

STIMA DELLA DOMANDA DI CALORE

Allegato al D.T2.2.1

(Linee guida di progettazione per reti di
teleriscaldamento di piccola taglia)

Versione 1

07 20





Contenuto

1. Introduzione	2
1.1. Stima della domanda di calore utilizzando strumenti GIS gratuiti	2
Atlante termico paneuropeo 4 (Peta4)	2
THERMOS	2
Hotmaps	3
1.2. Stima del fabbisogno annuo di calore in base alla categoria dell'edificio	3
1.3. Stima del fabbisogno annuo di calore utilizzando i Gradi Giorno	4
Definizione del Grado Giorno (GG)	4
Calcolo del fabbisogno di calore con i GG	5
Utilizzo del coefficiente di dispersione termica complessiva UA	5
Estrapolazione della richiesta di calore	5
1.4. Stima del fabbisogno di calore per l'acqua calda sanitaria (ACS)	6
Riferimenti	6



1. Introduzione

Questo documento riassume alcune fonti di dati rilevanti (strumenti, database) e metodi semplici per la stima del fabbisogno annuo di calore degli edifici. Esso fornisce una breve descrizione sugli strumenti GIS e su quali dati possano essere facilmente recuperati (vedi capitolo 1.1), presenta una banca dati sui valori del fabbisogno annuo di calore che si basano principalmente sulle tipologie di edifici e sull'anno di costruzione (vedi capitolo 1.2), nonché semplici metodi di calcolo basati sulle misure dei Gradi Giorno (vedi capitolo 11.3) e, infine, una sintesi sui valori proposti per il fabbisogno di calore per l'acqua calda sanitaria da diverse fonti di dati (vedi capitolo 1.1.4).

1.1. Stima della domanda di calore utilizzando strumenti GIS gratuiti

Atlante termico paneuropeo 4 (Peta4)

L'Atlante termico paneuropeo 4 è una mappa online realizzata all'interno del progetto Heat Roadmap Europe 4 (HRE4) il cui obiettivo principale è la mappatura delle informazioni rilevanti per il mercato del caldo e del freddo ("Pan-European Thermal Atlas 4.3", n.d.). Essa include informazioni sulla domanda di riscaldamento e raffreddamento e sul potenziale delle fonti di calore in eccesso e rinnovabili per 14 Paesi europei, tra i quali Italia, Polonia, Germania e Austria. Un'ampia descrizione della metodologia, delle ipotesi, dei dati e degli strumenti utilizzati è fornita in (Persson, Möller, & Wiechers, 2015).

Le densità della domanda di riscaldamento sono disponibili in base alla risoluzione della griglia pari a 1 ettaro. I valori specifici delle celle non possono essere letti e i risultati sono presentati in quattro intervalli, : < 50 TJ/km², 50 - 120 TJ/km², 120 - 300 TJ/km² e > 300TJ/km². Si noti che 1 TJ/km² equivale a circa 277,8 kWh/m². Un riassunto delle caratteristiche principali, una breve descrizione delle informazioni disponibili in PETA4 e un esempio della sua potenziale applicabilità si trovano in (Persson, Möller, Wiechers, & Rothballer, 2015).

THERMOS

THERMOS è un software open-source gratuito che offre alle autorità locali dati a livello di indirizzo per la progettazione ottimale di nuovi sistemi di teleriscaldamento (TLR) o estensioni della rete. Sebbene l'applicazione principale sia la progettazione preliminare del sistema di TLR e non la stima della domanda di calore, il software include dati relativi al fabbisogno di calore a livello di edificio che possono essere utilizzati per identificare le aree ad alta densità. I dati relativi alla domanda di calore si basano su alcune o tutte le seguenti informazioni: forma/dimensione tridimensionale dell'edificio, temperature interne dell'edificio e temperatura dell'aria esterna, efficienza termica dell'edificio e altri modelli di riferimento (ad esempio, la domanda di riscaldamento dell'acqua). Informazioni più dettagliate possono essere trovate in (*Accelerating the development of low-carbon heating & cooling networks. Capacity Building and Train-the-trainer programme Module 2: Energy System Mapping and Modelling with THERMOS*, n.d.).

È importante sottolineare che l'utilizzo principale di questo strumento è quello di supporto nella progettazione di un sistema di TLR ottimale. A tale scopo, i valori del fabbisogno di riscaldamento a livello di edificio possono essere sovrascritti con dati più dettagliati, quando e qualora disponibili. Sulla base delle condizioni ecologiche, economiche e tecniche definite, lo strumento può calcolare, quindi, un sistema di TLR ottimale per l'area selezionata.



Hotmaps

Il progetto Hotmaps è iniziato nell'ottobre 2016 e ha avuto una durata di quattro anni. L'obiettivo principale di Hotmaps è lo sviluppo di strumenti di mappatura e pianificazione di riscaldamento/raffreddamento open source per fornire dati di default a livello nazionale e locale in Europa. Lo strumento Hotmaps è già disponibile e contiene dati a diverse scale di risoluzione, dove 1 ettaro è l'elemento di griglia più fine e il livello nazionale, invece, è il più grossolano ('Hotmaps toolbox', n.d.). Un'opzione utile dello strumento è la possibilità di selezionare aree specifiche e di ottenere un riepilogo dei risultati per l'area scelta (ad esempio, domanda di calore annuale e densità di calore).

1.2. Stima del fabbisogno annuo di calore in base alla categoria dell'edificio

La domanda di calore per un parco edilizio può essere stimata sulla base di informazioni spesso disponibili gratuitamente (ad esempio nel catasto), come l'età di costruzione e la tipologia dell'edificio. A questo proposito, esistono due progetti europei rilevanti, TABULA e il suo follow-up EPISCOPE, dai quali si possono ottenere valori per il consumo specifico di calore di diverse classi di edifici ("IEE Project EPISCOPE", n.d.; "IEE Project TABULA", n.d.). Nel corso di questi progetti sono state sviluppate tipologie di edifici residenziali per 13 Paesi europei. Ogni tipologia nazionale consiste in uno schema di classificazione che raggruppa gli edifici in base alle loro dimensioni, all'età e a ulteriori parametri e in un insieme di edifici caratteristici che rappresentano le tipologie edilizie. Seguendo il metodo stagionale descritto nella norma EN ISO 13790 è stato calcolato il fabbisogno energetico per il riscaldamento degli ambienti e la preparazione dell'acqua calda sanitaria per ciascuna di queste tipologie di edifici. Si veda, in merito, (Loga & Diefenach, 2013) per maggiori informazioni sui metodi applicati. A causa della mancanza di informazioni sulle reali condizioni di utilizzo e sulle esatte proprietà termiche degli edifici esistenti, ci si possono attendere scostamenti tra i risultati ottenuti con il modello e i consumi misurati. Data tale incertezza, i risultati ottenuti vengono integrati con un secondo tipo di calcolo, che consiste principalmente nell'applicazione di un fattore di adattamento empirico ai risultati ottenuti. Il progetto TABULA, tuttavia, può servire, assieme alle informazioni del catasto, per caratterizzare il consumo energetico di una determinata area. I valori per la specifica richiesta di calore possono essere ottenuti direttamente dallo strumento on line o utilizzando il file Excel "TABULA.xls" (disponibile gratuitamente su richiesta). Un sottoinsieme dei risultati dello strumento è mostrato nella Tabella 1. La richiesta di calore per l'acqua calda sanitaria non è inclusa nella Tabella 1.

Tabella 1: Sottoinsieme del risultato relativo al fabbisogno specifico di calore per il riscaldamento in kWh/m² anno da ("TABULA WebTool", n.d.) per diverse classi di edifici e anni di costruzione per la Slovenia. Risultati del calcolo adattato ("consumo misurato previsto") per gli edifici non ristrutturati. Dati relativi a luglio 2019.

Anno di costruzione	Tipo di edificio			
	Casa unifamiliare	Casa a schiera	Casa multifamiliare	Condominio
... 1945	245,1	91,4	122,4	140,6
1945 ... 1970	117,9	100,8	105,5	141,8
1970 ... 1980	93,7	86,4	112,6	117
1981 ... 2001	92	75,1	100,6	101
2001 ... 2008	58,9	74,5	78,2	48,3
2009 ...	77	72,7	52,2	57,1



1.3. Stima del fabbisogno annuo di calore utilizzando i Gradi Giorno

I valori dei Gradi Giorno possono essere utilizzati per stimare il fabbisogno annuo di calore con metodi molto semplici. Questo capitolo include una breve descrizione della definizione Grado Giorno e due semplici metodi per stimare il fabbisogno annuo di calore.

Definizione del Grado Giorno (GG)

Il concetto di GG presuppone che, se la temperatura media giornaliera dell'aria esterna scende al di sotto di un certo valore di soglia (da definire), si verifica una domanda di riscaldamento.

Il valore di GG è solitamente calcolato come la somma della differenza tra la temperatura media giornaliera dell'aria esterna, T_m^i e una temperatura di riferimento T_{rif} , come da Equazione 1 ed Equazione 2. La media giornaliera può essere calcolata in base alle temperature orarie. Ulteriori metodi per calcolare i GG si trovano in (Mourshed, 2012).

$GG = \sum_{i=1}^{n=365} \Delta T^i$	Equazione 1
$\Delta T^i = \begin{cases} T_{rif} - T_m^i & \text{for } T_m^i \leq T_{th} \\ 0 & \text{for } T_m^i > T_{th} \end{cases}$	Equazione 2

Il valore di GG può essere calcolato utilizzando i dati meteo locali e impostando la temperatura di riferimento e di soglia. Per una prima approssimazione si possono utilizzare i valori dei GG da ("database Eurostat", n.d.). I valori mensili e annuali sono stati calcolati utilizzando $T_{rif} = 18^\circ\text{C}$ e $T_m^i = 15^\circ\text{C}$ a livello nazionale e per le aree locali come definite nel [regolamento (CE) n. 105/2007 della Commissione, 2007]. Un sottoinsieme di valori di GG annuali e mensili per diversi paesi destinatari del progetto ENTRAIN è riassunto nella Tabella e Tabella .

Tabella 2: GG annuali di diversi Paesi europei per diversi anni e medie. Dati estratti da ("database Eurostat", n.d.). GG calcolati per $T_{rif} = 18^\circ\text{C}$ e $T_m^i = 15^\circ\text{C}$.

Paese		Anno										Media 2009 - 2018
Codice	Nome	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	
AT	Austria	3.196	3.503	3.419	3.322	3.125	3.640	3.547	3.394	3.907	3.511	3.456
DE	Germania	2.776	2.964	3.005	2.909	2.661	3.288	3.130	2.872	3.630	3.081	3.032
HR	Croazia	2.148	2.331	2.273	2.250	1.894	2.301	2.364	2.370	2.529	2.279	2.274
IT	Italia	1.754	1.878	1.762	1.810	1.635	1.940	1.954	1.864	2.070	1.942	1.861
PL	Polonia	3.125	3.290	3.286	3.113	3.095	3.504	3.550	3.315	3.920	3.449	3.365
SI	Slovenia	2.584	2.833	2.757	2.700	2.342	2.867	2.833	2.821	3.135	2.779	2.765

Tabella 3: DD mensile di diversi Paesi europei per il 2018. Dati estratti da ("database Eurostat", n.d.). DD calcolati per $T_{rif} = 18^\circ\text{C}$ e $T_m^i = 15^\circ\text{C}$.

Paese		Mese											
Codice	Nome	Dic	Nov	Ott	Set	Ago	Lug	Giu	Mag	Apr	Mar	Feb	Gen
AT	Austria	543	392	219	88	24	20	47	88	164	504	593	515



DE	Germania	433	371	200	73	11	3	22	63	150	470	543	435
HR	Croazia	447	264	96	38	2	0	6	12	70	376	465	371
IT	Italia	344	188	57	16	5	4	10	39	97	298	371	325
PL	Polonia	513	400	225	71	6	10	29	53	144	548	594	531
SI	Slovenia	506	316	147	51	7	0	6	27	106	443	530	444

Calcolo del fabbisogno di calore con i GG

Una volta noti i GG, il fabbisogno di calore in MWh/anno può essere calcolato con due diversi approcci: "Uso del coefficiente di dispersione termica complessiva UA" e "Estrapolazione del fabbisogno di calore". In entrambi gli approcci si assume che il fabbisogno di riscaldamento sia proporzionale ai GG.

Utilizzo del coefficiente di dispersione termica complessiva UA

Come descritto in (Kalogirou, 2014), il fabbisogno di riscaldamento in MWh/anno può essere ottenuto con Equazione 3. Il coefficiente di dispersione termica complessiva UA in W/K valuta principalmente le infiltrazioni d'aria e le perdite di trasmissione del calore attraverso l'involucro dell'edificio. Va notato che il metodo non include i guadagni di calore interni e le caratteristiche dinamiche dell'edificio, vale a dire che le capacità termiche non vengono prese in considerazione.

$\text{Domanda termica} = \frac{86.400}{2,7e^{10}} \cdot UA \cdot GG$	Equazione 3
---	--------------------

Il valore UA deve essere definito e può essere stimato sulla base dei dati di costruzione, dopo aver conosciuto la geometria dell'involucro e i materiali di costruzione, o derivato dalla capacità di riscaldamento installata Q_{inst} . A questo proposito, si può supporre che il sistema di riscaldamento sia stato dimensionato per specifiche temperature dell'aria interna ed esterna secondo l'Equazione 4.

$UA = \frac{Q_{inst}}{(T_{indoor} - T_{outdoor})}$	Equazione 4
--	--------------------

Estrapolazione della richiesta di calore

Il numero di GG può essere utilizzato per normalizzare il consumo di calore di un edificio come mostrato in Equazione 5.

$\text{Domanda termica}_{normalizzata} = \frac{\text{Domanda termica}}{GG}$	Equazione 5
---	--------------------

Il consumo di calore normalizzato come definito in Equazione 5 viene solitamente utilizzato per confrontare in modo corretto il consumo di calore tra edifici in regioni o anni diversi. Tuttavia, il fabbisogno di calore normalizzato può essere utilizzato anche con l'aiuto di Equazione 6 per estrapolare il fabbisogno di calore dell'edificio (o gruppo di edifici) in un'altra località. Così, la domanda di calore nota di edifici simili di altre regioni può essere normalizzata ed estrapolata alla nuova posizione. Questo metodo può essere utile quando non sono disponibili informazioni sul consumo di calore degli edifici nella regione specifica.

$\text{Domanda termica}_{nuovosito} = GG_{nuovosito} \cdot \text{Domanda termica}_{normalizzata}$	Equazione 6
---	--------------------



1.4. Stima del fabbisogno di calore per l'acqua calda sanitaria (ACS)

Sulla base di oltre 2 milioni di dati misurati, di questionari online, di ricerche bibliografiche e di dati provenienti da un software specializzato “co2online”, la domanda di calore per la preparazione di acqua calda può essere accuratamente stimata grazie a quanto sviluppato nel progetto “Nutzenenergiebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden” (Offermann et al., 2017). In base ai dati delle aziende Techem e Brunata, il fabbisogno di energia per ACS per area utile è compreso tra 9 e 13 kWh/m² anno per le case plurifamiliari. In base ai dati dell'azienda ista, la media del fabbisogno di ACS è di 11,1 kWh/m² anno e 10 kWh/m² anno per le case plurifamiliari. Sulla base di 331 set di dati per case monofamiliari raccolti tramite un'indagine online, la media della domanda per ACS è stata calcolata a 9,2 kWh/m² anno.

Sulla base dei valori medi dei dati analizzati, (Offermann et al., 2017) propone di utilizzare Equazione 7 per stimare la richiesta di calore ACS per superficie utile del pavimento E_{ACS} in kWh/m² anno, dove \bar{A} è la mediana della superficie utile delle unità abitative degli edifici.

$E_{ACS} = (15 - (\bar{A} \cdot 0,04))$	Equazione 7
---	--------------------

Un limite minimo per il fabbisogno termico per ACS è impostato a 7 kWh/m² anno. I valori ottenuti con Equazione 7 sono allora compresi tra 7 e 15 kWh/m² anno. Simili a quelli utilizzati in (TABULA WebTool, n.d.), 10 kWh/m² anno per case unifamiliari e a schiera e 15 kWh/m² anno per case plurifamiliari e condomini, ma inferiori a 20 kWh/m² anno il valore suggerito in (Good et al., 2008).

Riferimenti

- Accelerating the development of low-carbon heating & cooling networks. Capacity Building and Train-the-trainer programme Module 2: Energy System Mapping and Modelling with THERMOS. (n.d.).
- COMMISSION REGULATION (EC) No 105/2007. (2007). *Official Journal of the European Union*, 1-37. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007R0105&from=EN>
- Eurostat database. (n.d.). https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/product?code=nrg_chdd_a
- Good, J., Biedermann, F., Bühler, R., Bunk, H., Rudolf Gabathuler, H., Hammerschmid, A., ... Rakos, C. (2008). *QM-Planungshandbuch*. (C. A. R. M. E. e. V. Straubing, Ed.) (2nd ed.).
- Hotmaps project. (n.d.). Retrieved 1 August 2019, from <https://www.hotmaps-project.eu/>
- Hotmaps toolbox. (n.d.). Retrieved 1 August 2019, from <https://www.hotmaps.hevs.ch/map>
- IEE Project EPISCOPE. (n.d.). Retrieved 24 July 2019, from <http://episcope.eu/iee-project/episcope/>
- IEE Project TABULA. (n.d.). Retrieved 24 July 2019, from <http://episcope.eu/iee-project/tabula/>
- Kalogirou, S. (2014). Solar Space Heating and Cooling. In *Solar Energy Engineering* (pp. 323-395). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397270-5.00006-6>
- Krimmling, J. (2011). *Energieeffiziente Nahwärmesysteme Grundwissen, Auslegung, Technik für Energieberater und Planer*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Loga, T., & Diefenach, N. (2013). *TABULA Calculation Method - Energy Use for Heating and Domestic Hot Water*. Institut Wohnen und Umwelt GmbH.
- Mourshed, M. (2012). Relationship between annual mean temperature and degree-days. *Energy and Buildings*, 54, 418-425.
- Offermann, M., Manteufel vfel, von, B., Hermelink, A., John, A., Ahrens, C., Jahnke, K., & Zastrau, K.

Commentato [vt1]: C'è anche in Italiano? Oppure in Inglese?



- (2017). *Nutzenergiebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden*. Bonn. Retrieved from https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2017/bbsr-online-17-2017-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- Pan-European Thermal Atlas 4.3. (n.d.). Retrieved 1 August 2019, from <https://heatroadmap.eu/peta4/>
- Persson, U., Möller, B., & Wiechers, E. (2015). *Methodologies and assumptions used in the mapping (D2.3)*.
- Persson, U., Möller, B., Wiechers, E., & Rothballer, C. (2015). *Maps Manual for Lead-Users (D2.4)*.
- TABULA WebTool. (n.d.). Retrieved 1 August 2019, from <http://webtool.building-typology.eu/#sd>
- Winter, W., Haslauer, T., & Oberberger, I. (2001). Untersuchungen der Gleichzeitigkeit in kleinen und mittleren Nahwärmenetzen. *Euroheat & Power*, 1-17.