



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

PIANO NAZIONALE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

ALLEGATO II

ALLEGATO TECNICO ALL'INDICE DI RISCHIO CLIMATICO

Giugno 2018

In via di approvazione

INDICE

1. Introduzione	5
2. Fonte e formato dei dati utilizzati.....	5
3. Normalizzazione degli indicatori.....	10
4. Calcolo degli impatti potenziali e aggregazione	11
5. Indice di adattamento	144
6. Indice di rischio climatico	155
7. Riferimenti bibliografici	155

1. INTRODUZIONE

Il presente allegato tecnico spiega in dettaglio i dati e gli algoritmi utilizzati per la costruzione dell'indice di rischio (paragrafo 1.1.2) descritto nel *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici* (PNACC), e si propone come una guida per chi volesse applicare la medesima metodologia per gli stessi scopi. Le analisi e le trasformazioni dei dati sono descritte in modo generale e indipendente dal software utilizzato. L'indice combina l'impatto potenziale con la capacità di adattamento, rivelandosi uno strumento di indagine speditivo a scala nazionale (Figura 1). È importante precisare che la valutazione basata sugli indicatori, come in questo caso, è volta a fornire indicazioni generali sull'entità degli impatti ma non può in nessun modo portare ad una stima dei danni provocati dal cambiamento climatico. Il paragrafo 2 contiene la descrizione e la fonte dei dati. Nel paragrafo 3 si descrive come i dati siano trasformati e aggregati. Infine, il paragrafo 4 riporta gli algoritmi utilizzati per l'aggregazione dell'indice di rischio climatico.

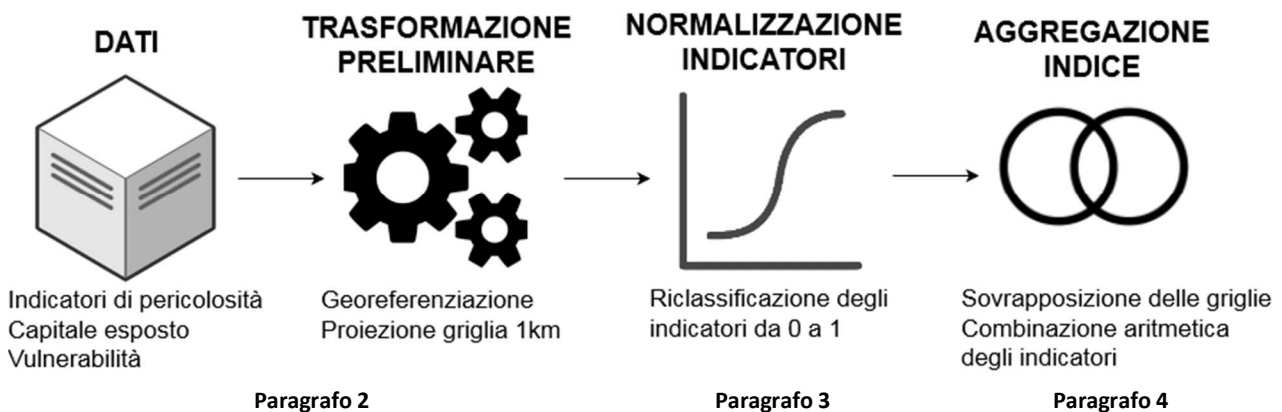


Figura 1: Workflow dell'elaborazione dati allo scopo di produrre l'indice climatico.

2. FONTE E FORMATO DEI DATI UTILIZZATI

I dati utilizzati presentano formati diversi. I dati climatici sono nel formato *NetCDF* (Network Data Form comune), un formato binario supportato da apposite librerie e largamente impiegato in ambito scientifico per la creazione, l'accesso e la condivisione di dati scientifici. I dati geografici vettoriali sono nel formato *Shapefile (SHP)*, sviluppato e regolato da ESRI. I dati raster sono nel formato *GeoTiff*, che permette di incorporare riferimenti geografici (proiezioni, ellissoidi, datum, coordinate) all'interno di un'immagine TIFF. La maggior parte dei dati geografici europei sono nel sistema di riferimento ETRS89 e la proiezione azimutale equivalente di Lambert (ETRS89/LAEA¹). I dati nazionali acquisiti in altri sistemi di riferimento sono stati trasformati.

Gli indicatori degli estremi climatici (**R95p**, **R20**, **rx1d**, **WP**, **SP**, **CDD**, **SPI3**, **SPI12**, **HWM**, **CWM**, **SPI12**, – vedasi Tabella 1) usati per la caratterizzazione della pericolosità sono stati calcolati a partire dalle simulazioni del modello COSMO-CLM (scenario RCP 4.5, periodo di riferimento 2021-2050). Gli indicatori sono disponibili in formato *NetCDF*. Altre informazioni utili alla caratterizzazione della pericolosità sono

¹ Per maggiori dettagli si veda en.wikipedia.org/wiki/European_grid.

state ottenute da simulazioni sviluppate da altri istituti di ricerca. Le simulazioni di esondazione sono prodotte dal Centro comune di ricerca (JRC) (Alfieri, Feyen, Dottori, & Bianchi, 2015; Dottori et al., 2016) usando il modello LISFLOOD (LF), e la mosaicatura della pericolosità idraulica media (P2) è realizzata dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) (☛1). L'indicatore LF è stato calcolato come differenza tra il periodo futuro e il periodo di base nell'estensione e la profondità delle zone soggette all'effetto alluvionale con un tempo di ritorno di 100 anni.


L'indice di allagamento da pioggia intensa (FFPI) si basa su quattro determinanti: (i) la pendenza del terreno, (ii) la tipologia di uso del suolo presente, (iii) le caratteristiche pedologiche del terreno (i.e. tessitura) e (iv) la capacità di ritenzione delle acque. L'indice totale è calcolato a partire dai singoli indici normalizzati, utilizzando un peso doppio per i primi due criteri citati. Il risultato è a sua volta normalizzato.

L'informazione relativa al profilo pedologico e alla capacità di ritenzione delle acque è derivata dalla mappa delle macro-categorie di suolo ESDAC [☛2]. La pendenza del terreno è ottenuta a partire dal modello digitale (DEM) del territorio italiano [☛3] su una griglia di 25 metri. La tipologia di copertura del suolo è ottenuta dal raster del suolo impermeabilizzato (CM1-3).

L'indicatore di *Pericolosità per gli incendi* è stato sviluppato direttamente a partire dall'indice **FWI** (indice di incendio forestale), che fornisce la propensione di una determinata zona ad essere interessata da fenomeni di incendio in base a caratteristiche climatiche e allo stato della vegetazione. In particolare, sono stati considerati i valori relativi alle anomalie assolute di FWI nel periodo 2021-2050, per la stagione estiva e primaverile rispetto al periodo di riferimento 1981-2010 sulla base delle proiezioni del modello COSMO-CLM per lo scenario RCP4.5.

L'indicatore di pericolosità di inondazione costiera (**SSL**) è stato analizzato attraverso l'utilizzo del software DESYCO (Torresan et al., 2016) per la stima delle aree potenzialmente soggette ad inondazione in relazione a fenomeni di innalzamento del livello del mare ed eventi di mareggiata. In particolare, l'indicatore è stato calcolato integrando gli scenari futuri di anomalia di innalzamento del livello del mare (Sea Level Rise, SLR) prodotti dal modello CMCC-MedSea e gli scenari futuri rappresentativi del livello/altezza delle mareggiate per eventi con un tempo di ritorno di 100 anni prodotti dal modello Delft3D (Vousdoukas, Voukouvalas, Annunziato, Giardino, & Feyen, 2016) calcolati per lo scenario futuro (2021-2050). Attraverso l'applicazione del software DESYCO, i dati relativi agli scenari futuri di innalzamento del livello del mare e delle mareggiate sono stati integrati con i dati relativi alla topografia del territorio (DEM, Modello Digitale del terreno) (USGS 2016, dato raster con risoluzione orizzontale di 30m), la distanza dalla linea di costa e la presenza/assenza di barriere artificiali (ISPRA, 2016).

L'indicatore denominato *Centri urbani*, fa riferimento agli agglomerati ad alta densità (**CM2a**), ovvero comprende le aree urbanizzate incluse in celle contigue di 1 km², con una densità di almeno 1.500 abitanti per km² e un minimo di 50.000 abitanti. Il dato è stato acquisito da Eurostat [☛4] in formato *GeoTiff*. Gli *Agglomerati urbani* (**CM2b**) sono simili ai *centri urbani* ma comprendono le celle contigue di 1 km² con una densità di almeno 300 abitanti per km² e un minimo di 5.000 abitanti. Il dato è stato ottenuto da Eurostat [☛5] in formato *GeoTiff*. Le *Superfici impermeabili* (**CM1-3**) ad alta risoluzione sono state ottenute dalla Carta nazionale del consumo di suolo (edizione 2017, risoluzione 10 metri, v. 1.0) [☛6]. La *Densità delle infrastrutture* (**CM1**) è stata calcolata a partire dal dato relativo alle infrastrutture viarie nazionali, acquisite da OpenStreetMap (OSM, ☛7) in formato *SHP* e nel sistema di coordinate geografiche geodetico WGS84. Gli indicatori *Aree Industriali* (**CM3**) e *Aree Forestali* (**CN1**) sono stati invece elaborati sulla base dei dati relativi alla copertura del suolo CORINE Land Cover, acquisiti attraverso il sistema Europeo COPERNICUS (☛8) in formato *SHP* e con sistema di riferimento ETRS89. Le aree protette (**CN2**) sono state ottenute dall'inventario gestito dall'Agenzia europea dell'ambiente (EEA, ☛9) e integrate con le aree della rete Natura 2000 (☛9). La *Superficie di suolo suscettibile all'erosione* (**CN3**) è stata calcolata sulla base del dato

relativo a 'Soil erosion by water' acquisito attraverso lo *European Soil Data Centre* (ESDAC, )², in formato *SHP* e con sistema di riferimento ETRS89.



La *Densità di popolazione (CU1)* è calcolata per ogni sezione di censimento ISTAT ()¹¹ all'interno delle aree coperte da edifici residenziali. Si assume che la popolazione sia proporzionale alla densità degli alloggi, supportati dalla buona correlazione tra queste due variabili ($R^2=0.95$). La densità residenziale è quindi calcolata come il rapporto tra la popolazione e la superficie occupata da abitazioni per ogni sezione di censimento. La misura del *PIL* è disponibile da ISTAT ()¹² a livello di Sistema Locale di Lavoro (SLL) per i tre macro-settori economici: agricoltura, industria e servizi (2001-2005). Per ognuno di questi viene calcolata la densità di PIL per area produttiva corrispondente. Il contributo dell'agricoltura viene quindi distribuito sul suolo coltivato, il PIL da attività industriali è proiettato all'interno dei distretti industriali mentre il PIL relativo ai servizi viene distribuito proporzionalmente alla densità abitativa. Le informazioni spaziali sono poi trasferite dalle unità amministrative alla griglia di riferimento EEA usando una procedura, detta *dasymetrica*, che riduce l'errore dovuto all'interpolazione spaziale.

Tabella 1: Indicatori climatici usati nell'analisi della pericolosità

Pericolo	Indicatori climatici	Descrizione	Unità	Risoluzione ²
Alluvioni	P2, LF	Zone di pericolosità idraulica media (P2) e le aree individuate al rischio alluvionale secondo il modello LISFLOOD (LF), tempo di ritorno 100 anni	km ² , m	1 km
Allagamenti	R95p	Precipitazioni nei giorni molto piovosi, somma nell'anno delle precipitazioni giornaliere superiori al 95° percentile	mm	1 km
Inondazione costiera	SLR, SSL	Incremento della superficie costiera potenzialmente inondata in relazione alle mareggiate con tempo di ritorno di 100 anni (Storm Surge Level, SSL) e all'innalzamento del livello mare (Sea-Level Rise, SLR) calcolati per lo scenario RCP45 nel periodo 2021-2050.	m ²	1 km
Frane	rx1d	Valore massimo di precipitazione in 1 giorno	mm	1 km
	WP	Precipitazione cumulata nei mesi invernali (Dicembre, Gennaio, Febbraio)	mm	1 km
Siccità	CDD	Giorni consecutivi senza pioggia, numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera < 1 mm	giorni	1 km
	SPI3	Indice Standardizzato di Precipitazione riferito a 3 mesi	-	1 km
	SP	Precipitazione cumulata nei mesi estivi (Giugno, Luglio, Agosto)	mm	1 km
Ondate di calore	HWM	Magnitudo dell'ondata di calore (Heatwave magnitude)	°C	1 km
Incendi	FWI	Indice di probabilità incendi per RCP45 2021-2050	-	1 km
Ondate di freddo	CWM	Ampiezza dell'ondata di freddo (Coldwave magnitude)	°C ²	1 km
Sicurezza idrica	SPI12	Indice Standardizzato di Precipitazione riferito a un anno	-	1 km
	WP	Precipitazione cumulata nei mesi invernali (Dicembre, Gennaio, Febbraio)	mm	1 km
	SP	Precipitazione cumulata nei mesi estivi (Giugno, Luglio, Agosto)	mm	1 km
Erosione del	R20	Numero di giorni con precipitazione giornaliera superiore ai 20	giorni	1 km

² Le simulazioni del modello climatico regionale COSMO-CLM e gli indicatori degli estremi climatici considerati hanno una risoluzione di circa 8 km. Si è scelto di eseguire l'analisi degli impatti potenziali considerando una griglia rettangolare di 1x1 km al fine di valorizzare i dati di esposizione. Questa scelta non implica alcuna interpolazione (downscaling) dei dati climatici. I valori degli indicatori degli estremi climatici all'interno di una cella di 8x8 km sono considerati uniformi per lo scopo di quest'analisi.

suolo		mm	/anno	
-------	--	----	-------	--

Utilizzando l'indicatore climatico R95p è stato inoltre calcolato l'indice di allagamento da pioggia intensa (**FFPI**):

Pericolo	Indicatori	Descrizione	Unità	Risoluzione ³
Allagamento da pioggia intensa	FFPI	Indicatore normalizzato basato su 4 determinanti: (i) la pendenza del terreno, (ii) la tipologia di uso del suolo presente, (iii) le caratteristiche pedologiche del terreno (i.e. tessitura) e (iv) la capacità di ritenzione delle acque.	-	1 km

³ Le simulazioni del modello climatico regionale COSMO-CLM e gli indicatori degli estremi climatici considerati hanno una risoluzione di circa 8 km. Si è scelto di eseguire l'analisi degli impatti potenziali considerando una griglia rettangolare di 1x1 km al fine di valorizzare i dati di esposizione. Questa scelta non implica alcuna interpolazione (downscaling) dei dati climatici. I valori degli indicatori degli estremi climatici all'interno di una cella di 8x8 km sono considerati uniformi per lo scopo di quest'analisi.

Tabella 2: Riassunto degli indicatori di esposizione e sensibilità

Target	Codice	Indicatore di esposizione (e) e sensibilità (s)	Fonte	Formato	Risoluzione	Riferimento cartografico	Riferimento dati originale
Capitale manufatto e/o costruito	CM1	Densità delle infrastrutture (strade e ferrovie) (e)	OSM, 2016	SHP	-	WGS84	bit.ly/2EGkjim
	CM2	Aree urbane (CLC2012 categoria 1.1) (e) suddivise in: Centri urbani (agglomerati ad alta densità) – celle contigue di 1 km ² con una densità di almeno 1.500 abitanti per km ² e un minimo di 50.000 abitanti (CM2a). Agglomerati urbani – agglomerati di celle contigue di 1 km ² con una densità di almeno 300 abitanti per km ² e un minimo di 5.000 abitanti (CM2b).	COPERNICUS, CLC 2012, EUROSTAT	SHP	-	ETRS89	bit.ly/2EsyBnz
	CM3	Aree industriali (CLC2012 categoria 1.2) (e)	COPERNICUS, CLC 2012	SHP	-	ETRS89	bit.ly/2EsyBnz
	CM13	Superfici impermeabili ad alta risoluzione (<i>high resolution layer</i> HRL, 2012) (e, s) Aggregazione di CM1, CM2 e CM3.	COPERNICUS, ISPRA	RAS	10 m	ETRS89	bit.ly/2Eo3s4x
Capitale naturale	CN1	Aree forestali (CLC2012 categoria 3.1) (e)	COPERNICUS, CLC 2012	SHP	-	ETRS89	bit.ly/2EsyBnz
	CN2	Aree naturali protette (NPAs) – siti NATURA 2000 e aree protette nazionali e regionali (e)	EEA, 2016	SHP	1:100.000	ETRS89	bit.ly/2szAJ7i
	CN3	Suolo suscettibile all'erosione (s)	ESDAC	SHP	100 m	ETRS89	bit.ly/2Btm6p3
Capitale umano e sociale	CU1	Densità di popolazione sulla base del censimento 2011 proiettata su griglia 250 m (e, s)	CMCC	SHP	griglia 250 m	ETRS89	
	CU2	Indice di dipendenza strutturale (e, s)	CMCC	SHP	Census	ETRS89	
Capitale economico e finanziario	CE1	Valore Aggiunto Lordo – agricoltura (e, s)	CMCC	SHP	SLL	ETRS89	
	CE2	Valore Aggiunto Lordo – industria (e, s)	CMCC	SHP	SLL	ETRS89	
	CE3	Valore Aggiunto Lordo – servizi (e, s)	CMCC	SHP	SLL	ETRS89	
	CE13	Aggregazione di CE1, CE2 e CE3	CMCC	SHP	SLL	ETRS89	

3. NORMALIZZAZIONE DEGLI INDICATORI

I valori assoluti dei singoli indicatori sono stati normalizzati sull'intervallo da zero a uno, servendosi di specifiche funzioni sigmoidee e lineari (Tabella 3).

La normalizzazione consiste nel limitare l'escursione di un insieme di valori entro un certo intervallo predefinito.

Gli indicatori climatici R95p, R20, rx1d, CDD, HWM e CWM sono stati calcolati in base alla media delle anomalie normalizzate impiegando la funzione z-score (vedi F1): dai valori degli indici annui del periodo futuro è stata sottratta la media del periodo di base, il risultato è stato successivamente diviso per la deviazione standard. Gli indicatori SPI sono stati calcolati tenendo conto del numero di episodi di siccità severa ($-1,99 \leq SPI \leq -1,5$) e molto severa ($SPI \leq -2$). Il risultato è stato successivamente normalizzato usando la funzione min-max (F2). Gli indicatori WP e SP sono stati calcolati sulla base dell'anomalia assoluta normalizzata (F2).

Tabella 3: Funzioni di normalizzazione applicate per la costruzione dell'indice di rischio

$\sum_{i=2021}^{2050} \frac{x_i - \bar{x}_{BL}}{s_{xBL}}$ <p>dove x_i è valore dell'indice climatico, i è l'anno del periodo futuro simulato, \bar{x}_{BL} è la media dell'indice e s_{xBL} è la deviazione standard dell'indice per il periodo di riferimento (1981-2010)</p>	(F1)
$\frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$ <p>dove x_{max} e x_{min} sono valori massimo e minimo dell'indicatore</p>	(F2)
$1 - \frac{b\bar{x}}{x - a\bar{x} + bs_x} \text{ se } x > a\bar{x}, \text{ altrimenti } 0$ <p>dove \bar{x} è media e s_x deviazione standard, a e b sono parametri scelti da utente (30; 2)</p>	(F3)
$\frac{1}{1 + \left(\frac{x}{f_2}\right)^{-f_1}}$ <p>dove f_1 e f_2 sono parametri scelti dall'utente</p>	(F4)

La maggior parte degli indicatori di sensibilità ed esposizione sono stati normalizzati in modo analogo, utilizzando la funzione F2. L'indice della propensione all'erosione (**CN3**) è stato calcolato applicando una funzione sigmoidea (F3) ai valori $>5 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$. Gli indicatori CU1 e CU2 sono stati normalizzati in modo analogo usando la funzione F4.

Nota: Nell'estensione Spatial Analysis di ARCGIS le funzioni riportate nella Tabella 3 sono accessibili attraverso fuzzy membership. In ambiente R è possibile facilmente implementare queste funzioni utilizzando le librerie per l'analisi dei dati geografici *sp*, *rgdal* e *raster*.

4. CALCOLO DEGLI IMPATTI POTENZIALI E AGGREGAZIONE

Moltiplicando gli indicatori di pericolosità con quelli di esposizione e sensibilità è possibile ottenere una stima indicativa dei potenziali impatti associati cambiamenti climatici. Gli indicatori sono moltiplicati su base spaziale, cioè le griglie (*raster*) che li rappresentano sono sovrapposte e i valori ricadenti nella stessa cella sono moltiplicati secondo le formule riportate in Tabella 4, che riassume l'aggregazione utilizzata per ciascuna combinazione di pericolosità e capitale. I diversi tipi di capitale possono essere esposti ad uno o più pericoli. La scelta delle combinazioni da analizzare è stata fatta sulla base dei giudizi degli esperti coinvolti nell'analisi.

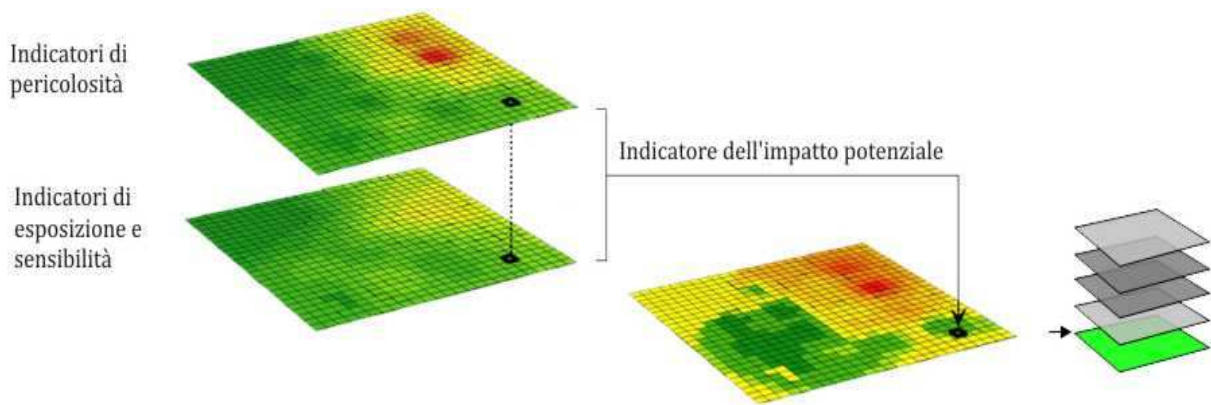


Figura 2: Esempio di combinazione tra gli indicatori di pericolosità ed esposizione attraverso sovrapposizione (moltiplicazione) delle griglie proiettate.

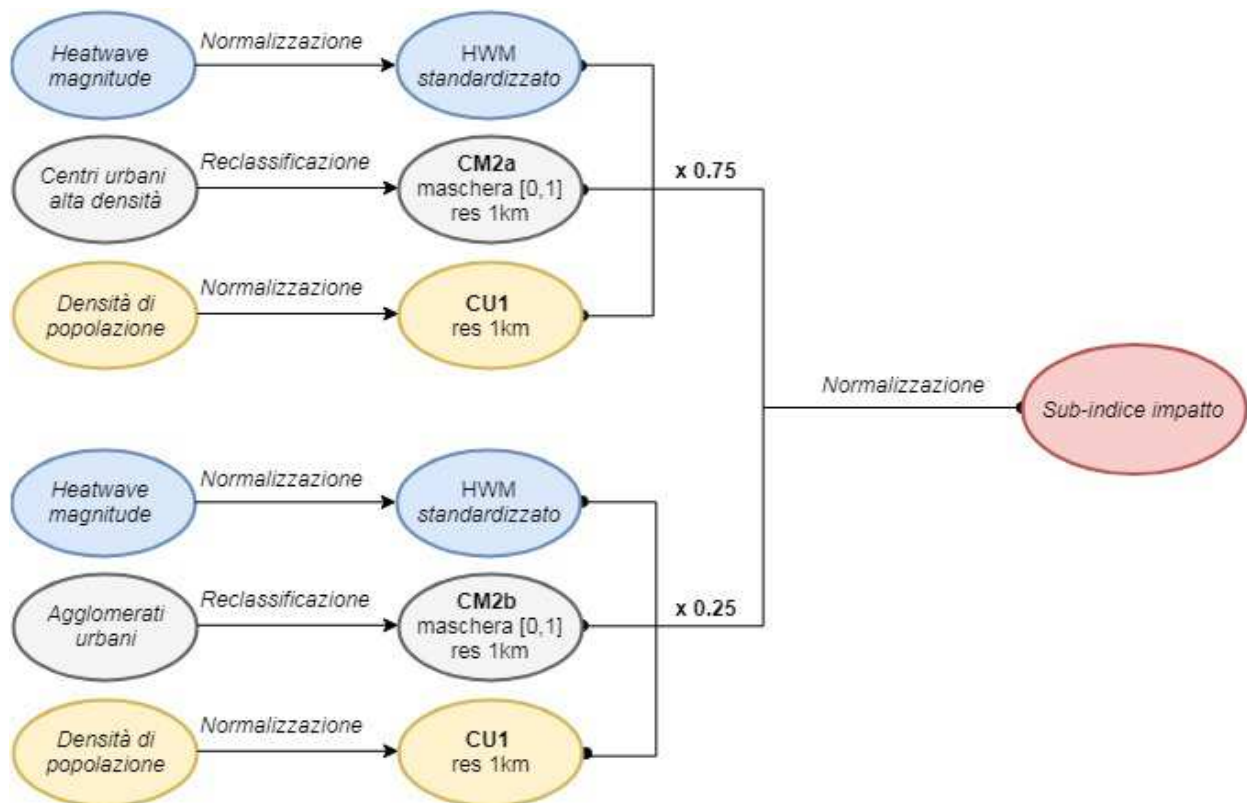


Figura 3: In questo esempio di utilizzo di pesi per la produzione dei sub-indici, i centri urbani ad alta densità contribuiscono maggiormente alla vulnerabilità verso le ondate di calore rispetto alle altre aree abitate.

Per esempio, il capitale manufatto (CM) è considerato vulnerabile agli impatti alluvionali (alluvioni fluviali, pluviali e costiere) e franosi, ed è quindi combinato con le griglie rappresentanti gli indicatori selezionati per rappresentare la pericolosità idrogeologica (LF, P2, rx1d, WP, FFPI, r95, SL). Il capitale naturale (CN) è invece vulnerabile ad altri tipi di pericolosità, espressi dagli indicatori relativi a siccità, incendi ed erosione del suolo (CDD, FFI, R20). I singoli sub-indici relativi all’impatto potenziale sono poi normalizzati a loro volta e sommati. Nel caso di alcuni sub-indici come le ondate di calore e le ondate di freddo, gli indicatori sono moltiplicati per un peso, ricavato da giudizio esperto, che esprime ne esprime l’importanza relativa.

Tabella 4: Riassunto degli indicatori di esposizione e sensibilità

Pericolosità	Capitale manufatto e/o costruito	Capitale naturale	Capitale umano e sociale	Capitale economico e finanziario
Alluvioni	$\max[\mathbf{LF}, \mathbf{P2}] \times \mathbf{CM13}$		$\mathbf{LF} \times \mathbf{CU1} + \mathbf{R95p} \times \mathbf{P2} \times \mathbf{CU1}$	$\mathbf{LF} \times \sum (\mathbf{CE1} + \mathbf{CE2} + \mathbf{CE3})$ $+ \mathbf{R95p} \times \mathbf{P2} \times \sum (\mathbf{CE1} + \mathbf{CE2} + \mathbf{CE3})$
Frane	$\mathbf{rx1d} \times \mathbf{WP} \times \mathbf{LS} \times \mathbf{CM13}$		$\mathbf{rx1d} \times \mathbf{WP} \times \mathbf{LS} \times \mathbf{CU1}$	
Allagamento	$\mathbf{FFPI} \times \mathbf{r95} \times \mathbf{CM13}$		$\mathbf{FFPI} \times \mathbf{R95p} \times \mathbf{CU1}$	
Inondazione costiera	$\mathbf{SL} \times \mathbf{CM13}$		$\mathbf{SSL} \times \mathbf{CU1}$	$\mathbf{SSL} \times \sum (\mathbf{CE1} + \mathbf{CE2} + \mathbf{CE3})$
Siccità		$\mathbf{CDD} \times \mathbf{CN1}$		$\mathbf{SPI3} \times \mathbf{CE1}$
Incendi		$\mathbf{FFI} \times \mathbf{CN1}$		
Ondate di calore			$\mathbf{HW} \times \mathbf{CM2a} \times \mathbf{CU1} \times 0.75$ $+ \mathbf{HW} \times \mathbf{CM2b} \times \mathbf{CU1} \times 0.25$ $+ \mathbf{HW} \times \mathbf{CM2a} \times \mathbf{CU2} \times 0.75$ $+ \mathbf{HW} \times \mathbf{CM2b} \times \mathbf{CU2} \times 0.25$	
Ondate di freddo			$\mathbf{CW} \times \mathbf{CM2a} \times \mathbf{CU1} \times 0.5$ $+ \mathbf{CW} \times \mathbf{CM2b} \times \mathbf{CU1} \times 0.5$	
Sicurezza idrica			$\mathbf{PP} \times \mathbf{CU1}$	$\mathbf{PP} \times \mathbf{CE1}$
Erosione del suolo		$\mathbf{R20} \times \mathbf{CN3}$		

Nota: \times sta per la moltiplicazione di layer geografici, indici di pericolosità sono in grassetto, indici di esposizione e vulnerabilità in corsivo

5. INDICE DI ADATTAMENTO

L'Indice di Capacità di Adattamento (ICA) basato sulla metodologia ESPON (2013) utilizza cinque determinanti della capacità di adattamento a livello provinciale (risorse economiche, conoscenza e consapevolezza, infrastrutture, capacità istituzionale e tecnologia). I dati relativi agli indicatori sono stati parzialmente attinti dalla "Banca dati di indicatori territoriali per lo sviluppo delle politiche pubbliche" prodotta dal Dipartimento per lo Sviluppo e la Coesione Economica (DPS). Gli indicatori relativi al benessere economico prodotti invece da ISTAT includono il PIL (☛12), tasso di povertà, accesso a risorse finanziarie, crescita della popolazione, reddito (calcolato con coefficiente GINI), tasso di disoccupazione e tasso di dipendenza demografica (☛11). Per l'indicatore "qualità delle istituzioni" si fa riferimento a Nifo and Vecchione (2014). Altri indicatori sono stati ricavati da EUROSTAT (☛13) e ESPON (☛14).

Tabella 5: Riassunto degli indicatori di capacità di adattamento.

Criterio	Cod.	Indicatore	Unità	Risoluzione	Fonte
Risorse Economiche	RE1	Prodotto interno lordo (PIL) provinciale	Euro per capita	NUTS3	Eurostat
	RE6	Persone a rischio di povertà o esclusione sociale	%	NUTS3	ESPON
	R10	Tasso di disoccupazione	%	NUTS3	Istat
Infrastrutture	IN1	Strade provinciali, regionali e di interesse nazionale sulla superficie regionale (chilometro per cento chilometri quadrati)	Km per km2	NUTS3	Calcolato da CM1
	IN3	Acqua erogata sul totale dell'acqua immessa nelle reti di distribuzione	%	NUTS3	Istat
	IN6	Superficie delle Aree Terrestri protette sulla superficie Regionale	%	NUTS3	Calcolato da CN2
Conoscenza e tecnologia	KT4	Brevetti registrati allo European Patent Office (EPO)	media per milione di abitanti	NUTS3	Eurostat
	KT5	Popolazione in età 30-34 anni che ha conseguito un livello di istruzione 5 e 6 (Isced97)	%	NUTS3	Istat
	KT6	Famiglie che dichiarano di possedere accesso a Internet	%	NUTS3	Istat
Istituzioni	INS1	Qualità delle Istituzioni	Index	NUTS3	(Nifo and Vecchione, 2014)

A seguito della selezione, gli indicatori sono standardizzati con trasformazione lineare (metodo Z-score, F1) per poter eseguire l'analisi delle componenti principali che definisce l'importanza statistica degli indicatori nel caso di ACP2.

6. INDICE DI RISCHIO CLIMATICO

L'indice di impatto aggregato al livello provinciale e l'indice di capacità di adattamento sono stati successivamente standardizzati ovvero trasformati in variabili di media zero e varianza pari a 1 (formula F1). Usando la deviazione standard (sx) come fattore discriminante sono state definite 4 classi (alta, medio-alta, medio-bassa, e bassa) per la capacità di adattamento e 5 classi per l'indice di impatto potenziale.

7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Alfieri, L., Feyen, L., Dottori, F., & Bianchi, A. (2015). Ensemble flood risk assessment in Europe under high end climate scenarios. *Global Environmental Change*, 35, 199–212. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.09.004>
- Dottori, F., Alfieri, L., Salamon, P., Bianchi, A., Feyen, L., & Lorini, V. (2016). Flood hazard maps for Europe, 10-20-50-100-200-500 year return period. *European Commission, Joint Research Centre*, [Dataset].
- Nifo, A., & Vecchione, G. (2014). Do institutions play a role in skilled migration? The case of Italy. *Regional Studies*, 48(10), 1628–1649.
- Torresan, S., Critto, A., Rizzi, J., Zabeo, A., Furlan, E., & Marcomini, A. (2016). DESYCO: A decision support system for the regional risk assessment of climate change impacts in coastal zones. *Ocean & Coastal Management*, 120, 49–63. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.11.003>
- Vousdoukas, M. I., Voukouvalas, E., Annunziato, A., Giardino, A., & Feyen, L. (2016). Projections of extreme storm surge levels along Europe. *Climate Dynamics*, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3019-5>

Tabella 6: Fonte dei dati

	Link abbreviato	Link originale
1	http://bit.ly/2GhTU7V	www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/mosaicature-nazionali-ispra-pericolosita-frane-alluvioni/mosaicatura-ispra-2015-aree-pericolosita-idraulica
2	http://bit.ly/2Btm6p3	esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-erosion-water-rusle2015
3	http://bit.ly/2HgSXxX	tinitaly.pi.ingv.it
4	http://bit.ly/2Br8LNx	ec.europa.eu/eurostat/cache/GISCO/geodatafiles/HDENS_CLST_2011.zip
5	http://bit.ly/2BXPeWr	ec.europa.eu/eurostat/cache/GISCO/geodatafiles/URBAN_CLST_2011.zip
6	http://bit.ly/2Eo3s4x	www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/consumo-di-suolo/carta-nazionale-consumo-suolo/cartografia_consumo_suolo_10m-1/at_download/file
7	http://bit.ly/2EGkjim	download.geofabrik.de/europe/italy.html
8	http://bit.ly/2EsbNz	land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover
9	http://bit.ly/2EwRdCQ	www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/nationally-designated-areas-national-cdda-12
9	http://bit.ly/2szAJ7i	www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/natura-8
10	http://bit.ly/2o1yR2A	www.pcn.minambiente.it/mattm/
11	http://bit.ly/2Eumpm1	datiopen.istat.it/variabiliCensuarieCOM.php
12	http://bit.ly/2HifTwi	www.istat.it/it/archivio/17628
13	http://bit.ly/1vbibQq	http://ec.europa.eu/eurostat/data/database
14	http://bit.ly/2EvVu5j	http://database.espon.eu/db2/resource?idCat=45

Tabella 7: Riassunto dei dati allegati: capitale esposto

Target	Codice	Indicatore di esposizione (e) e sensibilità (s)	Formato	Risoluzione	Riferimento cartografico	Riferimento ai dati forniti	
						SHP	GEOTIFF
						Gli indicatori di esposizione e sensibilità si trovano nella seguenti cartelle:	
Capitale manufatto e/o costruito	CM1	Densità delle infrastrutture (strade e ferrovie) (e)	SHP	-	ETRS89	PNACC_CRI\Dati di input\2 – Indicatori di esposizione e di vulnerabilità\ 2.1 Indicatori griglia 1x1km SHP	PNACC_CRI\Dati di input\2 – Indicatori di esposizione e di vulnerabilità\ 2.2 Indicatori normalizzati GEOTIFF
	CM2	Aree urbane (CLC2012 categoria 1.1) (e) suddivise in: Centri urbani (agglomerati ad alta densità) – celle contigue di 1 km ² con una densità di almeno 1.500 abitanti per km ² e un minimo di 50.000 abitanti (CM2a). Agglomerati urbani – agglomerati di celle contigue di 1 km ² con una densità di almeno 300 abitanti per km ² e un minimo di 5.000 abitanti (CM2b).	SHP	-	ETRS89		
	CM3	Aree industriali (CLC2012 categoria 1.2) (e)	SHP	-	ETRS89		
	CM13	Superfici impermeabili ad alta risoluzione (<i>high resolution layer</i> HRL, 2012) (e, s) Aggregazione di CM1, CM2 e CM3	RAS	10 m	ETRS89		
Capitale naturale	CN1	Aree forestali (CLC2012 categoria 3.1) (e)	SHP	-	ETRS89		
	CN2	Aree naturali protette (NPAs) – siti NATURA 2000 e aree protette nazionali e regionali (e)	SHP	1: 100.000	ETRS89		
	CN3	Suolo suscettibile all'erosione (s)	SHP	100 m	ETRS89		
Capitale umano e sociale	CU1	Densità di popolazione sulla base del censimento 2011 proiettata su griglia 250 m (e, s)	SHP	Griglia 250 m	ETRS89		
	CU2	Indice di dipendenza strutturale (e, s)	SHP	Census	ETRS89		
Capitale economico e finanziario	CE1	Valore Aggiunto Lordo – agricoltura (e, s)	SHP	SLL	ETRS89		
	CE2	Valore Aggiunto Lordo – industria (e, s)	SHP	SLL	ETRS89		
	CE3	Valore Aggiunto Lordo – servizi (e, s)	SHP	SLL	ETRS89		
	CE13	Aggregazione di CE1, CE2 e CE3	SHP	SLL	ETRS89		

Tabella 8: Riassunto dei dati allegati: pericolosità

Pericolo	Indicatori climatici	Descrizione	Risoluzione ⁴	Riferimento ai dati forniti
Alluvioni	LF, P2	Scenario scelto (tempo di ritorno 1-100-anni) di simulazione idraulica, modello LISFLOOD (LF, estensione e profondità) e zone di pericolosità idraulica media (P2)	1 km	PNACC_CRI\Dati di Input\1 - Indicatori di pericolosità\1.2 Altri indici di pericolosità normalizzati GEOTIFF \Flood_P2.tfw \Flood_P2.tif \Flood_P2.tif.aux.xml \Flood_P2.tif.ovr \Flood_P2.tif.xml \Flood_LF.tfw \Flood_LF.tif \Flood_LF.tif.aux.xml \Flood_LF.tif.ovr \Flood_LF.tif.xml
Allagamenti	R95p	Precipitazioni nei giorni molto piovosi, somma nell'anno delle precipitazioni giornaliere superiori al 95° percentile	1 km	PNACC_CRI\Dati di Input\1 - Indicatori di pericolosità\1.1 Indici climatici estremi ETCCDI_CRSCI NETCDF GEOTIFF \mean_standardized_anomaly_r95p_ANN_COSMO_2021_2050.nc

⁴ Le simulazioni del modello climatico regionale COSMO-CLM e gli indicatori degli estremi climatici considerati hanno una risoluzione di circa 8 km. Si è scelto di eseguire l'analisi degli impatti potenziali considerando una griglia rettangolare di 1x1 km al fine di valorizzare i dati di esposizione. Questa scelta non implica alcuna interpolazione (downscaling) dei dati climatici. I valori degli indicatori degli estremi climatici all'interno di una cella di 8x8 km sono considerati uniformi per lo scopo di quest'analisi.

<i>Inondazione costiera</i>	SLR, SSL	Incremento della superficie costiera potenzialmente inondata in relazione alle mareggiate con tempo di ritorno di 100 anni (Storm Surge, SS) e all'innalzamento del livello mare (Sea-Level Rise, SLR) calcolati per lo scenario RCP45 nel periodo 2021-2050	1 km	PNACC_CRI\Dati di Input\1 - Indicatori di pericolosità\1.3 Indicatore del rischio costiero SSL GEOTIFF\PNACC_SS_scenario_future_con_bar_art_2km_ETRS \Future_scenario_SS_SLR_RCP45_con_bar_art_buffer2km_ETRS.tif.ovr \Future_scenario_SS_SLR_RCP45_con_bar_art_buffer2km_ETRS.tif \Future_scenario_SS_SLR_RCP45_con_bar_art_buffer2km_ETRS.tif.xml \Future_scenario_SS_SLR_RCP45_con_bar_art_buffer2km_ETRS.tif.aux.xml \Future_scenario_SS_SLR_RCP45_con_bar_art_buffer2km_ETRS.tfw
<i>Frane</i>	rx1d	Massima precipitazione in 1-giorno, valore massimo di precipitazione in 1 giorno	1 km	PNACC_CRI\Dati di Input\1 - Indicatori di pericolosità\1.1 Indici climatici estremi ETCCDI_CRSCI NETCDF GEOTIFF \mean_standardized_anomaly_rx1day_ANN_COSMO_2021_2050.nc
	WP	Precipitazione cumulata nei mesi invernali (Dicembre, Gennaio, Febbraio)	1 km	PNACC_CRI\Dati di Input\1 - Indicatori di pericolosità\1.1 Indici climatici estremi ETCCDI_CRSCI NETCDF GEOTIFF\SP_WP \COSMO_Italy_Total_JJA_and_DJF_Precip_historical_future.tar.gz
<i>Siccità</i>	CDD	Giorni consecutivi senza pioggia, numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera < 1 mm	1 km	PNACC_CRI\Dati di Input\1 - Indicatori di pericolosità\1.1 Indici climatici estremi ETCCDI_CRSCI NETCDF GEOTIFF \mean_standardized_anomaly_cdd_ANN_COSMO_2021_2050.nc
	SPI3	Standardised Precipitation Index di 3 mesi	1 km	PNACC_CRI\Dati di Input\1 - Indicatori di pericolosità\1.1 Indici climatici estremi ETCCDI_CRSCI NETCDF GEOTIFF\SPI \SPI_3_1981_2010_mean_severe_drought.tif \SPI_3_1981_2010_mean_extreme_severe_drought.tif \SPI_3_2021_2050_mean_severe_drought.tif \SPI_3_2021_2050_mean_extreme_severe_drought.tif

	SP	Precipitazione cumulata nei mesi estivi (Giugno, Luglio, Agosto)	1 km	PNACC_CRI\Dati di Input\1 - Indicatori di pericolosità\1.1 Indici climatici estremi ETCCDI_CRSCI NETCDF GEOTIFF\SP_WP \COSMO_Italy_Total_JJA_and_DJF_Precip_historical_future.tar.gz
<i>Ondate di calore</i>	HWM	Ampiezza dell'ondata di calore (HeatWave Magnitude)	1 km	PNACC_CRI\Dati di Input\1 - Indicatori di pericolosità\1.1 Indici climatici estremi ETCCDI_CRSCI NETCDF GEOTIFF \mean_standardized_anomaly_hwm_TX90p_ANN_COSMO_2021_2050.nc
<i>Incendi</i>	FWI	Fire Weather Index per RCP45 2021-2050	1 km	PNACC_CRI\Dati di Input\1 - Indicatori di pericolosità\1.2 Altri indici di pericolosità normalizzati GEOTIFF \FWI_LIN.tif \FWI_LIN.tif.ovr \FWI_LIN.tif.xml \FWI_LIN.tif.aux.xml \FWI_LIN.tfw
<i>Ondate di freddo</i>	CWM	Ampiezza dell'ondata di freddo (Coldwave amplitude)	1 km	PNACC_CRI\Dati di Input\1 - Indicatori di pericolosità\1.1 Indici climatici estremi ETCCDI_CRSCI NETCDF GEOTIFF \mean_standardized_anomaly_cwm_ECF_ANN_COSMO_2021_2050.nc
<i>Sicurezza idrica</i>	SPI12	Standardised Precipitation Index di 12 mesi	1 km	PNACC_CRI\Dati di Input\1 - Indicatori di pericolosità\1.1 Indici climatici estremi ETCCDI_CRSCI NETCDF GEOTIFF\SPI \SPI_12_1981_2010_mean_severe_drought.tif \SPI_12_1981_2010_mean_extreme_severe_drought.tif \SPI_12_2021_2050_mean_severe_drought.tif \SPI_12_2021_2050_mean_extreme_severe_drought.tif
	WP	Precipitazione cumulata nei mesi invernali (Dicembre, Gennaio, Febbraio)	1 km	PNACC_CRI\Dati di Input\1 - Indicatori di pericolosità\1.1 Indici climatici estremi ETCCDI_CRSCI NETCDF GEOTIFF\SP_WP \COSMO_Italy_Total_JJA_and_DJF_Precip_historical_future.tar.gz
	SP	Precipitazione cumulata nei mesi estivi (Giugno, Luglio, Agosto)	1 km	PNACC_CRI\Dati di Input\1 - Indicatori di pericolosità\1.1 Indici climatici estremi ETCCDI_CRSCI NETCDF GEOTIFF\SP_WP \COSMO_Italy_Total_JJA_and_DJF_Precip_historical_future.tar.gz

<i>Erosione del suolo</i>	R20	Numero di giorni con precipitazione giornaliera superiore ai 20 mm	1 km	PNACC_CRI\Dati di Input\1 - Indicatori di pericolosità\1.1 Indici climatici estremi ETCCDI_CRSCI NETCDF GEOTIFF \mean_standardized_anomaly_r20mm_ANN_COSMO_2021_2050.nc
---------------------------	-----	--	------	--

Tabella 9: Riassunto dei dati allegati: capacità di adattamento

Criterio	Cod.	Indicatore	Risoluzione	Riferimento ai dati forniti
Risorse Economiche	RE1	Prodotto interno lordo (PIL) provinciale	NUTS3	PNACC_CRI\Risultati\2-ACI Indice capacità di adattamento ..\ ACI Indice capacità di adattamento PNACC.xlsx Dati ACI disponibili anche in formato shape
	RE6	Persone a rischio di povertà o esclusione sociale	NUTS3	
	R10	Tasso di disoccupazione	NUTS3	
Infrastrutture	IN1	Strade provinciali, regionali e di interesse nazionale sulla superficie regionale (chilometro per cento chilometri quadrati)	NUTS3	
	IN3	Acqua erogata sul totale dell'acqua immessa nelle reti di distribuzione	NUTS3	
	IN6	Superficie delle Aree Terrestri protette sulla superficie Regionale	NUTS3	
Conoscenza e tecnologia	KT4	Brevetti registrati allo European Patent Office (EPO)	NUTS3	
	KT5	Popolazione in età 30-34 anni che ha conseguito un livello di istruzione 5 e 6 (Isced97)	NUTS3	
	KT6	Famiglie che dichiarano di possedere accesso a Internet	NUTS3	
Istituzioni	INS1	Qualità delle Istituzioni	NUTS3	