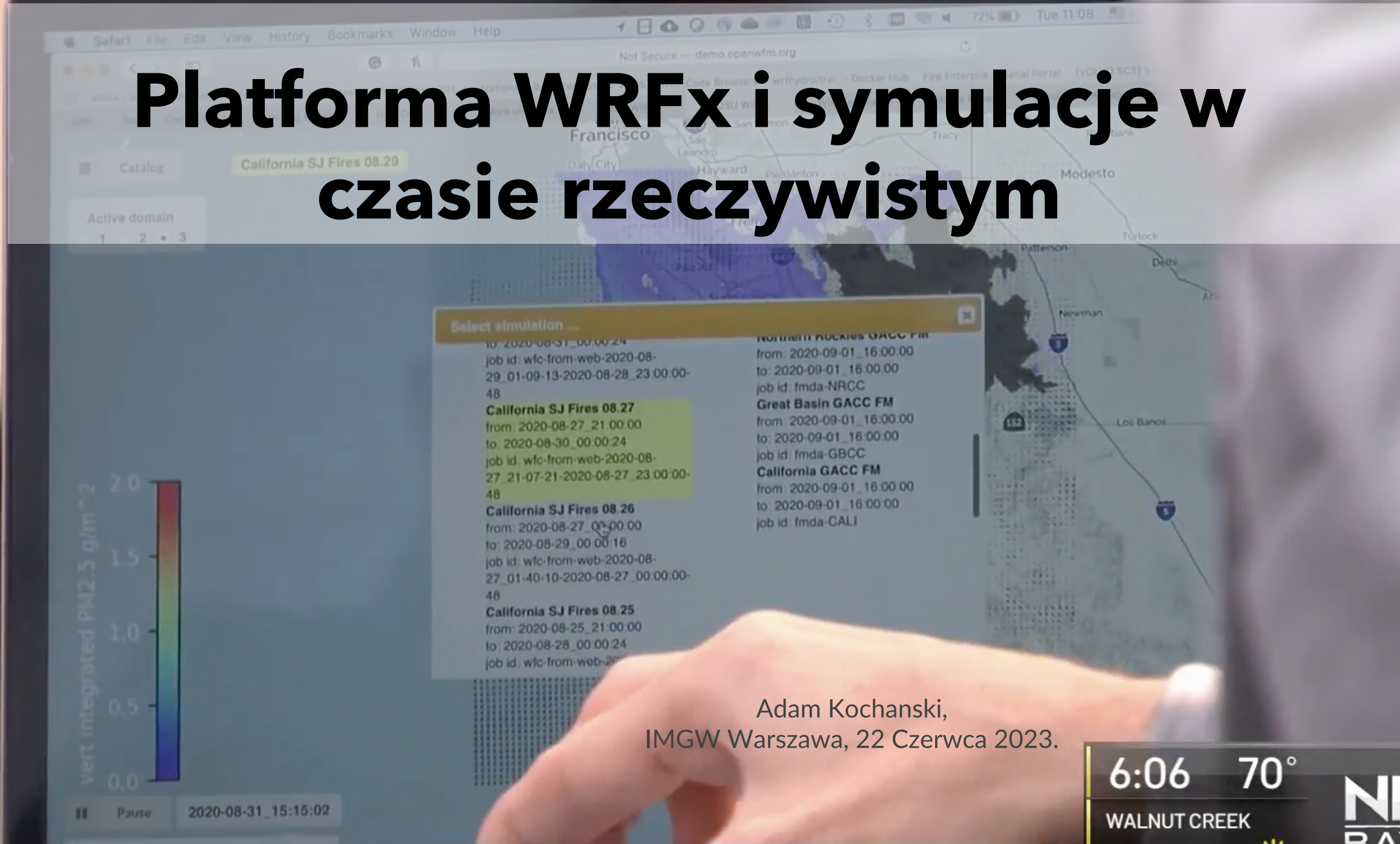


# Platforma WRFx i symulacje w czasie rzeczywistym



Adam Kochanski,  
IMGW Warszawa, 22 Czerwca 2023.





## Zarys wykładu

- Środowisko pożarowe a trójkąt ognia
- Wilgotność paliwa i jej rola w zachowaniu pożaru
- Modelowanie wilgotności
- Opis systemu WRFx i jego aplikacje
- Podstawowe funkcjonalności
- Przykłady zastosowań

California SJ Fires 08.29

California SJ Fires 08.27  
from: 2020-08-27\_21:00:00  
to: 2020-08-30\_00:00:24  
job id: wfc-from-web-2020-08-27\_21-07-21-2020-08-27\_23:00:00-48

California SJ Fires 08.26  
from: 2020-08-27\_00:00:00  
to: 2020-08-29\_00:00:16  
job id: wfc-from-web-2020-08-27\_01-40-10-2020-08-27\_00:00:00-48

California SJ Fires 08.25  
from: 2020-08-25\_21:00:00  
to: 2020-08-28\_00:00:24  
job id: wfc-from-web-2020-08-25-21-00-00-24

Northern Rockies GACC FM  
from: 2020-09-01\_16:00:00  
to: 2020-09-01\_16:00:00  
job id: fmda-NRCC

Great Basin GACC FM  
from: 2020-09-01\_16:00:00  
to: 2020-09-01\_16:00:00  
job id: fmda-GBCC

California GACC FM  
from: 2020-09-01\_16:00:00  
to: 2020-09-01\_16:00:00  
job id: fmda-CALI

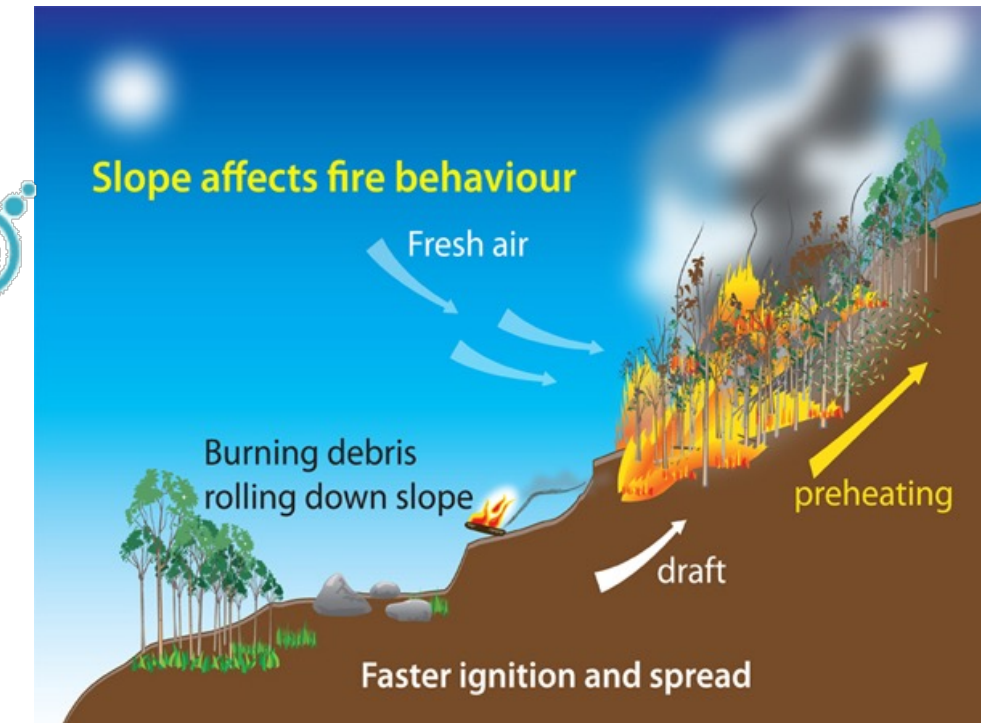


# Środowisko pożarowe

Wiatr usprawnia transport tlenu z atmosfery do paliwa, przechyla płomienie i wzmacnia ogrzewanie konwekcyjne oraz kontroluje rozprzestrzenianie się ognia.

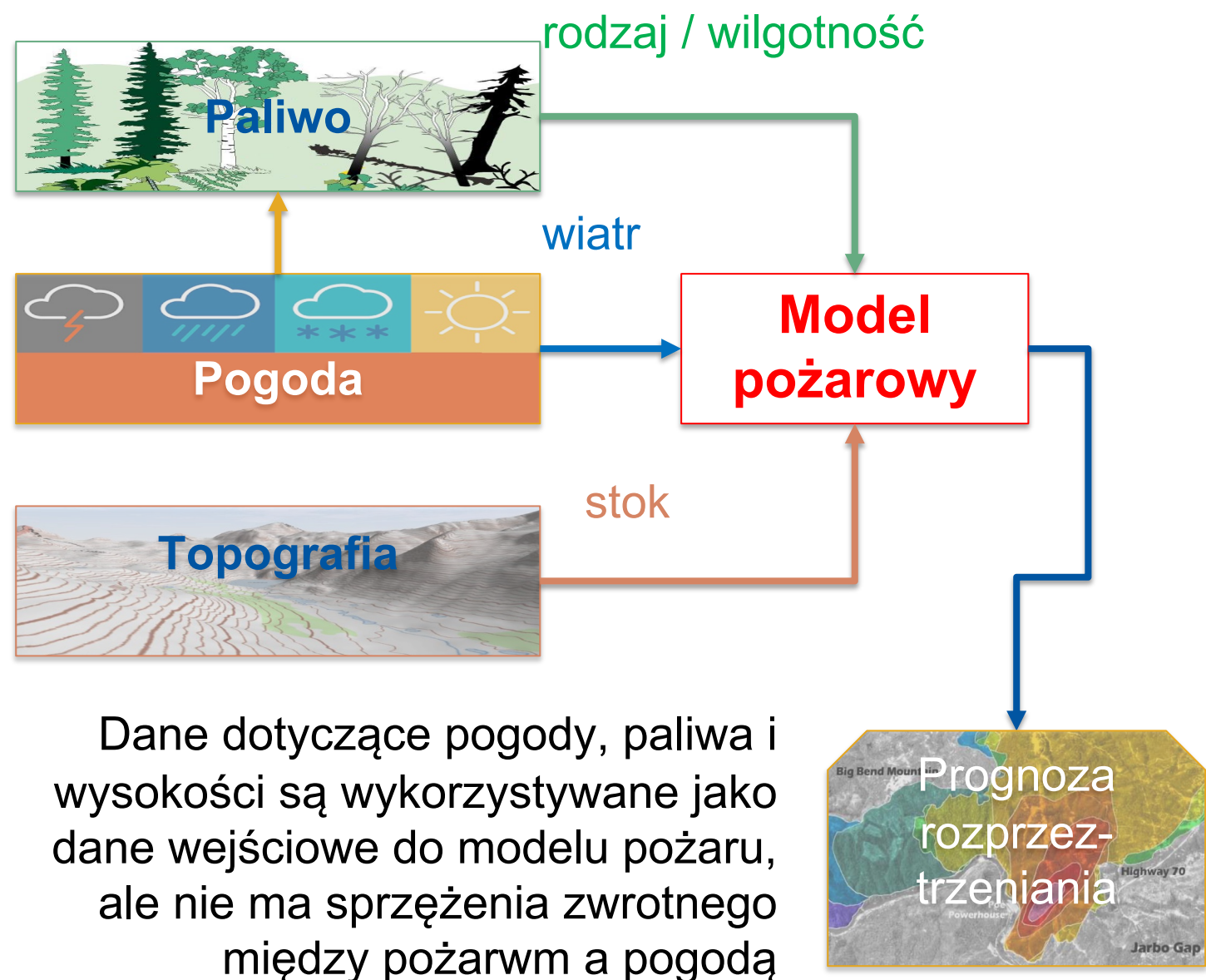
Silniejszy wiatr=szybciej rozprzestrzeniający się pożar

Właściwości paliwa, takie jak rodzaj paliwa, ładunek paliwa (masa paliwa na jednostkę powierzchni), dystrybucja paliwa i wilgotność paliwa, natężenie ognia i szybkość rozprzestrzeniania się



Strome zbocza przyspieszają rozprzestrzenianie się ognia (przechylenie płomienia zwiększa wstępne nagrzewanie)

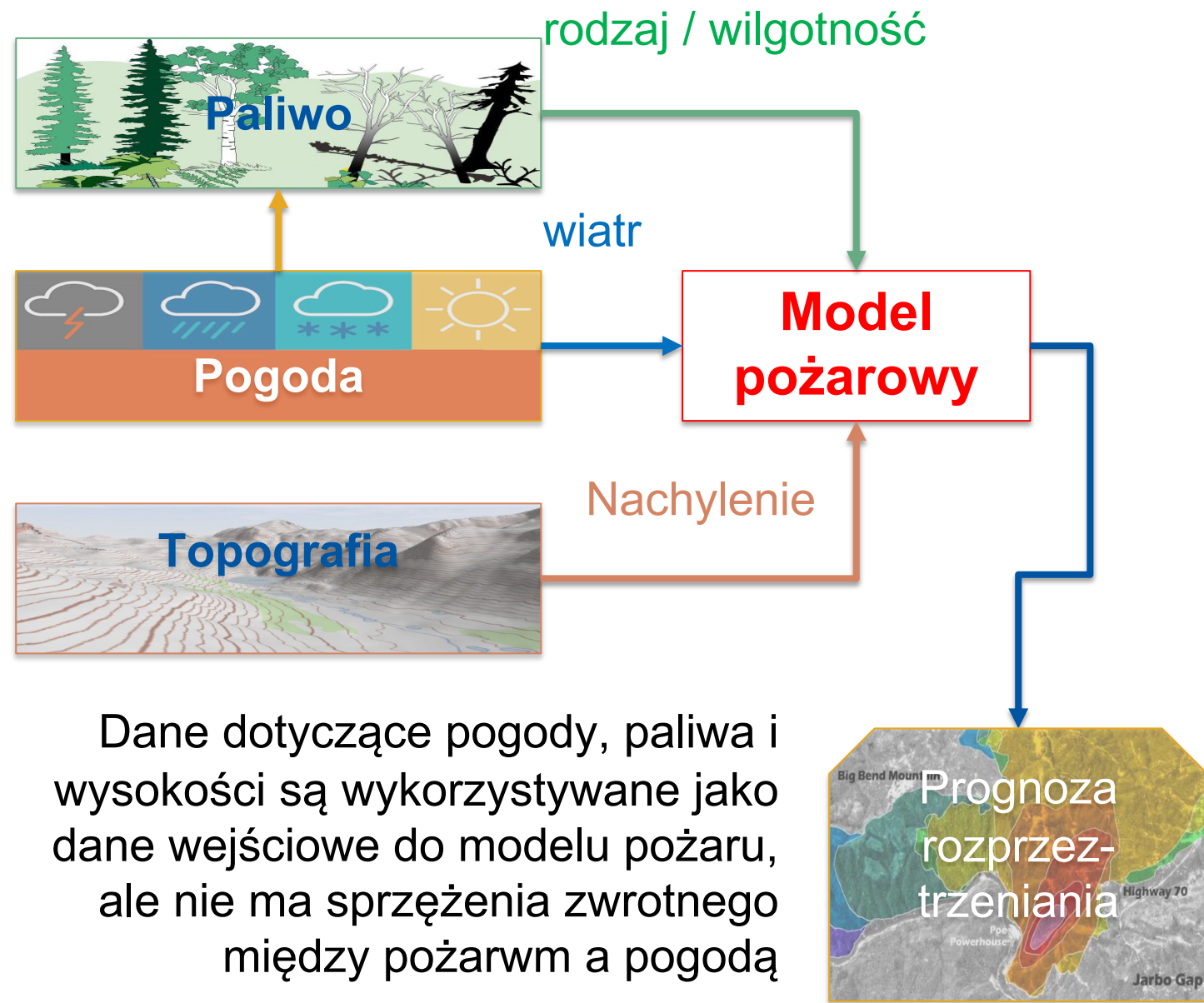
# Niesprężone modelowanie pożaru



Behave, Farsite, Prometheus, FSPro...

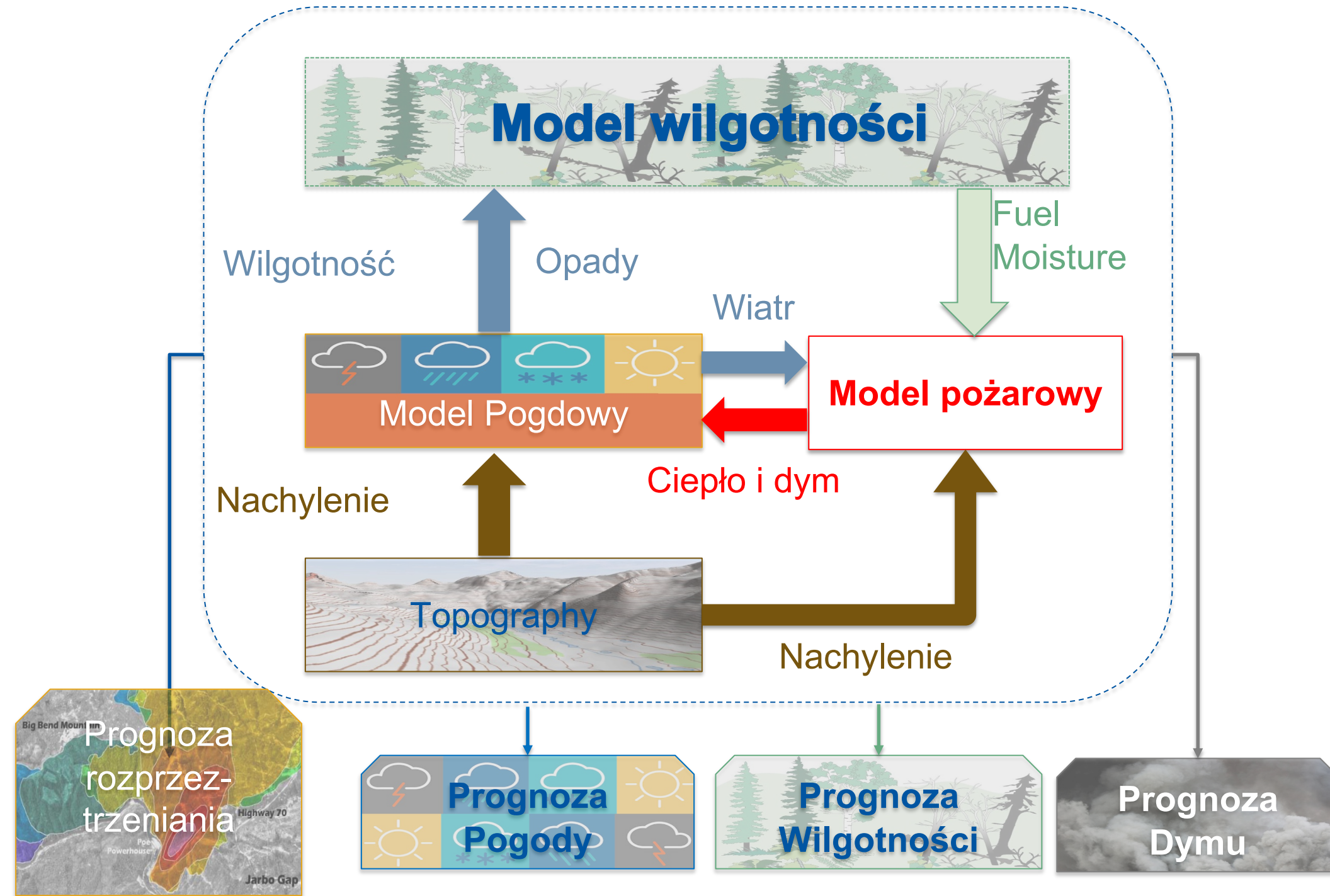


# Niesprężone vs. sprzężone modelowanie POŻARU



Dane dotyczące pogody, paliwa i wysokości są wykorzystywane jako dane wejściowe do modelu pożaru, ale nie ma sprzężenia zwrotnego między pożarwm a pogodą

Behave, Farsite, FlamMap Prometheus, FSPro...



Sam pożar wpływa na lokalną pogodę poprzez uwalnianie ciepła i dym. Lokalne warunki pogodowe spowodowane pożarem napędzają wilgotność paliwa i rozprzestrzenianie się ognia

Neso-NH For Fire, WRF-SFIRE, CAWFE

# Charakterystyka paliwa i jej wpływ na pożar

*Zwartość*

*Ładunek*

*Ciągłość  
Pozioma*

*Pionowe  
Rozmieszczenie*

Zapłon

Rozpres-  
trzenie

Intensywność

Spotting

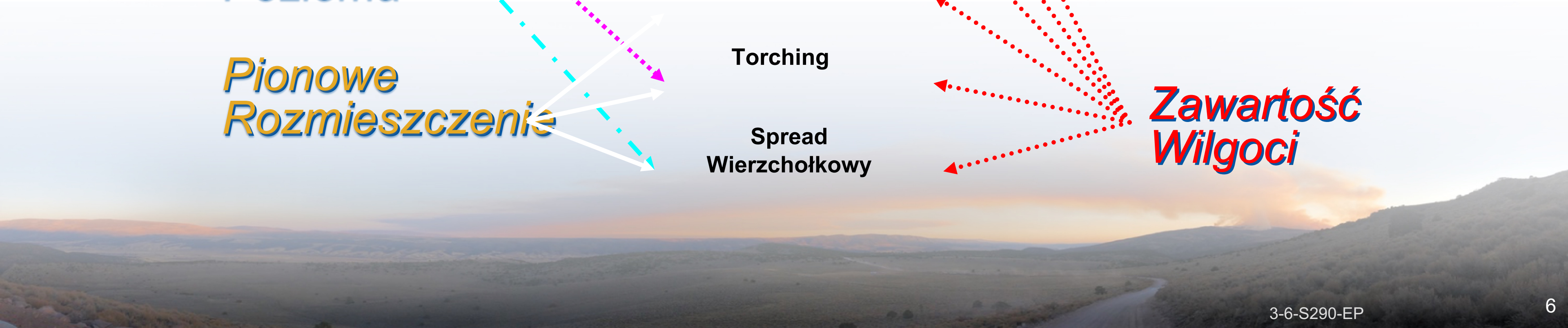
Torching

Spread  
Wierzchołkowy

*Zawartość  
Chemiczna*

*Rozmiar i  
Kształt*

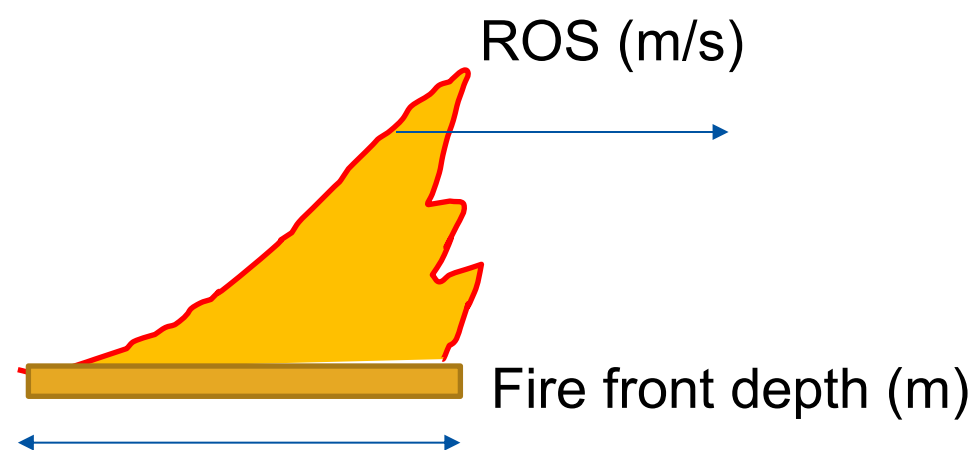
*Zawartość  
Wilgoci*





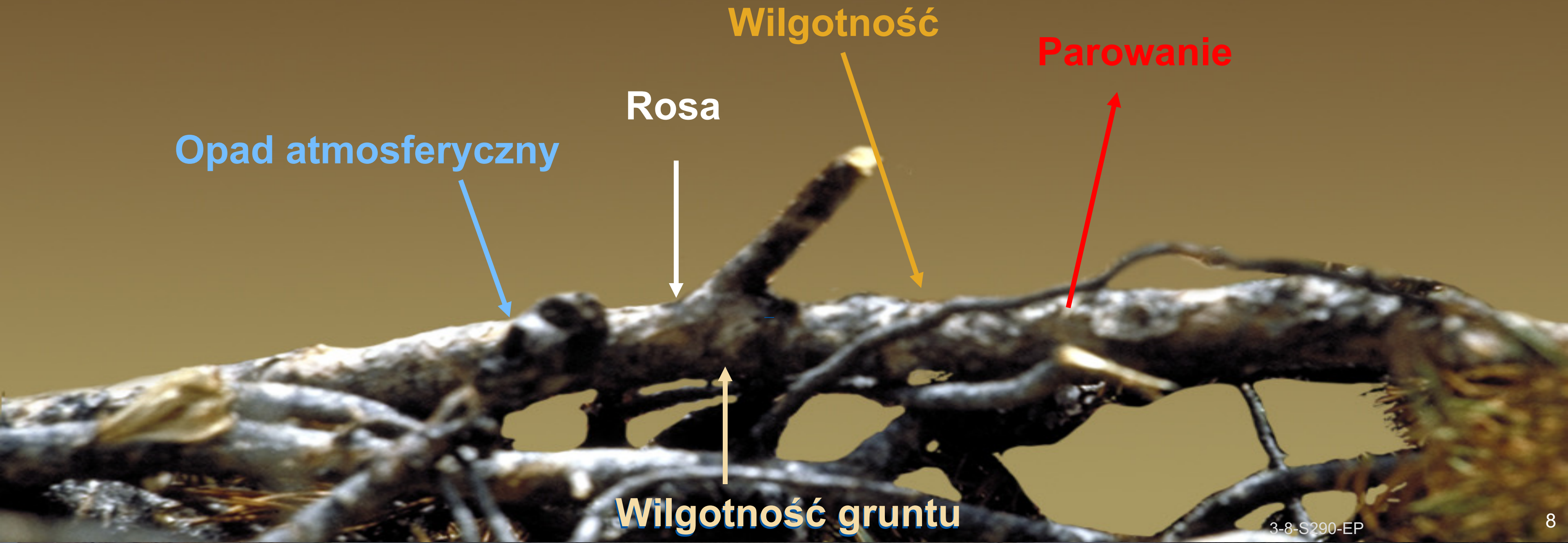
## Szybkość spalania paliwa i zawartość wilgoci

- Wpływ wilgoci paliwa na zachowanie ognia polega na spowolnieniu tempa spalania lub tempa zużycia paliwa.
- W przypadku pożaru na linii rozprzestrzeniania średni stopień spalania można obliczyć na podstawie masy paliwa zużytego na jednostkę powierzchni gruntu podzielonej przez czas potrzebny do zużycia paliwa na danym obszarze
- Wysoka zawartość wilgoci w paliwie opóźnia tempo zużycia paliwa na jednostkę powierzchni spalania ( $\text{kg m}^{-2}, \text{s}^{-1}$ ) poprzez zmniejszenie masy zużywanego paliwa i wydłużenie czasu spalania cząstek stałych (**czas przebywania**).
- Czas przebywania ognia: czas, w którym płomień przebywa na pojedynczych cząstkach w strefie spalania warstwy paliwa



Czas przebywania = Grubość Frontu/Prędkość Roprzestrzeniania

# Zawartość wilgoci w paliwie





## Wilgotność paliwa **żywego** i **martwego**

- **Wilgotność martwego paliwa** – rzadko poniżej 3-4%, waha się ze względu na warunki środowiskowe.
- **Wilgotność paliwa w żywych paliwach** – zakres znacznie wyższy, z zawartością wilgoci 300% lub więcej, waha się znacznie wolniej, odnosi się do sezonu wegetacyjnego i wilgotności gleby.





# Zawartość wilgoci paliwa żywego

Wilgotność żywego paliwa odnosi się do zawartości wody w żywych roślinach, na którą wpływa cykl wegetatywny

Wilgotność (%)	Etap rozwoju wegetatywnego
300	Świeże liście, rośliny jednoroczne rozwijające się na wczesnym etapie cyklu wegetacyjnego
200	Dojrzewające liście, wciąż rozwijające się
100	Dojrzałe liście, nowy wzrost kompletny i porównywalny ze starszymi liśćmi wieloletnimi
50	Wejście w stan spoczynku, rozpoczynające się zabarwienie, niektóre liście opadają z łodyg; również wskazujące na warunki suszy
<30	Całkowicie wykurowane (traktowany jako martwe paliwo)



# Wilgotność martwego paliwa

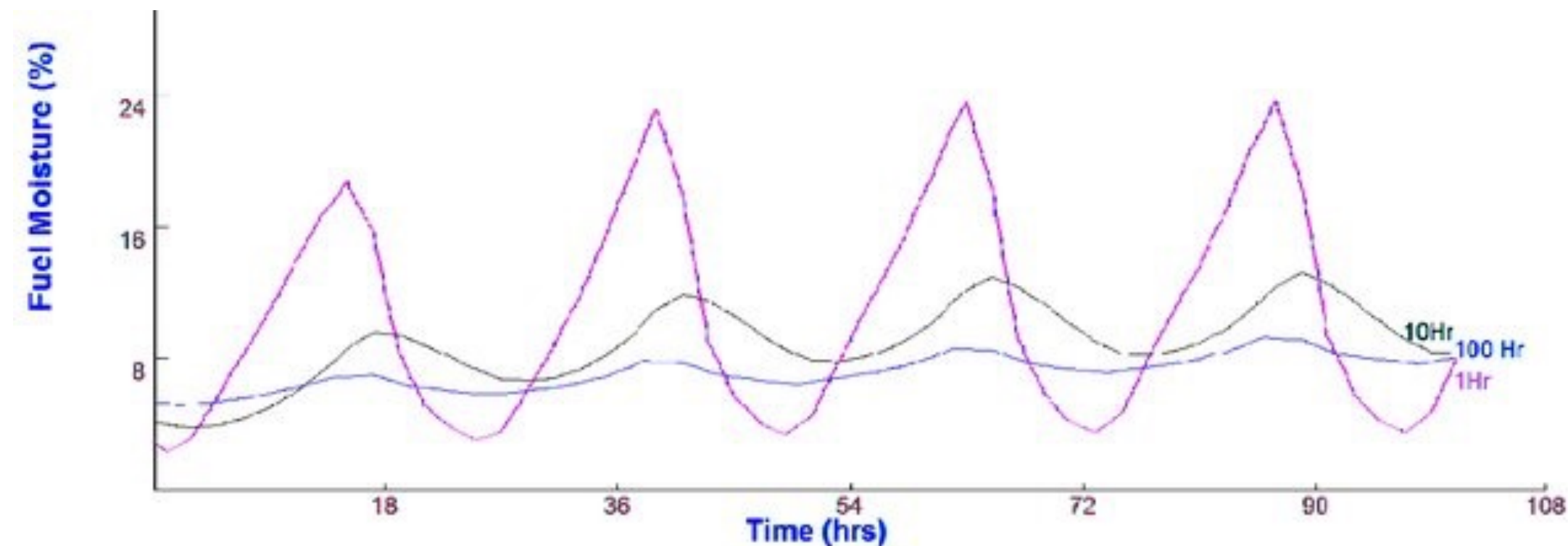
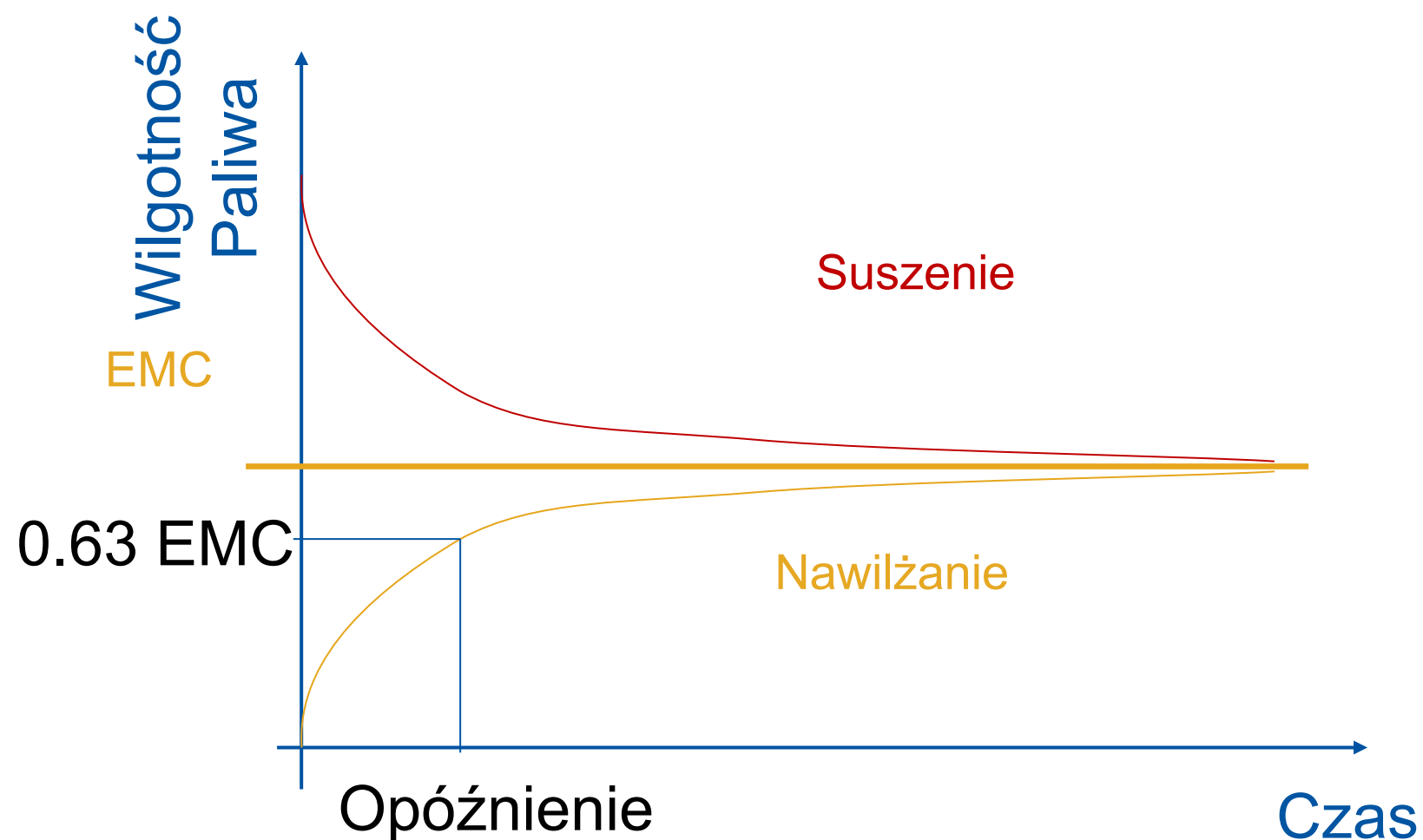
- Wilgotność paliwa nieożywionego, która reaguje wyłącznie na warunki otoczenia.
- Wilgotność martwego paliwa jest klasyfikowana według opóźnienia czasowego, gdzie opóźnienie czasowe paliwa, które jest proporcjonalne do średnicy paliwa, jest luźno zdefiniowane jako czas, w którym cząstka paliwa osiąga 2/3 drogi do równowagi z lokalnym środowiskiem.
- Paliwa martwe klasyfikuje się przy użyciu czterech klas paliwa:
  - 1-h paliwo < 6 mm średnicy
  - 10-h paliwo 6-25 mm średnicy
  - 100-h paliwo 25-75 mm średnicy
  - 1000-h paliwo 75–200 mm średnicy



# Wilgotność martwego paliwa

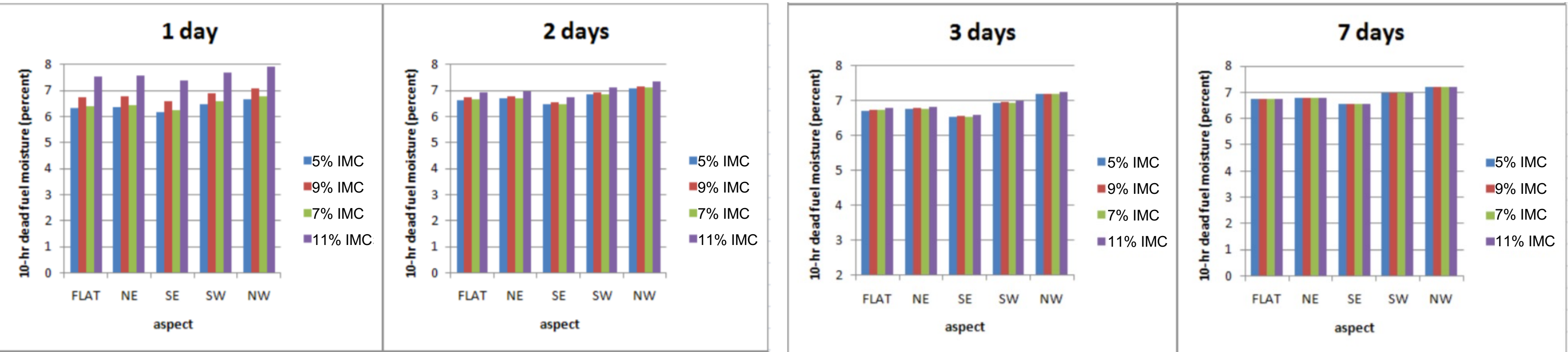
**Opóźnienie czasowe** - Czas potrzebny w określonych warunkach, aby cząstka paliwa straciła około 63% różnicy między początkową zawartością wilgoci a zawartością równowagową (EMC).

Equilibrium Moisture Content (EMC) – **wilgotność równowagowa** – zawartość wilgoci w elemencie paliwowym, po wystawieniu na działanie danych warunków atmosferycznych przez nieskończenie długi czas





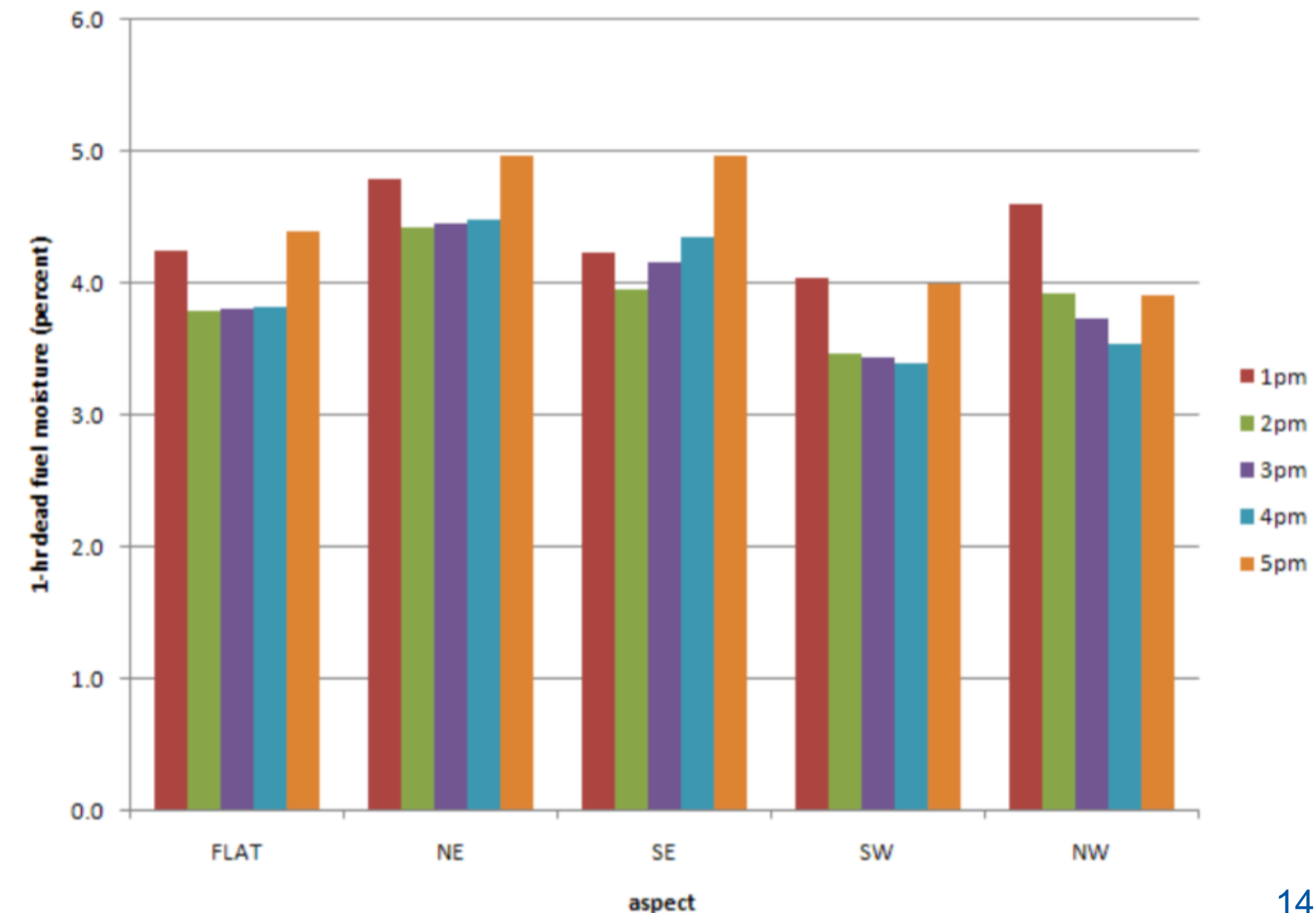
# Pamięć wilgotności paliwa



- Początkowo ze względu na efekt pamięci wilgotności paliwa występuje znaczna zmienność wilgotności paliwa w zależności od początkowych wartości wilgotności (IMC) (6,2% -8%).
- Mimo narażenia na te same warunki środowiskowe różnica FMC między próbką suchą i moką wynosi prawie 2%.
- W miarę upływu czasu wszystkie paliwa zbliżają się do tego samego EMC, a po 7 dniach wszystkie próbki mają podobną wilgotność paliwa, niezależnie od ich początkowej zawartości wilgoci
- To oznacza, że prawidłowa inicjalizacja 10-godzinowego paliwa będzie wpływała na wyniki przez 7 kolejnych dni, dlatego odpowiednia inicjalizacja na początku symulacji jest kluczowa, szczególnie dla klas paliwowych o większych rozmiarach – 10 h, 100 h, 1000 h.

# Dobowe trendy wilgotności paliwa

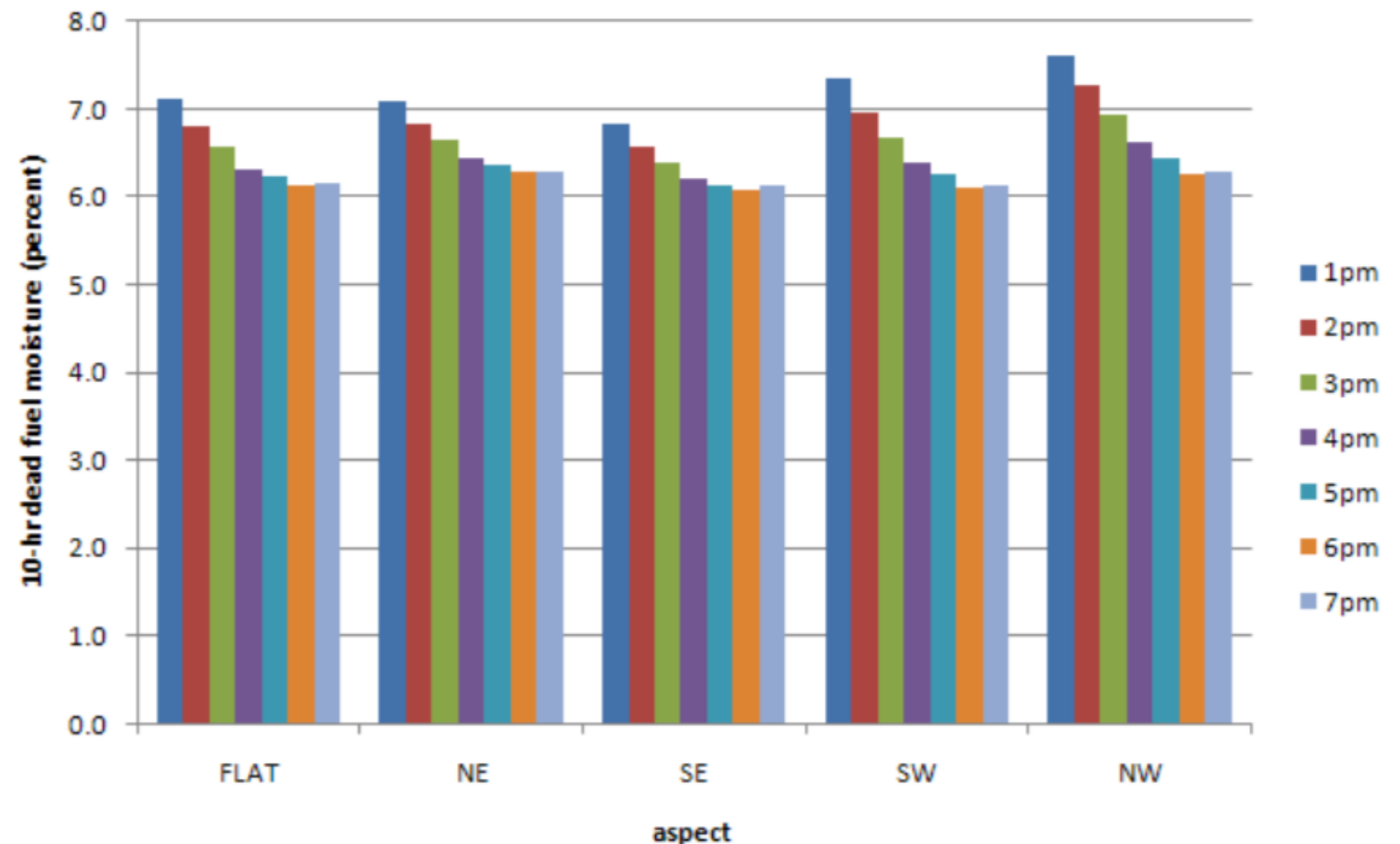
- Ponieważ różne klasy paliwa reagują na warunki pogodowe z różnymi opóźnieniami, zawartość wilgoci w paliwie martwym osiąga minimum o różnych porach dnia, w zależności od klasy wilgotności paliwa;
- Oto przykład wilgotności paliwa 1h o różnych porach dnia na różnych stokach
- Należy pamiętać, że na stokach południowo-zachodnich 1h wilgotność jest niższa niż na innych stokach lub płaskim podłożu
- Najwyższa wilgotność paliwa występuje zazwyczaj na północno-wschodnich stokach
- W zależności od kierunku zbocza minimum wilgotność paliwa 1h występuje między 14:00 a 16:00





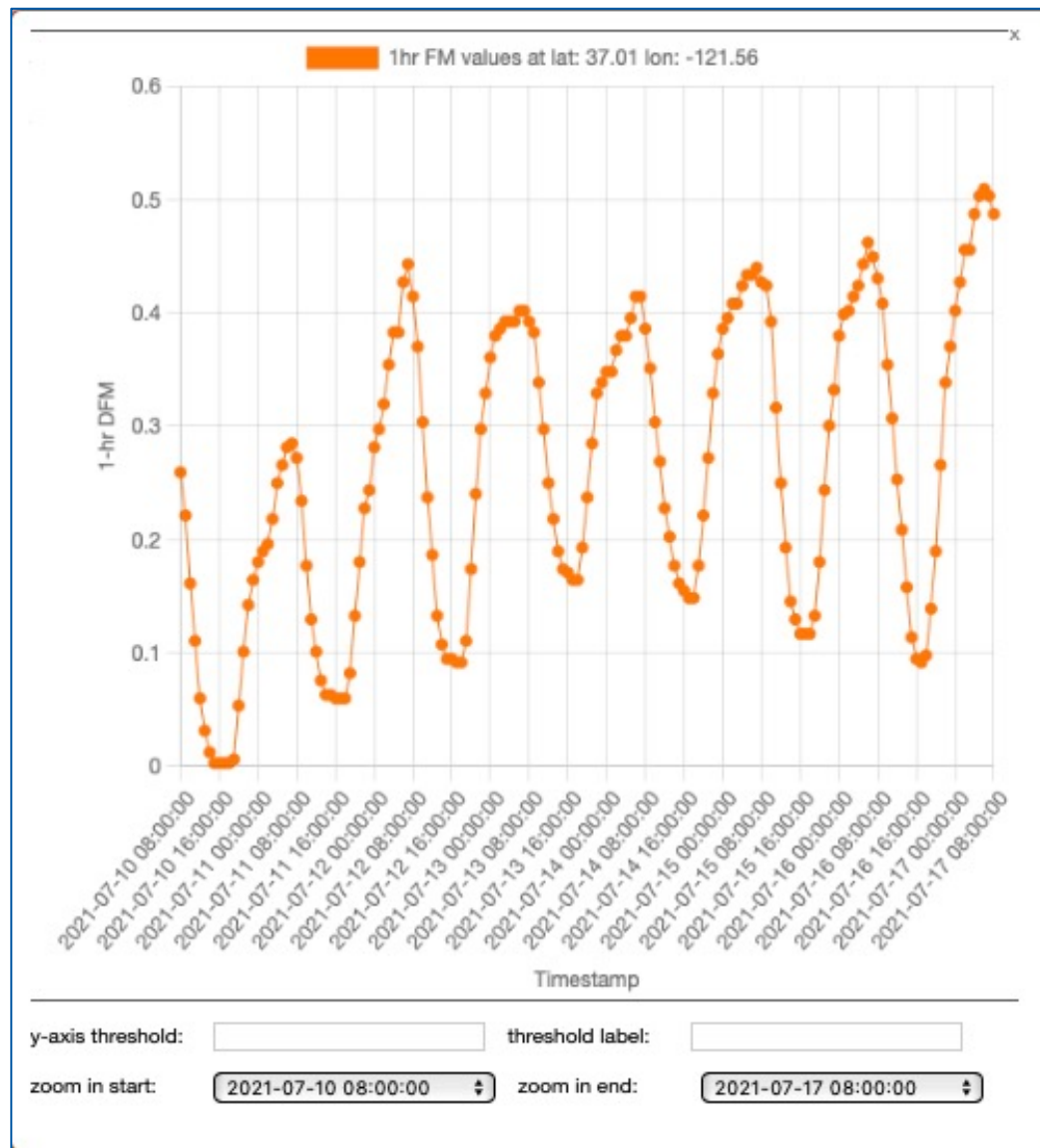
# Dobowe trendy wilgotności paliwa

- Wilgotność paliwa 10h zazwyczaj osiąga minimum później w ciągu dnia, zwykle o 18:00
- Czułość zmiany wilgotności paliwa 10h w czasie w stosunku do nachylenia jest mniejsza niż dla wilgotności paliwa 1h
- Ponadto, niezależnie od nachylenia, minimalna wilgotność paliwa 10h występuje mniej więcej o tej samej porze dnia
- Stoki południowo wschodnie mają najmniejszą dobową zmianę wilgoci.

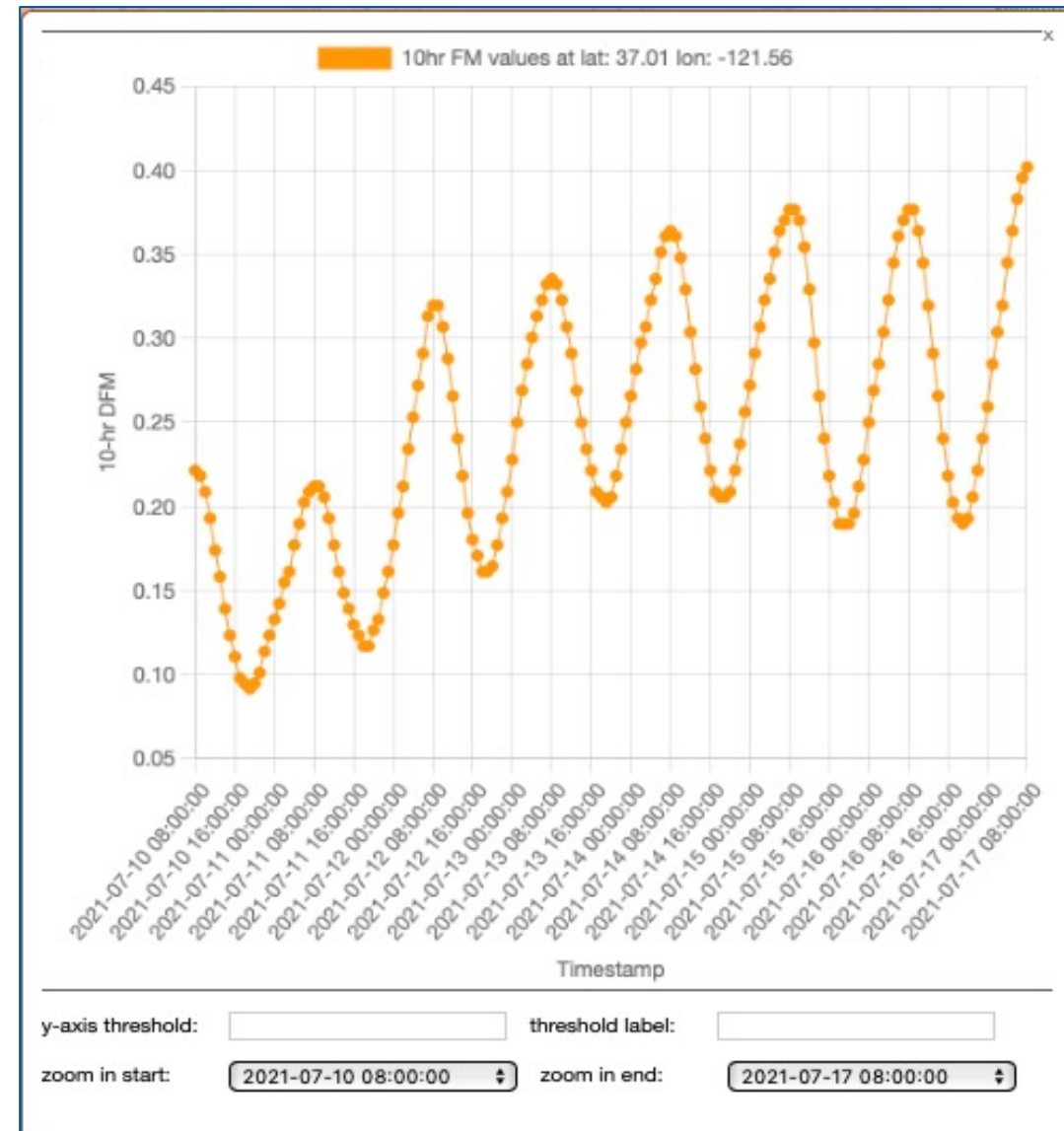


# Modelowanie wilgotności paliwa

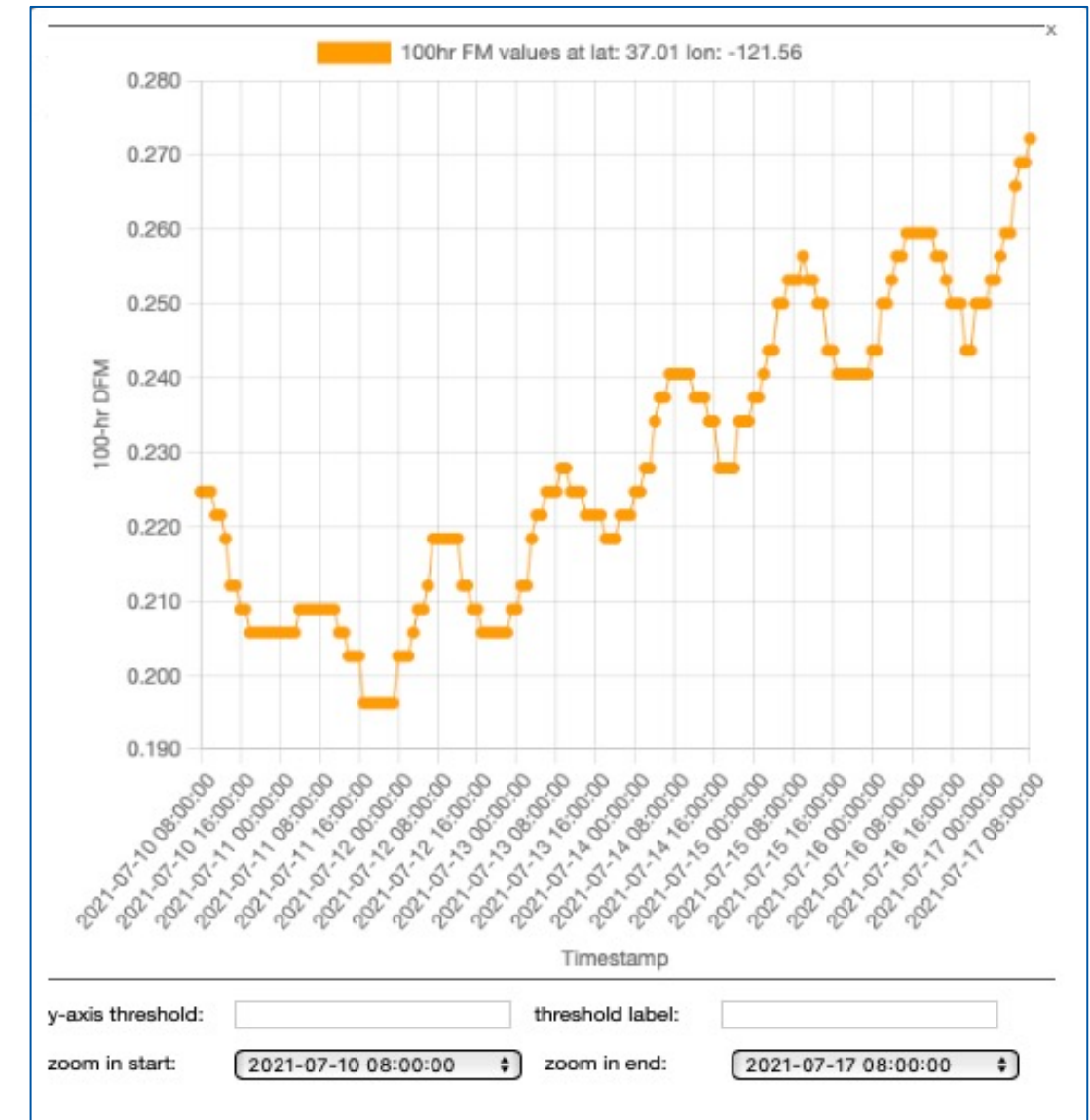
Różne klasy paliw reagują na zmiany warunków atmosferycznych w różnym tempie (z różnymi opóźnieniami). W konsekwencji czasowe zmiany paliw w różnych klasach są różne i w danym momencie wartości FMC w różnych klasach są różne.



1h paliwa – wahania od 0 do 50%



10h paliwa – wahania od 10% do 40%



100h paliwa – wahania od 19% do 27%

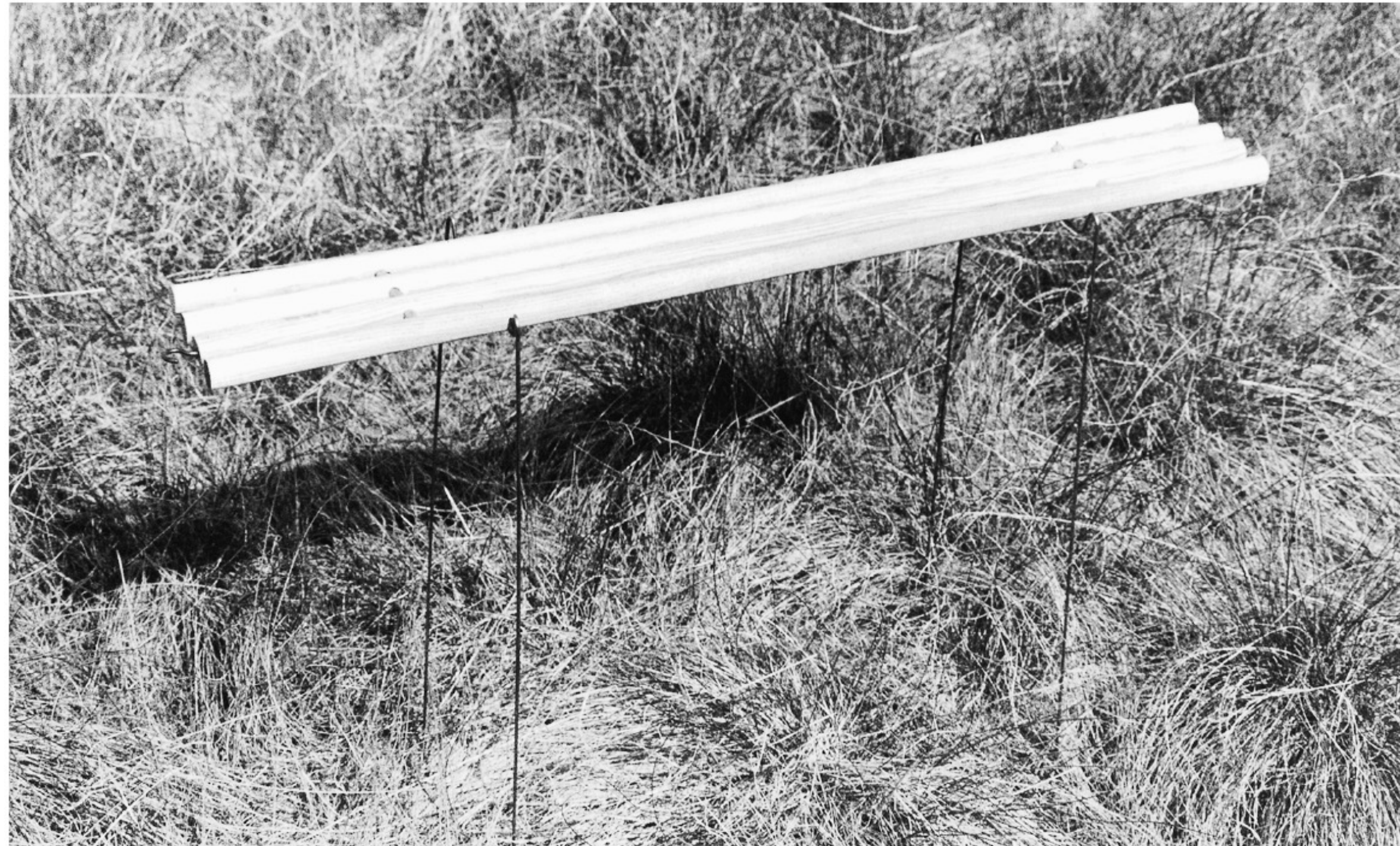


# Wilgotność martwego paliwa

Możemy zmierzyć 10-godzinną wilgotność martwego paliwa za pomocą 10-godzinnych pałeczek paliwowych

Fig. 1. Standard array of 10-h fuel sticks exposed in the open above a cover of pine needle litter.

$$FMC_{10h} = \frac{W_{10h} - W_{10h\_dry}}{W_{10h\_dry}} \cdot 100\%$$



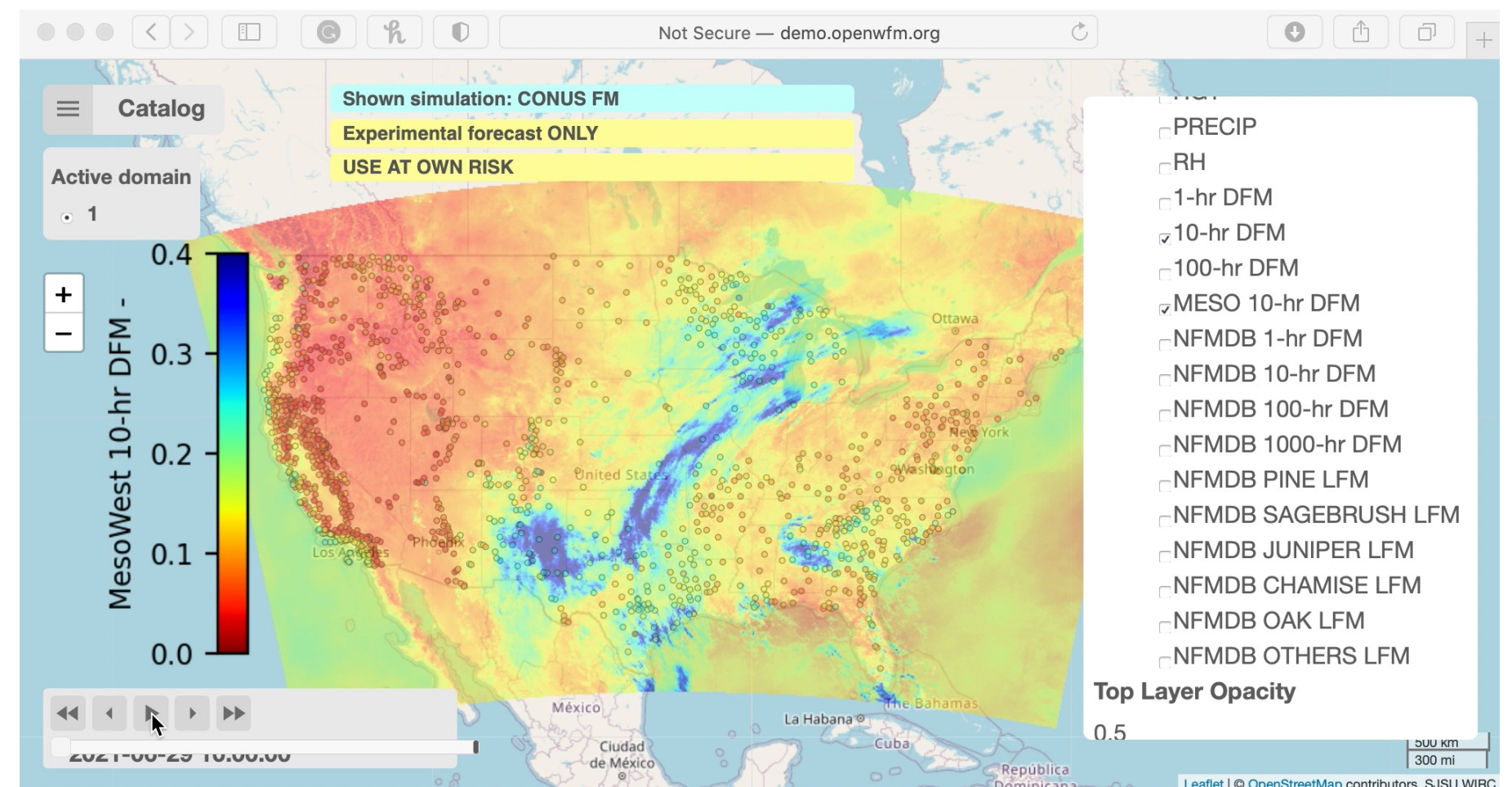


# Modelowanie wilgotności paliwa

- Do celów modelowania pożaru potrzebujemy realistycznych wartości wilgotności martwego paliwa w heterogenicznym krajobrazie: zawartość wilgoci w złożach paliw na północnych stokach powinna być inna niż na południowych stokach, pokłady paliwa pod gęstą pokrywą leśną inne niż odsłonięte pokłady paliwa i tak dalej.
- Wilgotność paliwa również ewoluuje w czasie. Martwe paliwo MC jest najbardziej suche o różnych porach dnia, w różnych aspektach i w różnych porach roku, dlatego ważne jest, aby modelowanie zachowania pożarowego uwzględniało zmienność wilgotności paliwa w czasie, aby uchwycić zmienność czasową w zachowaniu pożaru.

Przykład przestrzennej mapy wilgotności paliwa 10h dla CONUS wizualizowanej w portalu WRFx

[http://demo.openwfm.org/sj/?zoom=5&pan=39.02,-95.49&job\\_id=fmda-CONUS&domain=1&timestamp=2021-08-06%2013:00:00&startDate=2021-08-05%2008:00:00&endDate=2021-08-11%2016:00:00&rasters=MESO%2010-hr%20DFM-10-hr%20DFM&opacity=0.5](http://demo.openwfm.org/sj/?zoom=5&pan=39.02,-95.49&job_id=fmda-CONUS&domain=1&timestamp=2021-08-06%2013:00:00&startDate=2021-08-05%2008:00:00&endDate=2021-08-11%2016:00:00&rasters=MESO%2010-hr%20DFM-10-hr%20DFM&opacity=0.5)





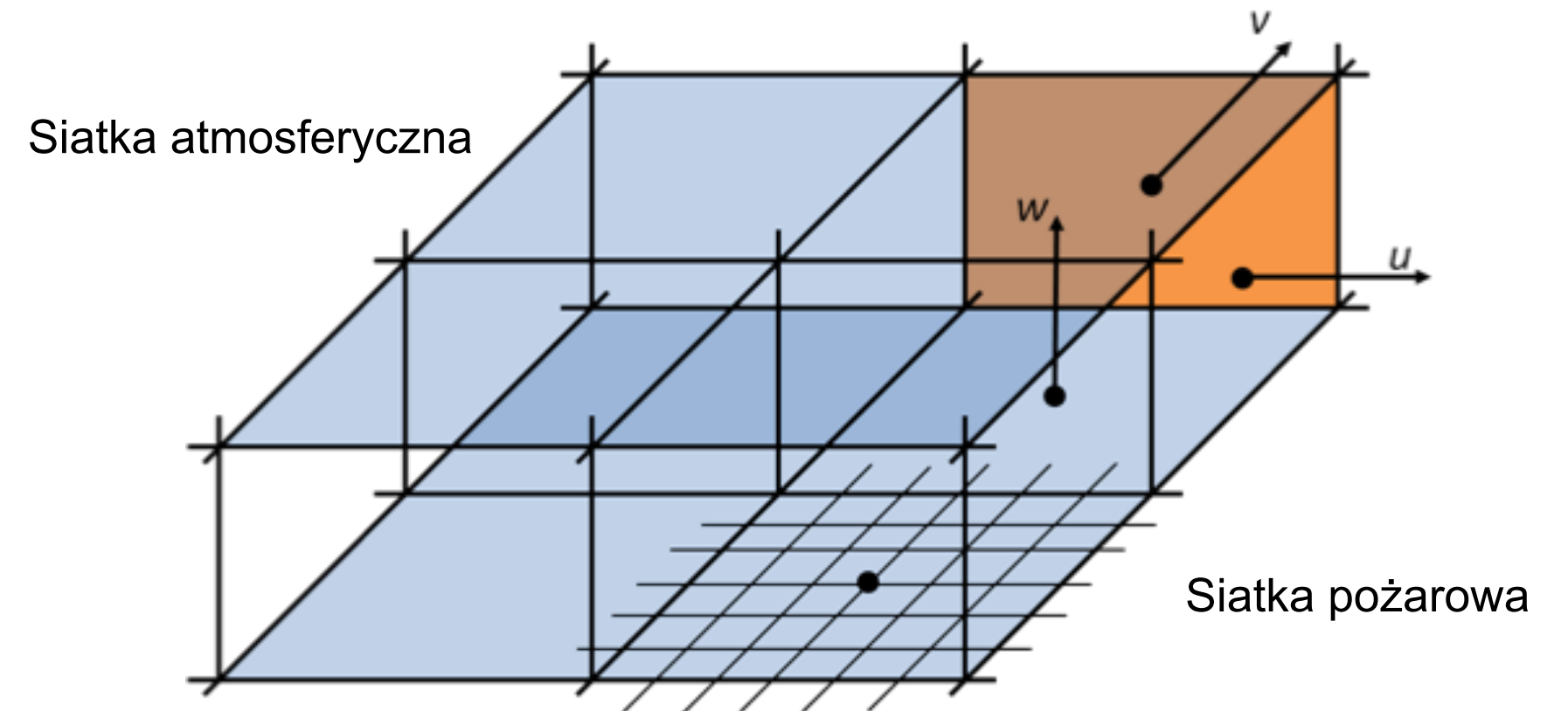
# Modelowanie wilgotności paliwa

- Do symulacji zawartości wilgoci w martwych paliwach, geo-przestrzenne systemy modelowania zachowania pożarowego wykorzystują model wilgotności paliwa Nelsona (2000) lub modele opóźnień czasowych (Vejmelka at al. 2014)
- Model Nelsona oblicza absorpcję i desorpcję wody przez drewniane cylindry o średnicach odpowiadających klasom wilgotności paliwa. Jest to model fizyczny, który rozwiązuje problem wymiany ciepła i wilgoci (Nelson 2000).
- Oprócz wody wewnętrznej uwzględnia również wodę na powierzchni poprzez procesy adsorpcji, desorpcji, opadów, kondensacji i parowania.

Time Lag	Stick Radius		Stick Diameter	
	in	cm	in	cm
1h	0.08	0.20	0.16	0.40
10h	0.25	0.64	0.50	1.28
100h	0.80	2.00	1.60	4.00
1000h	1.50	3.81	3.00	7.62

# Model opóźnienia czasowego wilgotności paliwa

- Model opóźnienia czasowego wilgotności paliwa, taki jak w WRF-SFIRE/WRFx, symuluje wyidealizowane, jednorodne gatunki (klasy) paliwa  $N_k$ .
- Takie klasy paliwa są powszechnie określane przez ich opóźnienie czasu suszenia / zwilżania  $T_k$  jako 1-godzinne, 10-godzinne i 100-godzinne paliwo
- Zawartość wilgoci w każdym wyidealizowanym gatunku paliwa jest symulowana na grubej siatce, podczas gdy rzeczywiste paliwo używane do rozprzestrzeniania się ognia jest mieszaniną tych gatunków na znacznie drobniejszej siatce, gdzie odbywa się symulacja pożaru.

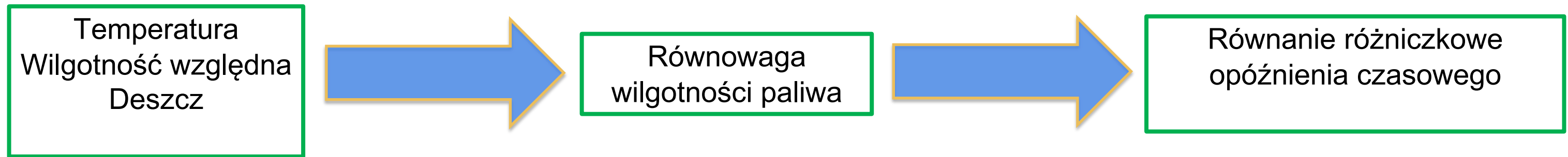




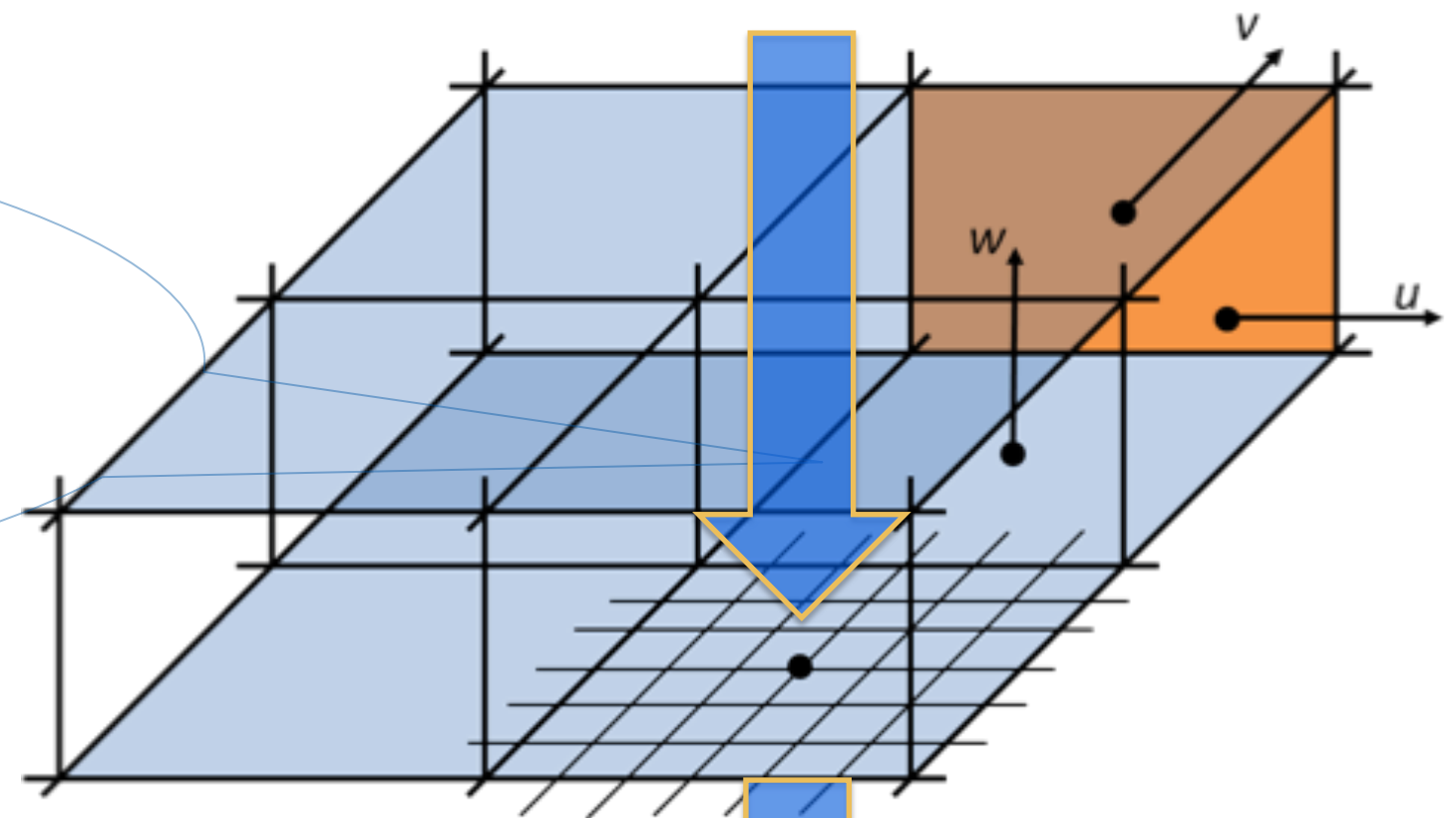
## Model opóźnienia czasowego wilgotności paliwa

- W każdym punkcie siatki atmosferycznej zawartość wilgoci w każdym gatunku paliwa jest symulowana niezależnie przez równanie różniczkowe pierwszego rzędu z opóźnieniem czasowym  $T_k$ .
- Rozwiązanie równania różniczkowego zbliża się asymptotycznie do równowagi zawartości wilgoci w paliwie.
- Równowaga zależy od warunków atmosferycznych (temperatura, wilgotność względna, ciśnienie) oraz od tego, czy aktualna wilgotność paliwa zbliża się do równowagi z góry (suszenie) czy z dołu (zwilżanie) – histereza.
- Jeśli wilgotność paliwa znajduje się między równowagą suszenia i zwilżania, nie zmienia się. Efekt deszczu jest modelowany za pomocą tego samego typu równania opóźnienia czasowego, przy czym wartość opóźnienia zależy od intensywności deszczu.

# Jak działa model wilgotności paliwa?



Wilgotność 1h, 10h, 100h paliwa w punktach siatki siatki atmosferycznej



Mapa paliw

Kompozytowa wartość wilgotność paliwa na siatce pożarowej



Mapa wilgotności paliwa



# Model opóźnienia czasowego wilgotności paliwa

Zawartość wilgoci paliwa w k -tym wyidealizowanym gatunku paliwa z opóźnieniem czasowym  $T_k$  jest oznaczona przez  $m_k$ , wyrażona jako bezwymiarowa proporcja kg wody na kg drewna. Model wilgotności paliwa jest opisany matematycznie za pomocą zwykłego równania różniczkowego:

$$\frac{d}{dt} m_k = \begin{cases} \frac{S - m_k(t)}{T_r} \left( 1 - \exp\left(\frac{r(t) - r_0}{r_k}\right) \right) & \text{if } r(t) > r_0 \text{ (soaking in rain),} \\ \frac{E_d(t) - m_k(t)}{T_k} & \text{if } r(t) \leq r_0, m_k(t) > E_d(t) \text{ (drying),} \\ \frac{E_w(t) - m_k(t)}{T_k} & \text{if } r(t) \leq r_0, m_k(t) < E_w(t) \text{ (wetting),} \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases}$$

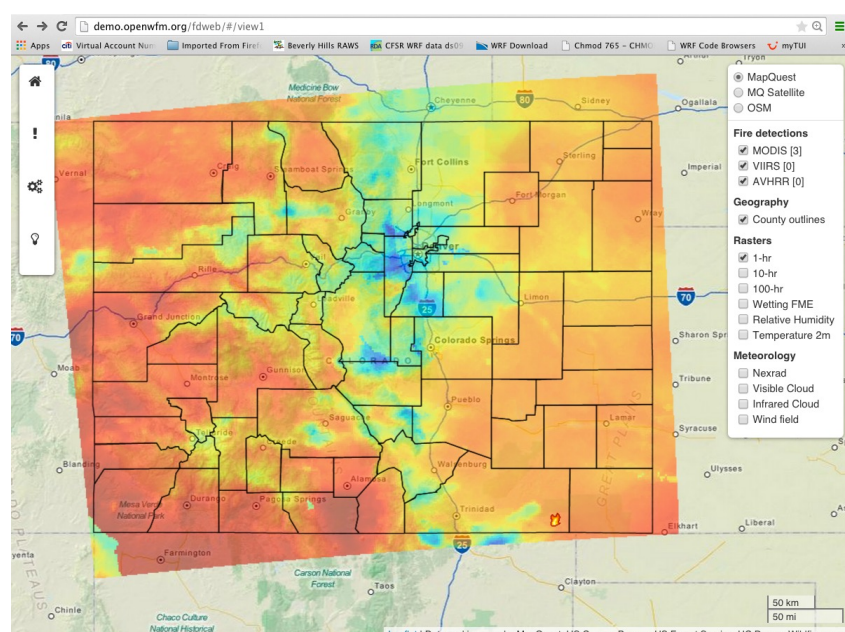
$E_d(t)$  to równowaga suszenia,  $E_w(t)$  to równowaga zwilżania,  $S$  to poziom nasycenia deszczu,  $r_0$  to progowa intensywność deszczu,  $r(t)$  to bieżąca intensywność deszczu,  $r_k$  to nasycenie intensywności deszczu,  $T_k$  to opóźnienie czasowe suszenia/zwilżania, a  $T_r$  to asymptotyczne opóźnienie czasu zwilżania w deszczu o bardzo dużej intensywności.

Zakładamy tutaj, że skale czasowe  $T_k$  są równe 1h, 10h, 100h, podczas gdy w rzeczywistości opóźnienia czasowe mogą być różne.

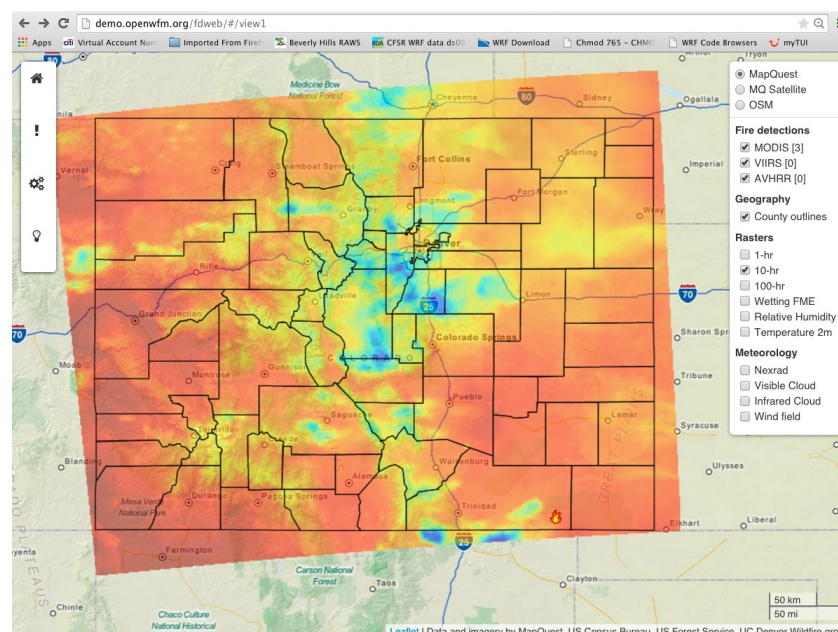
# Asymilacja wilgoci martwego paliwa

- Nie możemy bezpośrednio korzystać z obserwacji wilgotności martwego paliwa powierzchniowego, ponieważ inicjalizacja modelu wymaga siatki wilgotności paliwa (przestrzennie). Aby rozwiązać ten problem, asymilujemy dane o wilgotności martwego paliwa ze zdalnych zautomatyzowanych stacji pogodowych (RAWS) w czasie rzeczywistym, aby generować przestrzenne mapy wilgotności paliwa.
- Możemy symulować ewolucję w czasie zawartości wilgoci w paliwie martwym w jednorodnych 1-godzinnych, 10-godzinnych i 100-godzinnych klasach paliwa z opóźnieniem, wykorzystując dane pogodowe. Końcowa wilgotność paliwa może być obliczona jako suma udziału wilgoci w paliwie martwym w różnych klasach (1h, 10h i 100h) zdefiniowanych dla każdej kategorii paliwa.
- Dane dotyczące wilgotności paliwa są asymilowane w czasie zbliżonym do rzeczywistego na podstawie RTMA (Real-Time Mesoscale Analysis) i aktualnych danych RAWS, oraz prezentowane na naszym portalu internetowym

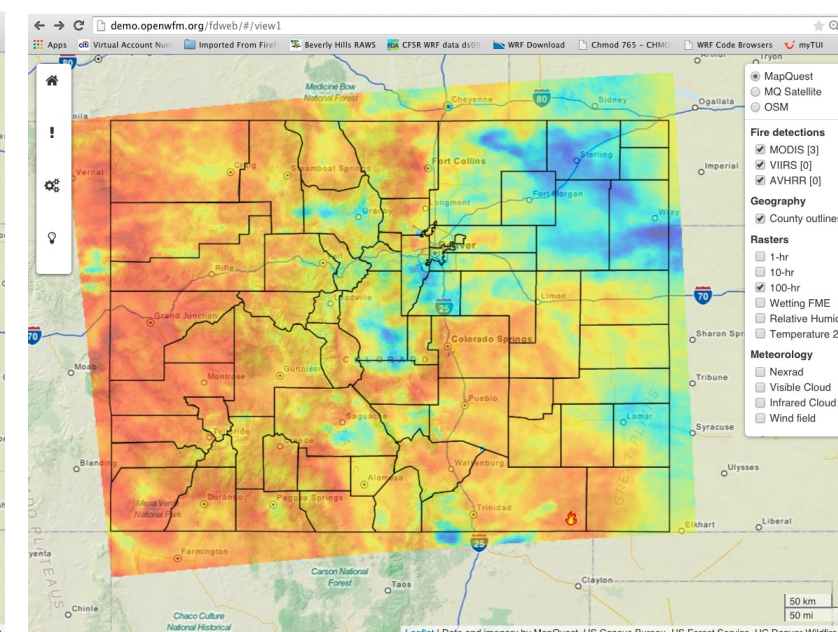
1hr fuel



10hr fuel



100hr fuel

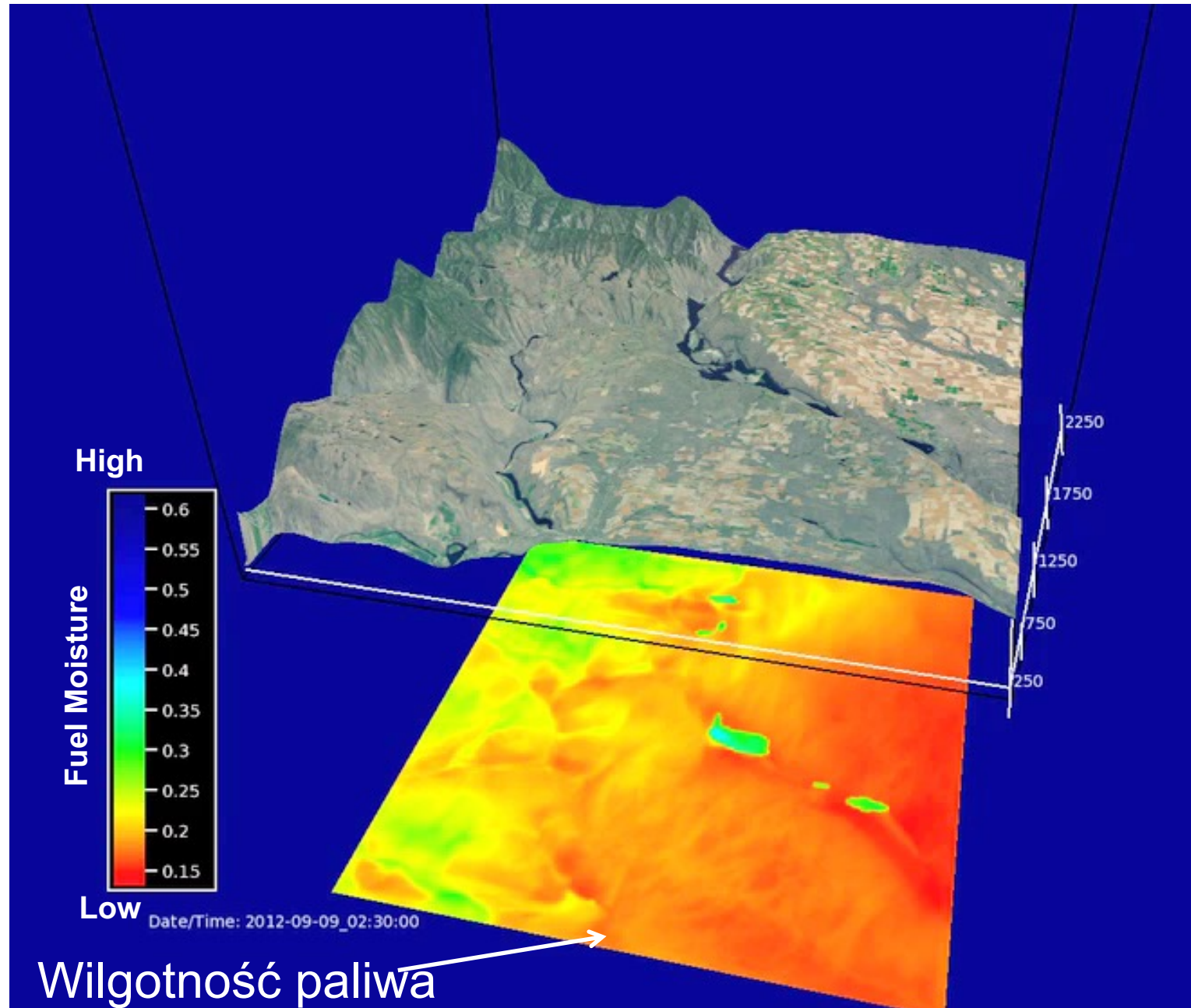


[https://demo.openwfm.org/sj/?job\\_id=fmda-CALI](https://demo.openwfm.org/sj/?job_id=fmda-CALI)

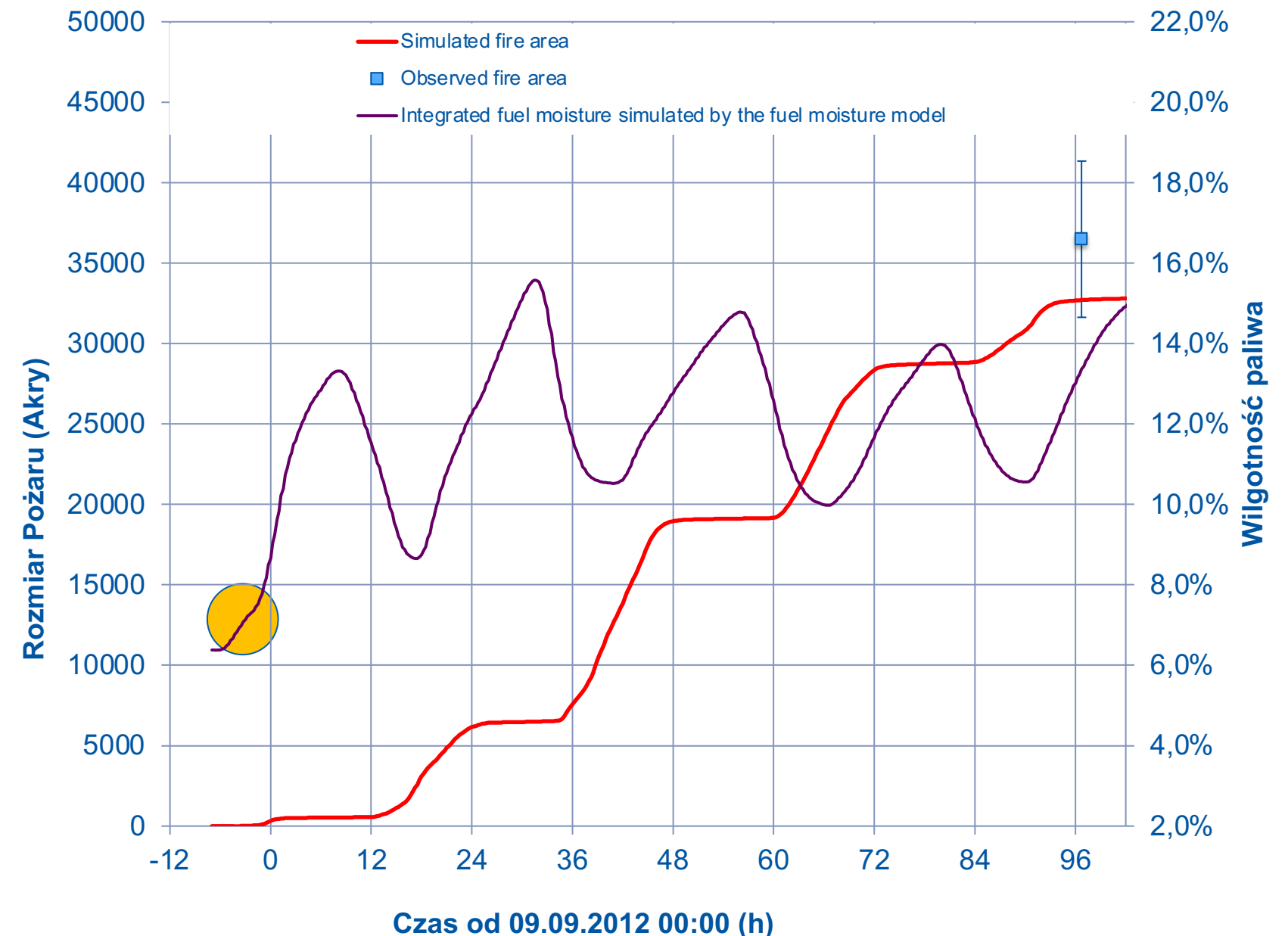


# Zawartość wilgoci paliwa kontroluje pożar

Barker Canyon Fire (WA 2012)



Symulowany obszar pożaru i wilgotność paliwa

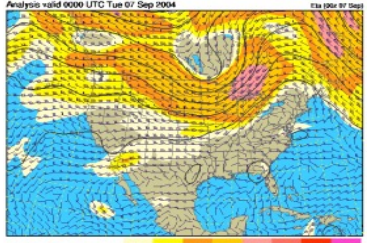


- Ocieplenie w ciągu dnia zmniejsza wilgotność paliwa, podczas gdy chłodzenie nocne zwiększa ją.
- Dobowe wahania temperatury i wilgotności paliwa powodują, że ogień jest aktywny w ciągu dnia (niska wilgotność paliwa) natomiast zamiera w nocy z powodu wysokiej wilgotności paliwa.



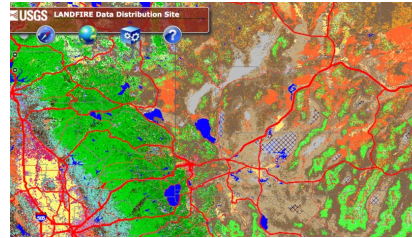
# Struktura systemu prognozowania WRFx

Numeryczna prognoza pogody



3D weather forcing

Dane paliwowe i topografia



Fuel and Elevation data

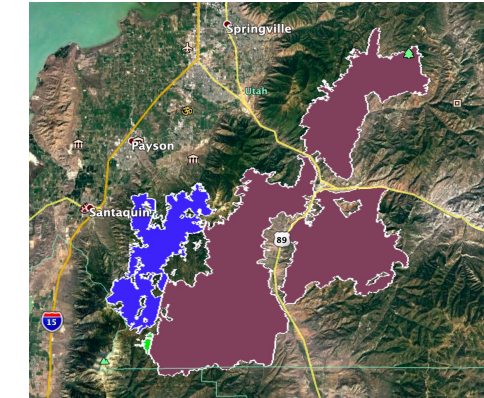
Obserwacje wilgotności paliwa martwego



Dead fuel moisture



VIIRS/MODIS dane satelitarne



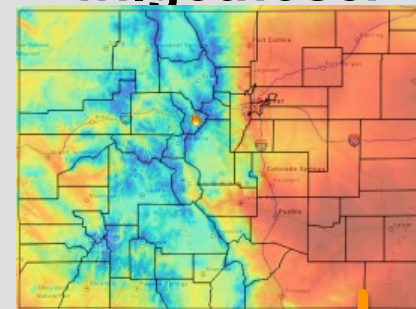
obszary pożarowe



punkty zapłonu użytkownika

WRF preprocessing system (WPS)

Asymilacja danych wilgotności



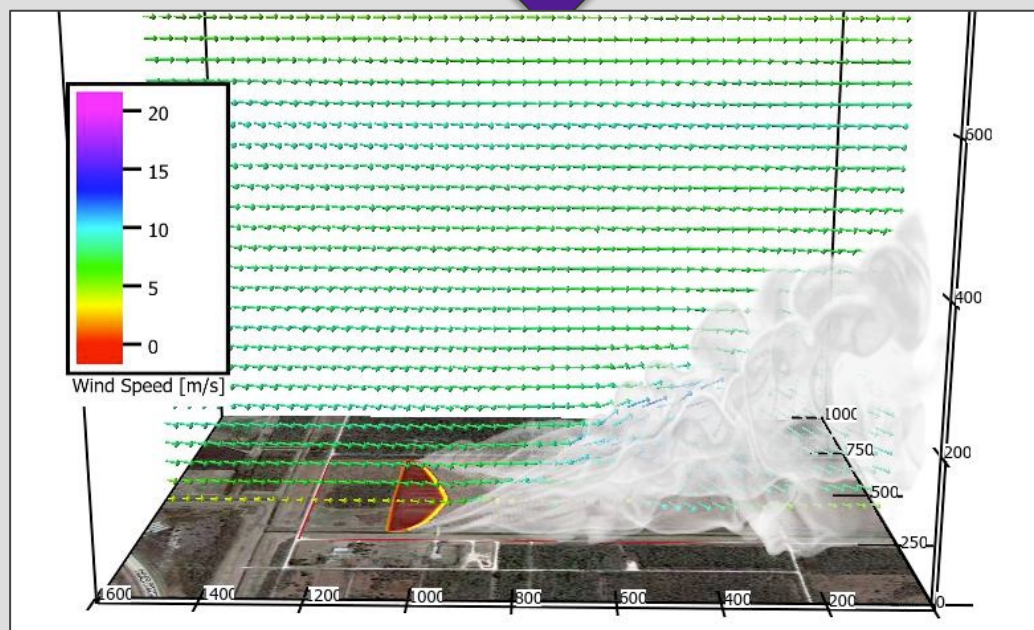
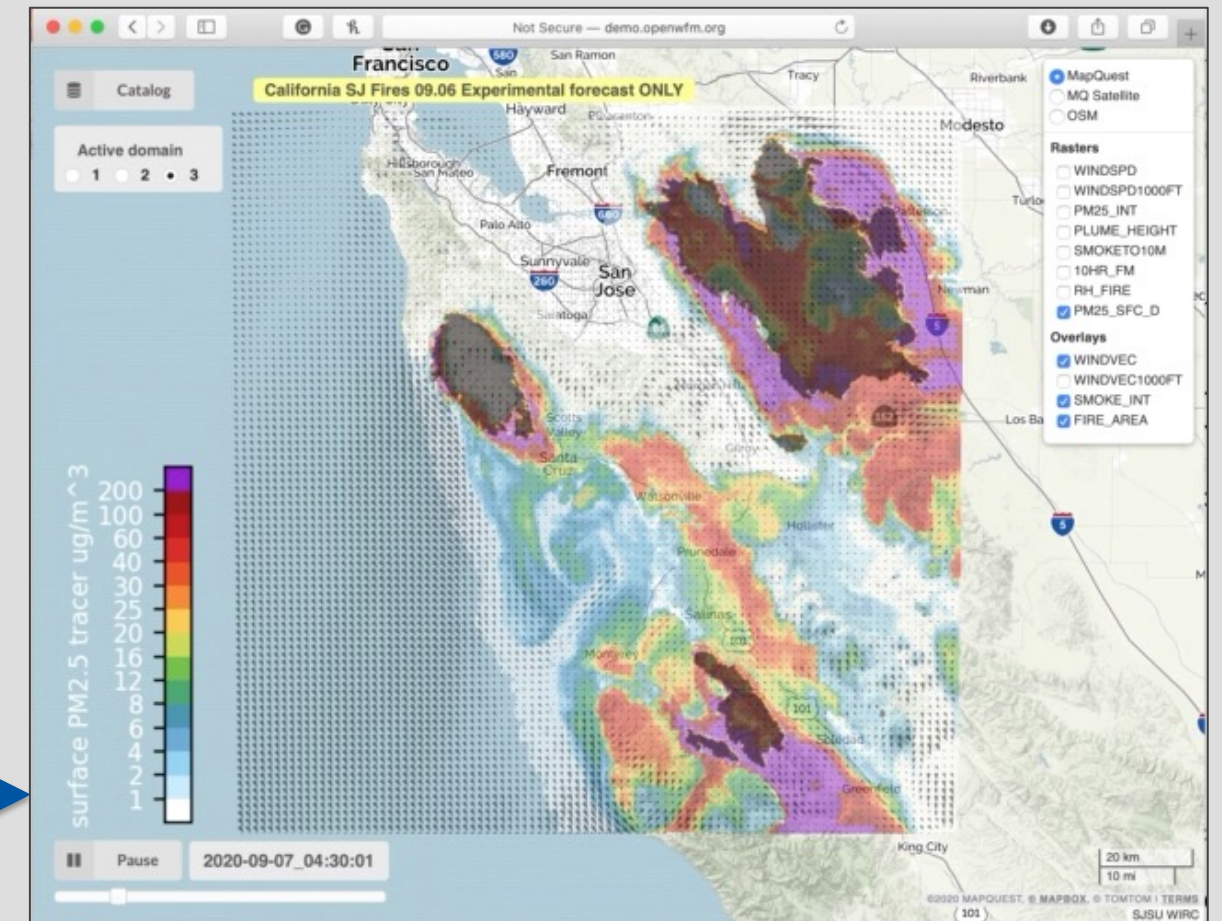
Mapy Wilgotności

Asymilacja Pożarów



Rozwój pożaru

Portal Prezentacji Danych



Model atmosferyczno-pożarowy WRF-SFIRE

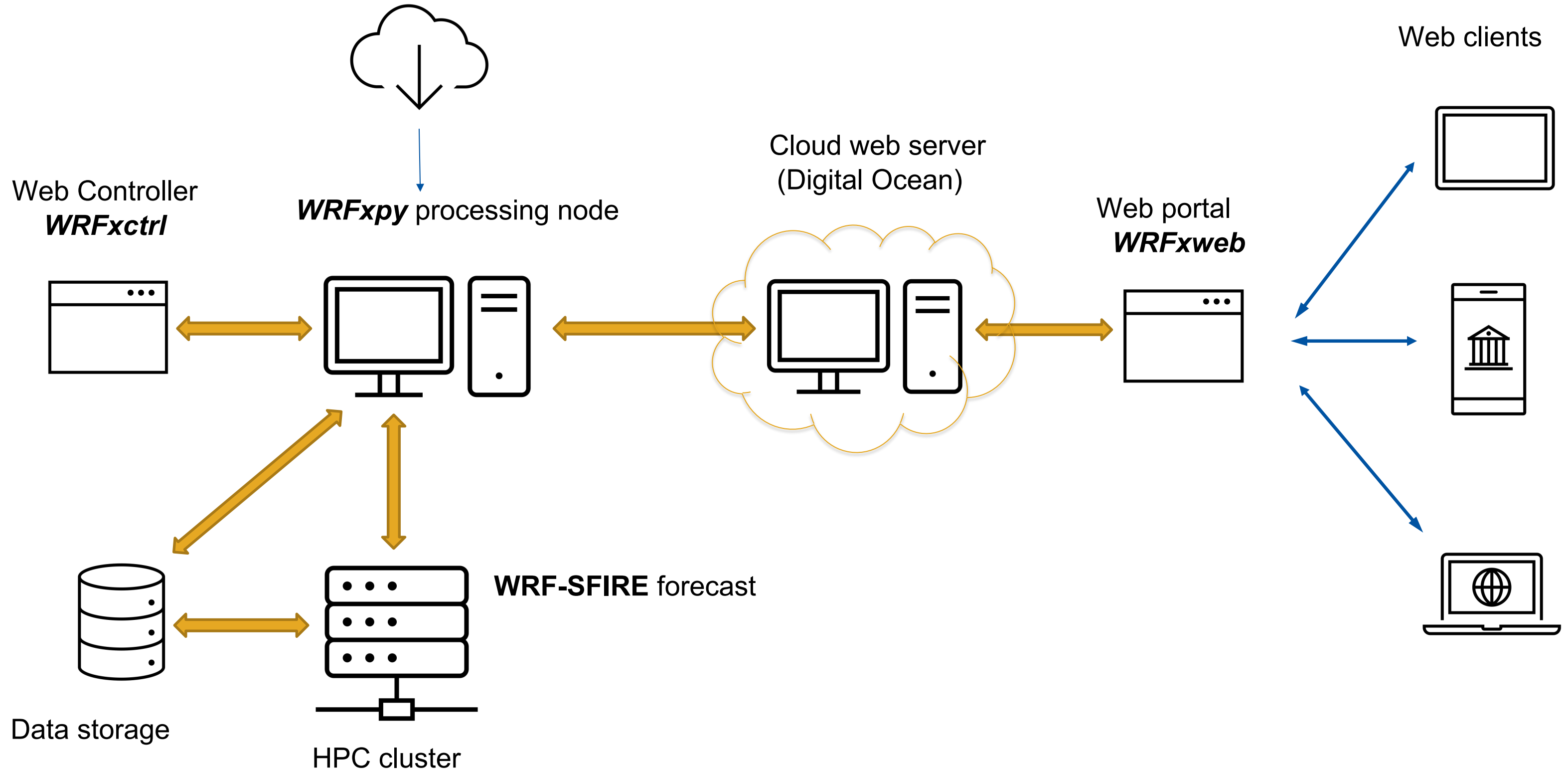
Prognoza pogodowa, pożarowa i dymu

# System WRFx



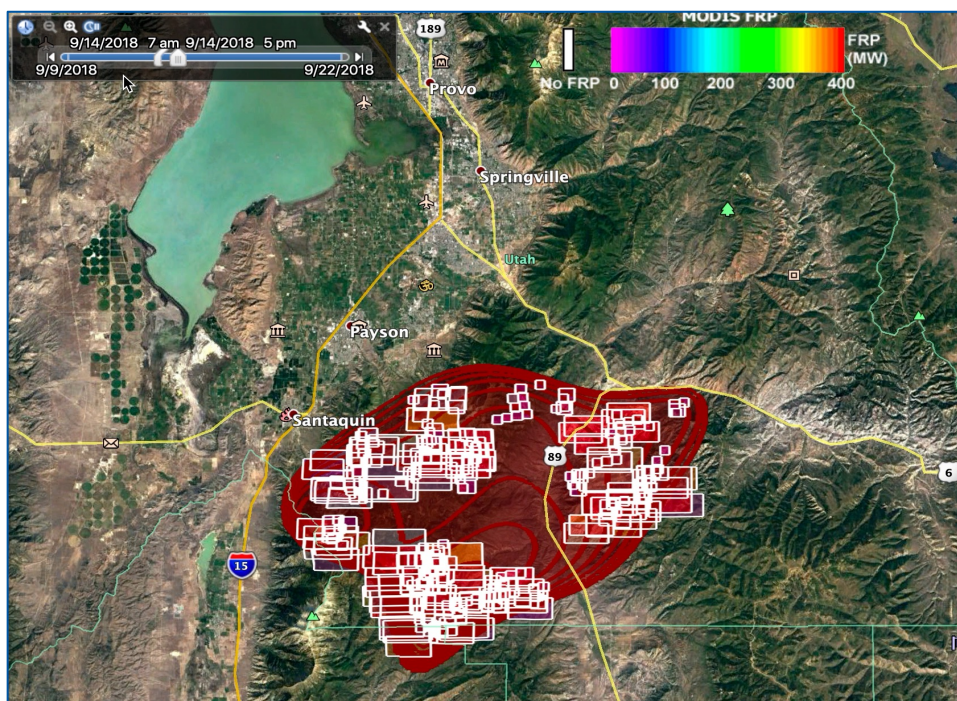
# Komponenty systemu prognozowania WRFx

Download of meteorological and satellite fire PM2.5 data

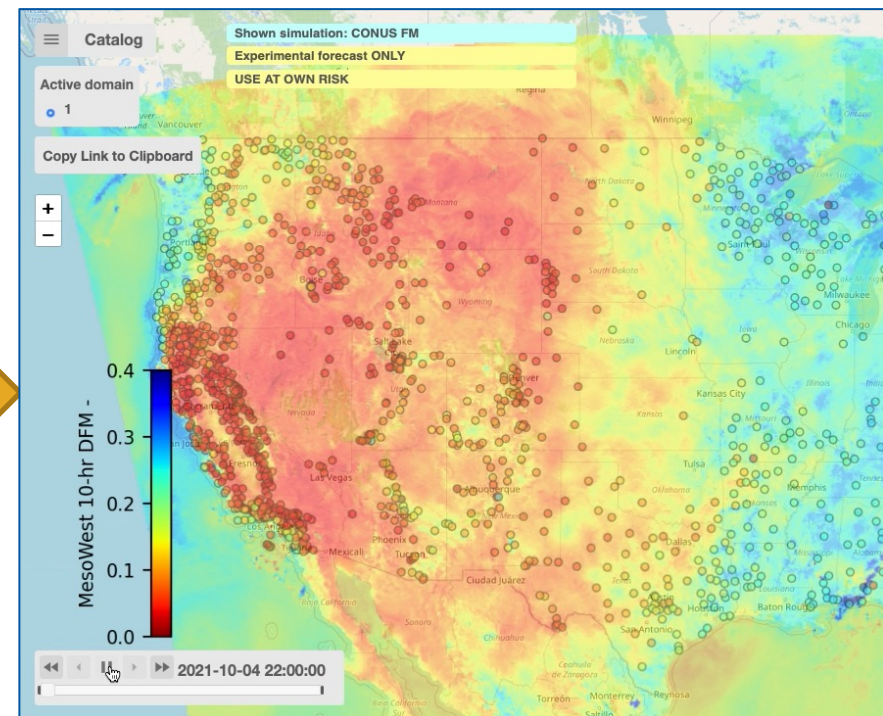


WRFx jest systemem informacyjnym dostarczającym krytyczne informacje wspierające decyzje pożarowe który:

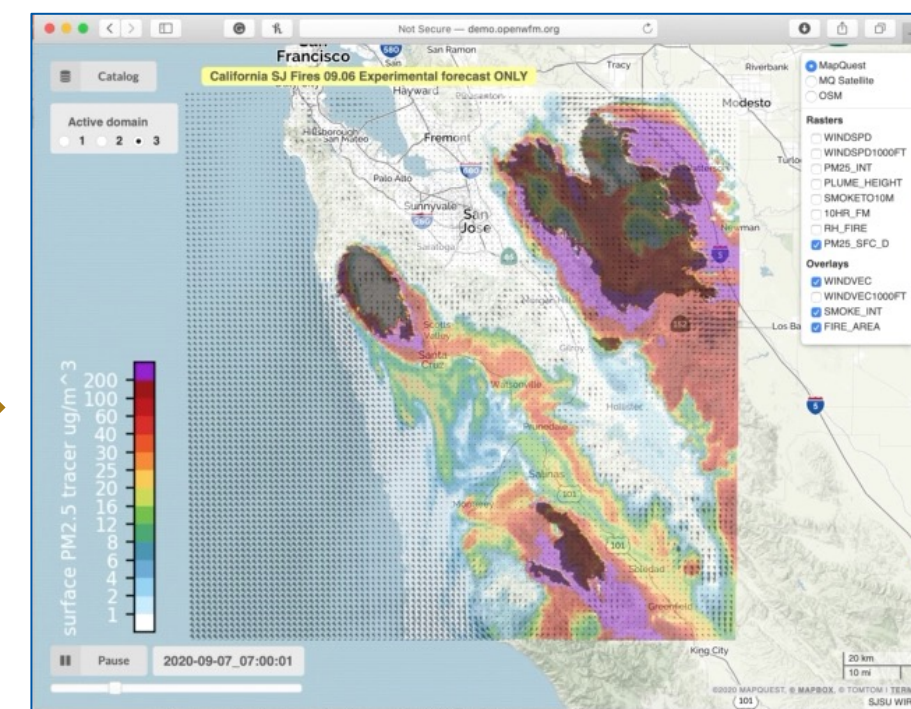
- Zapewnia zintegrowane prognozowanie pogody, pożaru, wilgotności paliwa i dymu
- Zapewnia wysokiej rozdzielczości lokalne prognozy dymu oparte na dynamice pożaru i lokalnych warunkach pogodowych
- Pozwala zintegrować emisję dymu z przepisanych wypaleń i pożarów
- Integruje obserwacje wilgotności paliwa, zakresy pożaru i satelitarne detekcje pożaru
- Zawiera dedykowany portal GIS do udostępniania danych, a także kontroler sieciowy umożliwiający rozpoczęcie symulacji na żądanie dla kontrolowanych wypaleń



Satelitarne detekcje pożaru



Wilgotności paliwa



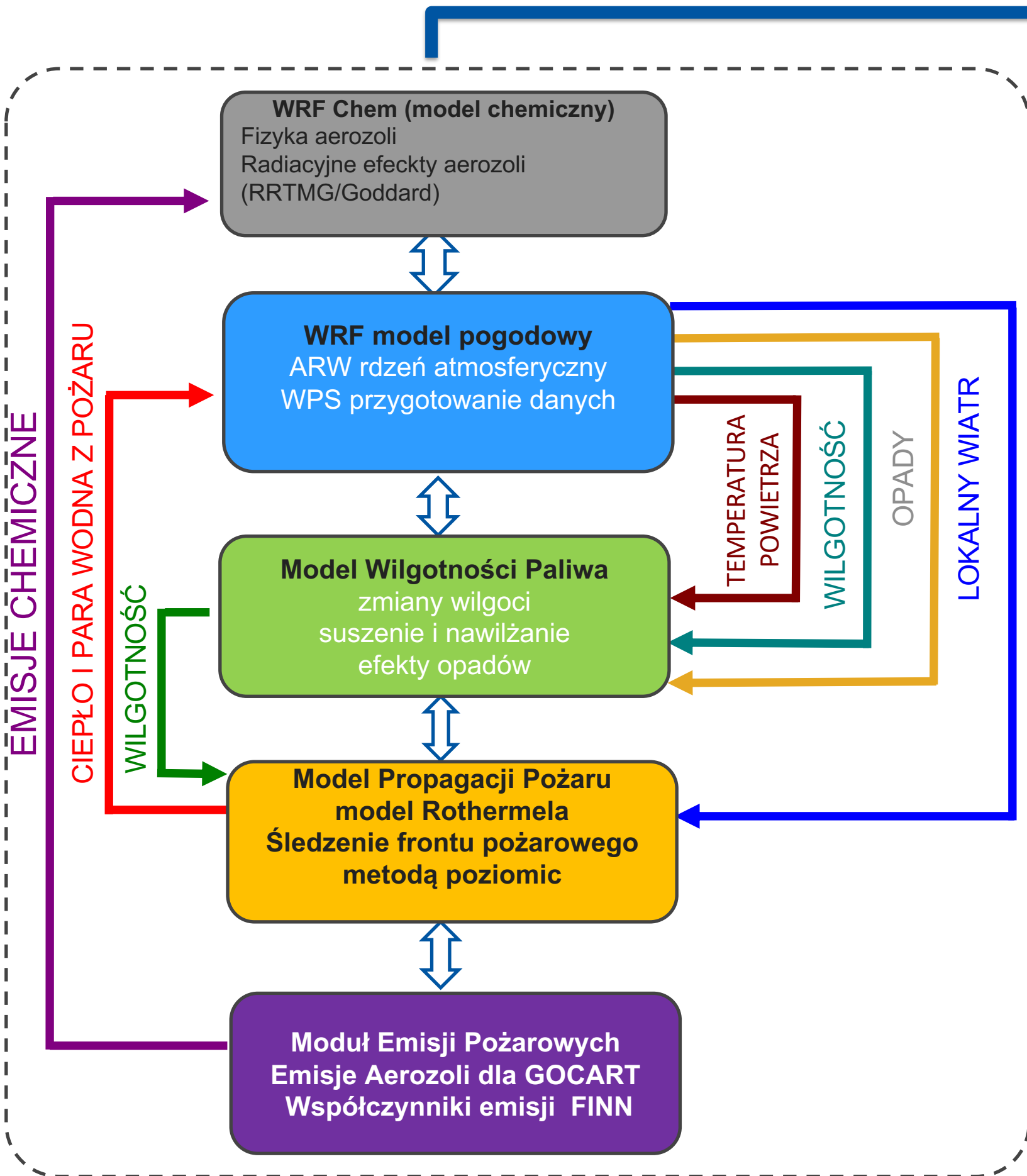
Prognozowanie pożarów i dymu





# Zintegrowany model pogodowo-pożarowy WRF-SFIRE

- Progresa pożaru jest symulowana zgodnie z lokalną meteorologią
- Strumienie ciepła, wilgoci i emisji są obliczane na podstawie charakterystyki pożaru (geometrii i intensywności)
- Propagacja ognia jest śledzona na zagęszczonej siatce ogniowej, zwykle o rozdzielczości 30 m, przy użyciu map paliwa o wysokiej rozdzielczości i topografii
- Dynamika słupa dymu i dyspersja są rozwiązywane na siatce modelu bez zewnętrznych parametryzacji
- Model wilgotności paliwa on-line uchwyci wahania wilgotności paliwa spowodowane zmieniającymi się warunkami pogodowymi



**METEOROLOGIA**

Lokalna prognoza pogody:

- prędkość i kierunek wiatru
- temperatura powietrza
- wilgotność powietrza
- opad atmosferyczny
- zachmurzenie itp...

**DYM**

Prognoza dymu w wysokiej rozdzielczości:

- Stężenia pyłów PM2.5
- Wysokość słupa dymu
- Jakość powietrza

**POŻAR**

Prognoza pożaru w wysokiej rozdzielczości:

- Obszar pożaru
- intensywność pożaru
- Szybkość rozprzestrzeniania się ognia
- Wilgotność paliwa

## Korzyści ze stosowania sprzężonych modeli

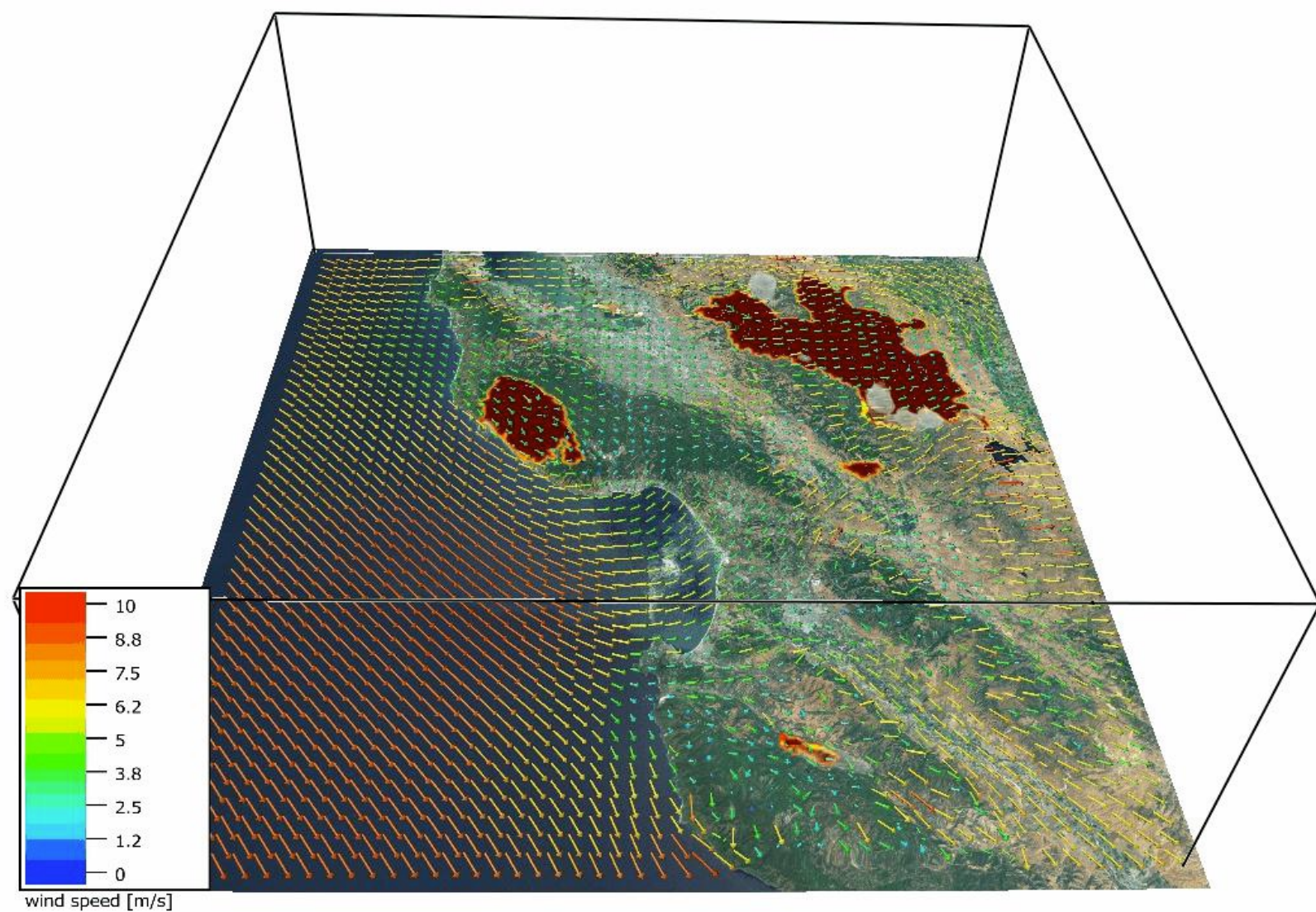
Sprzężone modele atmosferyczno-pożarowe uwzględniają interakcje pożar-pogoda, i paliwo-pogoda aby obliczyć przyszłą ewolucję ognia w odpowiedzi na zmieniające się warunki pogodowe i paliwowe.

1. Zastosowanie modelu sprzężonego pozwala uwzględnić sprzężenia zwrotne pożar-atmosfera, w tym lokalne modyfikacje pogody spowodowane pożarem i dymem (zacinienie dymem)
2. Zintegrowanie z modelem wilgotności pozwala nam na śledzenie rozwoju wilgotności paliwa
3. Wysoka rozdzielczość modelu (kilkaset metrów) pozwala na lepsze uchwycenie lokalnych warunków pogodowych
4. Przyszła progresja pożaru jest zintegrowana z prognozowaniem dymu, dzięki czemu model rozwiązuje także wznoszenie i transport dymu



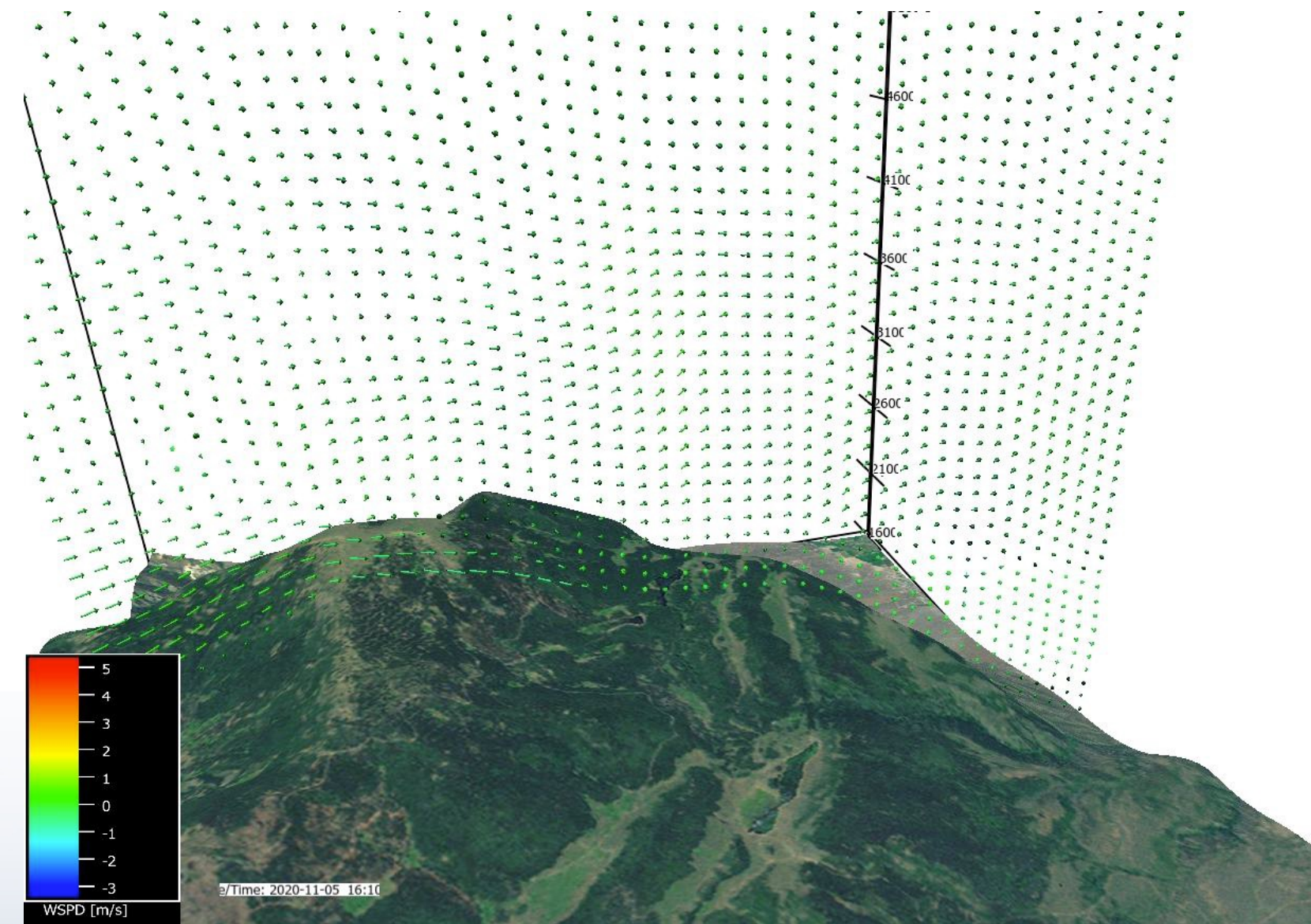
# Aplikacje WRFx

## Požary



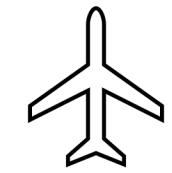
Prognoza dla Bay Area Fires, September 2020

## Kontrolowane wypalania



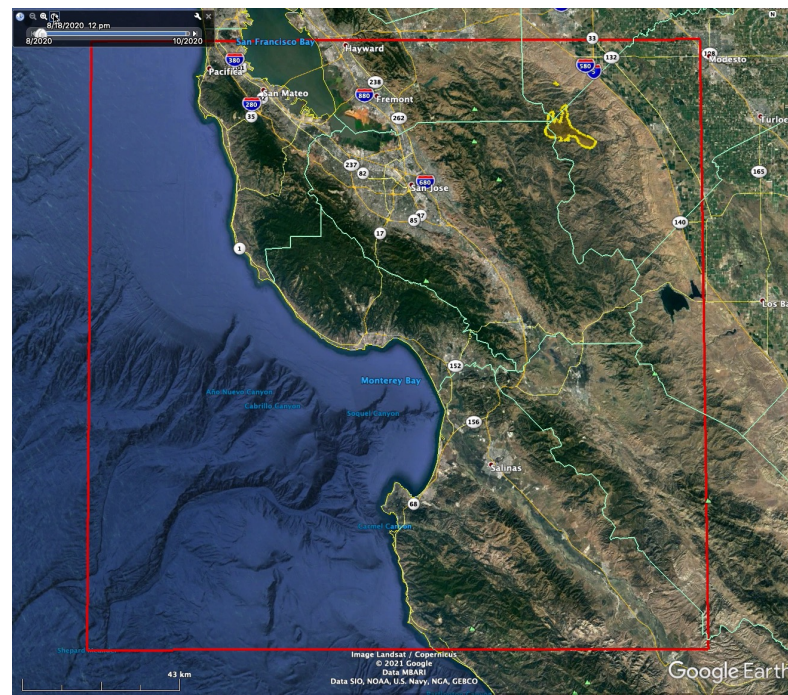
WRFx prognoza dla wypalania Anabella Reservoir, Utah, November 5th 2020



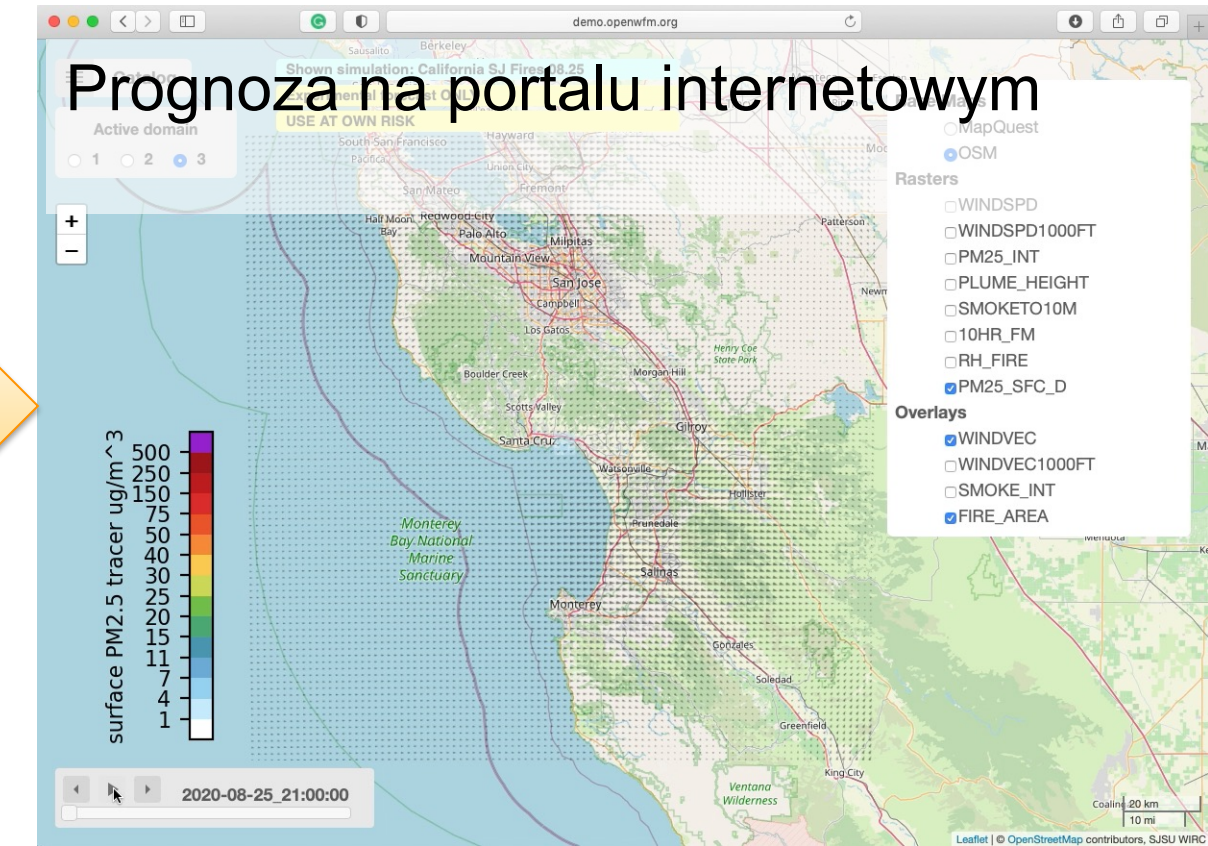
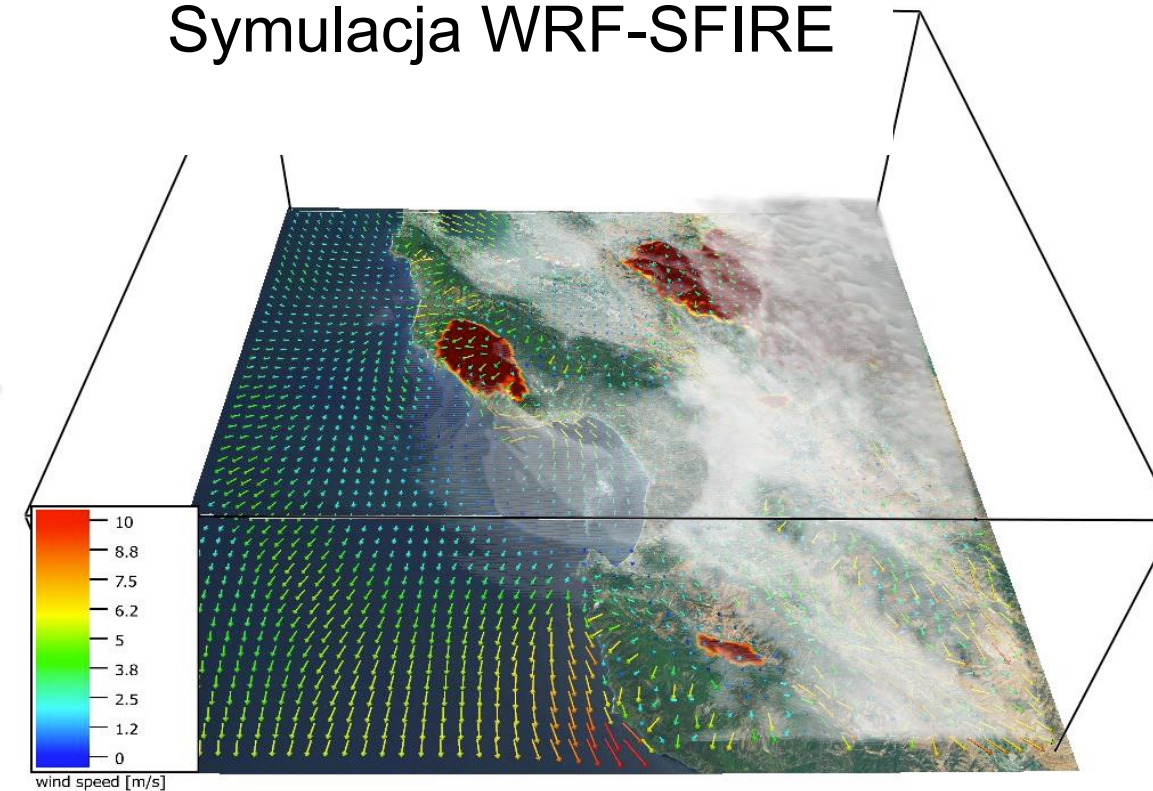


# Inicjalizacja prognoz pożarów (obwody pożarowe)

## 1. Inicjalizacja pożaru w podczerwieni

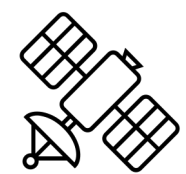


## Symulacja WRF-SFIRE



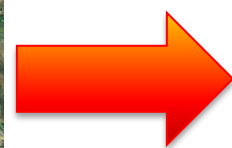
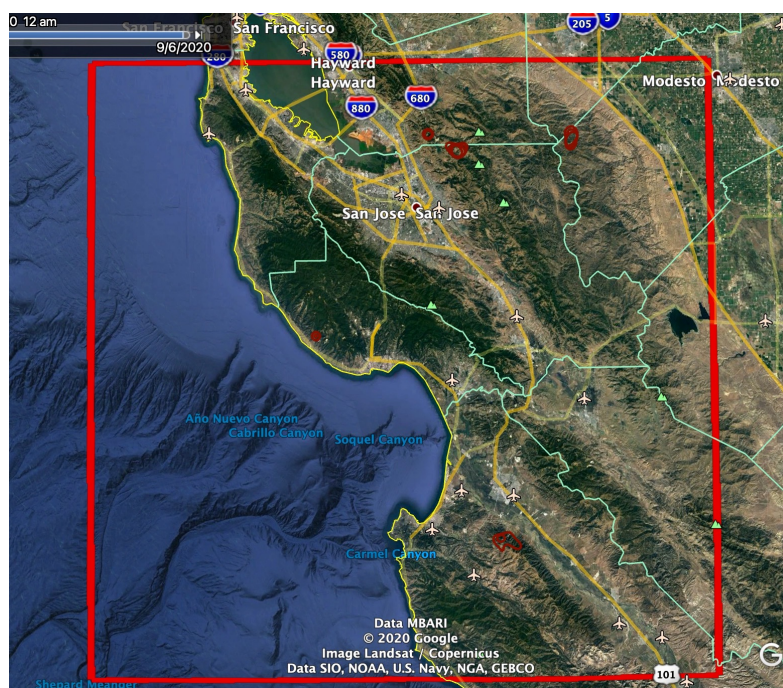
- Integrujemy zdjęcia IR z samolotów zwiadowczych w podczerwieni i używamy najnowszych do inicjalizacji aktywnych pożarów.
- Zaletą takiego podejścia jest bardzo szczegółowa informacja o pokryciu pożarowym (wysoka rozdzielczość przestrzenna)
- Niestety metoda ta ma pewne ograniczenia:
  - Ograniczona dostępność danych (nie dla wszystkich pożarów i nie tylko raz dziennie)
  - Znaczne opóźnienia w publikowaniu danych (do kilkunastu godzin)
  - Niespójności w czasie pobierania obwodów (każdy pożar jest badany w innym czasie)



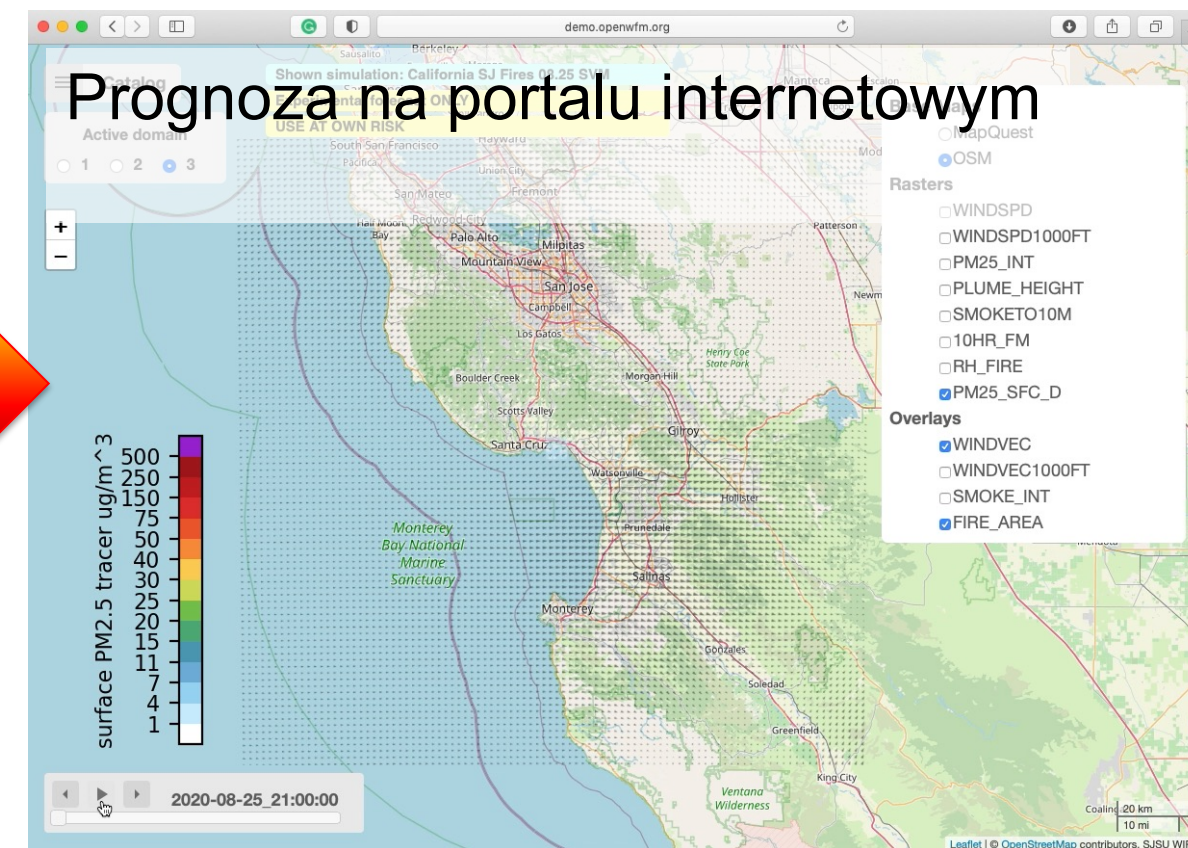
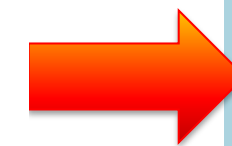
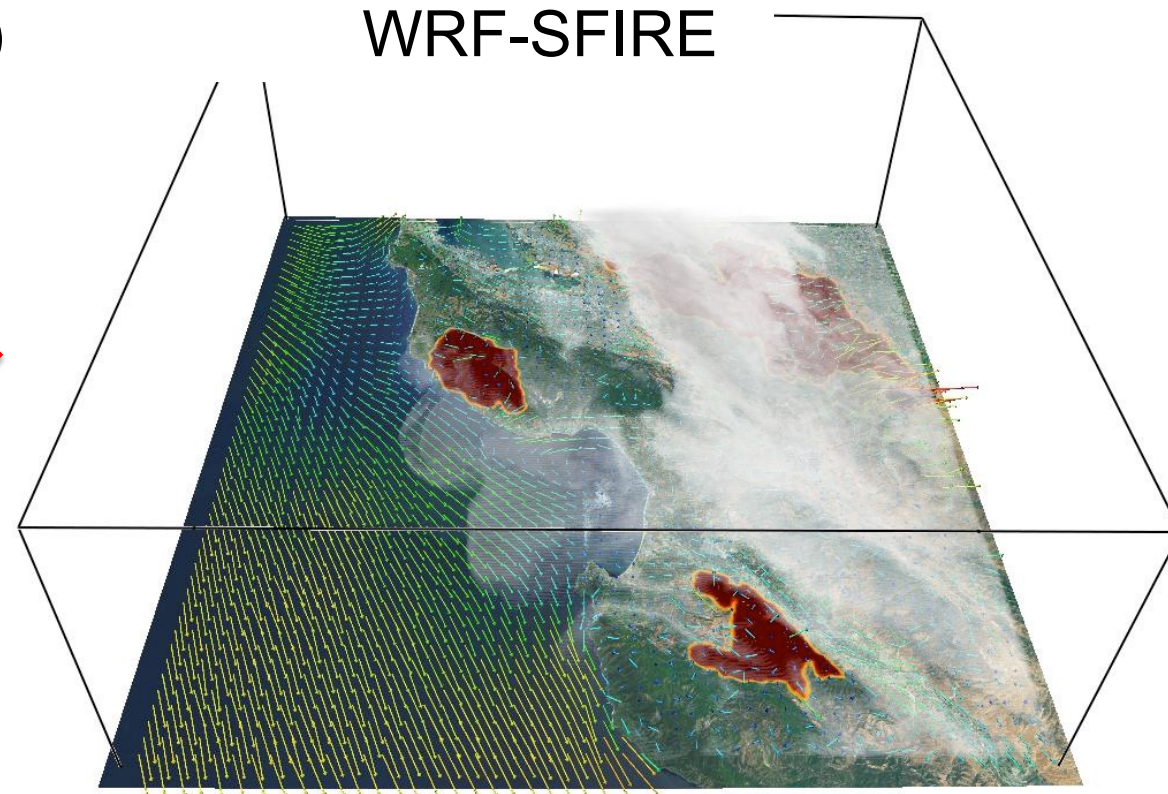


# Inicjalizacja prognoz pożaru (dane satelitarne)

## 2. Asymilacja danych satelitarnych (SVM)



## WRF-SFIRE



- Aby poradzić sobie z ograniczeniami zdjęć z samolotów zwiadowczych, stosujemy także detekcje z satelitów MODIS i VIIRS. Aby zainicjować prognozy, używamy uczenia maszynowego (Support Vector Machine – SVM – maszyna wektorów nośnych), aby uzyskać historyczny postęp pożaru.

### Zalety:

- Uwzględniane są wszystkie pożary większe niż granica wykrywalności satelitarnej
- Wiemy, kiedy nowe dane będą dostępne, dzięki czemu możemy odpowiednio dostosować harmonogram prognoz
- Ponieważ SVM zapewnia płynną ewolucję pożaru, prognoza może być zsynchronizowana z danymi o pożarze

### Wady:

- Niższa rozdzielczość przestrzenna

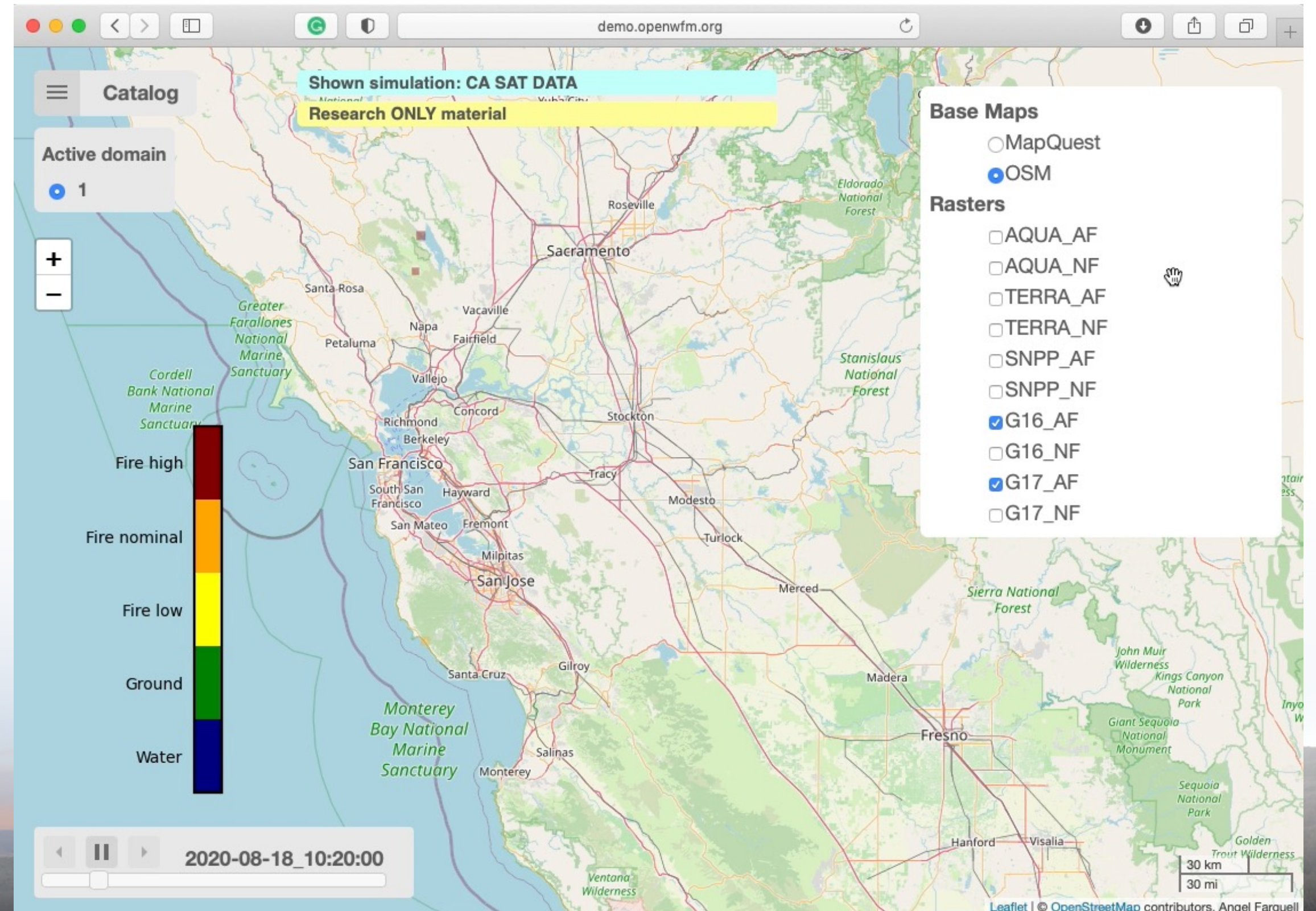
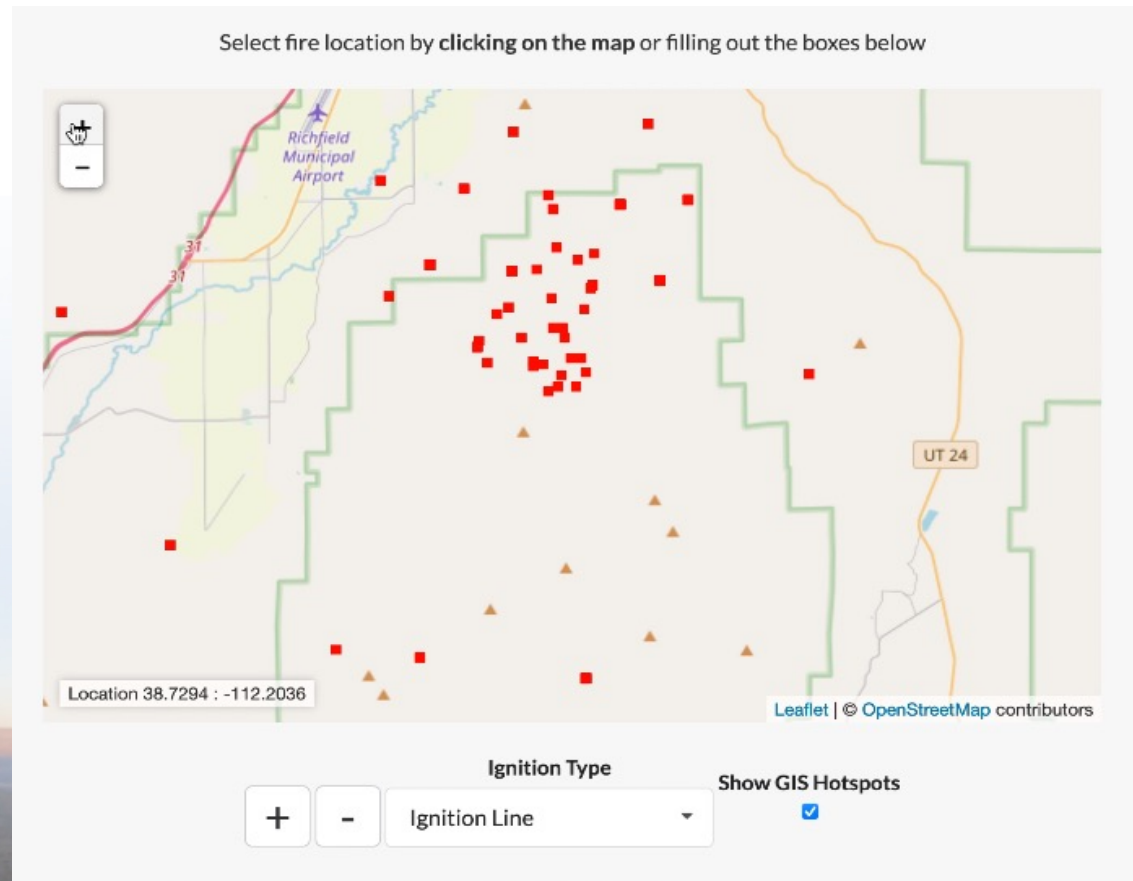


# Prezentacja danych satelitarnych

Satelitarne detekcje pożarowe satelitów orbitujących VIIRS i MODIS, a także geostacjonarnych GOES 16 i 17

Obecnie integrujemy:

- MODIS AQUA
- MODIS TERRA
- VIIRS
- GOES 16
- GOES 17



Detekcje satelitarne wizualizowane w kontrolerze symulacji

Wizualizacja detekcji satelitarnych w portalu internetowym



# Zmienne wyjściowe

Oprócz standardowej prognozy meteorologicznej, pożarowej i dymnej portal także zawiera nowe zmienne do wsparcia akcji lotniczych:

Dym na wysokości 1000 stóp

Dym na wysokości 4000 stóp

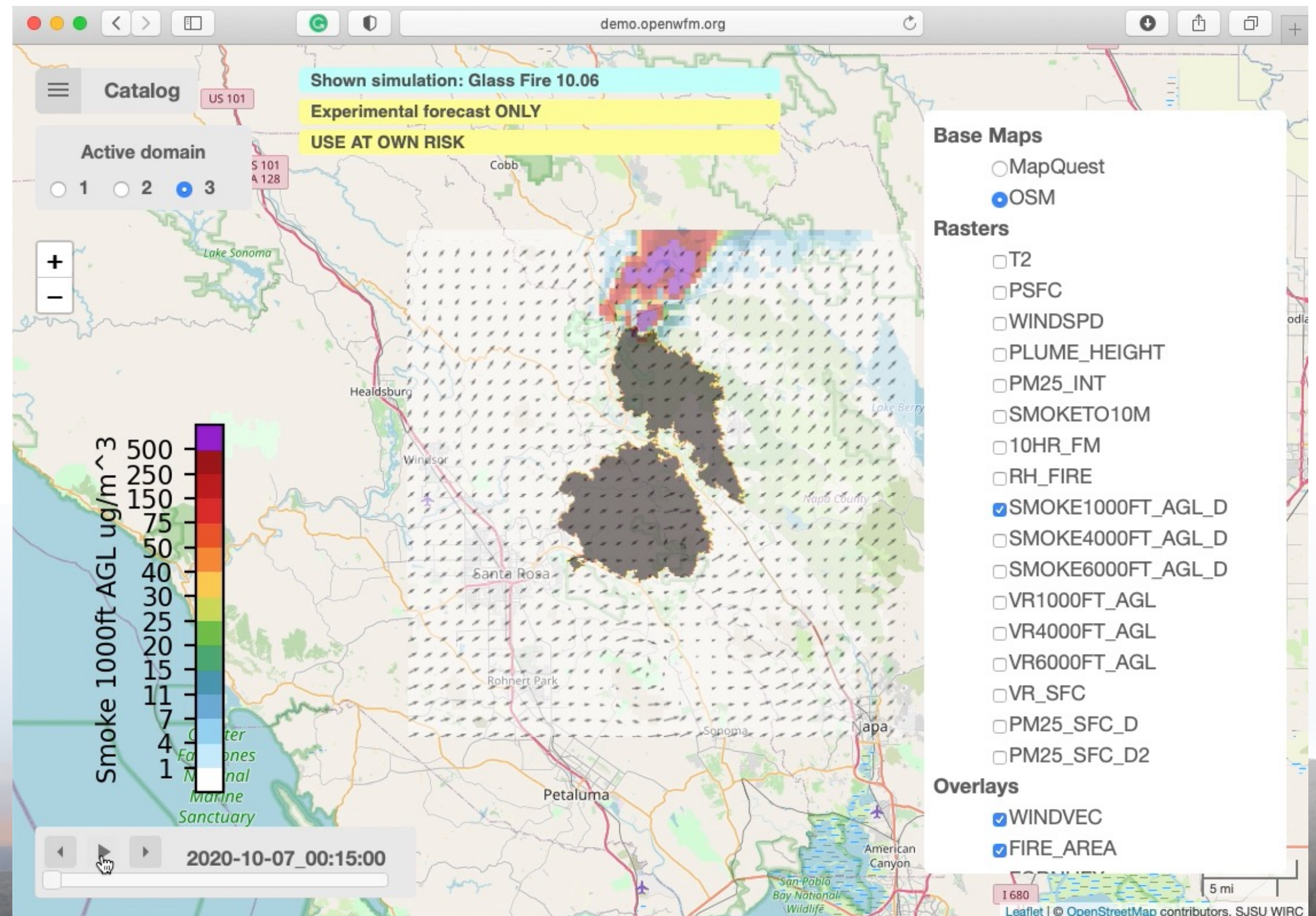
Dym na wysokości 6000 stóp

Zasięg widzenia blisko ziemi

Zasięg widzenia na wysokości 1000 stóp

Zasięg widzenia na wysokości 4000 stóp

Zasięg widzenia na wysokości 6000 stóp



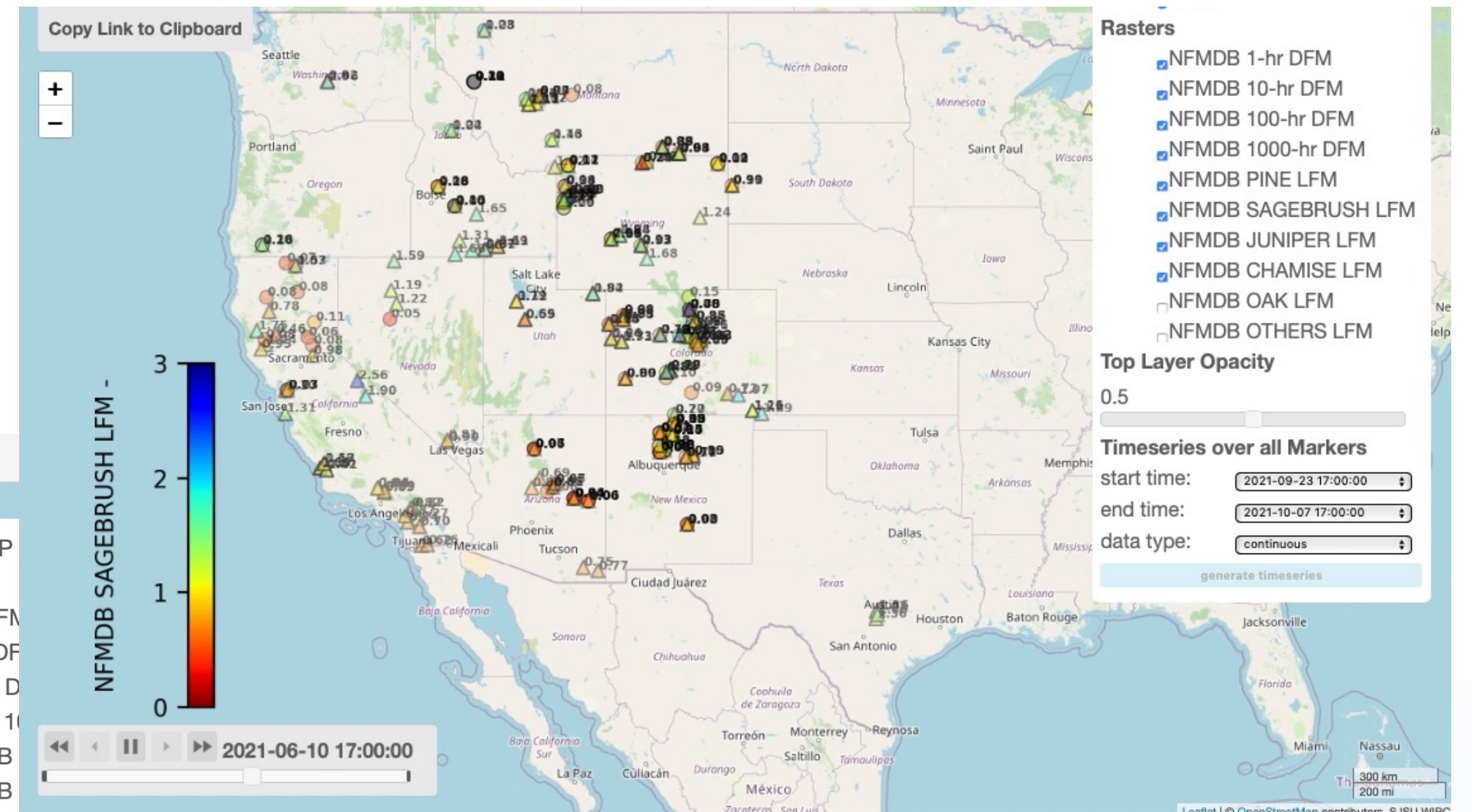
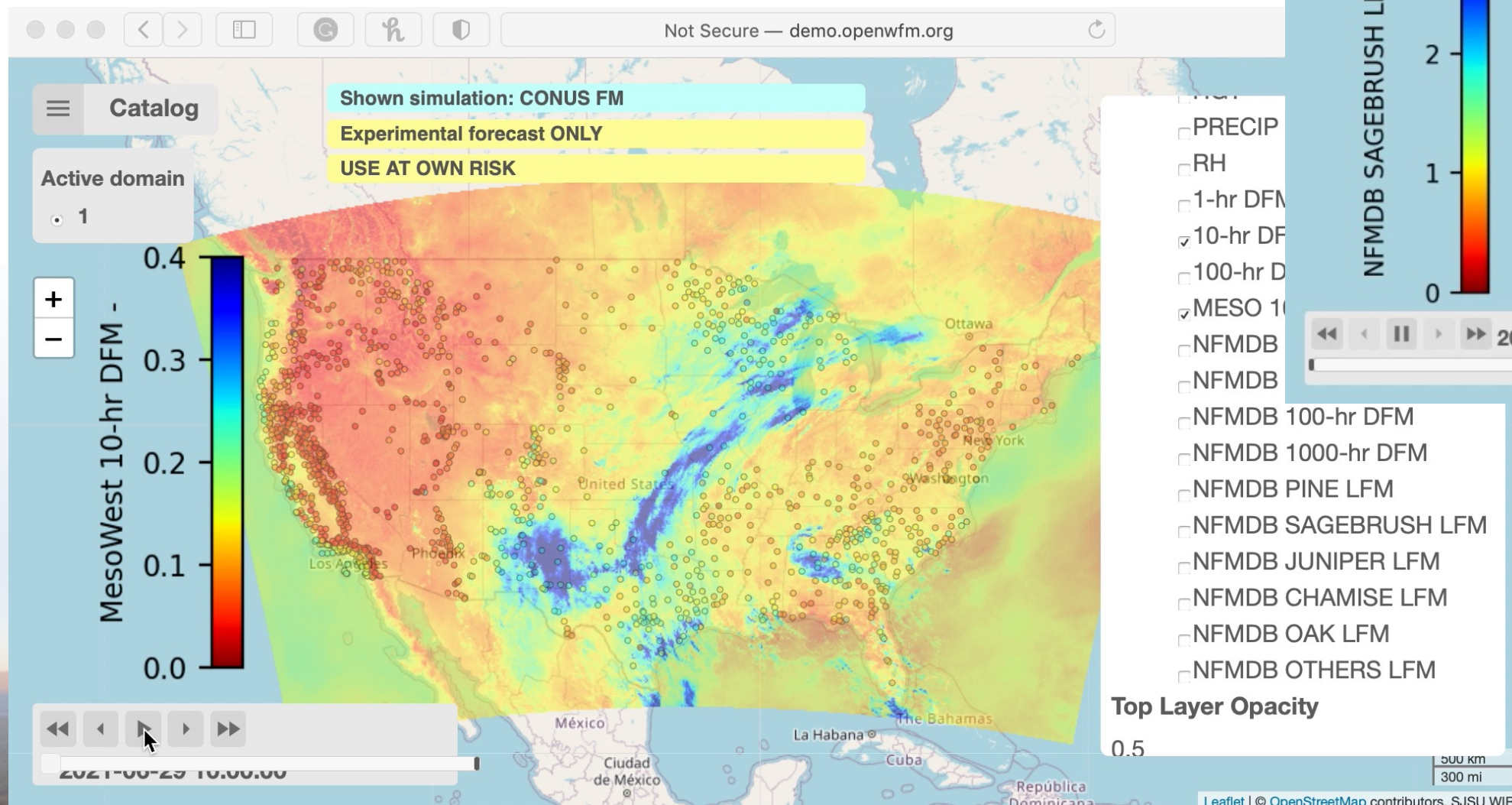
2020 Glass Fire visualized in the web portal



# Animowane mapy wilgotności paliwa i obserwacje

Poza systemem asymilacji danych wilgotności martwego paliwa, portal prezentuje obserwacje wilgotności paliwa martwego i żywego

- 1 hr
- 10 hr
- 100 hr
- 1000 hr
- Live Fuels



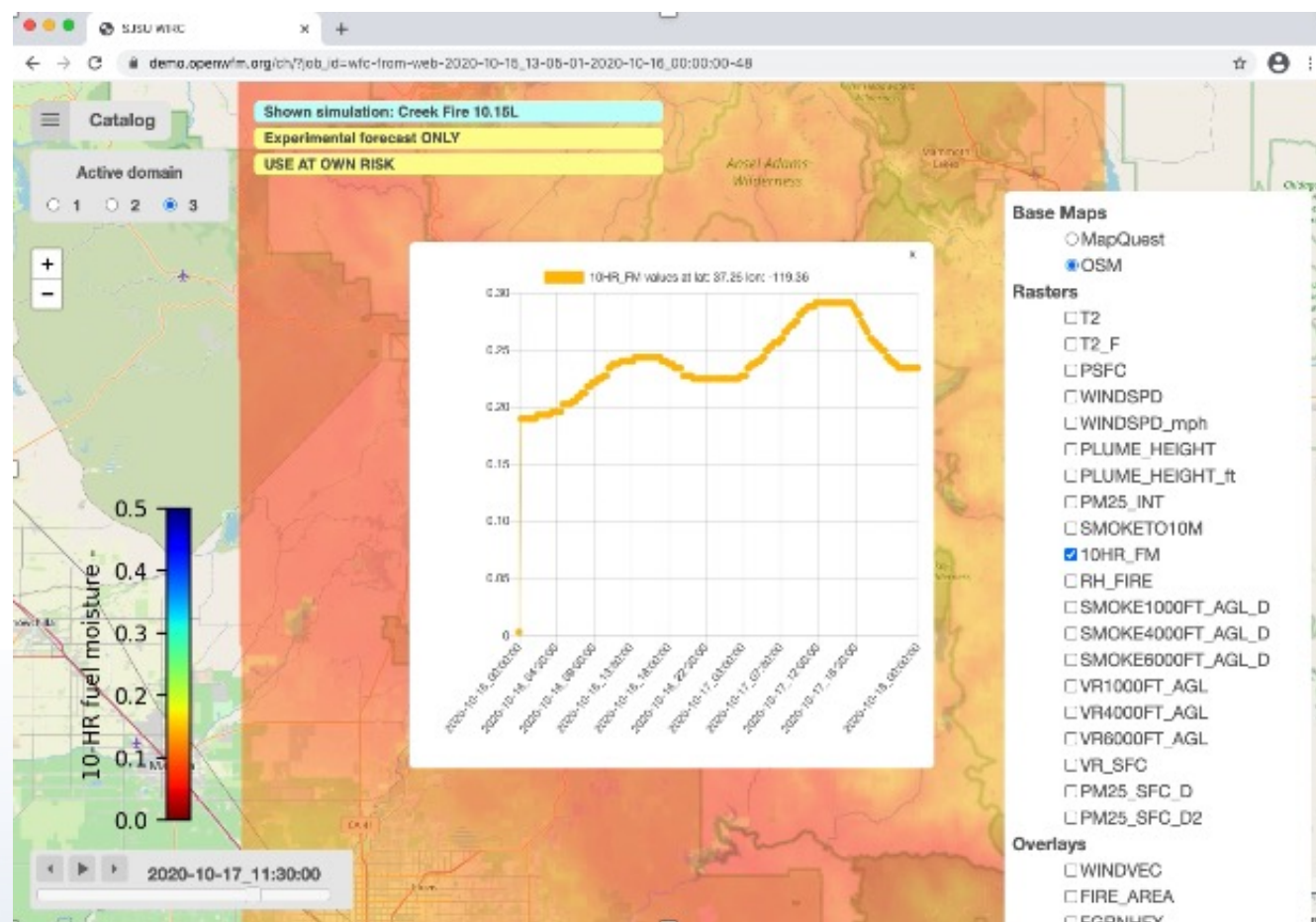
Obserwacje wilgotności paliwa żywego w portalu internetowym

Animowane mapy wilgotności martwego paliwa

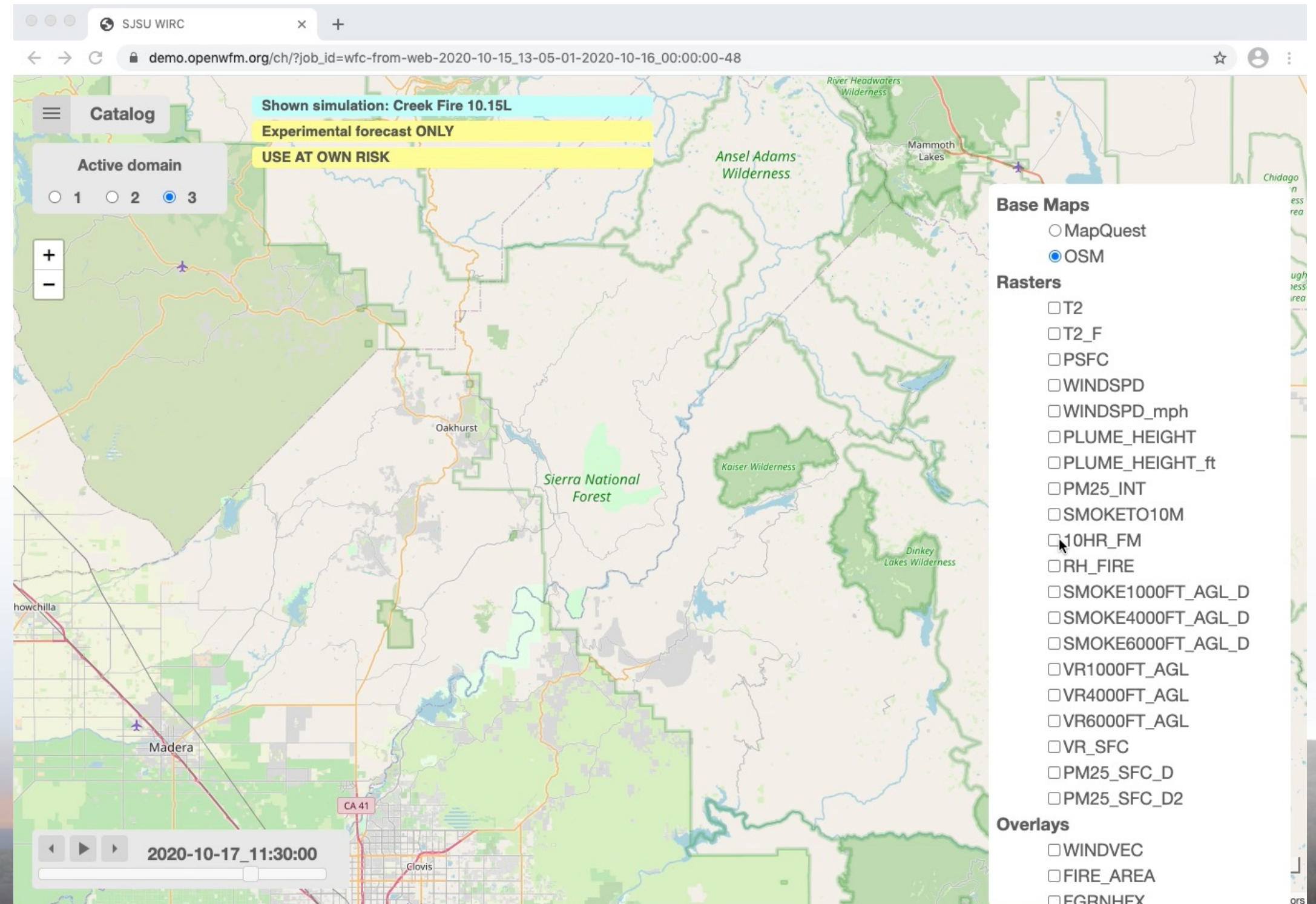


# Przebiegi czasowe dla symulacji pożarów

Generowanie szeregów czasowych na żądanie umożliwia generowanie wykresów liniowych dla dowolnego punktu zainteresowania w domenie i dowolnej zmiennej



Przykład szeregu czasowego prognozowanej wilgotności paliwa 10 h



Szeregi czasowe 10 h wilgotności paliwa dla Creek Fire (Wrzesień 2020) 37



# Wsparcie dla wybranych geometrii zapłonu

Dowolne ścieżki zapłonu pozwalają lepiej odzwierciedlić scenariusz wypalania

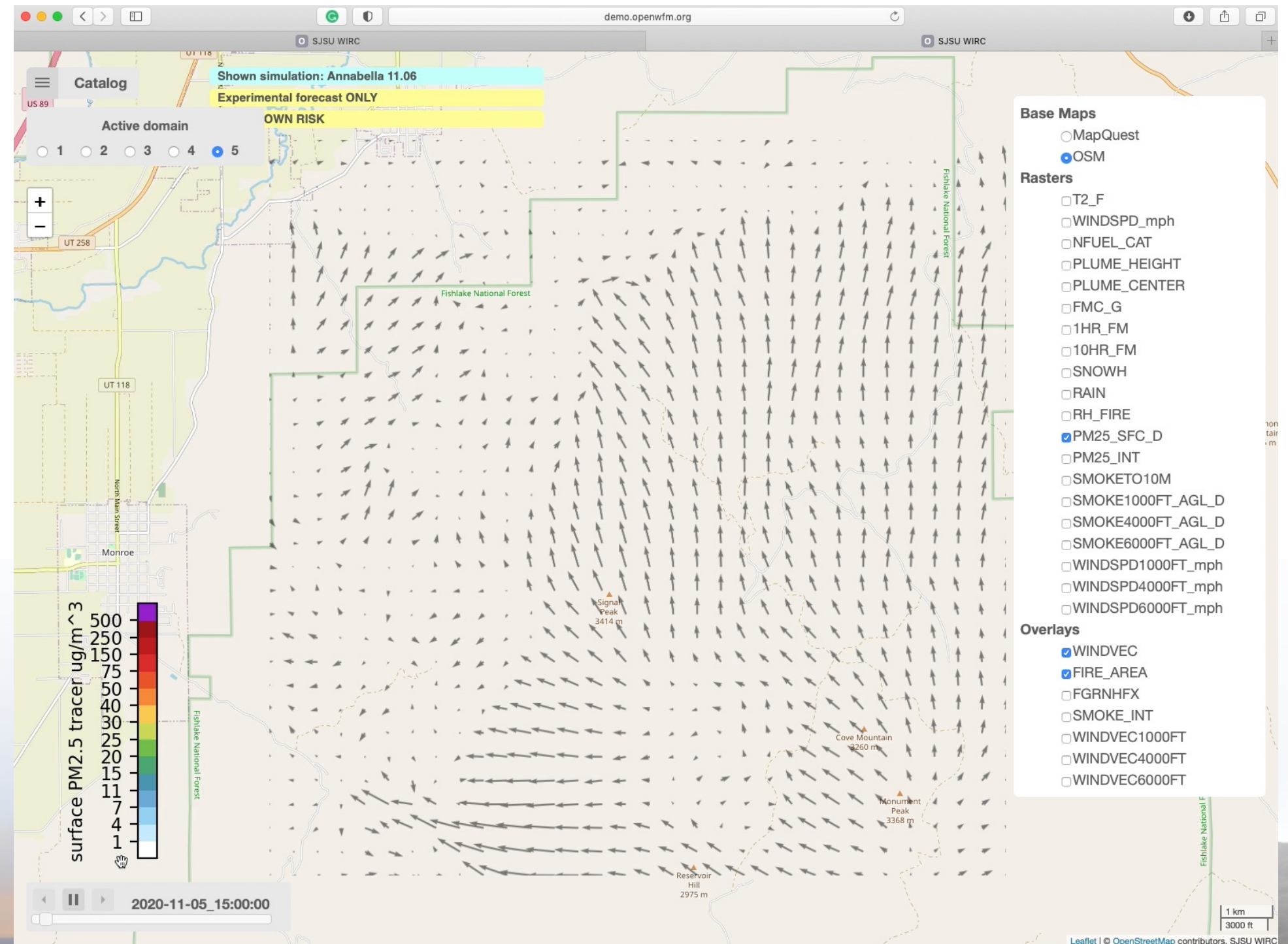
**Fire forecasting control system**

Welcome to the WRFx controller website, an experimental system built to initiate fire simulations using the `wrfxpy` system. The `wrfxpy` system in turn relies on `WRF-SFIRE` to perform the numerical simulation itself. The results of the simulation will appear on the integrated visualization system `wrfxweb`.

**System status**

Cluster	colibri.ucdenver.pvt
Nodes	24
Cores per node	16
Free nodes	24

Start a new fire      Show current jobs

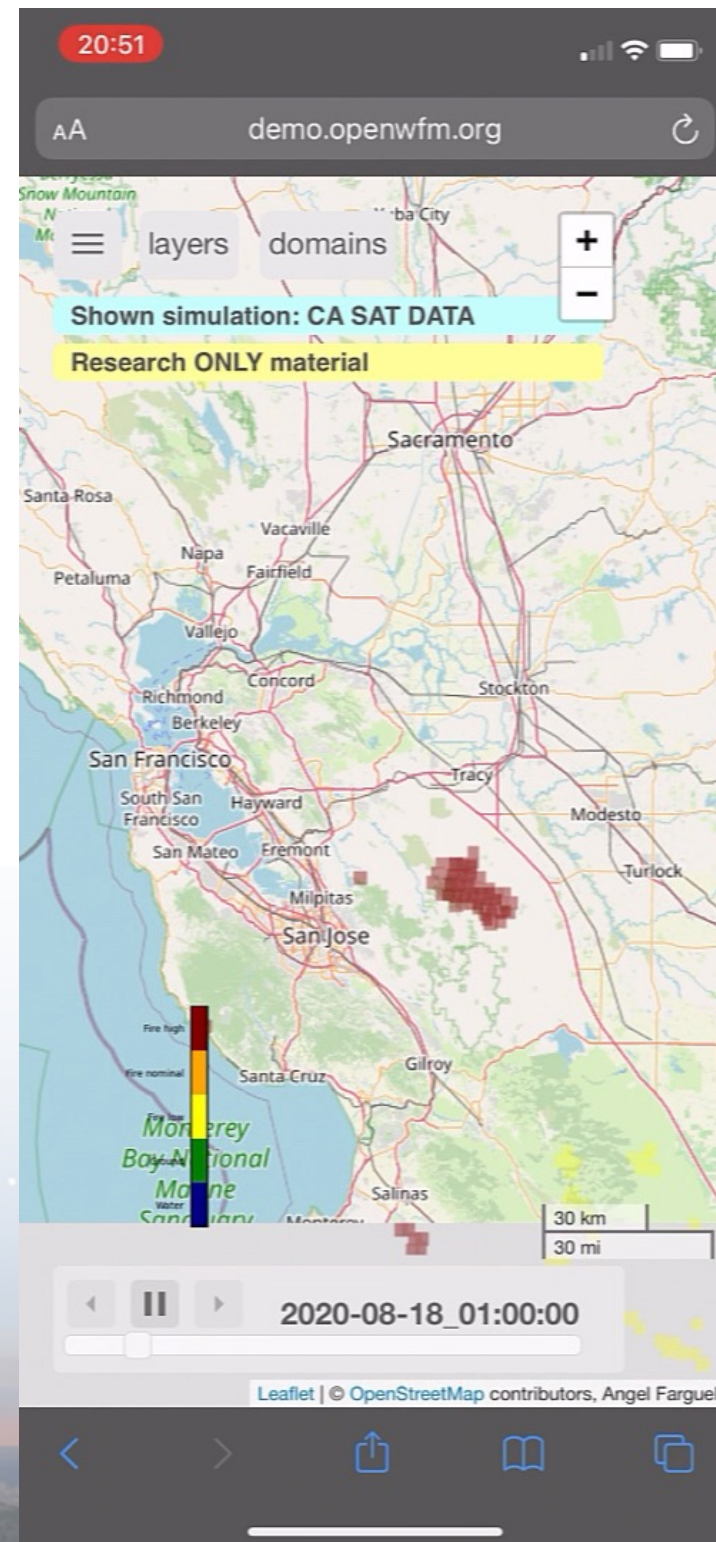


Kontroler sieci Web do inicjowania prognoz na żądanie

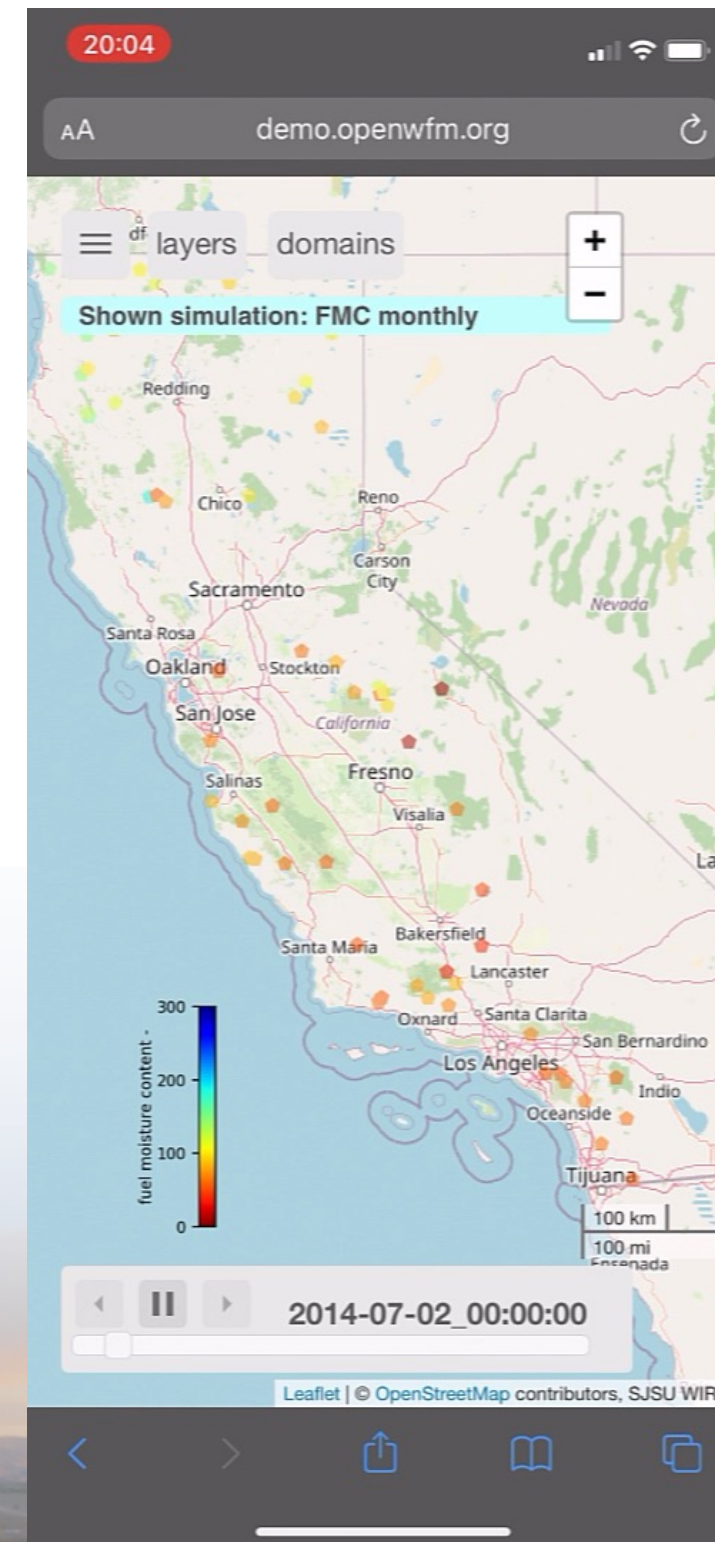


# Przyjazny dla urządzeń mobilnych interfejs sieciowy

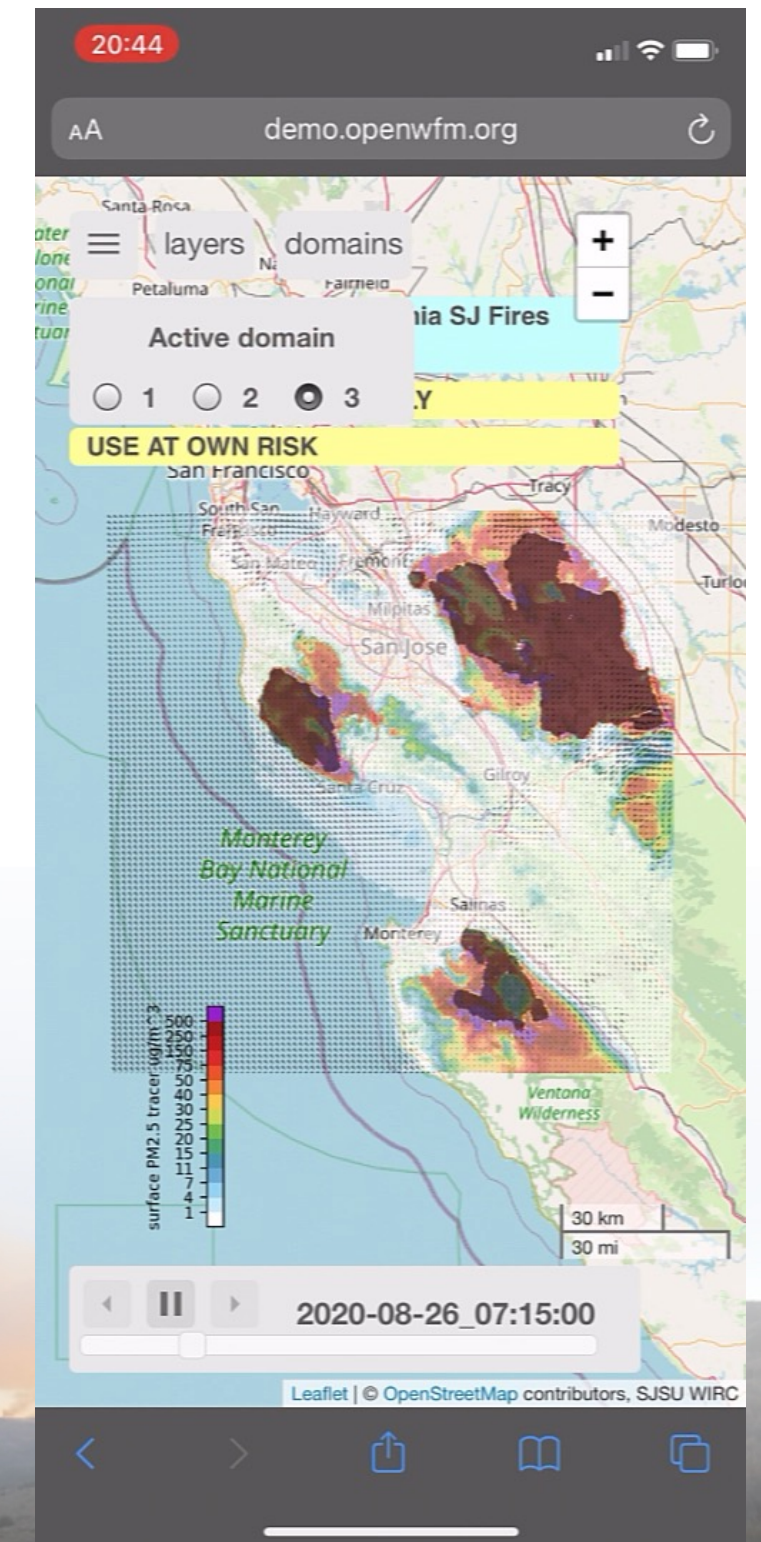
Portal internetowy udostępnia dane na platformach mobilnych



Satellite detections



Fuel moisture observations



Fire, Weather and Smoke 39



# Case Study #1

Pożar niedaleko William Arizona (Green Base)

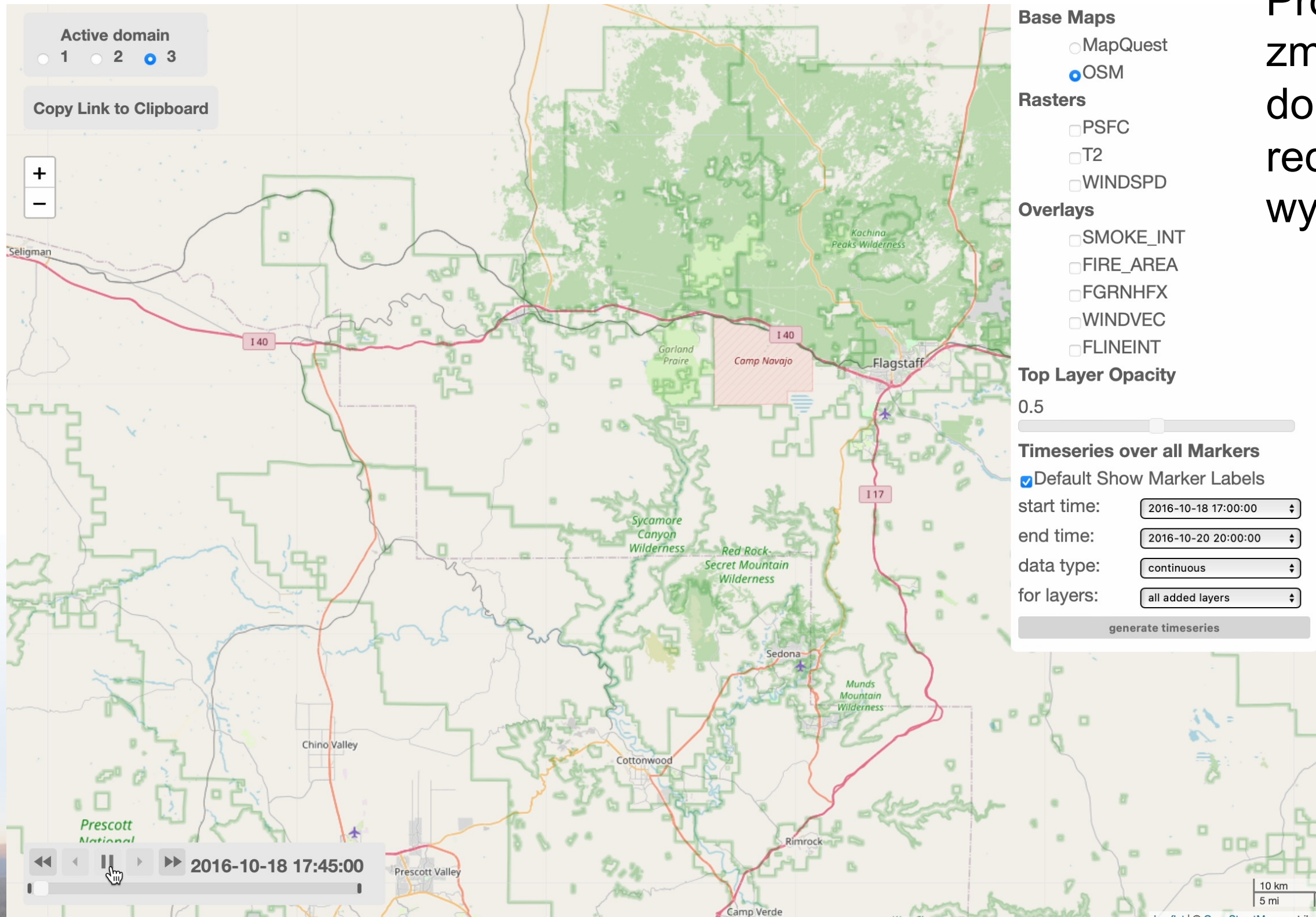
Zredukowana widoczność z powodu dymu doprowadza do licznych wypadków na autostradzie I40 z ofiarami śmiertelnymi





# Case Study #1

## Pożar niedaleko William Arizona (Green Base)



Prognoza rozprzestrzeniania dymu uchwyciła zmianę warunków wiatrowych które doprowadziły do zadymienia autostrady I-40, redukując widoczność, i doprowadzając do wypadków.



# Case Study #2

Mobilna platforma skanowania wiatru (LIDAR) jest wezwana do planowanego wypalania Manning Creek

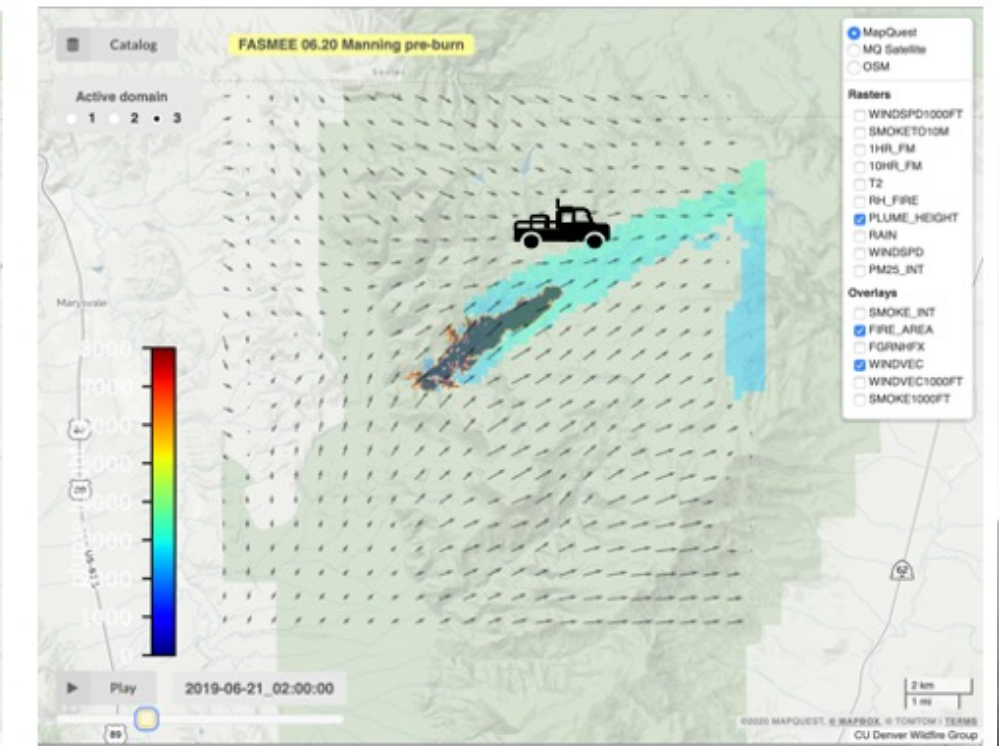
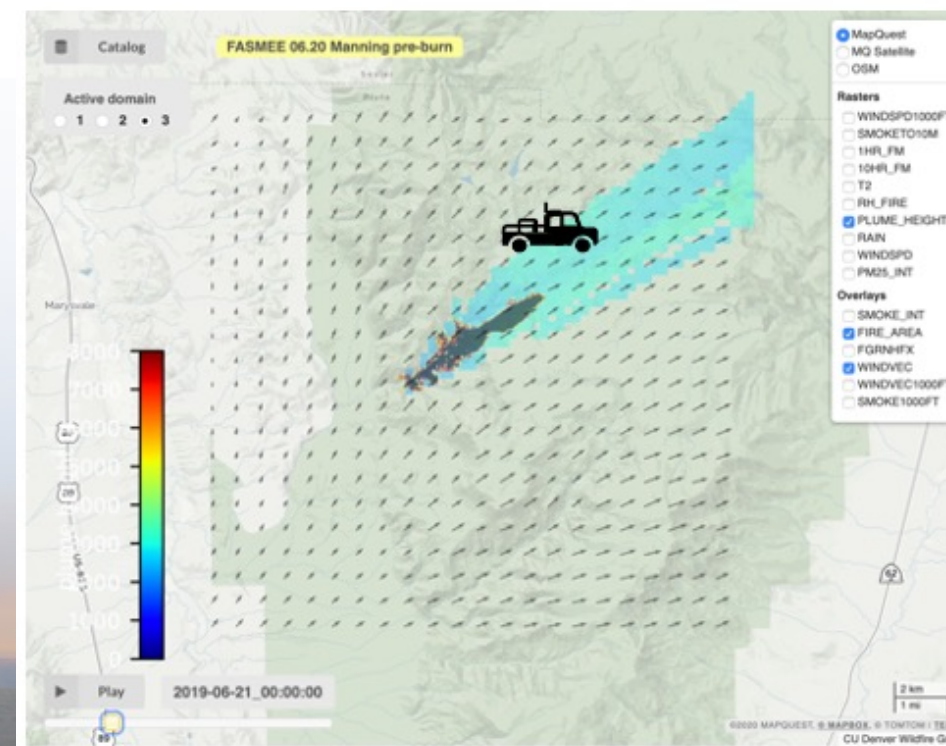
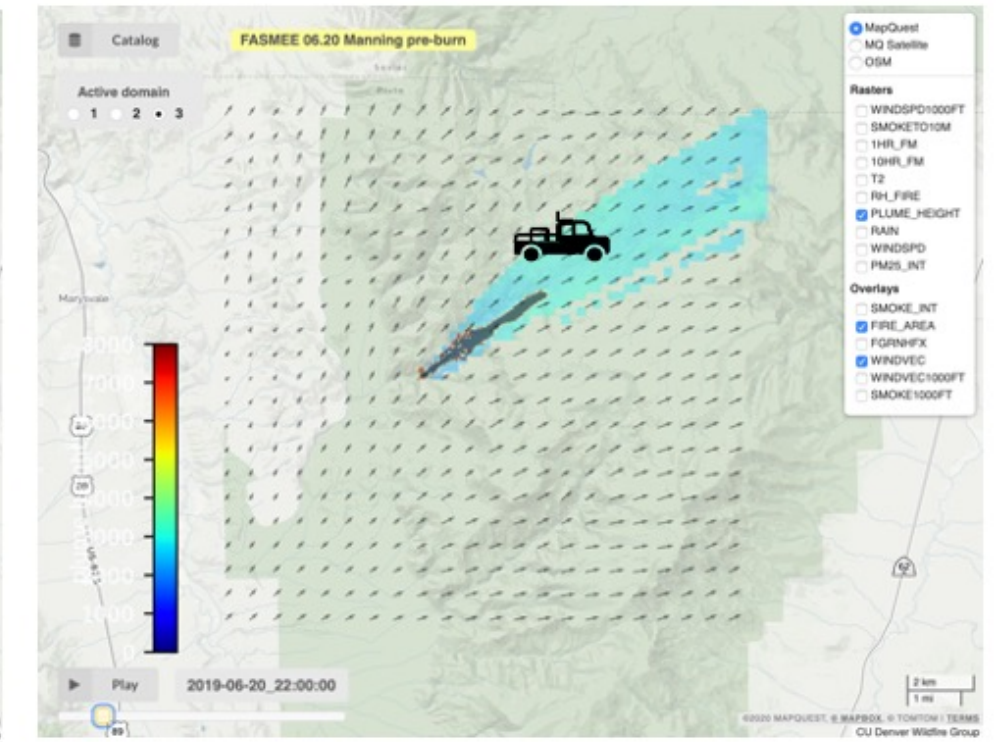
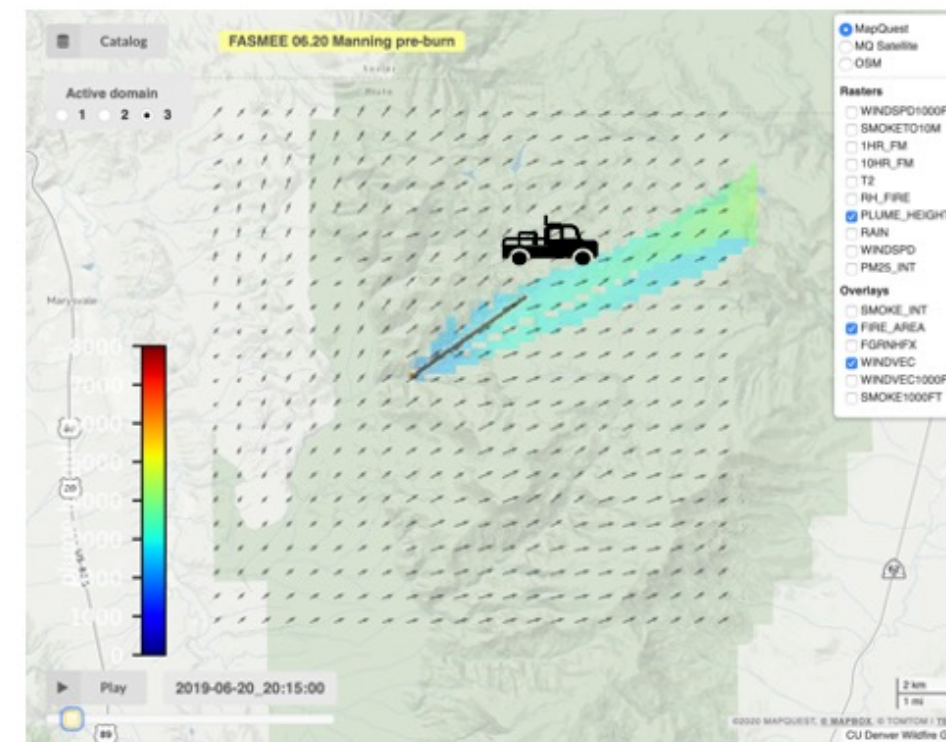
- Musimy oszacować czy jedyne dostępne stanowisko z widokiem na kolumnę dymu nie znajdzie się w strefie zadymienia.

Prognozy numeryczne były uruchamiane codziennie od 18 do 20 czerwca

3 domeny: 2,25 km -> 750m -> 250 m  
 Ostatnia prognoza została zrealizowana na miejscu rankiem 20 czerwca o 9 rano.

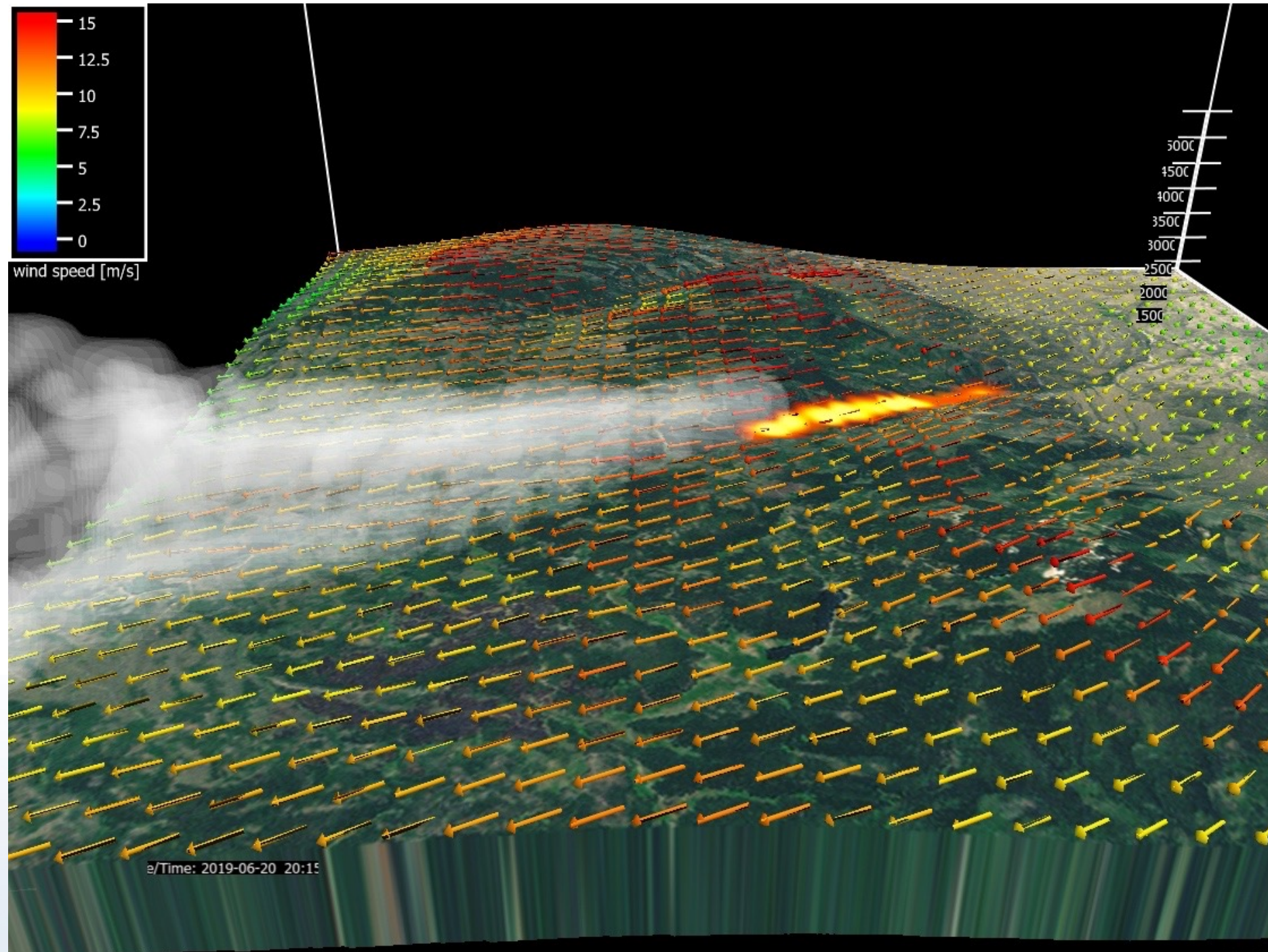
Symulacja została zainicjowana o 20.06.2019 12:00 czasu lokalnego  
 Pierwsze 12h prognozy zostało ukończone w 1h 26min, przed końcem porannej odprawy.

- Symulacja wskazuje że dostępne lokalizacja pozwoli na bezpieczny skan w linii prostopadłej to dyspersji dymu.





# Case Study #2



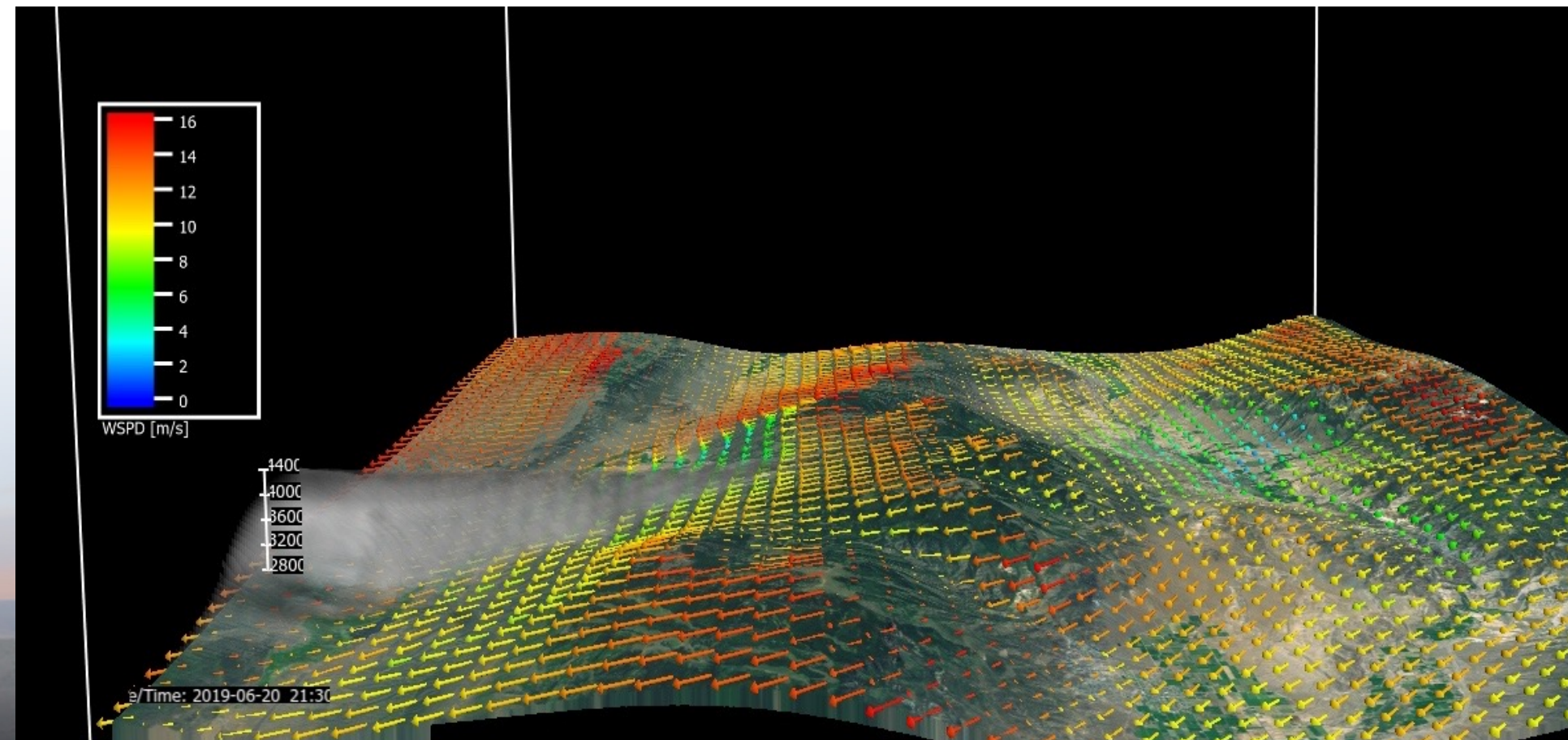
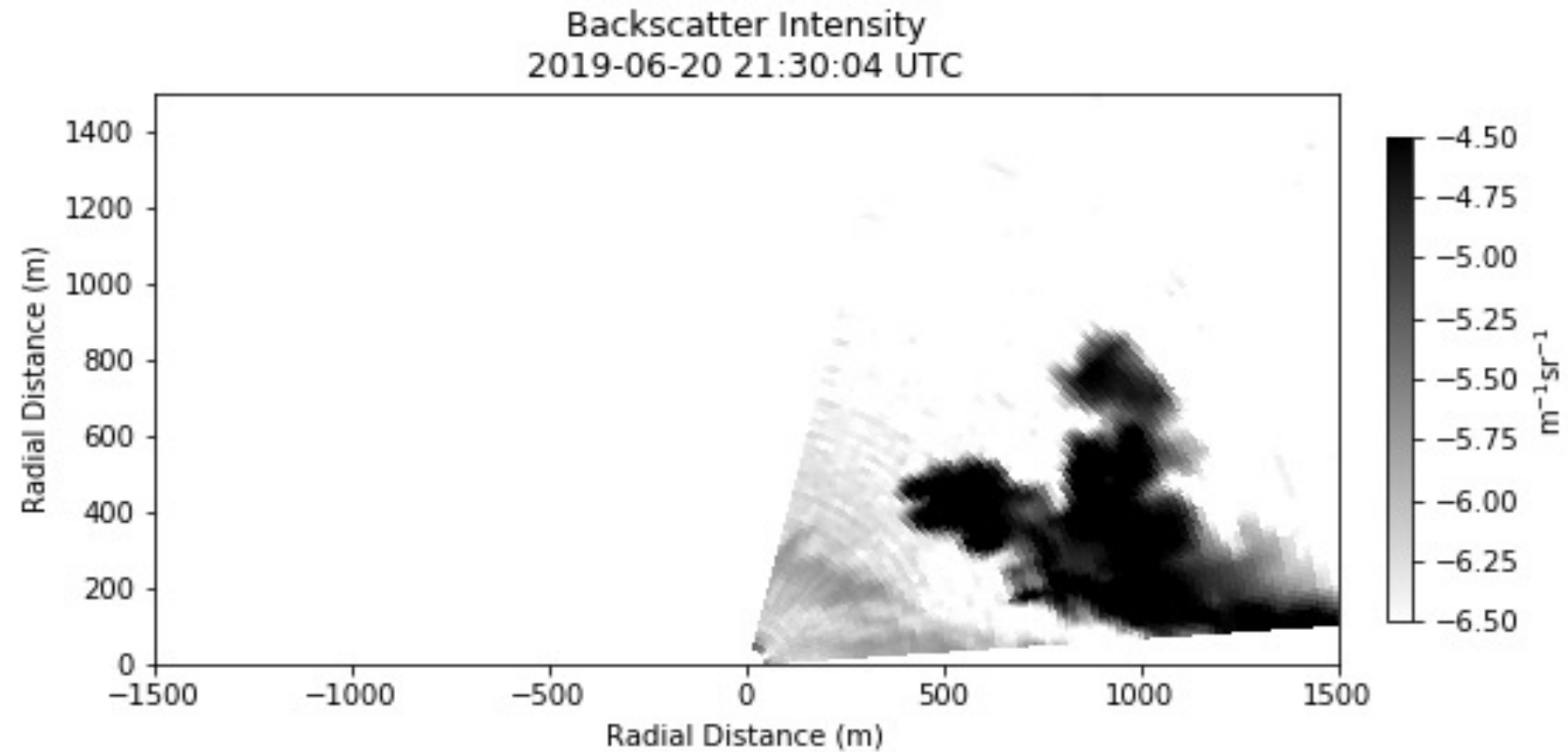
Domena 3, prognoza rozdzielczości 250m z wymuszaniem NAM218  
Wizualizacja 3D prognozowanego przebiegu, przygotowana off-line w Vapor

Widok z miejsca LIDAR



# Case Study #2

- Prognozowana pozycja kolumny dymu i wysokość potwierdzona została obserwacjami LIDARem Dopplera, który wskazał pochylony słup dymu rozciągający się od powierzchni do około 1km AGL (3,8 km n.p.m.).
- Prognoza modelowa wskazywała na podobnie nachylony słup dymu o wysokości sięgającej 1,2 km AGL (4 km n.p.m.)





# Case Study #3

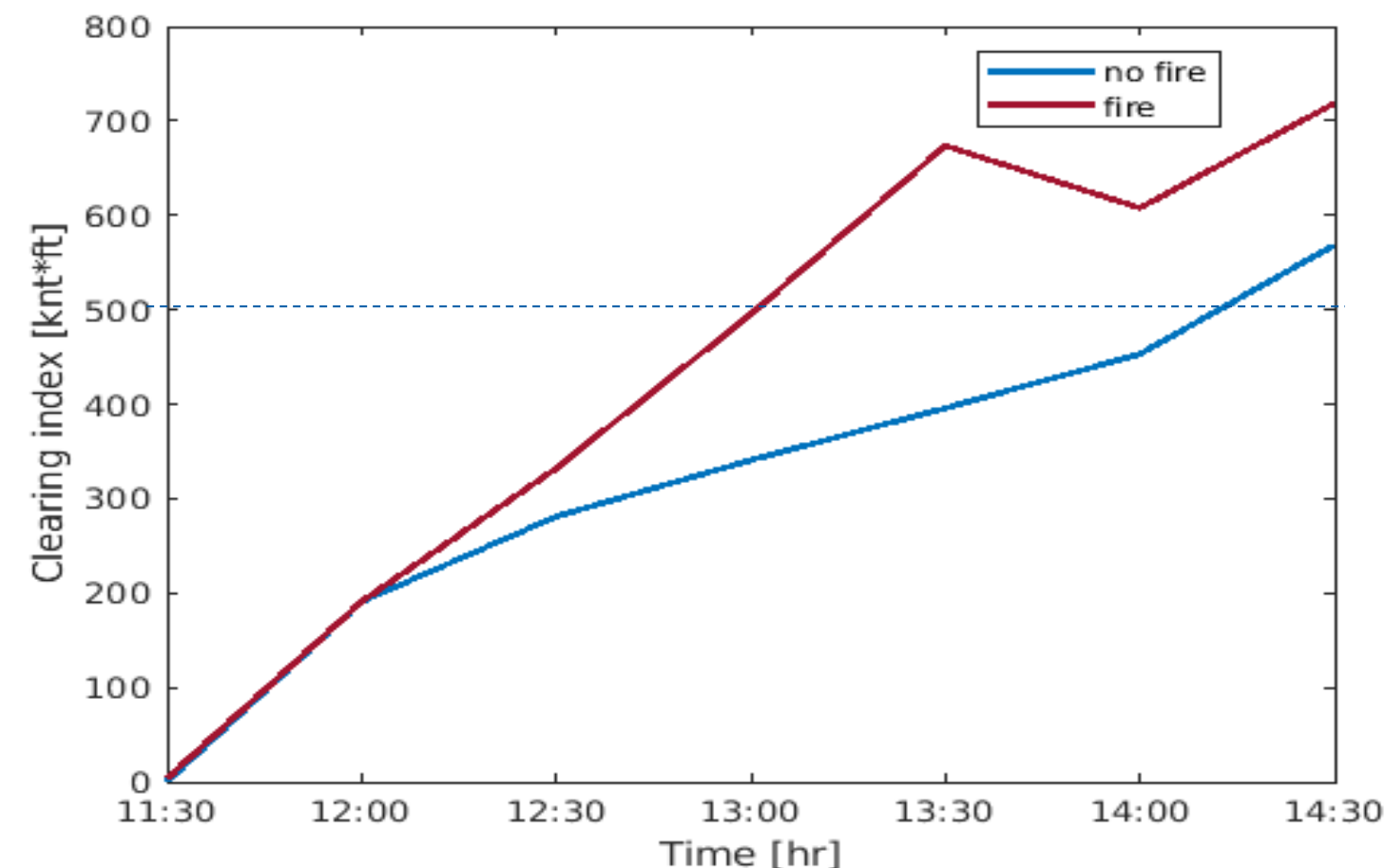
W przededniu planowanego wypalania Langdon, niedostateczne wartości indexu wentylacyjnego powodują że zgoda na wypalanie jest wstrzymana

Operacja planowana przez kilka miesięcy jest zagrożona

Prognoza modelem sprzężonym została wykonana w celu ponownego oszacowania wartości indexu wentylacyjnego uwzględniając obecność pożaru.

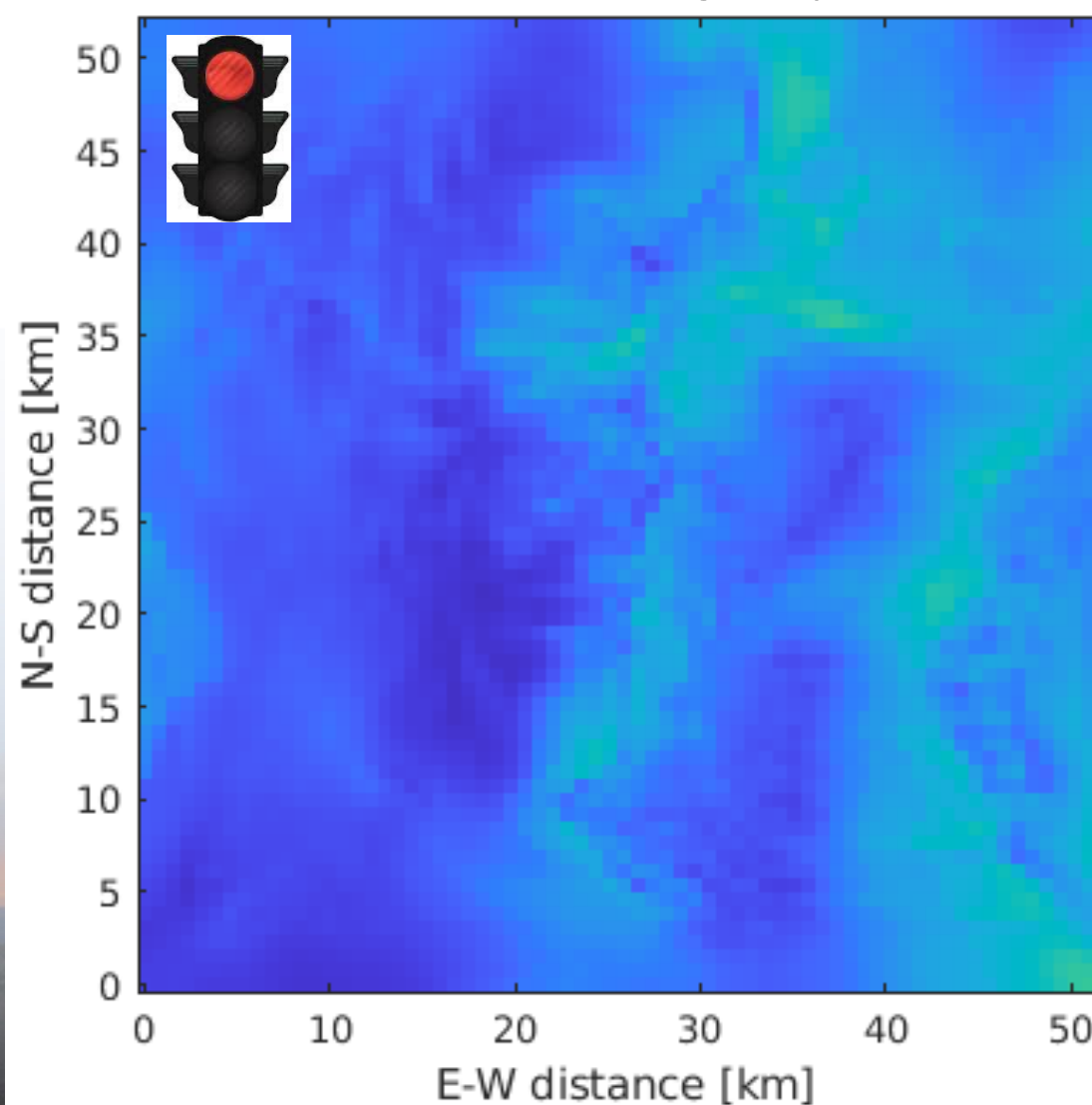
Na podstawie tej symulacji została wypalenie zostało zatwierdzone.

Forecasted ventilation index

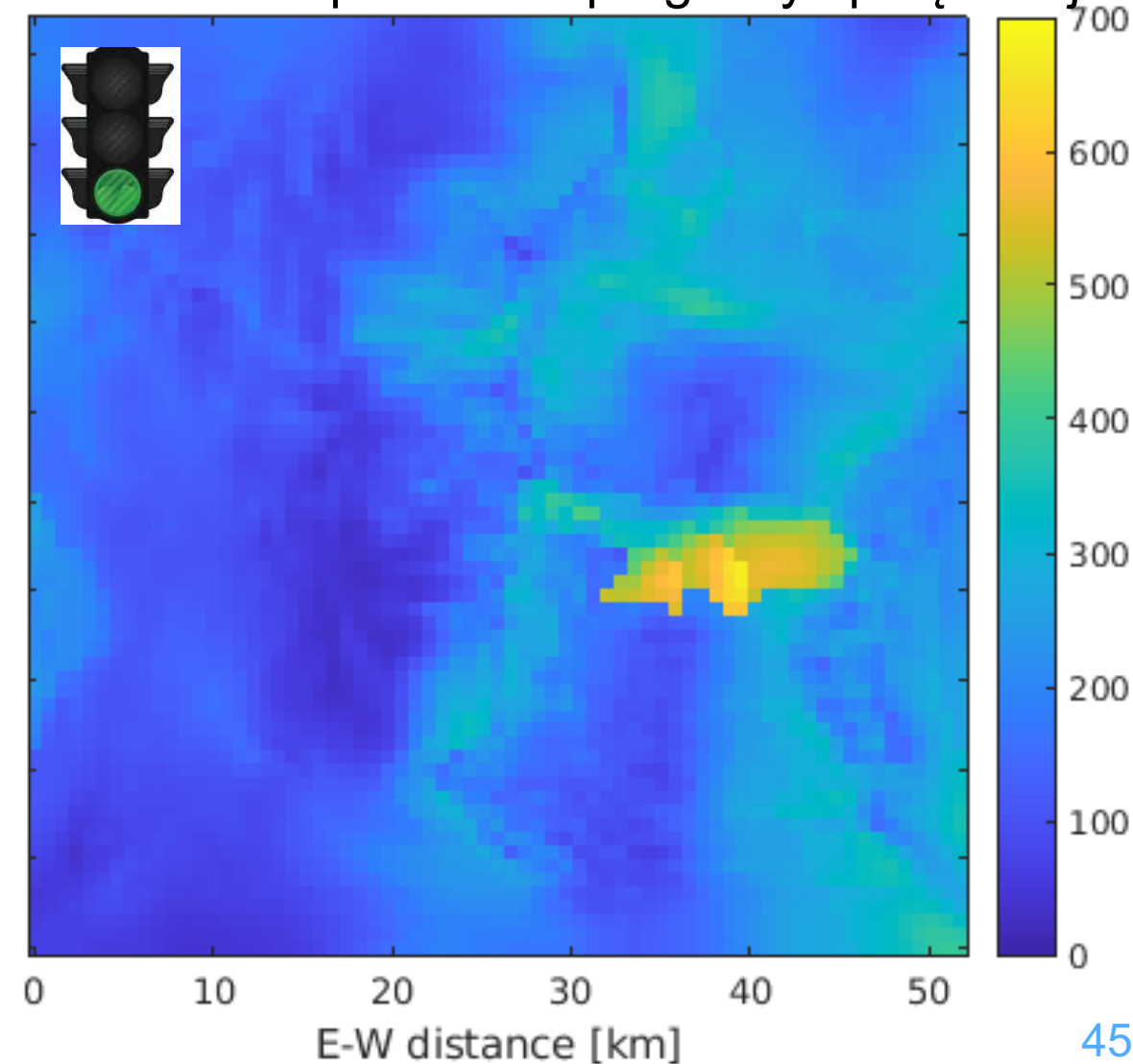


Minimalny indeks potrzebny do zatwierdzenia wypalania

Indeks na podstawie prognozy bez pożaru



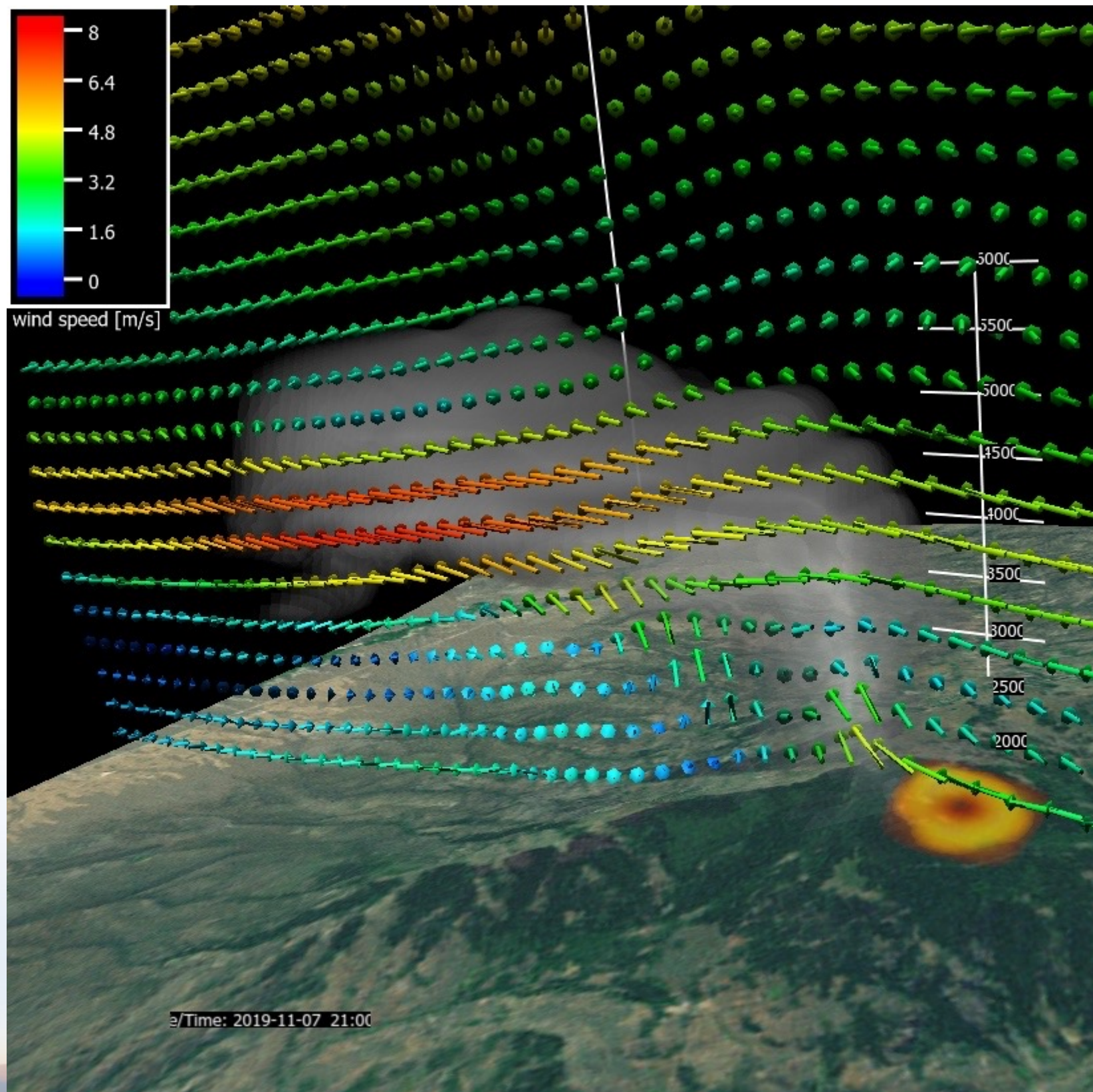
Indeks na podstawie prognozy sprzężonej





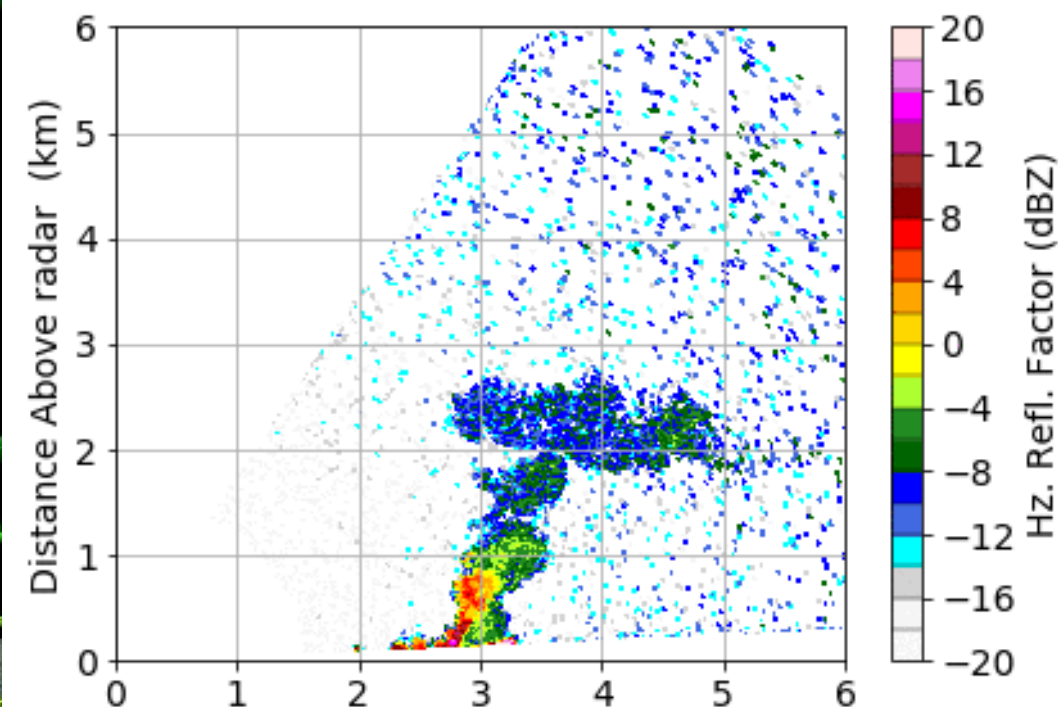
# Case Study #3

Dane RADAR-owe zebrane podczas wypalania bloku Langdon

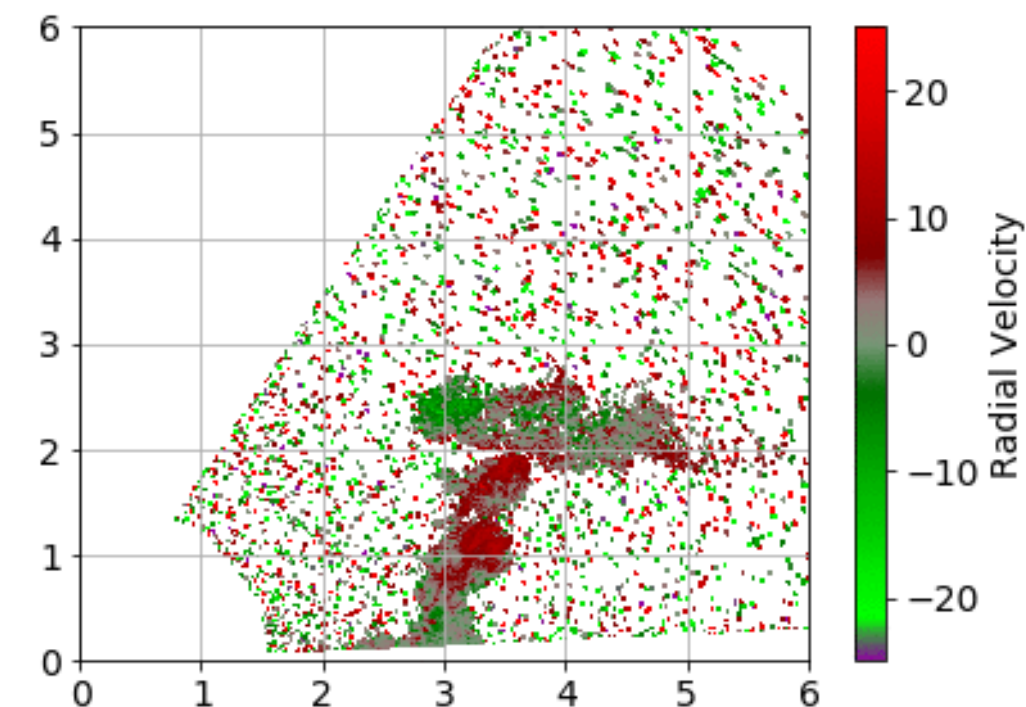


Prognozowana wysokość dymu 2,7-3,2 km AGL

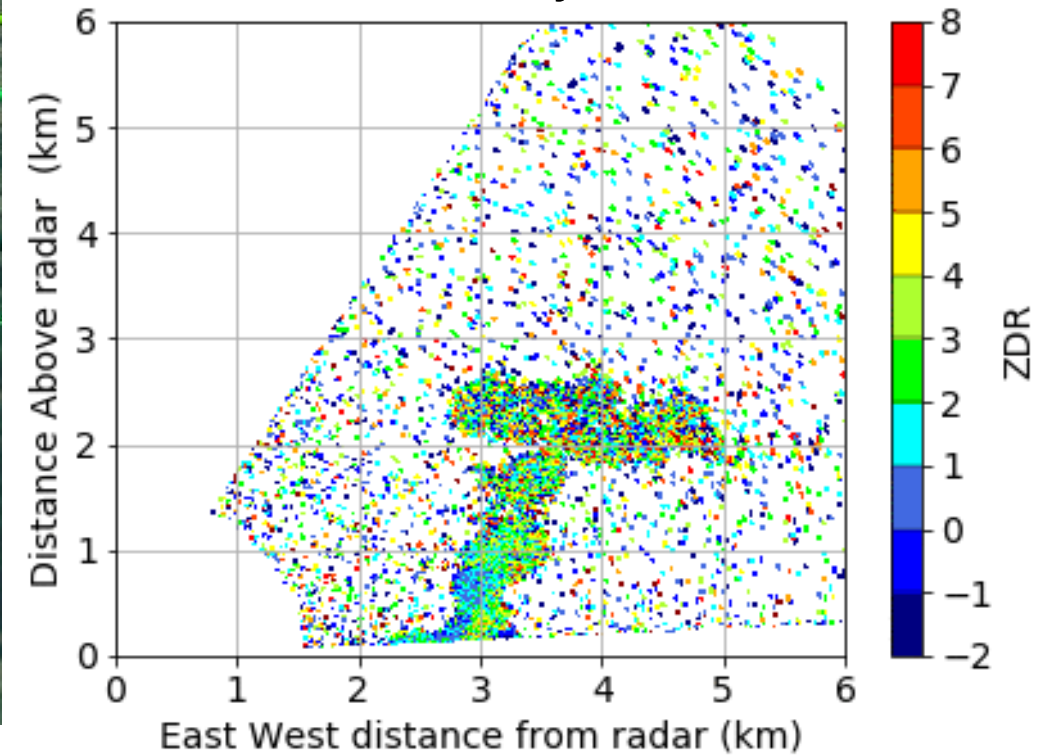
Reflectivity



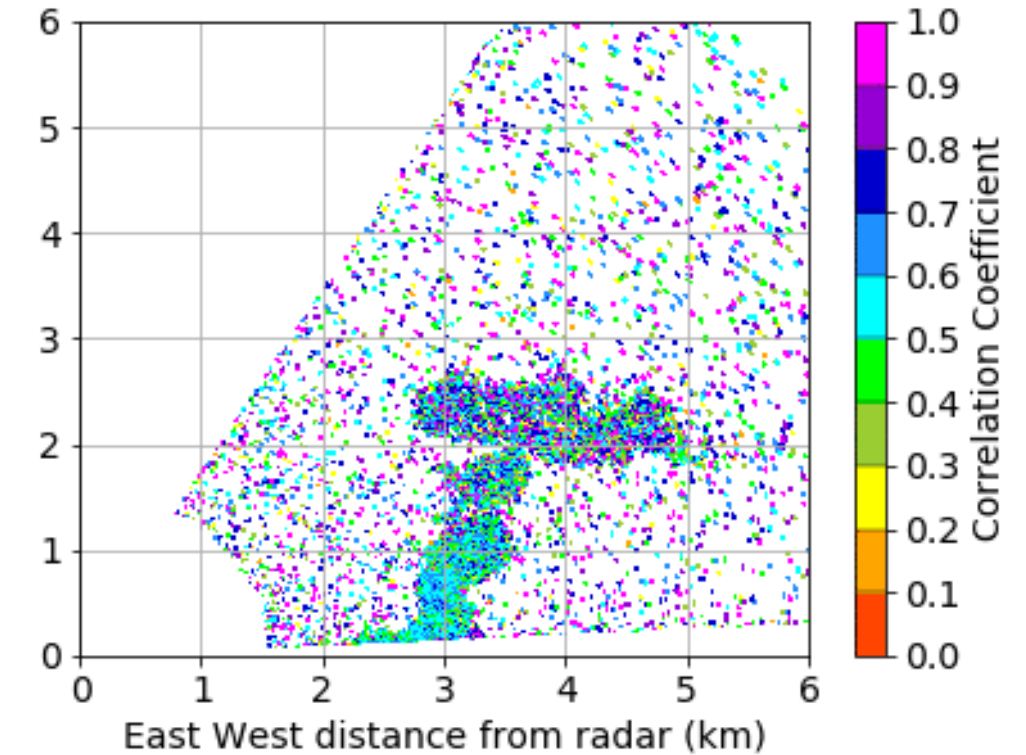
Velocity



Differential Reflectivity



Correlation Coefficient



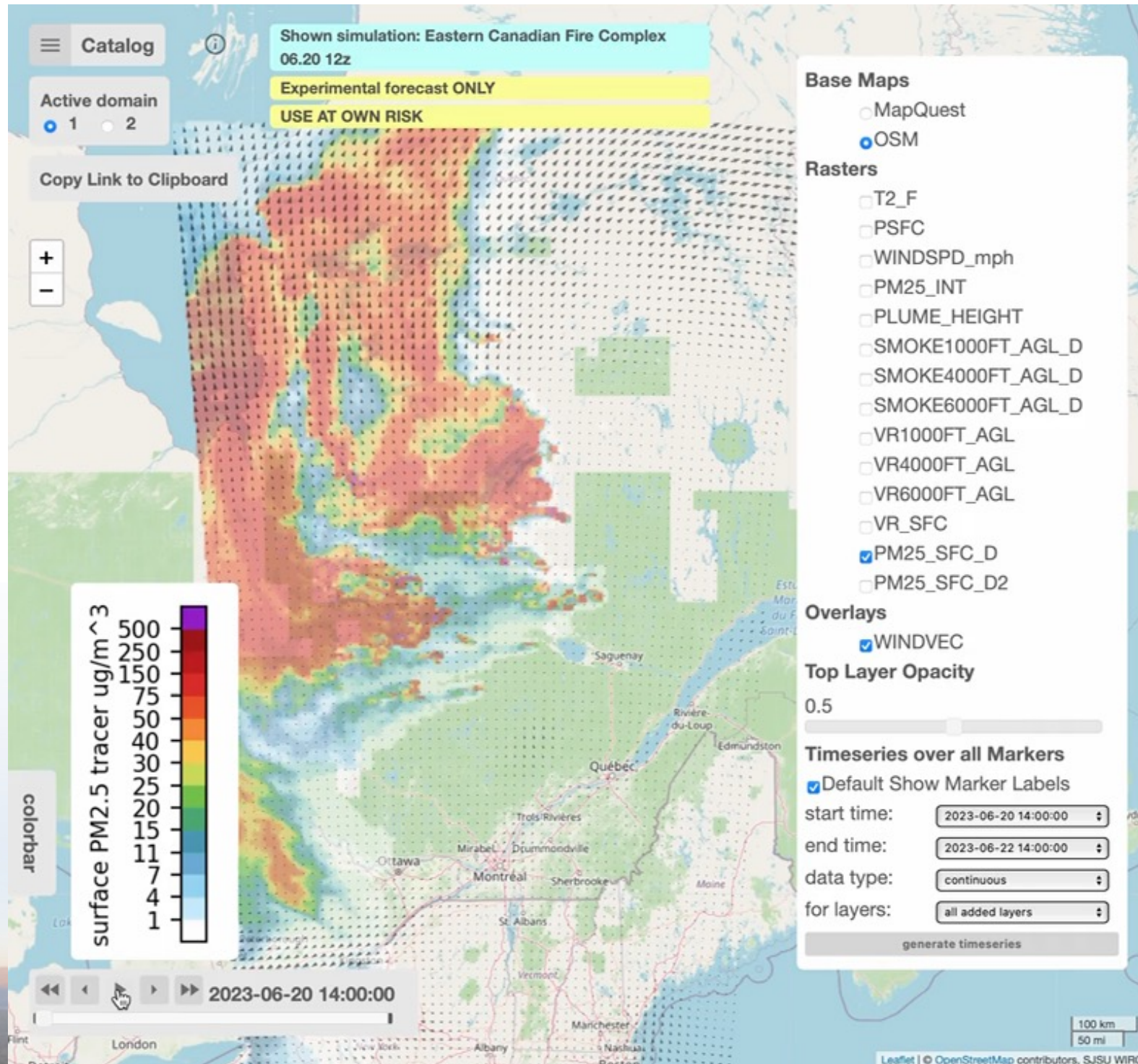
Obserwowana wysokość dymu 2,5-3,5 km AGL



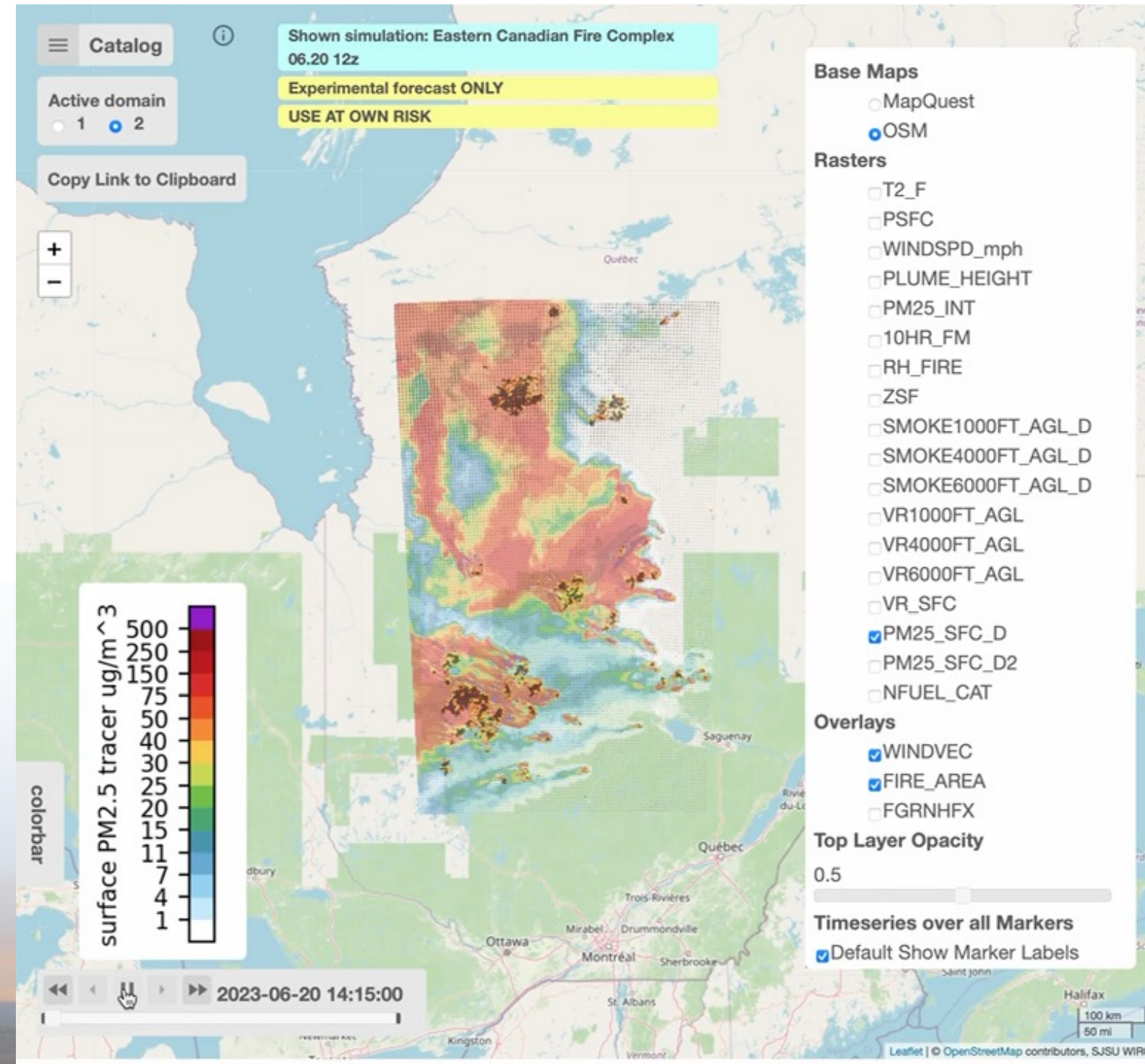
# Case Study #4

Požary lasów w Kanadzie: 06/20/2023

Domena zewnętrzna d01 (3km)

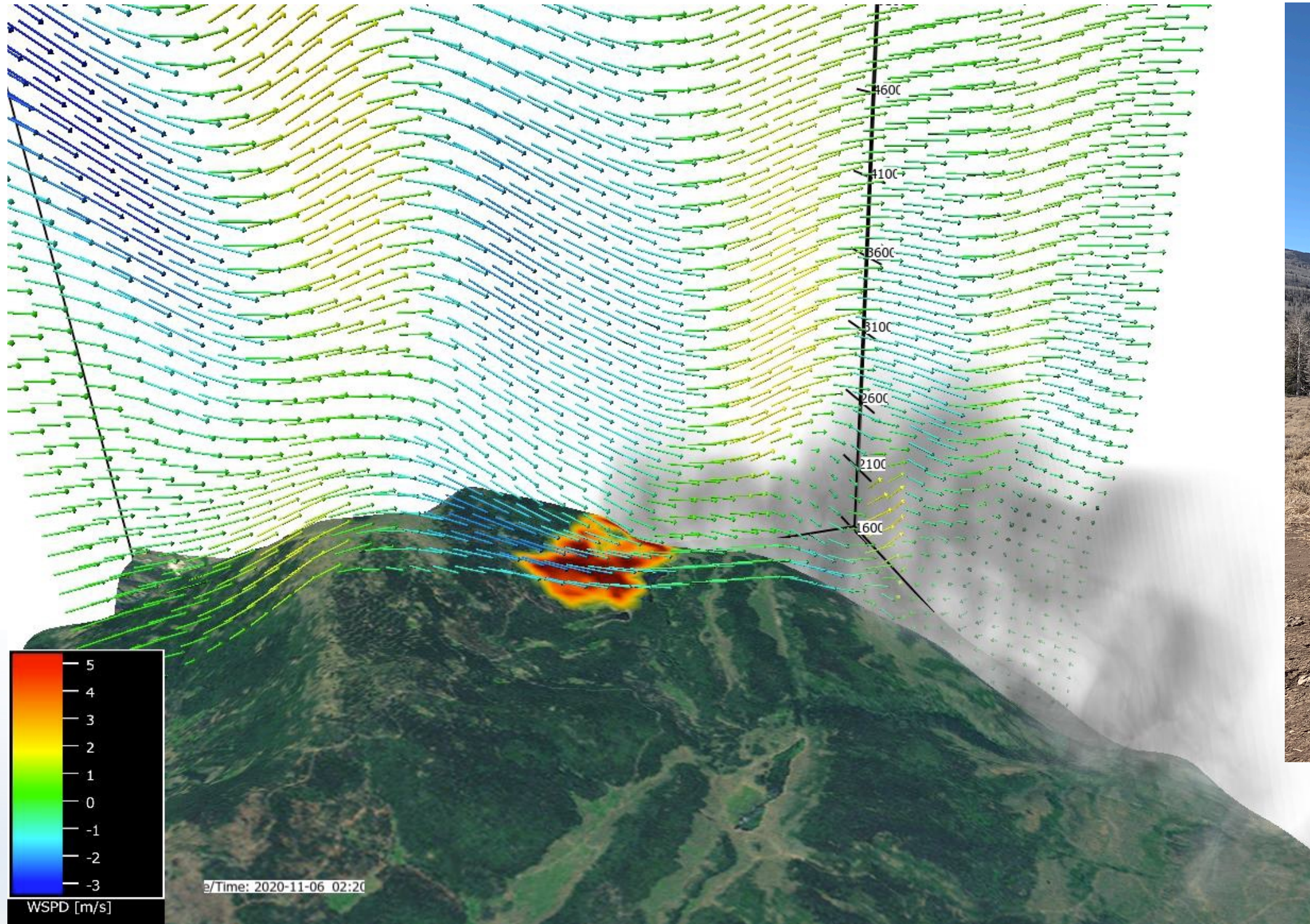


Domena pożarowa d02 (1km)





# Dziękuję za uwagę!



Kolumna dymu widziana z lokalizacji RADARu

Wizualizacja 3D prognozy spalania najbardziej wewnętrznej domeny d05 o rozdzielczości 148m.

Cieniowanie kolorów pokazuje obszar pożaru, wektory są oznaczone kolorami zgodnie z prędkością pionową od -3 do 5 m / s