ARBONET

The European arboviral disease network

IZSAM G.CAPORALE TERAMO

Multi Criteria Decision Analysis per l'identificazione di aree a rischio per Rift Valley Fever in Italia

Teramo, 13 Giugno 2019

Carla Ippoliti, Annamaria Conte, Armando Giovannini

IZSAM G.CAPORALE TERAMO

Progetto ARBONET

ARBONET

The European arboviral disease network

WELCOME TO THE OFFICIAL ARBONET PROJECT WEBSITE

The proposed initiative "ARBONET" will be focused on WNF, CCHF and RVF infections, specifically on development of epidemiological models that can inform risk-based surveillance and interventions that can control disease outbreaks in Europe.

The major goal of this joint initiative is to create a multidisciplinary research network combining the expertise of veterinary and human epidemiologists, disease modelers, virologists and arthropod biologists to increase knowledge and understanding that will facilitate rapid control of disease outbreaks.

anihwa

Animal Health and Welfare ERA-Net

Epidemiological models for control of arboviral disease for Europe

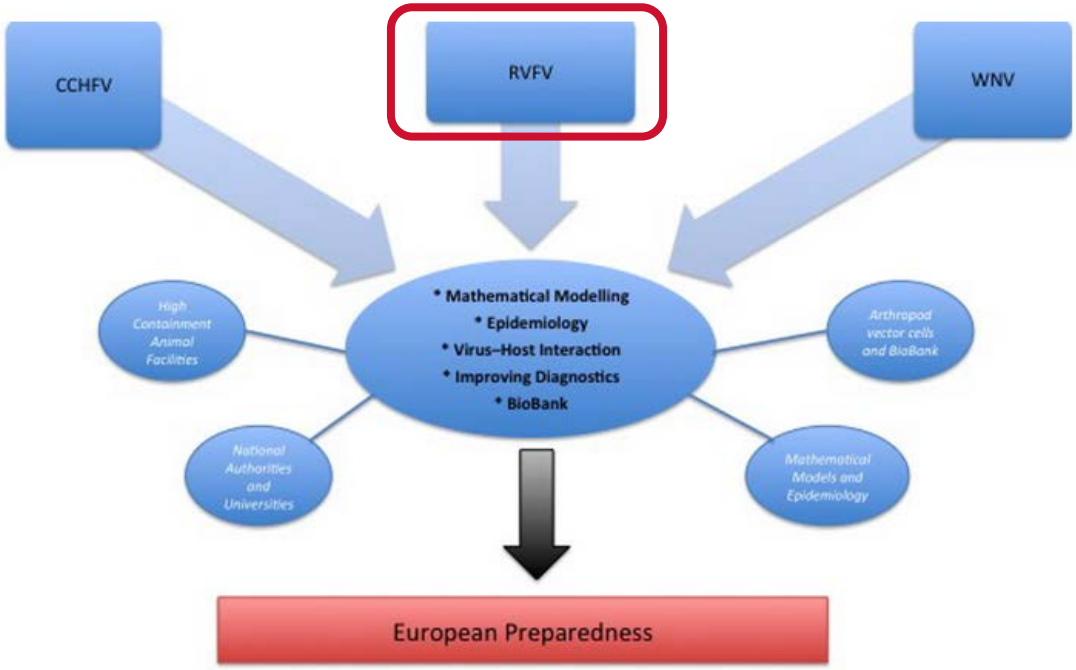
ARBONET

IZSAM G.CAPORALE TERAMO

ARBONET

The European arboviral disease network

WP2. Epidemiological modelling of virus transmission in Europe



RVF cycle

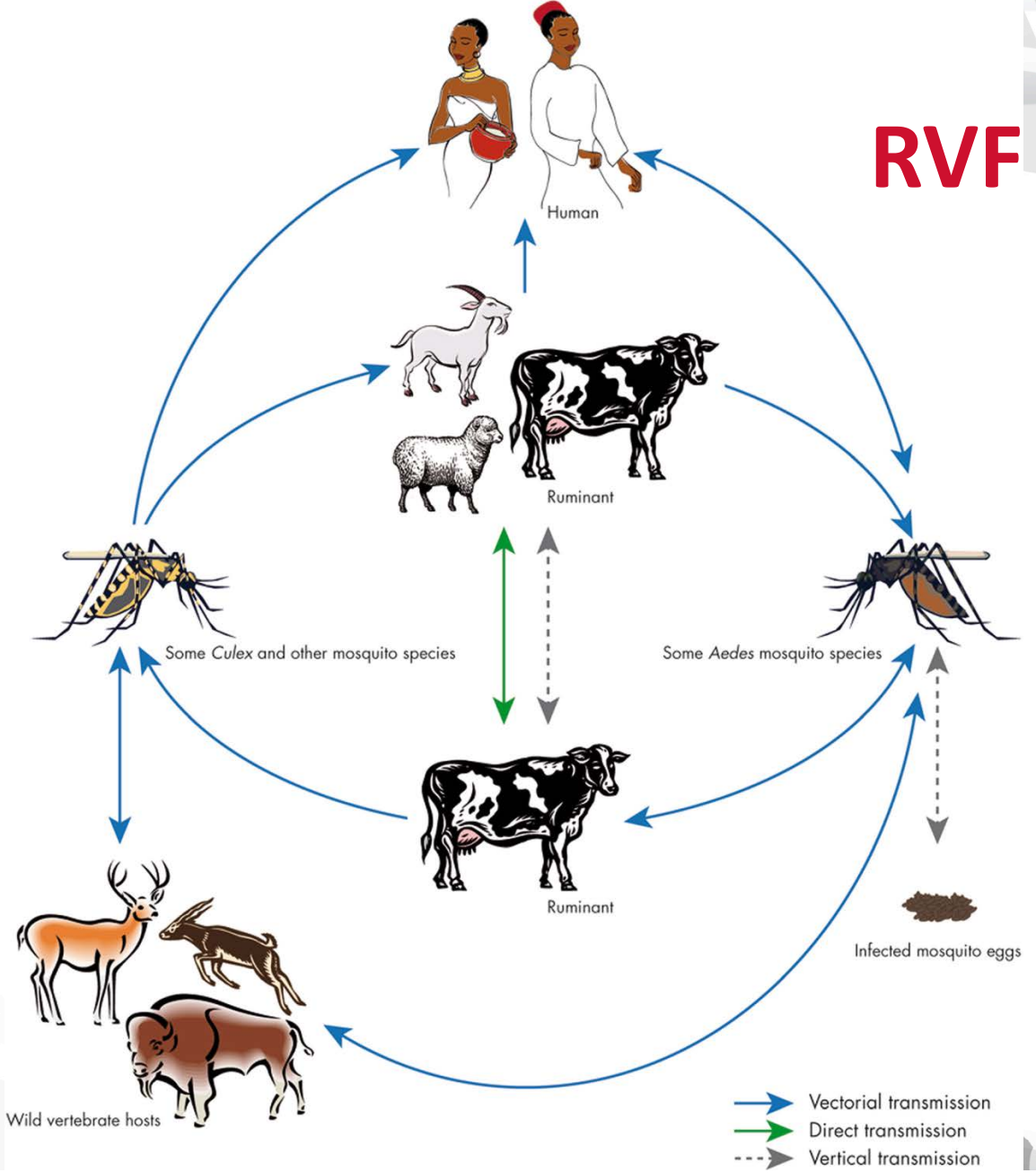
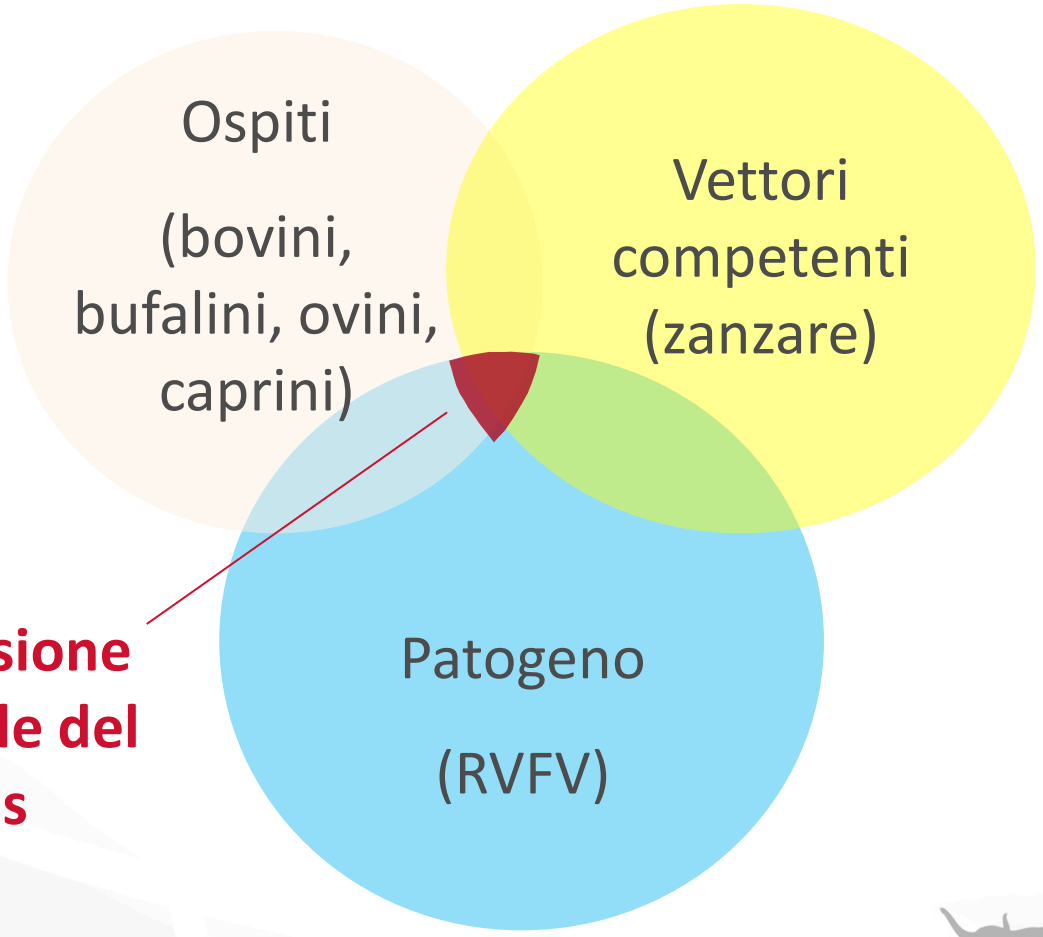


Figure 2 Cycle of Rift Valley fever. The virus can be maintained in an enzootic cycle involving *Aedes* mosquitoes which are able to transmit the virus vertically to their offspring. Epizootic outbreaks are often linked with unusual rains or warm seasons, favoring the hatching of infected *Aedes* eggs that are then able to initiate the virus circulation. Subsequently, large numbers of secondary vectors belonging to the *Culex* genus could be infected and induce the emergence of epidemic/epizootic outbreaks. Transmission to humans occurs through direct contact with high virus loads when aborted fetuses are manipulated.

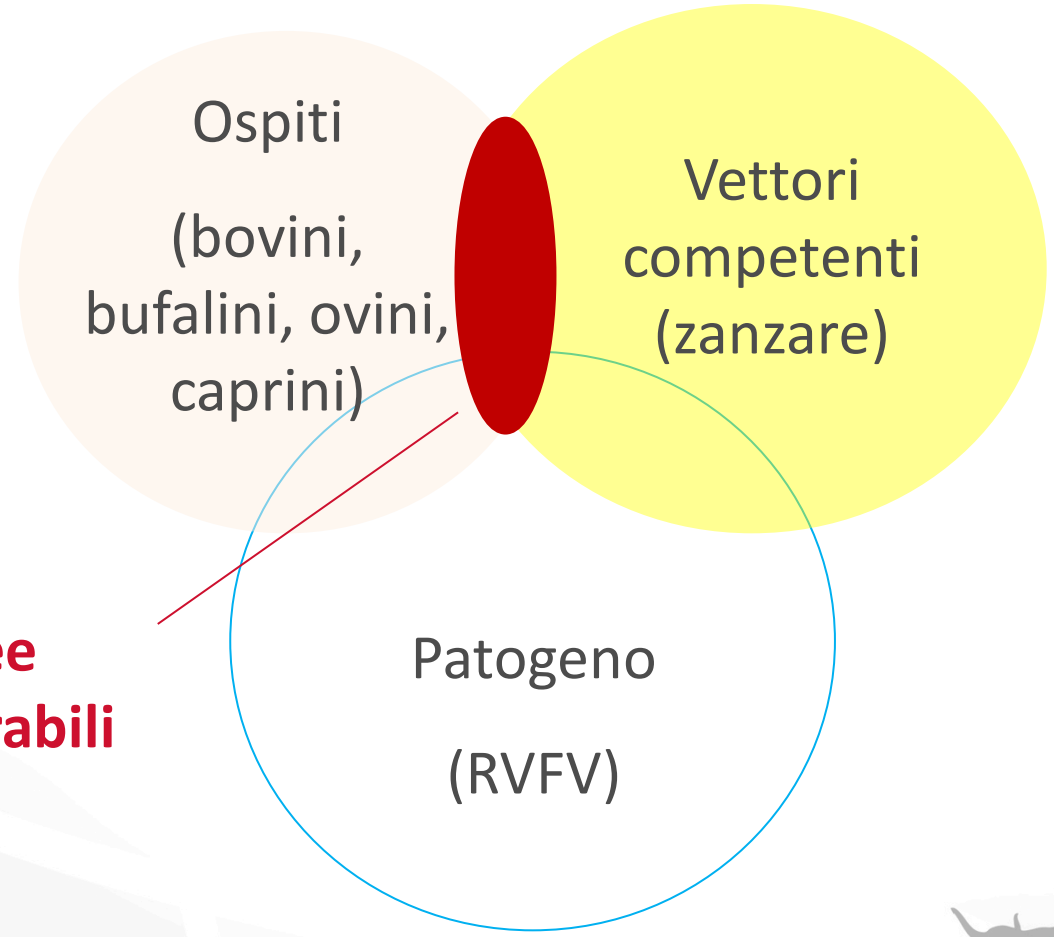
from Balenghien et al. Veterinary Research 2013, 44:78

Modello semplificato



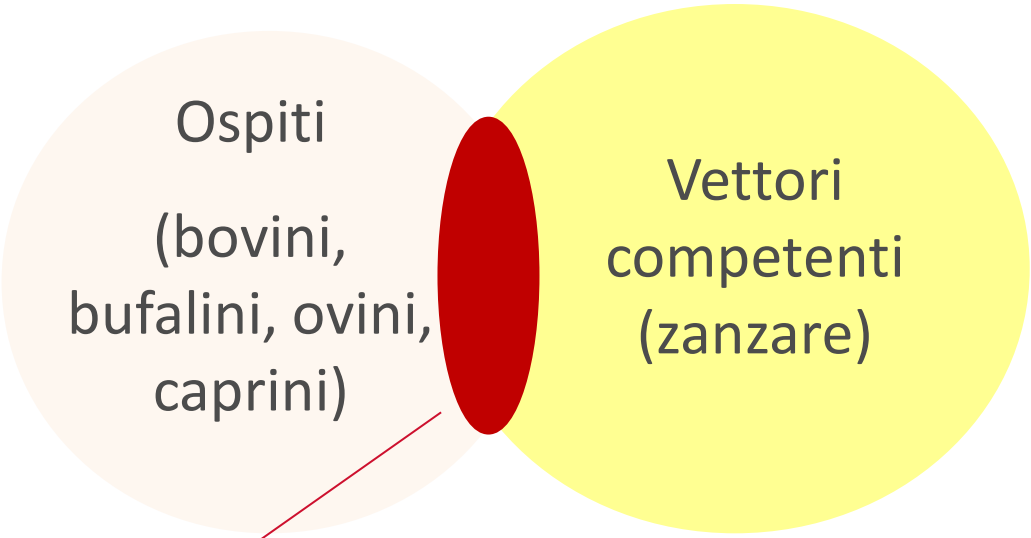
trasmissione vettoriale del virus

In Italia



Aree vulnerabili

In Italia



Aree vulnerabili = Presenza di ospiti suscettibili & Condizioni climatico-ambientali favorevoli allo sviluppo di zanzare

Modello

- **Multi Criteria Decision Analysis (MCDA)**
- Tecnica utilizzata in assenza di dati di malattia (knowledge-driven)

❖ DEFINIZIONE: Una procedura di comparazione a criteri multipli (fattori) che ha lo scopo di contribuire allo sviluppo di un processo di apprendimento per alimentare e supportare un processo decisionale.

Modello

- Obiettivo: stabilire se le unità geografiche (pixel) sono adatte per il verificarsi di una malattia trasmessa da vettori in base a criteri specifici

- I criteri si riferiscono a fattori (conoscenza) che influenzano l'idoneità di un determinato luogo.

Modello

- L’ipotesi di base è:

se in un’area, i fattori di rischio si verificano contemporaneamente, allora quell'area è più adatta a sostenere la diffusione della malattia.

MCDA per RVF in Italia
Fasi e metodi

1. Identificazione dei fattori di rischio
   - Da letteratura (temperatura, piovosità, …)
2. Raccolta dati
   - Da molteplici fonti
3. Definizione della relazione tra ciascun fattore e la vulnerabilità & standardizzazione dei fattori
   - Da letteratura (relazione lineare, …)

……

MCDA per RVF in Italia
Fasi e metodi

4. Definizione dell'importanza relativa di coppie di fattori di rischio
   - pairwise comparison matrix in Analytical Hierarchical Process (AHP)
5. Combinazione dei fattori per generare la mappa finale di vulnerabilità
   - usando una Weighted Linear Combination
6. Analisi di sensibilità
   - La variazione dei pesi attribuiti ai fattori di rischio influenza la distribuzione/valore delle aree vulnerabili?
7. (Validazione)

MCDA per RVF in Italia

Fasi

1. **Identificazione dei fattori di rischio**
2. Raccolta dati
3. Definizione della relazione tra ciascun fattore e la vulnerabilità & standardizzazione dei fattori
4. Definizione dell'importanza relativa di coppie di fattori di rischio
5. Combinazione dei fattori per generare la mappa finale di vulnerabilità
6. Analisi di sensibilità
7. (Validazione)

I fattori di rischio

- Specie suscettibili: bovini, bufalini, ovini, caprini

- Temperatura
- Piovosità
- Vicinanza all'acqua
- Campi irrigati
- Altitudine
- Pendenza

Fattori che influenzano la popolazione dei vettori e la capacità vettoriale

MCDA per RVF in Italia

Fasi

1. Identificazione dei fattori di rischio
2. **Raccolta dati**
3. Definizione della relazione tra ciascun fattore e la vulnerabilità & standardizzazione dei fattori
4. Definizione dell'importanza relativa di coppie di fattori di rischio
5. Combinazione dei fattori per generare la mappa finale di vulnerabilità
6. Analisi di sensibilità
7. (Validazione)

Raccolta dati e fonti

- **Specie suscettibili**: bovini, bufalini, ovini, caprini dalla Banca Dati Nazionale al 01.06.2017
- **Temperatura**: temperatura media giornaliera aggregata mensilmente dal prodotto NASA MODIS Land Surface Temperature per gli anni 2015-2018
- **Piovosità**: precipitazioni mensili dal database Worldclim 1970-2000
- **Vicinanza all'acqua**: densità di fiumi, laghi, aree umide, aree naturali
- **Campi irrigati**: dalla mappa FAO delle aree irrigate e attrezzate per l'irrigazione
- **Altitudine**: Modello Digitale del Terreno a 20 m di risoluzione spaziale dal Portale Cartografico Nazionale
- **Pendenza**: variazione di altitudine per cella (1 km di risoluzione spaziale)

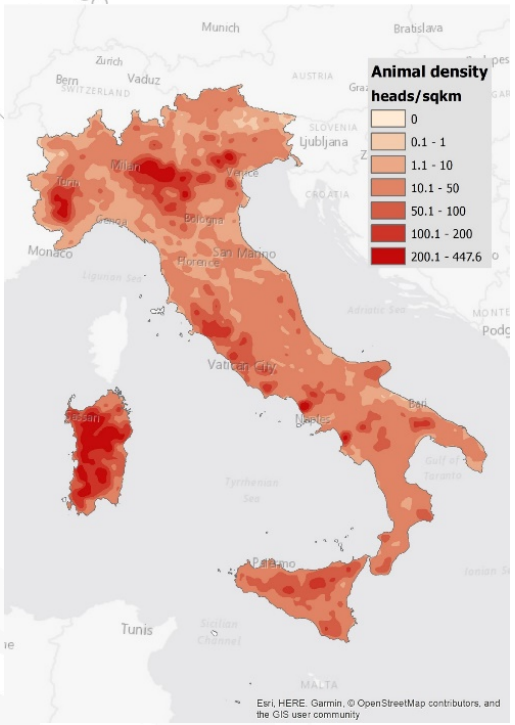
MCDA per RVF in Italia

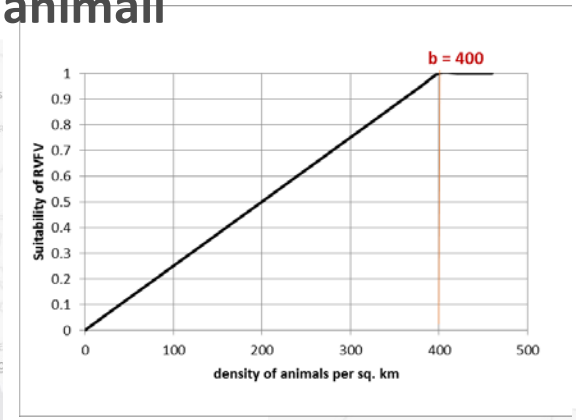
Fasi

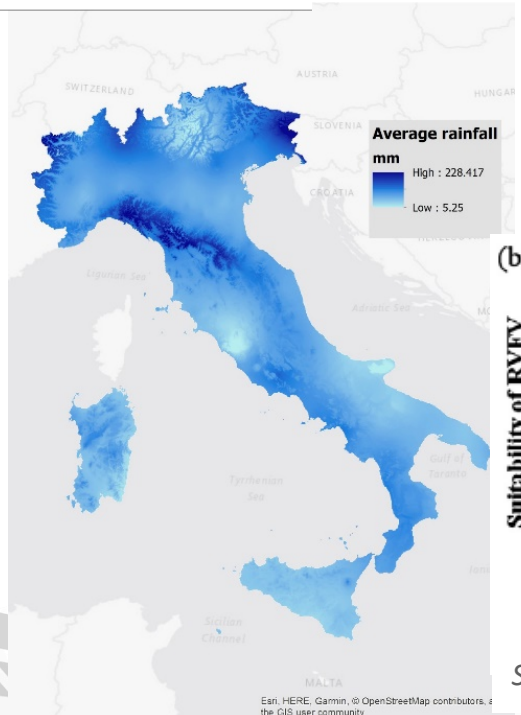
1. Identificazione dei fattori di rischio
2. Raccolta dati
3. **Definizione della relazione tra ciascun fattore e la vulnerabilità & standardizzazione dei fattori**
4. Definizione dell'importanza relativa di coppie di fattori di rischio
5. Combinazione dei fattori per generare la mappa finale di vulnerabilità
6. Analisi di sensibilità
7. (Validazione)

Relazione tra ciascun fattore e la vulnerabilità

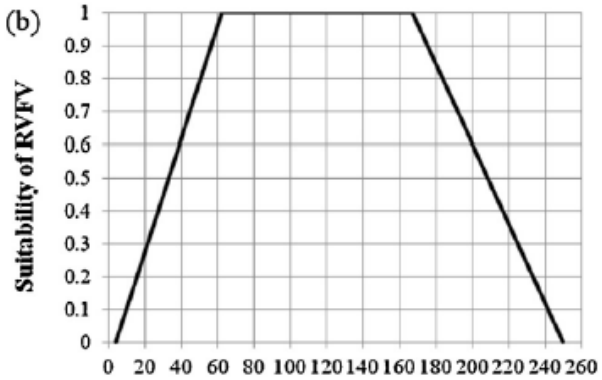
Mappa di densità degli animali







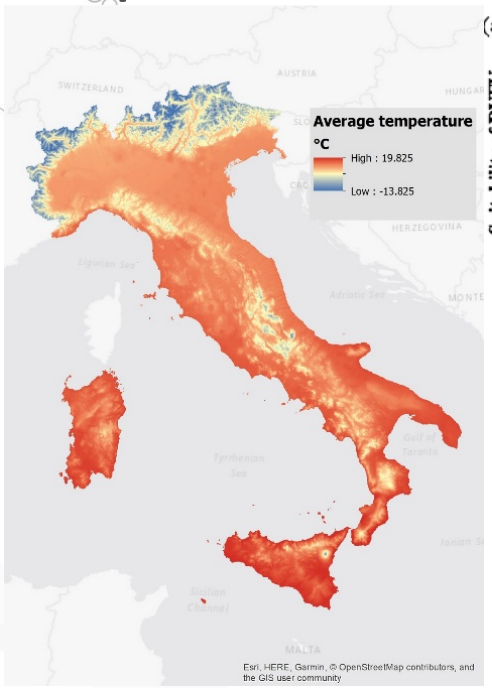
Piogge

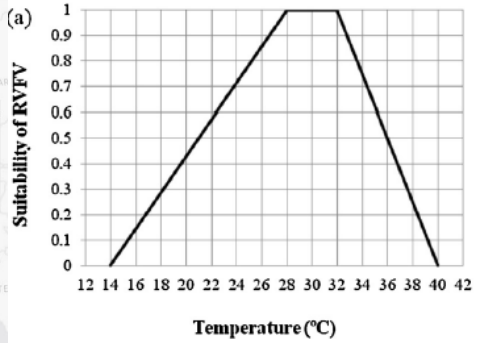


Sánchez-Vizcaino et al., 2013

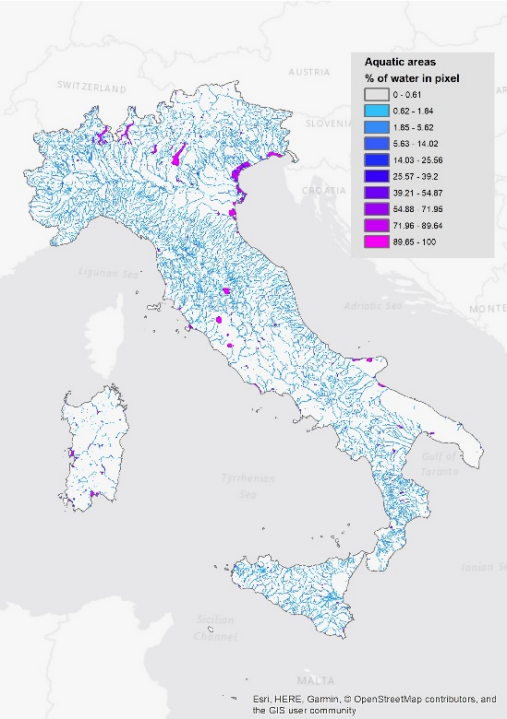
Relazione tra ciascun fattore e la vulnerabilità

Temperatura media

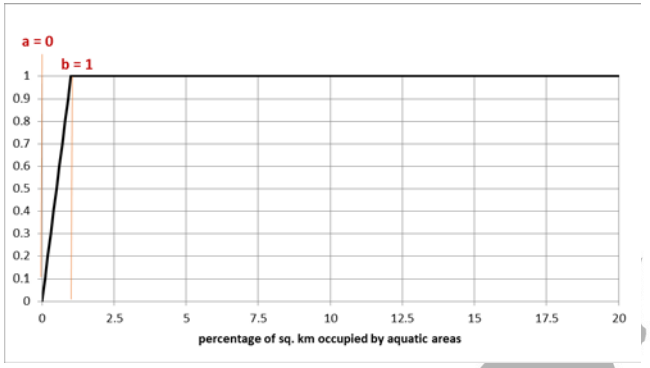




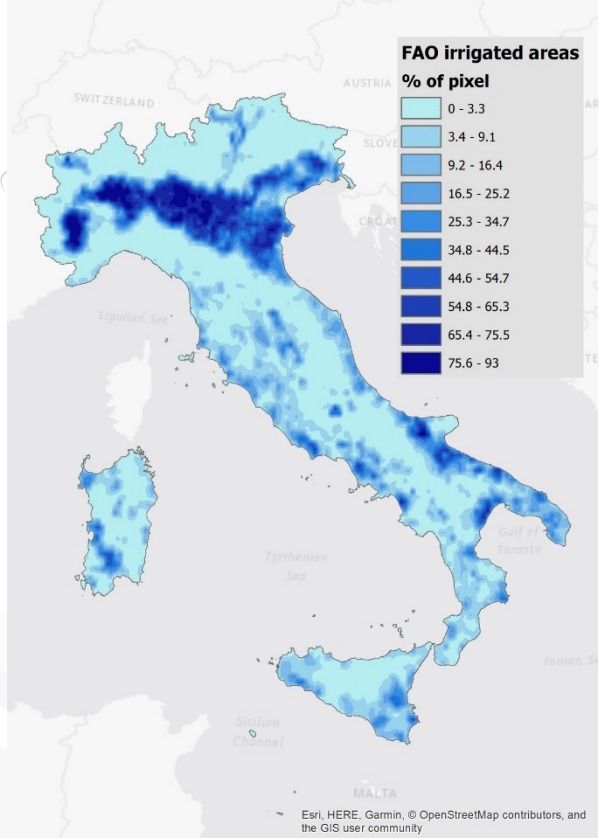
Sánchez-Vizcaino et al., 2013



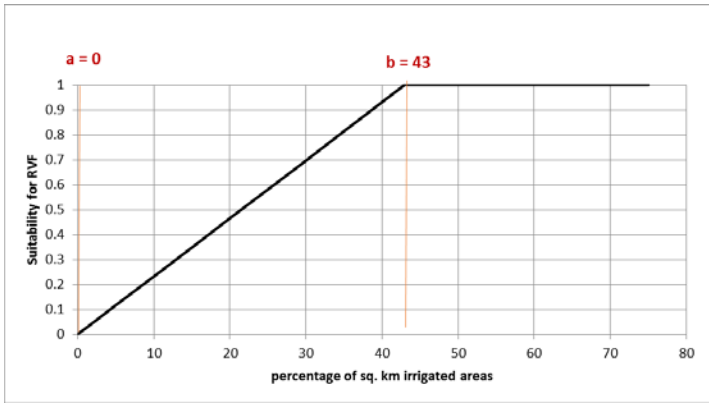
Densità di aree con acqua

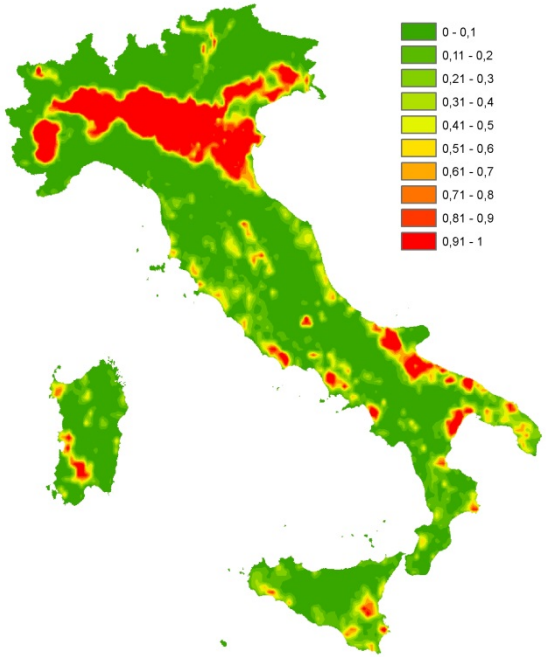


Relazione tra ciascun fattore e la vulnerabilità



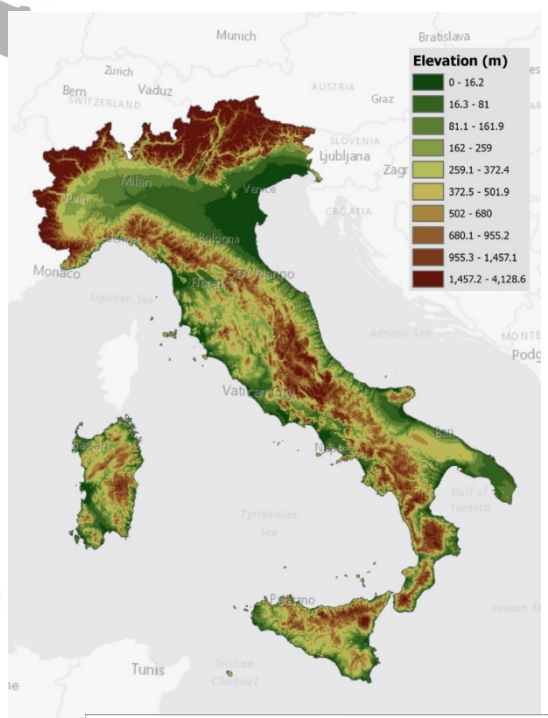
Mappa FAO delle aree irrigate e delle aree attrezzate per l'irrigazione

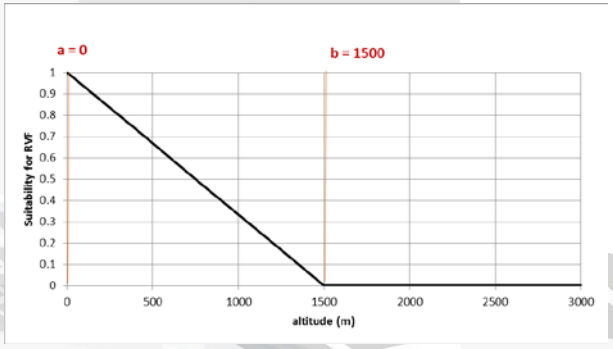




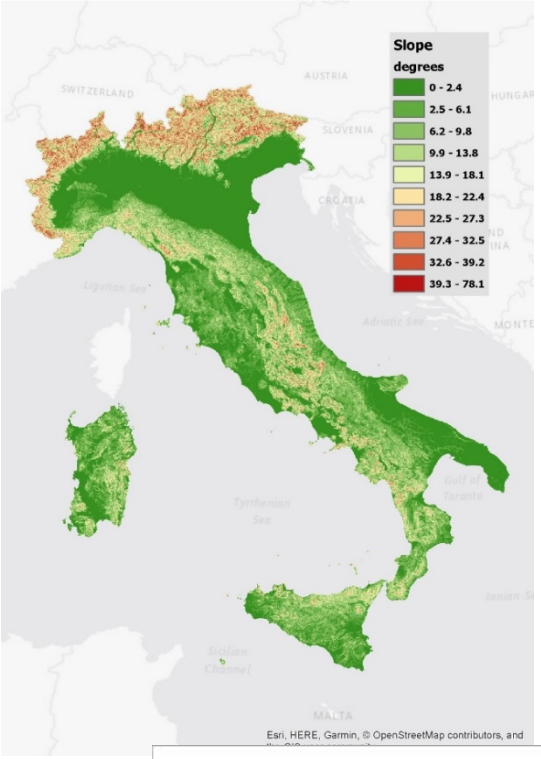
Relazione tra ciascun fattore e la vulnerabilità

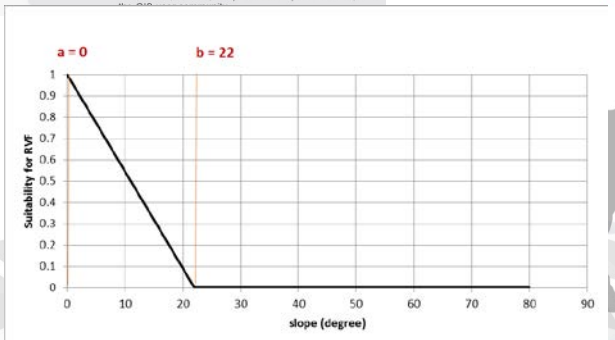
Altitudine sul livello del mare (in m)





Pendenza





MCDA per RVF in Italia

Fasi

1. Identificazione dei fattori di rischio
2. Raccolta dati
3. Definizione della relazione tra ciascun fattore e la vulnerabilità & standardizzazione dei fattori
4. **Definizione dell'importanza relativa di coppie di fattori di rischio**
5. Combinazione dei fattori per generare la mappa finale di vulnerabilità
6. Analisi di sensibilità
7. (Validazione)

Definizione dell'importanza relativa di coppie di fattori di rischio

Pairwise Comparison Rating Scale

1/4	1/3	1/2	1	2	3	4
Very strongly	strongly	moderately	**equally**	moderately	strongly	Very strongly
Less important				**More important**		

Comparative importance of different risk factors in the spread of RVFv (a brief description is given for each risk factor in the rows only but this description is also applicable for the same factor in the column)

		Abundance of host density (cattle+buffaloes+sheep+goats)	**Rainfall** (monthly precipitation in mm from Worldclim database 1970-2000)	**Temperature** (average temperature from Worldclim database – 1970-2000)	**Proximity to aquatic areas** (waterbodies, humid areas, natural areas)	**Irrigated fields** (from FAO database)	**Elevation** (altitude in meters above sea level)	**Slope** (deviation of altitude)
1	**Abundance of host density** (cattle+buffaloes+sheep+goats)	1						
2	**Rainfall** (monthly precipitation in mm from Worldclim database 1970-2000)	1/2	1					
3	**Temperature** (average temperature from Worldclim database – 1970-2000)	1/2	1/2	1				
4	**Proximity to aquatic areas** (waterbodies, humid areas, natural areas)	1/2	1	1/2	1			
5	**Irrigated fields** (from FAO database)	1/2	1	1/2	1	1		
6	**Elevation** (altitude in meters above sea level)	1/3	1/3	1/2	1/2	1/4	1	
7	**Slope** (deviation of altitude)	1/4	1/4	1/3	1/3	1/3	1	1

Pesi

	Factors	WEIGHTS based on expertise
1	Host density	0.2615
2	Rainfall	0.1805
3	Temperature	0.1678
4	Aquatic areas	0.1305
5	Irrigated fields	0.1473
6	Elevation	0.0613
7	Slope	0.0511
		1

MCDA per RVF in Italia

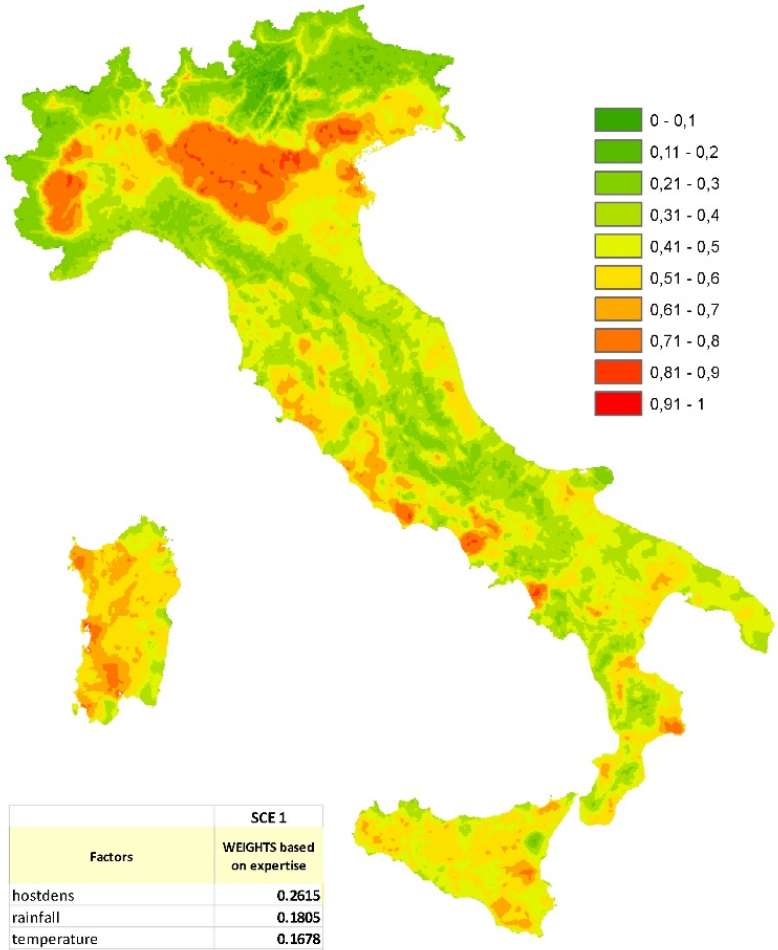
Fasi

1. Identificazione dei fattori di rischio
2. Raccolta dati
3. Definizione della relazione tra ciascun fattore e la vulnerabilità & standardizzazione dei fattori
4. Definizione dell'importanza relativa di coppie di fattori di rischio
5. **Combinazione dei fattori per generare la mappa finale di vulnerabilità**
6. Analisi di sensibilità
7. (Validazione)

- *weighted linear combination* (WLC) procedure:
- $S = \Sigma\, w_i x_i$

where S = suitability
w_i = weight of factor i
x_i = criterion score of factor i

Mappa di vulnerabilità per RVF



	SCE 1
Factors	WEIGHTS based on expertise
hostdens	0.2615
rainfall	0.1805
temperature	0.1678
aquatic_areas	0.1305
irrigated_fields	0.1473
elevation	0.0613
slope	0.0511
	1

Mappe mensili di vulnerabilità

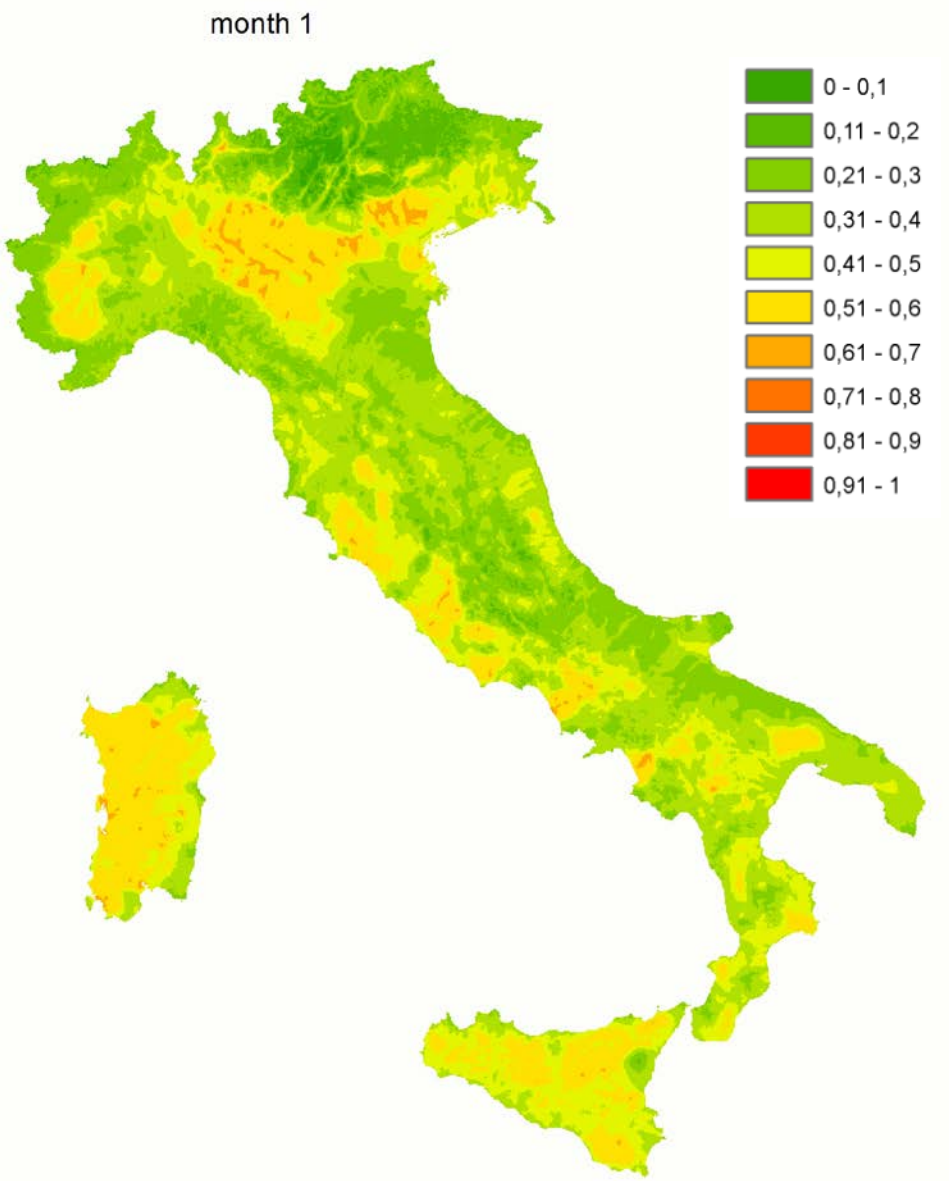
- Specie suscettibili: bovini, bufalini, ovini, caprini

- Temperatura
- Piovosità
- Vicinanza all'acqua
- Campi irrigati
- Altitudine
- Pendenza

Dato mensile

Dato assente a Gen, Feb, Nov, Dic

Mappe mensili di vulnerabilità



MCDA per RVF in Italia

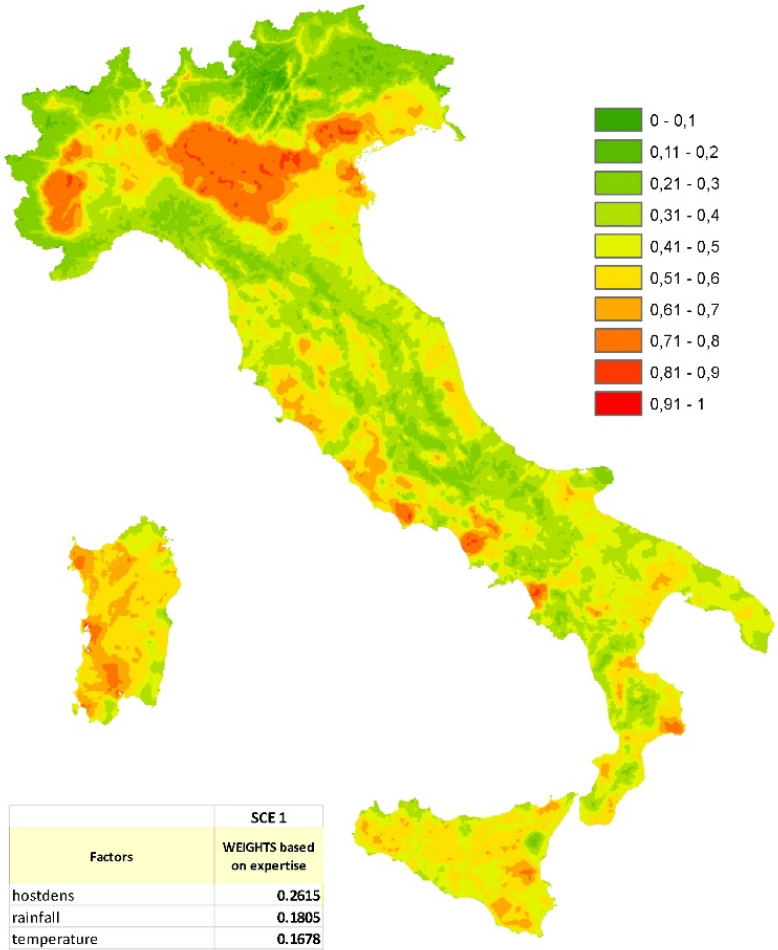
Fasi

1. Identificazione dei fattori di rischio
2. Raccolta dati
3. Definizione della relazione tra ciascun fattore e la vulnerabilità & standardizzazione dei fattori
4. Definizione dell'importanza relativa di coppie di fattori di rischio
5. Combinazione dei fattori per generare la mappa finale di vulnerabilità
6. **Analisi di sensibilità**
7. (Validazione)

Pesi e scenari

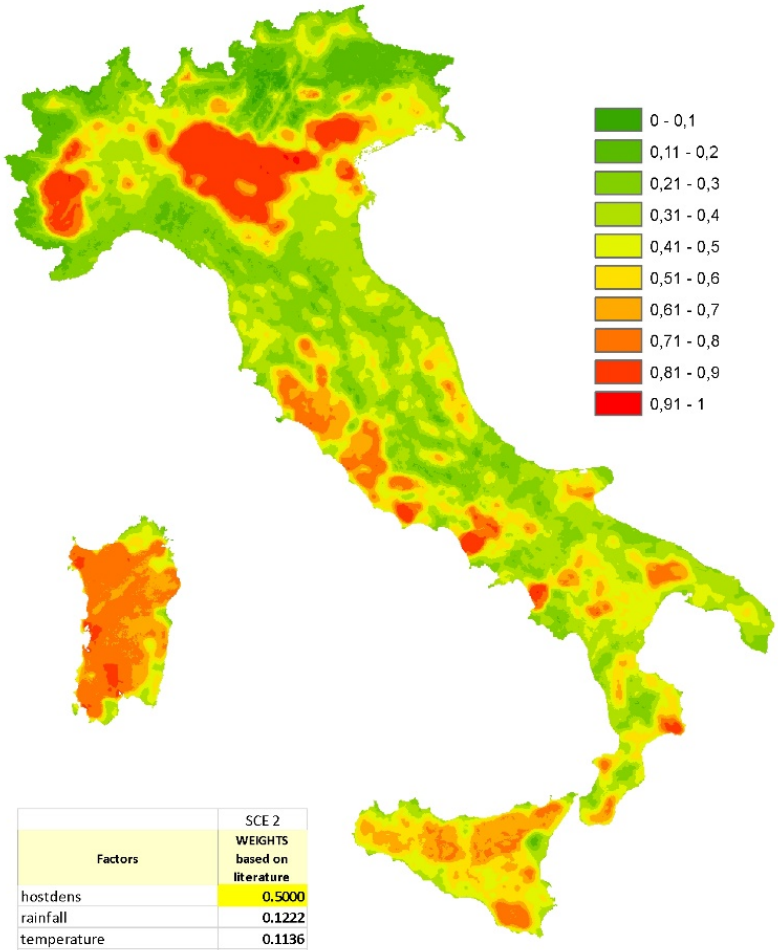
		SCE 1	SCE 2	SCE 3	SCE 4	SCE 5
	Factors	**WEIGHTS based on expertise**	**WEIGHTS based on literature**	**WEIGHTS for vectors equally distributed**	**WEIGHTS ALL equally distributed**	**WEIGHTS equal for animals, temperature, vectors**
1	Host density	0.2615	**0.5000**	**0.5000**	0.14286	**0.33333**
2	Rainfall	0.1805	0.1222	0.0833	0.14286	0.10543
3	Temperature	0.1678	0.1136	0.0833	0.14286	**0.33333**
4	Aquatic areas	0.1305	0.0884	0.0833	0.14286	0.07622
5	Irrigated fields	0.1473	0.0997	0.0833	0.14286	0.08603
6	Elevation	0.0613	0.0415	0.0833	0.14286	0.03580
7	Slope	0.0511	0.0346	0.0833	0.14286	0.02985
		1	*1*	*1*	*1*	*1*

Scenario 1



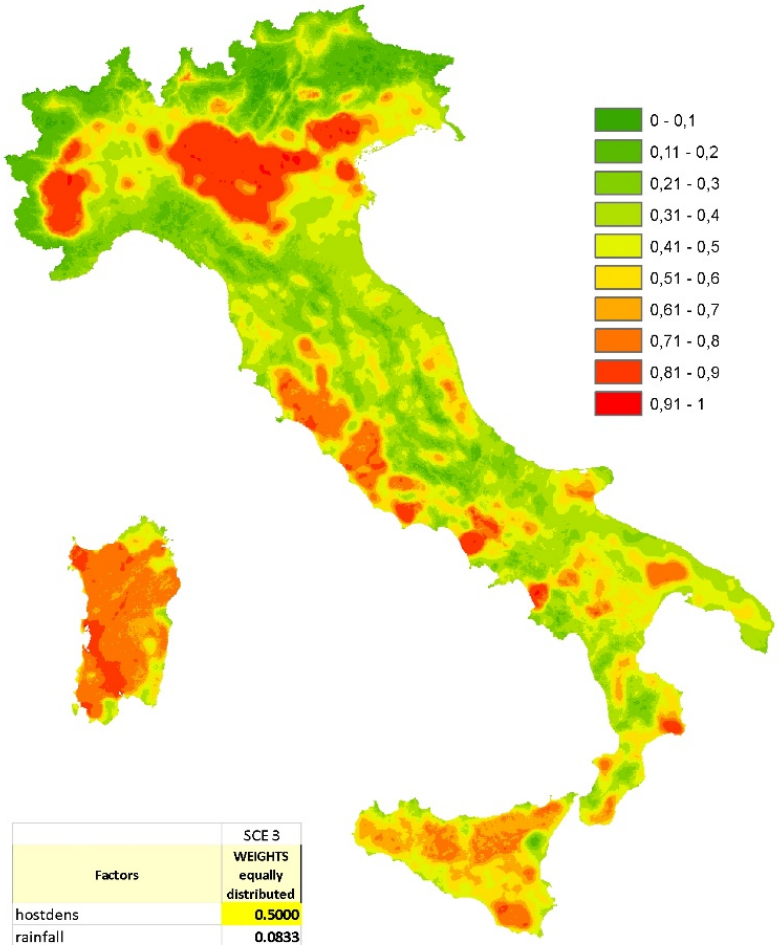
	SCE 1
Factors	WEIGHTS based on expertise
hostdens	0.2615
rainfall	0.1805
temperature	0.1678
aquatic_areas	0.1305
irrigated_fields	0.1473
elevation	0.0613
slope	0.0511
	1

Scenario 2



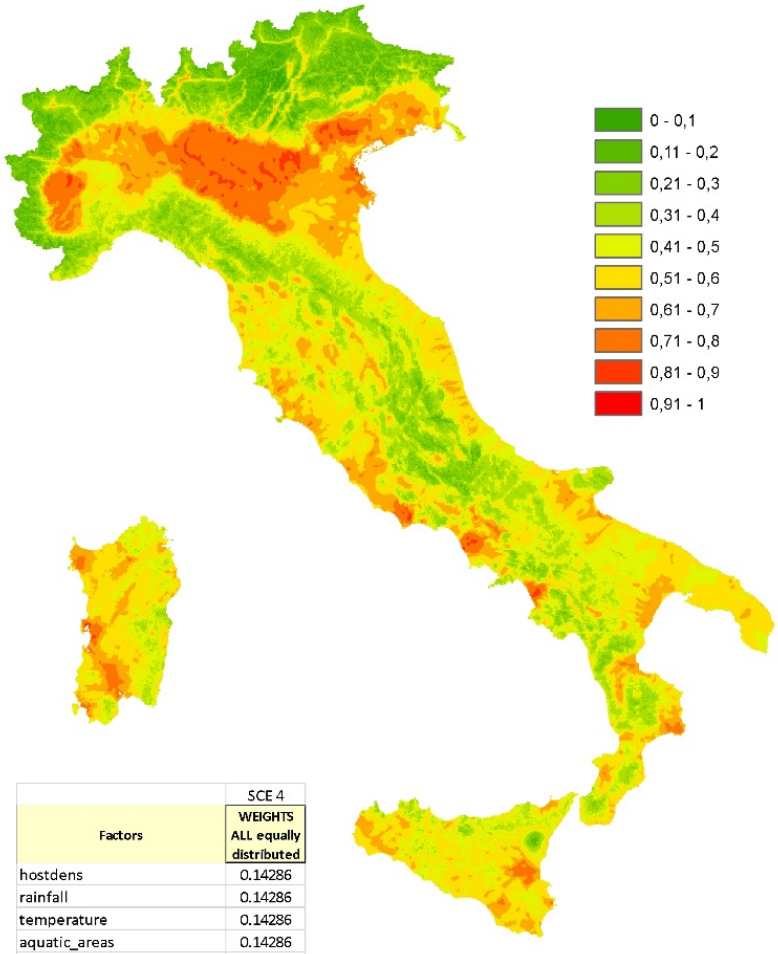
	SCE 2
Factors	**WEIGHTS based on literature**
hostdens	**0.5000**
rainfall	**0.1222**
temperature	**0.1136**
aquatic_areas	**0.0884**
irrigated_fields	**0.0997**
elevation	**0.0415**
slope	**0.0346**
	1

Scenario 3



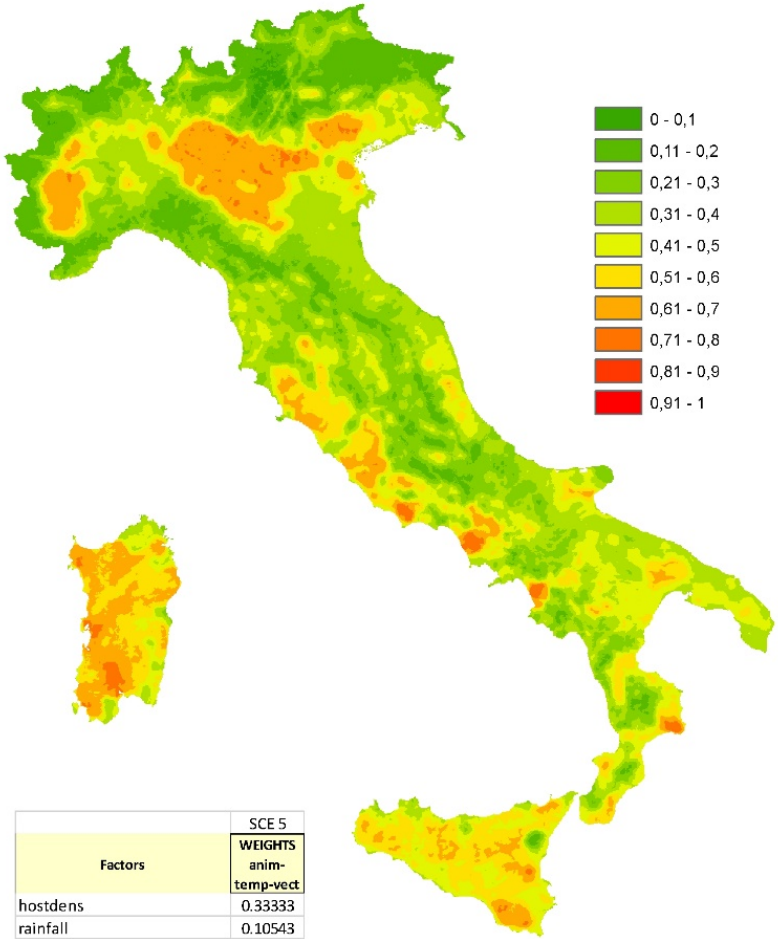
	SCE 3
Factors	WEIGHTS equally distributed
hostdens	0.5000
rainfall	0.0833
temperature	0.0833
aquatic_areas	0.0833
irrigated_fields	0.0833
elevation	0.0833
slope	0.0833
	1

Scenario 4



	SCE 4
Factors	**WEIGHTS ALL equally distributed**
hostdens	0.14286
rainfall	0.14286
temperature	0.14286
aquatic_areas	0.14286
irrigated_fields	0.14286
elevation	0.14286
slope	0.14286
	1

Scenario 5



	SCE 5
Factors	**WEIGHTS anim-temp-vect**
hostdens	0.33333
rainfall	0.10543
temperature	0.33333
aquatic_areas	0.07622
irrigated_fields	0.08603
elevation	0.03580
slope	0.02985
	1

Correlazione tra gli scenari

	SCE 1	SCE 2	SCE 3	SCE 4	SCE 5
	WEIGHTS based on expertise	WEIGHTS based on literature	WEIGHTS for vectors equally distributed	WEIGHTS ALL equally distributed	WEIGHTS equal for animals, temperature, vectors
SCE 1	1				
SCE 2	0.935	1			
SCE 3	0.947	0.995	1		
SCE 4	0.940	0.779	0.821	1	
SCE 5	0.956	0.969	0.979	0.857	1

MCDA per RVF in Italia

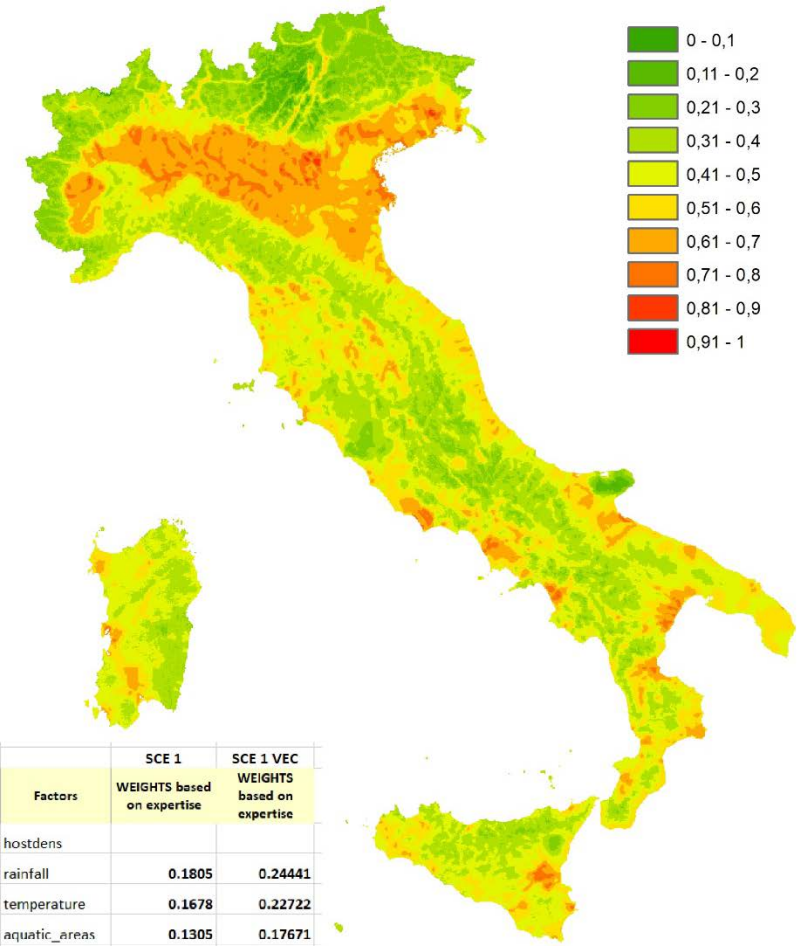
Fasi

1. Identificazione dei fattori di rischio
2. Raccolta dati
3. Definizione della relazione tra ciascun fattore e la vulnerabilità & standardizzazione dei fattori
4. Definizione dell'importanza relativa di coppie di fattori di rischio
5. Combinazione dei fattori per generare la mappa finale di vulnerabilità
6. Analisi di sensibilità
7. **(Validazione)**

Validazione (parziale!)

- MCDA considerando le sole variabili legate ai vettori (tutte, tranne gli animali)

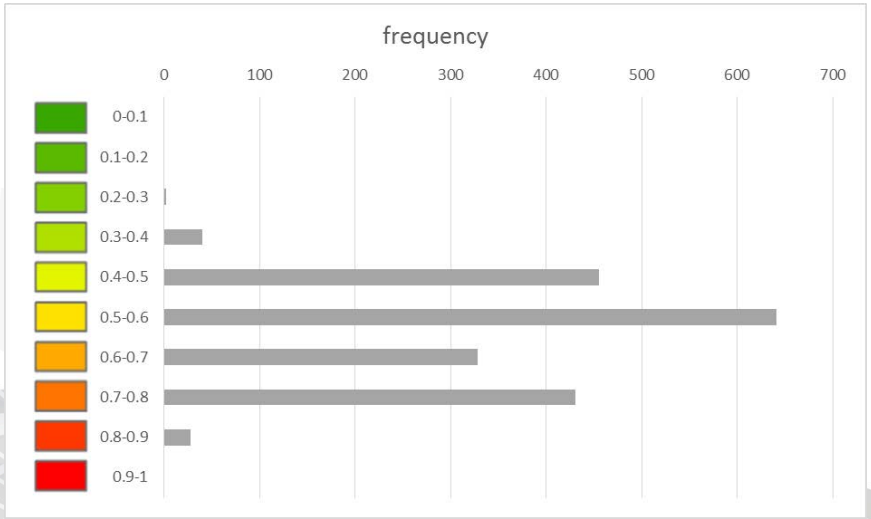
- Abbiamo creato una mappa di "vulnerabilità per i vettori"

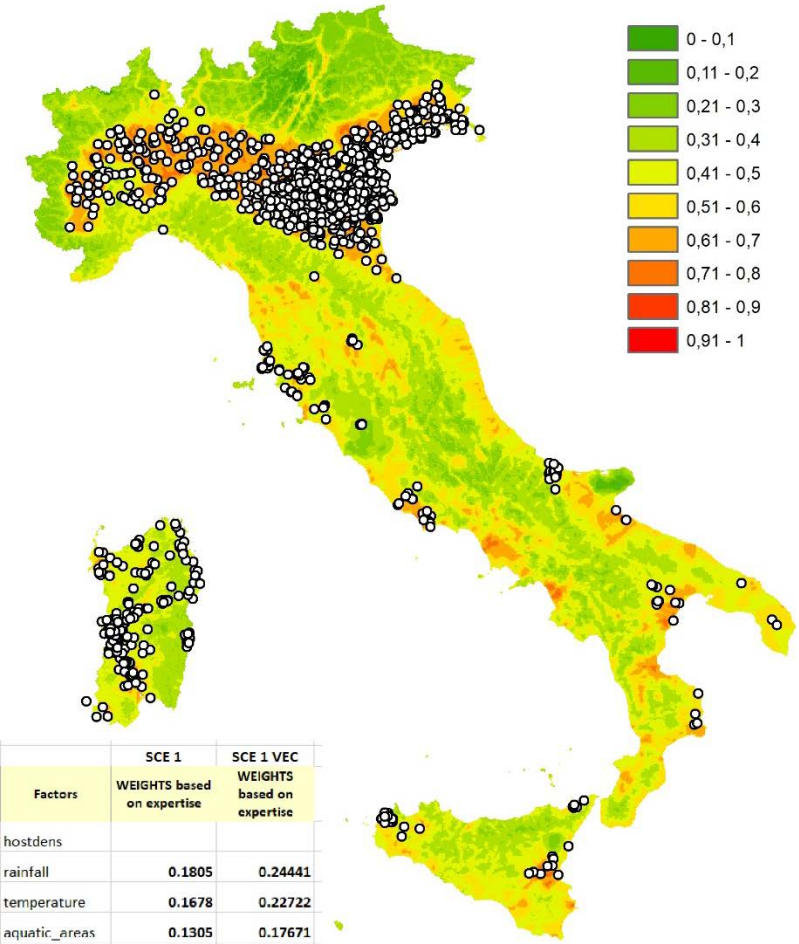


Factors	SCE 1 WEIGHTS based on expertise	SCE 1 VEC WEIGHTS based on expertise
hostdens		
rainfall	0.1805	0.24441
temperature	0.1678	0.22722
aquatic_areas	0.1305	0.17671
irrigated_fields	0.1473	0.19946
elevation	0.0613	0.08301
slope	0.0511	0.06919
	0.7385	*1.00000*

Validazione (parziale!)

- Abbiamo sovrapposto a questa mappa, la distribuzione spaziale dei focolai di WND del 2008-2018 (princ *Culex pipiens*)





Factors	SCE 1 WEIGHTS based on expertise	SCE 1 VEC WEIGHTS based on expertise
hostdens		
rainfall	0.1805	0.24441
temperature	0.1678	0.22722
aquatic_areas	0.1305	0.17671
irrigated_fields	0.1473	0.19946
elevation	0.0613	0.08301
slope	0.0511	0.06919
	0.7385	*1.00000*

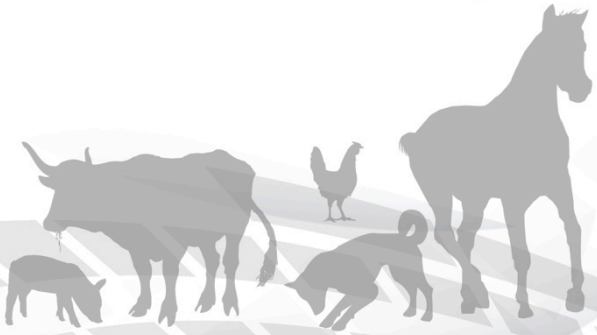
Conclusioni

- La tecnica dell'MCDA è utilizzata nei casi di assenza di malattia
- Si basa sulle conoscenze degli esperti e sulla letteratura
- I cinque scenari proposti hanno identificato le stesse aree di vulnerabilità in Italia, caratterizzate dalla presenza di animali suscettibili e delle condizioni climatico-ambientali favorevoli allo sviluppo di zanzare

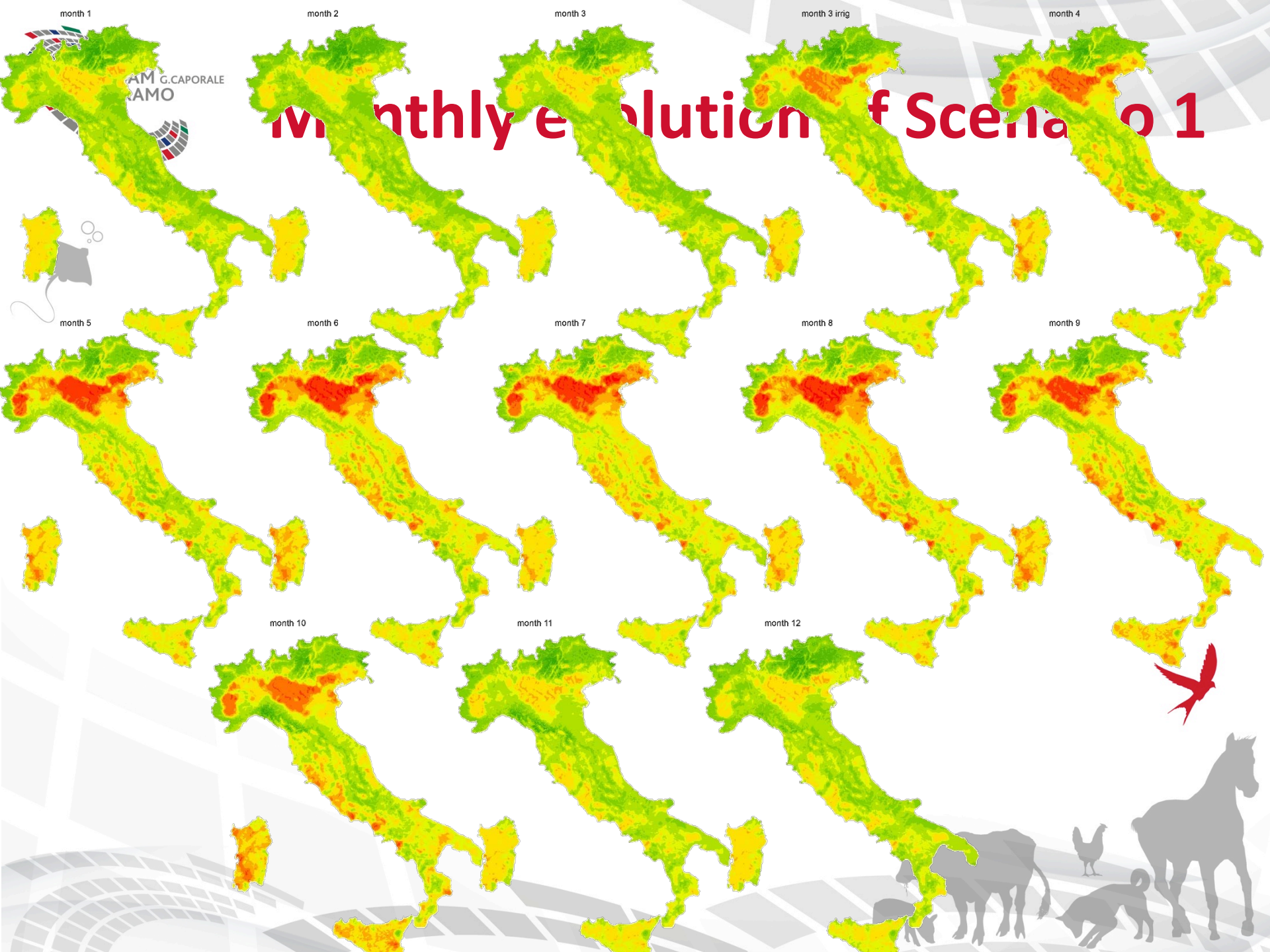
IZSAM G.CAPORALE
TERAMO

ARBONET

The European arboviral disease network



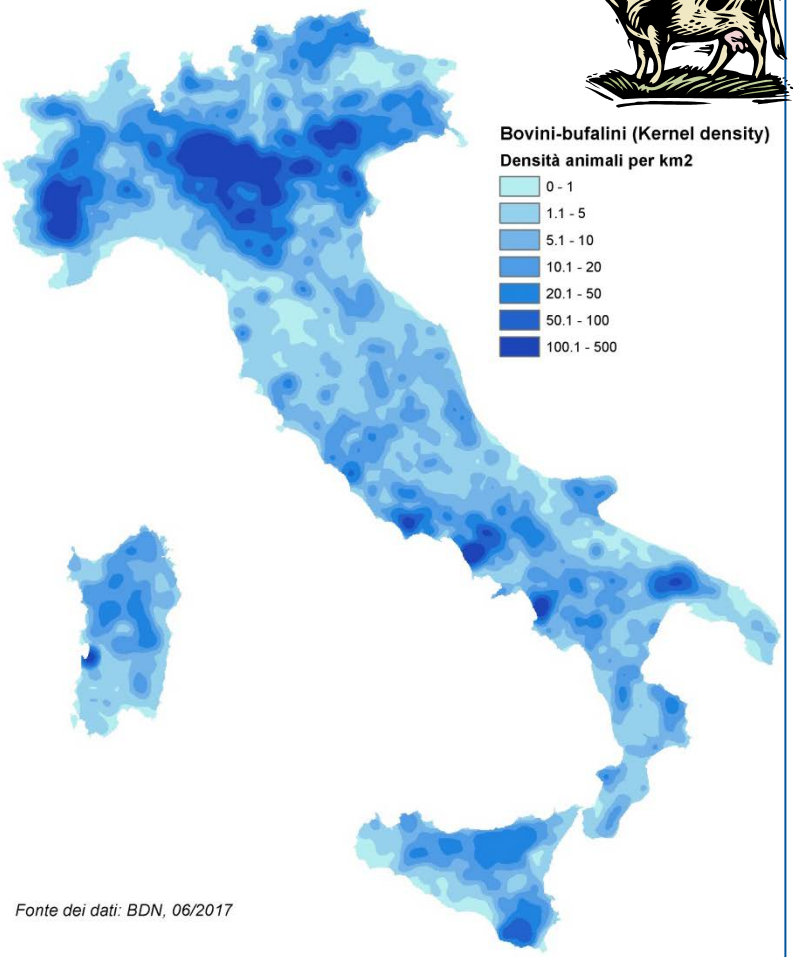
Monthly evolution of Scenario 1



Densità di animali suscettibili

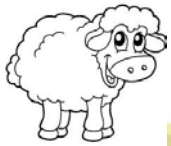
data

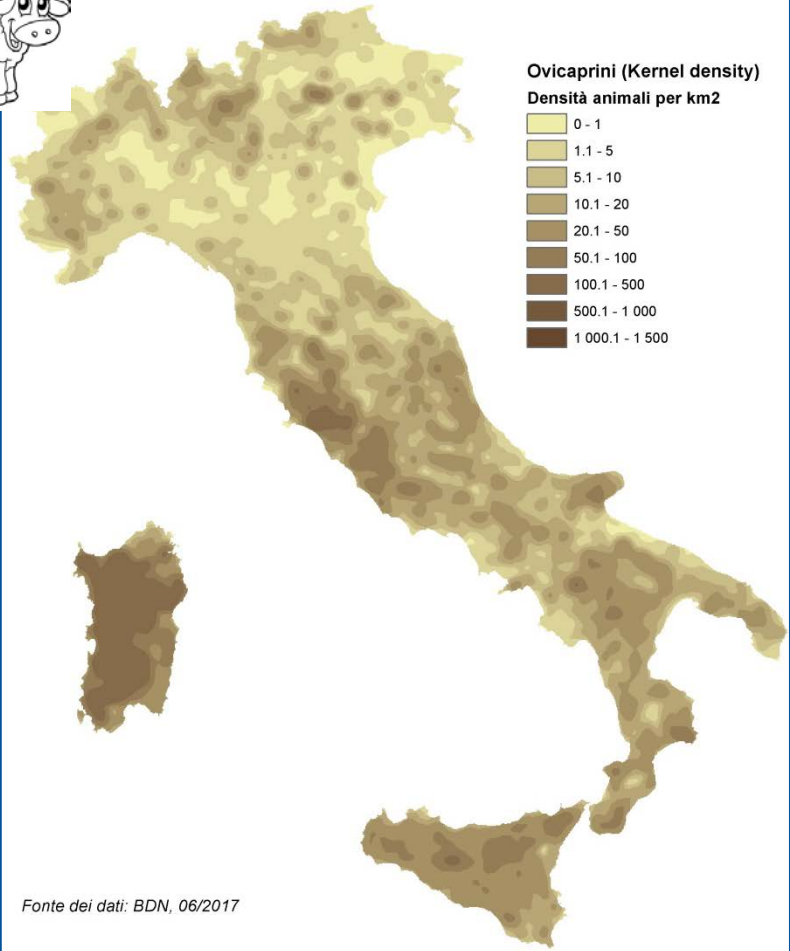
Mappa di densità di bovini e bufalini



Fonte dei dati: BDN, 06/2017

Mappa di densità di ovini e caprini





Fonte dei dati: BDN, 06/2017

RVF Africa: Clements et al., 2006

International Journal of Health Geographics

BioMed Central

Research

Open Access

Application of knowledge-driven spatial modelling approaches and uncertainty management to a study of Rift Valley fever in Africa

Archie CA Clements*[1,2], Dirk U Pfeiffer[1] and Vincent Martin[3]

Address: [1]Epidemiology Division, Department of Veterinary Clinical Sciences, Royal Veterinary College, Hatfield, Hertfordshire, UK, [2]Division of Epidemiology and Social Medicine, School of Population Health, University of Queensland, Herston, Queensland, Australia and [3]Animal Health Service, Food and Agriculture Organisation, Rome, Italy

Email: Archie CA Clements* - a.clements@sph.uq.edu.au; Dirk U Pfeiffer - pfeiffer@rvc.ac.uk; Vincent Martin - Vincent.Martin@fao.org

* Corresponding author

Published: 10 December 2006

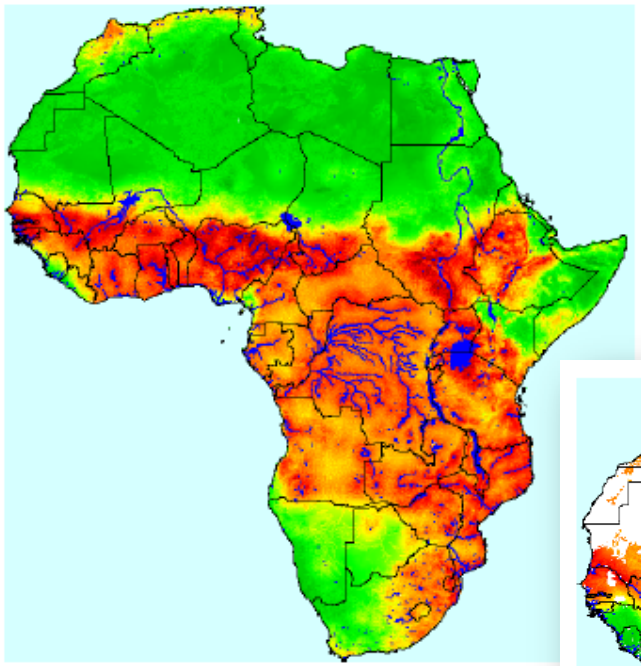
International Journal of Health Geographics 2006, **5**:57 doi:10.1186/1476-072X-5-57

Received: 18 September 2006
Accepted: 10 December 2006

This article is available from: http://www.ij-healthgeographics.com/content/5/1/57

© 2006 Clements et al; licensee BioMed Central Ltd.
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/2.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

RVF Africa: Clements et al., 2006



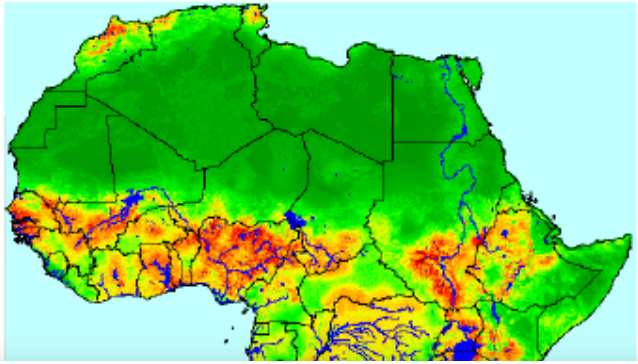


Figure 1
Endemic suitability map for Rift Valley fever in A based on weighted linear combination. Suitability scores range from 0 (completely unsuitable) to 255 (c pletely suitable).

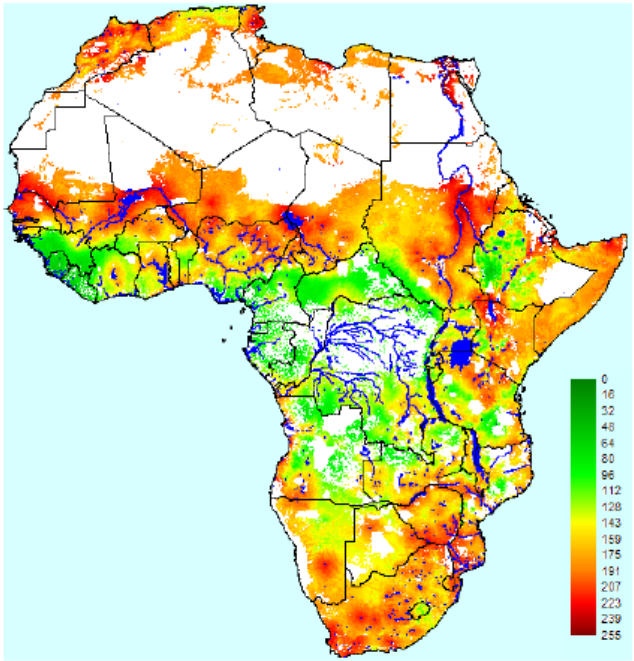


Figure 3
Epidemic suitability map for Rift Valley fever in Africa based on weighted linear combination. Suitability scores range from 0 (completely unsuitable) to 255 (completely suitable).

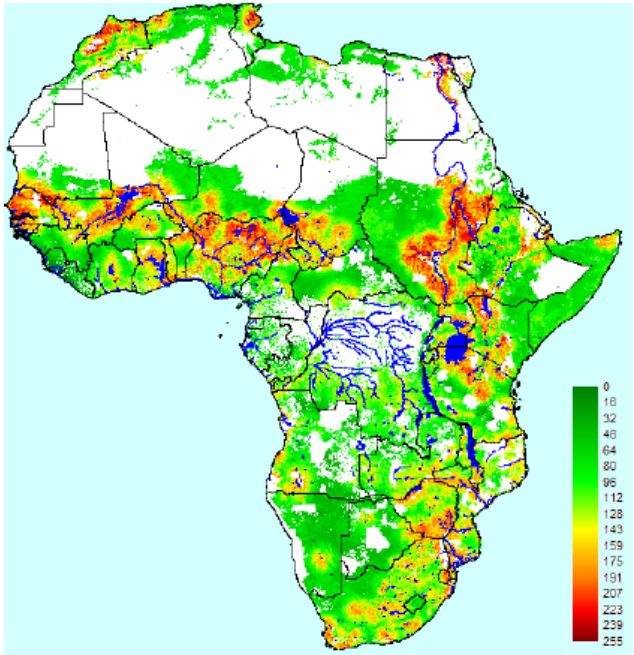


Figure 4
Epidemic suitability map for Rift Valley fever in Africa based on ordered weighted averages analysis. Suitability scores range from 0 (completely unsuitable) to 255 (completely suitable).

RVF Africa: Clements et al., 2006

Factor	Number of reports	Epidemic or endemic?	Geographic data coverage available?
Climatic factors:			
Higher rain than normal/floods	17	Epidemic	Indirectly
Annual rainfall	10	Both	Yes
Vegetation/NDVI	6	Both	Yes
Length and timing of rain	4	Epidemic	Indirectly
Temperature	3	Both	Yes
Hydrological factors:			
Proximity to lake/dam	6	Both	Yes
Irrigation	6	Both	No
Dambos/accumulated water	5	Epidemic	Indirectly
Proximity to river	3	Both	Yes
Topographic factors:			
Land-cover type	4	Both	Yes
Low-lying elevation	3	Both	Yes
Ecological zone	3	Both	Yes
Host and vector factors:			
Human factors	10	Epidemic	No
Vector abundance	7	Both	No
Importing infected animals	6	Epidemic	No
Moving livestock to endemic focus	4	Epidemic	No
Breed and other livestock factors	4	Both	No
Sheep present	2	Epidemic	Indirectly
Livestock density	1	Both	Yes
Natural hosts/small mammals	1	Both	No

RVF Africa: Clements et al., 2006

		Epidemic suitability		
Factor	Shape	Shape	Maximum suitability	Minimum suitability
Rainfall	Symmetr	Monotonic decreasing	<10 mm	>3000 mm
Land Surface	Symmetr	Monotonic increasing	>40°C	<25°C
Elevation	Monotonic de	Monotonic decreasing	<10 m	>2500 m
Distance to ı	Monotonic de	Monotonic decreasing	<0.1 dec. degrees	> 2.0 dec. degrees
Distance to ı	Monotonic de	Monotonic decreasing	0.0 dec. degrees	> 0.1 dec. degrees
Livestock de	Monotonic in	Monotonic increasing	>1000 head/km²	<10 head/km²

IZSAM G.CAPORALE TERAMO

RVF Europe

1. Chevalier V, Pépin M, Plée L, Lancelot R. Rift Valley fever--a threat for Europe? Euro Surveill Bull Eur Sur Mal Transm Eur Commun Dis Bull. 2010;15: 19506.
2. Cito F, Narcisi V, Danzetta ML, Iannetti S, Sabatino DD, Bruno R, et al. Analysis of surveillance systems in place in European Mediterranean countries for West Nile virus (WNV) and Rift Valley fever (RVF). Transbound Emerg Dis. 2013;60 Suppl 2: 40–44. doi:10.1111/tbed.12124
3. Chevalier V. Relevance of Rift Valley fever to public health in the European Union. Clin Microbiol Infect Off Publ Eur Soc Clin Microbiol Infect Dis. 2013;19: 705–708. doi:10.1111/1469-0691.12163
4. Mansfield KL, Banyard AC, McElhinney L, Johnson N, Horton DL, Hernández-Triana LM, et al. Rift Valley fever virus: A review of diagnosis and vaccination, and implications for emergence in Europe. Vaccine. 2015;33: 5520–5531. doi:10.1016/j.vaccine.2015.08.020
5. Tran A, Ippoliti C, Balenghien T, Conte A, Gely M, Calistri P, et al. **A geographical information system-based multicriteria evaluation to map areas at risk for Rift Valley fever vector-borne transmission in Italy**. Transbound Emerg Dis. 2013;60 Suppl 2: 14–23. doi:10.1111/tbed.12156
6. Sánchez-Vizcaíno F, Martínez-López B, Sánchez-Vizcaíno JM. **Identification of suitable areas for the occurrence of Rift Valley fever outbreaks in Spain using a multiple criteria decision framework**. Vet Microbiol. 2013;165: 71–78. doi:10.1016/j.vetmic.2013.03.016