POLITECNICO DI TORINO
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

INCENDI BOSCHIVI E CAMBIAMENTI AMBIENTALI

Relatore: Professoressa Marina Clerico
Studente: Federico Spanò – S264997
Anno Accademico 2021/2022

Sommario

1 Cambiamento climatico e potenziale degli incendi 4

1.1 Simulazioni scenari con moltiplicatori di gas CO2 4

1.2 Previsioni di gravità degli incendi boschivi 7

2 Cause incendi boschivi 9

2.1 Antropizzazione, attività umana, abitazioni spinte verso foreste pericolose 9

2.2 Aumento generale temperature globali 10

2.2.1 Condizioni di siccità → deterioramento dei suoli 11

2.3 Aumento e rilascio di gas serra 11

2.3.1 Cambiamento proprietà fisico chimico e biologico della vegetazione → combustibile più secco 13

2.4 Fulmini 13

3 Incendi boschivi 14

3.1 Esperienza incendi boschivi Val di Susa 2017 16

3.2 Fase d'intervento VVF e AIB 27

3.3 DOS e Flotta aerea da Corpo Forestale dello Stato a Corpo Nazionale Vigili del fuoco 31

3.4 Previsione e prevenzione incendi boschivi confronto tra regioni del Nord Italia 37

4 Impatto degli incendi boschivi sull'acqua 46

4.1 Foreste: Fonti critiche di approvvigionamento idrico 46

4.2 Impatto sulle riserve e sui flussi d'acqua 47

4.3 Diverso clima diverso impatto 47

4.4 Impatto sui processi idrologici e di erosione 48

4.5 Rilascio di metalli pesanti 50

5 Sostenibilità delle foreste 52

5.1 Gestione della casa e delle società vicino alle foreste 52

5.2 Gestione e sviluppo forestale 52

6 Estratto report IPCC (02/2022) 54

7 Bibliografia 56

8 RINGRAZIAMENTI 58

INCENDI BOSCHIVI E CAMBIAMENTI AMBIENTALI

1 Cambiamento climatico e potenziale degli incendi

1.1 Simulazioni scenari con moltiplicatori di gas CO2

L'epoca industriale porta con sé l'utilizzo massiccio della combustione di carbon fossile, questo, assieme alla incessante deforestazione vengono considerate le principali cause del riscaldamento globale.

Dall'inizio dell'era industriale ad oggi, gli anni che hanno registrato un maggior aumento della temperatura e quindi sono stati considerati i più caldi, sono quelli degli ultimi 30 anni, con un incremento di circa 1°C dal '900. Recenti proiezioni sullo scenario europeo suggeriscono, entro il 2100, un incremento della temperatura in un intervallo di 2-5°C a secondo della regione geografica da Nord a Sud. Assieme all'aumento delle temperature è previsto un incremento della concentrazione di CO_2 in un intervallo di 486-1000 *ppm* in base alla regione geografica. La concentrazione in epoca preindustriale era pari a 280 *ppm.*

I cambiamenti climatici avvengono con una velocità tale per cui gli alberi delle foreste non riescono a adattarsi ad essi in modo completo; quindi, si vengono a creare simultaneamente effetti positivi ed effetti negativi. L'aumento di CO_2 comporta un aumento del tasso di fotosintesi, variabile con il contenuto di azoto delle piante e delle specie, questo non sempre si traduce in aumento del tasso di crescita a causa di altri fattori limitanti quali ad esempio la disponibilità di nutrienti.

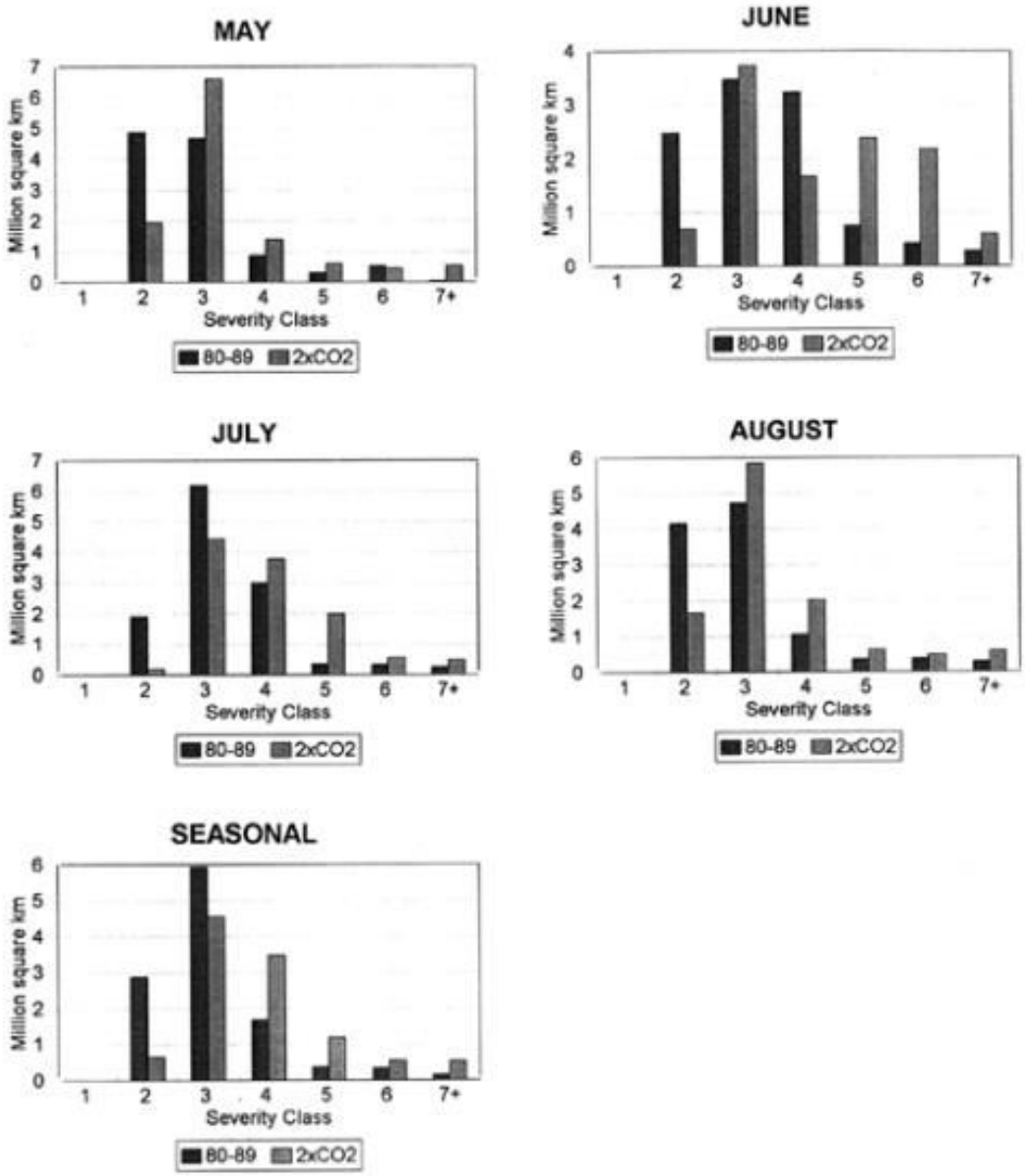
Anche gli effetti dell'aumento della temperatura differiscono in base alla posizione geografica, ad esempio alle latitudini più settentrionali si assiste ad un aumento della stagione di crescita e del tasso di fotosintesi, mentre in regioni dove la disponibilità di acqua non favorisce la crescita, sono probabili effetti dannosi, specie in quei casi dove la stagione secca viene prolungata e quella delle piogge spostata all' inverno come ad esempio nella fascia mediterranea.

Studi svolti in passato dal gruppo intergovernativo IPCC rafforzano le tesi per cui entro il 2100 si assisterà ad un aumento del riscaldamento globale con particolare incidenza sulle latitudini più elevate e sulla terraferma. Le temperature invernali saranno quelle che aumenteranno maggiormente di 6-10°C mentre quelle estive di 4-6°C in Canada e Russia. Inoltre, questo studio prevede il raddoppio del quantitativo di CO_2 in queste aree geografiche. La combinazione di questi due effetti comporterà l'aumento dell'evaporazione terrestre che compenserà abbondantemente l'aumento delle precipitazioni. Sono previste anche variazioni nell'intensità e nella frequenza delle precipitazioni che provocheranno siccità e inondazioni.

In uno scenario climatico con CO_2 raddoppiata ed incremento delle temperature si prevede un ampliamento del pericolo di incendio del 50%, con una crescita significativa della stagione degli incendi, (circa 30 giorni in Canada) ed un aumento della frequenza dei fulmini nell'emisfero settentrionale.

Dunque, il riscaldamento globale avrà sicuramente degli impatti sulle foreste, alle latitudini più settentrionali sono previste migrazioni su larga scala verso nord della vegetazione con velocità maggiore rispetto ai cambiamenti climatici precedenti. Il tasso di spostamento della vegetazione sarà incrementato ulteriormente dall'aumento dell'attività degli incendi boschivi, dovuti a condizioni più calde e più secche.

CANADA


MAY
JUNE
JULY
AUGUST
SEASONAL
Million square km
Severity Class
1
2
3
4
5
6
7+
80-89
2xCO2

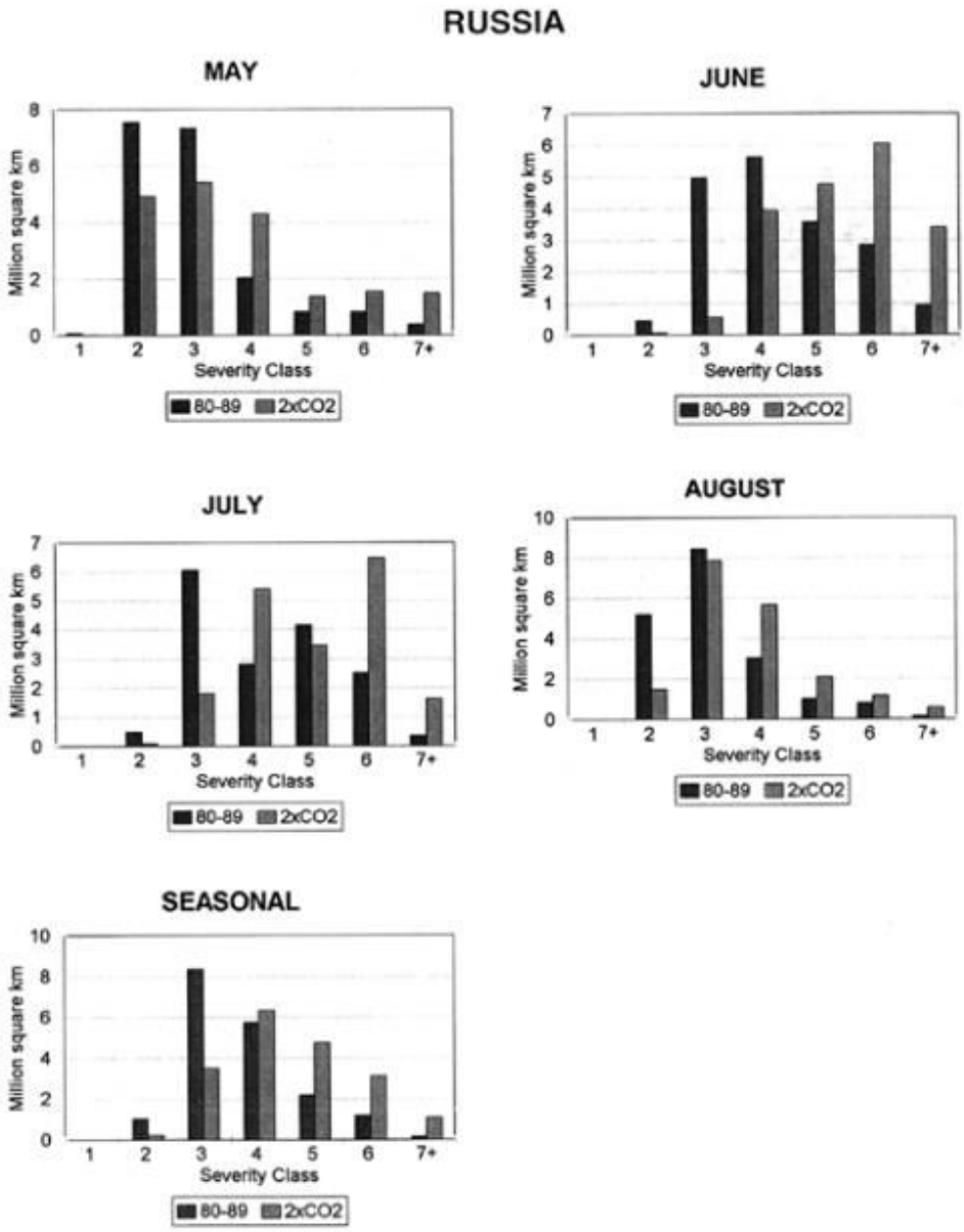


Figura 1: i grafici mostrati in figura mostrano: sulla asse delle ascisse la classe di magnitudo dell'incendio in riferimento alle ordinate in cui vengono riportate la porzione di area coinvolta per uno scenario con CO2 rilevata e per uno in cui viene considerata CO2 raddoppiata. I grafici riportano dapprima le quantità caratteristiche di ciascun mese della stagione degli incendi e successivamente le quantità dell'intera stagione in Russia e in Canada. Immagine estratta dall' articolo: Climate change and forest fire potential in Russian and Canadian boreal forests. B. J. STOCKS, M. A. FOSBERG, T. J. LYNHAM1, L. MEARNS, B. M. WOTTON1, Q. YANG1, J-Z. JIN1, K. LAWRENCE1, G. R. HARTLEY1, J. A. MASON1 and. W. McKENNEY

1.2 Previsioni di gravità degli incendi boschivi

Difficile stimare l'andamento futuro degli incendi boschivi in termini di gravità e intensità poiché questo, risulta strettamente dipendente dalle interazioni tra clima, vegetazione e persone. Nelle regioni boreali e temperate la stagione degli incendi si stanno sempre più allungando e questa tendenza aumenterà con l'aumento del riscaldamento globale.

Per quanto concerne la vegetazione, gli elementi che più contribuiscono alla diffusione degli incendi sono: il tipo di combustibile, la continuità della vegetazione, la struttura, l'umidità e la quantità.

Il clima, che include temperatura, vento e umidità atmosferica è un altro fattore critico per la diffusione dell'attività degli incendi. Alcuni studi hanno dimostrato come il fattore clima sia preponderante rispetto a quello della vegetazione. Tra le variabili del clima prima citate, quella della temperatura è sicuramente quella più incisiva sugli incendi boschivi, temperature più alte comportano maggiore attività del fuoco. Ad esempio, è stata dimostrata in Canada, una relazione diretta tra aumento dell'area bruciata negli ultimi quattro decenni e l'aumento della temperatura causato dell'uomo. La stessa relazione è stata ritenuta valida per le terre selvagge dove a confronto con il Canada l'area bruciata risulta essere tre volte più grande.

Infine, le persone, che da sempre hanno vissuto e sfruttato il fuoco nella nostra storia, sono la principale causa dei problemi con esso. La maggior parte di questi problemi sono legati a fattori sociali e di antropizzazione. L' 80% dei fuochi globali avvengono nelle praterie e nelle savane tropicali.

Recentemente tra il 2018-2020 i grandi incendi che hanno colpito Australia, Grecia, Brasile e Russia hanno catturato l'attenzione dell'opinione pubblica a causa delle perdite di vite umane di animali beni materiali e immateriali, con danni, spesso difficilmente riparabili a livello ambientale, ecologico ed economico. Questi eventi, nella loro drammaticità, non sono altro che la conferma di un andamento che vede dal 2000 al 2018 un continuo incremento delle aree forestali bruciate con una media di circa 82,1 milioni di hm^2. L'incidenza più significativa degli incendi boschivi viene registrata nelle aree tropicali principalmente Africa e Sud America.

Con l'aumento dell'incidenza degli incendi boschivi sono aumentate la preoccupazione per le perdite che da essi derivano. Si prevede dunque un aumento delle attività antincendio in tutto il mondo con coerenza rispetto all'area geografica.

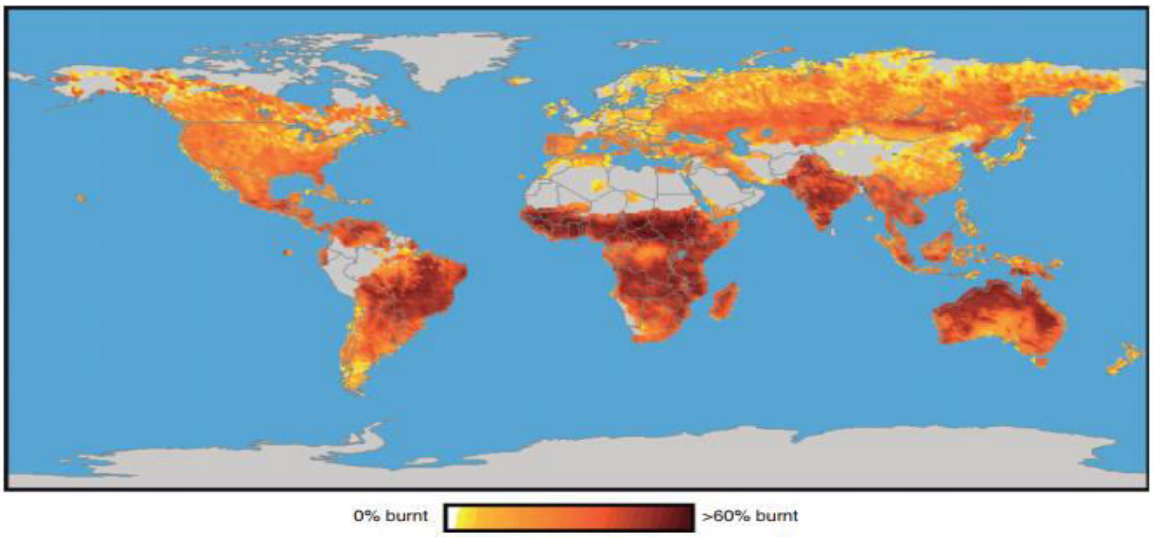


Figura 2: mappa globale dell'area media annua bruciata (percentuale di cellula bruciata) dal 1960 al 2000; dati di Mouillot e Field (2005). . Immagini fornite dal sistema di risposta rapida MODIS. L'immagine è stata estratta dal aricolo: ***Implications of changing climate for global wildland fire*** *di Mike D. FlanniganA,C, Meg A. KrawchukB, William J. de GrootA,B. Mike WottonA and Lynn M. GowmanA*

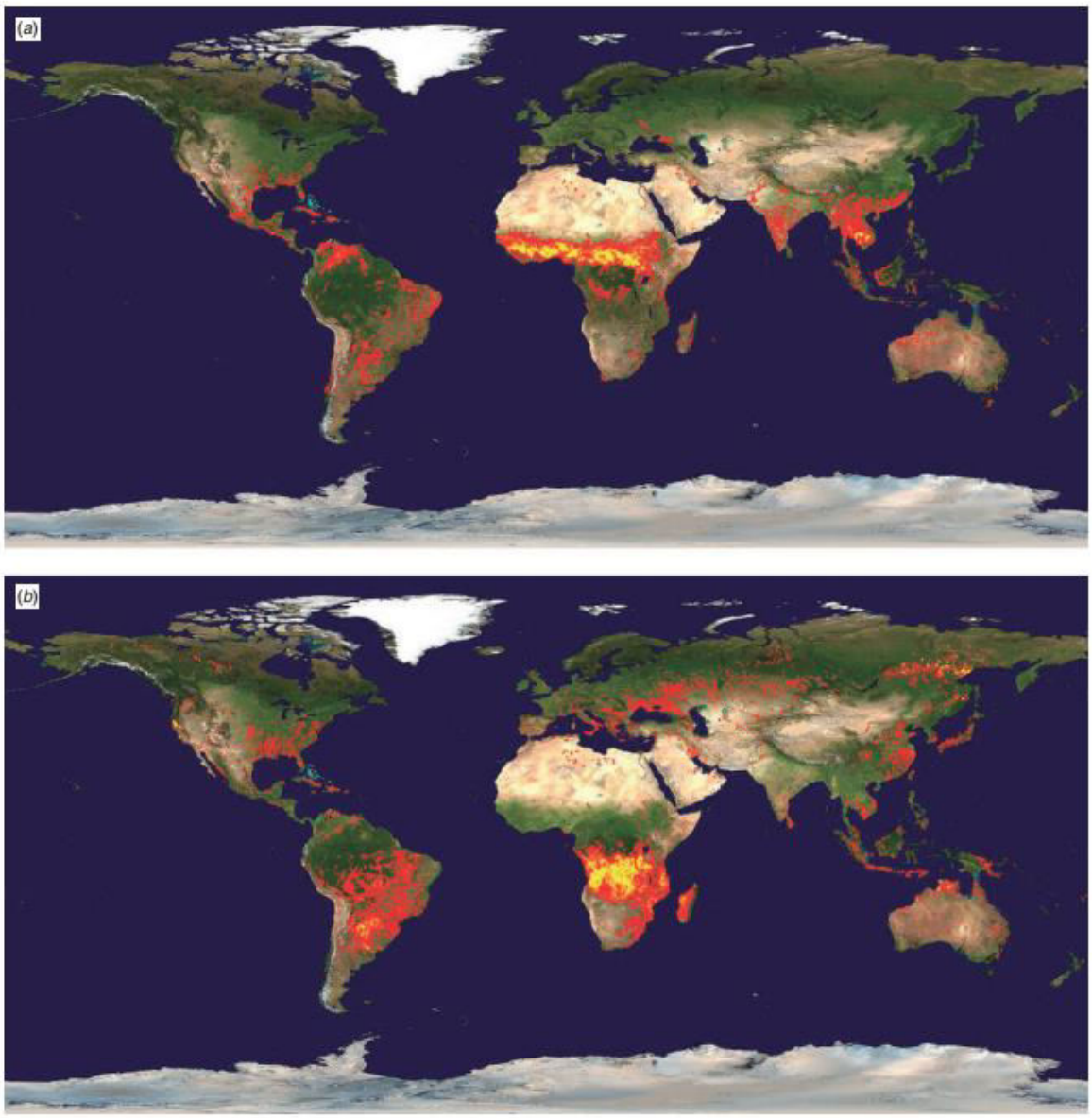


Figura 3: Esempi di attività antincendio globale per (a) 11–20 gennaio 2008; e (b) dal 9 al 18 luglio 2008. Ognuna di queste mappe antincendio accumula le posizioni degli incendi rilevati da MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) a bordo dei satelliti Terra e Aqua in un periodo di 10 giorni. Ciascun punto colorato indica una posizione in cui MODIS ha rilevato almeno un incendio durante il periodo di composizione. Il colore varia dal rosso dove il numero di incendi è basso al giallo dove il numero di incendi è elevato. Immagini fornite dal sistema di risposta rapida MODIS. L'immagine è stata estratta dal aricolo: ***Implications of changing climate for global wildland fire*** *di Mike D. FlanniganA,C, Meg A. KrawchukB, William J. de GrootA,B. Mike WottonA and Lynn M. GowmanA*

2 Cause incendi boschivi

La stagione degli incendi non è univoca in tutto il globo, essa si sviluppa in stagioni e modalità diverse in ogni regione del pianeta. L'osservazione satellitare rivela che l'attività del fuoco è sempre presente da qualche parte sul pianeta. Il cambiamento climatico e le cause da cui esso deriva, hanno un diverso impatto sulla stagione degli incendi in base al clima ed al tipo di vegetazione presente. Pertanto, non si possono applicare ragionamenti generalizzati per prevedere l'evolversi della stagione degli incendi.

2.1 Antropizzazione, attività umana, abitazioni spinte verso foreste pericolose

I cambiamenti climatici sono tra i maggiori responsabili dei grandi incendi (mega incendi) che si sono verificati negli ultimi anni, un contributo importante è stato dato dai fattori umani quali: disboscamento, abbandono dei terreni da cui derivano imboschimento e rivegetatine, accumulo di combustibile dovuta alla soppressione di incendi storici ed infine persone come responsabili di accensioni a livello globale.

Il fuoco viene utilizzato per la rimozione di prodotti agricoli detriti e manutenzione dei pascoli. Negli ultimi decenni migliaia di ettari di foresta tropicale sono stati date alle fiamme al fine di creare nuovi pascoli e di espandere centri abitati. L'aumento delle attività antropogeniche ha quindi portato ad una pressione enorme sulle foreste.

La popolazione mondiale è in continuo aumento dagli anni '50, si prevede che possa raggiungere i 9 miliardi entro il 2050, questa incontrollata crescita, ha causato un'accelerazione spropositata che ha portato ad una cattiva gestione delle foreste e della relativa legislazione, si è così arrivati ad una deforestazione impropria nel nome del progresso, e cioè a dire sviluppo di infrastrutture ed espansione delle città. Aumenta così l'interferenza dell'uomo con le foreste provocando profondi cambiamenti nelle comunità vegetali forestali. Le abitazioni dell'uomo intorno alle aree forestali determinano cambiamenti sulla biodiversità modificando i processi ecologici, i quali, a loro volta comportano separazione e divisione delle specie e ad una deriva genetica della flora e fauna forestali. Anche la colonizzazione degli habitat più piccoli provoca l'estinzione delle specie selvatiche. In Amazonia il continuo trasformare le foreste tropicali in praterie ha causato l'aumento della temperatura in quell'area. Lo stesso fenomeno si è verificato nelle foreste tropicali di Asia e Africa andando ad influenzare anche le foreste extratropicali; queste foreste hanno un basso albedo un maggiore irraggiamento netto e l'evapotraspirazione avviene principalmente durante la stagione calda. Risultano così più vulnerabili ad un clima secco incrementando così il pericolo del riscaldamento globale. Le foreste amazzoniche sono state disboscate con un ritmo di 25000 km^2 l'anno dagli anni '90 , più in generale le foreste tropicali hanno subito un disboscamento pari a 152000 km^2 l'anno.

La maggior parte degli incendi è intenzionale e scarsamente controllato, spesso sfuggono al controllo oltrepassando i confini previsti trasformandosi così in catastrofi e diventando mega incendi.

2.2 Aumento generale temperature globali

L'aumento delle temperature globali ha come conseguenze:

- L'incremento dell'evapotraspirazione, questa è dovuta alla capacità crescente, dell'atmosfera, di trattenere l'umidita con l'aumento della temperatura, ciò comporta un abbassamento della falda freatica quindi un combustibile meno umido a meno di precipitazioni compensative.
- L'aumento dei fulmini che comportano un aumento degli inneschi dei principi d'incendio.
- È responsabile dell'allungamento della stagione degli incendi e dell'allargamento dell'area bruciata. Questo aumento si presenta sia con precipitazioni elevate che in loro assenza, ma la sua entità, è maggiore per lo scenario più secco.

Questi sono gli aspetti principali legati al riscaldamento globale e il conseguente innalzamento delle temperature, per un quadro più completo, è necessario prendere in considerazione quelli che sono gli aspetti biotici e abiotici

I principali disturbi biotici Europa sono: Infestazione di insetti erbivori ed epidemie di malattie fungine, fortemente influenzati dai cambiamenti climatici, i quali comporteranno un impatto sulla frequenza delle epidemie di parassiti e sul successo della sporulazione e della colonizzazione dei patogeni fungini.

I principali disturbi abiotici in Europa sono: fuoco, vento, inondazioni e siccità tutti soggetti al cambiamento climatico. Tra il 1950 e il 2000 sono stati danneggiati dalle perturbazioni circa 35 milioni di m^3, corrispondenti al 8% degli abbattimenti totali, le tempeste sono state responsabili del 53% dei danni totali e gli incendi del 16%, questi dati si riferiscono alla sola Europa.

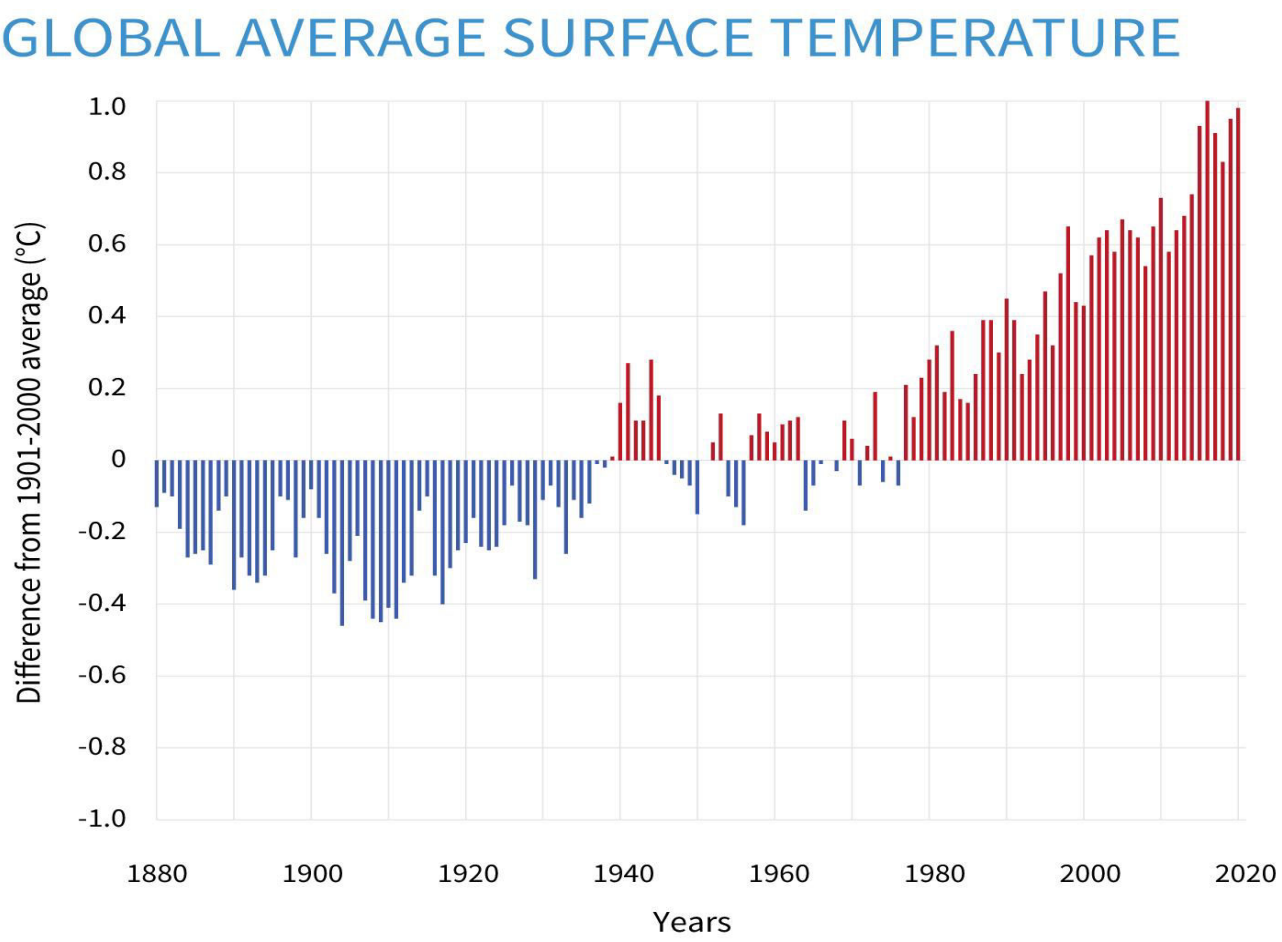


Figura 4: in figura sviene mostrato il cambiamento medio della temperatura globale a partire dalla fine del 1800. Il grafico è stato acquisito dal sito del NORA.

2.2.1 Condizioni di siccità →deterioramento dei suoli

La definizione di siccità è: "assenza di precipitazioni per un periodo di tempo abbastanza lungo da provocare l'esaurimento dell'acqua del suolo e danni alle piante".
Le previsioni climatiche future prevedono un aumento delle siccità e delle loro gravità, la risposta delle piante e del suolo a queste condizioni sono considerate un problema centrale per gli scenari di cambiamento climatico futuro.
La frequenza e l'intensità della siccità variano a seconda delle foreste considerate ma lo stress idrico è una caratteristica dominante di molte foreste occidentali. Non sono disponibili modelli di previsione della siccità per tutti i tipi di foreste; una semplice diminuzione delle precipitazioni potrebbe aumentare la gravità della siccità in quelle regioni con precipitazioni stagionali per la ricarica del suolo, ma avrebbe un impatto completamente diverso in quelle regioni dove la stagione delle piogge costituiscono la principale fonte di ricarica del suolo annuale.
L'architettura idraulica suolo-pianta-atmosfera della singola pianta assume un ruolo critico nel tipo di risposta che la stessa è in grado di dare in condizioni di siccità. La conduttività idraulica della matrice del terreno e in particolare del terreno immediatamente adiacente alla radice è un importante caratteristica che condiziona il flusso dell'acqua dalle radici ai terreni secchi o che tendono ad asciugarsi. Una volta che l'acqua è nella radice, la conduttività idraulica del percorso radice-foglia rappresenta un ulteriore vincolo alla traspirazione ed è influenzata dallo stress idrico in diversi modi.
Le siccità, che siano di carattere cronico o episodico, influenzano la disponibilità dell'acqua nel suolo imponendo così un limite alla distribuzione delle piante, mediano le interazioni pianta-suolo e pianta-pianta e limitano la produttività delle foreste. All'interno di una data comunità vegetale, le specie possono mostrare risposte diverse alle condizioni di siccità.
In un futuro con precipitazioni più scarse e ridotta decomposizione, l'immobilizzazione dei nutrienti nella materia organica del suolo può limitare l'assimilazione del carbonio attraverso l'inibizione dell'assorbimento dei nutrienti dai suoli (N e cationi di base). Per periodi pluriennali, gli effetti della siccità andranno ad inficiare sulle foglie delle chiome e sulla struttura delle chiome stesse, ciò implicherà una modifica nella penetrazione della radiazione solare quindi la modifica del microclima all'interno della comunità forestale. Microclimi alterati suggeriscono potenziali cambiamenti nella composizione delle specie.
È probabile che l'aumentare della siccità, in termini di durata e intensità, influenzeranno la frequenza e l'estensione degli incendi boschivi anche in quelle aree in cui i regimi di incendio naturale sono stati mitigati dalle attività di prevenzione.

2.3 Aumento e rilascio di gas serra

La quantità di CO_2 presente nell'atmosfera modifica la tipologia di risposta degli alberi e delle piante alla siccità. Più in generale, l'aumento della CO_2, comporta una riduzione della conduttanza fogliare e dell'uso dell'acqua nella maggior parte dei casi. La riduzione della durata e della gravità delle siccità è agevolata dalla riduzione dell'uso dell'acqua e dall'effetto fertilizzante dell'elevata CO_2 che aiuta la fissazione del carbonio durante i periodi di assenza di stress idrico, questo fenomeno aiuta a compensare la ridotta disponibilità di acqua nel suolo.
Per converso, l'aumento delle temperature aumenta i deficit di pressione di vapore e dell'evapotraspirazione che portano ad un aumento del consumo dell'acqua specie in uno scenario di riscaldamento globale.
Il modello PnET-II è stato utilizzato da (Aber et al. 1995) per studiare l'impatto dei futuri regimi climatici e di CO2 su un'ampia gamma di foreste di latifoglie e conifere degli Stati Uniti nordorientali. L'utilizzo di questo modello ha portato alla conclusione che l'effetto netto dell'aumento della temperatura (+6°C), della riduzione delle precipitazioni del 15% e del

raddoppio della CO2, aumenterebbe la produzione netta della foresta ma diminuirebbe la resa idrica regionale.

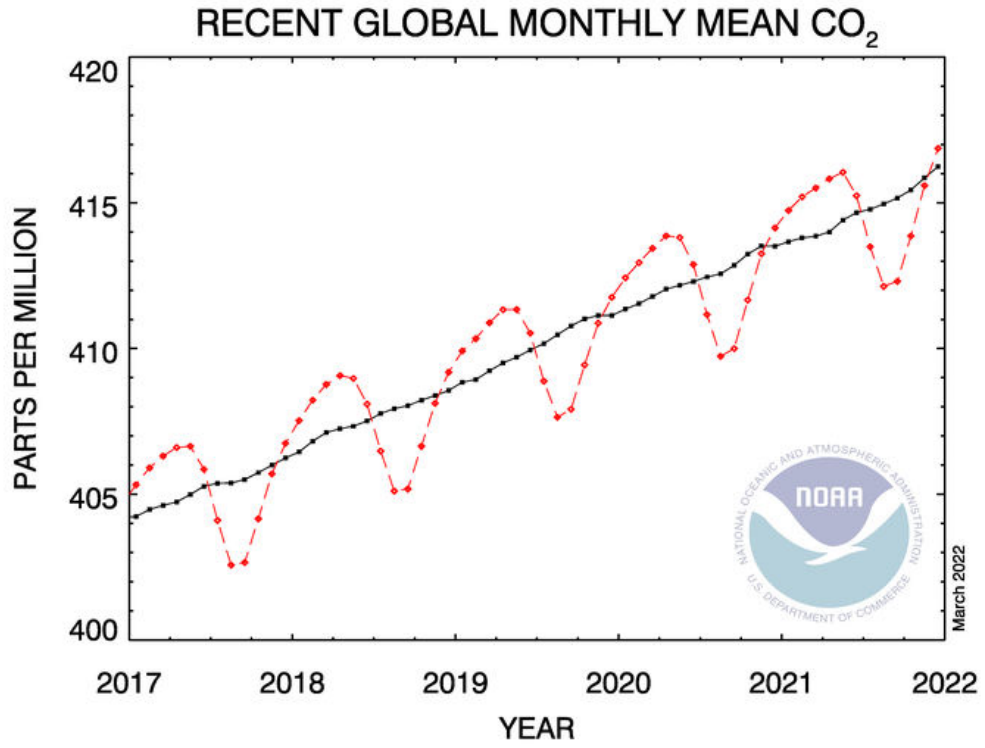


Figura 5: medie mensili globali recenti. Fonte sito NORA

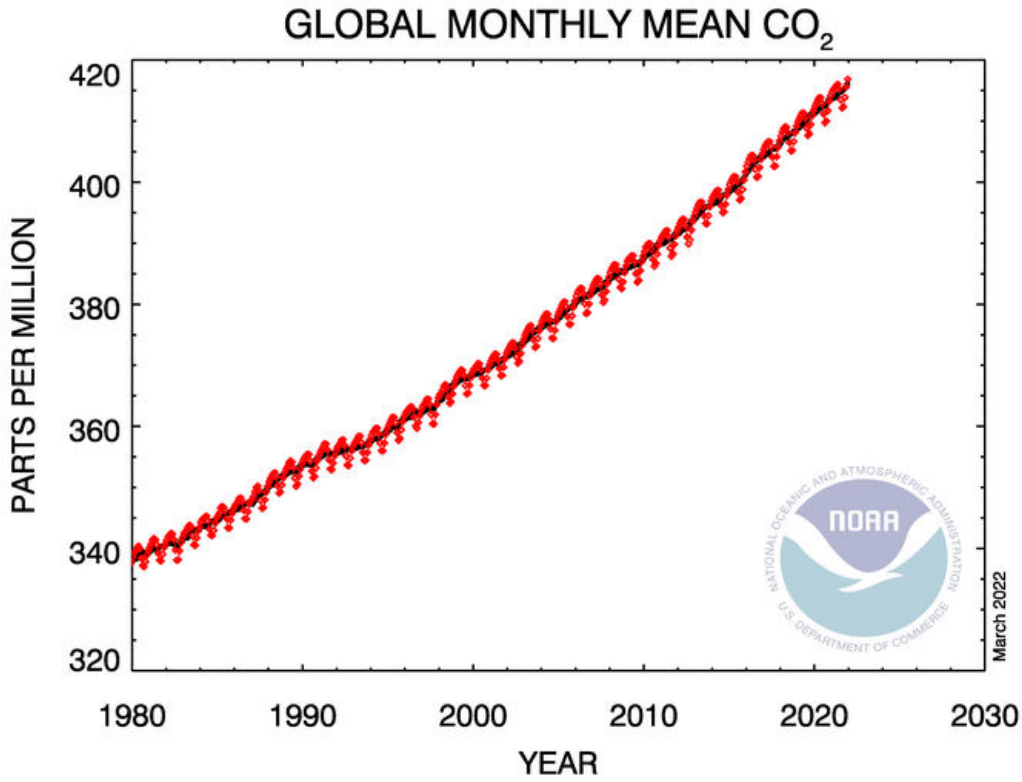


Figura 6: Mezzi annuali globali recenti. Fonte NORA.

2.3.1 Cambiamento proprietà fisico chimico e biologico della vegetazione→ combustibile più secco

L'aumento della temperatura e della pressione di vapore causati dall'antropizzazione ha fornito un contributo notevole all'aridità del combustibile. Nelle foreste degli Stati Uniti occidentali, ad esempio, si è assistito ad un incremento del 75 % delle aree boschive con combustibile secco durante la stagione degli incendi con conseguente incremento di circa 9 giorni all'anno di alto potenziale d'incendio.
L'aridità del combustibile è dovuta anche ad altri fattori quali il clima e microclima, la siccità, lo stato di saturazione del suolo ed infine le epidemie. Molti di questi fattori sono stati trattati in precedenza.
Lo stato di saturazione del suolo non dipende esclusivamente dalla popolazione di specie arboree presenti ma dipende anche dallo scioglimento delle nevi, dalla presenza di corsi d'acqua e dal loro stato, dall'umidità del suolo e dall'influenza della biomassa.
Per quanto concerne le epidemie, i parassiti delle foreste possono predisporre una popolazione di alberi alla mortalità causata dalla siccità. Ad esempio, le infestazioni di scolitidi possono aver contribuito ad alti tassi di mortalità di Pinus ponderosa durante la siccità regionale degli anni '50 nel New Mexico settentrionale (Allen e Breshears, 1998). Le variazioni delle precipitazioni stagionali sono strettamente legate alle popolazioni di parassiti delle foreste. Negli Stati Uniti sud-occidentali, le popolazioni di cocciniglia hanno dimostrato di essere positivamente correlate con la quantità di precipitazioni primaverili (Swetnam e Lynch, 1993). Le interazioni tra la siccità e la proliferazione di insetti erbivori o patogeni sono state proposte anche come meccanismo per cui i futuri cambiamenti climatici possono portare al declino degli ecosistemi forestali. Ulteriori dettagli sugli impatti dei parassiti e degli agenti patogeni sulle foreste possono essere trovati nell'articolo di Ayers e Lombardero (2000), e Schoeneweiss (1981) fornisce una revisione completa dello stress idrico come fattore predisponente alle malattie delle piante.

2.4 Fulmini

Un terzo degli incendi boschivi, nel periodo da maggio a settembre, è dovuto all'innesco causato dalla caduta di un fulmine. L'aumento dei fulmini nel periodo estivo è sicuramente correlato all'aumento della temperatura. È stato stimato un aumento del 12% con ogni grado di aumento della temperatura (Romps et al., 2014).
Mori et al. (2020) hanno raccomandato un raggio massimo fisso di 10 km in cui cercare la caduta del fulmine per un periodo non superiore ai 14 giorni.
La caduta di un fulmine, da sola, non è sufficiente affinché si sviluppi un incendio boschivo; infatti, i fattori che agevolano lo sviluppo sono quelli precedentemente visti e cioè: infiammabilità dei letti combustibili, quindi combustibile più secco il coinvolgimento del carbonio organico.

3 Incendi boschivi

In Italia (così come in tutta l'Europa Mediterranea), gli ultimi decenni sono stati attraversati da numerosi cambiamenti nel regime degli incendi. I cambiamenti registrati nel regime degli incendi sono stati messi in relazione con diverse trasformazioni che hanno interessato tutto il bacino del Mediterraneo relative a: uso del suolo, processi socioeconomici, gestione degli incendi stessi.

Il forte esodo rurale verso città e zone costiere ha dato vita a due fenomeni: da una parte l'incremento di quella che viene definita interfaccia urbano-rurale e dall'altro l'aumento del combustibile vegetale in quelle che un tempo erano aree rurali coltivate, pascoli o boschi gestiti, con conseguenti cambiamenti nella struttura e nella continuità delle comunità vegetali.

Stando ai numeri, secondo i dati raccolti dall'ex Corpo Forestale dello Stato dalla fine degli anni '70 ad oggi, il numero annuo di incendi è cresciuto fino a 11.000 eventi all'anno fino agli anni '90, per poi calare di circa un terzo dal 2000 al 2009. Negli anni '80 e '90 la superficie percorsa dagli incendi in Italia si è mantenuta al di sopra dei 110.000 ettari come media decennale, scendendo sotto i 70.000 ettari solo negli ultimi anni a partire dal 2010.

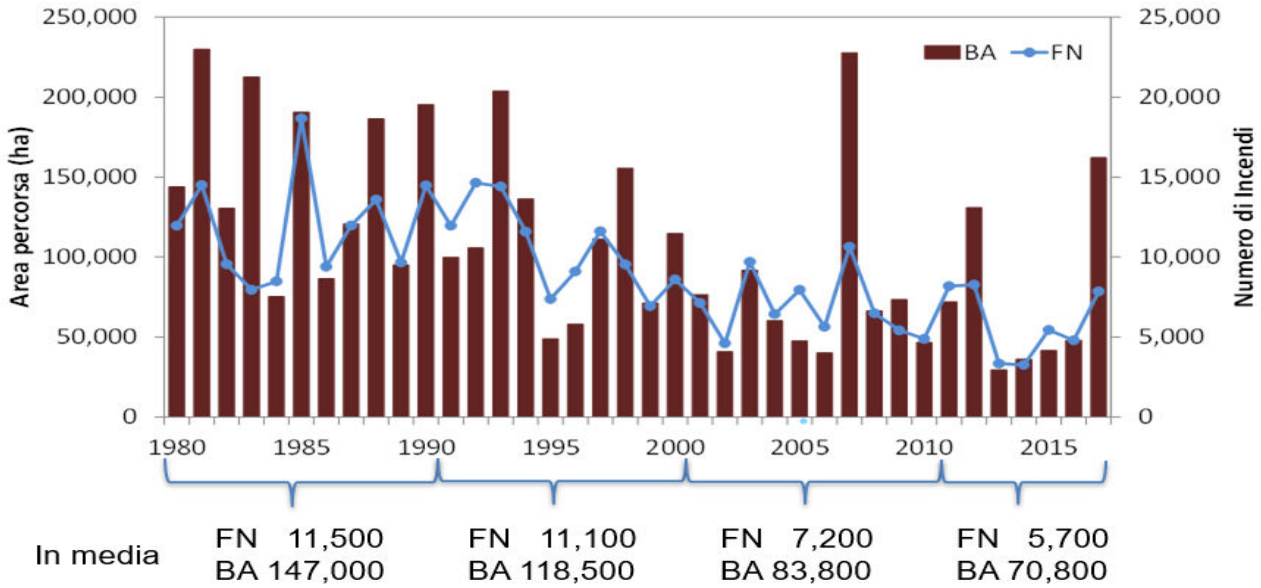


Figura 7: il grafico mostra l'andamento del numero di incendi (FIres Number) e l'area bruciata (Burned Area) nel tempo.Fonte documentazione ISA.

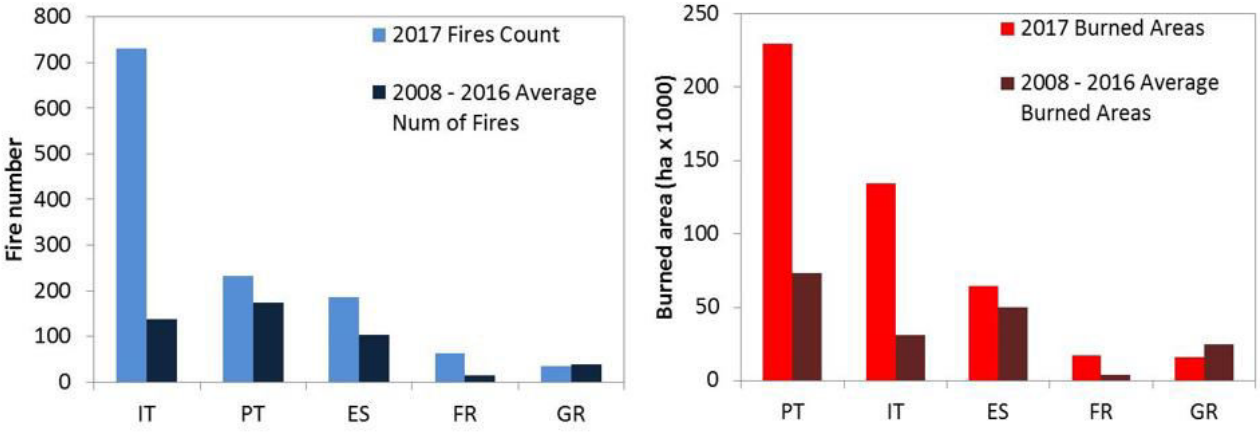


Figura 8,9: Sono riportati i dati aggiornati al 2017 relativi al numero di incendi e all'area bruciata mappati da sistema Europeo EFFIS (relativa solo agli incendi più estesi di 30 ettari) per il 2017 confrontati con la media 2008-2016. Il dato supera di circa il 300%. Fonte ISA

Tali eventi sono stati accompagnati da prolungati periodi con alte temperature e assenza di precipitazioni in tutto il bacino del Mediterraneo.

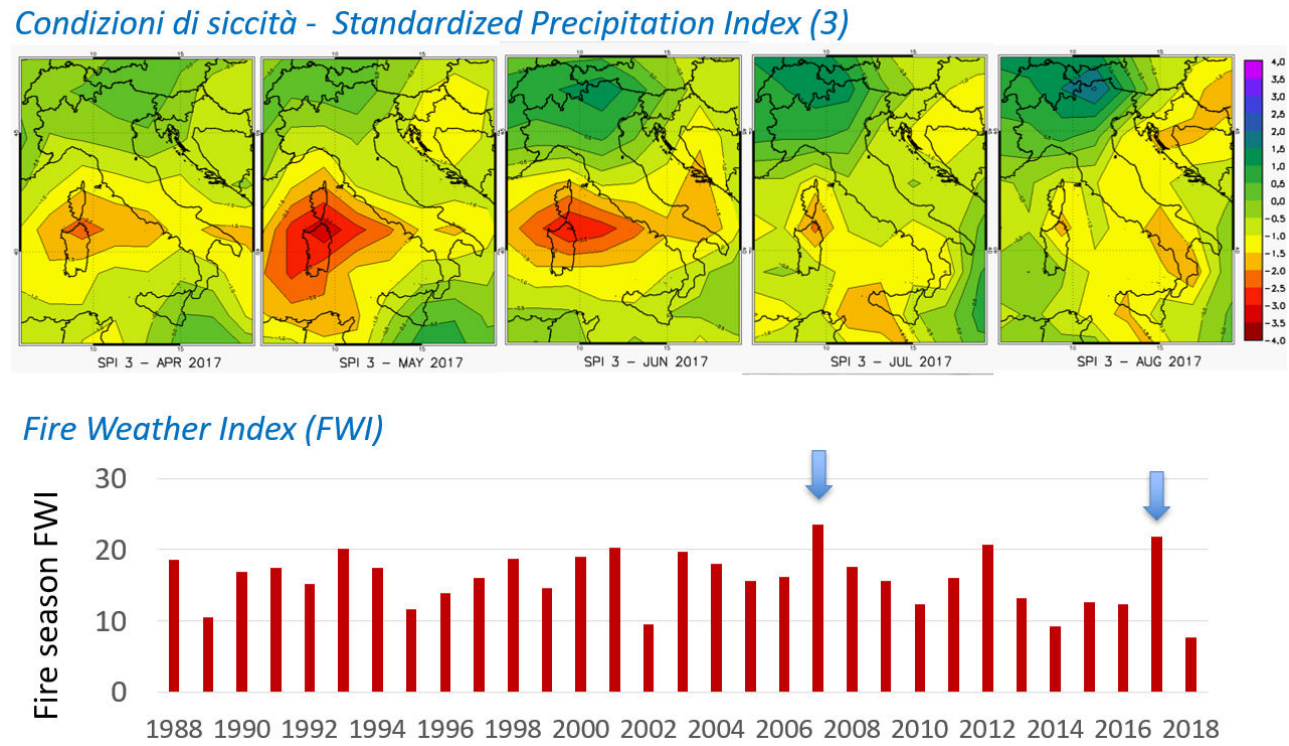


Figura 9: Fonte ISA

Nel pannello in alto si può apprezzare la condizione di siccità meteorologica calcolata attraverso l'indice SPI iniziata fin da marzo e proseguita poi fino a metà settembre. Il valore di SPI (che quantifica la precipitazione locale in modo da rendere confrontabili regioni) indica quanto la precipitazione si discosta dalla norma: valori positivi indicano una precipitazione maggiore della media, valori negativi una precipitazione minore della media.

Nel pannello sottostante invece abbiamo un'indicazione della pericolosità di incendio attraverso l'indicatore FWI, che evidenzia come il 2017 in termini di facilità di innesco della vegetazione, della difficoltà al controllo di un incendio e del danno potenziale a esso associato dalla fine degli anni 80 ad oggi sia secondo solo al 2007.

3.1 Esperienza incendi boschivi Val di Susa 2017

L'anno 2017 in Piemonte risultò essere particolarmente siccitoso, con una pioggia cumulata media di 8,1 mm, le temperature medie nell'Ottobre di quell'anno furano più alte di circa 2°C. Temperatura e siccità hanno contribuito al propagarsi di incendi boschivi in tutte le valli piemontesi.

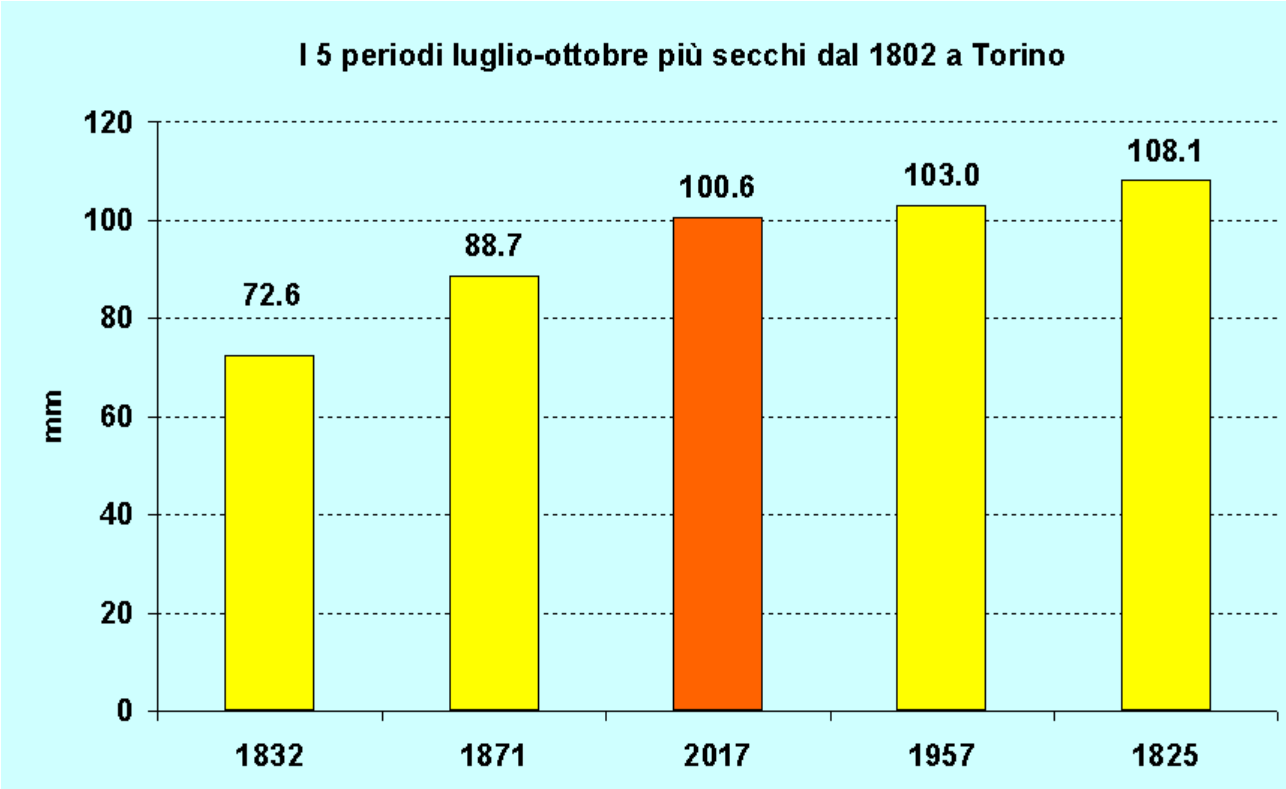


Figura 10: fonte sito NIMBUS

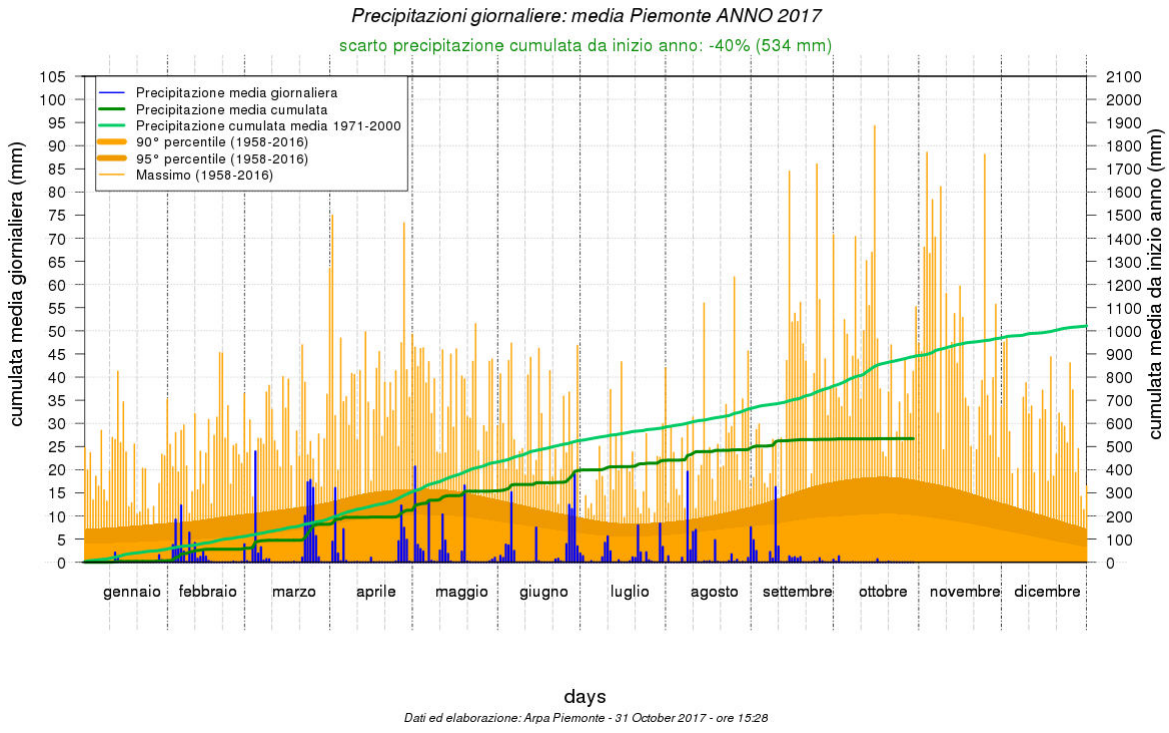
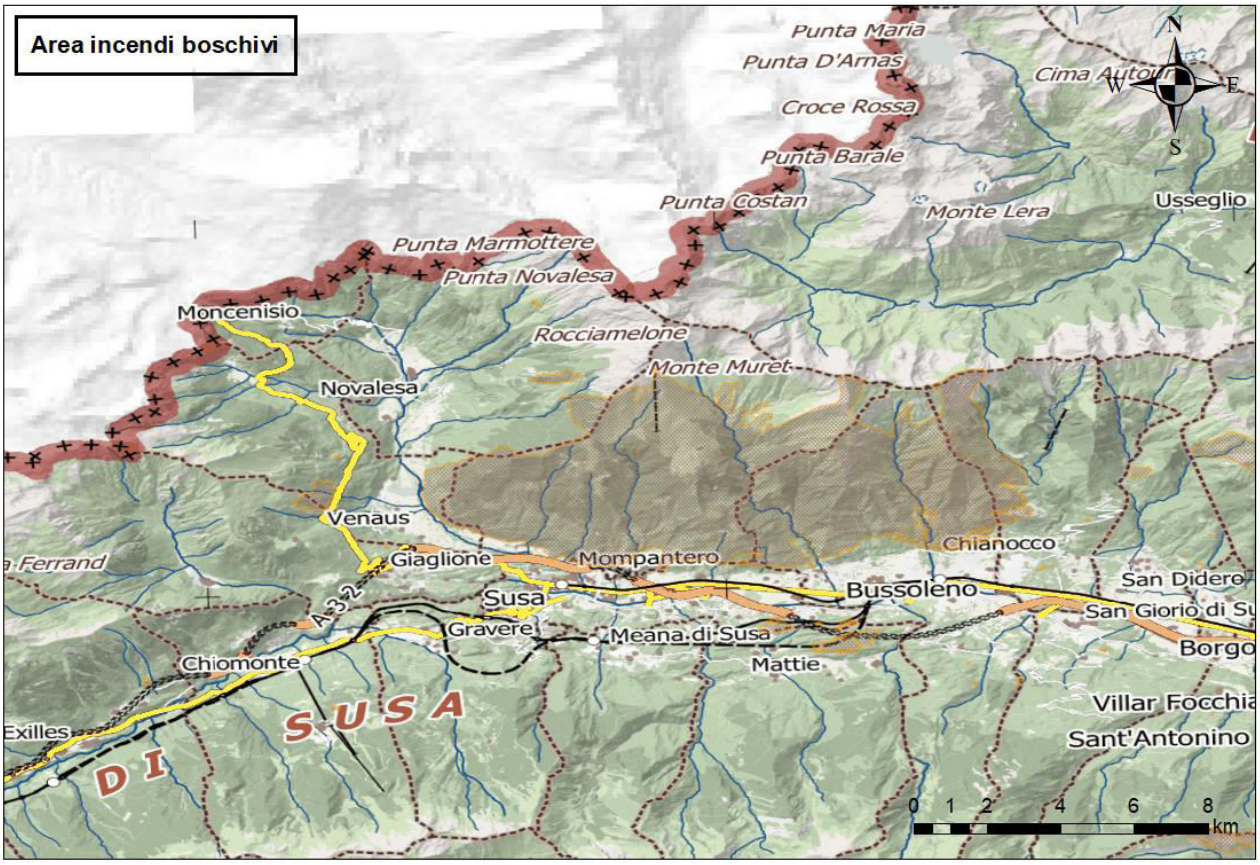


Figura 11: Figura 12: fonte sito NIMBUS

Il 22 Ottobre nella val di Susa nei pressi del comune di Bussoleno, località Falcemagna, ha inizio l'incendio boschivo che ha portato alla perdita di 62 km^2. L'incendio incominciato la mattina del 22 Ottobre si è propagato velocemente lungo il pendio della montagna dando vita a parecchi focolai, la situazione si è aggravata con l'arrivo delle raffiche di Phones. L'evento nella sua complessità si calcola abbia bruciato circa 9700 ha di terreno boschivo



Mappa 1: nella mappa viene inquadrata l'area coinvolta dal principale evento degli incendi boschivi della Val Susa nel 2017.

L'incendio boschivo è generalmente caratterizzato da quattro fasi: inziale, intermedia o transizione, finale e di decelerazione.

Prima fase, iniziale: è quella in cui bassa il fronte avanza lentamente con una potenza termica moderate, di solito questa fase è piuttosto lenta. La maggior parte degli incendi vengono spenti in questa prima fase o non hanno la possibilità di evolversi ulteriormente.

Seconda fase, di transizione o intermedia: la potenza termica dell'incendio aumenta un modo marcato, il fronte di fiamma si allarga notevolmente e in concomitanza aumenta la sua velocità di propagazione, questo comporta un forte preriscaldamento del combustibile antistante, la fiamma si orienta verso la zona non ancora bruciata (il fenomeno è più marcata a seconda dell'acclività del terreno), formazione di correnti d'aria dovuti a fenomeni convettivi. Possibile passaggio, in bosco, da fuoco radente a fuoco di chioma.

Figura 13: Prima fase dell'incendio boschivo della val Susa

Figura 14: Seconda fase dell'incendio boschivo della val Susa

Terza fase, finale: la potenza del fronte di fiamma raggiunge la sua massima possibile espressione, in questa fase la formazione di una colonna convettiva ha come conseguenza fenomeni di spotting e vortici; il fuoco può manifestare un comportamento proprio, non più soggetto al condizionamento dei fattori esterni che generalmente regolano la sua evoluzione.

Figura 15: le due immagini sono rappresentative della potenza massima dell'incendio boschivo della val Susa

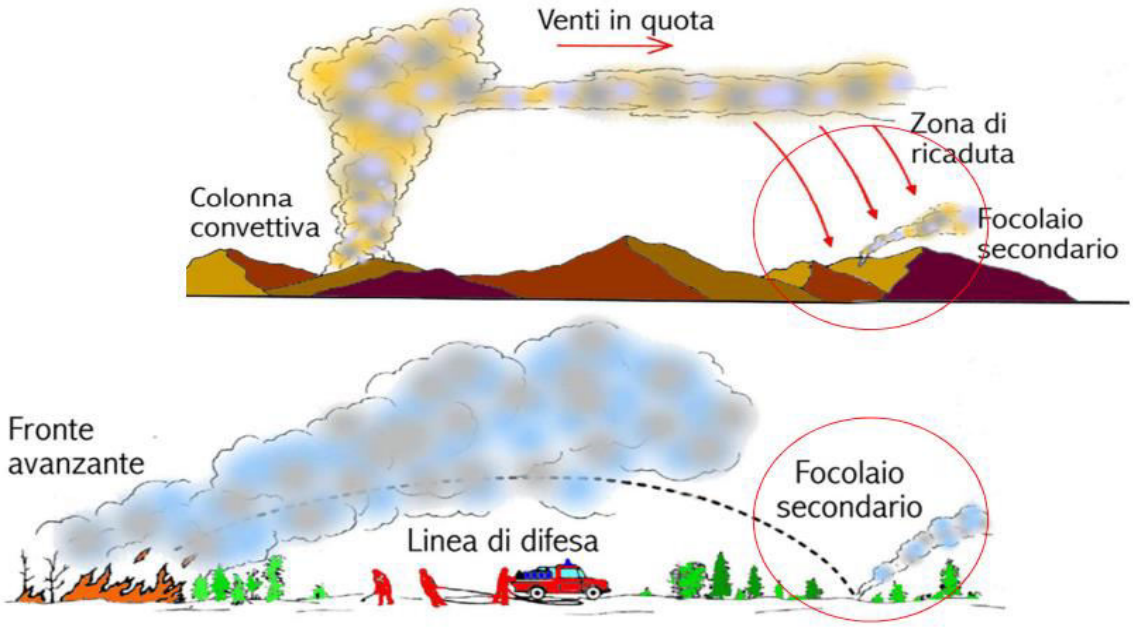
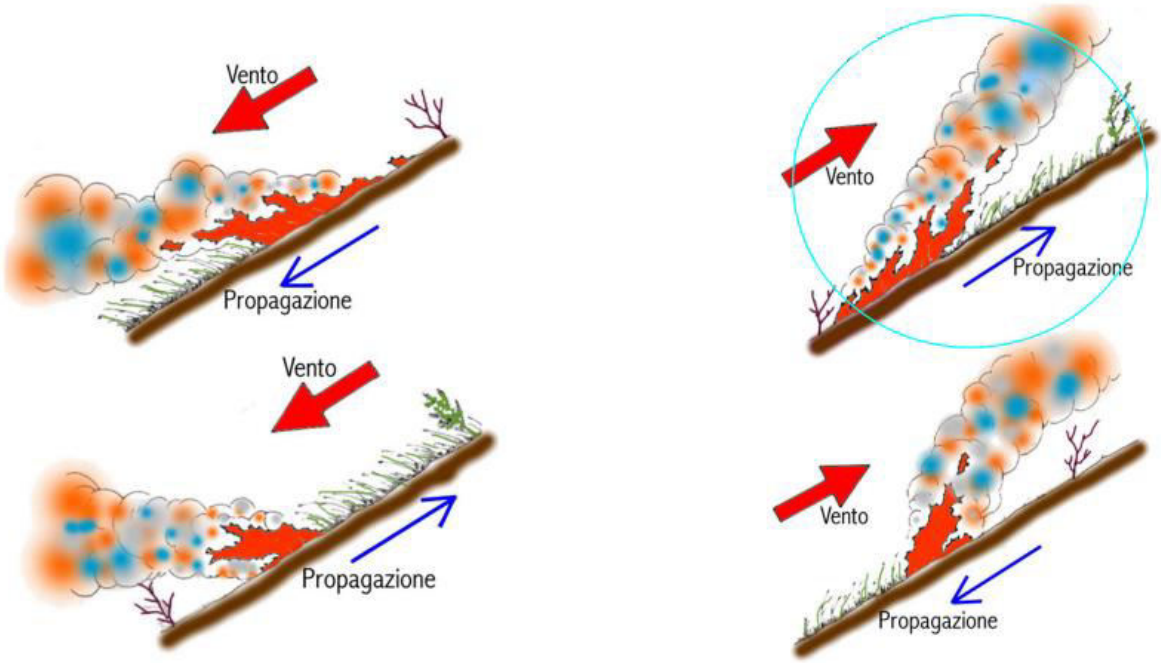


Figura 16: l'immagine mostra schematicamente il fenomeno dello Spotting

Quarta fase, di decelerazione: regressione dell'incendio ad evento, diminuisce notevolmente l'intensità del fronte di fiamma.

Figura 17: Quarta fase dell'incendio boschivo della val Susa

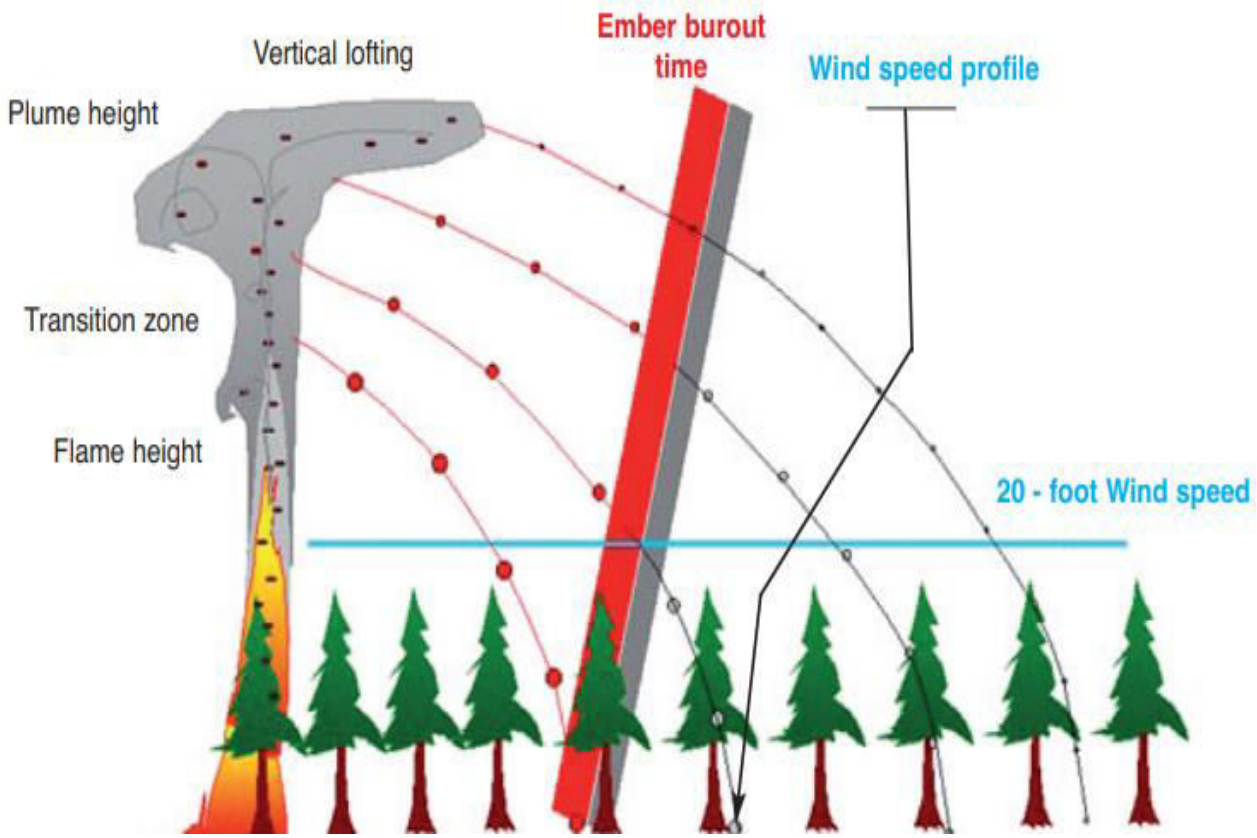
La seconda e la terza fase risultano essere dunque quelle più pericolose per la presenza dei fenomeni dell'incendio di chioma e di spotting.
L'evento del 2017 della val Susa fu un evento che attraverso tutte e quattro le fasi sopra descritte.
Uno dei fenomeni più pericolosi, per gli addetti alle operazioni, che si sono verificati è quello dell'incendio di chioma, generalmente assente negli incendi boschivi della valle di Susa nonostante le sue caratteristiche morfologiche e meteorologiche favorevoli allo sviluppo di questo fenomeno.
Il fenomeno dell'incendio di chioma ha origine dall'incendio radente o di superficie, cioè quel fuoco che si propaga sullo strato più superficiale del terreno; brucia molto lentamente l'humus, più o meno ricco di torba. L'evoluzione da un fenomeno all'altro dipende dalle condizioni del tempo, e dall'orografia del territorio; infatti, un'acclività favorevole riscalda preventivamente la massa vegetale sovrastante, determinando un effetto tiraggio e causa del rotolamento di materiale infiammato.



Come già ampiamente documentato le condizioni meteo erano completamente favorevoli allo sviluppo di tale fenomeno così come le acclività presenti sul territorio della Valle. Quindi, concomitanze orografiche e meteorologiche favorevoli, hanno permesso lo sviluppo dell'incendio di chioma dove la trasmissione delle fiamme, avvengono in modo aereo e sono possibili vere e proprie esplosioni con produzione di vapori di oli eterei. In questo tipo d'incendio le fiamme molto sono molto alte con velocità di propagazione elevata: 200 - 300 m/min.

Figura 18: l'immagine permette di percepire l'altezza raggiunta delle fiamme, in primo piano sono presente tralicci della linea di media-alta tensione

Le forti raffiche di vento (Phones) che caratterizzarono i giorni dell'incendio boschivo ebbero un vero e proprio effetto accelerante sul passaggio da incendio radente a incendio di chioma; infatti, il vento rimuove l'umidità atmosferica e dai vegetali e produce colonne convettive che danno vita a effetti camino.



L'altro fenomeno, quello dello spotting deriva dal precedente, infatti le colonne convettive di fumo alzandosi verso il cielo, incontrano correnti d'aria che danno vita a veri e propri fenomeni di trasporto di particelle ardenti, sospinte dal vento, che generano fuochi secondari. Tale processo avviene in continuazione in tutti i casi di combustione di arbusti. Parti di corteccia, foglie, pigne e piccoli rami sono i principali responsabili del fenomeno. Lo "spotting" avviene spesso con distanze dell'ordine di decine di metri ed in alcuni casi può avvenire con distanze maggiori, da centinaia di metri ad alcuni chilometri.
Il fenomeno dello spotting durante l'incendio della val Susa rappresentò un vero e proprio problema in quanto andò a ricoprire distanza grandi e piccole, costringendo così a frammentare le forze del dispositivo di soccorso.
Infatti, come vedremo successivamente questo fenomeno impegno e rese ardue sia le operazioni di difesa degli immobili e cioè di contrasto all'incendio d'interfaccia svolte dai VVF, che le operazioni di spegnimento e contenimento dell'incendio, svolte dai volontari AIB e dalla flotta Aerea sotto la direzione dei DOS VVF.

Nelle immagini seguenti è possibile osservare il paesaggio coinvolto dall'evento principale degli incendi boschivi del 2017, per mezzo di due ortofoto scattate in periodo precedente e successivo all'evento. È evidente l'aspetto lunare assunto da tale zona, intere macchie di verde sono letteralmente sparite

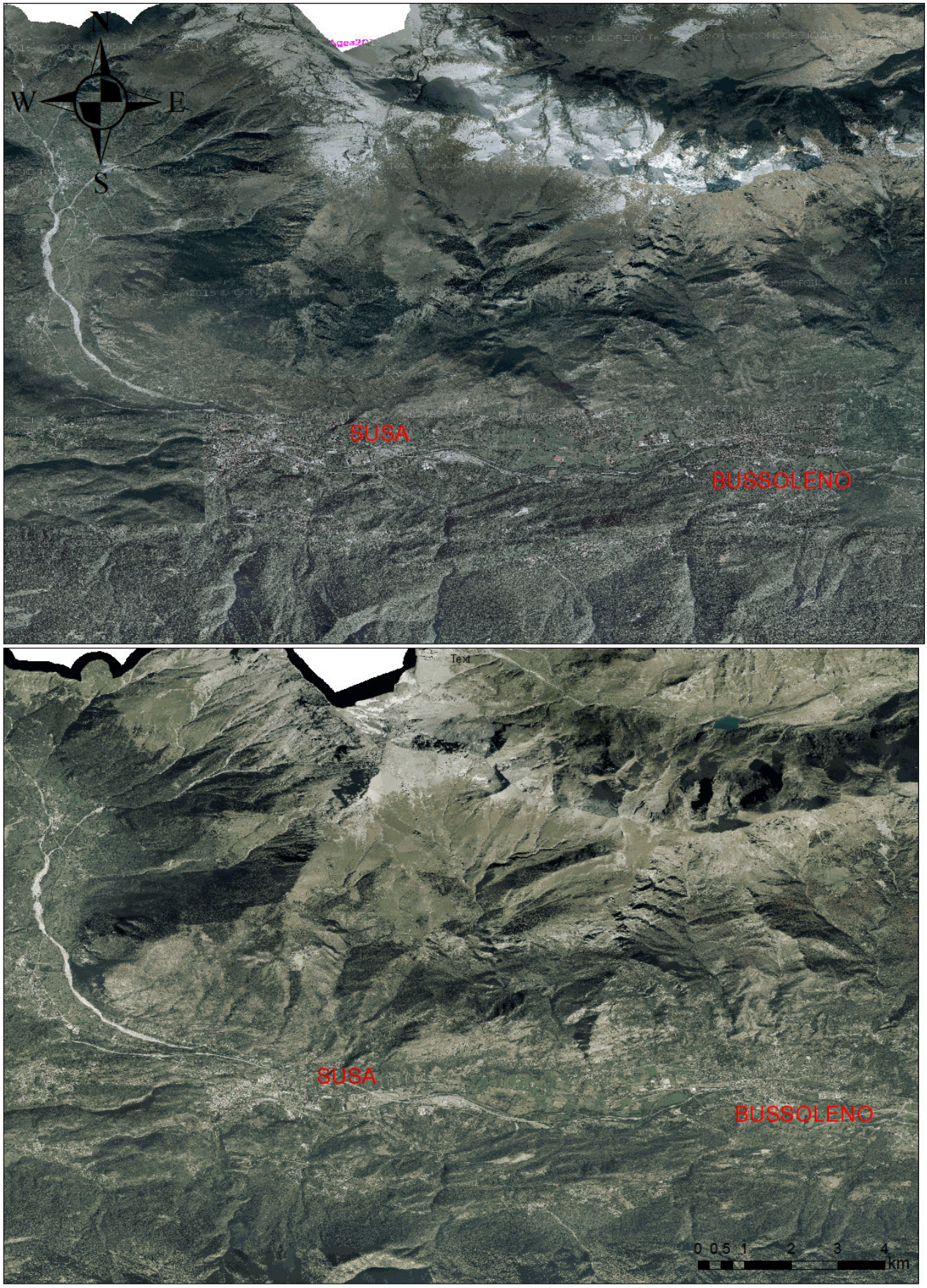


Figura 19: Ortofoto 2015 (sopra) 2018 (sotto). Fonte Geo portale regione Piemonte.

La seguente carrelata di immagini sono indicative per far comprendere l'entità degli eventi accaduti in val Susa nell'Ottobre del 2017.

Figura 20: Località Susa l'incendio boschivo sta correndo verso il suo punto di massima estensione a Nord-Ovest

Figura 21: Località Susa

Figura 22: Località Bussoleno

3.2 Fase d'intervento VVF e AIB

Per una migliore comprensione della fase d'intervento svolta in occasione degli incendi boschivi della Val Susa è necessaria una breve premessa che permetta entrare in un più ampio ordine di idee.

il decreto legislativo 19 agosto 2016, n. 177 in materia di riorganizzazione delle amministrazioni pubbliche sancisce di fatto lo scioglimento del Corpo Forestale dello Stato (CFS) ed il suo assorbimento da parte dell'arma dei carabinieri (CC) per quanto riguarda le funzioni di polizia giudiziaria e delle altre competenze svolte dal CFS ad eccezione delle competenze in materia di lotta attiva contro gli incendi boschivi e spegnimento con mezzi aerei degli stessi, attribuite al Corpo nazionale dei VVF. Di fatto, dunque, la direzione degli incendi boschivi passa dal CFS al CNVVF. Questo passaggio ha implicato il trasferimento di risorse umane, mezzi e di competenze al livello tattico strategico non senza difficoltà.

Secondo lo scrivente, tra le varie difficoltà che ha implicato questo passaggio vale la pena di menzionarne due in particolare:

1. La prima riguarda la disgregazione del patrimonio culturale costruito con l'esperienza di decenni del CFS in materia di incendi boschivi.
2. La seconda inerente alla tessitura di un rapporto organico tra il CNVVF e il corpo AIB, il quale in precedenza lavorava a stretto contatto con il CFS.

Fortunatamente, in val Susa i rapporti tra VVF e AIB sono stati sempre presenti e ben coltivati anche prima dei fatti appena esposti, questo permise un buon livello di cooperazione tra i due enti.

Le citate condizioni meteo e di siccità che imperversavano nell'ottobre del 2017 nella Val di Susa, fecero sì che entrambi gli enti fossero da giorni in condizioni di preallerta. Quando in località Falcemagna si svilupparono i primi incendi le unità a disposizione dei due enti intervennero rivolgendo i propri sforzi a salvaguardia delle abitazioni circostanti, indirizzando così il fuoco lontano dalle zone abitate di Bussoleno. La conoscenza degli eventi passati del 2000 e del 2004, permise di fare delle scelte strategiche; infatti, memori di quegli eventi, ci si aspettava che l'incendio andasse verso l'alto lungo il pendio della montagna, di conseguenza si scelse di mandare le unità AIB verso l'alto per effettuare operazioni di spegnimento puntuali, mentre le unità VVF vennero disposte a salvaguardia degli obiettivi più sensibili in modo da poter affrontare eventuali incendi di interfaccia. A causa di un sottobosco molto sporco l'incendio si propagò velocemente verso l'alto coinvolgendo così la vegetazione presente, progressivamente l'avanzata dell'incendio coinvolse piante sempre più importanti trasformando così l'incendio da radente a incendio di chioma.

Vista l'impossibilità di contenere e spegnere l'incendio con le sole forze di terra, veniva fatta intervenire la flotta aerea, sotto la direzione del direttore operazioni di spegnimento DOS. Fino all'anno precedente 2016 la figura del DOS era una figura appartenente al corpo forestale dello Stato. Con la soppressione del CFS la figura del DOS passa al corpo nazionale dei vigili del fuoco. l'incendio boschivo del 2017 fu quindi per i vigili del fuoco un importante banco di prova, in cui vennero messe alla prova nuove competenze e di nuovi mezzi a disposizione.

Figura 23: l'immagine non riguarda i fatti avvenuti in val Susa ma è chiarificatrice, in quanto mostra effettuato dal DOS, che a mezzo radio indica al mezzo aereo dove fare lo sgancio del liquido estinguente.

Il DOS ha il compito essenziale, di coordinare le operazioni di spegnimento tra la flotta aerea e le forze di terra, le quali una volta svolta l'operazione di lancio da parte di mezzi aerei si occupano di bonificare la zona circostante. Il compito di bonifica viene generalmente assegnato alle unità dei volontari AIB. La già menzionata collaborazione tra i VVF e i volontari AIB della Val Susa ha permesso il corretto svolgimento delle operazioni di spegnimento.

Figura 24: volontari AIB impegnati in operazioni di bonmifica

Prerogativa per affrontare l'incendio boschivo è un'ottima conoscenza del territorio e degli eventi pregressi; infatti, la conoscenza del territorio e lo studio degli incendi passati permette una maggiore consapevolezza nel prendere decisioni tattico-strategiche. In questa occasione si è dimostrata fondamentale la competenza e l'esperienza del personale appartenete ai VVF e AIB, essendo queste originarie della Val Susa, quindi in possesso di una buona conoscenza del territorio e di una memoria storica degli eventi passati.

Figura 25: nella foto viene mostrata volontaria AIB che fornisce indicazioni sul luogo in cui effettuare operazioni al proprio coordinatore

Le unità terrestri dei VVF si disposero a protezione delle unità abitative, per la salvaguardia di beni e persone. Purtroppo, una scarsa cultura in materia di prevenzione antincendio boschiva, ha reso queste operazioni difficoltose. Non di rado, specialmente nelle borgate, sono state trovate piante di dimensioni importanti vicino case abitate, queste nella maggior parte dei casi, in cui erano presenti, hanno svolto la funzione di conduttore di incendio. Fortunatamente non sono state registrate vittime tra la popolazione e il personale addetto alle operazioni ma alcune perdite si sono registrate tra i beni e le abitazioni.

Figura 26: Mezzi e personale VVF e AIB messi a protezione di un centro abitato.

Nel suo complesso l'incendio boschivo dell'ottobre 2017 della Val Susa durò circa 9 giorni iniziando il 22 ottobre e terminando il 1° novembre, questi giorni richiesero un'enorme sforzo da parte del personale VVF e AIB sottoponendo questi a turni massacranti e inducendo un vero e proprio stress nel dispositivo di soccorso. In particolare, assorbimento di risorse da parte dell'incendio boschivo, riduceva le unità disponibili per eventuali altri soccorsi. Ciò richiese un riassetto organizzativo delle unità VVF permanenti e volontari della provincia di Torino, in modo che non risultassero sguarnite importanti strutture come l'autostrada A32 e il traforo del Frejus.

3.3 DOS e Flotta aerea da Corpo Forestale dello Stato a Corpo Nazionale Vigili del fuoco

Concomitante all'incendio boschivo sviluppatosi sopra il Comune di Bussoleno, un altro incendio boschivo rilevante prese piede in quei giorni nella bassa val Susa, più precisamente sulla montagna soprastante il comune di Caprie. Questo evento si estese per ben 260 ha e durò, anche esso circa 9 giorni.

In questo caso risultò vincente la strategia adottata dall'allora comandante provinciale dei VVF, il quale, propose ai vari DOS (direttore delle operazioni di spegnimento) impegnati sui vari fronti di operare in continuità da un giorno all'altro, così da non interrompere continuamente l'intervento ed acquisire una più ampia consapevolezza sulle operazioni già effettuate e su quelle da effettuare. Inoltre, risultò fondamentale, in questo caso, il personale DOS originario della Valle, in quanto conoscitore del territorio non solo nella sua componente geografica ma anche nella sua componente antropomorfa. Infatti, risultò essenziale conoscere sia le strade percorribili dai mezzi di intervento per gli interventi puntuali di bonifica di terra, essendo queste a volte strade di montagna ed a volte poco più che sentieri, sia la conoscenza delle forze volontarie AIB e VVF del luogo delle loro capacità operative e dei loro mezzi a disposizione.

La veloce propagazione dell'incendio fece scattare subito la richiesta del dispositivo di soccorso che prevede l'impiego della flotta area. In questa occasione vennero principalmente utilizzate due tipologie di risorse aeree: il Viking Air 415, precedentemente conosciuto come Canadair e l'Erickson Air Crane S-64.

Il Viking modello Cl 415, come quello utilizzato oggi dal Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, è una versione aggiornata del Canadair Cl 215 , Presenta una lunghezza di 19.82 m, con apertura alare di 28.60 m e superficie alare di 100.33 m^2. Il 415 è caratterizzato anche da un maggior peso operativo: vuoto 12 333 kg, massimo al decollo da terra 19 890 kg, massimo al decollo dall'acqua 17 168 kg, per la versione antincendio. Presenta una velocità massima di 376 km/h con autonomia di 2427 km.

Figura 27: Canadair. Fonte sito web VVF

Figura 28: Canadair. Fonte sito web VVF

l'Erickson Air Crane S-64 presenta 2 turbine Pratt & Whitney JFTD12-4A (T73-P-1) da 3555 kW prestazioni: velocità massima 203 km/h. Velocità di crociera 169 km/h. Autonomia 370 km. Tangenza 2743 m. Sulla gru volante può essere installato un serbatoio da circa 10 031 litri (2650 gal) per acqua con possibilità d'inserire liquido ritardante e 290 lt di foam (schiumogeno)

Figura 29: elicottero Erikson. Fonte voolntario coordinatore AIB

Per quanto riguarda l'area in cui è situata la val Susa, l'impiego del Canadair non risulta spesso vincente, in quanto il punto di rifornimento di riferimento risulta essere il lago di Candia nei pressi

di Caluso. Questo implica dei tempi di rotazione, cioè il tempo che intercorre tra un lancio ed un altro è pari a 25 minuti. Un altro eventuale punto di rifornimento potrebbe essere l'invaso artificiale della diga del Moncenisio, fermo restando un idoneo livello del lago che permetta le manovre. Esiste però un impedimento di tipo burocratico all'utilizzo di questa risorsa; infatti, il lago si trova in territorio francese, nonostante esista un accordo tra Italia e Francia secondo il quale in caso di intervento le forze di ciascun paese possano sconfinare nel territorio straniero per una distanza di 30 km, per l'utilizzo delle acque del lago si necessita di una autorizzazione della prefettura francese rilasciata su richiesta della prefettura italiana per ogni singolo intervento. È necessario sottolineare che l'accordo tra prefettura francese ed ente privato che gestisce il bacino del Moncenisio, società di produzione di energia elettrica, tende a privilegiare quest'ultima e le sue scelte.

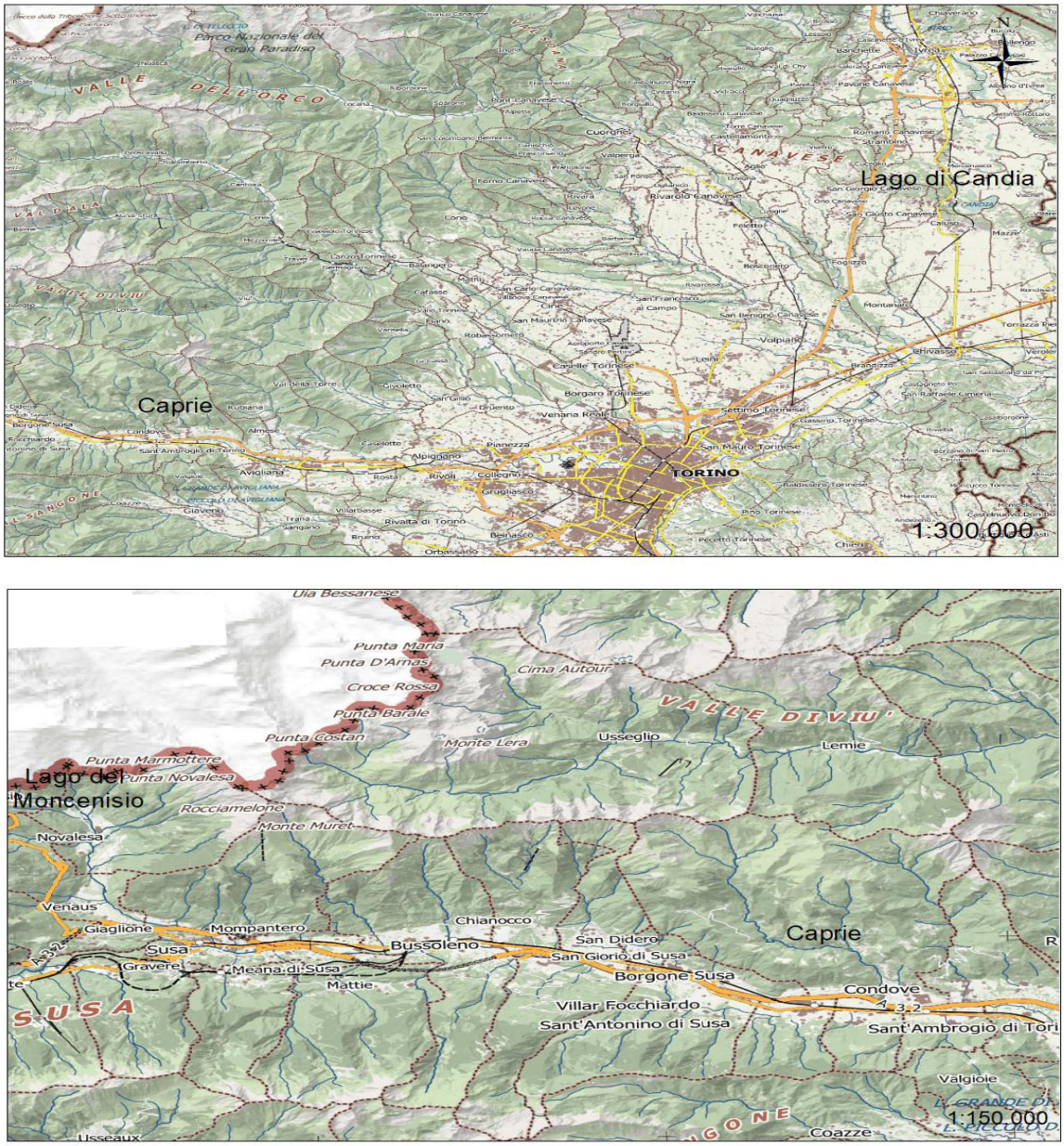


Figura 30: le due mappe forniscono un'idea della distanza che intercorre tra i due punti di rifornimento lago di Candia e invaso del Moncenisio, attenzione alla scala delle due mappe

La risorsa del Erickson invece si dimostrò di fondamentale importanza, infatti, a differenza del Canadair non necessita di particolari siti per il rifornimento. L'unico limite è rappresentato dalla turbolenza creata al momento del rifornimento, essendo un elicottero fornito di doppia turbina. A disposizione della flotta area dei VVF ve ne sono attualmente 3 più uno in arrivo. Negli eventi della val Susa del 2017 e in particolare per l'incendio di sopra Caprie vennero usati due degli elicotteri menzionati (Geronimo e Toro Seduto), l'altra risorsa fu impiegata in altri incendi che divampavano nello stesso periodo nel Nord Italia.
Il Canadair intervenne non senza difficoltà sull'incendio di Caprie, infatti, vi furono giornate in cui, a causa dei fumi e del calore sviluppato dall'incendio di Bussoleno-Susa, crearono delle condizioni meteo molto particolari. Infatti, i fumi a causa delle raffiche del vento andavano in direzione
Torino e tendevano a fermarsi nelle zone pianeggianti in presenza di umidità a causa del loro raffreddamento che li portava verso il basso. Tutto ciò creo delle condizioni di scarsa visibilità in cui i piloti non poterono operare.

Figura 31:Località Susa i fumi sviluppati dall'incendio si dirigono in direzione Torino

Figura 32: Statale SS24 tornanti sopra Susa miglior visuale dei fumi sviluppati dall'incendio si dirigono in direzione Torino

Nonostante le difficoltà, le testimonianze dei DOS raccontano che durante il giorno le operazioni di bonifica e contenimento giungevano ad un discreto livello ma una volta passata la notte, durante il giorno con l'aumentare delle temperature e l'alzarsi del vento, l'incendio prendeva nuovamente vita. Infatti, l'incendio durante la notte riprendeva ad essere di tipo radente di sottobosco coinvolgendo strati importanti di fogliame e piccoli arbusti, in questo stato progrediva lentamente per poi riprendere vigore durante il giorno trasformandosi nuovamente in incendio di chioma.

Figura 33: Canadair lancio andato a buon fine località Pampalù

Figura 34: Elicottero Erikson rifornimento in Dora

Le condizioni climatiche che hanno accompagnato l'intero arco temporale dell'incendio non sono state sempre costanti, infatti, nei primi due giorni le fortissime raffiche di vento hanno contribuito ad alimentare e a far espandere l'incendio, il terzo giorno il vento fu assente per poi tornare nei giorni seguenti e non dare tregua fino a fine evento. Durante la tregua concessa dal vento, la tattica dei VVF non cambiò e rimase quella di permanere a protezione dei beni immobili della popolazione. Da un punto di vista tattico, vista l'imprevedibilità delle condizioni meteo di quei giorni, condizionate dalle emissioni dell'incendio, la scelta non può essere considerata sbagliata ma a livello strategico, cioè sul medio-lungo termine la tregua poteva essere sfruttata per consolidare interventi puntuali in zone chiave così da circoscrivere l'evento.

3.4 Previsione e prevenzione incendi boschivi confronto tra regioni del Nord Italia

In materia di incendi boschivi di fondamentale importanza sono le misure di previsione e prevenzione, in analogia con il triangolo del fuoco prendiamo in considerazione i tre fattori principali che determinano l'incendio boschivo: fattori meteo, orografia e combustibili.
La previsione si basa sullo studio approfondito di tutti e tre questi fattori andando ad analizzare i dati ad essi relativi.
Fattori meteo: Precipitazioni e periodi a precipitazione nulla, umidità relativa, vento al suolo (vel. /dir.), vento in quota (dir.), stabilità atmosferica, temperatura, soleggiamento, copertura nuvolosa.
Orografia: ostacoli alla propagazione, morfologia del territorio, pendenza, esposizione, altitudine.
Combustibili: contenuto idrico, composizione chimica, dimensioni, distribuzione, continuità, quantità, stadio vegetativo.
La previsione è uno degli elementi essenziali per l'individuazione del rischio, di cui non ci occuperemo, come noto gli altri elementi sono gli elementi esposti al rischio e la loro vulnerabilità, il calcolo del rischio è funzionale per orientare gli sforzi in materia di prevenzione.
In materia di prevenzione, per ciò che riguarda gli incendi boschivi, l'elemento cardine sono i combustibili; infatti, la maggior parte delle azioni preventive coinvolgono: selvicoltura, viali tagli fuoco, fuoco prescritto etc.

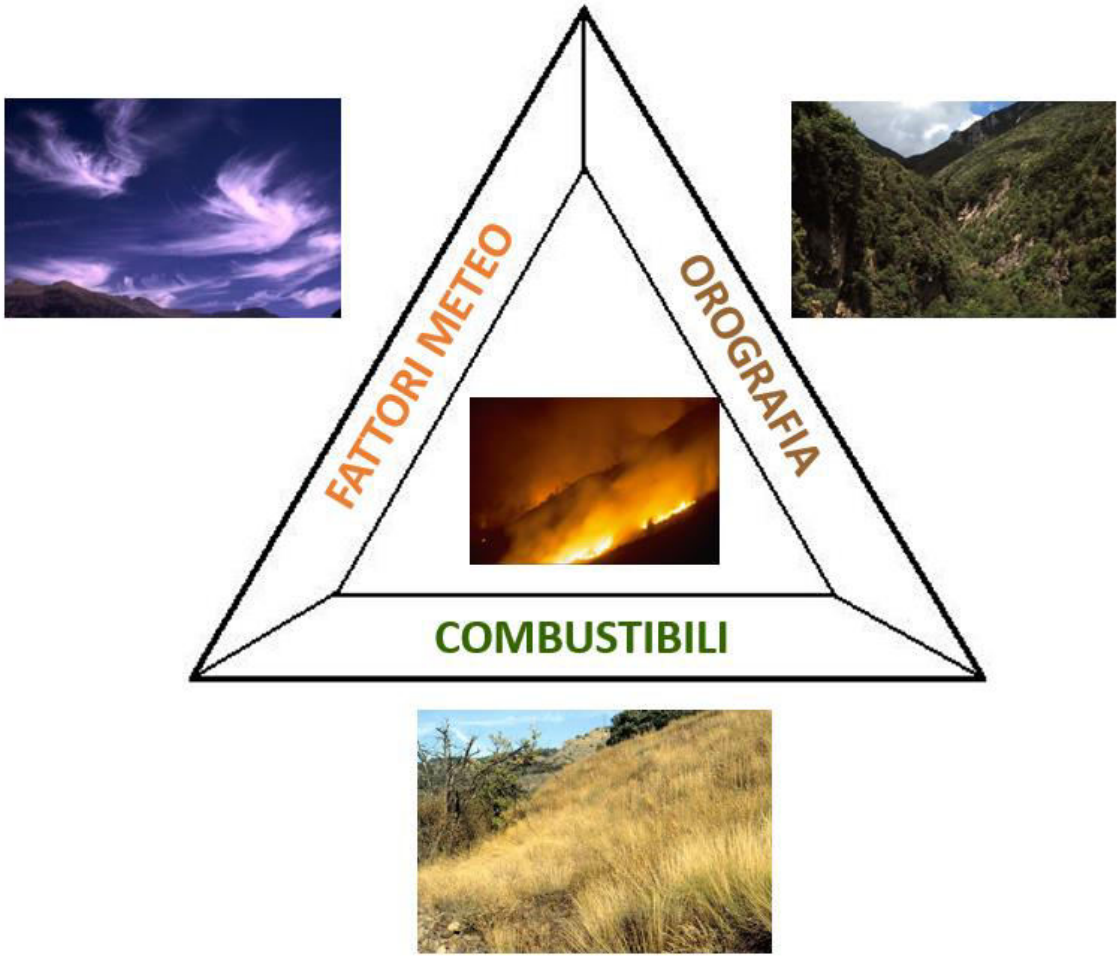


Figura 35: triangolo del fuoco

La consultazione di piani antincendio boschivo delle varie regioni del nord Italia mostra che quanto previsto dall'art.3 della Legge-quadro L.353/2000 in materia di incendi boschivi, è stato abbondantemente

recepito ed ogni regione ha provveduto a formulare il proprio piano regionale per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi.
Il piano, sottoposto a revisione annuale, individua:

a) le cause determinanti ed i fattori predisponenti l'incendio;
b) le aree percorse dal fuoco nell'anno precedente, rappresentate con apposita cartografia;
c) le aree a rischio di incendio boschivo rappresentate con apposita cartografia tematica aggiornata, con l'indicazione delle tipologie di vegetazione prevalenti;
d) i periodi a rischio di incendio boschivo, con l'indicazione dei dati anemologici e dell'esposizione ai venti;
e) gli indici di pericolosità fissati su base quantitativa e sinottica
f) le azioni determinanti anche solo potenzialmente l'innesco di incendio nelle aree e nei periodi a rischio di incendio boschivo di cui alle lettere c) e d);
g) gli interventi per la previsione e la prevenzione degli incendi boschivi anche attraverso sistemi di monitoraggio satellitare;
h) la consistenza e la localizzazione dei mezzi, degli strumenti e delle risorse umane nonché le procedure per la lotta attiva contro gli incendi boschivi;
i) la consistenza e la localizzazione delle vie di accesso e dei tracciati spartifuoco nonché di adeguate fonti di approvvigionamento idrico;
l) le operazioni silvicolturali 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) le esigenze formative e la relativa programmazione;
n) le attività informative;
o) la previsione economico-finanziaria delle attività previste nel piano stesso.

Ed ancora secondo l'art. 4 della suddetta legge

1. L'attività di previsione consiste nell'individuazione, ai sensi dell'articolo 3, comma 3, lettere c), d) ed e), delle aree e dei periodi a rischio di incendio boschivo nonché degli indici di pericolosità. Rientra 7.

2. L'attività di prevenzione consiste nel porre in essere azioni mirate a ridurre le cause e il potenziale innesco d'incendio nonché interventi finalizzati alla mitigazione dei danni conseguenti. A tale fine sono utilizzati tutti i sistemi e i mezzi di controllo e vigilanza delle aree a rischio di cui al comma 1 ed in generale le tecnologie per il monitoraggio del territorio, conformemente alle direttive di cui all'articolo 3, comma 1, nonché interventi colturali idonei volti a migliorare l'assetto vegetazionale degli ambienti naturali e forestali.

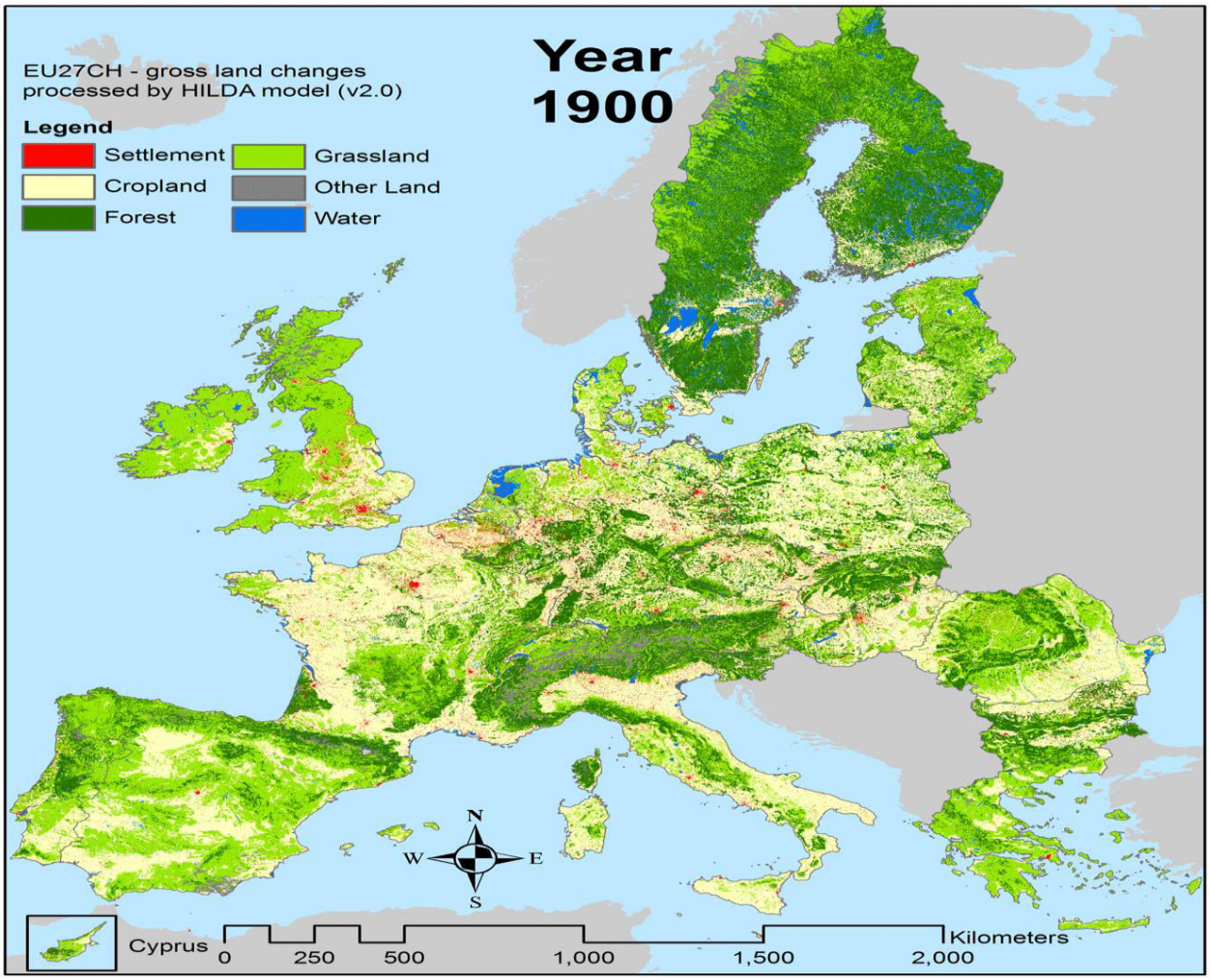
Particolare attenzione va posta alla prevenzione, le cui principali misure sono:

- Prevenzione selvicolturale
- Prescrizioni per il rilascio e l'abbruciamento degli scarti derivanti da attività selvicolturali (L.r. 4/2009 e Reg 8/r 2011 e s.m.i – *D. Lgs. 152/2006* - DGR 20 ottobre 2017 n. 42-5805 - DGR 28 settembre 2018, n. 57-7628)
- Viali tagliafuoco
- Punti di rifornimento idrico
- Viabilità forestale
- Fuoco prescritto
- Pascolamento prescritto
- Ricostituzione dei boschi percorsi dal fuoco
- Linee guida per la prevenzione diretta svolta dai Volontari AIB

Da un punto di vista formale e legislativo la legge quadro è stata pienamente assorbita dalle varie regioni del nord Italia con tempi, modalità e peculiarità diverse dovute alla specificità del territorio e alla capacità di questo di assorbire tale intervento. Ad esempio, le attività di prevenzione, legate alla selvicoltura e non solo, differiscono in maniera evidente dal nord-ovest al nord-est, a causa della diversità delle caratteristiche del settore alpino e delle specie arboree che lo popolano, del tipo di antropizzazione in essere e dall' importantissimo tipo di legame della popolazione con il territorio.
Infatti, nelle regioni in cui lo sviluppo industriale è stato più marcato a partire dal dopo guerra, come Piemonte, Liguria, Lombardia e Veneto, la popolazione che prima occupava in modo capillare il territorio montano e rurale, abbandonò dapprima la montagna e successivamente la campagna. Quindi tutti gli appezzamenti di terreno che prima venivano sfruttati per il coltivo e il pascolo in modo prevalente, si trovarono improvvisamente in uno stato di completo abbandono e essendo stati pienamente sfruttati in uno stato di completo impoverimento dal punto di vista organico mineralogico. Vennero dunque a crearsi due problemi fondamentali uno di tipo tecnico cioè il dissesto idrogeologico e l'altro di natura sociale e cioè l'occupazione di quella parte di popolazione che non abbandonò le terre di origine. Lo Stato, dunque, per far fronte a queste politiche, applicò delle politiche forestali per il rimboschimento di queste zone di territorio abbandonate utilizzando prevalentemente specie dalle proprietà di frugalità e miglioramento del suolo come il Pino nero e il Larice.
Chiamato anche pino austriaco, il pino nero è dotato di un'ottima ampiezza ecologica, è adattabile a svariati tipi di terreni; possiede però un legno assai resinoso ed è quindi molto infiammabile e combustibile; gli aghi poi risultano tra i più appetiti dalla processionaria del pino, che spesso porta alla defogliazione di interi rimboschimenti

Figura 36: Ricolonizzazione di vecchi coltivi da parte del pino

La politica del rimboschimento non prevedeva solo l'introduzione di nuove specie ma anche la loro coltivazione con i suoi aspetti più tecnici, di cui non ci occupiamo in questa sede.
Se in un primo momento l'attuazione di queste politiche venne affidato dallo Stato al Corpo Forestale dello Stato con il decreto presidenziale 616, attuativo della legge 382/1975 sul trasferimento dei poteri alle regioni, in materia di lavori pubblici, agricoltura, artigianato, assistenza sociale, queste politiche vennero progressivamente abbandonate lasciando intere zone di bosco ad una crescita incontrollata.



Video 1: mostra il progressivo avanzamento del bosco in Europa nei decenni a partire dal1900

Questo breve excursus storico serve per capire quale sia la reale portata delle misure di prevenzione previste dai piani regionali come la selvicoltura, i viali taglia fuoco, viabilità forestale, fuoco prescritto e pascolo prescritto nelle regioni del Nord Italia, difatti nelle regioni sopracitate anni di abbandono e non curanza del bosco hanno fatto sì che questo tipo di prevenzione diventasse troppo onerosa e di fatto impraticabile sia dal punto di vista tecnico, in quanto boschi troppo fitti e con piante colossali che impediscono una facile realizzazione di queste misure, sia dal punto di vista economico in quanto il legno derivante da piante come il Pino nero non ha buone qualità né come legno da lavorazione né come combustibile in quanto molto resinoso, quindi i costi del loro abbattimento non risultano sostenibili. Si potrebbero fare considerazioni leggermente diverse per le piante di Larice, in quanto considerato un legno pregiato da lavorazione ma sempre a causa della crescita incontrollata, le difficoltà tecniche da affrontare per il loro abbattimento fanno sì che l'importazione di questo legno sia meno onerosa.

Figura 37: ***Il cambio di gestione (o la non gestione) del territorio è conseguenza di variazioni nei combustibili vegetali***

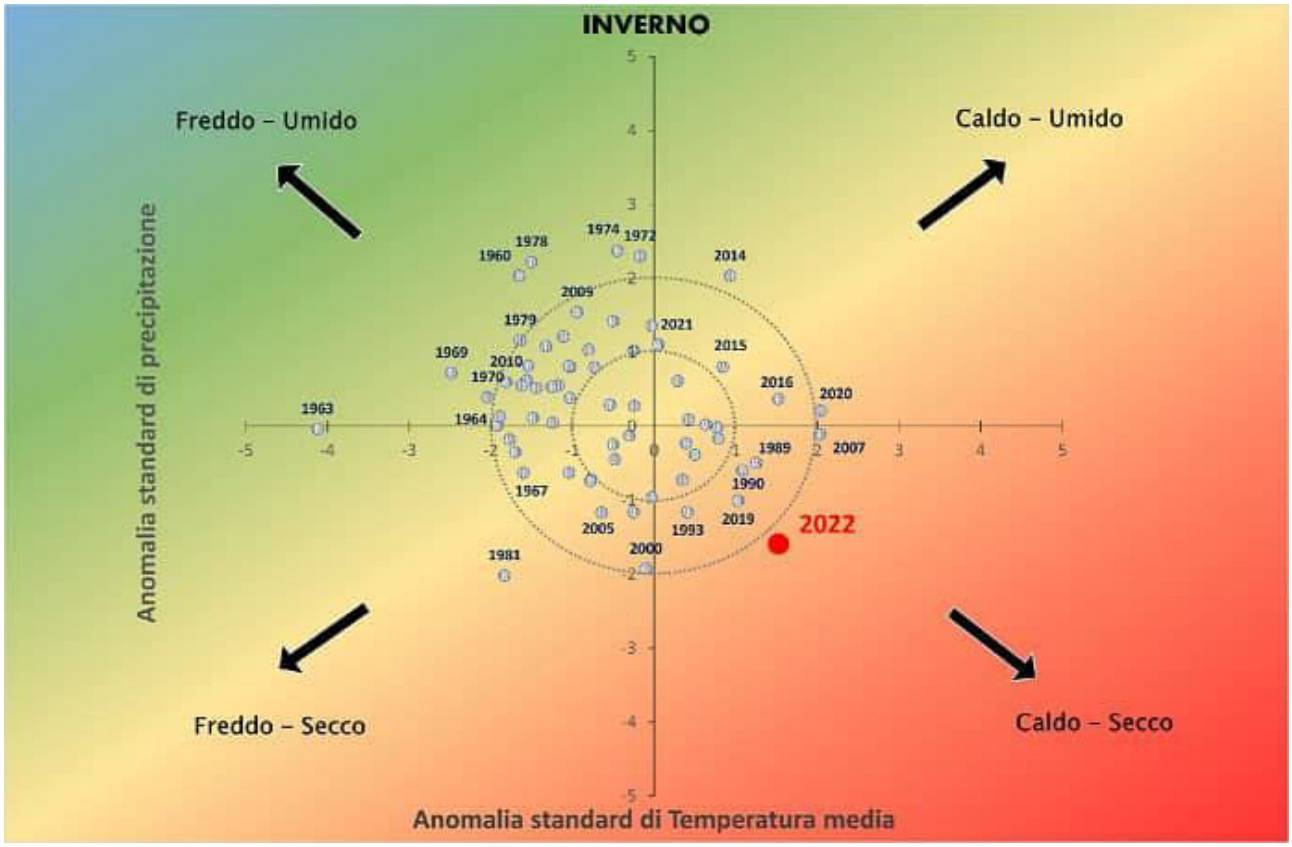
In altre regioni del nord Italia come la Val d'Aosta, il Trentino-Alto Adige e il Friuli-Venezia Giulia, il fenomeno dello spopolamento delle zone montane è stato contenuto rispetto ad altre aree di montagna grazie a punti di forza come il turismo, la produzione agroalimentare ma anche la filiera del legno. In queste zone il bosco, facendo delle considerazioni di carattere generale, non è rimasto incolto e lasciato libero a sé stesso ma le politiche agrarie e forestali di queste regioni hanno fatto che si mantenesse un buon controllo su di esso.
Da ciò consegue che l'approccio alla prevenzione dell'incendio boschivo o di vegetazione possa essere molto più efficace e in qualche modo multidisciplinare. Infatti, il carico del combustibile è conseguenza della gestione:

- Carico di combustibile totale (o fitomassa). Totalità del materiale vegetale (sia vivo che morto) presente sopra al suolo minerale in una data zona.
- Carico di combustibile potenziale. La quantità di materiale vegetale che potrebbe venire consumata nell'incendio di maggiore intensità prevedibile nell'area considerata.
- Carico di combustibile reale. La quantità di materiale vegetale che ci si aspetta venga consumata in determinate condizioni (d'idratazione, meteorologiche, ecc.).

I combustibili rappresentano un aspetto di fondamentale importanza per il comportamento del fuoco. La copertura vegetale di un'area, quindi, può subire un'ampia gamma di variazioni che idealmente si possono collocare fra quelle locali, influenti a breve termine, e quelle climatiche su ampia scala e destinate a caratterizzare i popolamenti e l'ecologia di un'area per lunghi periodi.
Fra quelle a breve/medio termine si possono ricordare i lavori selvicolturali, l'abbandono dei coltivi o di impianti di arboricoltura da legno, schianti, incendi distruttivi, ecc.
Le variazioni del combustibile nel medio termine sono dovute a:

- Gestione territorio con agricoltura intensiva - resa della coltivazione secondo criteri industriali, scarsa resa del bosco
- Mancanza di resa e cambio generazionale → Abbandono dei piccoli appezzamenti della media montagna
- Sequenza: abbandono → incolto → cespugliato → bosco d'invasione → a) futuro bosco climax o b) incendio → involuzione floristica (cespugliato, incolto, ecc.)
- Fasi sequenziali del pericolo d'incendio
- Coltivo – scarso o nullo
- Incolto – alto, con incendi a propagazione veloce
- Cespugliato – alto, con incendi veloci ad intensità medio alta
- Bosco d'invasione – in genere alto
    - a) incendi ad alta intensità (con pinacee e sclerofille)
- b) incendi a media intensità (con caducifoglie)
- Foresta climax – in diminuzione (situazioni molto differenziate)

Per quanto riguarda i cambiamenti nel lungo periodo legati alla condizione climatica si riporta un recente grafico elaborato da ARPA Piemonte in cui si indica il presente inverno 2022 come uno dei più anomali di sempre.



"L'inverno 2021-2022 è infatti sul Piemonte sia il 3° più caldo degli ultimi 65 anni con una anomalia positiva di temperatura media di +1,8°C, sia il 3° più secco con un deficit percentuale medio di circa il 70% rispetto alla norma climatica 1991-2020. Gli inverni 1981 e 2000 sono stati più secchi di quello appena trascorso e gli inverni 2020 e 2007 sono stati più caldi. Ma la combinazione di entrambi i fattori è caratterizzante dell'inverno 2022 con soltanto l'inverno 2019 che si avvicina, anche se la magnitudine delle anomale fu decisamente minore", spiega Arpa Piemonte.

Nonostante le differenze legate al territorio vi sono obbiettivi comuni che regolano la prevenzione selvicolturale.

- creazione di strutture più irregolari nelle quali interrompere l'omogeneità strutturale dei popolamenti (sia orizzontale che verticale)
- ridurre il carico di combustibile (soprattutto della componente fine e media, come lettiera, erbe secche, arbusti e accumuli rami di diametro compreso fra 3 e 7 cm)

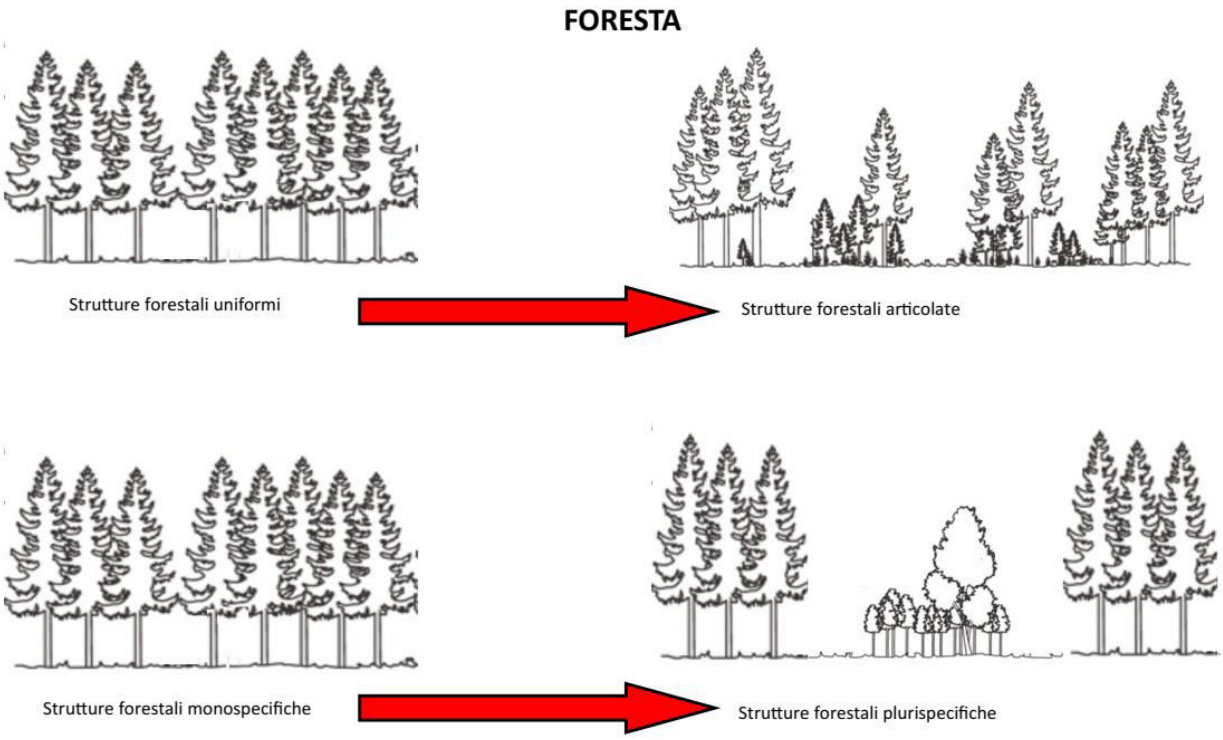


Figura 38: volontari AIB impegnati in operazioni di spegnimento

Va da sé che l'abbandono e lo spopolamento di intere fasce di territorio implica un mancato ricambio generazionali nelle file dei volontari VVF e AIB, in modo più marcato per quanto riguarda i volontari VVF, per quanto riguarda i volontari AIB si registrano ancora molte adesioni ma la tendenza rimane comunque in discesa nonostante le cospicue risorse e finanziamenti da parte delle regioni.
Un esempio virtuoso del volontariato AIB è quello della val di Susa che conta solo nella bassa valle circa 500 unità con ben 21 distaccamenti su 23 paesi. Mentre sempre negli stessi comuni, si sono registrati cali drastici nel volontariato VVF, scuole pompieristiche di decennali esperienza sono o stanno completamente scomparendo. Anche questo è un indice di continuo spopolamento, le risorse disponibili in termine di volontariato sono sempre meno rivolte verso le necessità quotidiane della vita di paese il che significa che questi stanno sparendo.
Questo ultimo aspetto è molto importante soprattutto da quando sono venute a mancare nel 2017 la presenza e le competenze del ormai ex Corpo Forestale dello Stato; infatti, esso con le sue 7000 mila unità sparse sull'intero territorio assolveva con fatica ma con grande esperienza il ruolo di antincendio boschivo.
Oggi la polemica sul riassorbimento di queste unità all'interni del CNVVF e dell'arma dei CC è molto accesa; se da un lato sembra apparire un semplice cambio di casacca, non si può a fare a meno di denunciare un vero e proprio cambiamento di tipo operativo in quanto è venuto a mancare il ruolo di continuo pattugliamento delle zone rurali e boschive. L'argomento merita un approfondimento molto più accurato ma in questa sede era d'obbligo l'accenno per avere un quadro più sulle forze a disposizione.
Un altro aspetto da non sottovalutare sono le mancate risorse idriche puntuali legate all'abbondono delle borgate e dei relativi impianti idrici, le mancanze di queste implicano allungamento dei tempi di ricarica per i mezzi d'intervento e di conseguenza dei tempi d'intervento.
È doveroso segnalare che, per quanto riguarda le risorse idriche necessarie agli interventi effettuati con l'ausilio della flotta aerea, non si riscontrano grandi criticità nell'interno Nord Italia, in cui sono presenti una discreta quantità di corsi d'acqua e di bacini idrici naturali ed artificiali.

Al contrario, nelle regioni in cui il fenomeno dello spopolamento della montagna e dei suoi paesi e borgate è meno marcato, forte il legame tra popolazione ed il territorio è ancora molto forte e presente; in queste regioni specie nelle zone montane è ancora possibile “respirare” un senso di comunità e mutua assistenze componenti essenziali per le associazioni di volontariato e non solo, va da sé che ciò comporta un maggior senso di responsabilità nei confronti del territorio e del suo mantenimento.

Figura 39: corso di formazione volontari AIB Friuli-Venezia Giulia

4 Impatto degli incendi boschivi sull'acqua

L'incendio boschivo è stato sempre un evento presente con ricadute su ecosistemi terrestri ed acquatici sani, svolgendo una funzione fondamentale di selezione delle comunità vegetali, animali e biogeochimiche.
Studi paleo logici e la raccolta dati a scala paesaggistica, suggeriscono un legame tra i cambiamenti climatici, la frequenza e l'intensità degli incendi boschivi. Il desiderio di proteggere le foreste e i beni economici ed ecologici da esse derivanti, in alcune regioni, ha portato ad un eccesivo grado di protezione e soppressione degli incendi, permettendo così un accumulo di combustibili e di vegetazione morta, condizioni che favoriscono un comportamento più estremo degli incendi boschivi su aree più ampie.
Negli ultimi decenni la combinazione di: cambiamenti clamatici, siccità prolungate, accumulo di combustibile ed aumento della presenza umana nelle foreste ha comportato un aumento della frequenza ed intensità degli incendi. Questo nuovo regime di incendi boschivi, capace di superare gli sforzi di controllo, tipo, dimensioni e quantità di risorse antincendio ha dato vita ad una nuova classe di incendi boschivi denominati:" Megaincendi".
Questi incendi possono provocare ingenti danni catastrofici che includono vittime umane e sostanziali perdite economiche.

4.1 Foreste: Fonti critiche di approvvigionamento idrico

Le foreste coprono circa un terzo della superficie terrestre, ricoprendo vari ruoli fondamentali per l'ecosistema, tra questi uno di fondamentale importanza è quello di fornire e filtrare l'acqua potabile. Le foreste che ricevono grandi quantità di precipitazioni annuali sono quelle che producono un grande deflusso con bassissime concentrazioni di contaminanti fornendo così acqua di elevata qualità.
L'acqua di alta qualità proveniente dalle foreste rappresenta un notevole vantaggio economico, in quanto permette di risparmiare i costi legatati ai processi di purificazione dell'acqua potabile e le relative infrastrutture. In America è stato stimato che lo stoccaggio e la filtrazione naturale fornita dalle foreste permette di risparmiare circa 4,1 trilioni di dollari. Dunque, non sorprende che circa i due terzi dei comuni americani e grandi città come Tokyo, Melbourne, Los Angeles e Rio de Janeiro, ricevono in larga misura l'acqua potabile dalle aree boschive limitrofe.
Gli incendi boschivi impattano sui processi idrogeologici, influendo così su tempistiche ed entità dei flussi. Il fuoco consuma la vegetazione riducendo così le perdite per evapotraspirazione, aumentando la pioggia e la neve che raggiungono il suolo, il che aumenta l'umidità del suolo e di conseguenza il deflusso. In caso di clima temperato una maggiore energia solare raggiunge il manto nevoso causando precoci scioglimenti della neve, impattando sullo stoccaggio dei serbatoi e la salute dell'ecosistema.
Dopo l'incendio i processi idrologici sono influenzati dalle alte temperature che possono danneggiare i suoli. In alcuni casi, in prossimità della superficie del suolo si sviluppa uno strato idrorepellente, in altri casi la rimozione della vegetazione protettiva e della lattiera implica l'esposizione di uno strato idrorepellente di fondo naturale. Il grado di idrorepellenza indotta, dopo incendi di grossa entità, dipende dalla dimensione della grana del terreno e dal grado di umidità.
Gli incendi di elevata gravità possono anche produrre risposte complesse nella stabilità di aggregazione del suolo che variano dalla completa disgregazione alla forte aggregazione a seconda delle caratteristiche del suolo, tessitura, contenuto d'acqua, materia organica. Questi cambiamenti nelle caratteristiche del suolo influenzano le proprietà idrologiche come l'infiltrazione, responsabile di un maggiore o minore flusso terrestre, quindi di una consegna più

rapida delle acque ai corsi d'acqua. Infine, tempi e quantità di deflusso da una determinata area posso essere influenzati dalla sigillatura superficiale dovuta allo strato di cenere post-incendio, ai sedimenti fini e al getto di aghi.

4.2 Impatto sulle riserve e sui flussi d'acqua

Come visto, i grandi incendi stanno aumentando e sollevano preoccupazioni per gli impatti degli incendi sull'acqua potabile. Secondo uno studio svolto negli Stati Uniti gli incendi possono aver un impatto diverso sul flusso annuale dei fiumi. Le foreste in cui risiedono le sorgenti, forniscono buona parte dell'acqua potabile degli Stati Uniti tramite torrenti e fiumi. Queste foreste sono a rischio incendio, il flusso fluviale, dopo l'incendio per alcuni mesi tende ad aumentare, studi svolti in New Messico e in Colorado dimostrano che questo aumento può durare alcuni anni; altri studi sviluppati in California dicono che, nei periodi di siccità, questi aumenti del flusso fluviale possono essere sfruttati come un a risorsa idrica in periodi di scarsità d'acqua.
I dati provenienti da questi studi ci suggeriscono una considerevole variabilità della risposta del flusso fluviale all' evento incendio, a seconda delle caratteristiche dell'incendio, dell'idro clima, della copertura forestale e della topografia. Variabilità che ha un notevole impatto sulle politiche di gestione forestale il cui obbiettivo è quello di ridurre il rischio d'incendio boschivo e di favorire forniture idriche pulite ed abbondanti.
Negli Stati Uniti, i grandi incendi boschivi hanno inciso sul flusso annuale dei fiumi, per un periodo fino a 5 anni, anche in quelle aree soggette a siccità. Ciò è stato riscontrato nelle aree del Pacifico Occidentale con un clima mediterraneo o continentale umido, nelle aree del Colorado meridionale, dove gli incendi hanno bruciato ampie porzioni di bacino idrografico. Anche le portate annuale dei fiumi nelle aree geografiche più umide sono aumentate, ad esempio Golfo del Messico e Mississippi, dove la rapida crescita della vegetazione produce enormi quantitativi di combustibile suscettibile al fuoco. Gli effetti degli incendi non sono sempre subito evidenti, perché concomitanti con eventi metereologici gravi e variazioni del clima nel breve periodo che ne mascherano l'incisività. Quindi per rilevare l'impatto dell'incendio sul flusso del fiume, bisogna sottrare alla portata del fiume il flusso dovuto al clima locale. In alcune aree come la California meridionale è stato possibile osservare una proporzionalità diretta tra l'aumento del flusso del fiume e la gravità degli incendi boschivi.
Non tutti gli incendi boschivi contribuiscono ad un aumento del flusso fluviale, ad esempio la combustione controllata per ridurre i combustibili accumulati come vegetazione morta e rami caduti, produce un effetto limitato. La combustione controllata viene generalmente condotta in condizioni metereologiche e di vegetazione favorevoli.

4.3 Diverso clima diverso impatto

I modelli utilizzati per studiare il flusso fluviale post-incendio, prendono in considerazione, oltre l'evento incendio anche la variabilità climatica nel corso degli anni. Ad esempio, è stato osservato che nel nord della California, dopo l'evento incendio, il flusso del fiume è diminuito contrariamente a quanto asserito precedentemente, la causa di ciò è stato il contributo della siccità a breve termine.
Nella California meridionale, invece, il contributo dell'incendio boschivo è stato maggiore ma la tendenza in calo delle precipitazioni ha mascherato l'impatto dell'incendio sul flusso del fiume.
Nel Missouri i contributi dell'incendio boschivo e della variabilità climatica sono stati considerati comparabili.
In generale gli effetti opposti di questi due fenomeni determinano un calo netto nel flusso del fiume.

Nelle zone in cui l'effetto degli incendi boschivi sono stati prevalenti è stato registrato un incremento del flusso del fiume pari o superiore al 100%.
I dati relativi ai bacini idrografici degli Stati Uniti presi in considerazione, suggerisco che qualsiasi sia la dimensione dell'incendio le caratteristiche delle precipitazioni hanno un impatto maggiore sulla portata media del fiume a 5 anni. Sia la variazione delle precipitazioni annuale che quella mensile hanno un impatto rilevante sulla portata del fiume, la variabilità mensile ha un impatto maggiore nell' ovest del paese piuttosto che nel est. La maggiore influenza della variabilità delle precipitazioni ad occidente, dove, i bacini idrografici sono più elevati e presentano una topografia più ripida è dovuta ad un clima più estremo con maggiore variabilità stagionale e da un anno all'altro.

4.4 Impatto sui processi idrologici e di erosione

Gli incendi che avvengono nelle aree sorgive hanno un impatto negativo sul suolo e sulle risorse idriche, infatti a causa dell'evento, la vegetazione del terreno e la materia organica possono essere drasticamente ridotti, causando un incremento della risposta idrologica e dell'erosione del suolo. Questi fenomeni implicano a loro volta l'asportazione di sedimenti finissimi, ceneri e sostanze nutritive, degradando così la qualità dell'acqua, compromettendo gli ecosistemi acquatici e risorse idriche umane.
Quando dopo gli incendi seguono precipitazioni sufficienti, si creano le condizioni necessarie al verificarsi d'inondazioni improvvise, sedimentazioni dannose e colate detritiche distruttive. Questi fenomeni saranno esacerbati dal cambiamento climatico che comporterà un aggravamento di frequenza e intensità degli eventi metereologici.
Per mitigare la perdita del suolo e salvaguardare l'approvvigionamento idrico nelle aree interessate da incendi boschivi, è necessario approfondire gli impatti degli incendi boschivi sui processi idrologici. Tali impatti non dipendono solo dall'estensione e dalla gravità degli incendi boschivi ma anche dalla meteorologia e dalle caratteristiche del suolo. Diversi studi, mettono in luce che la meteorologia ha un impatto maggiore sulle risposte idrologiche ed erosive nelle aree bruciate rispetto all'incendio stesso, mettendo in evidenza una forte dipendenza di scala fra risposte idro-sedimentarie e fattori trainanti.
In questo studio si sono presi come riferimento i risultati ottenuti dall'applicazione del modello OpenLISEM, i quali mettono in evidenza come l'incendio ha influito sui processi di erosione del suolo. Infatti, secondo il modello, le caratteristiche degli eventi meteorologici (quantità, intensità e periodo di ritorno) hanno un ruolo decisivo sulle risposte idro-sedimentarie. Questi risultati sono condivisi anche da Wu (2020). Il modello OpenLISEM però, ci suggerisce che gli aspetti funzionali della connettività strutturale hanno maggiore impatto delle risposte idro-sedimentarie; la connettività strutturale dipende dall'evento incendio e cioè intensità ed estensione del fuoco, mentre la risposta idro-sedimentaria dipende dalle precipitazioni.
Per ciò che riguarda la risposta idro-sedimentaria i dati indicano che la quantità delle precipitazioni è più importante della loro intensità per la resa dei sedimenti, mentre viceversa l'intensità diventa predominante per la portata di picco. Anche il fuoco assume un aspetto fondamentale per la portata di picco per gli eventi meteorologici più grandi, pari a quello dell'intensità delle precipitazioni.

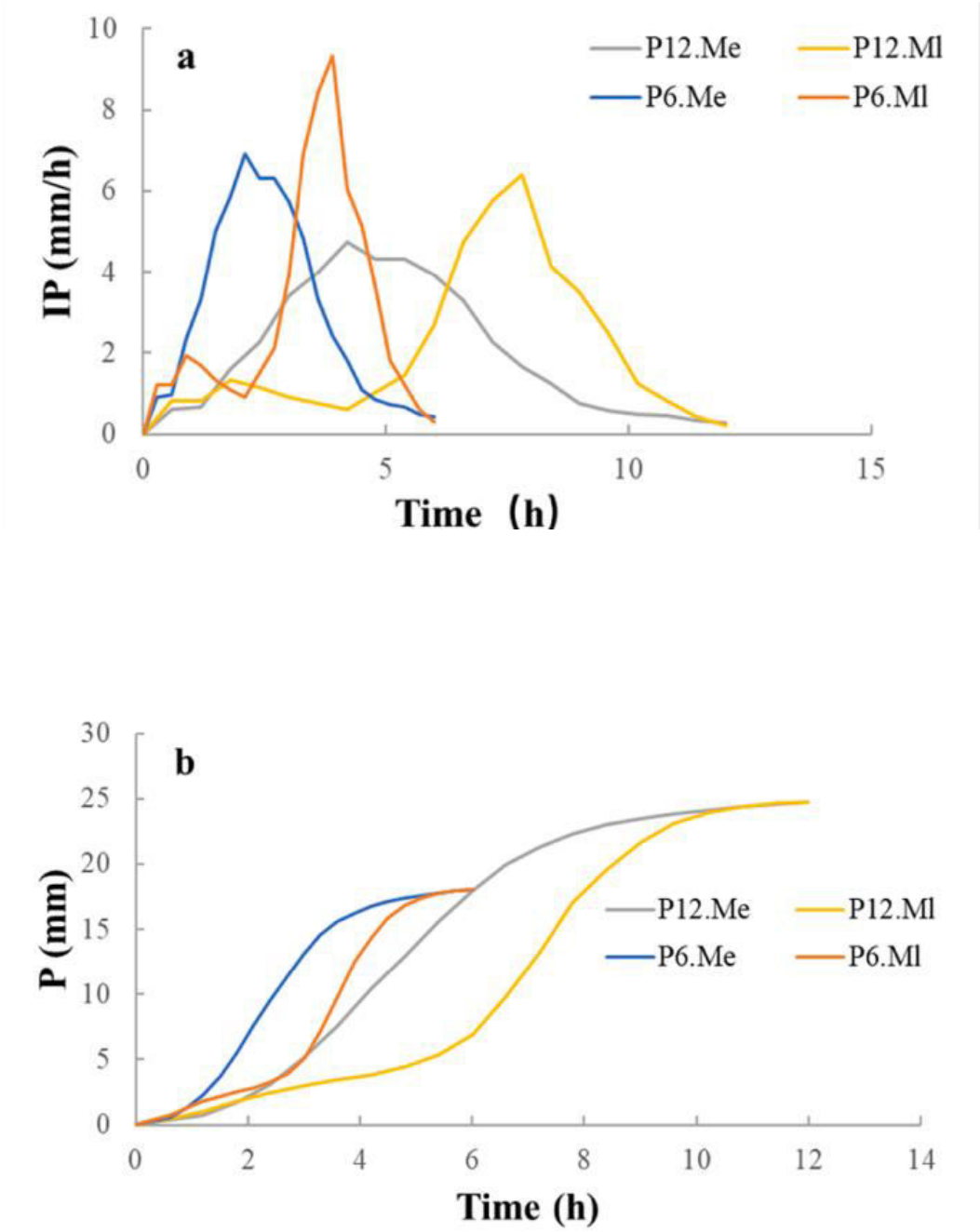


Figura 40: Quattro tempeste di progetto con periodo di ritorno di 0,2 anni (a) intensità delle precipitazioni e (b) precipitazioni cumulative totali. I temporali di 6 h con picchi precoci e tardivi (P6.Me e P6.Ml) sono rappresentati dalle linee blu e arancio, mentre i temporali di 12 h con picchi precoci e tardivi (P12.Me e P12.Ml) sono rappresentati dal grigio e linee gialle, rispettivamente. Immagine estratta dall' articolo Testing the impacts of wildfire on hydrological and sediment responseusing the OpenLISEM model. Part 2: Analyzing the effects of storm returnperiod and extreme events, di Jinfeng Wu Jantiene E.M. Baartman, Joao ˜ Pedro Nunes

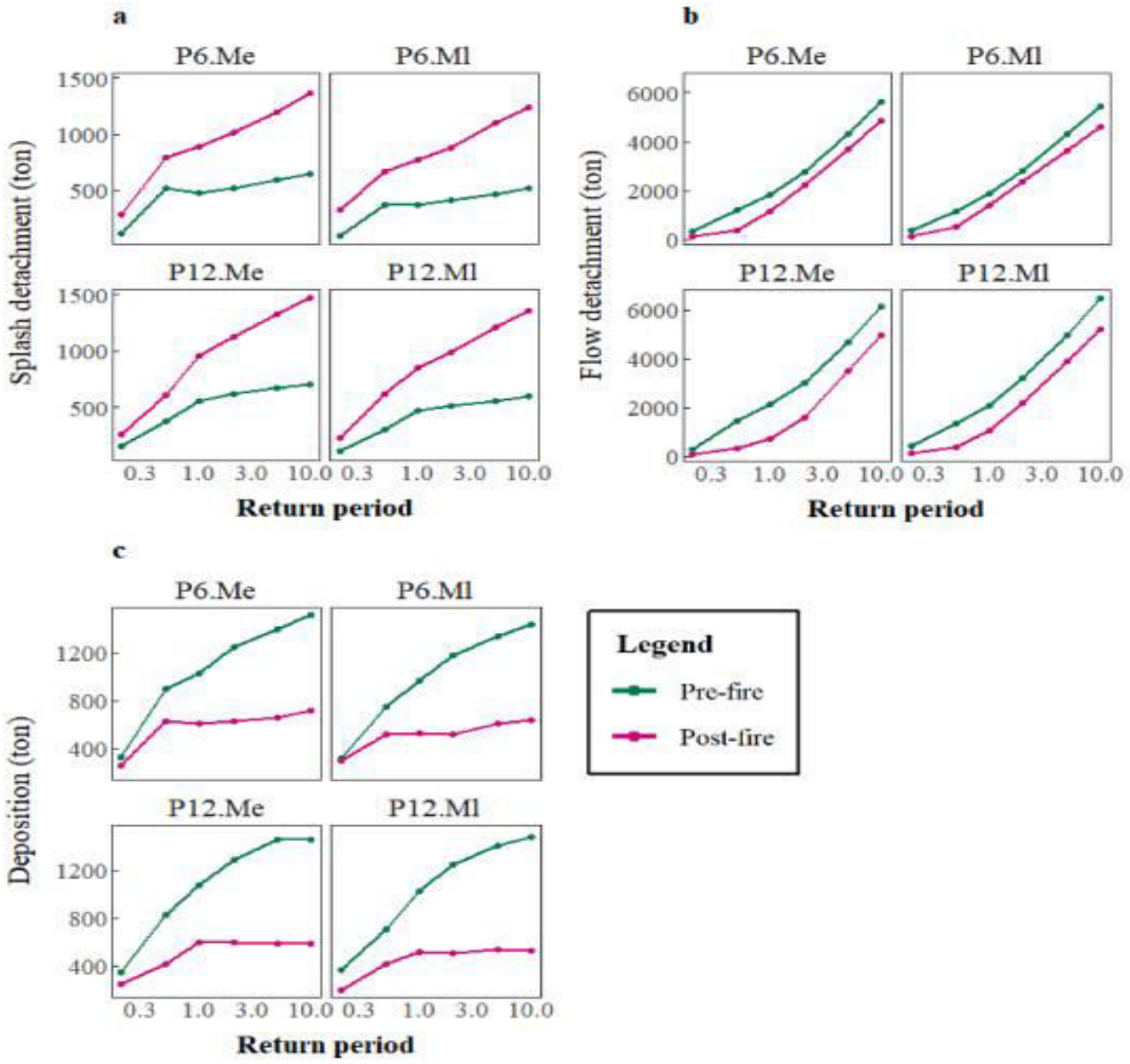


Figura 41: Distacco dovuto ai schizzi (a), distacco di flusso (b) e deposizione (c) prima e dopo l'incendio per quattro tempeste di progetto con periodo di ritorno crescente. Immagine estratta dall' articolo Testing the impacts of wildfire on hydrological and sediment responseusing the OpenLISEM model. Part 2: Analyzing the effects of storm returnperiod and extreme events, di Jinfeng Wu Jantiene E.M. Baartman, Joao ˜ Pedro Nunes

4.5 Rilascio di metalli pesanti

A causa della deposizione atmosferica, i metalli pesanti si sono depositati nel corso degli anni sulle foreste, durante l'incendio boschivo questi metalli vengono rilasciati nell'atmosfera e nei corsi di acqua.

I metalli pesanti dimostrano una forte affinità per cenere e sedimenti fini quindi gli effetti del fuoco su di essi hanno lunga durata. Infatti, il principale vettore di trasporto per i metalli sono i sedimenti, le più alte concentrazioni di trasporto dei metalli sono associate a tempeste estive ed eventi di scioglimento della neve primaverili con tassi di erosione dei materiali bruciati e dei suoli superficiali sono molto alti.

Tra i metalli pesanti più pericolosi segnaliamo il Mercurio a causa del suo potenziale di bioaccumulo e biomagnificazione può causare problemi ai consumatori di pesce. In alcuni eventi di incendio boschivo sono stati riscontrati concertazioni particolarmente elevate di Mercurio nei sedimenti e nei pesci, con valori anche superiori a quelli consigliati dall'OMS per il consumo umano.

5 Sostenibilità delle foreste

5.1 Gestione della casa e delle società vicino alle foreste

Per raggiungere l'obiettivo dello sviluppo e della produzione sostenibile delle foreste e per una più efficiente difesa del territorio, le comunità forestali devono partecipare al processo di gestione delle foreste. Il coinvolgimento delle comunità locali è fondamentale per la gestione e lo sviluppo sostenibile delle foreste. Ciò è dovuto ad un processo di conoscenza organica che la comunità sviluppa con le foreste costantemente. Infatti, molto spesso le comunità che si sviluppano nei pressi delle foreste o dei boschi sviluppano un rapporto d' interdipendenza con l'ambiente circostante e possono identificare facilmente i problemi relativi alla gestione forestale, in relazione alle loro esigenze e aspirazioni e saranno sempre felici quando gli verrà data l'opportunità di partecipare. Per far sì che le comunità forestali possano attuare delle corrette politiche sulla gestione sostenibile forestale, sono necessari finanziamenti adeguati, garanzie sulla sicurezza dei loro diritti a lungo termine e solidi rapporti di sviluppo e collaborazione con il governo locale.

5.2 Gestione e sviluppo forestale

Attualmente, milioni di ettari di foreste vengono gestiti secondo i principi della gestione forestale sostenibile. La gestione delle foreste inizia dagli alberi e si estende fino ai ruscelli, la sua influenza ricade su habitat, bacini idrografici, fauna selvatica, alberi e tronchi marci sul suolo della foresta. Queste pratiche vengono adottate in Nord America, Europa e in tutto il mondo. La gestione forestale associa una comprensione globale del processo ambientale con la conoscenza specifica del sito al fine di garantire la sopravvivenza e il rafforzamento degli ecosistemi forestali.
Con il fine di conservare le nostre risorse naturali, è nato il concetto di gestione forestale sostenibile (SFM) o corretta gestione forestale. Tradizionalmente, le foreste vengono gestite dalle comunità locali, quindi non esiste un concetto univoco di gestione sostenibile, questo può essere definito come il processo di gestione strategica delle foreste che tiene presente la produzione e la derivazione dei prodotti e servizi forestali senza alcun disturbo alla produttività e all'ambiente forestale. (Castaneda, 2000; ITTO). Quindi vi sono vari criteri per l'attuazione di una SFM:

i. Programma ITTO: Consentire la condizione e la situazione delle foreste, la loro salute, produzione, conservazione della biodiversità, protezione suolo-acqua e mantenimento degli aspetti sociali, economici e culturali dell'ecosistema forestale.
ii. Programma MCPFE: Contribuire al ciclo globale del carbonio mantenendo e migliorando le risorse forestali, mantenendo la salute e la vitalità dell'ecosistema forestale, incoraggiando la produzione di legname e NTFP, conservazione della biodiversità, pratiche di gestione adeguate e mantenimento delle condizioni socioeconomiche.
iii. Programma MONTREAL: conservazione della biodiversità, sviluppo della capacità produttiva dell'ecosistema forestale, mantenimento della salute e della vitalità dell'ecosistema forestale, conservazione suolo-acqua, mantenimento del ciclo globale del carbonio, miglioramento dei benefici socioeconomici a lungo termine e corretta applicazione delle norme legali e quadro istituzionale.

La diversità delle dimensioni della struttura forestale e della composizione delle specie sul paesaggio deve essere mantenuta, poiché le foreste cambiano costantemente, ma la loro traiettoria di cambiamento è periodicamente alterata da incendi, piante invasive, insetti e malattie, raccolti e condizioni climatiche avverse. Alberi vigorosi e la diversità delle foreste possono sopravvivere meglio con tali disturbi e continuare a funzionare come foreste.
La qualità e la quantità dell'acqua, la produttività del suolo dovrebbero essere mantenute e dovrebbe essere presa in considerazione la riduzione al minimo dell'erosione e della

contaminazione del suolo. Il mantenimento e l'aumento della capacità di rendimento duraturo dei prodotti forestali legnosi e non legnosi dovrebbero essere impiegati per lo sviluppo economico. L'occupazione basata sulle foreste e il coinvolgimento della comunità è uno dei principali obiettivi da raggiungere poiché le operazioni ecologiche mercantili possono essere il mezzo più efficiente per variare la composizione e la struttura delle foreste per raggiungere vari obiettivi, come il ripristino dell'habitat, la riduzione del combustibile pericoloso, e l'attenuazione delle specie ostili.

6 Estratto report IPCC (02/2022)

Impatti diffusi e pervasivi sugli ecosistemi, sulle persone, sugli insediamenti e sulle infrastrutture sono stati osservati con l'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi estremi climatici e meteorologici. Questi impatti sono stati attribuiti al cambiamento climatico indotto dall'uomo e includono: l'aumento della mortalità umana correlata al calore, lo sbiancamento e la mortalità dei coralli di acqua calda e l'aumento della mortalità degli alberi correlata alla siccità. Gli aumenti osservati nelle aree bruciate dagli incendi sono stati attribuiti al cambiamento climatico indotto dall'uomo in alcune regioni. Sono aumentati anche gli impatti negativi dei cicloni tropicali, con relative perdite e danni, dovuti all'innalzamento del livello del mare e dell'aumento delle forti precipitazioni.

Previsioni a medio e lungo termine, suggeriscono che le migrazioni di masse di popolazioni aumenterà con l'intensificarsi delle forti precipitazioni e delle inondazioni associate, dei cicloni tropicali, della siccità e, sempre più, dell'innalzamento del livello del mare. Prendendo in considerazione livelli di riscaldamento globale più elevati, gli impatti delle condizioni meteorologiche e climatiche estreme, in particolare la siccità, aumentando la vulnerabilità daranno vita a violenti conflitti tra nazioni.

Sono ancora possibili molteplici percorsi attraverso i quali le comunità, il settore privato, i governi, le nazioni e il mondo possono perseguire uno sviluppo sicuro e sostenibile, ciascuno dei quali coinvolge e risulta da diverse scelte sociali influenzate da diversi contesti, opportunità e vincoli. I percorsi di sviluppo sicuro e sostenibile sono progressivamente vincolati da ogni incremento del riscaldamento, in particolare oltre 1,5°C, disuguaglianze sociali ed economiche e l'equilibrio tra adattamento e mitigazione

Le opportunità per uno sviluppo sicuro e sostenibile non sono equamente distribuite nel mondo. Gli impatti e i rischi climatici esacerbano la vulnerabilità e le disuguaglianze sociali ed economiche e, di conseguenza, aumentano le sfide persistenti e acute allo sviluppo, in particolare nelle regioni e sotto regioni in via di sviluppo, e in siti particolarmente esposti, comprese le coste, le piccole isole, i deserti, le montagne e le regioni polari. Questo a sua volta mina gli sforzi per raggiungere uno sviluppo sostenibile, in particolare per le comunità vulnerabili ed emarginate.

Integrare un adattamento e una mitigazione efficaci ed equi nella pianificazione dello sviluppo può ridurre la vulnerabilità, conservare e ripristinare gli ecosistemi e consentire uno sviluppo sicuro e sostenibile. Ciò è particolarmente impegnativo nelle località con divari di sviluppo persistenti e risorse limitate. Esistono compromessi dinamici e priorità contrastanti tra mitigazione, adattamento e sviluppo. Soluzioni integrate e inclusive basate sull'equità e sulla giustizia sociale e climatica riducono i rischi e consentono uno sviluppo sostenibile. Perseguire un tale sviluppo, si concentra sia su dove si trovano le persone e gli ecosistemi, sia sulla protezione e sul mantenimento della funzione dell'ecosistema su scala planetaria.

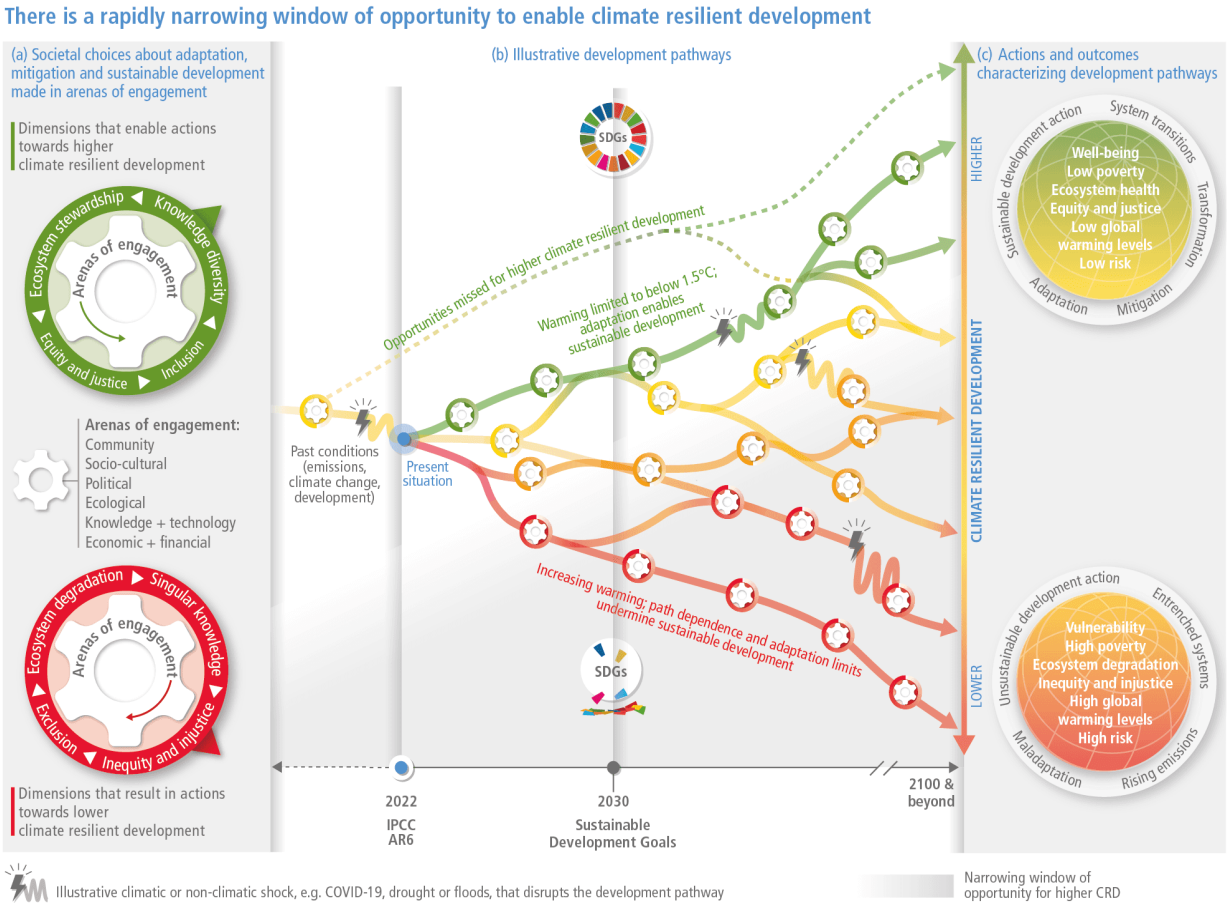


Figura 42: Fonte report IPCC Febbraio 2022

Nella figura viene mostrato lo sviluppo sicuro e sostenibile CRD (climate resilient development) è il processo di attuazione di misure di mitigazione e adattamento dei gas serra a sostegno dello sviluppo sostenibile.

Riquadro (a): le scelte della società verso un CRD più elevato (green cog) o un CRD più basso (red cog) derivano dall'interazione di decisioni e azioni di diversi attori del governo, del settore privato e della società civile, nel contesto dei rischi climatici, dei limiti di adattamento e dei divari di sviluppo. Questi attori si impegnano in azioni di adattamento, mitigazione e sviluppo in ambito politico, economico e finanziario, ecologico, socioculturale, della conoscenza e della tecnologia e della comunità, dal livello locale a quello internazionale. Le opportunità per uno sviluppo resiliente al clima non sono equamente distribuite nel mondo.

Riquadro (b): cumulativamente, le scelte sociali, che vengono fatte continuamente, spostano i percorsi di sviluppo globale verso un CRD più elevato (verde) o più basso (rosso). Le condizioni passate (emissioni passate, cambiamento climatico e sviluppo) hanno già eliminato alcuni percorsi di sviluppo verso un CRD più elevato (linea verde tratteggiata).

Riquadro (c): CRD più elevato è caratterizzato da risultati che promuovono lo sviluppo sostenibile per tutti. Lo sviluppo resiliente al clima è progressivamente più difficile da raggiungere con livelli di riscaldamento globale superiori a 1,5°C. I progressi inadeguati verso gli obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG) entro il 2030 riducono le prospettive di sviluppo sicuro e sostenibile. C'è una finestra di opportunità che si restringe per spostare i percorsi verso un futuro di sviluppo più resiliente ai cambiamenti climatici, come si evince dai limiti di adattamento e dall'aumento dei rischi climatici, considerando i restanti budget di carbonio.

7 Bibliografia

- John T. Abatzogloua, and A. Park Williamsb.
  Impact of anthropogenic climate change on wildfire across western US forests.
- B. J. Stoccks et al.
  Climate change and forest fires potential in Russia and Candian boreal forests. In PNAS August 2021.
- Marcus Lindner, Michael Maroschek, Sigrid Netherer, Antoine Kremer, Anna Barbati, Jordi Garcia-Gonzalo, Rupert Seidl, Sylvain Delzon, Piermaria Corona, Marja Kolstro, Manfred J. Lexer, Marco Marchetti.
  Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems.
  In journal Elsevier Spt. 2009.
- Paul J. Hansona, Jake F. Weltzinb.
  Drought disturbance from climate change: response of United States forests.
  In journal Elsevier March 2000
- Mike D. Flannigan, Meg A. Krawchuk, William J. de Groot, B. Mike Wotton and Lynn M. Gowman.
  Implications of changing climate for global wildland fire.
  In International Journal of Wildland Fire 2009.
- J. A. Marengo and J. C. Espinoza.
  Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends, and impacts.
  In International journal of climatology July 2015.
- Matteo Bo, Luca Mercalli, Federica Pognant, Daniele Cat Berro, Marina Clerico.
  Urban air pollution, climate change and wildfires: The case study of an extended forest fire episode in northern Italy favored by drought and warm weather conditions.
  In In journal Elsevier Spt. 2009
- Giancarlo Cesti
  Incendi boschivi: la gestione del cambiamento tra politiche forestali, previsione, prevenzione e lotta attiva.
  ISA.
- Valentina Bacciu.
  Crisi climatica e foreste.
  ISA.

- Jinfeng Wu, Jantiene E.M. Baartman, Joao Pedro Nunes.
  Testing the impacts of wildfire on hydrological and sediment response using the OpenLISEM model. Part 2: Analyzing the effects of storm return period and extreme events.
  In In journal Elsevier August 2021.
- Sheikh Mansoor, Iqra Farooq, M. Mubashir Kachroo, Alaa El Din Mahmoud, Manal Fawzy, Simona Mariana Popescu, M.N. Alyemeni, Christian Sonne, Jorg Rinklebe, Parvaiz Ahmad.
  Elevation in wildfire frequencies with respect to the climate change.
  In In journal Elsevier September 2021.
- Kevin D. Bladon, Monica B. Emelko, Uldis Silins and Micheal Stone.
  Wildfire and the Future of Water Supply
  In ACS Publication October 2021
- Dennis W. Hallema, Ge Sun, Peter V. Caldwell3, Steven P. Norman4, Erika C. Cohen, Yongqiang Liu5, Kevin D. Bladon & Steven G. McNulty.
  Burned forests impact water supplies.
  In NATURE COMMUNICATIONS 2018

8 RINGRAZIAMENTI

È necessario, dedicare queste poche righe, poste alla fine della mia tesi, ai ringraziamenti di quelli che durante il mio percorso mi hanno dimostrato la loro vicinanza ed hanno contribuito alla stesura della stessa.

In primis, un ringraziamento speciale alla mia relatrice Clerico Marina, per la sua immensa pazienza, per i suoi indispensabili consigli.

Ringrazio infinitamente i miei genitori che mi hanno sempre sostenuto, appoggiando ogni mia decisione, fin dalla scelta del mio percorso di studi.

Un grazie di cuore ai miei colleghi del distaccamento VVF SUSA e direzione regionale Piemonte VVF; in particolar modo CR Graspin, CR Pelissero, CS Oldani, CS Rovere e il capo dei volontari Susa AIB Paschero, che mi hanno aiutato nel reperimento dei materiali necessari alla stesura.