

# Projekty grupy modelowania pożarowego WIRC na Uniwersytecie Stanowym San Jose



**Adam Kocharński, Jack Drucker, Angel Farguell-Caus**

**WIRC – Multi-dyscyplinarne Centrum Badań Pożarowych  
Akademicko-Branżowe Kooperacyjne Centrum Badawcze,  
Narodowej Fundacji Nauki (Amerykański KBN)**



# Interdyscyplinarne Centrum Badań Pożarowych



Akademicko-Branżowo Kooperacyjne Centrum Badawcze  
Krajowej Fundacji Nauki

## Badania na rzecz wdrożeń operacyjnych:

Rozwiązania interdyscyplinarne i badania w celu ulepszenia narzędzi i polityki dla społeczności i organizacji branżowych na całym świecie.

## Szkolenie zróżnicowanej siły roboczej:

Przygotowanie siły roboczej w nauce i zarządzaniu pożarami.

## Tematy Badawcze

- Pogoda pożarowa
- Prognoza pożarów
- Dynamika i zachowanie pożarów
- Teledetekcja pożarowa
- Prognozowanie rozprzestrzeniania dymu
- Zarządzanie pożarami i zasady prawne
- Nauki społeczne
- Ekologia Pożarowa
- Odporność społeczności na ryzyko związane z klimatem i pożarami

## Eksperti Tematyczni





# NSF IUCRC-WIRC

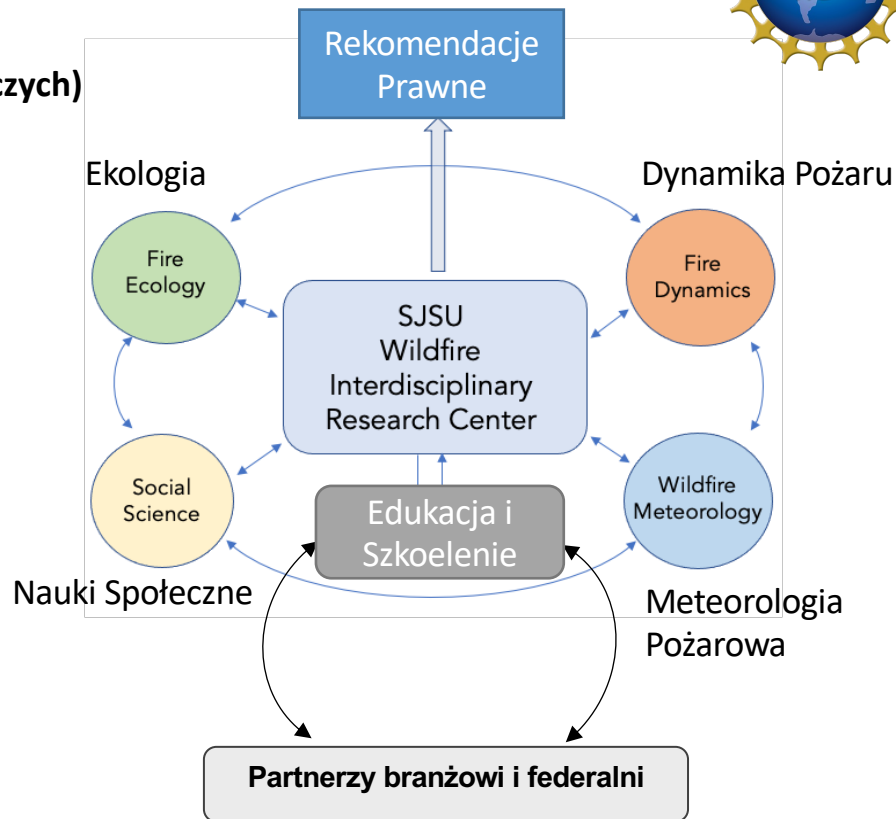
WIRC jest jednym z centrów IUCRC (Akademicko-Branżowych Kooperacyjnych Centrów Badawczych) narodowej fundacji nauki (NSF)

**Od badań do Wdrożenia:** WIRC pomaga organizacjom branżowym rozwiązywać problem związane z rosnącą aktywnością pożarową

### Szkolenie przyszłej kadry:

Przygotowanie przyszłej kadry do pracy w instytucjach zarządzających gospodarką leśną i pożarami, firmach energetycznych i jednostkach meteorologicznych

Akademicko-Branżowo Kooperacyjne Centrum Badawcze





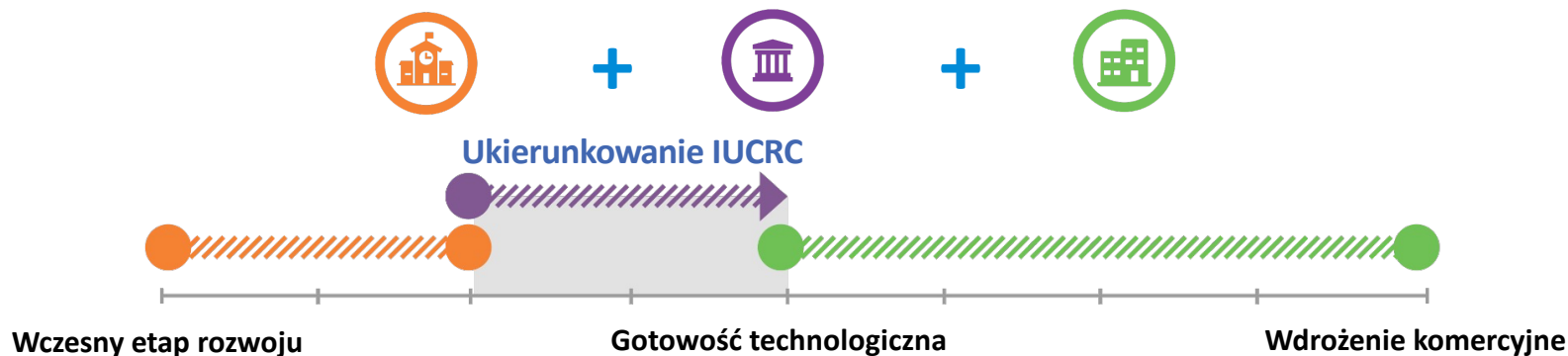
# CZYM JEST IUCRC?

**IUCRC to program Akademicko-Branżowo Kooperacyjnych Centrów Badawczych**

Partnerstwo między przemysłem, uniwersytetami (SJSU) i rządem (NSF)

Koncentruje się na wypełnieniu luki między wczesnymi badaniami akademickimi a gotowością komercyjną

*Sprawdzony mechanizm umożliwiający zrównoważone i istotne dla przemysłu badania i rozwój technologii wśród partnerów w określonym obszarze tematycznym*



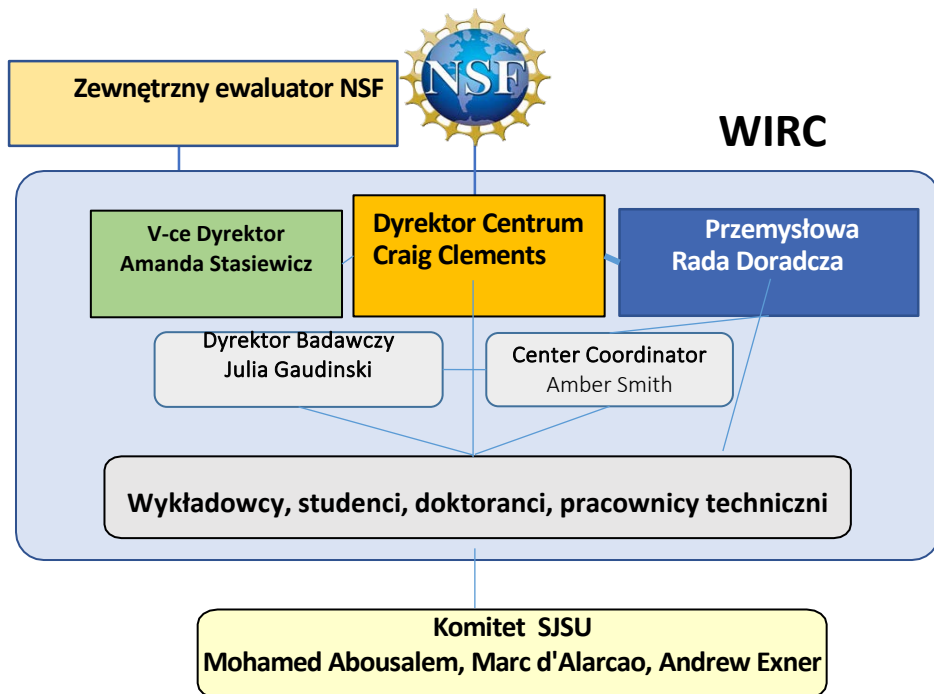


# IUCRC – Komponenty Programu

Branżowa Rada Doradcza (IAB)

Fundusze IAB płać za badania  
Tylko 10% opłat ogólnych pobrana  
przez uniwersytet





## Członkowie Centrum

*Pełne członkostwo: \$ 50k / rok*

- Pełny dostęp do rozwiązań
- Pełny dostęp do prac badawczo-rozwojowych przed publikacją
- 90% środków przeznaczają się na projekt(y)
- Bezpośredni dostęp do talentów

## Rada Przemysłowa

- *\$50k/rok = Pełne głosy na projekt*
- *\$100k/rok = Podwójne głosy na projekt (maks.)*
- Definiuje i głosuje nad projektami/działaniami
- Spotkania 2x/rok, zarządzana przez WIRC
- Projekty (głosowanie) wybierane 1x/rok



# Nasi Partnerzy Branżowi



FIRE SAFETY  
ACADEMY





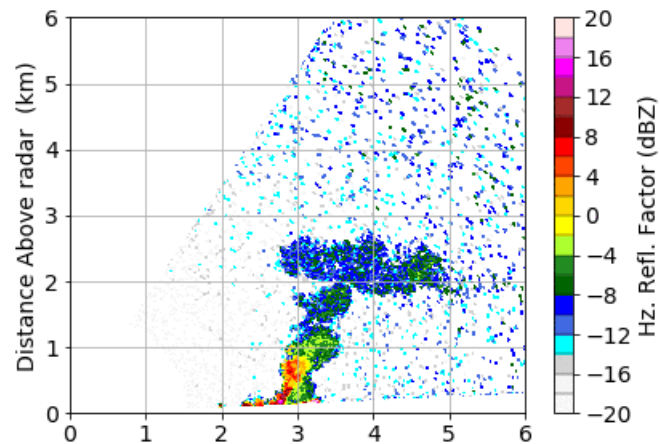
# Obszary badań nad pożarami

- Modelowanie i prognozowanie pogody pożarowej
- Zagrożenie pożarowe i przewidywanie ryzyka
- Monitorowanie zachowania pożaru and interakcji pożar-atmosfera
- Zarządzanie pożarami i polityka w zakresie pożarów-przystosowywanie
- Społeczności do pożarów / badania odporności
- Zmiany klimatu i ryzyko pożarowe
- STEM edukacja pożarowa i działania społeczne
- Ekologia Pożarowa w Zmiennym Środowisku



# Możliwości Obserwacyjne

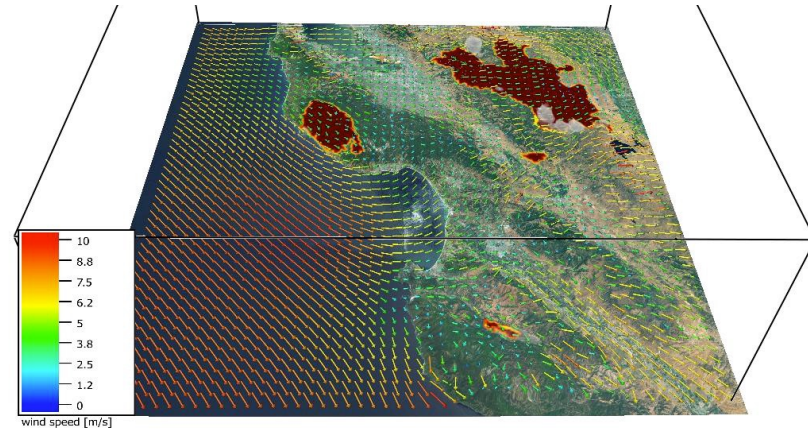
- Obserwacje pożarowe z frontu pożarowego.
- Członkowie z certyfikatami pożarowymi FF1
- Zasięg krajowy (jesteśmy zarejestrowani w krajowym systemie zasobów pożarowych)
- Dane dla zespołów zarządzania incydentami pożarowymi



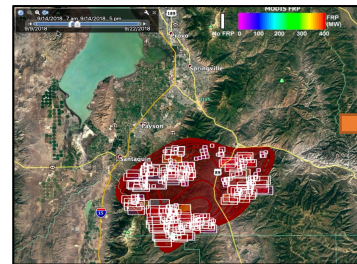


# Modelowanie Atmosferyczno-Pożarowe w WIRC

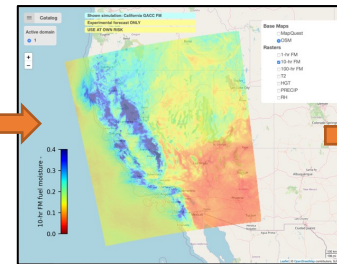
- ❑ Grupa modelowania pożarowego w WIRC wykorzystuje najnowocześniejsze sprzężone modele atmosfery pożarowej, aby lepiej zrozumieć zachowanie pożarowe i sposób, w jaki pożary tworzą własną pogodę.
- ❑ Nadrzędnym celem grupy modelowania pożarowego w WIRC jest poprawa obecnych możliwości prognozowania pożaru, dymu i pogody poprzez budowę nowych sprzężonych modeli atmosfery pożarowej uwzględniających wpływ pożaru na lokalne warunki pogodowe i jakość powietrza
- ❑ Budujemy najnowocześniejsze systemy prognozowania i asymilacji danych wykorzystujące obserwacje naziemne i dane satelitarne, aby zapewnić szacunki wilgotności paliwa, a także wsparcie modelowania pożaru i dymu dla zdarzeń pożarowych i zalecanych wypałów



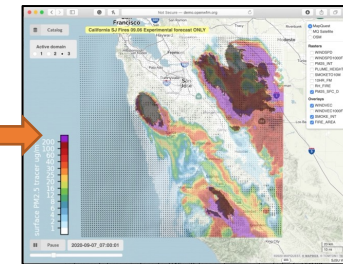
Coupled fire-atmosphere modeling



Detekcje satelitarne



Mapy wilgotności



Prognozowanie pożaru i dymu





## Przykładowe Projekty

- Analiza klimatologii wilgotności paliwa żywego
- Retrospekcyjna analiza klimatologii paliwa martwego na bazie asymilacji danych
- Wykorzystanie Sztucznej Inteligencji do Prognozowania Pożarowego
- Szacowanie wilgotności paliwa żywego na podstawie danych satelitarnych i uczenia maszynowego
- Analiza wpływu pożarów na lokalne warunki meteorologiczne
- Polepszenie dokładności modeli sprzężonych poprzez wprowadzanie wielowarstwowego opisu materiału palnego
- Modelowanie rozprzestrzeniania pożarowego w obszarach zamieszkałych
- Asymilacja obserwacji wiatrowych z skanerów laserowych (Lidar) w systemie prognozowania pożarowego
- ...

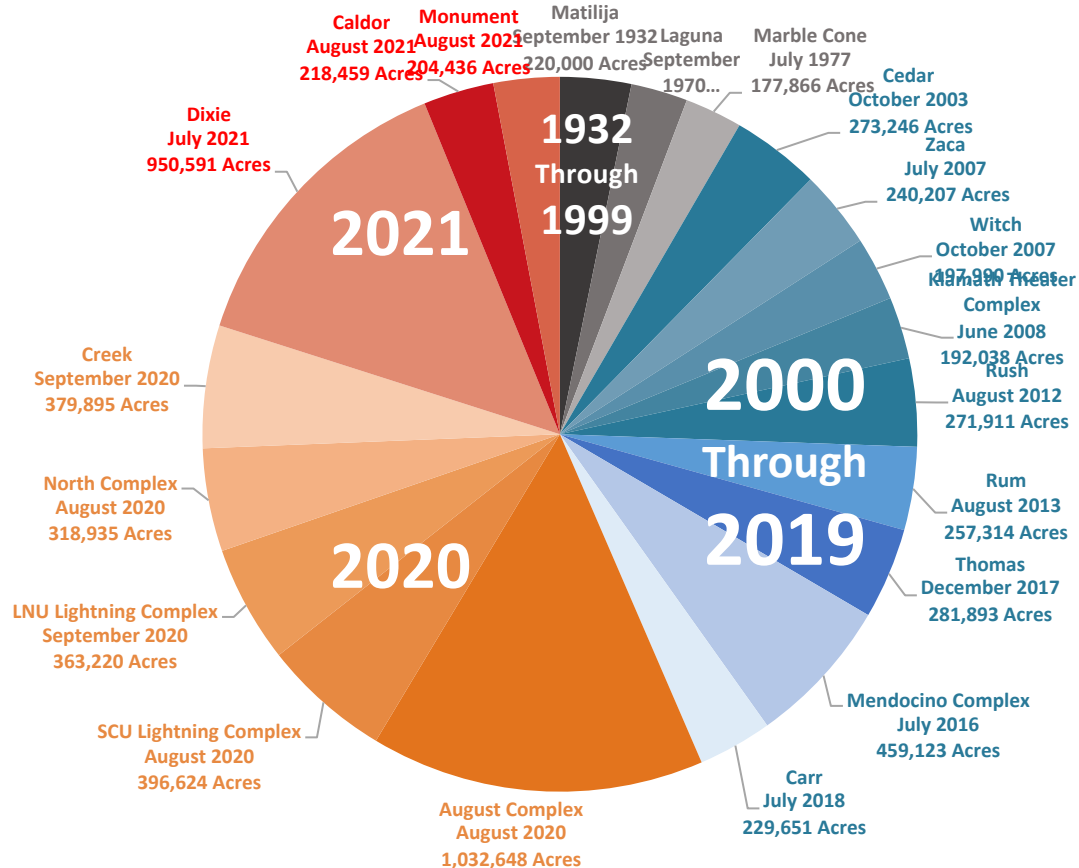


# Analiza klimatologii wilgotności paliwa - motywacja

- Pożary stały się w ostatnich latach częstsze i bardziej niszczycielskie, zwłaszcza w zachodnich Stanach Zjednoczonych
- Rysunek po prawej stronie przedstawia 20 największych pożarów w Kalifornii do 2021 roku

Pytania badawcze:

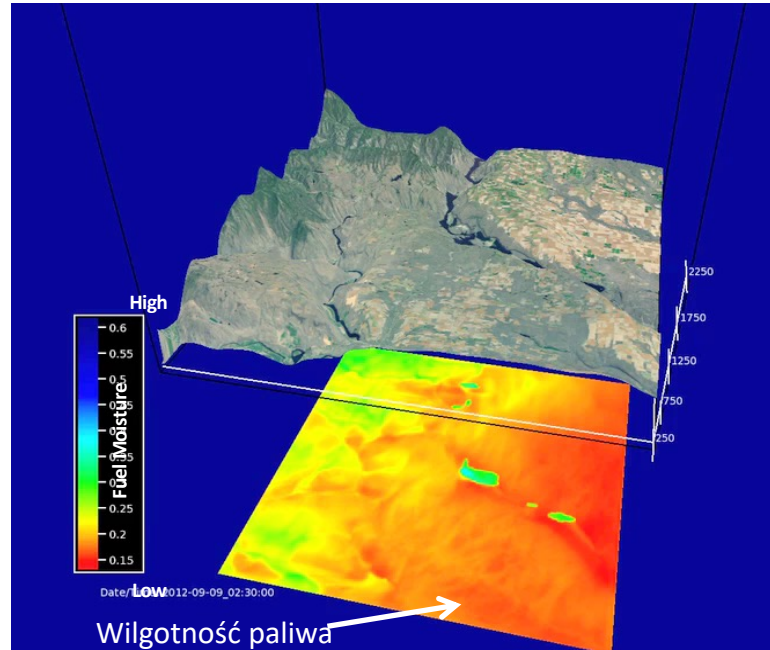
- Jakie są czynniki napędzające te trendy?
- Czy zmiany te są związane ze zmianami wilgotności martwego i żywego paliwa?
- Czy istnieją określone wartości progowe wilgotności martwego i żywego paliwa wskazujące na zwiększoną aktywność pożarową?



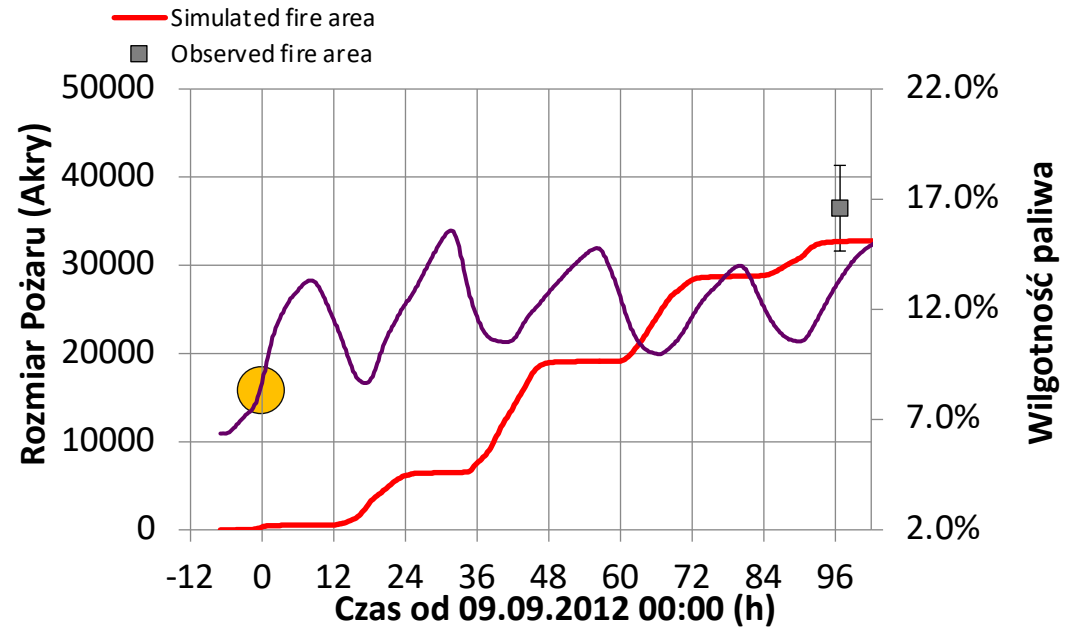
Rozmiary w akrach 1 akr = 0.4 ha

# Znaczenie wilgotności paliwa dla rozprzestrzeniania pożaru

Barker Canyon Fire (WA 2012)



## Symulowany obszar pożaru i wilgotność



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



# Wprowadzenie do wilgotności paliwa

- Zawartość wilgoci w paliwie (FMC) to ilość cieczy w roślinie w stosunku do jej suchej masy
- Pobierając próbki paliwa, FMC można uzyskać za pomocą następującego równania:

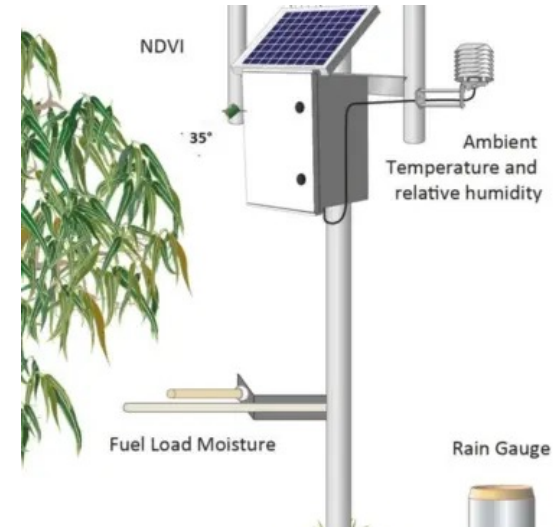
$$FMC = \frac{\text{wet} - \text{dry weight}}{\text{dry weight}} \cdot 100\%$$

- Wilgotność paliwa żywego jest analizowana na podstawie próbek, które są ważone zaraz po pobraniu oraz ponownie po wysuszeniu w autoklawie
- Wilgotność paliwa martwego jest analizowana na podstawie próbek (tak jak żywe) albo wyników czujników elektronicznych

## Paliwo żywe (próbki manualne)

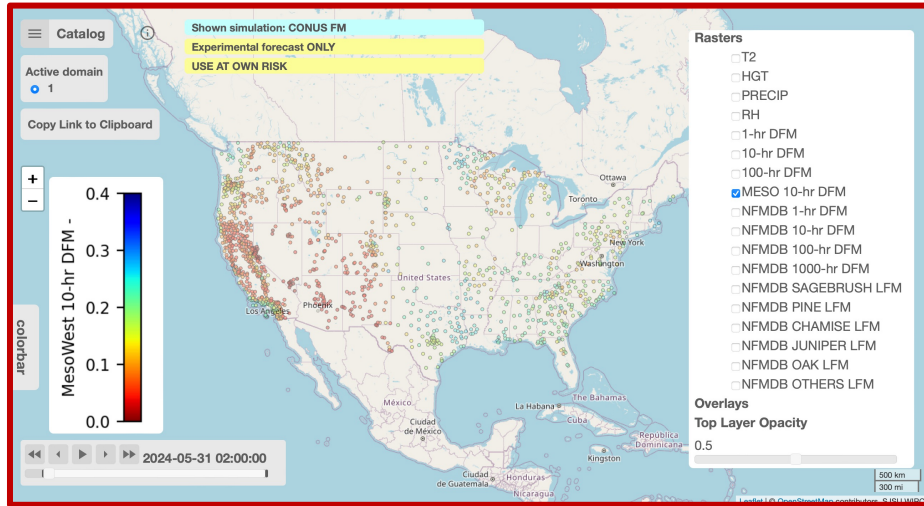


## Paliwo martwe 10h (próbki automatyczne)

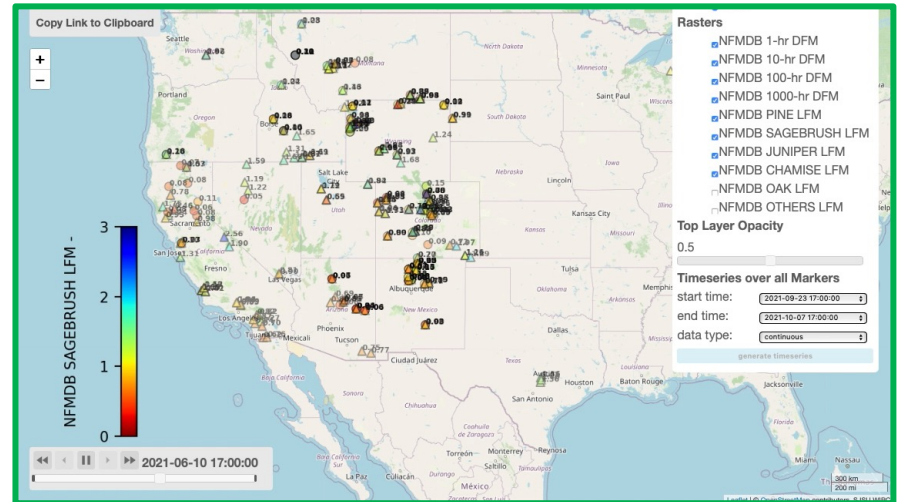


# Dane pomiarowe wilgotności paliwa

## Pomiary wilgotności paliwa martwego 10-h



## Pomiary wilgotności paliwa żywego 10-h





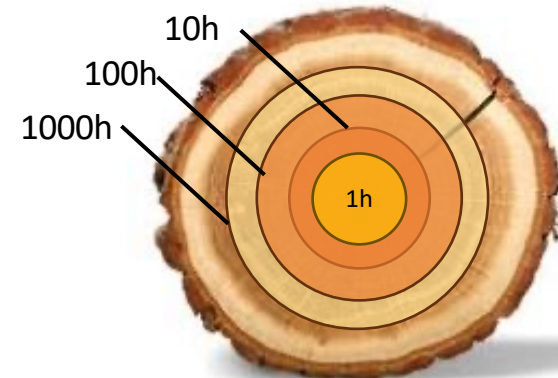
# Wilgotność Paliwa - Wprowadzenie

Wilgotność paliwa **żywego**:

- Wolne zmiany
- Korelacja z długoterminowymi zmianami
- Odpowiedź fizjologiczna roślin na długotrwałe warunki pogodowe

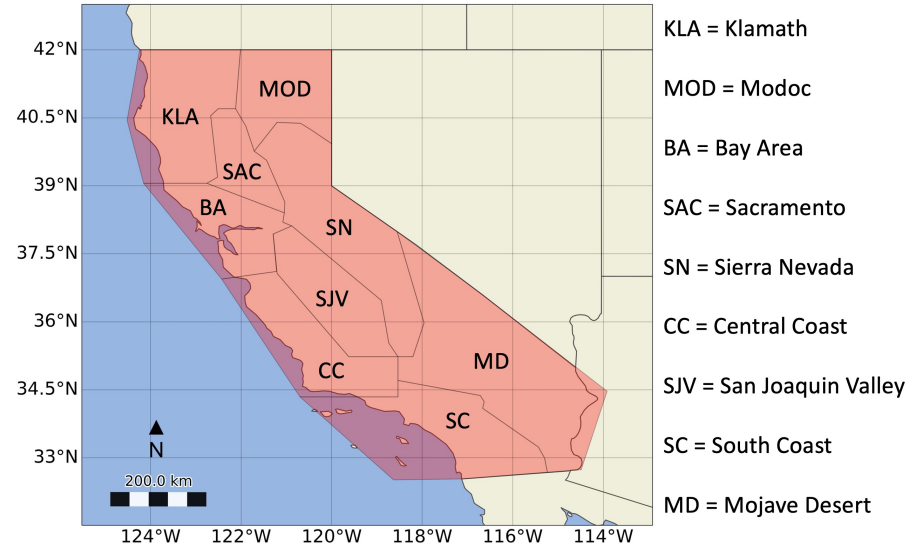
Wilgotność paliwa **martwego**:

- Wilgotność paliw martwych reaguje wyłącznie na warunki otoczenia
- Wilgotność martwego paliwa jest klasyfikowana według opóźnienia czasowego, gdzie opóźnienie paliwa, które jest proporcjonalne do średnicy paliwa, jest luźno zdefiniowane jako czas, w którym cząstka paliwa osiąga 2/3 równowagi z lokalnym środowiskiem.
- Paliwa martwe klasyfikuje się za pomocą czterech klas paliwa:
  - Paliwo 1-h (jedno godzinowe) średnica < 6 mm (0.25")
  - Paliwo 10-h (dziesięć-godzinne) średnica 6 mm – 2.5 cm (0.25"-1")
  - Paliwo 100-h (stu godzinne) średnica 2.5 cm – 7.6 cm
  - Paliwo 1000-h (tysiąc godzinne) średnica 7.6 cm – 20 cm



# Analiza klimatologii wilgotności paliwa żywego (LFMC)

- Zdefiniowaliśmy 9 bio-regionów podobnie jak w Williams i in. (2019).
- Trzy region: San Joaquin Valley (SJV), Sacramento (SAC) i Mojave Desert (MD) zostały usunięte z analizy z powodu braku danych
- W każdym regionie określiliśmy dominujący rodzaj paliwa
- Najczęściej badanymi rodzajami paliwa były rośliny krzewiaste chapparal, składające się głównie z Chamise i Manzanita
- Dane zostały uśrednione dla wszystkich stacji według miesiąca w każdym regionie



Analizowane regiony i ilości obserwacji w okresie (2000-2021)

Region	KLA	MOD	BA	SN	CC	SC
Fuel Type	Manzanita	Sagebrush	Chamise	Manzanita	Chamise	Chamise
#Observations	2967	1059	1895	4573	8332	9895

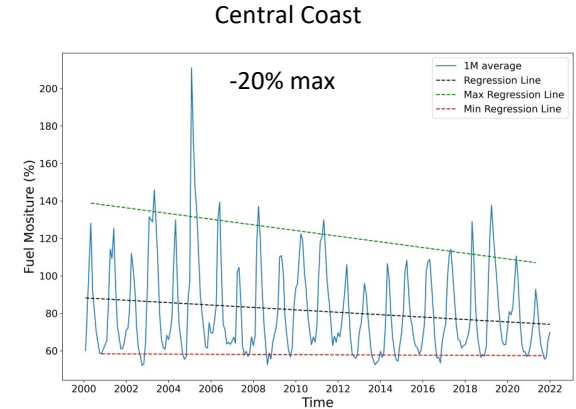
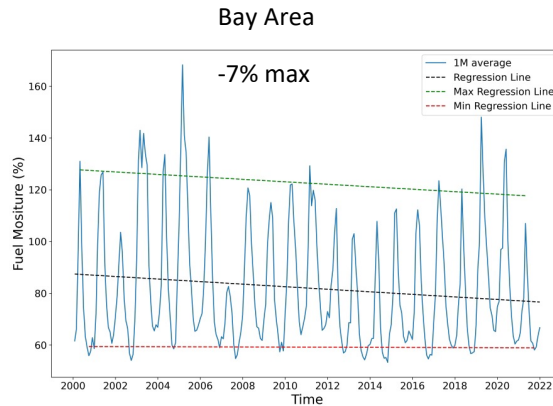
# Analiza klimatologii wilgotności paliwa żywego (LFMC)

## Chamise Regions

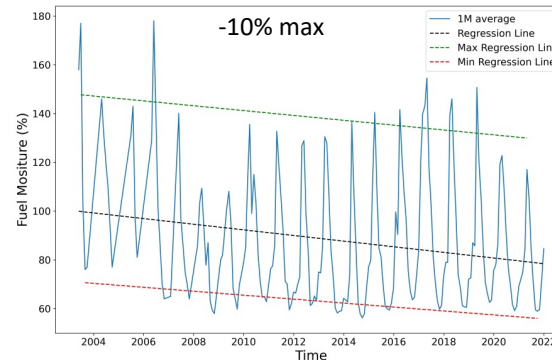
- Wykresy przedstawiają miesięczne uśrednione trendy wilgotności żywego paliwa dla regionów z Chamise
- Tabela przedstawia ogólne trendy we wszystkich obserwowanych regionach

### Główne wnioski:

- Zawartość wilgoci różni się w zależności od regionu
- Ogólny trend spadkowy zawartości wilgoci w paliwie w paliwie w latach 2000–2021
- Zbieżność maksymalnej/minimalnej wilgotności paliwa na przestrzeni ostatnich dekad



### South Coast





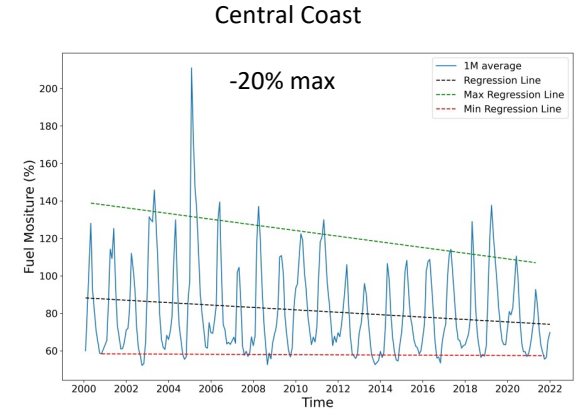
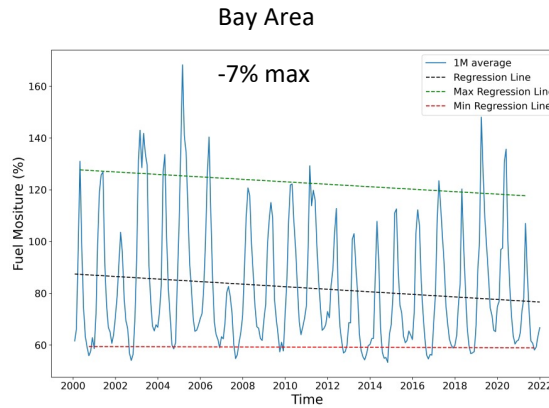
# Analiza klimatologii wilgotności paliwa żywego (LFMC)

## Chamise Regions

- Wykresy przedstawiają miesięczne uśrednione trendy wilgotności żywego paliwa dla regionów z Chamise
- Tabela przedstawia ogólne trendy we wszystkich obserwowanych regionach

### Główne wnioski:

- Zawartość wilgoci różni się w zależności od regionu
- Ogólny trend spadkowy zawartości wilgoci w paliwie w latach 2000–2021
- Zbieżność maksymalnej/minimalnej wilgotności paliwa na przestrzeni ostatnich dekad



## General Trends Across All Regions

Region	BA	SN	CC	SC	MOD	KLA
Slope	-0.00316	-0.00126	-0.00176	-0.00135	0.00043	0.00095
RMSE	26.7065	20.2016	24.3347	23.7494	47.6502	16.3622
R <sup>2</sup>	0.04434	0.02061	0.02627	0.01713	0.00046	0.01738
Correlation Coefficient	-0.2106	-0.1436	-0.1621	-0.1309	0.0213	0.1318



# Analiza klimatologii wilgotności paliwa żywego (LFMC)

Overall Trend Slopes

Slope	Overall	Maximum	Minimum
2000-2021	-0.0017 (-3.8%)	-0.0024 (-5.3%)	-0.00051 (-1%)
Last 5-Year (2017-2021)	-0.0082 (-18%)	-0.0066 (-14%)	-6.4e-5 (-0.15%)

- Średni ogólny trend spadkowy w Kalifornii w latach 2000-2021 (ogółem\*)
- Bardziej intensywny trend spadkowy w latach 2017-2021 (ostatnie 5 lat\*)
- Prawdopodobnie przyczynianie się do niedawnych większych pożarów lasów
- Zbieżność maksymalnej i minimalnej wilgotności paliw
  - Przedłużenie sezonu pożarowego?
  - Większy stres suszy?
- Co może być przyczyną trendu spadkowego?



Figures from <http://clipartbest.com> and <http://freesvg.org>



# Analiza klimatologii wilgotności paliwa żywego (LFMC)

- W tabeli przedstawiono roczne nasilenie suszy z nałożonymi wartościami max/min LFMC

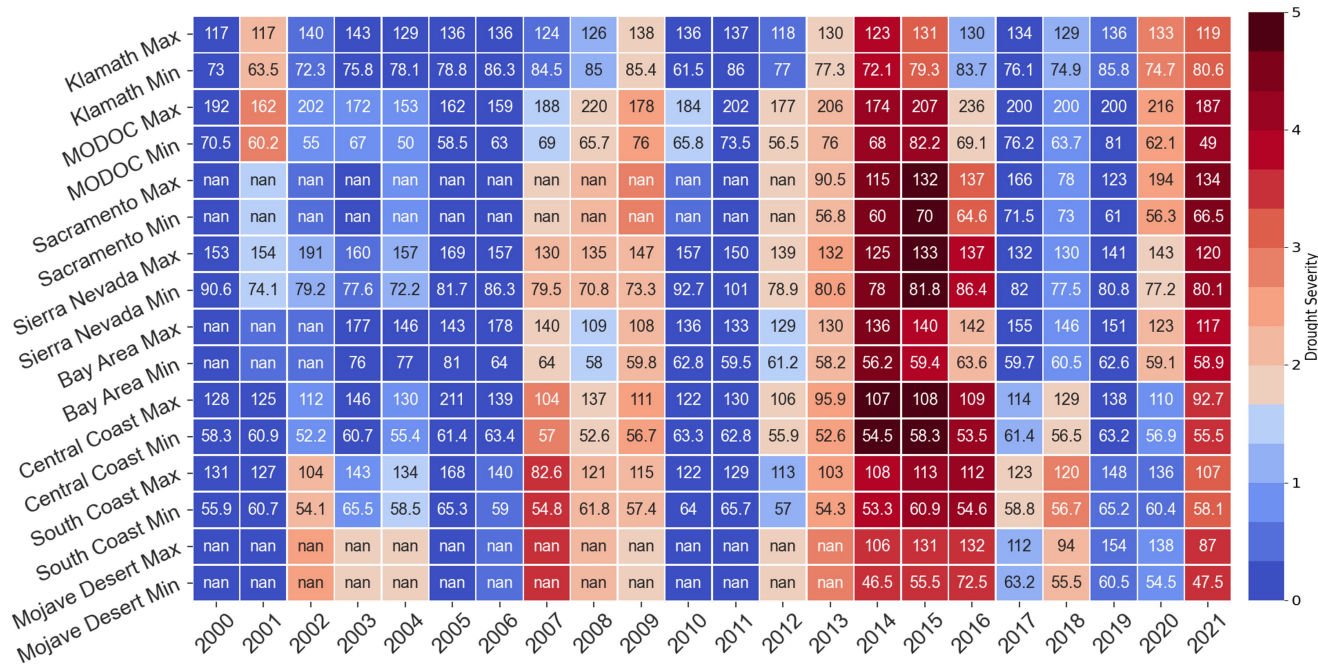
Hipoteza:

**Susza**

= spadek LFMC ↓

**Brak suszy**

= wzrost LFMC ↑





# Analiza klimatologii wilgotności paliwa żywego (LFMC)

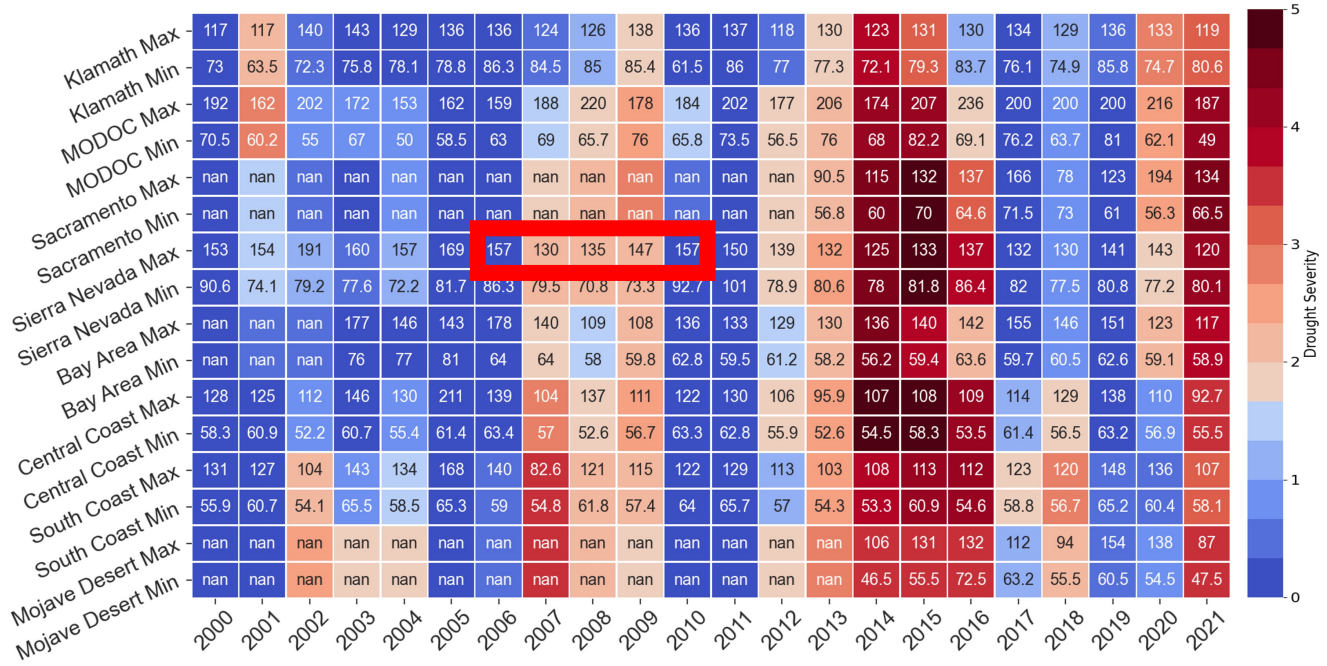
- W tabeli przedstawiono roczne nasilenie suszy z nałożonymi wartościami max/min LFMC

Hipoteza:

**Susza**  
= spadek LFMC ↓

**Brak suszy**  
= wzrost LFMC ↑

- LFMC stabilizuje się lub wzrasta podczas przedłużających się okresów suszy
- Np., Sierra Nevada Max w latach 2006-2010
- Warunki suszy nie są takie same we wszystkich regionach





# Analiza klimatologii wilgotności paliwa żywego (LFMC)

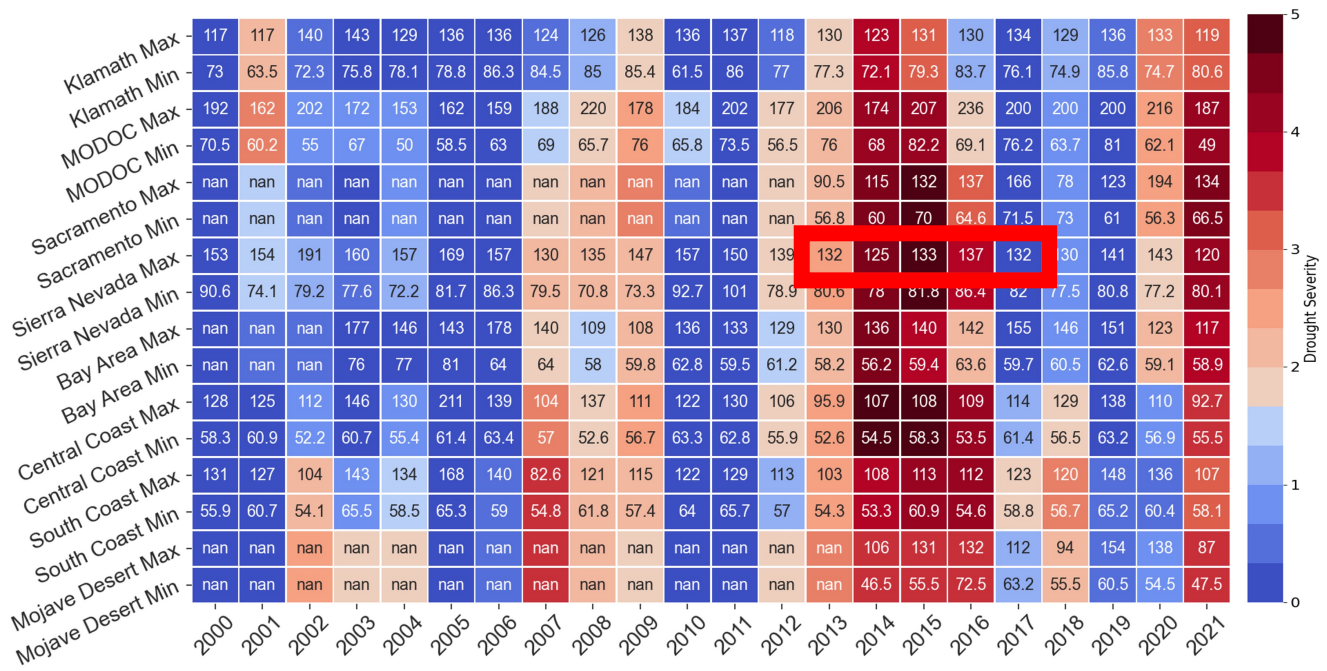
- W tabeli przedstawiono roczne nasilenie suszy z nałożonymi wartościami max/min LFMC

Hipoteza:

**Susza**  
= spadek LFMC ↓

**Brak suszy**  
= wzrost LFMC ↑

- LFMC stabilizuje się lub wzrasta podczas przedłużających się okresów suszy
- Np., Sierra Nevada Max w latach 2006-2010
- Warunki suszy nie są takie same we wszystkich regionach





# Analiza klimatologii wilgotności paliwa żywego (LFMC)

- 79% próg wilgotności żywego paliwa zgodnie z Dennison i Moritz (2009) został zdefiniowany jako wartość progowa dużych pożarów

	Burned Area $\geq$ ★ Large Fire	Burned Area $<$ ★ Large Fire	Totals
LFMC $\leq$ X%	True Positive (TP)	False Negative (FN)	TP+FN
LFMC $>$ X%	False Positive (FP)	True Negative (TN)	FP+TN
Totals	TP+FP	FN+TN	TP+FN+FP+TN

- Wykorzystaliśmy tabelę kontyngencji i współczynnik korelacji (MCC) aby oszacować krytyczne wartości wilgotności paliwa dla poszczególnych regionów

★ Large Fire = 2471.05 acres

Matthew's  
Correlation  
Coefficient (MCC)

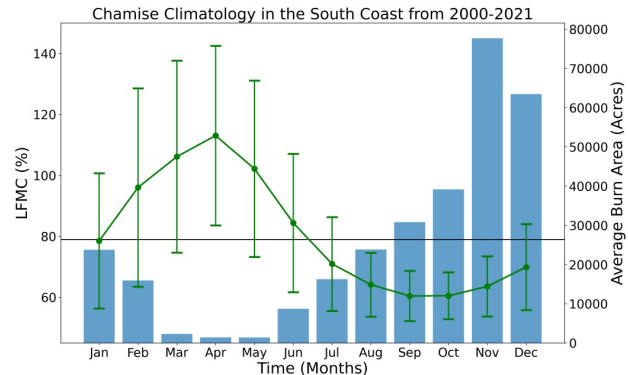
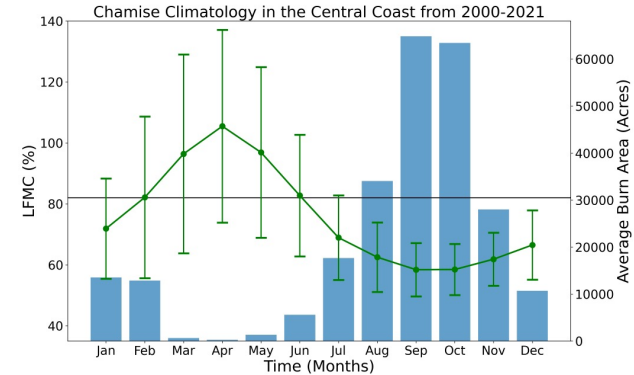
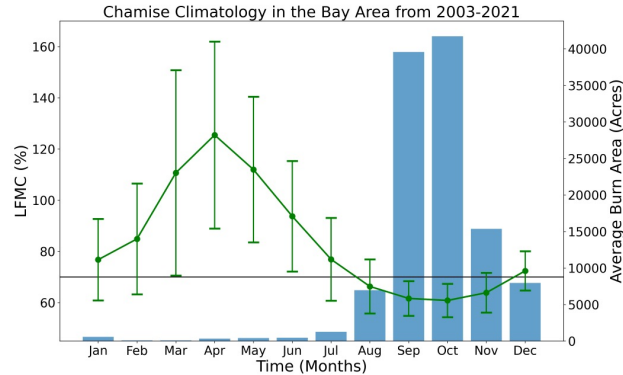
$$\frac{TP * TN - FP * FN}{\sqrt{(TP + FP) * (TP + FN) * (TN + FP) * (TN + FN)}}$$

- Duży pożar został zdefiniowany jako przekraczający 1000 ha (2471 akrów)

# Analiza klimatologii wilgotności paliwa żywego (LFMC)

- Wykresy po prawej stronie pokazują miesięczną uśrednioną klimatologię w każdym regionie, miesięczną uśrednioną powierzchnię pożarów i zoptymalizowany próg wilgotności
- Region południowego wybrzeża miał taki sam próg jak Dennison i Mortiz (79%)
- Progi dla poszczególnych regionów różnią się między sobą
- Generalnie kiedy średnia wilgotność żywego paliwa spada poniżej wartości progowej obserwujemy wzrost powierzchni spalonej

## Chamise Regions





# Analiza klimatologii wilgotności paliwa żywego (LFMC)

Tabela Kontyngencji + MCC dla progów 79%

Region	BA	SN	CC	SC	MOD	KLA
TP	34	9	98	109	19	10
FN	65	0	55	39	18	9
FP	5	119	20	22	27	46
TN	87	117	81	86	91	154
MCC	0.3583	0.1867	0.4342	0.5264	0.2657	0.1912

- Górna tabela przedstawia tabelę kontyngencji i wyniki MCC dla progów 79% Dennisona
- Dolna tabela zawiera tabelę kontyngencji i wyniki MCC dla zoptymalizowanych progów

Tabela Kontyngencji + MCC dla zoptymalizowanych (regionalnych) wartości progowych

Region	BA	SN	CC	SC	MOD	KLA
TP	28	44	104	109	37	40
FN	37	1	58	39	33	40
FP	11	84	14	22	9	16
TN	115	116	78	86	76	121
MCC	0.4037	0.4324	0.4720	0.5264	0.4692	0.4116
<b>LFMC Threshold</b>	<b>70%</b>	<b>88%</b>	<b>82%</b>	<b>79%</b>	<b>98%</b>	<b>92%</b>

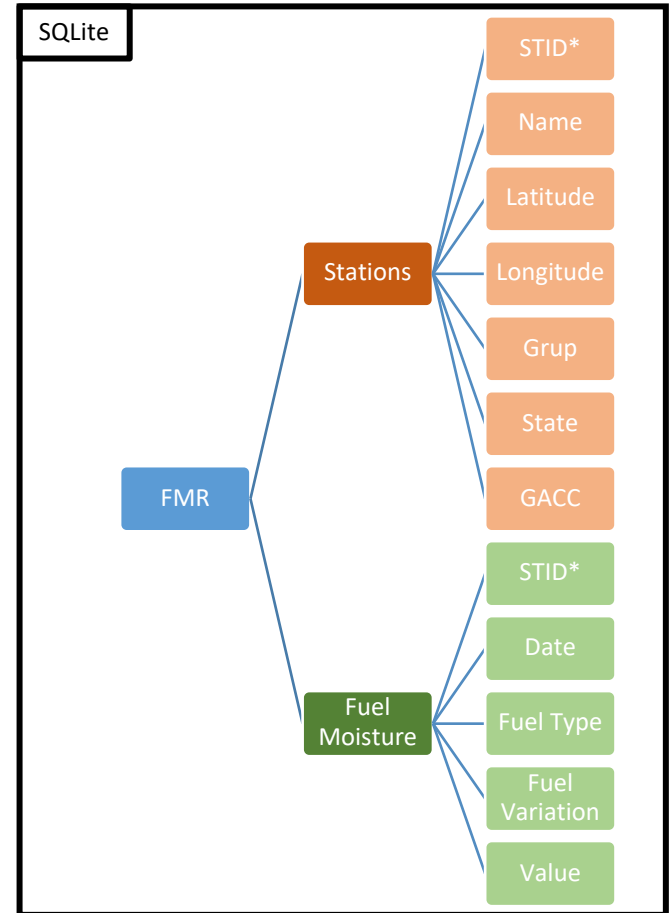
- Stosując zoptymalizowane progi wraz z portalem internetowym Fuel Moisture Repository, menedżerowie ds. pożarów mogą lepiej prognozować wzrost pożarów
- Podobna analiza została dokonana dla paliwa martwego - 10 h (6 mm - 2.5 cm) i 100 h (2.5 cm – 7 cm)

Wyższe wartości MCC oznaczają lepiej dopasowane wartości progowe wilgotności



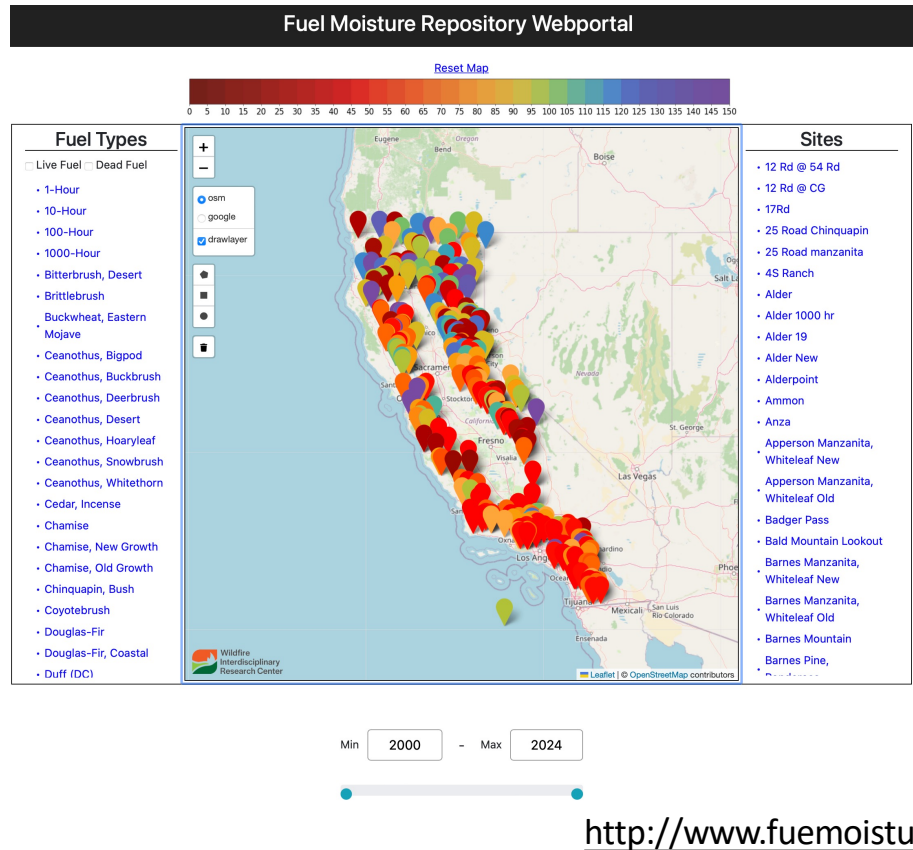
# Aplikacja - Repozytorium wilgotności paliwa

- Repozytorium wilgotności paliwa (FMR) zostało zbudowane przy użyciu SQLite
- SQLite ze względu na integrację z Pythonem i prostotę konfiguracji bazy danych, wstawiania i odpytywania danych.
- Dane są przechowywane w dwóch tabelach, jednej dla danych o wilgotności paliwa i jednej dla danych stacji
- Do każdej unikalnej stacji przypisany jest klucz STID, który jest następnie przypisywany do danych dotyczących wilgotności paliwa
  - Klucz ten pozwala następnie na łatwe wyszukiwanie danych dotyczących wilgotności paliw
- Aby ułatwić dostęp do danych, stworzono Internetowe Repozytorium Wilgotności Paliw

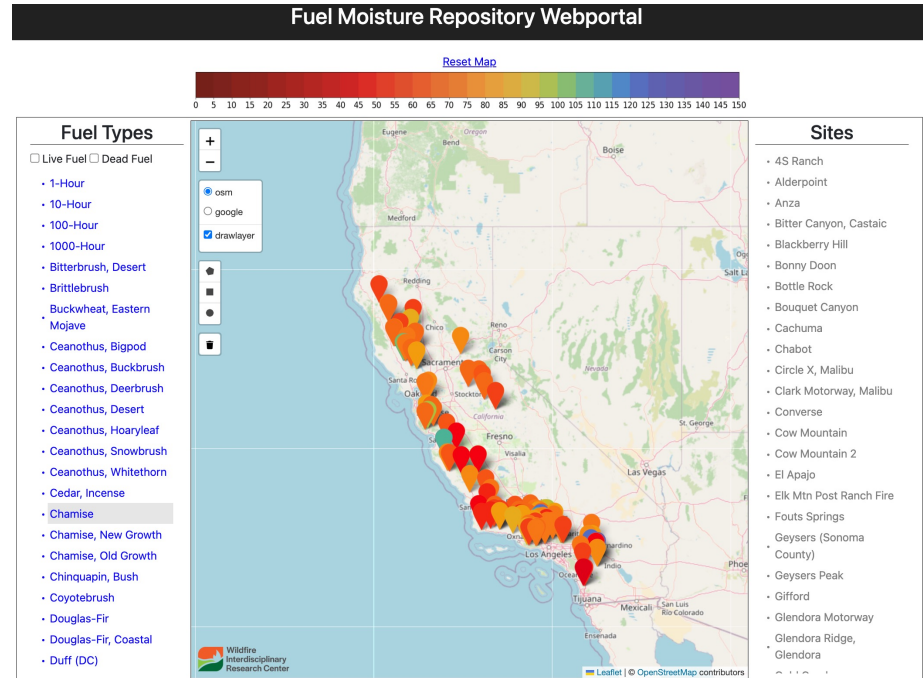


# Aplikacja - Repozytorium wilgotności paliwa

- Portal internetowy jest aktywnie rozwijany, dążąc do zaoferowania użytkownikom wizualnej reprezentacji danych dotyczących paliwa i elastycznych opcji wyszukiwania.
- Istniejące funkcje umożliwiają użytkownikom filtrowanie stacji według typu paliwa, stacji i zakresu czasowego. Dodatkowo użytkownicy mogą pobierać lub wykreślać dane dla pojedynczych/wielu stacji.
- Ciągłe ulepszenia i funkcje poprawiające jakość życia będą dodawane w celu ułatwienia korzystania z portalu internetowego

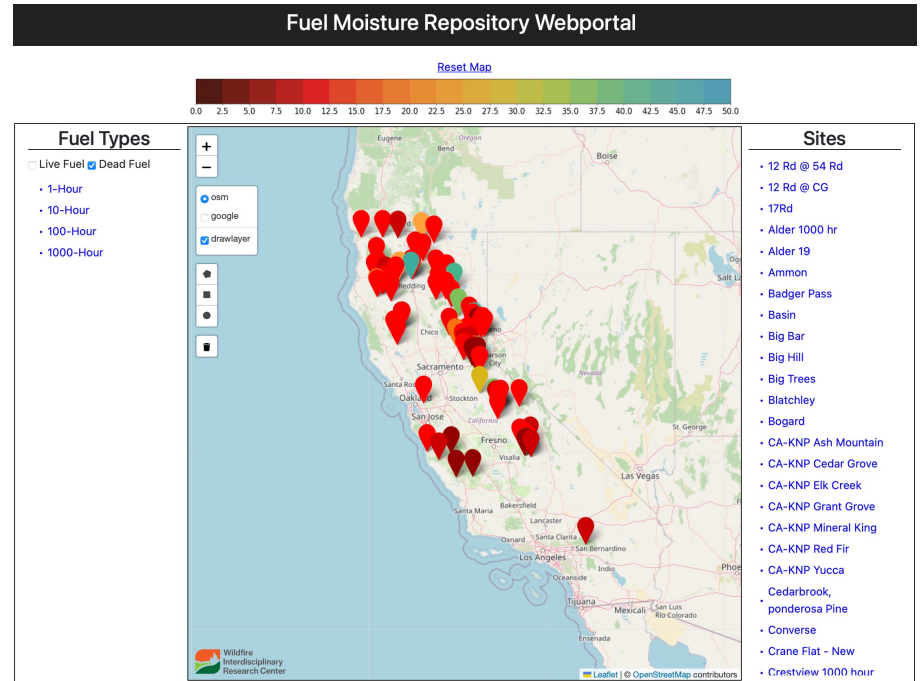


- Portal internetowy jest aktywnie rozwijany, dążąc do zaoferowania użytkownikom wizualnej reprezentacji danych dotyczących paliwa i elastycznych opcji wyszukiwania.
- Istniejące funkcje umożliwiają użytkownikom filtrowanie stacji według typu paliwa, stacji i zakresu czasowego. Dodatkowo użytkownicy mogą pobierać lub wykreślać dane dla pojedynczych/wielu stacji.
- Ciągłe ulepszenia i funkcje poprawiające jakość życia będą dodawane w celu ułatwienia korzystania z portalu internetowego

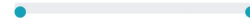


# Aplikacja -Repozytorium wilgotności paliwa – selekcja klasy paliwa

- Portal internetowy jest aktywnie rozwijany, dążąc do zaoferowania użytkownikom wizualnej reprezentacji danych dotyczących paliwa i elastycznych opcji wyszukiwania.
- Istniejące funkcje umożliwiają użytkownikom filtrowanie stacji według typu paliwa, stacji i zakresu czasowego. Dodatkowo użytkownicy mogą pobierać lub wykreślać dane dla pojedynczych/wielu stacji.
- Ciągłe ulepszenia i funkcje poprawiające jakość życia będą dodawane w celu ułatwienia korzystania z portalu internetowego

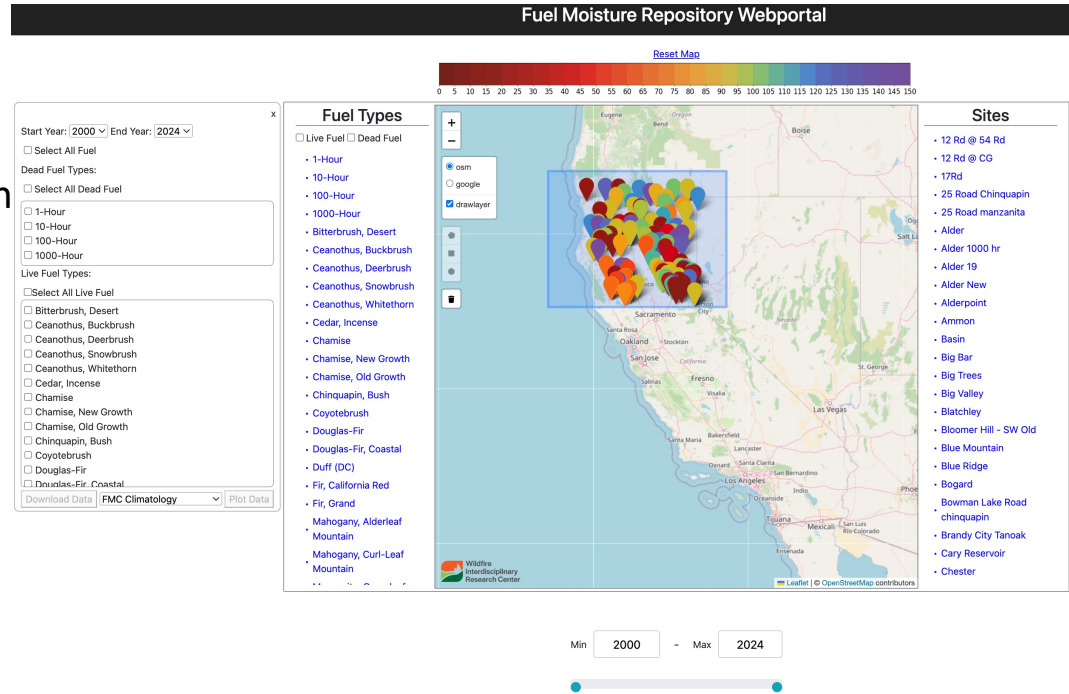


Min 2000 - Max 2024



<http://www.fuemoisture.us>

- Portal internetowy jest aktywnie rozwijany, dążąc do zaoferowania użytkownikom wizualnej reprezentacji danych dotyczących paliwa i elastycznych opcji wyszukiwania.
- Istniejące funkcje umożliwiają użytkownikom filtrowanie stacji według typu paliwa, stacji i zakresu czasowego. Dodatkowo użytkownicy mogą pobierać lub wykreślać dane dla pojedynczych/wielu stacji.
- Ciągłe ulepszenia i funkcje poprawiające jakość życia będą dodawane w celu ułatwienia korzystania z portalu internetowego

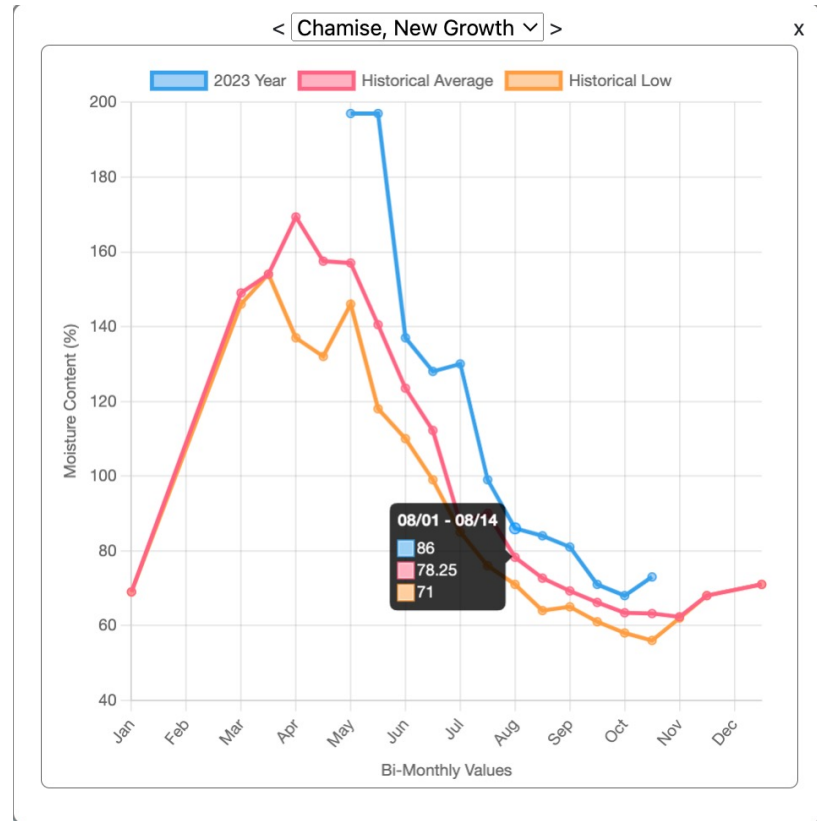






# Aplikacja - Repozytorium wilgotności paliwa – przebiegi czasowe i statystyka

- Portal internetowy jest aktywnie rozwijany, dążąc do zaoferowania użytkownikom wizualnej reprezentacji danych dotyczących paliwa i elastycznych opcji wyszukiwania.
- Istniejące funkcje umożliwiają użytkownikom filtrowanie stacji według typu paliwa, stacji i zakresu czasowego. Dodatkowo użytkownicy mogą pobierać lub wykreślać dane dla pojedynczych/wielu stacji.
- Ciągłe ulepszenia i funkcje poprawiające jakość życia będą dodawane w celu ułatwienia korzystania z portalu internetowego



<http://www.fuemoisture.us>



# Repozytorium wilgotności paliwa – pobieranie danych

- Portal internetowy jest aktywnie rozwijany, dążąc do zaoferowania użytkownikom wizualnej reprezentacji danych dotyczących paliwa i elastycznych opcji wyszukiwania.
- Istniejące funkcje umożliwiają użytkownikom filtrowanie stacji według typu paliwa, stacji i zakresu czasowego. Dodatkowo użytkownicy mogą pobierać lub wykreślać dane dla pojedynczych/wielu stacji.
- Ciągłe ulepszenia i funkcje poprawiające jakość życia będą dodawane w celu ułatwienia korzystania z portalu internetowego

FMR\_202312190440

STID	DATE	FUEL_TYPE	FUEL_VARIATION	PERCENT	NAME	GACC	STATE	GRUP	LAT	LON
17	2016-06-05	1000-Hour	None	17.0	Natapoc	NWCC	WA	NW08-OWF	47.749166666667	-120.67472222222
17	2016-06-19	1000-Hour	None	15.0	Natapoc	NWCC	WA	NW08-OWF	47.749166666667	-120.67472222222
17	2016-07-03	1000-Hour	None	15.0	Natapoc	NWCC	WA	NW08-OWF	47.749166666667	-120.67472222222
17	2016-07-17	1000-Hour	None	18.0	Natapoc	NWCC	WA	NW08-OWF	47.749166666667	-120.67472222222
17	2016-07-31	1000-Hour	None	17.0	Natapoc	NWCC	WA	NW08-OWF	47.749166666667	-120.67472222222
17	2016-08-14	1000-Hour	None	17.0	Natapoc	NWCC	WA	NW08-OWF	47.749166666667	-120.67472222222
17	2016-08-28	1000-Hour	None	15.0	Natapoc	NWCC	WA	NW08-OWF	47.749166666667	-120.67472222222
17	2016-09-11	1000-Hour	None	15.0	Natapoc	NWCC	WA	NW08-OWF	47.749166666667	-120.67472222222
17	2023-05-16	1000-Hour	None	9.0	Natapoc	NWCC	WA	NW08-OWF	47.749166666667	-120.67472222222
17	2023-06-01	1000-Hour	None	9.0	Natapoc	NWCC	WA	NW08-OWF	47.749166666667	-120.67472222222
17	2023-06-15	1000-Hour	None	21.0	Natapoc	NWCC	WA	NW08-OWF	47.749166666667	-120.67472222222
17	2023-06-30	1000-Hour	None	9.0	Natapoc	NWCC	WA	NW08-OWF	47.749166666667	-120.67472222222
17	2023-07-11	1000-Hour	None	13.0	Natapoc	NWCC	WA	NW08-OWF	47.749166666667	-120.67472222222
17	2023-07-24	1000-Hour	None	10.0	Natapoc	NWCC	WA	NW08-OWF	47.749166666667	-120.67472222222
17	2023-08-08	1000-Hour	None	13.0	Natapoc	NWCC	WA	NW08-OWF	47.749166666667	-120.67472222222
17	2023-08-23	1000-Hour	None	11.0	Natapoc	NWCC	WA	NW08-OWF	47.749166666667	-120.67472222222

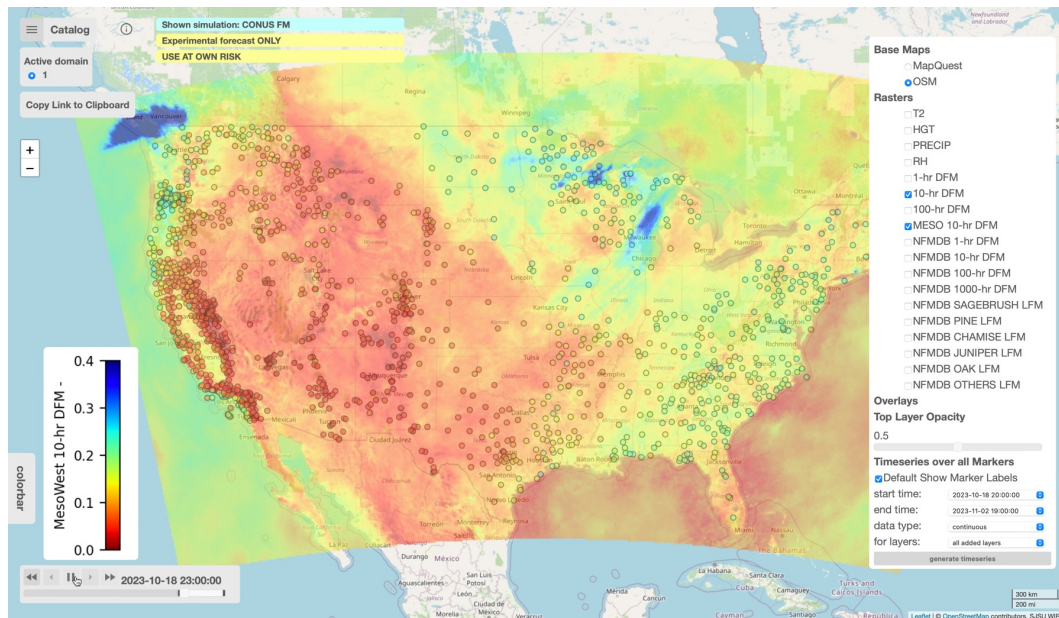
<http://www.fuemoisture.us>

# Analiza klimatologii wilgotności paliwa martwego (DFMC)



- LFMC generalnie przewyższa DFMC, co wymaga większego ciepła do zapłonu
- Niższa wilgotność martwych paliw zwiększa ich podatność na zapłon, czyniąc je kluczowymi elementami w inicjowaniu pożarów
- Ze względu na ograniczone bezpośrednio obserwacje, modele takie jak model Nelsona są niezbędne do szacowania wartości wilgotności
- Niniejsza analiza skupia się na paliwach martwych o skali czasowej 10 h i 100 h z lat 2000-2020, ponieważ służą one jako wiarygodne wskaźniki zarówno paliw dobrych, jak i gruboziarnistych
- Dane 10-godzinne pochodzą z nowatorskiego systemu asymilacji danych wilgotności paliwa, a dane 100-godzinne pochodzą z modelu Nelsona

Punkty reprezentują stacje meteo monitorujące wilgotność paliwa

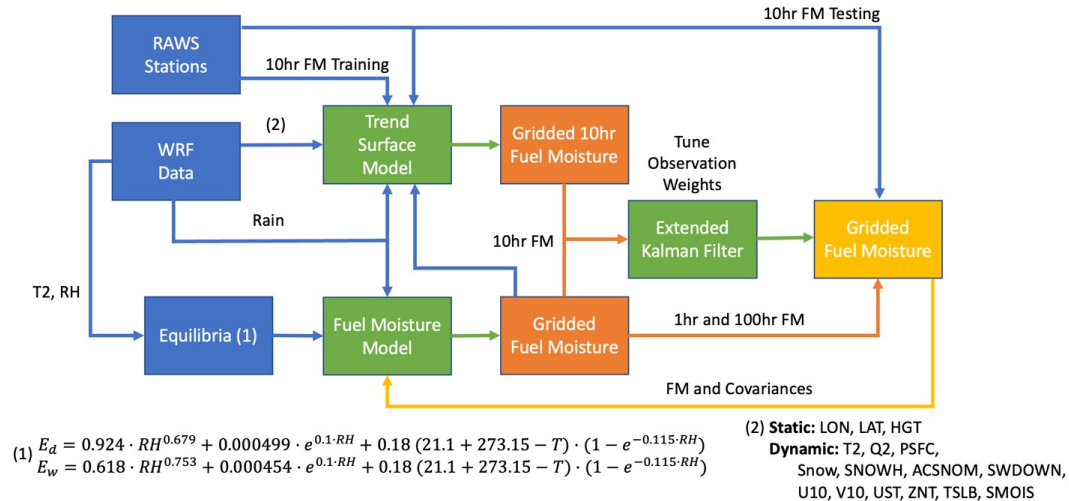


Wilgotnościowa mapa nowkastingowa z portalu <http://demo.openwfm.org/sj/>

# Analiza klimatologii wilgotności paliwa martwego (DFMC)

- W prezentowanej analizie wykorzystano zmodyfikowany system asymilacji danych wilgotności paliwa (Vejmelka i in. [2016])
- Dane wilgotności ze stacji meteo (RAWS) i pogodowe z modelu WRF służą do określenia wilgotności równowagowej
- Ta wilgotność jest wykorzystywana w modelu wilgotności obliczającym jak szybko paliwo w danej klasie osiąga równowagę
- TSM (Model powierzchniowy trendu) odpowiedzialny jest za dystrybucję przestrzenną
- EKF (rozszerzony filtr Kalmana) łączy obserwacje z wynikami modelu trendu
- Ostatecznym wynikiem jest produkt przestrzenny opisujący zmienność czasową i przestrzenną wilgotności paliwa martwego

Modified Fuel Moisture Data Assimilation System

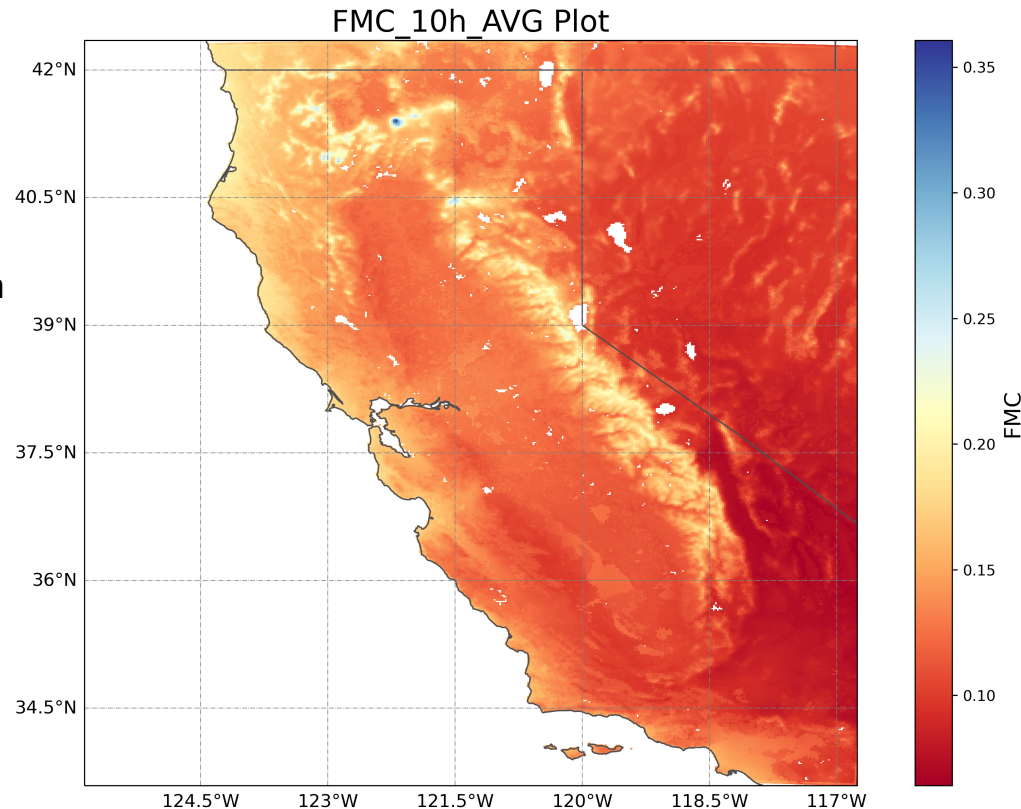


Więcej współzmiennych\* - lepsza reprezentacja deszczu, t2, wilgotności względnej  
 Dostrajanie skojarzonego błędu modelu używanego w EKF



# Analiza klimatologii wilgotności paliwa martwego (DFMC)

- Wykorzystując zmodyfikowany system asymilacji danych wilgotności paliwa opracowano długoterminową analizę DFMC dla Kalifornii (2000-2020)
- Wilgotność paliwa jest kluczową właściwością paliwa, która wpływa na jego palność, intensywność pożaru i szybkość rozprzestrzeniania się, a także krytycznym wkładem w modelach rozprzestrzeniania się ognia, takich jak WRF-SFIRE
- Zastosowania tego zestawu danych:
  - przeprowadzanie historycznych symulacji pożarów, ocena przeszłego i obecnego ryzyka pożarów oraz trenowanie modeli uczenia maszynowego
- Na podstawie długoterminowych przestrzennych map paliw możemy badać zarówno przestrzenną, jak i czasową zmienność wilgotności paliw oraz jej wpływ na aktywność pożarową

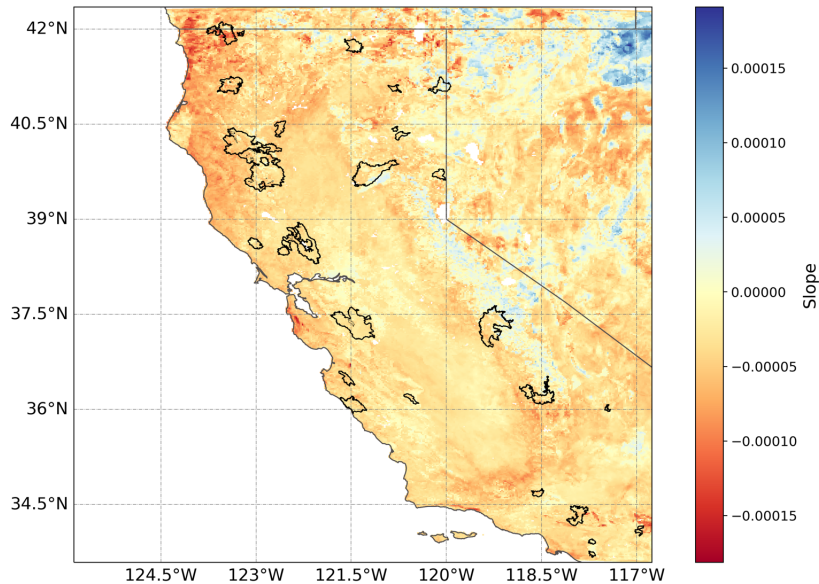


# Analiza klimatologii wilgotności paliwa martwego (DFMC)

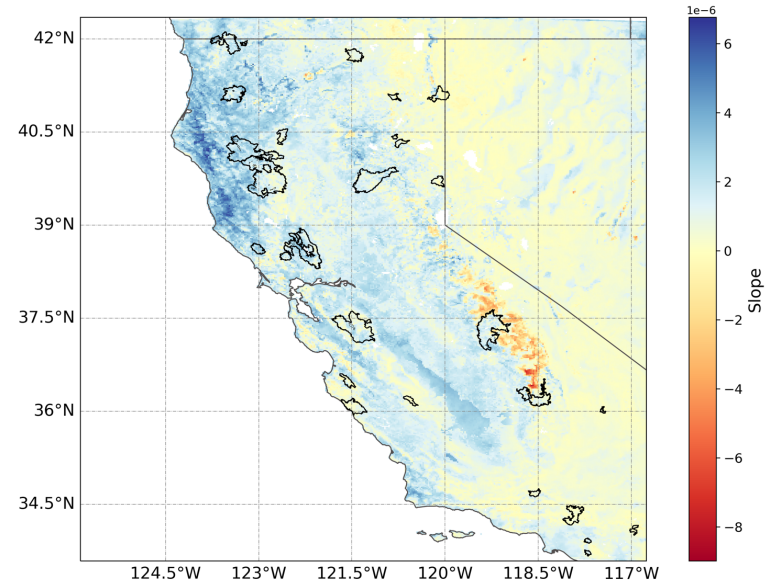
- Wykresy te pokazują trendy Max/Min dla 10h DFMC w Kalifornii w latach 2000-2020
- Pokazuje również zarysy pożarów w 2020 r.

- 10h DFMC jest dobrym wskaźnikiem zdarzeń pożarowych
- Możemy głębiej zanurzyć się w trendy dzięki analizie szeregów czasowych

10h DFMC Maximum Trend



10h DFMC Minimum Trend

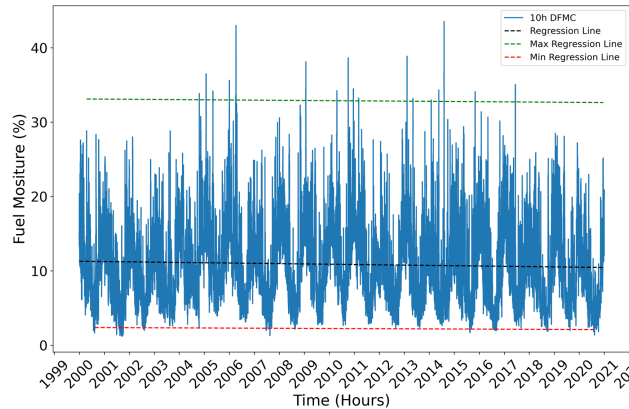




# Analiza klimatologii wilgotności paliwa martwego (DFMC)

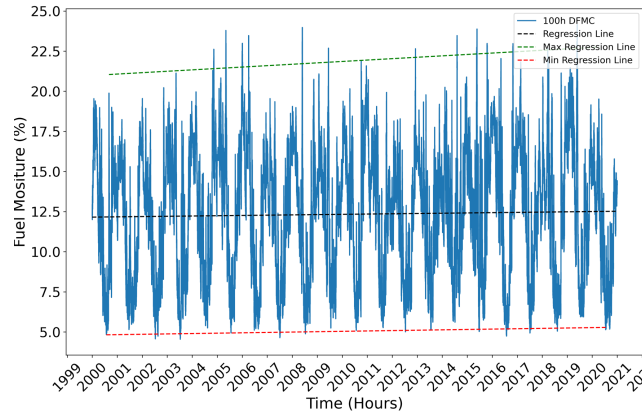
- Wykresy po prawej stronie pokazują klimatologię paliwa 10h i 100h dla całej Kalifornii w latach 2000-2020
- Delikatne trendy spadkowe w paliwie 10-godzinnym
- Trendy wzrostowe we wszystkich trendach 100-godzinnych
- Choć trendy różnią się w długim okresie, krótkoterminowy powiada inną historię

10h Climatology



Region	Slope	RMSE	R <sup>2</sup>	CC
Max	-6.28e-5	5.212	0.0007	-0.0266
General	-0.00011	5.289	0.0021	-0.0457
Min	-3.77e-5	0.633	0.0171	-0.1308

100h Climatology

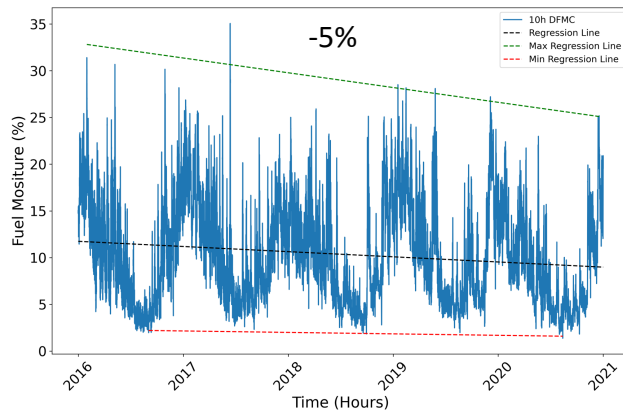


Region	Slope	RMSE	R <sup>2</sup>	CC
Max	0.00023	1.579	0.0978	0.3128
General	4.75e-5	3.981	0.0007	0.0265
Min	6.31e-5	0.283	0.1965	0.4433

# Analiza klimatologii wilgotności paliwa martwego (DFMC)

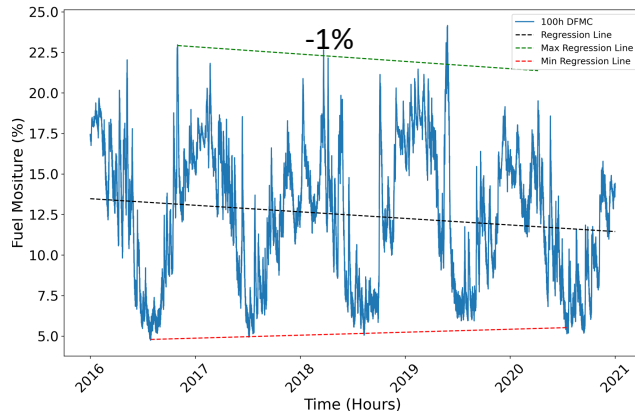
- Wykresy po prawej stronie ilustrują klimatologię paliwa 10h i 100h dla całej Kalifornii w latach 2016-2020
- Podczas gdy trendy długoterminowe różniły się, trendy krótkoterminowe są negatywne
- Zarówno trendy 10-godzinne, jak i 100-godzinne wykazują spadek w latach 2016-2020
- Tendencje zbieżne podobne do LFMC
- Redukcja wilgotności w klasach 10h, i 100h jest zbieżna ze wzrostem liczby pożarów lasów w ciągu ostatnich kilku lat

10h Climatology



Region	Slope	RMSE	R <sup>2</sup>	CC
Max	-0.00432	2.584	0.4981	-0.7058
General	-0.00151	5.471	0.0208	-0.1442
Min	-0.00043	0.216	0.5004	-0.7074

100h Climatology



Region	Slope	RMSE	R <sup>2</sup>	CC
Max	-0.00123	1.432	0.1449	-0.3807
General	-0.00111	4.151	0.0195	-0.1398
Min	0.00050	0.315	0.4087	0.6393



# Analiza klimatologii wilgotności paliwa martwego (DFMC)

- Tabele po prawej stronie pokazują wartości wilgotności paliwa z 10 i 100 godzin w czasie i miejscu wybuchu dużych pożarów

	Bobcat	Creek	Dolan	LNU	North	August	SCU
Date	2020-09-06	2020-09-04	2020-08-18	2020-08-17	2020-08-17	2020-08-16	2020-08-16
10h	3.22%	4.22%	5.82%	4.96%	4.58%	2.97%	3.63%
100h	6.59%	6.67%	7.25%	6.76%	6.34%	5.96%	6.46%

- W przypadku wszystkich analizowanych pożarów wilgotność 10-godzinnego, 100-godzinnego paliwa nie przekroczyła 10% (dla 11/14 incydentów 10h DFMC < 6%)

	Kincade	Woolsey	Carr	Thomas	Sobernas	Rough	Average
Date	2019-10-25	2018-11-14	2018-07-23	2017-12-04	2016-07-22	2015-07-31	-
10h	5.20%	9.93%	4.84%	7.16%	5.47%	6.44%	5.62%
100h	9.43%	9.69%	5.98%	9.95%	7.92%	6.16%	7.32%

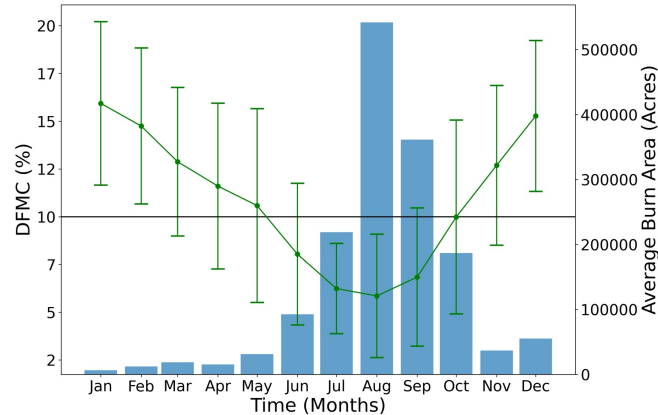
- Na tej podstawie określiliśmy potencjalny próg wilgotności na poziomie 10%, jako wskaźnik ryzyka wystąpienia znaczących pożarów



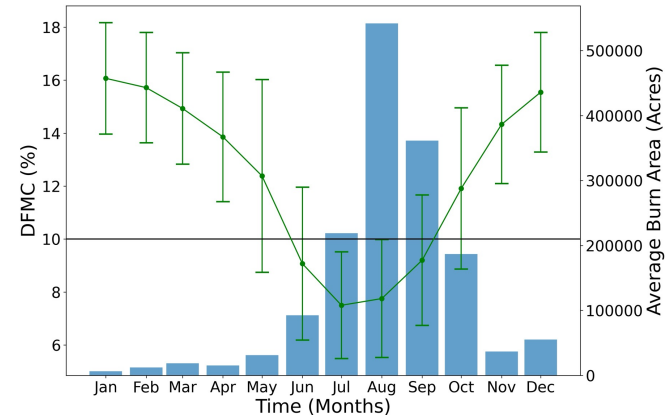
# Analiza klimatologii wilgotności paliwa martwego (DFMC)

- Wykresy po prawej stronie pokazują uśrednioną klimatologię miesięczną DFMC w Kalifornii, miesięczną uśrednioną powierzchnię oparzenia i próg 10% odpowiednio dla 10 i 100 godzinowego paliwa
- Podobnie jak w przypadku LFMC, gdy spadek DFMC poniżej progu 10%, związany jest ze wzrostem aktywności pożarowej
- Dane z portalu FMR i systemu asymilacji wilgotności paliwa i stacji meteo. wraz z wartościami progowymi pozwalają na łatwe szacowanie potencjalnego zagrożenia dużymi pożarami

10h DFMC

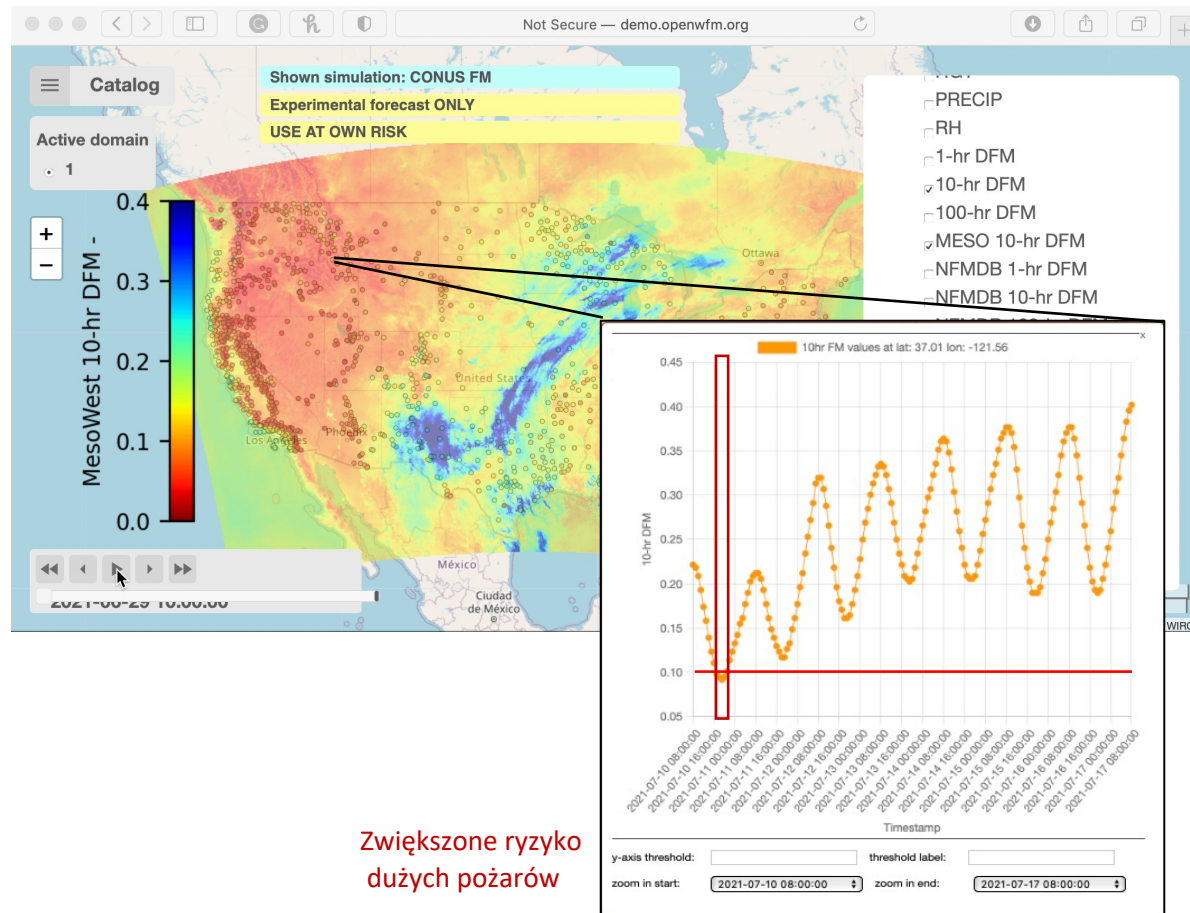


100h DFMC



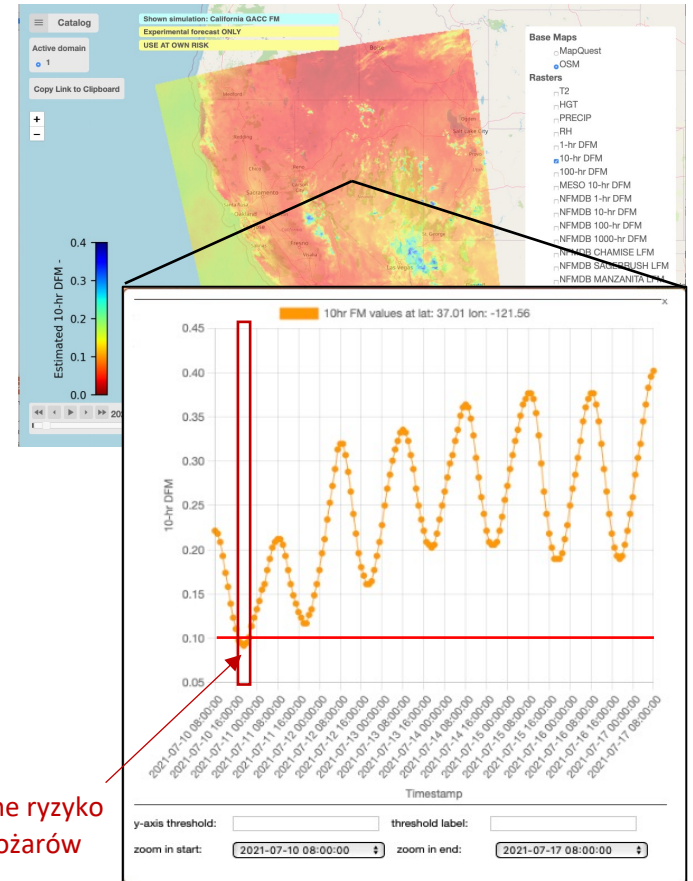
# Aplikacja - produkty wilgotności paliwa martwego

- Wilgotność paliwa martwego ze stacji meteo jest pobierana co godzinę do centralnego systemu asymilacji
- System wykorzystuje mapy pogodowe, terenowe i paliwowe do nowcastingu wilgotności paliwa martwego
- Produkt zawiera 1h, 10h, 100h klasy paliwowe
- Dane z portalu FMR i systemu asymilacji wilgotności paliwa i stacji meteo. wraz z wartościami progowymi pozwalają na łatwe szacowanie potencjalnego zagrożenia dużymi pożarami



Zwiększone ryzyko  
dużych pożarów

- Zawartość wilgoci w paliwie żywym spadała w latach 2000-2021 o 5% do 20%.
- W ciągu ostatnich lat (2016-2021) ten trend jest bardziej znaczący 1%-2% na rok zarówno dla paliwa żywego jak i martwego.
- Maksymalne wilgotności spadają szybciej niż minimalne w przypadku żywego i martwego paliwa
- W większości regionów obserwuje się zbieżność maksymalnej/minimalnej wilgotności paliw, co sygnalizuje możliwe wydłużenie sezonu pożarowego i większe obszary spalone
- Zawartość wilgoci ma charakter regionalny szczególnie w przypadku paliwa żywego niektóre obszary doświadczają szybszych zmian niż inne
- Susza odgrywa kluczową rolę w zmienności żywych paliw w Kalifornii, ale nie jest wystarczająca do wyjaśnienia trendów wilgotności, rośliny typu Chaparral wydają się przystosowywać do długotrwałych warunków suszy
- Istnieją unikalne progi wilgotności żywego paliwa dla różnych regionów w Kalifornii, które można wykorzystać do wskazania potencjału większych pożarów (70%-98%)
- 10% próg wilgotności martwego paliwa wydaje się być dobrym wskaźnikiem zwiększonego potencjału pożarowego na podstawie **Zwiększone ryzyko dużych pożarów**





# Dziękuję za uwagę!



<https://wildfirecenter.org>  
<https://www.fuelmoisture.org>  
<https://www.nfmdb.org>

[Adam.Kochanski@sjsu.edu](mailto:Adam.Kochanski@sjsu.edu)  
<http://www.met.sjsu.edu/ak>

