle applicazioni pratiche la superficie che interessa modellare è la superficie del suolo terrestre. In questo caso si parla più precisamente di Modello Digitale del Terreno o brevemente DTM (Digital Terrain Model). Un DTM quindi è un tipo particolare di DEM che viene visualizzato come una griglia a maglie quadrate (GRID). Il lato di ciascuna maglia (pixel) rappresenta la risoluzione o passo del dato.

In questo DSS la risoluzione dei DTM per la regione Puglia e Calabria è rispettivamente di 8m e 20m. In base alle necessità delle singole componenti dell'applicativo i dati di base sono stati opportunamente processati e ricampionati mediante i tools specifici per l'analisi spaziale attribuendo al dato finale una risoluzione di 5m.

La **Pendenza (Slope)** è un parametro topografico che esprime la stima dell' inclinazione della superficie topografica locale, approssimata da un piano. Rappresenta cioè la massima inclinazione di questo piano, corrispondente al gradiente massimo di una superficie. Questa può essere espressa in gradi o in percentuale.

E' un fattore molto importante, poiché influenza la velocità di propagazione del fuoco, soprattutto nelle fasi iniziali (durante i primi 30 minuti, per un fuoco di una certa intensità). In una pendice che presenta un'inclinazione compresa tra 10° e 15° la velocità di propagazione è doppia rispetto ad una superficie piana ed è quadrupla se l'inclinazione è di 25° (Blasi et al., 2004). Per il calcolo delle pendenze viene utilizzato il Modello Digitale del Terreno (DTM), con passo uguale a quello delle altre cartografie che vengono utilizzate, e si procede alla suddivisione dell'inclinazione del terreno in cinque classi successivamente indicizzate per la fase di overlay.



Figura 1: Pendenze espresse in gradi per la regione Puglia

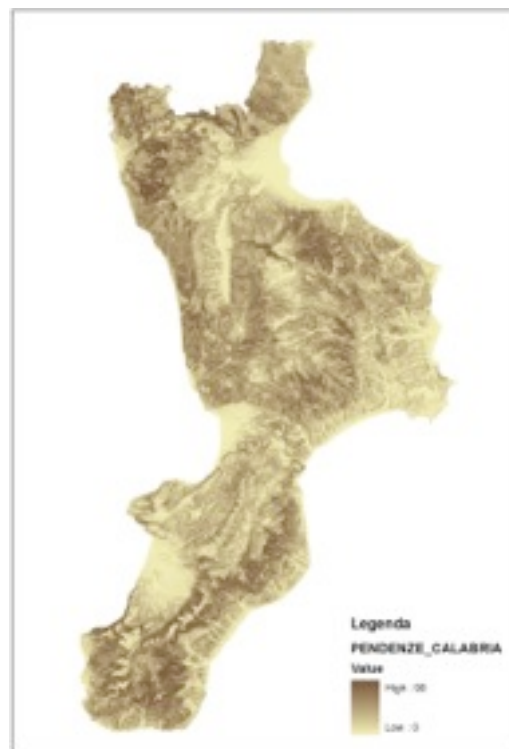


Figura 2 - Pendenze espresse in gradi della Regione Calabria

Inclinazione	Grado di rischio
0-8	5
9-10	10
11-15	20
16-22	60
>22	100

Tabella 1 -- Grado di rischio associato alla pendenza media del terreno

L'Esposizione (Aspect) esprime l'orientamento della direzione di massima pendenza di una superficie topografica ed è quantificato tramite l'angolo (sul piano orizzontale) che la linea di massima pendenza per una cella di un DEM forma con il nord geografico, misurato in senso orario.

Il suo interesse è legato ad analisi geomorfologiche e botaniche: il grado di esposizione, illuminazione ed umidità nei suoli, e conseguentemente i tipi di vegetazione, variano in funzione dell'Aspect di una superficie topografica.

L'esposizione di un terreno influenza la quantità di radiazione solare che viene recepita localmente, e quindi l'umidità e la temperatura dell'aria e del suolo. I versanti esposti al sole hanno temperature più elevate e umidità relativa più bassa. Le esposizioni sud sono quelle più sottoposte alle radiazioni solari e perciò a più alto grado di rischio. Anche il layer dell'esposizione viene ricavato dal DTM, definendo 5 classi di rischio del modello secondo i quattro punti cardinali e in situazione di piano.



Figura 3- Esposizione per la regione Puglia

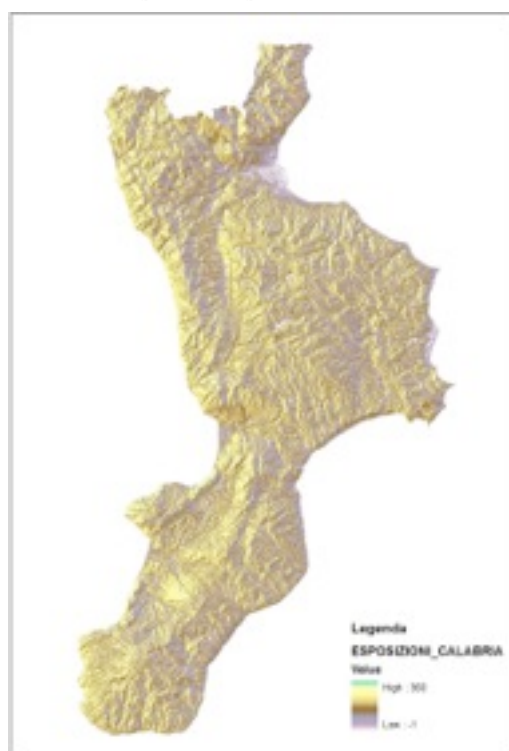


Figura 4 - Esposizioni per la Regione Calabria

Esposizione	Grado di rischio
Nord	0
Est	45
Sud	100
Ovest	45
Piano	65

Tabella 2: Grado di rischio associato all'esposizione della superficie

La rappresentazione della copertura e dell'uso suolo è necessaria per la restituzione del quadro delle componenti vegetazionali del territorio e costituisce al contempo il fattore più importante nel determinare il comportamento del fuoco e l'intensità del fronte di fiamma. Alcune piante come la quercia da sughero, a causa dello spessore della corteccia, mostrano una certa resistenza al passaggio del fuoco per la corteccia di notevole; altre, come gran parte delle conifere, incrementano la velocità di propagazione del fronte di fiamma per via dell'alto contenuto resinoso e della grande quantità di combustibile presente alla loro base.

Per l'analisi della variabile vegetazionale risulta necessaria pertanto almeno una carta della vegetazione reale dell'area di indagine che presenti un grado di dettaglio adeguato al tipo di analisi che si vuole realizzare.

La modalità di rappresentazione utilizzata è quella definita, ormai a livello europeo, dal progetto Corine Land Cover. Il programma CORINE (COoRdination of INformation on Environment) è stato definito dalla Commissione Europea nel 1985 con lo scopo di organizzare la raccolta di informazioni sull'ambiente e le risorse naturali della Comunità e revisionato nel 2000.

L'organizzazione delle voci di uso del suolo, organizzate in livelli sono ottenute a partire dalla fotointerpretazione di immagini satellitari Landsat 5 e 7. Tale strato informativo si compone di 44 classi di copertura del suolo suddivise in 3 tre livelli (5 classi per il primo livello, 15 per il secondo livello e 44 per il terzo). Per la descrizione dell'uso fino al terzo livello è stata utilizzata la carta, in scala 1:100000, mentre per la rappresentazione delle aree boscate si è scesi fino alla definizione del quarto livello e del quinto livello (1:10000). Tale strato informativo costituisce una cartografia omogenea dell'uso del suolo disponibile per tutto il territorio della Regione Calabria e della Regione Puglia. Alle singole categorie di uso del suolo, per le finalità di questo progetto, è stato assegnato un diverso grado di rischio così come indicato nella seguente tabella.

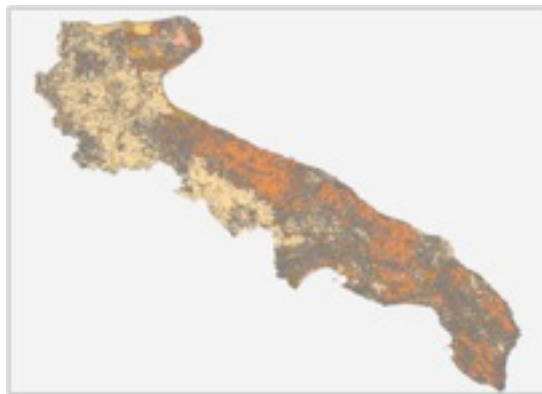


Figura 5- Uso del suolo Regione Puglia

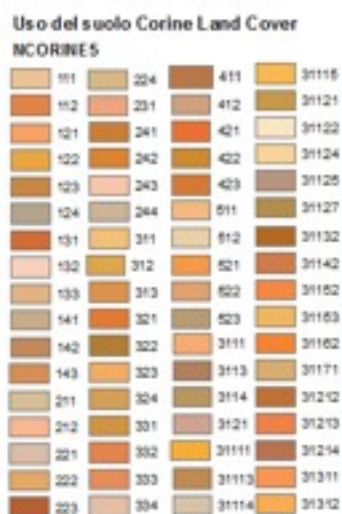


Figura 6 - Codici di Uso del Suolo Corine Land Cover

Descrizione	Corine
Tessuto urbano continuo	111
Tessuto urbano discontinuo	112
Insediamiento industriale, commerciale e dei grandi impianti di servizi	121
Reti ed aree infrastrutturali stradali e ferroviarie	122
Aree portuali	123
Aree aeroportuali ed eliporti	124
Aree estrattive	131
Discariche e depositi di rottami	132
Cantieri	133
Aree ricreative e sportive	141
Aree verdi urbane	142
Cimiteri	143
Seminativi in aree irrigue	211
Seminativi in aree non irrigue	212
Vigneti	221
Frutteti e frutti minori	222
Oliveti	223
Arboricoltura con essenze forestali	224
Prati stabili	231
Colture temporanee associate a colture permanenti	241
Sistemi colturali e particellari complessi	242
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con ampi spazi naturali	243
Aree agroforestali	244
Boschi di latifoglie	311
Boschi di conifere	312
Boschi misti di conifere e latifoglie	313
Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	321
Cespuglieti ed arbusteti	322

Aree a vegetazione sclerofilla	323
Aree a vegetazione arborea e arbustiva in evoluzione	324
Spiagge, dune e sabbie	331
Rocce nude, falesie, affioramenti	332
Aree con vegetazione rada	333
Aree interessate da incendi o da altri eventi dannosi	334
Boschi di leccio	31111
Boschi di leccio con sughera	31112
Boschi di leccio e roverella	31113
Boschi di leccio e cerro	31114
Leccete ad orniello	31115
Boschi di roverella	31121
Boschi di cerro con castagno	31123
Boschi di cerro e roverella	31124
Boschi di cerro e specie termoigrofile	31125
Boschi di cerro e farnetto	31127
Alneti frassineti	31132
Castagneti con leccio	31142
Faggete con cerro	31152
Alneti ripariali	31162
Boschi di robinia	31171
Boschi di pino d'aleppo	31212
Boschi di pino	31213
Boschi di Pino d'aleppo con cipresso	31214
Boschi di pini e eucalipti	31311
Boschi di pini e lecci	31312
Paludi interne	411
Torbiere	412
Paludi salmastre	421
Saline	422
Zone intertidali	423
Corsi d'acqua canali e idrovie	511
Bacini d'acqua	512
Lagune	521
Estuari	522
Mari e oceani	523

Tabella 3 - Descrizione dei Codici di Uso del suolo Corine Land Cover V livello

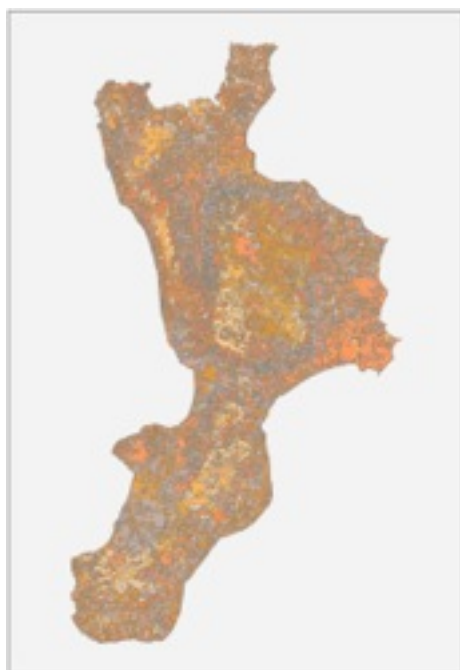


Figura 7 - Uso del suolo Regione Calabria

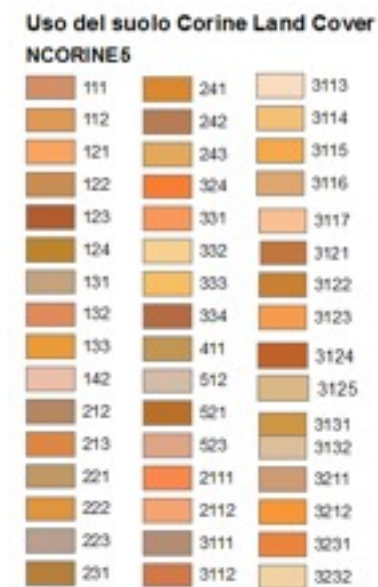


Figura 8 - Codici uso del suolo Corine Land Cover

Descrizione	Corine
Tessuto urbano continuo	111
Tessuto urbano discontinuo	112
Insediamiento industriale, commerciale e dei grandi impianti di servizi	121
Reti ed aree infrastrutturali stradali e ferroviarie	122
Aree portuali	123
Aree aeroportuali ed eliporti	124
Aree estrattive	131

Discariche e depositi di rottami	132
Cantieri	133
Aree ricreative e sportive	141
Aree verdi urbane	142
Cimiteri	143
Seminativi in aree irrigue	211
Seminativi in aree non irrigue	212
Vigneti	221
Frutteti e frutti minori	222
Oliveti	223
Arboricoltura con essenze forestali	224
Prati stabili	231
Colture temporanee associate a colture permanenti	241
Sistemi colturali e particellari complessi	242
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con ampi spazi naturali	243
Aree agroforestali	244
Boschi di latifoglie	311
Boschi di conifere	312
Boschi misti di conifere e latifoglie	313
Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	321
Cespuglieti ed arbusteti	322
Aree a vegetazione sclerofilla	323
Aree a vegetazione arborea e arbustiva in evoluzione	324
Spiagge, dune e sabbie	331
Rocce nude, falesie, affioramenti	332
Aree con vegetazione rada	333
Aree interessate da incendi o da altri eventi dannosi	334
Colture intensive	2112
Boschi a prevalenza di leccio	3111
Boschi di leccio con sughera	3112
Boschi misti a prevalenza di latifoglie termofile e mesotermofile	3113
Boschi a prevalenza di castagno	3114
Boschi a prevalenza di faggio	3115
Boschi a prevalenza di specie igrofile	3116
Boschi e piantagioni di latifoglie non native	3117
Boschi di pino mediterraneo	3121
Boschi a prevalenza di pino montano	3122
Boschi di abete bianco/rosso	3123
Boschi di larice e pino cembro	3124
Boschi di conifere non native	3125
Boschi misti a prevalenza di latifoglie	3131
Boschi misti a prevalenza di conifere	3132
Praterie continue	3211
Praterie discontinue	3212
Macchia alta	3231
Macchia bassa e Garighe	3232
Paludi interne	411

Bacini d'acqua	512
Lagune	521
Mari e Oceani	523

Tabella 4 - Descrizioni codici uso del suolo Corine land cover IV livello

Classi di uso del suolo	Grado di rischio
TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE	
ZONE INDUSTRIALI	
Zone residenziali a tessuto continuo	0
Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	0
ZONE INDUSTRIALI, COMMERCIALI E INFRASTRUTTURE	
Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	0
Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche	0
Aree portuali	0
Aeroporti	0
ZONE ESTRATTIVE, CANTIERI, DISCARICHE E TERRENI ARTEFATTI E ABBANDONATI	
Aree estrattive	0
Discariche	50
Cantieri	0
ZONE VERDI ARTIFICIALI NON AGRICOLE	
Aree verdi urbane	0
Aree ricreative e sportive	0
SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
SEMINATIVI	
Seminativi in aree non irrigue	50
Seminativi in aree irrigue	0
Risale	0
COLTURE PERMANENTI	
Vigneti	0
Frutteti e fruti minori	0
Oliveti	15
Altre colture permanenti	0
PRATI STABILI	
Prati stabili	0
ZONE AGRICOLE ETEROGENEE	
Colture temporanee associate a colture permanenti	0
Sistemi colturali e particolari complessi	0
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	25
Aree agroforestali	25
TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI	
ZONE BOSCADE	
Boschi di latifoglie	20
Boschi di conifere	60
Boschi misti di conifere e latifoglie	35
ZONE CARATTERIZZATE DA VEGETAZIONE ARBUSTIVA E/O ERBACEA	
Aree a pascolo naturale e praterie	80
Brughiere e cespuglieti	80
Aree a vegetazione sclerofilla	100
Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	70
ZONE APERTE CON VEGETAZIONE RADA O ASSENTE	
Spiagge, dune e saline	0
Rocce nude, falesie, rupi affioranti	0
Aree con vegetazione rada	70
Aree percorse da incendio	0
Ghiacciai e nevi perenni	0
ZONE UMIDE	
ZONE UMIDE INTERNE	
Paludi interne	0
Torbiere	0
ZONE UMIDE MARITTIME	
Paludi salmastre	0
Saline	0
Zone intertidali	0
CORPI IDRICI	
ACQUE CONTINENTALI	
Corsi d'acqua, canali e idrovie	0
Bacini d'acqua	0
ACQUE MARITTIME	
Lagune	0
Estuari	0
Mari e oceani	0

Figura 9 - Grado di rischio associato alle classi di uso del suolo

Il clima svolge nei confronti del fenomeno degli incendi boschivi una duplice azione: influenza direttamente il tipo e la quantità di vegetazione, determina l'umidità dell'aria e, conseguentemente, anche quella del combustibile. La probabilità di ignizione è direttamente correlata a due parametri fondamentali del clima: temperatura e umidità. Com'è noto, le zone più colpite dal fuoco sono quelle caratterizzate da lunghi periodi di siccità.

Il clima è determinato dall'insieme dei fenomeni meteorologici che si verificano più frequentemente e più costantemente durante l'evolversi delle stagioni e per caratterizzare quello della Regione Puglia e della regione Calabria, soprattutto per quanto riguarda gli aspetti vegetazionali e quelli connessi al fenomeno degli incendi boschivi, può essere utilizzato l'inquadrimento fitoclimatico del Pavari. Il territorio italiano è diviso in cinque fasce climatiche di rilevanza botanica, in ciascuna delle quali è possibile riscontrare un'associazione di specie vegetali spontanee che ricorrono con costanza in quella specifica area. Il nome stesso delle zone richiama la specie di riferimento. Tali associazioni vegetali simili sono dislocate in aree geografiche differenti per altitudine e latitudine ma simili nel regime termico e pluviometrico. Le fasce fitoclimatiche possono essere così brevemente riassunte:

Lauretum: corrisponde ai climi temperato-caldi a siccità estiva, caratteristica delle regioni litoranee e dell'entroterra sino a circa 500m, cioè in quelle aree dove la temperatura media annua è compresa tra i 12°C e 23°C. E' la zona delle sclerofille sempreverdi, dell'olivo, dei pini litoranei, etc.

Castanetum: corrisponde ai climi temperato-freddi a estate calda o temperata, propria della fascia collinare dell'Italia centrale e meridionale dove la temperatura media annua oscilla tra 10°C e 15°C. E' la zona tipica del castagno e delle querce caducifoglie.

Fagetum: corrisponde ai climi temperato-freddi con estate fresca, tra i 700m ed i 1800m. Le temperature medie oscillano tra 7°C e 12°C. E' la zona tipica del faggio.

Picetum: corrisponde ai climi freddi con estate sufficientemente calda, con almeno un mese con temperatura media > 15°C, tra 800m e 2000m, laddove le temperature medie annue oscillano tra 3°C e 7°C. Fascia di vegetazione delle conifere alpine.

Alpinetum: corrisponde ai climi freddi con almeno un mese con temperatura media > 10°C, tra 2000m e 2500m. E' esclusivo del settore alpino. Fascia di vegetazione degli arbusti prostrati.

Secondo tale classificazione, il 34% della superficie regionale della Puglia rientra nel Lauretum sottozona calda, il 58% nel Lauretum sottozona fredda e il 8% nel Castanetum.

In Calabria invece il 36% della superficie regionale rientra nel Lauretum sottozona fredda, il 34% nel Lauretum sottozona calda, il 24% nel Castanetum e il 6% nel Fagetum.

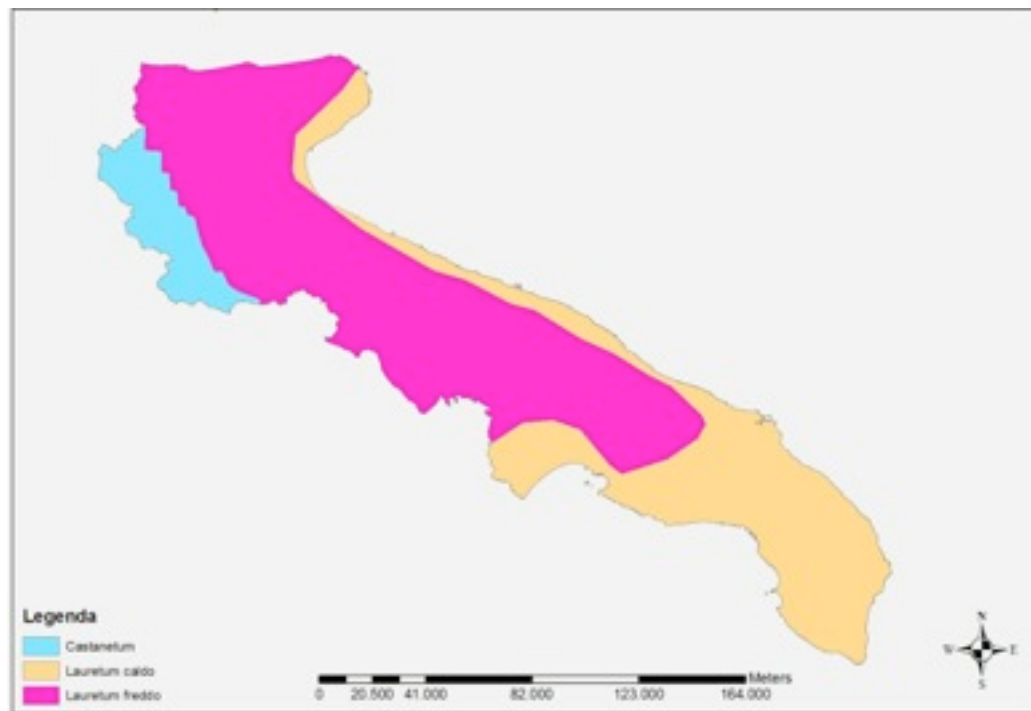


Figura 10 - Distribuzione delle zone fitoclimatiche secondo Pavari in Puglia

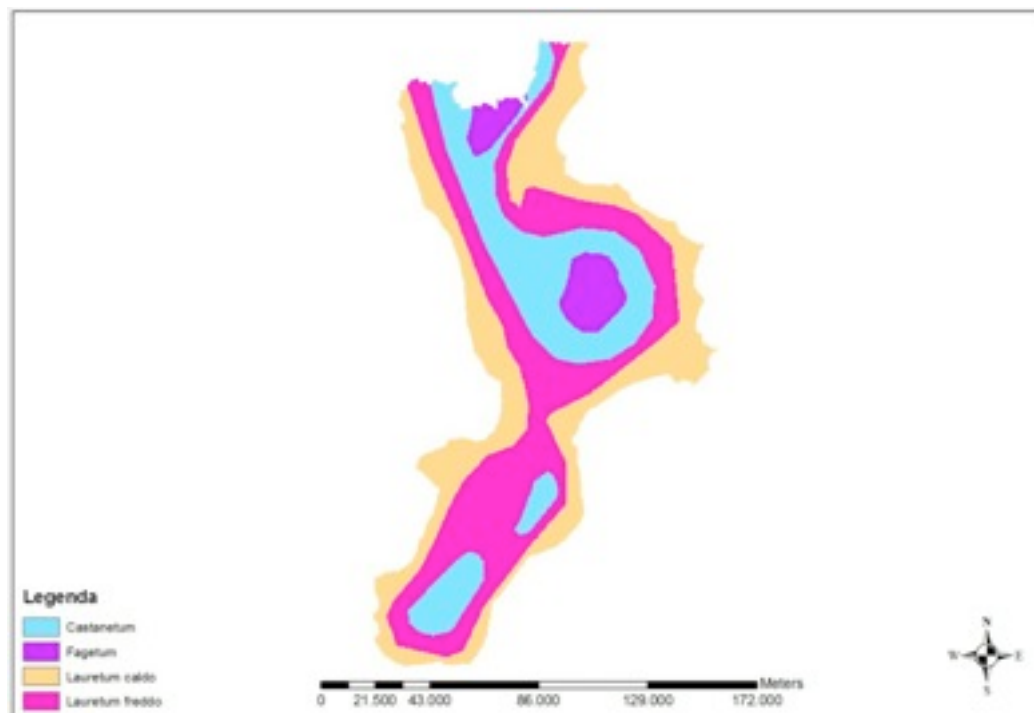


Figura 11 - Distribuzione delle zone fitoclimatiche secondo Pavari in Calabria

Per il calcolo del grado di rischio, le classi fitoclimatiche della Puglia e della Calabria sono state classificate comparando le classi fitoclimatiche di Pavari alle zone bioclimatiche di Blasi (2001), a cui è stato associato un grado di rischio nel manuale di riferimento.

FITOCLIMA		Grado di rischio
1	Criorotemperato ultraiperumido	0
3	Orotemperato iperumido	0
4	Supratemperato/ototemperato iperumido/ultraiperumido	0
13	Supratemperato iperumido/umido	10
6	Supratemperato ultraiperumido -iperumido	10
5	Supratemperato iperumido/ultraiperumido	10
2	Supratemperato/ototemperato umido/iperumido -subumido	10
12	Supratemperato umido/iperumido	10
25	Mesotemperato/supratemperato umido	10
10	Supratemperato/mesotemperato iperumido/umido	10
9	Supratemperato/mesotemperato umido/iperumido	20
28	Supratemperato umido	20
24	Supratemperato umido	20
7	Supratemperato iperumido	20
26	Supratemperato/mesotemperato subumido/umido	20
11	Supratemperato/mesotemperato umido	20
8	Mesotemperato/mesotemperato umido/iperumido	20
23	Supratemperato/mesotemperato, Subumido -umido	20
21	Mesotemperato subumido/umido	50
16	Mesotemperato umido/subumido	50
19	Mesotemperato/mesotemperato subumido	80
27	Supratemperato/supratemperato, Umido/subumido	80
22	Mesotemperato, mesotemperato subumido	80
17	Mesotemperato, termotemperato, umido -subumido	100
20	Mesotemperato mediterraneo subumido	100
15	Mesotemperato, termotemperato, Secco -subumido	100
18	Termotemperato, mesotemperato, Subumido	100
14	Termotemperato, mesotemperato, infratemperato, Secco/subumido	100

Figura 12 - Grado di rischio estivo associato alle classi fitoclimatiche (Blasi et al., 2004)

In questo modo si ottiene la classificazione seguente:

Zone Fitoclimatiche	Grado di Rischio
Picetum	20
Fagetum	50
Castanetum	80
Lauretum media e fredda	100
Lauretum calda	100

Tabella 5 - Grado di rischio associato alle classi fitoclimatiche

CARTA DEL RISCHIO STATICO

Il rischio di incendio va valutato in base a parecchie prospettive che considerano la variabilità degli input nel tempo. Gli indici che derivano da fattori che non cambiano nel breve intervallo di tempo sono indici strutturali o a lunga durata (statici).

Un gran numero di modelli è stato sviluppato per prevedere la probabilità di innesco e diffusione del fuoco. In questo DSS è stato adottato il metodo di Chuvieco e Congalton (1989) adattato al territorio italiano (Marchetti et al., 2004). L'algoritmo di previsione si basa su un modello additivo ponderato. La procedura seguita è analoga a quella utilizzata nell'analisi multicriteriale, in cui occorre risolvere il problema della determinazione di un unico indice di valutazione a partire da più fattori, sia limitanti, sia predisponenti. A tal fine viene elaborato uno strato informativo (layer) per ciascuna variabile ritenuta fattore di rischio, classificata sulla base del grado di rischio stesso: si ottengono così tanti strati informativi quanti sono i fattori di rischio presi in esame. Mediante una funzione di sovrapposizione (overlay), i singoli strati vengono ponderati per la produzione della carta finale del rischio d'incendio, secondo i coefficienti stabiliti dal modello adottato.

L'utilizzo del sistema su piattaforma GIS semplifica le procedure di sovrapposizione di tematismi cartografici diversi, per cui dalle carte tematiche di base è possibile ottenere automaticamente carte di sintesi di tipo numerico. Mediante questa tecnica, le classi di intensità vengono fatte corrispondere a intervalli di valori numerici, a loro volta risultanti dall'integrazione degli attributi conferiti per i vari tematismi alle singole celle della matrice. Le basi di dati che vengono utilizzate per le elaborazioni, costituite da cartografie in formato vettoriale, sarebbe opportuno rasterizzarle con pixel che coprono 1 ettaro di superficie.

I layer che si ottengono per ciascun fattore di rischio vanno incrociati tra loro utilizzando il grado di rischio attribuito ad ogni classe, ottenendo così un indice finale per ogni pixel (maggiore il valore, più alto il rischio) che verrà successivamente raggruppato in classi.

L'obiettivo viene raggiunto attraverso una combinazione lineare dei fattori utilizzati che vengono combinati con un peso. La valutazione dei pesi viene normalmente effettuata utilizzando i principali autovettori di una matrice quadrata reciproca di comparazione a coppie tra i fattori analizzati, come nella tabella seguente. La comparazione riguarda la relativa importanza dei due fattori coinvolti nella determinazione della predisposizione. Nel caso della combinazione lineare pesata occorre che la somma dei pesi adottati sia uno. Viene, quindi, elaborato uno strato informativo in cui la variabile presa in esame è classificata sulla base del grado di rischio. Si ottengono così tanti strati informativi quanti sono i fattori di rischio presi in esame. Mediante una funzione di sovrapposizione, i singoli strati vengono ponderati per la produzione della carta finale del rischio d'incendio, secondo i coefficienti stabiliti dal seguente modello:

$$\text{Rischio} = 40C + 30UdS + 15E + 15P$$

(**UdS** = uso del suolo; **E** = esposizione; **P** = pendenza; **C** = fitoclima; Crit. Ini = criterio influente).

Fattore	Fitoclima	Uso del suolo	Esposizione	Pendenza	Crit. ini	Totale	%	Fattore
Fitoclima		1	1	1	1	4	40	Fitoclima
Uso del suolo	0	-	1	1	1	3	30	Uso del suolo
Esposizione	0	0	-	0,5	1	1,5	15	Esposizione
Pendenza	0	0	0,5	-	1	1,5	15	Pendenza
Crit. ini,	0	0	0	0	-	0	0	crit ini,
Totale	0	1				10	100	Totale

Figura 13 - Matrice quadrata reciproca di comparazione a coppie tra i fattori analizzati

Per la zonizzazione del rischio statico sono state individuate cinque classi di rischio incendio boschivo (basso, medio basso, medio, medio alto, alto), tenendo conto della classificazione dell'Unione Europea (C(93) 1619/93 integrata dalla SG (95)D 2205/1995), che prevede:

- zone ad alto rischio: zone il cui rischio permanente o ciclico di incendio di foresta minaccia gravemente l'equilibrio ecologico, la sicurezza delle persone e dei beni o contribuisce all'accelerazione dei processi di desertificazione;
- zone a medio rischio: le zone in cui il rischio di incendio di foresta, pur non essendo permanente o ciclico, può minacciare in misura rilevante gli ecosistemi forestali;
- zone a basso rischio: tutte le altre zone.
- I valori di rischio variano da un minimo di 60 a un massimo di 10.000. Il grado di rischio è stato quindi ripartito in 5 classi di pari ampiezza, ottenendo l'elaborato finale, ossia la carta statica del rischio incendio.

Basso	0 - 20
Medio Basso	21 - 40
Medio	41 - 60
Medio Alto	61 - 80
Alto	81 -100

Figura 13 b - Classi di rischio

Si precisa che tutti gli elaborati cartografici (shapefiles e grid raster) sono nel sistema di riferimento UTM 33N

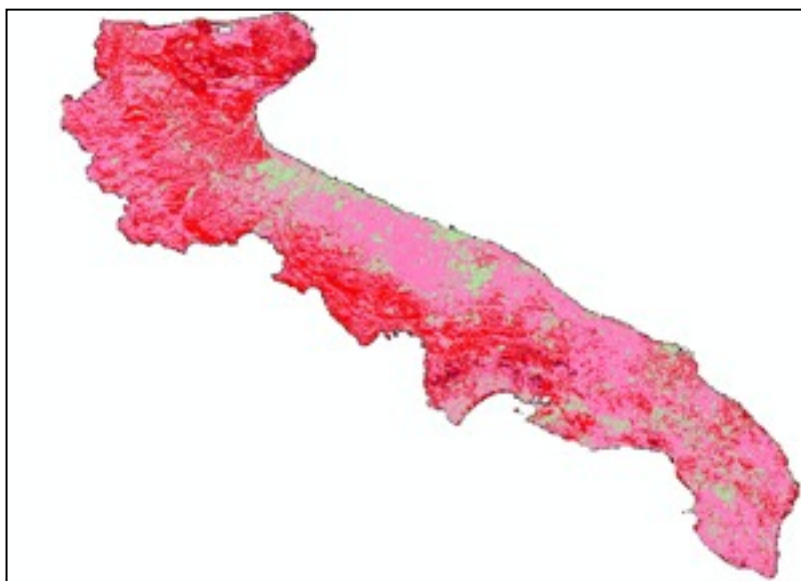


Figura 14 - Carta rischio statico Regione Puglia

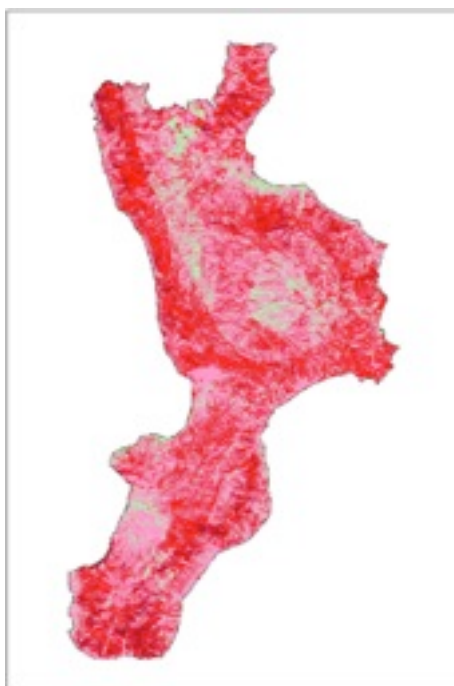


Figura 15: Carta rischio statico Regione Calabria

CARTA DEI COMBUSTIBILI

La Carta dei Modelli di Combustibile valida per i territori della Regione Calabria e della Regione Puglia, è stata realizzata sia perché utile come dato di input al software FIREPARADOX per la simulazione della propagazione di un incendio, sia come layer informativo per la valutazione di un indice di rischio.

I combustibili forestali presentano una enorme variabilità per quanto concerne sia le proprietà chimiche e fisiche, sia la distribuzione spaziale, sia le modificazioni che possano verificarsi nel

tempo. L'organizzazione di queste informazioni, ai fini della prevenzione e lotta agli incendi, rende necessaria una classificazione dei tipi di combustibile, realizzata secondo i modelli presenti in letteratura, i quali descrivono i parametri della vegetazione che maggiormente influenzano il comportamento dell'incendio.

Il modello di riferimento in questo DSS è quello di Rothermel, 1972, Albini, 1976.

Questo permette di rappresentare il comportamento di fronti di fiamma di tipo radente che si propagano in combustibili omogenei e continui, restituendo la velocità della testa dell'incendio (cioè la parte più veloce) e consentendo in tal modo di valutare il percorso potenziale dello stesso. Il modello descrive l'avanzamento del fuoco nel combustibile come una serie di accensioni che progrediscono "per contagio", ed esprime la velocità con cui le fasce di combustibili adiacenti al fronte di fuoco vengono portate alla temperatura di accensione. Sono stati definiti 13 modelli, classificati in 4 gruppi principali, che corrispondono al tipo di combustibile responsabile della propagazione del fuoco:

Gruppo	Modello	Descrizione
Praterie	1	Pascoli e prati naturali o artificiali, costituiti da erbe fini, con tessuti senescenti o morti, di altezza inferiore ai 30-40 cm, che ricoprono completamente il suolo. Possono essere presenti sporadicamente arbusti molto bassi o piante arboree comunque occupanti meno di un terzo della superficie. Carico di combustibile: 1 a 2 t ha-1
	2	Pascoli e prati naturali o artificiali, costituiti da erbe fini, con tessuti senescenti o morti, di altezza inferiore ai 30-40 cm, che ricoprono completamente il suolo. Specie legnose occupano da uno a due terzi della superficie, ma la propagazione del fuoco è sostenuta dallo stato erbaceo. Carico di combustibile: 5 a 10 t ha-1
	3	Pascoli e prati naturali o artificiali, costituiti da erbe dense, con tessuti senescenti o morti, di altezza superiore al metro. È il modello tipico della savana e delle zone umide con clima temperato-caldo. I campi di cereali non mietuti sono rappresentativi del modello. Piante legnose disperse. Carico di combustibile: 4 a 6 t ha-1
	4	Macchia o piantagione giovane molto densa, di altezza pari o superiore ai due metri. I rami morti presenti all'interno contribuiscono in maniera significativa ad aumentare l'intensità delle fiamme. La propagazione del fuoco avviene tra le chiome. Carico di combustibile: 25 a 35 t ha-1

Cespugliati	5	Macchia densa e verde, di altezza inferiore al metro; la propagazione del fuoco è sostenuta principalmente dalla lettiera e dallo strato erbaceo presenti. Carico di combustibile: 5 a 8 t ha-1
	6	Simile al modello 5 ma costituito da specie più infiammabili oppure con resti di utilizzazione e piante di maggiore dimensione. Il fuoco è sostenuto dallo strato arbustivo ma richiede venti moderati o forti. Una ampia gamma di situazioni di macchia bassa è rappresentabile con questo modello. Carico di combustibile: 10 a 15 t ha-1
	7	Macchia costituita da specie molto infiammabili che costituiscono il piano inferiore arbustivo di boschi di conifere, di altezza variabile tra 0,5 e 2 m di altezza. Carico di combustibile: 10 a 15 t ha-1
Lettiere di boschi	8	Bosco denso, privo di sottobosco arbustivo. Propagazione del fuoco sostenuta dalla lettiera compatta, costituita da aghi o foglie di ridotte dimensioni. I boschi densi di pino silvestre o di faggio sono esempi rappresentativi. Carico di combustibile: 10 a 12 t ha-1
	9	Bosco denso, privo di sottobosco arbustivo ma con lettiera meno compatta del modello 8, costituita da conifere ad aghi lunghi e rigidi o da latifoglie a foglia grande. Sono esempi rappresentativi i boschi di pino marittimo e di castagno, talune querce a foglia espansa. Carico di combustibile: 7 a 9 t ha-1
	10	Bosco con grandi quantità di biomassa a terra (rami, alberi schiantati) accumulatasi a seguito di eventi quali forti venti, attacchi parassitari, ecc. Carico di combustibile: 30 a 35 t ha-1
Residui di utilizzazioni forestali	11	Bosco rado o fortemente diradato. Residui dispersi di spalcatore o diradamenti, frammisti ai ricacci delle piante erbacee. Carico di combustibile: 25 a 30 t ha-1
	12	I residui prevalgono sugli alberi in piedi ricoprendo tutto il suolo in conseguenza di potature intense o diradamenti. Carico di combustibile: 50 a 80 t ha-1

	13	Grande accumulo di residui di grosse dimensioni che ricoprono completamente il suolo. Carico di combustibile: 120 t ha-1
--	----	--

Tabella 6: descrizione dei modelli di combustibile (da Anderson 1982, Velez Munoz 1990, modificata)

Per la realizzazione della Carta dei Modelli di Combustibile si è proceduto, per ogni tipo di formazione vegetale presente nelle Regioni di interesse, all'identificazione del relativo modello di combustibile standard. La classificazione della vegetazione presente nel territorio nei diversi modelli di combustibili è stata effettuata con l'ausilio di una Carta dell'Uso del Suolo V livello della Regione Puglia e IV livello per la Calabria. Dalla Carta realizzata risulta una zonizzazione del territorio, con aree caratterizzate dallo stesso tipo di combustibile.

Si è valutato che i modelli di combustibile standard, con i quali è possibile classificare la vegetazione delle Regioni, sono i **modelli 1 – 2 – 3** per il gruppo praterie, in cui sono raggruppate le diverse zone di pascolo; i **modelli 4 – 5 - 7** per il gruppo dei cespugliati in cui rientra la macchia mediterranea a seconda dell'altezza e della densità della vegetazione; i **modelli 8 – 9** per il gruppo lettiera di boschi, dove i boschi di conifere (abeti, pini) o di latifoglie sono suddivisi a seconda della composizione del sottobosco.

I restanti modelli non trovano alcuna corrispondenza con la vegetazione presente in Calabria e in Puglia. Considerando invece la nuova classe di combustibili (Scott & Burgan, 2005) è stato attribuito il modello 91 per le aree urbane; il modello 93 per le aree come vigneti e frutteti; il modello 98 per i corsi d'acqua; il modello 99 per le spiagge, le rocce e le aree incendiate. Nella tabella seguente sono riportate le classi di uso del suolo con relativo codice Corine e il modello attribuito.

Descrizione	Corine	Fuel
Tessuto urbano continuo	111	91
Tessuto urbano discontinuo	112	91
Insediamiento industriale, commerciale e dei grandi impianti di servizi	121	91
Reti ed aree infrastrutturali stradali e ferroviarie	122	91
Aree portuali	123	91
Aree aeroportuali ed eliporti	124	91
Aree estrattive	131	91
Discariche e depositi di rottami	131	91
Cantieri	133	91
Aree ricreative e sportive	141	91
Aree verdi urbane	142	91
Cimiteri	143	91
Seminativi in aree irrigue	211	93
Seminativi in aree non irrigue	212	1
Vigneti	221	93
Frutteti e frutti minori	222	93
Oliveti	223	1
Arboricoltura con essenze forestali	224	1
Prati stabili	231	2

Culture temporanee associate a culture permanenti	241	93
Sistemi colturali e particellari complessi	242	93
Aree prevalentemente occupate da culture agrarie con ampi spazi naturali	243	3
Aree agroforestali	244	2
Boschi di latifoglie	311	8
Boschi di conifere	312	8
Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	321	2
Cespuglieti ed arbusteti	322	5
Aree a vegetazione sclerofilla	323	4
Aree a vegetazione arborea e arbustiva in evoluzione	324	7
Spiagge, dune e sabbie	331	99
Rocce nude, falesie, affioramenti	332	99
Aree con vegetazione rada	333	99
Aree interessate da incendi o da altri eventi dannosi	334	1
Boschi di leccio	3111	9
Boschi di leccio con sughera	3112	9
Boschi di leccio e roverella	3113	9
Boschi di leccio e cerro	3114	9
Leccete ad orniello	3115	9
Boschi di roverella	3121	9
Alneti frassineti	3132	9
Castagneti con leccio	3142	8
Faggete con cerro	3152	8
Alneti ripariali	3162	7
Boschi di robinia	3171	8
Boschi di pino d'aleppo con cipresso	31212	8
Boschi di pino	31213	8
Boschi di pini e lecci	31311	9
Boschi di pini e roverella	31312	9
Boschi di pino con cerro	31312	8
Boschi di pini ed eucalipti	31317	8
Bacini d'acqua	512	98
Boschi di pino con roverella	31312	8
Boschi di pino con sughera	31312	8
Boschi misti di conifere e latifoglie	313	8
Corsi d'acqua, canali e idrovie	511	98
Estuari e delta	522	98
Paludi interne	411	98
Culture intensive	2112	93
Boschi a prevalenza di leccio	3111	9
Boschi di leccio con sughera	3112	9
Boschi misti a prevalenza di latifoglie termofile e mesotermofile	3113	9
Boschi a prevalenza di castagno	3114	8
Boschi a prevalenza di faggio	3115	8
Boschi a prevalenza di specie igrofile	3116	8
Boschi e piantagioni di latifoglie non native	3117	8
Boschi di pino mediterraneo	3121	8

Boschi a prevalenza di pino montano	3122	8
Boschi di abete bianco/rosso	3123	8
Boschi di larice e pino cembro	3124	8
Boschi di conifere non native	3125	8
Boschi misti a prevalenza di latifoglie	3131	9
Boschi misti a prevalenza di conifere	3132	8
Praterie continue	3211	2
Praterie discontinue	3212	2
Macchia alta	3231	4
Macchia bassa e Garighe	3232	4
Paludi interne	411	98
Bacini d'acqua	512	98
Lagune	521	98
Mari e Oceani	523	98

Tabella 7: Corrispondenza fra Modelli di combustibile e classi di uso del suolo

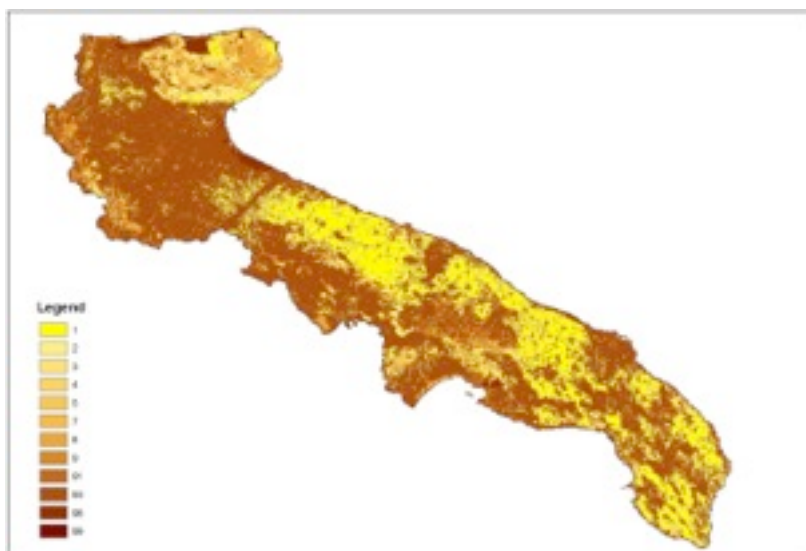


Figura 16: Carta dei combustibili Regione Puglia

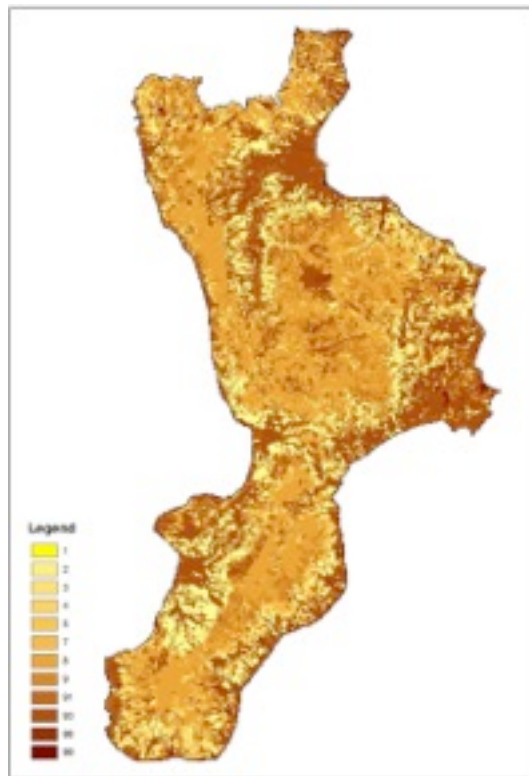


Figura 17: Carta dei Combustibili Regione Calabria

DATI CARTOGRAFICI PER I MODELLI

Modamb

Modamb è un modello diagnostico atto a prevedere la distribuzione spaziale delle variabili meteorologiche sulla base di leggi fisiche e di dati sperimentali.

I dati cartografici utilizzati nel suddetto modello riguardano l'orografia, l'uso del suolo e le maschere relative ai limiti regionali di Puglia e Calabria.

I calcoli effettuati si basano su un dominio bidimensionale, rappresentato da un'area rettangolare che ricopre l'estensione geografica delle due regioni.

Quest'area è suddivisa in celle rettangolari regolari al centro delle quali vengono calcolati i campi di interesse: la griglia risultante viene sovrapposta ai dati di uso del suolo e dell'orografia per stimare i parametri meteorologici.

Nello specifico, nel caso del file orografico vengono utilizzate le quote di ciascun nodo della griglia, derivate dai DTM delle aree di interesse, per stimare successivamente le pendenze e l'azimuth caratteristico di ogni cella, come mostrato in figura 8.

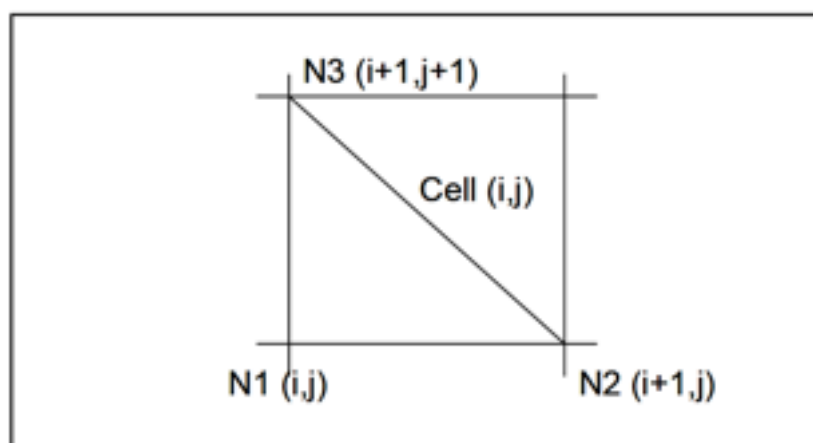


Figura 18: Geometria per il calcolo delle pendenze

Per quanto concerne invece le caratteristiche del territorio analizzato, importante è la conoscenza di alcuni parametri quali l'albedo e la rugosità superficiale del terreno.

Questi sono deducibili dai dati di uso del suolo operando una riclassificazione secondo i codici LDAS a partire dallo strato vettoriale Corine Land Cover. A ciascuna classe viene assegnato un valore sintetico che si traduce nel coefficiente di albedo superficiale medio (α) di ciascuna cella e nella lunghezza di rugosità superficiale (z_0), come riportato nella seguente figura.

LAND USE (LDAS CODE)	USO	α	z_0 (m)
1	Inland Water	0.14	0.0024
17	Bog or marsh	0.12	0.003
18	Evergreen needleleaf forest	0.10	1.0
21	Deciduous broadleaf forest	0.20	0.80
25	Closed shrubland	0.21	0.10
27	Grassland	0.26	0.02
28	Cropland	0.18	0.06
29	Bare soil	0.20	0.01
30	Urban and built up	0.10	1.2
22	Mixed cover	0.18	0.80

Figura 19: Codici LDAS

Entrambi i dati di base utilizzano la proiezione UTM/WGS84 e presentano una risoluzione spaziale di 400m.

I valori delle quote sul livello del mare estratti dai nodi della griglia e quelli di uso del suolo riferiti al centro di ogni cella vengono poi dati in pasto al modello secondo il formato richiesto per l'implementazione (ASCII) per realizzare mappe di umidità e temperatura.

FIRE PARADOX

Il FIREPARADOX si colloca nell'ambito del VI programma quadro (Sotto-programma area: Natural Disasters) ed è un modello per lo studio e l'analisi degli incendi in area mediterranea.

Il FIRE PARADOX sfrutta come interfaccia GIS il web-browser plug-in di Google Earth, ed è stato progettato per simulare l'area interessata dalla propagazione del fuoco in varie condizioni di eterogeneità ambientale anche in considerazioni delle interazioni vento/fuoco.

I dati cartografici di input del sistema che devono essere pre-caricati nel server di calcolo sono una mappa di tipo di vegetazione (fuel type) e un Digital Elevation Model (DEM).

I fuel type sono categorizzati secondo il sistema di classificazione del modello di Rothermel (1972) dove ad ogni pixel è assegnato un valore intero per il tipo di carburante.

Il DEM è rappresentato invece, nel presente DSS, da un DTM e contiene tutti i valori reali (floating point values) che indicano l'altezza (metri) sul livello del mare di quei pixel.

Entrambe le mappe sono state esportate in formato ASCII, come richiesto dal modello, e utilizzano la proiezione UTM/WGS84. Per entrambe la risoluzione è pari a 30m.

Il modello restituisce il perimetro della zona bruciata come una stringa formattata di un poligono KML in coordinate geografiche.

Il KML è qui utilizzato come "formato aperto" per i dati perimetrali georeferenziati, attraverso cui è possibile rappresentare geograficamente il fenomeno simulato con diverse piattaforme GIS.

FIRE BEHAVIOR

Analogamente al FIRE PARADOX, il FIREBEHAVIOR è un altro modello impiegato in questo DSS e costituisce un simulatore della propagazione del fronte fiamma come supporto alle procedure di lotta anti incendio durante l'evento, in varie condizioni di eterogeneità ambientale anche in considerazioni delle interazioni vento/fuoco.

I dati cartografici che vengono impiegati dal simulatore sono:

- Carta dei combustibili (fuel type), anche in questo caso codificata secondo il modello di Rothermel (con valori compresi tra 1 e 9) e Scott & Burgan (con valori da 91 a 99).
- Pendenza, calcolata a partire dai due DTM Regionali ed espressa in percentuale (0-100%)
- Esposizione, che rappresenta la direzione della pendenza, espressa in gradi (0°nord, est 90, sud 180, ovest 270).

Tutti gli input utilizzano la proiezione UTM/WGS84 e presentano una risoluzione spaziale pari a 20m.

Il software utilizza come interfaccia la tecnologia di Google Earth e restituisce come output una stringa ASCII che descrive lo stato in standard KML per visualizzare il perimetro dell'area bruciata.

Il perimetro è corredato di metadati, come il tempo di simulazione, la lunghezza del perimetro, l'area del poligono, l'ora di inizio e la posizione.

Bibliografia

- L.Stefanini , 2006. I sistemi informativi geografici (GIS) e le nuove applicazioni dell'informazione georeferenziata. Argomenti, fascicolo 16/ 2006
 - Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, delle Acque e del Terreno Facoltà di Ingegneria Università degli Studi di L'Aquila
- <http://www.regione.abruzzo.it/xcartografia/PRAIB/html/capitoli/parte%20II/1.Introduzione%20-%20Vegetazione%20ed%20uso%20del%20suolo.pdf>
- M. Marchetti, R. Bertani, I. Scatarzi, Zonizzazione del territorio italiano in funzione del rischio di incendio. In “Incendi e complessità ecosistemica. Dalla pianificazione forestale al recupero ambientale”. Blasi C., Bovio G., Corona P.M., Marchetti M., Maturani A., (a cura di) - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. S.B.I. Roma, 2008; pp.121-132.
 - Rothermel, R. C. 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels
 - Chuvieco, E and Congalton, R.G. (1989) Application of remote sensing and Geographic Information Systems to Forest fire hazard mapping, Remote Sensing of Environment. 29, pp 147-159
 - Scott, J. H., Burgan, R.E. 2005 – Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-153. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.