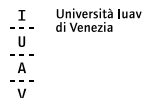


**Network di ricerca  
transfrontaliero per la  
progettazione  
Integrata Di sistemi Energetici  
Efficienti in aree urbane**

**Grenzübergreifendes  
Forschungsnetzwerk für das  
Integrative Design Effizienter  
Energiesysteme in  
urbanen Regionen**





**Network di ricerca  
transfrontaliero per la  
progettazione  
Integrata Di sistemi Energetici  
Efficienti in aree urbane**

**Grenzübergreifendes  
Forschungsnetzwerk für das  
Integrative Design Effizienter  
Energiesysteme in  
urbanen Regionen**

Programma Interreg V-A Italia Austria 2014-2020  
Interreg V-A Programm Italien Österreich 2014-2020

**Network di ricerca transfrontaliero per la progettazione Integrata Di sistemi Energetici Efficienti in aree urbane**  
**Progetto IDEE n. ITAT 1007**  
**Grenzübergreifendes Forschungsnetzwerk für das Integrative Design Effizienter Energiesysteme in urbanen Regionen**  
**Projekt IDEE n. ITAT 1007**

CUP: B52C16000620004

Anteferma Edizioni ISBN 978-88-32050-04-2

Curatori **Redaktion**

Damiana Chinese, Massimiliano Condotta, Markus Biberacher

Con saggi di **Autoren von Aufsätzen**

Simona Agnoli, Markus Biberacher, Giovanni Borgia, Moreno Broccon, Marco Calvi, Damiana Chinese, Massimiliano Condotta, Matteo Cucchiaro, Tiziano Dalla Mora, Alessandra De Angelis, Fabian Hofsäß, Fabio Peron, Maurizio Santin, Onorio Saro, Stefano Savaris

Partner **Partner**

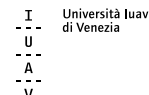
Università degli studi di Udine (Lead Partner)

Certottica Scrl

Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH

BIM - Consorzio dei Comuni del Bacino Imbrifero Montano del Piave appartenenti alla Provincia di Belluno

Università luav di Venezia



Editore **Herausgeber**

Anteferma Edizioni S.r.l.  
via Asolo 12, Conegliano, TV  
edizioni@anteferma.it

Prima edizione Luglio 2019 **Erstausgabe Juli 2019**

Progetto grafico **Grafisches Projekt** Margherita Ferrari

Prezzo **Preis** 22,00 €

Copyright



Questo lavoro è distribuito sotto Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - No opere derivate 4.0 International

Diese Arbeit wird unter der Creative Commons License vertrieben Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine Bearbeitung 4.0 International



Hanno contribuito alla realizzazione del progetto con attività di ricerca e sviluppo, di relazioni con il territorio, di diffusione dei risultati e di servizi tecnici

Sie trugen zur Verwirklichung des Projekts mit Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten, Beziehungen zum Hoheitsgebiet, Verbreitung der Ergebnisse und technischen Dienstleistungen bei

Simona Agnoli, Emanuela Antoniol, Giorgio Balzan, Markus Biberacher, Sara Bona, Giovanni Borgia, Moreno, Broccon, Marco Calvi, Damiana Chinese, Valentina Colleselli, Massimiliano Condotta, Giovanni Cortella, Matteo Cucchiaro, Tiziano Dalla Mora, Giorgia Dal Pont, Daniele Dalvit, Angela Da Rolt, Alessandra De Angelis, Michela De Maria, Elisa Frada, Tiziano Franceschini, Lukas Götzlich, Alena Haertlova, Fabian Hofsaß, Andrea Mancuso, Gerhard Pausch, Fabio Peron, Piero Pinamonti, Serenella Pollet, Rosaria Revellini, Piercarlo Romagnoni, Maurizio Santin, Onorio Saro, Stefano Savaris, Katia Savi, Ingrid Schardinger, Elisa Tomasinsig, Elisa Zatta.

## Sommario Inhalt

# 1

## Il Progetto IDEE Das Projekt IDEE

**Damiana Chinese, Massimiliano Condotta, Markus Biberacher,  
Simona Agnoli, Stefano Savaris**

- |     |                                                                                                                                    |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1 | Il Progetto IDEE<br>Das Projekt IDEE                                                                                               | 15 |
| 1.2 | I risultati del progetto: il quadro IDEE e questa pubblicazione<br>Die Projektergebnisse: das IDEE-Framework und diese Publikation | 19 |
| 1.3 | I partner di progetto e il loro ruolo<br>Die Projektpartner und ihre Rollen                                                        | 22 |

# 2

## Osservare: come analizzare l'ambiente urbano Beobachten: Wie kann die urbane Region analysiert werden?

**Massimiliano Condotta, Damiana Chinese, Fabian Hofsäß,  
Giovanni Borga, Alessandra De Angelis**

- |     |                                                                                                                                                                               |    |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 | I sistemi energetici urbani. Stato dell'arte e opportunità nel<br>territorio transfrontaliero<br>Urbane Energiesysteme: Stand der Technik und Möglichkeiten<br>im Grenzgebiet | 33 |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

2.2	Le opportunità tecnologiche di tipo energetico Die energietechnischen Möglichkeiten	35
2.3	Le banche dati disponibili per studiare il territorio urbano transfrontaliero Die für die Analyse der urbanen Grenzregion verfügbaren Datenbanken	41
2.3.1	La situazione in Italia Die Situation in Italien	42
2.3.2	La situazione in Austria Die Situation in Österreich	45

## 3 **Prevedere: il framework per il calcolo del fabbisogno energetico degli edifici** **Vorhersagen: Das Framework zur Berechnung des Energiebedarfs von Gebäuden**

**Massimiliano Condotta, Giovanni Borga, Fabio Peron, Tiziano Dalla Mora**

3.1	Introduzione al framework IDEE per il calcolo del fabbisogno energetico degli edifici Einführung in das IDEE-Framework zur Berechnung des Energiebedarfs von Gebäuden	53
3.2	Definizione e calcolo dei parametri geometrici degli edifici Definition und Berechnung der geometrischen Gebäudeparameter	55
3.2.1	Definizione dei parametri geometrici degli edifici Definition der geometrischen Gebäudeparameter	55



3.2.2	Calcolo dei parametri geometrici partendo dalle banche dati disponibili Berechnung der geometrischen Parameter ausgehend von den verfügbaren Datenbanken	58
3.3	Analisi dell'epoca di costruzione degli edifici e delle caratteristiche prestazionali Analyse des Bauzeitraums der Gebäude und der Gebäudeleistung	61
3.3.1	Le informazioni statistiche sull'epoca di costruzione degli edifici Die statistischen Informationen zum Bauzeitraum	61
3.3.2	La trasmittanza termica tipica degli edifici Der typische Wärmedurchgangskoeffizient	63
3.4	Simulazioni energetiche dinamiche per il calcolo delle dispersioni tipiche degli edifici Dynamische Energiesimulationen für die Berechnung der typischen Wärmeverluste der Gebäude	65
3.4.1	L'edificio standard Das Standardgebäude	65
3.4.2	I risultati delle simulazioni Die Ergebnisse der Simulationen	67
3.5	Calcolo del fabbisogno energetico di ogni edificio dell'area urbana Berechnung des Energiebedarfs der einzelnen Gebäude in der urbanen Region	72
3.5.1	Il fabbisogno energetico annuo Der jährliche Energiebedarf	72
3.5.2	Il calcolo della potenza di picco e della curva di domanda Die Berechnung der Spitzenleistung und der Nachfragekurve	74

# 4

## **Progettare: il framework per la simulazione di un sistema energetico urbano integrato**

## **Planen: das Framework für die Simulation eines integrativen urbanen Energiesystems**

**Matteo Cucchiaro, Fabian Hofsäß, Damiana Chinese, Maurizio Santin, Marco Calvi**

4.1	Introduzione al sistema di simulazione Einführung in das Simulationssystem	83
4.2	Modello di ottimizzazione Rivus Das Rivus-Optimierungsmodell	86
4.2.1	Descrizione matematica del modello Mathematische Beschreibung des Modells	87
4.2.2	Dati di ingresso Eingabedaten	88
4.2.3	Dati finali ottimizzati in uscita Optimierte endgültige Ausgabedaten	96
4.3	Post-elaborazione e implementazione del modello in IDEE Nachbearbeitung und Modellimplementierung im Projekt IDEE	98
4.3.1	Implementazione dei dati economici per l'area di programma Implementierung der Wirtschaftsdaten für das Programmgebiet	99
4.3.2	Modelizzazione delle emissioni Modellierung der Luftschadstoffemissionen	102

# 5

## **Confrontare: il sistema online per analizzare possibili scenari Zum Vergleichen: Der analytische Webservice für persönliche Szenarien**

**Markus Biberacher, Fabian Hofsäß**

5.1	Introduzione Einführung	109
5.2	Webservice Webservice	110
5.2.1	Log in Log in	110
5.2.2	Pagina principale Hauptseite	111
5.2.3	Impostazione dei parametri e aree di progetto Parameter Einstellungen und Projektgebiete	112
5.2.4	Ottimizzazione Optimierung	116
5.2.5	Output Ergebnisse	116
5.2.6	Project Staff Projektpartner	116
5.3	Mappa Karte	117

5.4	Grafici Diagramme	120
5.5	Tabelle Tabellen	121
5.6	In sintesi Zusammenfassung	123

# 6

## **Applicare: i casi studio ed esempi applicativi del metodo IDEE Anwenden: die Fallstudien und Beispiele für die Anwendung der IDEE-Methode**

**Maurizio Santin, Fabian Hofsäß, Matteo Cucchiaro, Damiana Chinese,  
Onorio Saro, Moreno Broccon**

6.1	Descrizione dei casi di studio Beschreibung der Fallstudien	128
6.1.1	Feltre Feltre	128
6.1.2	Maniago Maniago	134
6.1.3	Seeham Seeham	139

6.2	Applicazione del framework di pianificazione ai casi studio Anwendung des Planungsframeworks auf die Fallstudien	141
6.2.1	Definizione degli scenari e implementazione del modello per Feltre Definition von Szenarien und Modellimplementierung für Feltre	141
6.2.2	Definizione degli scenari e implementazione del modello per Maniago Definition von Szenarien und Modellimplementierung für Maniago	144
6.2.3	Definizione degli scenari e implementazione del modello per Seeham Definition von Szenarien und Modellimplementierung für Seeham	146
6.3	I risultati della simulazione Die Simulationsergebnisse	148
6.3.1	Feltre Feltre	148
6.3.2	Maniago Maniago	151
6.3.3	Seeham Seeham	154
6.4	Conclusioni Ausblick	157

## ANNEX 1

<b>IDEE Database - SQL definitions</b>	159
----------------------------------------	-----



1

**Il progetto IDEE**

**Das Projekt IDEE**

Damiana Chinese

Massimiliano Condotta

Markus Biberacher

Simona Agnoli

Stefano Savaris





## 1.1 Il progetto IDEE Das Projekt IDEE

Nella nostra vita quotidiana – come comunità e individui a livello globale, regionale e urbano – le questioni energetiche e ambientali hanno assunto un'importanza via via crescente. La scienza ci dimostra che nel nostro pianeta sono in atto cambiamenti significativi a un ritmo senza precedenti. La Terra si regge su un fragile equilibrio tra energia in entrata e in uscita che può essere alterato da molti fattori, tanto di origine naturale che antropica. Mentre i cambiamenti climatici anteriori alla rivoluzione industriale del 1700 sono per lo più riconducibili a cause naturali, dal XVIII secolo in poi le emissioni di gas serra – come l'anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ), il metano ( $\text{CH}_4$ ) e il protossido di azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ) – derivate principalmente dalla combustione di combustibili fossili, sono frutto dell'azione umana e sulla spinta della crescita economica e demografica sono aumentate fino a raggiungere i livelli altissimi che registriamo oggi. La concentrazione attuale di gas serra nell'atmosfera non ha precedenti, almeno negli ultimi 800.000 anni. I loro effetti, insieme a quelli di altri fattori antropici, sono stati rilevati in tutto il sistema climatico ed è verosimile che siano la causa principale del riscaldamento globale registrato dalla metà del XX secolo. È servito del tempo perché i cambiamenti climatici si manifestassero, ma una volta avviato il processo, arrestarlo è diventato impossibile. Tuttavia possiamo agire con interventi di mitigazione, adottando un comporta-

Energie- und Umweltfragen werden im Alltag der Menschen als Gemeinschaft auf globaler, regionaler und urbaner Ebene und auch als Individuen immer wichtiger. Es ist wissenschaftlich erwiesen, dass unser Planet starke Veränderungen in einer bisher nicht da gewesenen Geschwindigkeit durchmacht. Die Erde basiert auf einem zerbrechlichen Gleichgewicht der Energie, die von der Erde aufgenommen und abgegeben wird. Viele Faktoren, die sowohl durch Menschen als auch durch die Natur bedingt sind, können Veränderungen in der Energiebilanz der Erde auslösen. Im Allgemeinen können Klimaveränderungen vor der industriellen Revolution im 18. Jahrhundert einfach mit natürlichen Ursachen erklärt werden. Seitdem sind jedoch die vom Menschen verursachten und insbesondere durch das Wachstum der Wirtschaft und der Bevölkerung bedingten Treibhausgase wie Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Stickoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ), die vor allem bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe erzeugt werden, angestiegen und heute höher denn je. Dies hat zu Treibhausgaskonzentrationen in der Luft geführt, die zumindest in den letzten 800.000 Jahren beispiellos sind. Ihre Folgen wurden zusammen mit denen von anderen, vom Menschen verursachten Treibern im gesamten Klimasystem ausgemacht und sind höchstwahrscheinlich die Hauptursache der seit Mitte des 20. Jahrhunderts beobachteten Erderwärmung. Es ist eindeutig, dass der Klimawandel ein Prozess ist, der lange brauchte, um in Gang zu kom-

mento più responsabile e operando in modo deciso su scala planetaria per ridurre le emissioni di gas serra.

Tale impegno deve necessariamente coinvolgere tutti i principali settori economico-produttivi della società: produzione di energia elettrica, trasporti, attività domestiche e industriali, edilizia e agricoltura. In questo contesto, l'Europa è sempre stata attenta a promuovere politiche volte a ridurre le emissioni o a sostenere tecnologie più verdi ed ha incoraggiato altre nazioni e regioni del mondo a fare altrettanto. In quest'ottica ha fissato le priorità chiave per i prossimi decenni, tra cui gli obiettivi della Strategia Europa 2020 (taglio del 20% delle emissioni di gas serra rispetto al 1990, 20% del fabbisogno energetico totale soddisfatto da fonti rinnovabili e aumento del 20% dell'efficienza energetica rispetto all'utilizzo previsto nel 2020) e gli obiettivi UE 2030, che chiedono una riduzione più ambiziosa - pari al 40% - delle emissioni di gas serra rispetto al 1990. Questi obiettivi sono stati trasferiti alle nazioni e alle regioni attraverso diversi meccanismi e direttive. Il sistema UE-ETS, ad esempio, coinvolge principalmente l'industria, creando un meccanismo di limitazione e scambio di quote di CO<sub>2</sub> tra i settori manifatturieri ad alta intensità energetica e i settori del trasporto aereo. Per gli altri settori, compresa l'edilizia, i trasporti su strada e via acqua e l'agricoltura, a livello UE è stato accettato il principio dello sforzo comune, ora recepito nelle norme e nei piani d'azione nazionali. In Italia, l'obiettivo fissato dalla strategia energetica nazionale e dal piano nazionale integrato per l'energia e il clima (PNIEC) è quello di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> del 33% rispetto al 2005 per i settori che non rientrano nell'UE-ETS. Il PNIEC prevede un significativo potenziamento del teleriscaldamento e del teleraffreddamento ad alta efficienza come strumento per ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> delle abitazioni.

Per quanto riguarda il consumo energetico residenziale, in Austria sono stati raggiunti risulta-

men. Seitdem er jedoch begonnen hat, ist es unmöglich ihn aufzuhalten. Diverse Klimaschutzmaßnahmen können im Kampf gegen den Klimawandel getroffen werden, indem verantwortungsvollere Verhaltensweisen angenommen und wirksame sowie globale Maßnahmen zur Reduzierung der Menge der Treibhausgasemissionen getroffen werden.

Die Reduzierung der Treibhausgasemissionen muss notwendigerweise alle wichtigen Wirtschafts- und Produktionsbereiche unserer Gesellschaft auf gleiche Weise einbinden: Stromerzeugung, Transport und Verkehr, häusliche und gewerbliche Tätigkeiten, Baugewerbe und Landwirtschaft. Europa hat einen Schwerpunkt auf die Förderung von Strategien zur Reduktion der Treibhausgasemissionen und zur Unterstützung von umweltfreundlicher Technologie gesetzt. In der Hoffnung, andere Länder und Regionen zu ermutigen dasselbige zu tun. Europa hat sich für die nächsten Jahrzehnte u.a. die Europa-2020-Ziele (..) und für 2030 noch ehrgeizigere Ziele zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen um 40% im Vergleich zu 1990 gesetzt. Diese Ziele wurden über diverse Mechanismen und Richtlinien auf die Länder und Regionen übertragen. Das EU-Emissionshandelssystem (EHS) betrifft vor allem die Industrie, hat feste Obergrenzen für CO<sub>2</sub>-Zertifikate und erstreckt sich auf energieintensive Wirtschaftssektoren und die Luftfahrt. Für die übrigen Branchen, einschließlich Wohngebäude und zivile Gebäude, Transport zu Land und zu Wasser und Landwirtschaft, wurde der Grundsatz der gemeinsamen Bemühung auf EU-Ebene angenommen und in nationale Standards und Aktionspläne aufgenommen. In Italien haben die nationale Energiestrategie und das nationale integrierte Energie- und Klimakonzept (PNIEC) ein Reduktionsziel der Kohlenstoffemissionen von 33 % im Vergleich zu 2005 für die Nicht-EU-EHS-Wirtschaftssektoren festgelegt. Eine bedeutende Steigerung des Anteils energieeffizienter Fernwärme und Fernkälte wird vom PNIEC als Mittel zur Kohlenstoffemissionsreduktion in der Wohnungswirtschaft angestrebt.

## 1.1 Il progetto IDEE Das Projekt IDEE

ti significativi. Secondo il terzo rapporto biennale nell'ambito della Convenzione quadro sui cambiamenti climatici, redatto dal Ministero federale austriaco dell'agricoltura, delle foreste, dell'ambiente e della gestione delle acque, nonostante un maggior fabbisogno di elettricità e di teleriscaldamento, le emissioni delle industrie dell'energia sono diminuite (-21%) grazie al passaggio dai combustibili fossili - solidi e liquidi - al gas e alle biomasse; è aumentato l'impiego di energia idroelettrica ed eolica; sono cresciute le importazioni di elettricità e l'efficienza della produzione, mentre le emissioni generate da "altri settori" sono diminuite notevolmente (-39%) nonostante la crescita demografica e un maggior numero di abitazioni. Dunque, se si considerano i sistemi energetici urbani, l'Austria può essere considerata un modello di successo da esportare in altre regioni: è migliorata l'efficienza energetica del parco immobiliare, si è passati dal binomio carbone - petrolio al gas e alle biomasse ed è aumentato l'uso del teleriscaldamento e delle pompe di calore. Va osservato che l'aumento delle emissioni in Austria è imputabile soprattutto alla crescita della produzione nel settore manifatturiero, nell'edilizia e nei trasporti interni. Se, da un lato, il passaggio a combustibili diversi e il miglioramento dell'efficienza energetica dei processi industriali sono decisioni che competono alle singole aziende, talune azioni a livello comunale, come la cooperazione tra aree industriali e urbane per integrare il calore di scarto nei sistemi di teleriscaldamento, potrebbero essere un potente strumento per migliorare le prestazioni dei processi industriali e manifatturieri in materia di emissioni di CO<sub>2</sub> e consentirebbero di intervenire su più settori contemporaneamente.

Si tratta tuttavia di azioni che comportano investimenti e rischi finanziari elevati, e dunque richiedono una pianificazione attenta, in particolare a livello comunale.

Le autorità comunali partecipano allo sforzo di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> al loro livello di com-

In Österreich wurden in der Energiewirtschaft und in Bezug auf den Energieverbrauch von Wohngebäuden bedeutende Ziele erreicht. Nach dem vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft verfassten dritten Zweijahresbericht Österreichs gemäß dem Rahmenübereinkommen zum Klimawandel sind trotz eines steigenden Bedarfs an Strom und Fernwärme die Emissionen aus der Energiewirtschaft gesunken (-21 %), und zwar bedingt durch eine Verlagerung von festen und flüssigen fossilen Brennstoffen auf Gas und Biomasse, einen zunehmenden Anteil von Wind- und Wasserkraft, mehr Stromeinfuhren, einer zunehmenden Effizienz der Produktion und stark gesunkenen Emissionen in „anderen Branchen“ (-39 %), und dies trotz des Bevölkerungswachstums und einer steigenden Zahl von Wohnhäusern. In dieser Hinsicht kann Österreich als Erfolgsmodell gelten, das in Bezug auf urbane Energiesysteme auf andere Regionen übertragen werden sollte: Die Energieeffizienz des Gebäudebestands wurde verbessert, und die Umstellung von Kohle und Erdöl auf Gas und Biomasse sowie die zunehmende Nutzung von Fernwärme und Wärmepumpen haben auch einen Beitrag zu diesem Trend geleistet. Andererseits war die Produktionszunahme in der verarbeitenden Industrie und im Baugewerbe zusammen mit dem Binnenverkehr der Haupttreiber für den Anstieg der Emissionen in Österreich. Während die Umstellung in der Industrie und die Steigerung der Energieeffizienz für Industrieprozesse im Zuständigkeitsbereich einzelner Unternehmen liegen, könnten einige Maßnahmen auf kommunaler Ebene wie z. B. die Kooperation zwischen Gewerbe- und Stadtgebieten zur Integration von Abwärme in Fernwärmesysteme ein wirksames Mittel zur Verbesserung des CO<sub>2</sub>-Emissionsverhaltens von Produktions- und Industrieprozessen und gleichzeitig auch von anderen Branchen sein.

Solche Maßnahmen bedeuten allerdings hohe Investitionen und ein hohes finanzielles Risiko, weshalb sie sorgfältig geplant werden müssen, vor allem auf kommunaler Ebene.

Kommunale Behörden wurden auf ihrer Planungsebene auf lokaler oder urbaner Ebene in den Prozess

petenza, con progetti su scala locale o urbana. Lo fanno per lo più sulla base di iniziative volontarie, come il Patto dei Sindaci, che portano all'elaborazione di Piani d'azione per l'energia sostenibile e il clima (SECAP) e all'individuazione di buone pratiche e di regioni esemplari che sono riuscite a tagliare le loro emissioni di CO<sub>2</sub> (*Vorbildregionen* in Austria).

Anziché semplici esecutori di norme regionali e nazionali, le autorità comunali sono diventate così soggetti attivi nella progettazione. In questo ruolo si trovano di fronte a una varietà di tecnologie e di opzioni politiche, che in parte riescono a controllare e in parte subiscono quale risultato delle politiche nazionali.

L'idea del progetto IDEE nasce in questo contesto, con l'obiettivo di creare una rete di ricerca transfrontaliera che si dedichi all'analisi sistemica integrata dei sistemi energetici urbani. Il finanziamento del Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale (FESR) attraverso il Programma Interreg Italia-Austria ha permesso di mettere insieme le competenze complementari di 4 centri di ricerca partner e di un ente pubblico per sviluppare un framework integrato di valutazione bottom-up da utilizzare per ottimizzare e pianificare in modo puntuale interventi di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> che coinvolgono sistemi energetici urbani, considerando in particolare le potenzialità di sviluppo del teleriscaldamento. Le pagine che seguono presentano brevemente i partner di progetto e il loro ruolo nel progetto.

zur Reduktion der Treibhausgasemissionen eingebunden, vor allem als ein Ergebnis freiwilliger Maßnahmen wie dem Konvent der Bürgermeister und der damit verbundenen Entwicklung von Aktionsplänen für nachhaltige Energie und Klimaschutz (SECAP) sowie der Vorbildregionen für die CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktion (Vorbildregionen in Österreich).

Damit sind kommunale Behörden aktive Planer geworden und werden nicht nur von nationalen und regionalen Vorschriften beeinflusst. Als solche sind sie mit einer Vielfalt an Technologie und zahlreichen Optionen konfrontiert, die sie teilweise selbst steuern und teilweise als Ergebnis nationaler Strategien erdulden müssen.

Vor diesem Hintergrund entstand das Projekt IDEE mit dem Ziel, ein grenzüberschreitendes Forschungsnetzwerk zur „integrativen Systemanalyse von urbanen Energiesystemen“ aufzubauen. Die Förderung durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung über das Interreg-Programm Italien-Österreich bot die Möglichkeit, die sich gegenseitig ergänzenden Kompetenzen von vier Partnerforschungseinrichtungen und einer Behörde zu bündeln, um ein integriertes Bottom-up-Modellierungsframework zu entwickeln, das mit dem Schwerpunkt urbaner Energiesysteme zur Optimierung und umsichtigen Planung von Maßnahmen zur Reduktion von Kohlenstoffemissionen verwendet werden kann, wobei ein besonderer Schwerpunkt auf der maßgeblichen Entwicklung von Fernwärmesystemen liegt. Im Folgenden werden die Projektpartner und ihre Rolle im Projekt kurz vorgestellt.

## **1.2 I risultati del progetto: il quadro IDEE e questa pubblicazione**

### **Die Projektergebnisse: das IDEE-Framework und diese Publikation**

Il risultato principale del progetto è un nuovo framework di modellazione integrato che permette di elaborare congiuntamente dati energetici, ambientali, costruttivi, economici e geografici per aiutare autorità locali e altri stakeholder chiave a pianificare gli investimenti energetici nelle aree urbane, fornendo input strategici sulle potenzialità disponibili, sulle soluzioni tecnologiche più innovative e sul loro impatto ambientale, sui costi e sul ritorno dell'investimento.

I modelli ottenuti sono stati applicati in aree pilota selezionate, ma sono replicabili anche in altri territori, in particolare all'interno della regione considerata dal Programma Interreg.

L'obiettivo di questa pubblicazione è presentare il framework di modellazione basato sul GIS sviluppato nell'ambito del progetto IDEE e fornire alcune linee guida alle autorità pubbliche, al personale tecnico degli uffici comunali dell'area di Programma e ad altri ricercatori e professionisti che si occupano di pianificazione energetica locale spiegando come il modello IDEE può essere utilizzato per la pianificazione energetica urbana.

Il framework per la pianificazione energetica IDEE nasce da un approccio integrativo e iterativo modellato sul ciclo di Deming, al quale è stata aggiunta una fase iniziale di osservazione. Infatti, mentre il ciclo di Deming comprende una fase di azione e una successiva fase di verifica, il ciclo proposto da IDEE si

Das Hautergebnis des Projekts ist ein neues, integratives Modellierungsframework, mit dem gemeinsam Informationsdaten zu Energie, Umwelt, Gebäuden, Wirtschaft und Geografie zur Unterstützung lokaler Behörden und sonstiger maßgeblicher Stakeholder verarbeitet werden können. Um Energieinvestitionen in urbanen Regionen zu planen und strategische Inputs zum verfügbaren Potenzial und zu den innovativsten machbaren technologischen Lösungen und deren Umweltauswirkungen, Kosten und Rentabilität zu geben.

Solche Modelle wurden in ausgewählten Pilotgebieten getestet, sind aber auch auf andere Gebiete, insbesondere im Programmgebiet, übertragbar.

Ziel dieser Publikation ist es, das im Rahmen des Projekts IDEE entwickelte GIS-basierte Modellierungsframework vorzustellen und damit Behörden, technischen Mitarbeitern der Gemeindeabteilungen im Programmgebiet und sonstigen Forschern und Fachleuten der lokalen Energieplanung einen Leitfaden dafür zur Verfügung zu stellen, wie das IDEE-Framework für die urbane Energieplanung genutzt werden kann.

Das IDEE-Energieplanungsframework ist ein integrativer und iterativer zyklischer Ansatz, der aufbauend auf dem erweiterten Demingkreis modelliert wurde. Erweitert dahingehend, dass das Framework eine anfängliche Beobachtungsphase umfasst. Während der Demingkreis eine Handlungsphase und die daran an-



concentra sul processo di pianificazione e sull'attività decisionale che lo accompagna: l'azione amministrativa delle autorità pubbliche sarà quindi volta a esprimere una decisione condivisa, ad attuare la scelta presa e a verificare la sua validità. In modo ricorsivo, l'attuazione delle soluzioni individuate cambierà l'equilibrio energetico ed economico dei territori, generando nuove situazioni che saranno considerate nei successivi cicli di pianificazione.

Il ciclo di pianificazione IDEE comprende dunque le fasi rappresentate nella figura 1:

- Osservazione dei territori: analisi dei dati disponibili, tecnologie esistenti, situazioni problematiche e tecnologie nuove ed emergenti potenzialmente interessanti per migliorare le criticità;
- Previsione dell'andamento del fabbisogno energetico nello spazio e nel tempo, sulla base dei dati raccolti durante la fase di osservazione. Nel modello IDEE, l'attenzione si è concentrata sulla domanda di energia termica per il riscaldamento, ma il campo si potrebbe estendere inserendo nell'analisi anche il profilo della domanda di altri utenti (ad es. elettricità o trasporti);
- Pianificazione: sviluppo di un modello matematico del sistema energetico più efficiente, vale a dire il sistema in grado di soddisfare il fabbisogno di energia (per il riscaldamento) degli utenti urbani a costi minimi e nel rispetto di determinati vincoli di impatto ambientale, ricorrendo a un mix di tecnologie nuove e tradizionali complementari;
- Confronto: mediante un'interfaccia con il sistema di pianificazione, gli utenti potranno fare una comparazione degli effetti territoriali, economici, energetici e ambientali dei diversi scenari ottenuti con il modello matematico;
- Applicazione: con lo strumento di pianificazione e di confronto si soddisfano le esigenze di pianificazione di specifici territori e si forniscono informazioni pertinenti alle autorità comunali, che possono utilizzare tali risultati per avviare

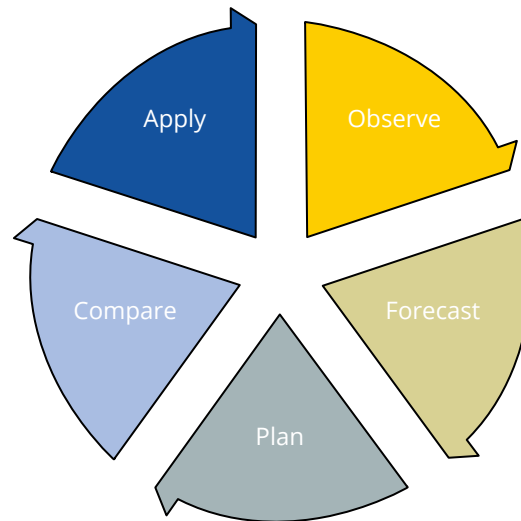
schließende Überprüfungsphase umfasst, liegt der Schwerpunkt des hier vorgestellten Kreises auf dem Planungsprozess und der einschlägigen Entscheidungsfindung: Die Verwaltungspraxis der Behörden wird sich dann an der endgültigen partizipativen Entscheidung, Implementierung und Überprüfung, ob die Entscheidung richtig war, orientieren. Auf rekursive Weise wird die Implementierung der Lösungen die Energie- und Wirtschaftsbilanz der Gebiete verändern und zu neuen Situationen führen, die in den anschließenden Planungskreisen beobachtet werden.

Das zyklische IDEE-Planungsframework umfasst folglich die in Abbildung 1 dargestellten Phasen:

- Beobachtung der Gebiete, einschließlich der verfügbaren Daten, vorhandenen Technologien, Problemsituationen und neuen und aufkommenden Technologien, die zur Verbesserung von Problemlösungen von Interesse sein könnten;
- Vorhersage der räumlichen und zeitlichen Energiebedarfsprofile, basierend auf den in der Beobachtungsphase zusammengetragenen Daten. Im IDEE-Framework lag der Schwerpunkt auf dem Wärmebedarf, der Ansatz könnte aber auch auf die Untersuchung von Bedarfsmustern anderer Energieabnehmer (z. B. Strom oder Verkehr) ausgeweitet werden;
- Planung durch die Entwicklung eines mathematischen Modells des Energiesystems, das sicherstellt, dass die Energie (Wärmebedarf) der urbanen Nutzer zu möglichst niedrigen Kosten und unter bestimmten Umweltauflagen gedeckt wird, wobei aus einer Reihe einander ergänzender neuer und traditioneller Technologien ausgewählt wird;
- Vergleich durch die Entwicklung einer Schnittstelle zum Planungssystem, die die Nutzer in die Lage versetzt, die räumlichen, wirtschaftlichen, energie- und umweltbezogenen Ergebnisse der verschiedenen mit dem Rechenmodell erhaltenen Szenarien zu vergleichen;
- Anwendung des Planungsinstruments um damit auf die Spezifika einzelner Gebiete einzugehen,

## 1.2 I risultati del progetto: il quadro IDEE e questa pubblicazione

Die Projektergebnisse: das IDEE-Framework und diese Publikation



*Fig. 1.1 Il modello di pianificazione energetica IDEE.*  
*Abb. 1.1 Das IDEE-Energieplanungsframework.*

un processo decisionale partecipativo oppure per attuare schemi normativi o di sostegno in modo diffuso.

Nel modello IDEE, ciascuna di queste fasi è supportata da strumenti GIS per l'analisi urbana e regionale, come descritto nella presente pubblicazione.

Ogni capitolo della pubblicazione è dedicato a una fase del modello di pianificazione e descrive i concetti e gli strumenti che sono stati sviluppati nell'ambito del progetto IDEE a supporto delle diverse attività. Vengono proposte alcune indicazioni pratiche su come applicare il modello nella realtà facendo riferimento a quanto fatto nelle regioni pilota.

mit dem Ziel, maßgebliche Informationen für partizipative Entscheidungsprozesse bereitzustellen oder eine Implementierung von Förderregelungen zu unterstützen.

Im IDEE-Framework wird jede dieser Phasen durch geografische Informationsinstrumente für die urbane und regionale Analyse unterstützt, wie in dieser Publikation erläutert wird.

Jedes Kapitel der Publikation ist der entsprechenden Phase des Planungsframeworks gewidmet und erläutert die Konzepte und Tools, die im Rahmen des Projekts IDEE zur Unterstützung der jeweiligen Aktivitäten entwickelt wurden. Eine praktische Orientierungshilfe bei der Implementierung und Anwendung wird dadurch gegeben, dass auf die Anwendung des Frameworks in den Pilotregionen verwiesen wird.

## 1.3 I partner di progetto e il loro ruolo

### Die Projektpartner und ihre Rollen

#### Università degli Studi di Udine

L'Università degli Studi di Udine (UNIUD) è un'università pubblica, fondata nel 1978. Ha 15.414 studenti iscritti, 678 professori e ricercatori e 148 assegnisti di ricerca. La ricerca è sviluppata e coordinata da 9 dipartimenti e 9 centri di ricerca e supportata da un ufficio amministrativo centrale.

UNIUD è stata coinvolta come partner in numerosi progetti di ricerca europei (6 HORIZON 2020, 38 FP7, 20 progetti internazionali, 32 progetti di cooperazione territoriale). Il personale coinvolto nel progetto IDEE ha know-how e competenze qualificate in materia di progettazione e modellazione di sistemi energetici (DPIA – Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura), avendo collaborato a progetti internazionali sull'efficiamento energetico in ambito industriale e commerciale (FP7 CommONEnergy, Interreg CEEM e BREF) e svolto ricerche nel settore del teleriscaldamento e teleraffrescamento che hanno supportato la realizzazione della prima rete di teleriscaldamento in Friuli Venezia Giulia. I ricercatori coinvolti svolgono attività didattica e di ricerca scientifica nel campo della progettazione e pianificazione energetica.

#### Università degli Studi di Udine

Die Universität Udine (UNIUD) ist eine staatliche Hochschule, die 1978 gegründet wurde. Sie hat 15.414 immatrikulierte Studierende, 678 Dozenten und Forscher und 148 Postdocs. Die Forschung wird von 9 Fachbereichen und 9 Forschungszentren entwickelt und koordiniert und von einer zentralen Verwaltungsabteilung unterstützt.

UNIUD hat als Projektpartner an zahlreichen europäischen Forschungsprojekten teilgenommen (6 HORIZON 2020, 38 FP7, 20 internationale Projekte, 32 territoriale Kooperationsprojekte). Das am Projekt IDEE beteiligte Team hat das notwendige Know-how und die entsprechenden Kompetenzen im Bereich Planung und Modellierung von Energiesystemen (DPIA – Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Architektur), da es schon an internationalen Projekten zur Förderung der Energieeffizienz in Industrie und Handel (FP7 CommONEnergy, Interreg CEEM und BREF) teilgenommen und Forschungsarbeiten im Bereich Fernwärme und Fernkälte durchgeführt hat, die die Entwicklung des ersten Fernwärmenetzes in Friaul Julisch Venetien unterstützt haben. Die am Projekt beteiligten Wissenschaftler sind in Lehre und Forschung im Bereich Planung und Entwicklung von Energiesystemen tätig.



#### Research Studio iSPACE

Research Studio iSPACE fa parte dell'ente Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH ed agisce come intermediario tra il mondo della ricerca accademica ed il mercato. La ricerca di base ed applicata nel campo dei sistemi georeferenziati supporta le decisioni strategici dei policy maker. Lo sviluppo e la fornitura di materiali a supporto dei processi di decision-making per sfide complesse nell'ambito dei sistemi energetici e dell'organizzazione spaziale dell'informazione rappresentano una delle competenze cardine di Studio iSPACE. Analisi spaziali, simulazione e visualizzazione di specifiche questioni nell'industria energetica consentono di supportare i processi decisionali nelle imprese e nelle organizzazioni del settore dell'energia con riferimento ad una gestione efficiente e sostenibile. Particolare attenzione viene prestata all'analisi dei potenziali delle energie rinnovabili ed agli schemi di domanda ad un livello spazialmente e temporalmente esplicito, all'ottimizzazione di sistemi energetici urbani e rurali ed all'analisi di scenario. iSPACE ha anche competenza nei servizi di informazione geografica interoperabili su web, nelle strategie per l'ottenimento di geo-data standardizzati, nell'integrazione ed armonizzazione di fonti di dati eterogenee, nell'integrazione di dati in tempo reali e nel data processing.

#### Research Studio iSPACE

Das Research Studio iSPACE ist Teil der Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH (RSA FG), welche als Pipeline zwischen Universitäten und Wirtschaft fungiert. Der Fokus des Studios liegt in der Forschung und der Entwicklung von Grundlagen mit dem Ziel strategische Entscheidungen zu unterstützen. Die Entwicklung und Bereitstellung von Methoden und Lösungen, die eine Herausforderung mit starker raum-zeitlicher Komponente im Bereich Energiesysteme sowie der Organisation von räumlicher Information darstellen, sind Kernkompetenzen des Studios iSPACE. Mit Hilfe von räumlicher Analyse, Simulation und Visualisierung unterstützt iSPACE Firmen und Organisationen im Energiesektor bei ihren Entscheidungen in Hinblick auf ein effizientes und nachhaltiges Management. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Analyse von erneuerbaren Energiepotenzialen sowie räumlichen und zeitlichen Nachfragemustern, der Optimierung urbaner und ländlicher Energiesysteme und darauf basierender Szenarienentwicklung. iSPACE hat zudem Kernkompetenzen im Bereich der Entwicklung von interoperablen geografischen Webinformationsdiensten, Strategien zur Bereitstellung standardisierter Geodaten, Integration und Harmonisierung von heterogenen Datenquellen und Live-Daten sowie raumzeitlicher Datenprozessierung.

## Università Iuav di Venezia

Iuav è un'Università pubblica fondata nel 1926 ed è una delle prime Scuole di Architettura pubbliche italiane. Dispone di un articolato network di relazioni con differenti attori: imprese, studi professionali e istituzioni che commissionano progetti di ricerca o fanno uso dei servizi forniti dai Laboratori Iuav, ma anche centri di ricerca e partner internazionali. Non si tratta solo di un'istituzione scientifica e didattica, ma anche di un interlocutore privilegiato che intercetta la domanda del territorio e si interfaccia con stakeholder regionali in Veneto. Il gruppo di ricerca che ha contribuito all'attuazione del progetto IDEE appartiene al Dipartimento di Culture del Progetto e svolge la sua ricerca all'interno dei laboratori Iuav nel campo della fisica degli edifici e delle tecnologie per l'architettura. Il gruppo dispone di strumentazione e competenze per la caratterizzazione termo-fisica di componenti e materiali, per la valutazione energetica degli edifici, oltre che di GIS e tecnologie ICT per la realizzazione di dataset urbani geo-referenziati a supporto delle politiche locali legate all'efficienza energetica.

## Università Iuav di Venezia

Iuav, gegründet im Jahr 1926, ist eine staatliche Universität und gleichzeitig eine der ersten staatlichen Architekturhochschulen Italiens. Iuav pflegt ein weitläufiges Beziehungsnetzwerk mit vielen Organisationen: Firmen, Büros und lokalen Institutionen, welche Forschungsprojekte in Auftrag geben oder die Dienste der Iuav-Labore in Anspruch nehmen und als Partner in internationalen Forschungsprojekten auftreten. Iuav ist nicht nur eine Institution der Forschung und Lehre, sondern auch ein privilegierter Ansprechpartner, der auf die Nachfrage und die Region eingeht und mit den regionalen Interessengruppen im Veneto kommuniziert. Die Forschungsgruppe, die an der Umsetzung des Projekts IDEE mitgewirkt hat, gehört zum Fachbereich Projektkulturen und forscht in den Iuav-Laboren zu den Themen Gebäudephysik und Technologie in der Architektur. Die Gruppe verfügt über Instrumente und Kompetenzen für die thermophysikalische Beschreibung von Komponenten und Werkstoffen für die Energiebewertung von Gebäuden, sowie in den Bereichen GIS und IKT-Technologien für den Aufbau georeferenzierter urbaner Datenbasen zur Unterstützung lokaler Strategien in Verbindung mit Energieeffizienz.

#### Certottica

Certottica è l'Istituto Italiano per la Certificazione dei Prodotti Ottici. Consapevole del repentino mutamento del mercato globale, Certottica si muove in una dimensione multi distrettuale e, grazie anche alla sinergia con la controllata Dolomitcert, offre molteplici servizi alle imprese dei settori produttivi locali tra cui ricerca e sviluppo, formazione di alto livello, proposte di norme nazionali e internazionali nel settore ottico, rapporti di prova per certificare la conformità del prodotto.

Certottica, negli ultimi anni, ha sviluppato e seguito numerosi progetti a livello regionale, nazionale e soprattutto internazionale, partecipando a molteplici progetti Interreg su diverse tematiche, quali i materiali per il settore occhialeria e i trattamenti al plasma (APollo - Occhiali Anti Polline, D.W.V.P. - Development Water Varnish Processes, ICAP - Innovazione tramite applicazioni combinate delle tecnologie al plasma), l'ecosostenibilità e l'ambiente (NO WASTE - Biodiversità migliorata per uno sfruttamento senza rifiuti delle colture tradizionali), le energie rinnovabili e il risparmio energetico (UEB - Urban Energy weB).

#### Certottica

Certottica ist das italienische Institut für die Zertifizierung von Optikprodukten. Im Bewusstsein der plötzlichen Veränderung des globalen Marktes bewegt sich Certottica auf mehreren Ebenen, und auch dank der Synergie mit dem Tochterunternehmen Dolomitcert bietet das Institut zahlreiche Dienstleistungen für die Unternehmen der lokalen Produktionsbranchen an, darunter Forschung und Entwicklung, Fortbildung auf höchstem Niveau, Vorschläge für nationale und internationale Normen im Bereich Optik und Testberichte für die Zertifizierung der Produktkonformität.

In den letzten Jahren hat Certottica zahlreiche Projekte auf regionaler, nationaler und vor allem auch internationaler Ebene entwickelt und begleitet und an vielen Interreg-Projekten zu unterschiedlichen Themen teilgenommen, darunter Werkstoffe für die Brillenindustrie und Plasmabeschichtungen (APollo - Anti-Pollen-Brille, D.W.V.P.- Development Water Varnish Processes, ICAP -Innovation durch kombinierte Anwendungen der Plasma-Technologie), ökologische Nachhaltigkeit und Umwelt (NO WASTE - Verbesserte Biodiversität für eine abfallfreie Nutzung traditioneller Kulturpflanzen) sowie erneuerbare Energien und Energieeinsparung (UEB - Urban Energy weB).

## **Consorzio BIM Piave Belluno**

Il Consorzio B.I.M. Piave Belluno è un ente locale che rappresenta 60 Comuni della Provincia di Belluno. L'obiettivo di questa realtà, fortemente legata alla sua terra, è quello di realizzare e promuovere attività di sviluppo economico e sociale del territorio bellunese attraverso l'utilizzo dei sovraccanoni idroelettrici, pagati dai concessionari di derivazioni idroelettriche sulla base della potenza degli impianti. Da molti anni il Consorzio B.I.M. Piave di Belluno sostiene lo sviluppo economico in ambiti diversi, contribuendo sia alla realizzazione di scuole, ospedali ed altre infrastrutture importanti, sia alla realizzazione di reti a gpl e reti del gas metano. Il Consorzio B.I.M. Piave di Belluno intraprende anche attività per lo sviluppo delle energie rinnovabili e per la promozione e diffusione della connettività a banda larga. Inoltre, sostiene iniziative in ambito sociale, culturale e sportivo. Il Consorzio BIM vuole continuare ad essere un incubatore, una forza trainante e un coordinatore di azioni per promuovere uno sviluppo sostenibile dal punto di vista ambientale per il territorio di riferimento soprattutto nei settori dell'innovazione tecnologica, delle energie rinnovabili e del risparmio energetico, anche attraverso la partecipazione a numerosi progetti nazionali ed internazionali. I progetti principali

## **Consorzio BIM Piave Belluno**

Das Konsortium B.I.M. Piave Belluno ist eine Körperschaft, die 60 Gemeinden der Provinz Belluno umfasst. Ziel dieser eng mit ihrer Region verbundenen Körperschaft ist es, die wirtschaftliche und soziale Entwicklung der Provinz Belluno mit Hilfe der Nutzung der Wasserkraftgebühren zu fördern und umzusetzen, die von den Konzessionären von Wasserableitungen je nach Anlagenleistung bezahlt werden. Seit vielen Jahren unterstützt das Konsortium B.I.M. Piave Belluno die Wirtschaftsentwicklung in verschiedenen Bereichen und leistet sowohl zum Bau von Schulen, Krankenhäusern und sonstigen wichtigen Infrastrukturen als auch zum Bau von GPL- und Erdgasnetzen einen Beitrag. Das Konsortium B.I.M. Piave Belluno unterstützt auch die Entwicklung erneuerbarer Energien und die Förderung und den Ausbau des Breitbandnetzes. Zudem fördert es Initiativen in den Bereichen Soziales, Kultur und Sport. Das Konsortium BIM will weiterhin Ansprechpartner, treibende Kraft und Koordinator von Maßnahmen zur Förderung einer ökologisch nachhaltigen Entwicklung für die Region sein, vor allem in den Bereichen technologische Innovation, erneuerbare Energien und Energiesparen, und zwar auch durch die Teilnahme an zahlreichen nationalen und internationalen Projekten. Die wichtigsten Projekte sind: FOODIE, ein Projekt im

### 1.3 I partner di progetto e il loro ruolo Die Projektpartner und ihre Rollen

sono: FOODIE, progetto nell'ambito FP7 per la creazione di una piattaforma su cloud di dati relativi al settore agricolo; CNR - Smart City Test Plant che ha l'obiettivo di fornire linee guida per trasformare i comuni in autentiche "Città intelligenti" attraverso l'installazione di dispositivi per rilevare diversi aspetti del territorio pubblico; AlpEnergy, progetto del Programma Spazio Alpino 2007-2013, che riunisce enti e istituzioni di cinque diversi paesi - Francia, Germania, Italia, Slovenia e Svizzera - per affrontare la questione dell'approvvigionamento di energia rinnovabile, delle smart grid e dei sistemi di alimentazione virtuale; Klima-DL, un progetto Interreg Italia-Austria per la salvaguardia dell'ambiente attraverso il risparmio energetico e l'uso sostenibile delle fonti energetiche rinnovabili.

Rahmen des FP7 zum Aufbau einer Cloud-Plattform von Daten zur Landwirtschaft; CNR - Smart City Test Plant, dessen Ziel die Bereitstellung von Leitlinien ist, mit denen die Gemeinden mit Hilfe der Installation von Geräten zur Erfassung verschiedener Aspekte des öffentlichen Raums zu echten „intelligenten Städten“ werden; AlpEnergy, ein Projekt des Alpenraum-Programms 2007-2013, in dem Körperschaften und Institutionen aus fünf verschiedenen Ländern - Frankreich, Deutschland, Italien, Slowenien und der Schweiz - gemeinsam die Frage der Versorgung mit erneuerbaren Energien, intelligenten Netze und virtuellen Versorgungssysteme behandeln; Klima-DL, ein Projekt des Interreg-Programms Italien-Österreich zum Umweltschutz durch Energieeinsparungen und die nachhaltige Nutzung erneuerbarer Energien.

## I ruoli dei vari Partner

Il DPIA dell'Università degli Studi di Udine ha coordinato il progetto, integrando gli strumenti analitici sulla domanda di calore nell'approccio in collaborazione con luav; assieme a Studio iSPACE ha sviluppato modelli per sistemi energetici municipali e distrettuali a partire dall'esistente modello Rivus, reso disponibile da iSPACE e dalla TU Munich, migliorandolo ed inserendovi strumenti per la valutazione economica ed ambientale di diverse tecnologie in un approccio basato sulla localizzazione spaziale specifica delle varie tecnologie. Si è occupato in particolare di testare il framework nell'area industriale e urbana di Maniago e ha contribuito all'applicazione nelle aree di Feltre e Seeham.

Studio iSPACE di Research Studios Austria GmbH è stato responsabile dell'identificazione ed interpretazione di indicatori spaziali rendendoli disponibili per un'analisi spaziale discreta dei sistemi energetici, portando il proprio know how sull'analisi dei dati territoriali disponibili in Austria e sul modello di partenza individuato. Il partner si è occupato, in particolare, della realizzazione di interfacce utili alla comparazione di soluzioni tecnologiche diverse, e ha testato il modello nella regione Salzburger Seenland.

Il ruolo di luav è connesso alla competenza nella Tecnologia dell'Architettura, nella Fisica Tecnica e nei Sistemi Informativi Territoriali, alla conoscenza dei dati spaziali e catastali disponibili in Italia e alla loro integrazione ed elaborazione con sistemi GIS ai fini della previsione dei fabbisogni termici attuali e futuri degli edifici. Il contributo di luav si è quindi focalizzato nella definizione del framework per il calcolo del fabbisogno energetico degli edifici.

Certottica ha supportato i partner nell'analisi commerciale sulle tecnologie innovative considerate nella ricerca, in particolare relativamente all'uso delle biomasse, ha curato gli aspetti relativi alla comunicazione di progetto e, in collaborazione con il Consorzio BIM, l'interazione con i portatori di interesse

## Die Rollen der verschiedenen Partner

Der Fachbereich DPIA der Universität Udine hat das Projekt koordiniert und die Analyseinstrumente für den Wärmebedarf in Zusammenarbeit mit luav integriert; zusammen mit Studio iSPACE hat der Fachbereich auf der Grundlage des bestehenden Rivus-Modells, das von der TU München entwickelt und als open-source bereitgestellt wurde, Modelle für Energiesysteme auf Gemeinde- und Bezirksebene entwickelt, das Modell adaptiert und Instrumente zur wirtschaftlichen und ökologischen Bewertung der verschiedenen Technologien in einem auf dem spezifischen räumlichen Standort der verschiedenen Technologien basierenden Ansatz in das Modell integriert. Insbesondere hat er das Framework im Stadt- und Gewerbegebiet von Maniago getestet und zur Anwendung in den Gebieten Feltre und Seeham beigetragen.

Das Studio iSPACE der Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH war für die Identifizierung und Interpretation der Raumindikatoren verantwortlich, hat diese für eine diskrete räumliche Analyse der Energiesysteme bereitgestellt und sein Know-how zur Analyse der in Österreich verfügbaren Geodaten und in der Adaption des ursprünglichen RIVUS Modells eingebracht. Der Projektpartner hat sich vor allem mit dem Aufbau von Schnittstellen befasst, die für den Vergleich von unterschiedlichen technischen Lösungen nützlich sind, und das Modell im Salzburger Seenland getestet.

Die Rolle von luav hängt mit der Kompetenz in den Bereichen Technologie in der Architektur, technische Physik und Rauminformationssysteme, mit der Kenntnis der in Italien verfügbaren Raum- und Katasterdaten und ihrer Integration und Verarbeitung mit GIS-Systemen zur Planung des aktuellen und zukünftigen Wärmebedarfs von Gebäuden zusammen. luav Beitrag konzentrierte sich somit auf die Definition des Frameworks zur Berechnung des Energiebedarfs von Gebäuden.

### 1.3 I partner di progetto e il loro ruolo Die Projektpartner und ihre Rollen

territoriali e le aziende, particolarmente nella provincia di Belluno. Il Consorzio BIM ha portato la buona pratica del proprio sistema informativo territoriale SITIC e della propria attività di supporto all'efficiamento energetico nei comuni del Bacino Imbrifero del Piave; ha supportato l'integrazione dei modelli all'interno del proprio sistema informativo territoriale, valutandone l'applicabilità anche ad altri casi studio nell'area.

Certottica hat die Partner bei der kaufmännischen Analyse der in der Forschungsarbeit berücksichtigten innovativen Technologien, insbesondere in Bezug auf die Nutzung von Biomasse, unterstützt und sich um alle Aspekte in Verbindung mit der Projektkommunikation und gemeinsam mit dem Konsortium BIM um die Kommunikation mit den Interessenträgern vor Ort und den Unternehmen vor allem in der Provinz Belluno gekümmert. Das Konsortium BIM hat die Best Practice seines Rauminformationssystems SITIC und seine Maßnahmen zur Förderung der Verbesserung der Energieeffizienz in den Gemeinden des Einzugsgebiets des Piave ins Projekt eingebracht; es hat die Integration der Modelle in sein Rauminformationssystem unterstützt und die Anwendbarkeit auch auf andere Fallstudien im Gebiet geprüft.





# 2

**Osservare: come analizzare  
l'ambiente urbano**

**Beobachten: Wie kann die urbane  
Region analysiert werden?**

Massimiliano Condotta

Damiana Chinese

Fabian Hofsäß

Giovanni Borga

Alessandra De Angelis



## **2.1 I sistemi energetici urbani. Stato dell'arte e opportunità nel territorio transfrontaliero**

### **Urbane Energiesysteme: Stand der Technik und Möglichkeiten im Grenzgebiet**

Più del 50% della popolazione mondiale vive in contesti urbani, con un trend crescente di urbanizzazione in tutto il mondo. Nonostante il richiamo anche mediatico delle megalopoli, i maggiori trend di urbanizzazione sono attesi nei centri urbani medi e piccoli (GEA, 2018). Ciò vale anche nel territorio transfrontaliero, che secondo recenti classificazioni (Eurostat 2018, basata su dati del 2011) è formato da regioni ancora a prevalenza rurale o con caratteristiche intermedie (con le eccezioni di Innsbruck e Trieste).

I sistemi energetici urbani, definiti come la “combinazione di processi con cui si ottiene e si utilizza l’energia per soddisfare la domanda di servizi (energetici) delle città” (Rutter e Keirstead, 2012), sono posti davanti a sfide crescenti, legate agli obiettivi di contenimento delle emissioni e di efficienza nell’uso delle risorse, e alle opportunità offerte dalla nuove tecnologie (Keirstead e Shah, 2013), sia energetiche che di trattamento dell’informazione. Entrambe costituiscono una sfida per le piccole città (GEA, 2018), chiamate a sfruttare l’informazione e l’analisi dei dati disponibili per decidere quali sono le tecnologie energetiche da preferire per raggiungere, possibilmente allo stesso tempo, l’eco-efficienza e la riduzione dei costi dei servizi.

Agli approcci di osservazione della città descritti in letteratura (GEA, 2018), quali quelli del demografo,

Über 50 % der Weltbevölkerung leben in urbanen Regionen, mit einem weltweit zunehmenden Trend der Urbanisierung. Trotz der auch medialen Anziehungskraft der Megastädte, werden die größten Urbanisierungstrends in den mittleren und kleinen Städten erwartet (GEA, 2018). Dies gilt auch für das Grenzgebiet, das nach den neuesten Klassifizierungen (Eurostat 2018, auf der Grundlage von Daten aus 2011) aus noch überwiegend ländlich geprägten Regionen bzw. aus Regionen mit dazwischen liegenden Merkmalen (mit den Ausnahmen Innsbruck und Triest) besteht.

Die urbanen Energiesysteme, die als eine „Kombination von Prozessen“ definiert werden, „mit denen Energie erzeugt und verwendet wird, um den Bedarf von (Energie-) Dienstleistungen der Städte zu decken“ (Rutter und Keirstead, 2012), stehen vor wachsenden Herausforderungen, die mit den Zielen der Emissionsbegrenzung und des effizienten Ressourcenverbrauchs sowie mit den von den neuen Technologien gebotenen Möglichkeiten verbunden sind (Keirstead und Shah, 2013), die sowohl im Bereich Energie als auch in der Informationsverarbeitung entstehen. Beide stellen eine Herausforderung für Kleinstädte dar (GEA, 2018), denn sie müssen die verfügbaren Informationen und Datenanalysen nutzen, um zu entscheiden, welche Energietechnologien vorzuziehen sind, um möglichst gleichzeitig die Ökoeffizienz und eine Kosteneinsparung bei den Energieleistungen zu erzielen.

dell'economista, del sociologo e del geografo, diventa utile aggiungere una modalità di osservazione tecnica e sistemica. Vanno osservate le criticità tecnologiche del territorio, individuando i servizi più carenti o a maggiore impatto sull'ambiente nel loro assetto tradizionale, e le opportunità tecnologiche di innovazione. Si passa quindi all'esame dei big data territoriali che sono disponibili per prevedere la domanda futura di questi servizi, anche in relazione a modalità tecnologiche innovative con cui possono essere soddisfatti. Il progetto IDEE si è focalizzato sulla domanda energetica degli edifici, con particolare riguardo al riscaldamento. La sezione 2.2. presenta i risultati dell'osservazione delle opportunità tecnologiche per il riscaldamento, mentre la sezione 2.3 si concentra sulle opportunità legate all'informazione e ai dati territoriali utili all'analisi energetica.

Somit wird es nützlich, neben den in der Fachliteratur beschriebenen Beobachtungsansätzen (GEA, 2018) wie denen der Demografen, Wirtschaftswissenschaftler, Soziologen und Geografen eine zusätzliche Beobachtung der Technik und der Systeme zu haben. Beobachtet werden müssen die technischen Probleme des jeweiligen Gebiets. Dabei müssen die fehlerhaftesten oder umweltschädlichsten Leistungen in ihrem traditionellen Aufbau sowie die technologischen Innovationsmöglichkeiten erkannt werden. Der nächste Schritt ist somit die Auswertung der für das Gebiet verfügbaren großen Datenmengen, um die zukünftige Nachfrage nach diesen Leistungen auch in Verbindung mit innovativen Technologien vorherzusagen, mit denen diese Nachfrage gedeckt werden kann. Das Projekt IDEE hat sich auf den Energiebedarf von Gebäuden mit dem Schwerpunkt Wärme konzentriert. In Abschnitt 2.2 werden die Ergebnisse der Beobachtung der technischen Möglichkeiten für die Gebäudeheizung vorgestellt, in Abschnitt 2.3 hingegen wird auf die Möglichkeiten in Verbindung mit den für die energetische Analyse nützlichen Raumdaten und -informationen eingegangen.

## 2.2 Le opportunità tecnologiche di tipo energetico Die energietechnischen Möglichkeiten

In questa sezione si esaminano le tecnologie disponibili sul mercato per soddisfare la domanda di riscaldamento in ambito urbano, valutandone sul piano tecnico l'applicabilità nel contesto transfrontaliero.

I sistemi energetici urbani legati alla soddisfazione della domanda termica urbana possono essere così suddivisi:

- sistemi di tipo distribuito, caratterizzati dalla presenza di numerosi impianti di conversione energetica localizzata all'interno del singolo edificio o unità abitativa;
- sistemi centralizzati, caratterizzati dalla presenza di impianti di conversione energetica ben localizzati all'interno del territorio urbano e con dimensioni e potenze energetiche rilevanti che garantiscono la parziale o completa copertura della domanda energetica di una ben delimitata area urbana attraverso un'apposita infrastruttura di distribuzione energetica.

Tra le soluzioni distribuite, i sistemi più comunemente utilizzati per soddisfare la domanda termica urbana sono legati soprattutto alla combustione domestica di combustibili fossili (come ad esempio gas naturale, GPL o nafta) e di biomassa (soprattutto legna da ardere o pellet).

In diesem Abschnitt werden die auf dem Markt erhältlichen Technologien untersucht, die den Wärmebedarf in urbanen Regionen decken können; dabei wird deren technische Machbarkeit im Grenzraum ausgewertet.

Urbane Energiesysteme können in Verbindung mit der Deckung des urbanen Wärmebedarfs folgendermaßen unterteilt werden:

- dezentrale Systeme, die sich durch zahlreiche Energieumwandlungsanlagen auszeichnen, die sich in den einzelnen Gebäuden oder Wohnungen befinden;
- zentralisierte Systeme, die sich durch Energieumwandlungsanlagen auszeichnen, die sich im Stadtgebiet befinden und eine solche Größe und Leistung haben, dass sie die partielle oder komplette Deckung des Energiebedarfs eines klar begrenzten urbanen Gebiets über eine entsprechende Infrastruktur zur Energieverteilung garantieren.

Unter den dezentralen Systemen zeichnen sich die am meisten verwendeten Systeme zur Deckung des urbanen Wärmebedarfs vor allem durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe (wie z. B. Erdgas, Flüssiggas oder Heizöl) und von Biomasse (vor allem Brennholz oder Pellets) in privaten Wohnhäusern aus.

I sistemi basati sulla combustione domestica sono caratterizzati dalla presenza di un apposito impianto che permette di convertire l'energia chimica contenuta all'interno del combustibile in calore che viene successivamente distribuito tramite appositi terminali all'interno degli edifici. Sulla base dei risultati del precedente progetto UEb, attraverso interviste con gli amministratori comunali e in base ai risultati del questionario somministrato nel progetto IDEE (vedi box), si osserva che i sistemi di conversione energetica più comuni nell'area interessata risultano essere le caldaie a gas tradizionali o a condensazione (queste ultime presentano un maggior rendimento di conversione e dunque minori perdite al camino), caldaie a nafta o GPL ed anche diverse caldaie alimentate a biomassa. In questo caso il calore è prodotto dalla combustione del cippato all'interno dell'apposita camera e accumulato sotto forma di acqua calda all'interno di un serbatoio di accumulazione. Questa tipologia di caldaia permette di sfruttare in maniera più efficiente, rispetto alle tradizionali stufe, il calore prodotto tramite la combustione del legno, ma può dar vita a problemi legati all'impossibilità di terminare la combustione al raggiungimento della temperatura massima dell'acqua nel serbatoio. Tali impianti risultano essere solitamente accoppiati ad addizionali sistemi di conversione energetica come ad esempio stufe, caminetti o stubi basati sulla combustione di legna o pellet.

Queste soluzioni sono tradizionalmente utilizzate per coprire il carico termico base durante il periodo invernale o per integrare il sistema tradizionale nelle giornate più fredde. Tale soluzione è caratteristica soprattutto delle zone montane, che presentano una maggiore disponibilità di legname e l'assenza di limitazioni o riduzioni per elevati livelli di concentrazione degli inquinanti nell'aria. Il rilevante utilizzo di biomassa, soprattutto se utilizzata all'interno di stufe tradizionali o caminetti, determina una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, ma un importante aumento delle emissioni in termini di NO<sub>x</sub>, CO, PM<sub>10</sub> e benzo(a)pyrene che sono nocivi per l'essere umano.

Diese auf Verbrennung in privaten Wohnhäusern beruhenden Systeme haben eine entsprechende Anlage, die die im Brennstoff enthaltene chemische Energie in Wärme umwandelt, die danach über entsprechende Leitungen in die Gebäude geleitet wird. Auf der Grundlage des Vorgängerprojekts UEb, mit Hilfe von Interviews mit kommunalen Verwaltern und anhand der Ergebnisse des im Rahmen des Projekts IDEE verteilten Fragebogens (siehe Kasten) wurde festgestellt, dass die im betreffenden Gebiet am meisten genutzten Systeme zur Energieumwandlung traditionelle Gasheizkessel oder Kondensationskessel (wobei letztere einen höheren Umwandlungsgrad und folglich einen geringeren Wärmeverlust im Schornstein aufweisen), Öl- oder Flüssiggaskessel und auch verschiedene mit Biomasse betriebene Heizkessel sind. In diesem Fall wird die Wärme durch die Verbrennung des Hackguts in der entsprechenden Brennkammer erzeugt und in Form von Warmwasser in einem Speichertank gespeichert. Diese Art von Heizkesseln bietet die Möglichkeit, die durch die Holzverbrennung erzeugte Wärme effizienter als mit traditionellen Öfen zu nutzen; allerdings können damit auch Probleme aufgrund der Tatsache entstehen, dass es unmöglich ist, die Verbrennung bei Erreichen der Höchsttemperatur des Wassers im Tank zu stoppen. Diese Anlagen werden normalerweise mit zusätzlichen Energieumwandlungssystemen wie z. B. Öfen, Kaminen oder Kachelöfen kombiniert, in denen Holz oder Pellets verbrannt werden.

Diese Lösungen werden traditionell verwendet, um den Grundwärmebedarf im Winter zu decken oder um das traditionelle Heizsystem an extrem kalten Tagen zu ergänzen. Sie sind vor allem für Bergregionen typisch, wo mehr Holz zur Verfügung steht und wo es keine durch hohe Schadstoffkonzentrationen in der Luft bedingte Begrenzungen oder Reduzierungen gibt. Die umfangreiche Nutzung von Biomasse, vor allem wenn sie in traditionellen Öfen und Kaminen verbrannt wird, bedingt zwar eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen, jedoch einen bedeutenden Anstieg der gesundheitsschädlichen NO<sub>x</sub>-, CO-, PM<sub>10</sub>- und Benzo(a)pyren-Emissionen.

## 2.2 Le opportunità tecnologiche di tipo energetico Die energietechnischen Möglichkeiten

Ultimamente, soprattutto a seguito di ammodernamenti degli impianti di riscaldamento domestici o nelle nuove realizzazioni, si tende ad optare in maniera sempre maggiore per soluzioni alimentate dall'energia elettrica (pompe di calore), specialmente accoppiate con sistemi di riscaldamento a bassa temperatura. La soluzione energeticamente più conveniente risulta essere la pompa di calore. Essa permette di utilizzare il calore a bassa temperatura presente nell'aria o nel terreno e, tramite un ciclo termodinamico, renderlo disponibile ad una temperatura più elevata ed idonea per il riscaldamento con terminali a bassa temperatura (45-55 °C). Questa tecnologia può garantire la produzione di anche più di 3 unità di calore per ogni unità di energia elettrica consumata. Il limite principale di questa tecnologia è dato dal fatto che la performance (indicata dal fattore COP) è fortemente legata alla differenza tra la temperatura della sorgente e dell'utenza finale. All'aumentare di questa differenza, il COP decresce drasticamente peggiorando il rendimento complessivo del sistema. Per questo motivo tale soluzione viene utilizzata unicamente nei moderni sistemi di riscaldamento caratterizzati da impianti a pavimento o terminali a bassa temperatura. È comunque possibile andare a considerare la possibilità di installare una pompa di calore dual split che permetta di soddisfare, tramite la stessa unità, sia la richiesta di condizionamento estivo che una copertura del carico termico parziale nel periodo invernale. Queste tecnologie non sono caratterizzate da emissioni locali, ossia di inquinanti atmosferici. Tuttavia, esse determinano comunque delle emissioni globali (indirette) di gas serra, principalmente nel caso in cui l'elettricità sia prodotta in centrali non rinnovabili.

Con il principale scopo di ridurre i costi finali per l'utente, sfruttando economie di scala e aumentando l'efficienza dei sistemi energetici, diverse soluzioni centralizzate che soddisfino la richiesta termica urbana sono al giorno d'oggi possibili e praticate soprattutto sul versante austriaco. La soluzione più utilizzata è basata sul teleriscaldamento ad alta tempe-

In der letzten Zeit kommen vor allem in Folge von Modernisierungen privater Heizungsanlagen oder bei Neubauten tendenziell immer mehr strombetriebene Lösungen (Wärmepumpen) zum Einsatz, die mit Niedertemperaturheizungen kombiniert werden. Die energietechnisch günstigste Lösung ist die Wärmepumpe. Sie bietet die Möglichkeit, die in der Luft oder im Boden vorhandene Niedertemperaturwärme zu nutzen und mit einem thermodynamischen Kreisprozess mit einer höheren Temperatur bereitzustellen, die für Niedertemperatur-Heizungsanlagen (45-55°C) geeignet ist. Diese Technologie kann sogar die Erzeugung von mehr als 3 Wärmeeinheiten pro verbrauchter Stromeinheit garantieren. Die Haupteinschränkung dieser Technologie liegt darin, dass die (mit der Leistungszahl angegebene) Leistung stark an den Temperaturunterschied zwischen Wärmequelle und Endabnehmer gebunden ist. Mit zunehmender Differenz nimmt die Leistungszahl drastisch ab und verschlechtert den Gesamtwirkungsgrad des Systems. Aus diesem Grund darf diese Lösung nur bei modernen Heizanlagen mit Bodenheizung oder Niedertemperaturheizung verwendet werden. In jedem Fall kann die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, eine Dual-Split-Wärmepumpe zu installieren, die mit derselben Einheit sowohl den Kältebedarf im Sommer als auch einen Teil des Wärmebedarfs im Winter decken kann. Diese Technologien sind vor Ort emissionsfrei, das heißt sie geben keine Schadstoffe in die Atmosphäre ab. Allerdings verursachen sie (indirekte) globale Treibhausgasemissionen, vor allem dann, wenn der Strom aus nicht erneuerbaren Energien erzeugt wird.

Wenn man den Hauptzweck der Kostenersparnis für den Nutzer im Blick hat und dafür Skaleneffekte nutzt und die Effizienz der Energiesysteme verbessert, gibt es heute mehrere mögliche, zentralisierte Lösungen, die den urbanen Wärmebedarf decken und vor allem in Österreich genutzt werden. Die am meisten genutzte Lösung basiert auf der Hochtemperatur-Fernwärme (die Temperatur des ins Netz



ratura (temperatura dell'acqua in mandata inferiore ai 100°C). Esso è caratterizzato dalla presenza di uno o più centrali per la generazione della potenza termica richiesta la quale viene poi trasportata tramite un vettore energetico, come ad esempio l'acqua o altri fluidi termici, attraverso un'infrastruttura dedicata composta da tubi, valvole di laminazione, sistemi di pompaggio e di controllo fino all'utente finale. Esso può usufruire del calore tramite una sottostazione di scambio termico che garantisce la completa separazione tra il circuito primario di distribuzione e la rete domestica locale. L'infrastruttura può essere utilizzata a sua volta anche durante il periodo estivo al fine di realizzare il condizionamento dei vari utenti allacciati. I principali aspetti positivi legati all'utilizzo del teleriscaldamento sono il migliore rendimento di conversione energetica ed i ridotti costi di funzionamento. Inoltre, tale soluzione permette un maggiore controllo delle emissioni in atmosfera con la possibilità di abbattere parzialmente alcune di queste, riducendo notevolmente l'impatto ambientale. Tale tecnologia permette inoltre di sfruttare in maniera intelligente i cascami termici industriali derivanti da vari processi produttivi andando a ridurre in maniera considerevole il consumo di energia primaria. In conclusione, con tale sistema si può ottenere una notevole riduzione dell'impatto ambientale garantendo un costo finale per l'utente ridotto anche oltre il 20% rispetto, ad esempio, alle tecnologie domestiche basate sulla combustione del gas. È evidente però che tale soluzione presenta anche degli svantaggi non trascurabili legati alle rilevanti perdite termiche dovute alla conduzione del calore tra il fluido caldo ed il terreno (solitamente comprese tra il 5 ed il 15% del calore complessivamente immesso), agli importanti costi d'investimento necessari per la realizzazione della rete di teleriscaldamento ed infine alla necessità di provvedere a sistemi ausiliari che garantiscano il servizio anche in caso di guasto del sistema principale. Il calore necessario può provenire da diversi impianti di conversione energetica che

kommanden bereitgestellten Wassers liegt unter 100°C). Ein Hochtemperatur-Fernwärmenetz zeichnet sich durch ein oder mehrere Heizkraftwerke für die Erzeugung der gewünschten Wärmeleistung aus, die dann über einen Energieträger wie z. B. Wasser oder andere thermische Flüssigkeiten durch ein geeignetes Netz aus Rohrleitungen, Expansionsventilen, Pumpsystemen und Steuerungen bis zum Endverbraucher geleitet wird. Es kann die Wärme über eine Unterstation für den Wärmetausch nutzen, die die vollkommene Trennung zwischen Hauptkreis und lokalem privatem Netz garantiert. Das Fernwärmenetz kann wiederum auch im Sommer genutzt werden, um die verschiedenen angeschlossenen Verbraucher auch mit Kälte zu versorgen. Die wichtigsten positiven Aspekte in Verbindung mit der Nutzung von Fernwärme sind der bessere Umwandlungsgrad und die niedrigeren Betriebskosten. Außerdem können damit die Schadstoffemissionen in der Atmosphäre besser kontrolliert und sogar teilweise reduziert werden, womit die Auswirkungen auf die Umwelt stark verringert werden. Mit dieser Technik ist es außerdem möglich, industrielle Abwärme aus diversen Produktionsprozessen intelligent zu nutzen, wodurch sich der Verbrauch von Primärenergie bemerkenswert reduziert. Schließlich kann mit Fernwärme eine beachtliche Reduzierung der Umweltauswirkungen erzielt und ein Endpreis für den Verbraucher garantiert werden, der manchmal sogar mehr als 20 % niedriger ist als zum Beispiel die auf der Verbrennung von Erdgas basierenden Technologien für Privathaushalte. Es ist jedoch offensichtlich, dass Fernwärme als Lösung auch durchaus beachtliche Nachteile mit sich bringt, die mit den bedeutenden Wärmeverlusten aufgrund der Wärmeleitung zwischen warmer Flüssigkeit und Boden (normalerweise liegen diese zwischen 5 und 15 % der insgesamt ins Netz eingespeisten Wärme), mit den hohen Investitionskosten, die für den Aufbau eines Fernwärmenetzes erforderlich sind, und mit der Notwendigkeit zusammenhängen, Hilfssysteme bereitzustellen, die den Betrieb auch bei einer Störung



## 2.2 Le opportunità tecnologiche di tipo energetico Die energietechnischen Möglichkeiten

sfruttano diverse sorgenti. Le soluzioni più utilizzate sono le tecnologie cogenerative accoppiate con boiler ad integrazione alimentati a biomassa o gas naturale. La cogenerazione, nota anche con l'acronimo CHP (*"Combined Heat and Power"*), è basata sulla produzione contemporanea di energia elettrica e calore a partire dalla combustione di un'unica fonte di energia. Essa permette di ridurre in maniera considerevole le perdite energetiche, ottimizzando al meglio la produzione delle due diverse forme energetiche. I principali sistemi cogenerativi che possono essere accoppiati ad una rete di teleriscaldamento sono i motori a combustione interna alimentati a gas naturale, diesel o bio-carburanti, le turbine a gas o i gruppi ORC. Le turbine a gas sono utilizzate per lo più quando è richiesta una grande quantità di calore (solitamente oltre i 100 MW termici) e quindi per grandi città con numerosi utenti allacciati, mentre sistemi basati su impianti ORC o su motori cogenerativi sono più facilmente modulabili e compatibili con reti di teleriscaldamento più piccole e locali. La soluzione basata su motori a combustione interna è caratterizzata dall'utilizzo di un numero adeguato di motori che funzionano in parallelo e che possono essere accesi o spenti in base alle necessità termiche ed elettriche del periodo. L'energia prodotta può essere localmente autoconsumata o ceduta alla rete al prezzo d'acquisto stabilito dal mercato. Tale soluzione non richiede elevati spazi per l'installazione grazie anche alle dimensioni piuttosto contenute dei singoli moduli. L'impianto ORC invece richiede maggiore spazio per la sua realizzazione poiché necessita di una caldaia per la generazione del calore e di un apposito spazio per lo stoccaggio della biomassa necessaria al suo funzionamento. L'energia prodotta e ceduta alla rete viene remunerata in base a tariffe incentivanti che determinano la sostanziale convenienza di questa soluzione. I boiler industriali sono invece solitamente utilizzati al fine di integrare la potenza termica generata dai sistemi cogenerativi con lo scopo di coprire i picchi di

des Hauptnetzes garantieren. Die notwendige Wärme kann aus verschiedenen Energieumwandlungsanlagen kommen, die unterschiedliche Quellen nutzen. Am meisten wird die Kraft-Wärme-Kopplung in Verbindung mit ergänzenden mit Biomasse oder Erdgas betriebenen Kesseln verwendet. Die Kraft-Wärme-Kopplung, die auch unter der Abkürzung KWK (im Englischen CHP, *"Combined Heat and Power"*) bekannt ist, basiert auf der gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme aus der Verbrennung einer einzigen Wärmequelle. Sie bietet die Möglichkeit, den Energieverlust stark zu verringern und die Erzeugung der zwei verschiedenen Energieformen bestmöglich zu optimieren. Die wichtigsten KWK-Anlagen, die an ein Fernwärmenetz angeschlossen werden können, sind mit Erdgas, Diesel oder Biotreibstoff betriebenen Verbrennungsmotoren, Gasturbinen oder ORC-Aggregate. Gasturbinen werden meistens dann verwendet, wenn eine große Wärmemenge gebraucht wird (normalerweise mehr als 100 thermische MW), also für Großstädte mit vielen angeschlossenen Verbrauchern; Systeme, die auf ORC-Anlagen oder auf Blockheizkraftwerken basieren, können hingegen einfacher moduliert werden und sind mit kleineren und lokalen Fernwärmenetzen besser vereinbar. Die auf Verbrennungsmotoren basierende Lösung zeichnet sich durch den Einsatz einer angemessenen Zahl von Motoren aus, die parallel in Betrieb sind und je nach Wärme- und Strombedarf des Zeitraums ein- oder ausgeschaltet werden können. Die erzeugte Energie kann vor Ort selbst verbraucht oder ins Netz zum festgelegten Marktpreis eingespeist werden. Diese Lösung braucht nicht viel Installationsraum, auch weil die einzelnen Module relativ klein sind. Der Bau einer ORC-Anlage hingegen braucht mehr Raum, weil ein Heizkessel für die Wärmeerzeugung und ein geeigneter Raum für die Lagerung der für den Anlagenbetrieb erforderlichen Biomasse gebraucht werden. Der Preis für die erzeugte und ins Netz eingespeiste Energie wird gefördert, weshalb diese Lösung wirtschaftlich günstig ist. Industriekessel werden hinge-

richiesta della rete. I sistemi centralizzati basati su soluzioni di tipo cogenerativo permettono di ridurre in maniera ancora più sostanziale le emissioni garantendo una quantità di "emissioni evitate" proporzionale all'elettricità prodotta.

Negli ultimi anni sono state sperimentate alcune soluzioni di teleriscaldamento a bassa temperatura, note anche come teleriscaldamento di 3° e 4° generazione. Esse si abbinano bene a impianti domestici di distribuzione del calore alimentati a flussi a bassa temperatura (pavimenti radianti) e, grazie alla riduzione della temperatura di mandata dell'acqua (attorno ai 50°C), sono caratterizzati da minori perdite per conduzione e dalla possibilità di sfruttare il calore recuperabile da ulteriori sorgenti energetiche a bassa temperatura (quali ad esempio calore di scarto industriale disponibile a bassa temperatura) migliorando in maniera decisiva l'efficienza energetica.

gen normalmente genutz, um die von KWK-Anlagen erzeugte Wärmeleistung zu ergänzen und so die vom Netz geforderten Spitzenleistungen zu decken. Mit auf KWK-Anlagen basierenden zentralisierten Systemen ist es möglich, die Emissionen noch stärker zu senken und eine zum erzeugten Strom proportionale Menge an „vermiedenen Emissionen“ zu garantieren.

In den letzten Jahren wurden einige Niedertemperatur-Fernwärmelösungen getestet, die auch als Fernwärme der 3. und 4. Generation bekannt sind. Diese lassen sich gut mit privaten Niedertemperatur-Wärmeverteilungsanlagen (Fußbodenheizung) kombinieren und zeichnen sich dank der niedrigen Wassertemperatur (um 50°C) durch geringere leitungsbedingte Wärmeverluste und durch die Möglichkeit aus, die aus anderen Niedertemperatur-Energiequellen wiederverwertbare Wärme (wie z. B. verfügbare industrielle Niedertemperatur-Abwärme) zu nutzen und die Energieeffizienz damit entschieden zu verbessern.

## 2.3 Le banche dati disponibili per studiare il territorio urbano transfrontaliero

### Die für die Analyse der urbanen Grenzregion verfügbaren Datenbanken

Il modello di analisi su cui si basa il progetto IDEE è finalizzato alla modellazione del patrimonio edilizio urbano in ragione delle caratteristiche fisico-morfologiche da cui dipendono le effettive performance energetiche. Anziché adottare un approccio basato sulla misura dei consumi effettivi, che non consentirebbe la replica della metodologia in altri contesti, IDEE si basa sulla costruzione di un modello dati dettagliato e standardizzato che consenta di effettuare una stima il più possibile vicina al comportamento energetico reale degli edifici di un intero comune.

Il modello dati studiato per IDEE dipende ovviamente dalla disponibilità di dati disponibili con struttura omogenea a livello nazionale, cosa che garantisce la replicabilità dell'approccio. Possiamo suddividere le caratteristiche dell'edificato di cui esistono dati strutturati in due classi:

- Dati di tipo geometrico;
- Dati quantitativi o qualitativi correlati alle tipologie costruttive.

In entrambi i casi il modello prevede l'adozione di tolleranze. Nel primo caso vengono considerati non significativi gli errori introdotti dall'utilizzo di planimetrie di massima e di dati sommari sull'altimetria (numero di piani con altezza media stimata e computo vuoto per pieno); nel secondo caso si assu-

Das Analysemodell, auf dem das Projekt IDEE beruht, dient der Modellierung des urbanen Gebäudebestands mit seinen physisch-morphologischen Eigenschaften, von denen die tatsächliche jeweilige Energieeffizienz abhängt. Anstatt einen auf der Messung des tatsächlichen Verbrauchs basierenden Ansatz zu verfolgen, der eine Wiederholung der Methodik in anderen Gebieten nicht erlauben würde, basiert IDEE auf der Entwicklung eines detaillierten und standardisierten Datenmodells, mit dem eine Schätzung durchgeführt werden kann, die dem tatsächlichen energietechnischen Verhalten der Gebäude in einer Gemeinde ziemlich nahe kommt.

Das für IDEE untersuchte Datenmodell hängt natürlich von der Verfügbarkeit von Daten mit homogener Struktur auf nationaler Ebene ab, wodurch die Replizierbarkeit des Ansatzes garantiert wird. Wir können die Eigenschaften eines Gebäudes, dessen strukturierte Daten verfügbar sind, in zwei Klassen unterteilen:

- Geometrische Daten;
- Quantitative oder qualitative Daten, die mit dem Gebäudetyp korreliert sind.

In beiden Fällen sieht das Modell Toleranzen vor. Im ersteren Fall werden die durch den Einsatz von groben Grundrissen und zusammenfassenden Daten zur Gebäudehöhe (Anzahl der Geschosse mit geschätzter Durchschnittshöhe und Berechnung der Bruttoflächen und -rauminhalte) bedingten Fehler als

mono come parametri di performance energetica correlata ai materiali e tecniche costruttive dei dati medi associati all'epoca di costruzione documentata o desunta.

Nei paragrafi successivi vengono descritte le basi dati utilizzate per il territorio Italiano e per quello Austriaco nella realizzazione dei modelli di calcolo.

### 2.3.1 La situazione in Italia

Come detto precedentemente, la prima tipologia di dati da cui è possibile desumere parametri di stima riguardo le performance energetiche di un edificio riguarda la geometria dell'involucro edilizio.

Per quanto riguarda il territorio italiano, le informazioni necessarie, tipicamente suddivise tra planimetria ed elevazione, sono disponibili sia dalla cartografia tecnica numerica prodotta dagli enti regionali, sia dalle basi dati utilizzate dal Sistema Informativo catastale in uso dall'Agenzia delle Entrate. Nella scelta tra le due fonti, si è deciso di utilizzare il livello geografico del database catastale sostanzialmente per due motivi:

- Omogeneità del dato di elevazione: nelle Carte Tecniche Regionali Numeriche (CTRN) infatti, il dato sull'altezza di ciascun edificio non è sempre disponibile e a volte è gestito in modi diversi (punti quotati oppure coordinate 3D);
- Accuratezza geometrica: il perimetro di ciascun edificio, nel database catastale, è già suddiviso in unità elementari e corrisponde al profilo esterno delle murature, mentre nelle CTRN sono rappresentati perimetri delle coperture riprese dal volo aerofotogrammetrico, senza divisione degli edifici complessi nelle relative parti costitutive.

nicht signifikant betrachtet; im letzteren Fall werden als Parameter der mit Baumaterialien und -techniken korrelierten Energieeffizienz Durchschnittsdaten angenommen, die mit dem dokumentierten oder angenommenen Bauzeitraum verbunden sind.

In den folgenden Abschnitten werden die bei der Entwicklung der Rechenmodelle für das Projektgebiet in Italien und Österreich verwendeten Datenbestände beschrieben.

### 2.3.1 Die Situation in Italien

Wie schon gesagt, betrifft die erste Klasse von Daten, aus denen Parameter für die Schätzung der Energieeffizienz eines Gebäudes abgeleitet werden können, die Geometrie der Gebäudehülle.

Für Italien sind diese Informationen, die normalerweise in Gebäudegrundriss und -höhe unterteilt sind, sowohl auf digitalen technischen Karten verfügbar, die von den Regionen erstellt werden, als auch in Datenbanken, die vom Kataster-Informationssystem des Finanzamts (Agenzia delle Entrate) genutzt werden. Bei der Wahl der zwei Quellen wurde aus den folgenden zwei Gründen beschlossen, die geografische Ebene der Katasterdatenbank zu nutzen:

- Homogenität der Höhendaten: In den digitalen regionalen technischen Karten (CTRN) sind die Höhendaten zu den einzelnen Gebäuden nicht immer verfügbar, und manchmal werden sie unterschiedlich verwaltet (Höhenlagenpunkte oder 3-D-Koordinaten);
- Geometrische Genauigkeit: Der Perimeter der einzelnen Gebäude wird in der Katasterdatenbank schon in Grundeinheiten unterteilt und entspricht dem Außenprofil der Mauern, in den CTRN hingegen sind die Perimeter der luftbildfotografisch aufgenommenen Dächer dargestellt, ohne dass komplexe Gebäude dabei in die entsprechenden Bestandteile unterteilt werden.

### **I dati del catasto e le caratteristiche geometriche degli edifici**

Il catasto nazionale italiano, diviso tra catasto dei terreni e catasto dei fabbricati, è il registro dei beni immobili siti nel territorio italiano. In particolare, il catasto dei fabbricati, anche definito Nuovo Catasto Edilizio Urbano (N.C.E.U.), conserva l'inventario del patrimonio edilizio nazionale costituito dalle Unità Immobiliari Urbane (U.I.U.), ossia porzioni di fabbricato, fabbricati o insieme di fabbricati, che presentano potenzialità di autonomia funzionale e reddituale.

In Italia, nel 2010, a seguito del recepimento della Direttiva europea 2007/2/CE INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe), l'Agenzia delle Entrate ha reso consultabile online la cartografia catastale da parte delle Pubbliche Amministrazioni, delle imprese, dei professionisti e dei cittadini. Il servizio di consultazione è realizzato secondo lo standard Web Map Service (WMS) e consente di avere informazioni sui contenuti delle mappe catastali e di visualizzarli integrati con altri dati territoriali, direttamente tramite software GIS. Per questi scopi, l'Agenzia delle Entrate mette a disposizione il sistema SISter (Sistema Interscambio Territorio), una piattaforma web, con accesso tramite autenticazione, che permette di consultare i dati catastali di un immobile presente sul territorio nazionale; in particolare, dopo l'accesso e il pagamento degli oneri, il portale web consente di effettuare visure catastali, estratti di mappe, elaborati planimetrici e planimetrie catastali, ispezioni ipotecarie, trasmissione degli atti di aggiornamento della banca dati catastale e ipotecaria.

Il catasto dei fabbricati fornisce invece, tra le numerose informazioni necessarie alla gestione del servizio, dati utili sulle caratteristiche fisiche dell'edificio, quali la superficie catastale (ossia la superficie nominale in metri quadrati dell'immobile per fini fiscali), l'identificazione univoca (foglio, particella, sotto-unità), la categoria d'uso e l'indirizzo stradale.

### **Die Katasterdaten und die geometrischen Gebäudeeigenschaften**

Der italienische nationale Kataster, der in Gebäude- und Grundkataster unterteilt ist, ist das Register der Immobilien in Italien. Der Gebäudekataster, der auch neuer städtischer Gebäudekataster (N.C.E.U.) genannt wird, enthält das Inventar des italienischen Gebäudebestands, der aus städtischen Immobilieneinheiten (U.I.U.) besteht, d. h. aus Gebäudeteilen, Gebäuden oder Gebäudekomplexen, die funktional und ertragsmäßig potenziell eigenständig sind.

In Italien hat das Finanzamt (Agenzia delle Entrate) 2010 in Folge der Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie 2007/2/EG (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) die Katasterkarten online gestellt, die von öffentlichen Verwaltungen, Unternehmen, Fachleuten und Bürgern konsultiert werden können. Die Konsultation erfolgt nach dem Web Map Service-Standard (WMS) und bietet Informationen zu den Inhalten der Katasterdaten sowie die Möglichkeit, diese, ergänzt durch andere Raumdaten, direkt per GIS-Software aufzurufen. Zu diesem Zweck stellt die Agenzia delle Entrate das System SISter (Territoriales Austauschsystem) zur Verfügung. Dabei handelt es sich um eine Online-Plattform mit passwortgeschütztem Zugang, die die Konsultation der Katasterdaten einer Immobilie ermöglicht, die sich in Italien befindet. Insbesondere können Nutzer nach Anmeldung und Bezahlung der Gebühren Katastereinsichtnahmen, Kartenauszüge, Grundrisszeichnungen und Katastergrundrisse, Einsichtnahmen in Hypotheken und Übermittlungen von Urkunden zur Aktualisierung der Kataster- und Hypothekendatenbank vornehmen.

Der Gebäudekataster hingegen liefert unter anderem zahlreiche für den Betrieb notwendige Informationen; dabei handelt es sich um nützliche Daten zu den physischen Gebäudeeigenschaften wie die Katasterfläche (d. h. die Nennfläche der Immobilie in Quadratmetern zu Steuerzwecken), die eindeutige Identifizierung (Blatt, Parzelle, Untereinheit), Nutzungskategorie und Anschrift.

I dati di dettaglio forniti dall'Agenzia, utilizzabili da terzi per elaborazioni informatiche, sono di due tipologie:

- I file *geografici*, ovvero la mappa degli edifici, nel noto formato .SHP visualizzabile e processabile con software GIS;
- I file *censuari*, rilasciati in formato testo con campi a larghezza fissa, che contengono tutte le informazioni descrittive del manufatto (come ad esempio classi di unità immobiliare, superfici, piani, numero di vani, valori di rendita, riferimenti ai soggetti titolari, ecc.).

Integrando i diversi dataset, si possono correlare i dati geografici con quelli descrittivi estraendo tutti gli attributi utili, nonché derivare altri parametri mediante specifiche aggregazioni e calcoli algebrici. Ad esempio, per le finalità di questo studio, è stato ritenuto più efficace misurare la superficie in pianta dalla mappa degli edifici anziché prelevare il dato nominale, lacunoso e poco attendibile, associandolo successivamente ai dati di elevazione e di tipologia ricavati da file censuari.

### **La banca dati dell'ISTAT e i dati sull'epoca di costruzione degli edifici**

Nel contesto italiano attuale, gli enti locali raramente sono in possesso di rilevamenti sistematici e puntuali sul patrimonio edilizio urbano da cui sia possibile effettuare una classificazione degli edifici per epoca di costruzione. L'unica fonte che contiene questo tipo di informazioni ad un sufficiente grado di dettaglio (edificio) è il Censimento nazionale (l'ultimo risale al 2011), pubblicato dall'ISTAT.

I dati ISTAT contengono le informazioni sulle tipologie, gli usi (residenziale, non residenziale, uffici) e il periodo di costruzione di ciascun fabbricato censito ai fini statistici. L'età dell'edificio censito non è riportata puntualmente ma è riferita a nove classi: prima del 1919, 1919-1945, 1946-1960, 1961-1970,

Die von der Agenzia delle Entrate bereitgestellten und von Dritten für die elektronische Verarbeitung verwendbaren Daten umfassen zwei Kategorien:

- *Geografische* Dateien, d. h. die Gebäudekarte im bekannten Format .SHP, das mit der GIS-Software angezeigt und verarbeitet werden kann;
- *Tarifdateien*, die im Textformat mit Feldern in fester Größe bereitgestellt werden und alle beschreibenden Informationen zum Gebäude enthalten (wie z. B. Klassen der Immobilieneinheiten, Flächen, Geschosse, Anzahl der Räume, Ertragswerte, Angaben zu den Besitzern usw.).

Wenn die verschiedenen Datensätze integriert werden, können die geografischen mit den beschreibenden Daten korreliert und alle nützlichen Attribute extrahiert sowie sonstige Parameter mit Hilfe spezifischer Aggregationen und algebraischer Berechnungen abgeleitet werden. So wurde es zum Beispiel zum Zweck dieser Untersuchung für nützlicher erachtet, die Fläche nach dem Grundriss aus der Gebäudekarte zu messen anstatt den fehlerhaften und wenig zuverlässigen nominalen Wert zu nehmen und später mit den aus den Tarifdateien entnommenen Höhendaten und Daten zur Gebäudeart zu verbinden.

### **Die ISTAT-Datenbank und die Daten zum Bauzeitraum der Gebäude**

In Italien besitzen die Gemeinden derzeit selten systematische und detaillierte Datensätze zum städtischen Gebäudebestand, auf deren Grundlage eine Klassifizierung der Gebäude nach Bauzeitraum vorgenommen werden könnte. Die einzige Quelle, die diese Art von Informationen ausreichend detailliert (einzelnes Gebäude) enthält, ist die vom italienischen Statistikinstitut ISTAT veröffentlichte Volkszählung (die letzte wurde 2011 durchgeführt).

Die ISTAT-Daten enthalten Informationen zu Art, Nutzung (Wohn-, Nichtwohn-, Bürogebäude) und zum Bauzeitraum jedes einzelnen zu Statistikzwecken erfassten Gebäudes. Das Alter des erfassten Gebäudes ist nicht genau angegeben, sondern bezieht sich auf neun Klas-



### 2.3 Le banche dati disponibili per studiare il territorio urbano transfrontaliero Die für die Analyse der urbanen Grenzregion verfügbaren Datenbanken

1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2005, dopo il 2005.

I dati si riferiscono all'intero territorio nazionale e contengono specifiche informazioni sugli edifici e le unità abitative rilevate in modo identico per tutte le unità censuarie in cui è suddiviso il paese. La criticità più pesante è data dal fatto che i dati liberamente accessibili e utilizzabili dal pubblico sono rilasciati in forma aggregata per "sezione censuaria", ovvero per una suddivisione di ciascun comune in sub-zone che corrispondono sommarariamente ai centri abitati e alle rimanenti aree edificate in modo sparso. Nel caso del periodo di costruzione, il database pubblico dell'ISTAT contiene dunque, per ogni zona censuaria, il numero di edifici costruiti in ciascuna delle nove classi di età sopra descritte; il dato di dettaglio per edificio non è purtroppo utilizzabile per attività da parte di altri soggetti, seppur istituzionali.

#### 2.3.2 La situazione in Austria

Per la regione Salzburger Seenland sono stati acquisiti dati aperti, dati a pagamento e dati pubblici previsti dalla legge. Tutti sono stati inseriti in una banca dati utilizzata per completare i compiti previsti dal progetto IDEE.

##### Dati geografici

La modellizzazione e la localizzazione degli involucri edilizi nel Salzburger Seenland sono avvenute in due fasi. In primo luogo sono state ottenute planimetrie edilizie sulla base dei dati risultanti dalla mappa catastale digitale (DKM), da OpenStreetMap (OSM) e dalle mappe di copertura del suolo (LISA). La DKM è una banca dati grafica del catasto gestita dall'Ufficio federale austriaco di metrologia e misurazione. L'OSM è un set gratuito di geodati e LISA è un set di geodati di planimetrie ottenuto per modellazione di immagini rilevate da satelliti, fotografie aeree e

sen: vor 1919, 1919-1945, 1946-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2005, nach 2005.

Die Daten beziehen sich auf ganz Italien und enthalten detaillierte Informationen zu den Gebäuden und Wohneinheiten, die für alle Tarifgebiete, in die das Land unterteilt ist, auf die gleiche Weise erhoben wurden. Das größte Problem besteht darin, dass die frei zugänglichen und von der Öffentlichkeit verwendbaren Daten in aggregierter Form pro „Tarifsektion“ ausgegeben werden, d. h. pro Unterteilung jeder Gemeinde in Unterzonen, die mehr oder weniger den Ortschaften und den verbleibenden, verstreut bebauten Flächen entsprechen. Für den Bauzeitraum enthält die öffentliche ISTAT-Datenbank also für jede Tarifzone die Zahl der in jeder der neun oben angeführten Altersklassen erbauten Gebäude, die Detailangaben zu den einzelnen Gebäuden können jedoch leider nicht für Tätigkeiten anderer, auch nicht institutioneller Akteure verwendet werden.

#### 2.3.2 Die Situation in Österreich

Für das Salzburger Seenland wurden freie, kostenpflichtige sowie öffentliche hoheitliche Daten akquiriert und in einer Datenbank zusammengeführt. Mit dieser Datengrundlage konnten die Aufgaben im Projekt IDEE erfolgreich umgesetzt werden.

##### Geografische Daten

Die modellhafte Erstellung und Verortung der Gebäudehülle im Salzburger Seenland wurde in zwei Schritten umgesetzt. Zuerst wurden valide Gebäudegrundrisse aus den Daten der Digitalen Katastralmappe (DKM), aus OpenStreetMap (OSM) und der Landesbedeckungskartierung (LISA) erstellt. Die DKM ist ein grafischer Datenbestand des vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen geführten Katasters. OSM ist ein freier Geodatensatz und LISA ist ein durch Satelliten, Luftbilder und Laserscan Daten modellierter Geodatensatz von Gebäudegrundris-

scansioni laser. Nella seconda fase, per determinare l'altezza degli edifici, alle planimetrie così create sono stati associati i dati Airborne Laserscan (ALS) e si è proceduto alla valutazione. Con questa modalità è stata determinata la consistenza dell'attuale patrimonio edilizio del Salzburger Seenland, completa di informazioni su orientamento e altezza.

### **Dati strutturali**

Per il progetto IDEE, i comuni del Salzburger Seenland hanno messo a disposizione i dati contenuti nel Registro degli indirizzi, degli immobili e delle abitazioni (AGWR) consentendone l'uso per le elaborazioni scientifiche. L'AGWR è un registro nazionale e, tra le altre cose, viene tenuto ai fini statistici su scala federale. Con questa serie di dati gestita dall'Ufficio federale austriaco di metrologia e misurazione (BEV) è stato possibile aggiungere informazioni strutturali, come l'età, la superficie lorda, il numero di piani dell'edificio, ecc.

Ulteriori informazioni sul tipo di edificio sono state ricavate dagli Open Government Data del SAGIS (Salzburg Geographic Information System) e dal database della Herold Marketingdaten.

### **Reti di teleriscaldamento**

Molti comuni del Salzburger Seenland hanno una propria rete di teleriscaldamento. Il Land Salisburgo, Ripartizione 4 – Risorse ed Energia ha reso disponibili per l'elaborazione scientifica i geodati delle reti di teleriscaldamento e degli impianti di riscaldamento della regione Salzburger Seenland.

sen. Im zweiten Schritt wurde den erstellten Gebäudegrundrissen Airborne Laserscan (ALS) Daten für die Bestimmung der Gebäudehöhe zugewiesen und ausgewertet. Mit dieser Methode wurde ein aktueller Gebäudebestand, mit Ausrichtung und Höhe, für das Salzburger Seenland ausgearbeitet.

### **Bautechnische Daten**

Die Gemeinden des Salzburger Seenlandes haben für das IDEE-Projekt die Daten des Adress- Gebäude und Wohnregisters (AGWR) für die wissenschaftlichen Ausarbeitungen freigegeben. Das AGWR ist ein zentrales nationales Register und wird u.a. für Zwecke der Bundesstatistik geführt. Mit diesen vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) verwalteten Datensatz konnten den Gebäudehüllen bautechnische Informationen wie Gebäudealter, Bruttogeschossfläche, Stockwerkanzahl usw. hinzugefügt werden.

Weitere Informationen zum Gebäudetyp wurden aus Open Government Data des SAGIS (Salzburger Geographisches Informationssystem) und der Herold Marketingdaten Firmendatenbank entnommen.

### **Fernwärmenetze**

In vielen Gemeinden des Salzburger Seenlandes sind Fernwärmenetze etabliert. Das Land Salzburg Abt. 4 – Lebensgrundlagen und Energie hat die Geodaten der Fernwärmenetze und der Heizwerke des Salzburger Seenlandes für eine wissenschaftliche Bearbeitung zur Verfügung gestellt.



## BOX: Il questionario

### CASTEN: Der Fragebogen

I limiti imposti in Italia alla possibilità di accedere ai dati censuari disaggregati hanno reso necessaria la predisposizione e somministrazione di questionari ai cittadini. Nel comune di Maniago, la realizzazione del questionario in abbinamento ai modelli TARI ha anche offerto alcune possibilità di georeferenziazione di alcuni risultati per zone con una granularità più fine rispetto a quella delle zone censuarie.

Con l'indagine si è anche colta l'occasione per raccogliere informazioni più dettagliate rispetto a quelle censuarie, in particolare relativamente:

- Alle caratteristiche degli impianti termici esistenti, dai tradizionali (alimentati da caldaie a combustibili fossili) alle soluzioni più recenti, basate su pompe di calore ed energie rinnovabili;
- A eventuali interventi di ristrutturazione ed efficientamento energetico degli edifici sostenuti negli anni dai proprietari;
- All'uso di biomasse per il riscaldamento: l'informazione è particolarmente importante per stimare più realisticamente i carichi, fabbisogni e impatti ambientali di una possibile rete di teleriscaldamento. Utenti che fanno un largo uso di biomassa hanno un impatto ambientale ben diverso dagli utenti che soddisfano lo stesso fabbisogno completamente a gas naturale: per i primi è nullo l'impatto sulle emissioni serra, ma è maggiore la produzione di inquinanti locali, discorso opposto vale per i secondi.

Il questionario ha visto una importante partecipazione dei cittadini, con 1901 questionari raccolti a Feltre e 534 raccolti a Maniago.

Da in Italien die Möglichkeit, Zugang zu den disaggregierten Katasterdaten zu erhalten, eingeschränkt ist, mussten Fragebögen entwickelt und an die Einwohner verteilt werden. In der Gemeinde Maniago hat die Entwicklung des Fragebogens in Verbindung mit den Vordrucken zur Zahlung der Müllgebühren auch die Möglichkeit geboten, einige Ergebnisse nach Zonen mit einer feineren Granularität als der der Tarifzonen zu georeferenzieren.

Die Umfrage wurde zum Anlass genommen, detailliertere Informationen als die im Kataster vorhandenen zu erheben, und zwar insbesondere zu den folgenden Aspekten:

- Merkmale der vorhandenen Heizungsanlagen, von traditionellen (mit fossilen Brennstoffen betriebene Heizkessel) bis zu modernsten Lösungen, die auf Wärmepumpen und erneuerbaren Energien basieren;
- etwaige, von den Eigentümern im Laufe der Jahre vorgenommene Renovierungsmaßnahmen und Eingriffe zur Verbesserung der Energieeffizienz der Gebäude;
- Nutzung von Biomasse zum Heizen: Diese Information ist besonders wichtig, um möglichst realistische Schätzungen der möglichen Lasten, des Bedarfs und der Umweltauswirkungen eines möglichen Fernwärmenetzes vornehmen zu können. Nutzer, die viel Biomasse verwenden, wirken sich anders auf die Umwelt als Nutzer, die ihren Wärmebedarf vollkommen mit Erdgas decken: Erstere haben keine Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen, jedoch auf die Produktion von Schadstoffen auf lokaler Ebene; bei Letzteren ist es genau umgekehrt.

Sehr viele Einwohner haben an der Umfrage teilgenommen, in Feltre wurden 1901 Fragebögen gesammelt, in Maniago waren es 534.

Un esempio di risultati ottenuti dall'analisi del questionario è riportato nelle figure 2.1 e 2.2, che mostrano il consumo e le intenzioni di consumo di biomassa riportate dalle famiglie rispettivamente a Feltre e a Maniago. Nel complesso i comportamenti sono abbastanza simili nei due casi, anche se a Feltre c'è una leggera maggior prevalenza di piccoli consumatori (64% sotto i 25 q di consumo annuo, contro il 59% a Maniago).

Ein Beispiel für die aus der Auswertung des Fragebogens erhaltenen Ergebnisse ist in den Abbildungen 2.1 und 2.2. zu sehen, die den Verbrauch und die Verbrauchsabsichten von Biomasse zeigen, so wie diese von den Haushalten jeweils in Feltre und Maniago angegeben wurden. Insgesamt ist das Verhalten in beiden Fällen ziemlich ähnlich; auch wenn in Feltre Kleinverbraucher (64% unter 25 dz Jahresverbrauch gegenüber 59 % in Maniago) leicht überwiegen.

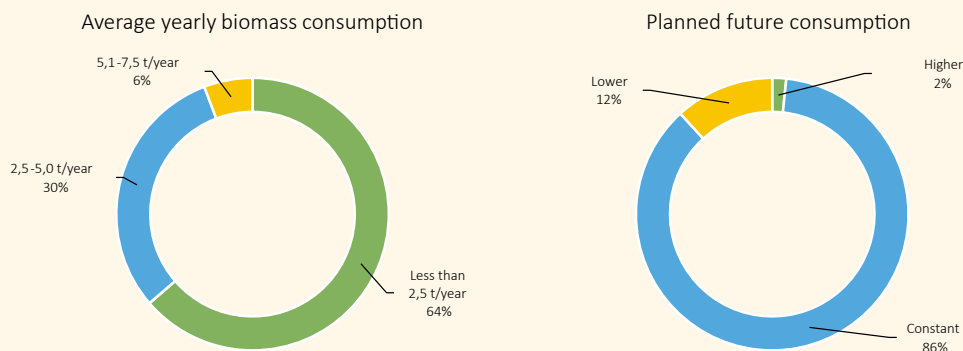


Fig. 2.1. Consumi attuali e intenzioni di consumo di biomassa a Feltre.  
 Abb. 2.1. Aktueller Verbrauch und Verbrauchsabsichten von Biomasse in Feltre.

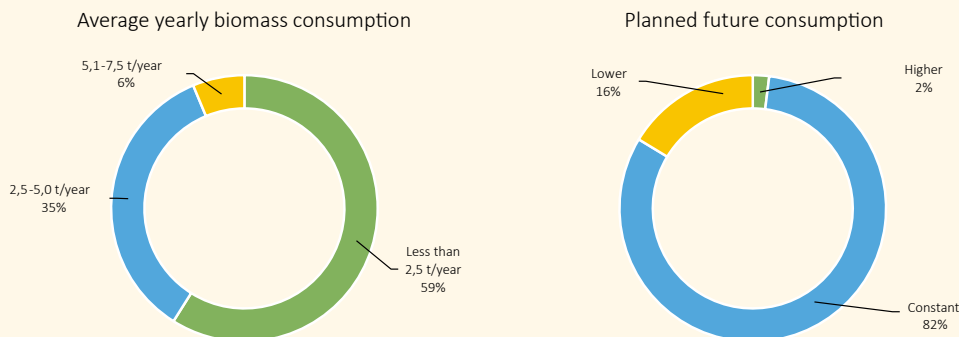


Fig. 2.2. Consumi attuali e intenzioni di consumo di biomassa a Maniago.  
 Abb. 2.2. Aktueller Verbrauch und Verbrauchsabsichten von Biomasse in Maniago.

# Bibliografia

## Bibliographie

EUROSTAT (2018) Urban rural typology [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Urban-rural\\_typology](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Urban-rural_typology)

GEA Writing ed., Grubler A, Bai X, Büttner T, Dhakal S, Fisk DJ, Ichinose T, Keirstead JE, Sammmer G, et al. (2012). Chapter 18: Urban energy systems. In: Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future. Eds. Team, GEA Writing, pp.1307-1400 (October 2012): Cambridge University Press and IIASA.

Keirstead J, Shah N, (2013), Urban Energy Systems, An integrated Approach, Routledge, London.

Rutter P, Keirstead J, (2012), A brief history and the possible future of urban energy systems, Energy Policy, Vol: 50, Pages: 72-80.



# 3

**Prevedere: il framework per il calcolo del fabbisogno energetico degli edifici**

**Vorhersagen: Das Framework zur Berechnung des Energiebedarfs von Gebäuden**

Massimiliano Condotta

Giovanni Borga

Fabio Peron

Tiziano Dalla Mora



## **3.1 Introduzione al framework IDEE per il calcolo del fabbisogno energetico degli edifici**

### **Einführung in das IDEE-Framework zur Berechnung des Energiebedarfs von Gebäuden**

In questo capitolo è illustrata la metodologia, sviluppata all'interno del progetto IDEE, per il calcolo del fabbisogno energetico (per riscaldamento ed acqua calda sanitaria) degli edifici di un'area urbana. Si tratta di una serie di elaborazioni gestite all'interno di un framework che le relaziona reciprocamente secondo quanto illustrato in figura 3.1; queste elaborazioni possono essere suddivise nelle seguenti quattro fasi:

- Analisi della geometria dei vari edifici e del loro orientamento;
- Analisi dei periodi di costruzione degli edifici;
- Definizione delle caratteristiche energetiche degli edifici in base all'epoca di costruzione, alle caratteristiche geometriche e di orientamento attraverso la valutazione delle trasmittanze tipiche e successive simulazioni energetiche dinamiche per ottenere i valori tipici di dispersione energetica;
- Stima del fabbisogno energetico di ogni singolo edificio dell'area urbana.

Nei paragrafi a seguire, utilizzando come caso studio la città di Feltre, vengono descritte le quattro fasi di elaborazione e vengono forniti gli strumenti e le informazioni necessarie a replicare il modello di analisi e stima per altre aree urbane.

Nell'Allegato 1 è riportato lo schema delle procedure adottate e il codice SQL delle elaborazioni effettuate.

In diesem Kapitel wird die im Rahmen des IDEE-Projekts entwickelte Methode zur Berechnung des Energiebedarfs (für Heizung und Warmwasser) von Gebäuden in urbanen Regionen erläutert. Dabei handelt es sich um eine Reihe von Datenverarbeitungen, die innerhalb eines Modellierungsframeworks verwaltet werden, das diese Daten wie in Abbildung 3.1. erläutert gegenseitig in Beziehung setzt; diese Datenverarbeitungen können in die folgenden vier Phasen unterteilt werden:

- Analyse der Geometrie der verschiedenen Gebäude und ihre Ausrichtung;
- Analyse der Bauzeiträume der Gebäude;
- Definition der Energieeigenschaften der Gebäude je nach Baujahr, geometrischen Eigenschaften und Ausrichtung mit Hilfe der Berechnung der typischen Wärmedurchgangskoeffizienten und der späteren dynamischen Energiesimulation, um die typischen Energieverlustwerte zu erhalten;
- Schätzung des Energiebedarfs jedes einzelnen Gebäudes in der urbanen Region.

In den folgenden Abschnitten werden unter Verwendung der Fallstudie der Stadt Feltre die vier Phasen beschrieben und die Instrumente und die für die Replikation des Analyse- und Schätzungsmodells für andere urbane Regionen notwendigen Informationen angegeben.

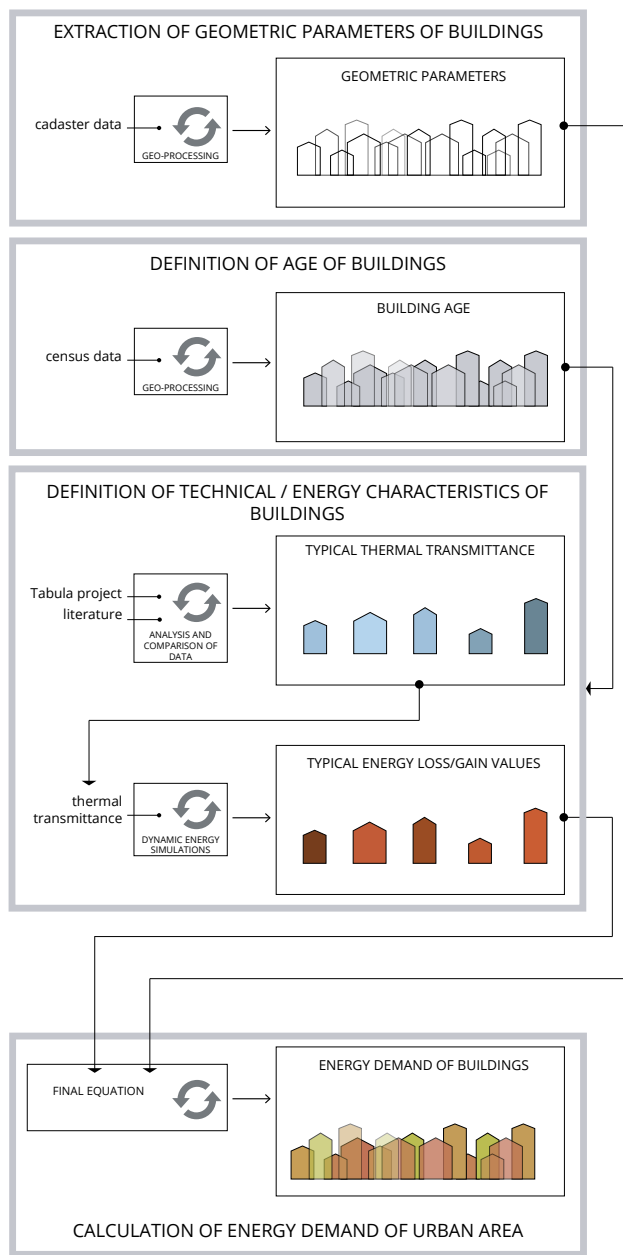


Fig. 3.1. Framework IDEE per il calcolo del fabbisogno energetico degli edifici di un'area urbana.

Abb. 3.1. IDEE-Modellierungsframework zur Berechnung des Energiebedarfs von Gebäuden in urbanen Regionen



## 3.2 Definizione e calcolo dei parametri geometrici degli edifici

### Definition und Berechnung der geometrischen Gebäudeparameter

#### 3.2.1 Definizione dei parametri geometrici degli edifici

Per l'analisi delle caratteristiche geometriche degli edifici sono stati definiti alcuni parametri rilevanti per caratterizzare ogni singolo edificio dell'area urbana. La figura 3.2 illustra le diverse tipologie di parametri che vanno calcolati per ogni edificio, ovvero:

- La superficie in pianta dell'edificio (BuildingArea);
- Il numero di piani dell'edificio (TotalFloors) suddivisi tra piani fuori terra (OverGroundFloors) e interrati (UnderGroundFloors);
- La superficie complessiva delle pareti suddivisa per ogni orientamento dell'edificio (SurfaceArea\_N, SurfaceArea\_S, SurfaceArea\_E, SurfaceArea\_W);
- La superficie delle finestre per ogni orientamento (WindowArea\_N, WindowArea\_S, WindowArea\_E, WindowArea\_W);
- La superficie delle pareti adiabatiche per ogni orientamento (AdiabaticSurfaceArea\_N, AdiabaticSurfaceArea\_S, AdiabaticSurfaceArea\_E, AdiabaticSurfaceArea\_W);
- La superficie delle pareti disperdenti per ogni orientamento (LossSurfaceArea\_N, LossSurfaceArea\_S, LossSurfaceArea\_E, LossSurfaceArea\_W).

#### 3.2.1 Definition der geometrischen Gebäudeparameter

Für die Analyse der geometrischen Eigenschaften der Gebäude wurden einige für die Charakterisierung jedes einzelnen Gebäudes des Stadtgebietes relevanten Parameter definiert. Die Abbildung 3.2 zeigt die verschiedenen Parameter, die für jedes Gebäude berechnet werden:

- Die Grundfläche des Gebäudes (BuildingArea);
- Die Zahl der Geschosse des Gebäudes (TotalFloors), unterteilt in oberirdische Geschosse (OverGroundFloors) und unterirdische Geschosse (UnderGroundFloors);
- Die Gesamtfläche der Wände unterteilt nach der Gebäudeausrichtung (SurfaceArea\_N, SurfaceArea\_S, SurfaceArea\_E, SurfaceArea\_W);
- Die Fensterfläche pro Ausrichtungsseite (WindowArea\_N, WindowArea\_S, WindowArea\_E, WindowArea\_W);
- Die Fläche der adiabatischen Wände pro Ausrichtungsseite (AdiabaticSurfaceArea\_N, AdiabaticSurfaceArea\_S, AdiabaticSurfaceArea\_E, AdiabaticSurfaceArea\_W);
- Die Fläche der wärmeabgebenden Wände pro Ausrichtungsseite (LossSurfaceArea\_N, LossSurfaceArea\_S, LossSurfaceArea\_E, LossSurfaceArea\_W);

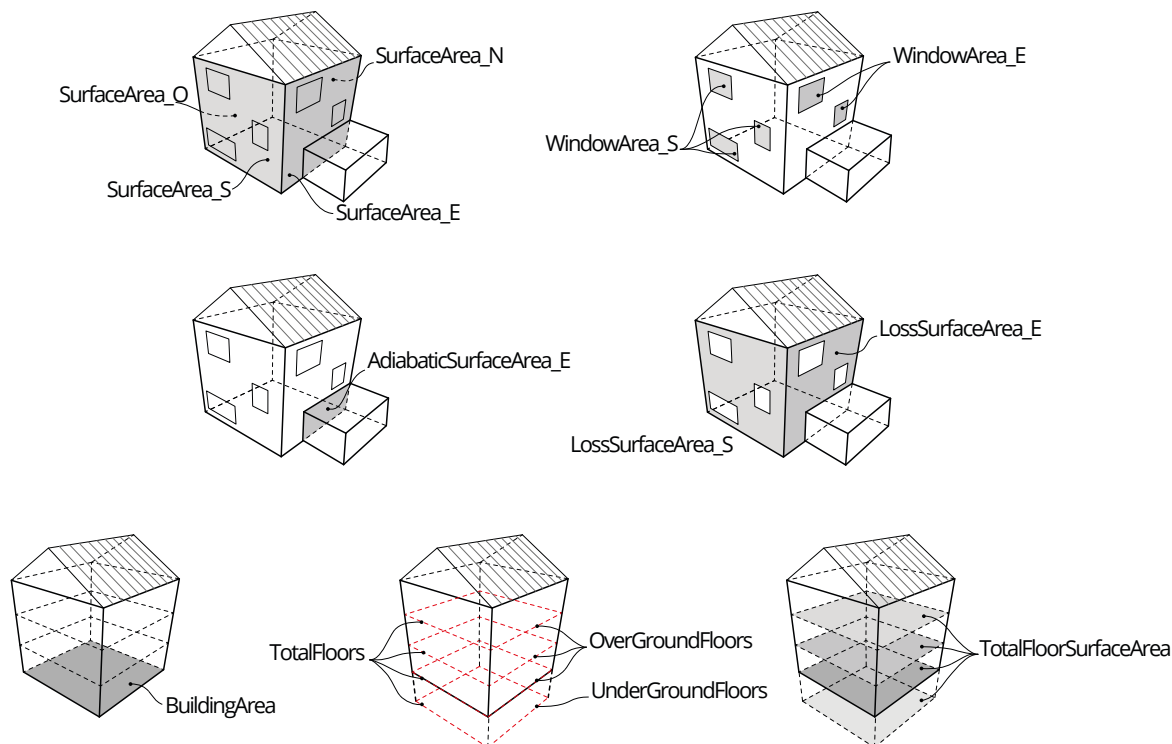


Fig. 3.2. Visualizzazione grafica dei parametri geometrici degli edifici necessari per la loro caratterizzazione.  
 Abb. 3.2. Grafische Darstellung der für die Gebäudecharakterisierung notwendigen geometrischen Gebäudeparameter.

La tabella 3.3 elenca i vari parametri geometrici che devono essere calcolati ed attribuiti ad ogni singolo edificio. La tabella riporta l'etichetta del parametro, una descrizione sintetica del parametro e la sua unità di misura. Questi parametri vengono utilizzati nella valutazione del fabbisogno annuo di ciascun edificio dell'area urbana.

In Tabelle 3.3 sind die verschiedenen geometrischen Parameter angeführt, die berechnet und jedem einzelnen Gebäude zugewiesen werden müssen. Die Tabelle gibt die Parameterkennzeichnung, eine zusammenfassende Beschreibung und die Maßeinheit an. Diese Parameter werden bei der Bewertung des jährlichen Energiebedarfs jedes einzelnen Gebäudes im Stadtgebiet verwendet.

### 3.2 Definizione e calcolo dei parametri geometrici degli edifici Definition und Berechnung der geometrischen Gebäudeparameter

Nome del parametro Name des Parameters	Descrizione del parametro Beschreibung des Parameters	Unità Einheit
$O_{ver}G_{round}F_{loors}$	Numero di piani fuori terra Anzahl der oberirdischen Geschosse	Numero Anzahl
$U_{nder}G_{round}F_{loors}$	Numero di piani interrati Anzahl der unterirdischen Geschosse	Numero Anzahl
$T_{otal}F_{loors}$	Numero totale di piani Gesamtzahl der Geschosse	Numero Anzahl
$B_{uilding}A_{rea}$	Superficie di base dell'edificio (planimetria) Grundfläche des Gebäudes	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$T_{otal}F_{loors}S_{urface}A_{rea}$	Totale delle superfici dei livelli Gesamtflächen der Geschosse	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$S_{urface}A_{rea\_N}$	Facciata Nord – Superficie totale Nordaußenwand - Gesamtfläche	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$S_{urface}A_{rea\_E}$	Facciata Est – Superficie totale Ostaußenwand - Gesamtfläche	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$S_{urface}A_{rea\_W}$	Facciata Ovest – Superficie totale Westaußenwand - Gesamtfläche	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$S_{urface}A_{rea\_S}$	Facciata Sud – Superficie totale Südaußenwand - Gesamtfläche	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$A_{diabatic}S_{urface}A_{rea\_N}$	Facciata adiabatica Nord – Superficie totale Adiabatische Nordaußenwand - Gesamtfläche	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$A_{diabatic}S_{urface}A_{rea\_E}$	Facciata adiabatica Est – Superficie totale Adiabatische Ostaußenwand - Gesamtfläche	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$A_{diabatic}S_{urface}A_{rea\_W}$	Facciata adiabatica Ovest – Superficie totale Adiabatische Westaußenwand - Gesamtfläche	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$A_{diabatic}S_{urface}A_{rea\_S}$	Facciata adiabatica Sud – Superficie totale Adiabatische Südaußenwand - Gesamtfläche	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$W_{indow}A_{rea\_N}$	Superficie finestrata Nord Fensterfläche Norden	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$W_{indow}A_{rea\_E}$	Superficie finestrata Est Fensterfläche Osten	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$W_{indow}A_{rea\_W}$	Superficie finestrata Ovest Fensterfläche Westen	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$W_{indow}A_{rea\_S}$	Superficie finestrata Sud Fensterfläche Süden	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$L_{oss}S_{urface}A_{rea\_N}$	Superfici disperdente a Nord (finestre e superfici adiabatiche dedotte dall'area totale) Wärmeabgebende Flächen Norden (abzüglich Fenster und adiabatische Flächen von der Gesamtfläche)	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$L_{oss}S_{urface}A_{rea\_E}$	Superfici disperdente a Est (finestre e superfici adiabatiche dedotte dall'area totale) Wärmeabgebende Flächen Osten (abzüglich Fenster und adiabatische Flächen von der Gesamtfläche)	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$L_{oss}S_{urface}A_{rea\_W}$	Superfici disperdente a Ovest (finestre e superfici adiabatiche dedotte dall'area totale) Wärmeabgebende Flächen Westen (abzüglich Fenster und adiabatische Flächen von der Gesamtfläche)	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
$L_{oss}S_{urface}A_{rea\_S}$	Superfici disperdente a Sud (finestre e superfici adiabatiche dedotte dall'area totale) Wärmeabgebende Flächen Süden (abzüglich Fenster und adiabatische Flächen von der Gesamtfläche)	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>

Tab. 3.3. Elenco dei parametri geometrici degli edifici. Tab. 3.3. Liste der geometrischen Gebäudeparameter.

### 3.2.2 Calcolo dei parametri geometrici partendo dalle banche dati disponibili

#### Estrazione del numero dei piani degli edifici - il caso italiano

Come introdotto nel Capitolo 2, il catasto italiano cataloga nei file censuari anche il numero di piani. L'utilizzo delle informazioni di elevazione (numero di piani) degli edifici descritti nel dataset censuario non è però un'operazione semplice e lineare a causa della struttura inadeguata del database utilizzato dall'Agenzia delle Entrate. Tale informazione infatti, oltre che essere distribuita in più campi e inserita senza un protocollo di validazione, è riferita solo a ciascuna unità immobiliare anziché anche per l'intero fabbricato. Per estrarre un dato utile è dunque necessaria una serie di correlazioni e aggregazioni di dati da cui ricavare un numero di piani complessivo per ciascun edificio (si vedano nello schema in Allegato 1 i passaggi 10, 22, 24); queste informazioni sono riferite ai parametri della tabella 3.3 ( $O_{ver}G_{round}F_{floors}$ ,  $U_{nder}G_{round}F_{floors}$ ,  $T_{otal}F_{floors}$ ) utilizzati nelle fasi successive per la stima del fabbisogno energetico.

#### Estrazione del numero dei piani degli edifici - il caso austriaco

In Austria, ogni comune mantiene aggiornato un database di "indirizzo, edificio e alloggi" denominato (AGWR: Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister). La gestione di questa raccolta di dati è effettuata su ciascuna comunità ed è eterogenea nella sua tempestività e qualità. L'AGWR contiene dati come la superficie degli alloggi, l'area del seminterrato e il numero di piani.

Nel caso pilota del progetto sono stati utilizzati i dati Airborne Laserscann (ALS) dell'area di progetto Salzburger Seenland. Gli involucri dell'edificio sono stati determinati mediante l'estrazione dei punti di misurazione a livello di edificio. Con un algoritmo, tenendo conto delle strutture del tetto, è stato determinato il

### 3.2.2 Berechnung der geometrischen Parameter ausgehend von den verfügbaren Datenbanken

#### Extraktion der Anzahl der Geschosse der Gebäude - die Situation in Italien

Wie in Kapitel 2 beschrieben, erfasst der italienische Kataster in den Steuerdateien auch die Anzahl der Geschosse. Die Verwendung der Informationen zur Höhe (Anzahl der Geschosse) der im Steuerdatensatz beschriebenen Gebäude ist jedoch kein einfacher und linearer Vorgang, da der Aufbau der vom Finanzamt (Agenzia delle Entrate) verwendeten Datenbank hierfür ungeeignet ist. Diese Information ist nämlich nicht nur auf mehrere Felder verteilt und wird ohne Validierungsprotokoll eingegeben, sondern bezieht sich nur auf jede Immobilieneinheit anstatt auf das gesamte Gebäude. Für die Extraktion nützlicher Daten ist somit eine Reihe von Datenkorrelationen und -aggregationen erforderlich, aus denen eine Gesamtanzahl von Geschossen für jedes Gebäude ermittelt werden kann (siehe Anhang 1); diese Informationen beziehen sich auf die Parameter der Tabelle 3.3 ( $O_{ver}G_{round}F_{floors}$ ,  $U_{nder}G_{round}F_{floors}$ ,  $T_{otal}F_{floors}$ ), die in den späteren Phasen für die Schätzung des Energiebedarfs verwendet werden.

#### Extraktion der Anzahl der Geschosse der Gebäude - die Situation in Österreich

In Österreich führt jede Gemeinde ein Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister (AGWR). Die Verwaltung dieser Datensammlung obliegt jeder Gemeinde und ist in ihrer Aktualität und Qualität heterogen. Im AGWR sind Daten wie Wohn- und Kellerfläche sowie Stockwerkanzahl enthalten.

Im Pilotfall wurden auch die Airborne Laserscann-Daten (ALS) des Projektgebiets Salzburger Seenland verwendet. Durch gezielte Extraktion von Messpunkten auf Gebäudeebene wurden die Gebäudehüllen bestimmt. Mit einem Algorithmus resultierte, unter Berücksichtigung von Dachkonstruktionen, die Stockwerkanzahl für alle Gebäude. Durch

### 3.2 Definizione e calcolo dei parametri geometrici degli edifici Definition und Berechnung der geometrischen Gebäudeparameter

numero di piani per tutti gli edifici. La combinazione di dati AGWR e ALS ha fornito una base di dati valida per la valutazione del fabbisogno energetico.

#### Analisi delle superfici disperdenti e adiabatiche degli edifici

Tramite i file catastali *geografici* (nel caso italiano) o comunque tramite una base dati geografica sufficientemente precisa, è noto il profilo in pianta dell'edificio. Si tratta di un profilo lordo, ma che consente di ottenere, con una approssimazione sufficiente alle stime da effettuare, una misura in metri quadrati della sagoma in pianta dell'edificio (BuildingArea) che, moltiplicata per il numero di piani, dà una superficie totale di pavimento (TotalFloorsSurfaceArea) per l'intero edificio.

L'estensione delle pareti ( $S_{\text{surface}}A_{\text{rea-N}}$ ,  $S_{\text{surface}}A_{\text{rea-E}}$ ,  $S_{\text{surface}}A_{\text{rea-W}}$ ,  $S_{\text{surface}}A_{\text{rea-S}}$ ) si ricava moltiplicando la lunghezza del segmento di base per l'altezza ricavata dal numero di piani, considerando ogni livello alto mediamente 3m. Per ottenere la suddivisione delle pareti in base alla loro esposizione è però necessario determinare l'orientamento dei vari lati dell'edificio utilizzando le apposite funzioni GIS di calcolo dell'angolazione dei segmenti rispetto all'*azimut* (si vedano le etichette in nero su ciascun lato degli edifici nella mappa di fig. 3.4).

Il modello di analisi di IDEE prevede inoltre lo scorporamento delle pareti adiabatiche dal calcolo delle superfici esterne disperdenti; con le funzioni GIS di intersezione geometrica è possibile determinare i lati in comune degli edifici adiacenti, misurarne la lunghezza e moltiplicarla per l'altezza dell'edificio più basso ottenendo le superfici da detrarre per ciascuno dei quattro orientamenti ( $A_{\text{rea-N}}^{\text{diabaticSurface}}$ ,  $A_{\text{rea-E}}^{\text{diabaticSurface}}$ ,  $A_{\text{rea-W}}^{\text{diabaticSurface}}$ ,  $A_{\text{rea-S}}^{\text{diabaticSurface}}$ ) (fig. 3.4).

Per quanto riguarda l'estensione delle superfici finestrate ( $W_{\text{indow}}A_{\text{rea-N}}$ ,  $W_{\text{indow}}A_{\text{rea-E}}$ ,  $W_{\text{indow}}A_{\text{rea-W}}$ ,  $W_{\text{indow}}A_{\text{rea-S}}$ ) si è considerato un valore medio uguale per tutti gli edifici applicando una percentuale fissa

die Kombination von AGWR- und ALS-Daten wurde eine valide Datengrundlage für die Energiebedarfsabschätzung erstellt.

#### Analyse der wärmeabgebenden und adiabatischen Flächen der Gebäude

Über die *geografischen* Katasterdateien (für Italien) bzw. über eine ausreichend genaue geografische Datenbank ist das Gebäudeprofil im Grundriss bekannt. Dabei handelt es sich um ein Bruttoprofil, das jedoch erlaubt, mit einer ausreichenden Näherung an die vorzunehmenden Schätzungen eine Messung der Gebäudeform im Grundriss in Quadratmetern (BuildingArea) durchzuführen, die, multipliziert mit der Anzahl der Geschosse, eine Gesamtbodenfläche (TotalFloorsSurfaceArea) für das gesamte Gebäude ergibt.

Die Fläche der Wände ( $S_{\text{surface}}A_{\text{rea-N}}$ ,  $S_{\text{surface}}A_{\text{rea-E}}$ ,  $S_{\text{surface}}A_{\text{rea-W}}$ ,  $S_{\text{surface}}A_{\text{rea-S}}$ ) ergibt sich, indem die Länge des Grundsegments mit der sich aus der Anzahl der Geschosse ergebenden Höhe multipliziert wird, wobei von einer durchschnittlichen Geschosshöhe von 3 m ausgegangen wird. Um die Unterteilung der Wände nach ihrer Ausrichtung zu erhalten, muss jedoch die Ausrichtung der verschiedenen Gebäudeseiten mit Hilfe der entsprechenden GIS-Funktionen zur Berechnung der Segmentwinkelung im Verhältnis zum *Azimut* bestimmt werden (siehe die schwarzen Kennzeichnungen auf jeder Gebäudeseite auf der Karte von Abb. 3.4).

Das IDEE-Analysemodell sieht ferner vor, dass die adiabatischen Flächen aus der Berechnung der wärmeabgebenden Außenflächen ausgenommen werden; mit den GIS-Funktionen der geometrischen Intersektion können die Seiten bestimmt werden, die die Gebäude mit Nachbargebäuden gemein haben, deren Länge messen und diese mit der Höhe des niedrigeren Gebäudes multiplizieren, so dass sich daraus die Flächen ergeben, die für alle vier Ausrichtungen abgezogen werden müssen ( $A_{\text{rea-N}}^{\text{diabaticSurface}}$ ,  $A_{\text{rea-E}}^{\text{diabaticSurface}}$ ,  $A_{\text{rea-W}}^{\text{diabaticSurface}}$ ,  $A_{\text{rea-S}}^{\text{diabaticSurface}}$ ) (Abb. 3.4).

Für die Ausdehnung der Fensterflächen ( $W_{\text{indow}}A_{\text{rea-N}}$ ,  $W_{\text{indow}}A_{\text{rea-E}}$ ,  $W_{\text{indow}}A_{\text{rea-W}}$ ,  $W_{\text{indow}}A_{\text{rea-S}}$ ) wurde ein



Fig. 3.4. La mappa mostra le inclinazioni delle facciate in gradi sessagesimali. In rosso sono evidenziate le superfici adiabatiche.  
 Abb. 3.4. Die Karte zeigt die Außenwandneigungen in Sechzigstel Grad. Die adiabatischen Flächen sind rot markiert.

del 10% sulla superficie totale delle pareti. Sottraendo questo dato e quello delle pareti adiabatiche dalle superfici totali, si ottengono quindi le superfici disperdenti nette ( $L_{\text{oss}}S_{\text{urface}}A_{\text{rea-N}}$ ,  $L_{\text{oss}}S_{\text{urface}}A_{\text{rea-E}}$ ,  $L_{\text{oss}}S_{\text{urface}}A_{\text{rea-W}}$ ,  $L_{\text{oss}}S_{\text{urface}}A_{\text{rea-S}}$ ).

Nell'Allegato, i passaggi 16, 17, 25, 28, 29 costituiscono la sequenza delle elaborazioni e integrazioni di dati GIS utilizzata per il calcolo dei parametri sopra descritti.

für alle Gebäude gleicher Durchschnittswert angenommen und ein fester Prozentsatz von 10 % der Gesamtfläche der Wände zugrunde gelegt. Wird dieser Wert und der der adiabatischen Wände von den Gesamtflächen abgezogen, erhält man die wärmeabgebenden Nettoflächen ( $L_{\text{oss}}S_{\text{urface}}A_{\text{rea-N}}$ ,  $L_{\text{oss}}S_{\text{urface}}A_{\text{rea-E}}$ ,  $L_{\text{oss}}S_{\text{urface}}A_{\text{rea-W}}$ ,  $L_{\text{oss}}S_{\text{urface}}A_{\text{rea-S}}$ ).

In Anhang 2 ist das gesamte Verfahren der Verarbeitung und Integration der GIS-Daten für die Berechnung der oben beschriebenen Parameter angeführt.



## 3.3 **Analisi dell'epoca di costruzione degli edifici e delle caratteristiche prestazionali**

### **Analyse des Bauzeitraums der Gebäude und der Gebäudeleistung**

#### 3.3.1 **Le informazioni statistiche sull'epoca di costruzione degli edifici**

##### **Il contesto italiano**

Conoscere il periodo di costruzione di un edificio risulta essenziale per simulare con maggiore accuratezza il suo comportamento termico.

Come anticipato nel Capitolo 2, nei casi studio italiani, per ottenere queste informazioni si è fatto riferimento al database dell'ISTAT che, ricordiamo, non riporta puntualmente la data di costruzione dell'edificio, ma lo inquadra in una delle nove classi previste: prima del 1919, 1919-1945, 1946-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2005, dopo il 2005.

Da un'analisi sistematica del comportamento degli edifici nelle nove diverse classi di età, è emerso come nei periodi 1946-1960 / 1961-1970 e 1971-1980 / 1981-1990 il comportamento degli edifici risulti sostanzialmente analogo, per cui si è ritenuto opportuno ridurre le classi dalle nove iniziali a sette (prima del 1919, 1919-1945, 1945-1970, 1970-1990, 1990-2005, 2005-2013, dopo il 2013).

Sempre riferendosi a quanto anticipato nel Capitolo 2, un altro aspetto da affrontare è l'informazione sulle date di costruzione che viene fornita aggregata per zona censuaria e non dettagliatamente per

#### 3.3.1 **Die statistischen Informationen zum Bauzeitraum**

##### **Die italienische situation**

Für eine genauere Simulation des thermischen Verhaltens eines Gebäudes ist es wesentlich, dessen Bauzeitraum zu kennen.

Wie schon in Kapitel 2 beschrieben, wurde für die italienischen Fallstudien auf die Datenbank des italienischen Statistikinstituts ISTAT zurückgegriffen, um diese Informationen zu erhalten, wobei, wie schon gesagt, in dieser Datenbank nicht das genaue Baujahr des Gebäudes angegeben ist, sondern nur eine der vorgegebenen neun Klassen: vor 1919, 1919-1945, 1946-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2005, nach 2005.

Aus einer systematischen Analyse des Verhaltens der Gebäude in den neun verschiedenen Altersklassen ergibt sich, dass das Verhalten der Gebäude in den Zeiträumen 1946-1960 / 1961-1970 und 1971-1980 / 1981-1990 im Wesentlichen gleich ist, weshalb es für angemessen erachtet wurde, die ursprünglich neun Klassen auf sieben zu reduzieren (vor 1919, 1919-1945, 1945-1970, 1970-1990, 1990-2005, 2005-2013, nach 2013).

Anknüpfend an das, was schon in Kapitel 2 vorweggenommen wurde, muss als weiterer Aspekt die Information zu den Bauzeiträumen berücksichtigt werden,

ogni singolo edificio. La soluzione più semplice ed immediata risulterebbe quella di identificare una classe media della zona censuaria ed assegnarla di default a tutti gli edifici di quella zona. Per ridurre l'errore che tale approssimazione genererebbe però, nel modello di analisi di IDEE, si è associata a ciascuno edificio una classe determinata in modo statistico, ovvero calcolata come media ponderata delle classi degli edifici appartenenti alla stessa sezione censuaria. In questo modo, l'errore dovuto all'impossibilità di differenziare gli edifici per età viene parzialmente compensato dalla loro differenziazione in base alla zona di costruzione. Inoltre, il database di IDEE è già predisposto con una apposita tabella destinata a contenere indicazioni puntuali sull'età reale ed effettiva di costruzione di singoli edifici determinata ad esempio a seguito di campagne di rilievo o consultazione di altri database eventualmente esistenti. Il dato puntuale così inserito nella tabella predisposta si riflette automaticamente nei calcoli in sostituzione del valore medio.

### **Il contesto austriaco**

Le informazioni sul periodo di costruzione degli edifici nel Distretto dei laghi di Salisburgo sono completamente registrate nell'AGWR (registro degli indirizzi, edifici e delle abitazioni). A partire dal 2001, l'anno esatto di costruzione di ogni nuovo edificio sarà registrato nel registro. Tutti gli edifici costruiti in epoca precedente sono elencati nelle seguenti classi: prima del 1919, 1919-1944, 1945-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000. Per la stima e la modellizzazione della domanda di energia in IDEE, i periodi di costruzione sono stati estesi per essere adattati alle classi di Tabula - Austria (fino al 1919, dal 1919 al 1944, dal 1945 al 1960, dal 1961 al 1980, dal 1981 al 1990, dal 1991 al 2000, dal 2001 al 2009, dal 2010).

die aggregiert für die einzelnen Steuergebiete und nicht detailliert für jedes einzelne Gebäude gegeben wird. Die einfachste und direkteste Lösung wäre also, eine Durchschnittsklasse des jeweiligen Steuergebiets auszumachen und diese standardmäßig allen Gebäuden in diesem Gebiet zuzuweisen. Um den aus dieser Näherung entstehenden Fehler zu reduzieren, wurde jedoch im IDEE-Analysemodell jedes Gebäude mit einer statistisch festgelegten Klasse verbunden, die also als gewichteter Durchschnitt der Gebäudeklassen eines Steuergebiets berechnet wurde. Auf diese Weise wird der aus der Unmöglichkeit der Differenzierung der Gebäude nach Alter entstehende Fehler teilweise durch ihre Differenzierung nach Baugebiet ausgeglichen. Zudem enthält die IDEE-Datenbank schon eine entsprechende Tabelle, die detaillierte Angaben zum wirklichen und tatsächlichen Baujahr einzelner Gebäude enthalten soll, das z. B. in Folge von Messkampagnen oder der Konsultation sonstiger, eventuell bestehender Datenbanken bestimmt wird. Die so in die Tabelle eingegebene punktuelle Angabe wird automatisch an Stelle des Durchschnittswerts in die Berechnungen aufgenommen.

### **Die österreichische situation**

Die Information zur Bauperiode der Gebäude im Salzburger Seenland ist im AGWR (Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister) vollständig erfasst. Ab dem Jahr 2001 wird für jedes neuerrichtete Gebäude das exakte Baujahr im Register gespeichert. Alle anderen Gebäude werden in folgende Bauperiodenklassen geführt: vor 1919, 1919 bis 1944, 1945 bis 1960, 1961 bis 1970, 1971 bis 1980, 1981 bis 1990, 1991 bis 2000. Für die Energiebedarfsabschätzung und Modellierung in EnergyPlus wurden die Bauperioden auf die Klassen von Tabula - Österreich angepasst (bis 1919, 1919 bis 1944, 1945 bis 1960, 1961 bis 1980, 1981 bis 1990, 1991 bis 2000, 2001 bis 2009, ab 2010).



### **3.3.2 La trasmittanza termica tipica degli edifici**

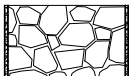







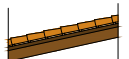


























Sulla base di vari studi in materia (si veda soprattutto il progetto Tabula) è possibile associare un valore medio di trasmittanza termica ai singoli componenti dell'edificio (parete, solaio di copertura, solaio di fondazione, solaio interpiano, finestra) differenziandolo per periodo di costruzione dell'edificio, oltre che per area geografica (Tabella 3.5).

In Tabella 2 sono stati riportati i disegni relativi ai componenti dell'involucro edilizio e i relativi valori medi di trasmittanza, in base al periodo di costruzione, per l'area geografica del nord Italia. Questi valori sono stati utilizzati nelle simulazioni energetiche di cui al paragrafo successivo.

### **3.3.2 Der typische Wärmedurchgangskoeffizient**

Anhand verschiedener einschlägiger Studien (siehe vor allem das Projekt Tabula) kann ein Durchschnittswert des Wärmedurchgangskoeffizienten mit den einzelnen Gebäudekomponenten verbunden werden (Wand, oberste Geschossdecke, Bodenplatte, Geschossdecke, Fenster), wobei dieser je nach Bauzeitraum des Gebäudes und geografischer Region differenziert wird (Tabelle 3.5).

In Tabelle 2 sind die Zeichnungen in Bezug auf die Komponenten der Gebäudehülle und die entsprechenden Durchschnittswerte der Wärmedurchgangskoeffizienten nach Bauzeitraum für die geografische Region Norditalien angeführt. Diese Werte wurden in den Energiesimulationen verwendet, die im folgenden Abschnitt beschrieben werden.

	< 1919	1919 - 1945	1946 - 1970	1971 - 1990	1991 - 2005	2006 - 2013	> 2013
wall	<p>stone masonry with plaster on both sides (45 cm)</p>  <p>2.45 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>solid brick masonry (25 cm)</p>  <p>1.84 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>hollow brick masonry (25 cm)</p>  <p>1.76 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>hollow brick masonry (25 cm), low insulation</p>  <p>0.80 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>hollow brick masonry (25 cm), medium insulation</p>  <p>0.61 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>honeycomb bricks masonry (high thermal resistance), high insulation</p>  <p>0.34 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>honeycomb bricks masonry (high thermal resistance), high insulation</p>  <p>0.27 W/(m<sup>2</sup>K)</p>
roof	<p>Pitched roof with wood structure and planking</p>  <p>1.80 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Pitched roof with wood structure and planking</p>  <p>1.80 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Pitched roof with brick-concrete slab</p>  <p>2.20 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Pitched roof with brick-concrete slab, low insulation</p>  <p>1.14 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Pitched roof with brick-concrete slab, medium insulation</p>  <p>0.74 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Pitched roof with brick-concrete slab, high insulation</p>  <p>0.30 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Pitched roof with brick-concrete slab, high insulation</p>  <p>0.22 W/(m<sup>2</sup>K)</p>
basement	<p>Concrete floor on soil</p>  <p>2.00 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Concrete floor on soil</p>  <p>2.00 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Concrete floor on soil</p>  <p>2.00 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Concrete floor on soil, low insulation</p>  <p>1.24 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Concrete floor on soil, medium insulation</p>  <p>0.93 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Concrete floor on soil, high insulation</p>  <p>0.33 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Concrete floor on soil, high insulation</p>  <p>0.30 W/(m<sup>2</sup>K)</p>
ceiling	<p>Ceiling with wood beams and hollow bricks, bamboo reeds finishing</p>  <p>1.96 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Ceiling with wood beams and hollow bricks, bamboo reeds finishing</p>  <p>1.86 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Floor with reinforced brick-concrete slab</p>  <p>1.65 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Ceiling with reinforced brick-concrete slab, low insulation</p>  <p>0.97 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Ceiling with reinforced brick-concrete slab, medium insulation</p>  <p>0.69 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Ceiling with reinforced brick-concrete slab, high insulation</p>  <p>0.30 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Ceiling with reinforced brick-concrete slab, high insulation</p>  <p>0.28 W/(m<sup>2</sup>K)</p>
window	<p>Single glass, wood frame</p>  <p>5.70 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Single glass, wood frame</p>  <p>4.90 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Single glass, wood frame</p>  <p>4.90 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Double glass, air filled, metal frame without thermal break</p>  <p>3.70 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Double glass, air filled, metal frame without thermal break</p>  <p>3.40 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Double glass, air filled, metal frame with thermal break</p>  <p>2.80 W/(m<sup>2</sup>K)</p>	<p>Low-e double glass, air or other gas filled, wood frame</p>  <p>2.20 W/(m<sup>2</sup>K)</p>

Tab. 3.5 Tabella dei dati sull'involucro edilizio riferiti al caso studio di Feltre.  
 Tab. 3.5 Tabelle mit Daten zur Gebäudehülle unter Bezugnahme auf die Feltre-Fallstudie.

## 3.4 Simulazioni energetiche dinamiche per il calcolo delle dispersioni tipiche degli edifici

### Dynamische Energiesimulationen für die Berechnung der typischen Wärmeverluste der Gebäude

Per valutare le perdite e i guadagni di energia tipici delle componenti edilizie (pareti, finestre, coperture, ecc.) degli edifici dell'area di studio e calcolare in modo parametrico la domanda totale annua di energia per la totalità degli edifici, sono state eseguite diverse simulazioni energetiche dinamiche.

La simulazione dinamica per il calcolo del fabbisogno di energia primaria è stata svolta tramite il software Energy Plus v8.3.0.001 (2016) sviluppato dall'US Department of Energy, con l'interfaccia grafica Design Builder Software Limited v4.7.0.022 (2016). Il fabbisogno di energia per riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, produzione di acqua calda sanitaria, illuminazione e servizi ausiliari è stata stimata in base alle norme tecniche italiane UNI/TS 11300 con l'implementazione degli standard europei EN 15243:2007 e EN 15316:2011 secondo la relazione:  $Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} (Q_{in} + Q_{sol})$ .

#### 3.4.1 L'edificio standard

Al fine di ottimizzare la fase di simulazione è stato necessario ridurre il numero in modo da non doverne eseguire una per ogni edificio dell'area urbana; sono stati pertanto definiti degli "edifici tipo" ritenuti rappresentativi delle diverse tipologie del

Für die Bewertung des typischen Energieverlusts und -eintrags der Gebäudekomponenten (Wände, Fenster, Geschossdecken usw.) im Untersuchungsgebiet und für die parametrische Berechnung des jährlichen Gesamtenergiebedarfs für alle Gebäude wurden verschiedene dynamische Energiesimulationen durchgeführt.

Die dynamische Simulation zur Berechnung des Bedarfs an Primärenergie wurde mit der vom US Department of Energy entwickelten Software Energy Plus v8.3.0.001 (2016) mit der Grafikschnittstelle Design Builder Software Limited v4.7.0.022 (2016) durchgeführt. Der Energiebedarf für Heizung, Kühlung, Lüftung, Warmwassererzeugung, Beleuchtung und Hilfsleistungen wurde nach den italienischen technischen Normen UNI/TS 11300 mit Implementierung der europäischen Standards EN 15243:2007 und EN 15316:2011 nach der folgenden Gleichung geschätzt:  $Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} (Q_{in} + Q_{sol})$ .

#### 3.4.1 Das Standardgebäude

Zur Optimierung der Simulationsphase musste die Zahl der Simulationen so reduziert werden, dass nicht eine für jedes Gebäude im Stadtgebiet durchgeführt werden musste; folglich wurden „Standardgebäude“ definiert, die für die verschiedenen Gebäudearten im Stadt-

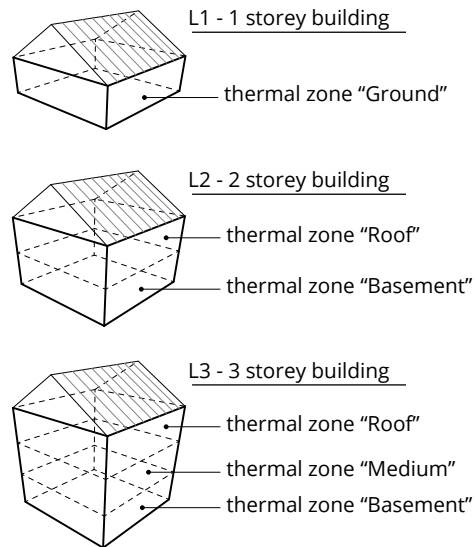


Fig. 3.6. Lo schema illustra i tre edifici standard considerati per la zona di Feltre e le corrispondenti zone termiche.

Abb. 3.6. Das Schema zeigt die drei in Betracht gezogenen Standardgebäude für das Gebiet Feltre und die entsprechenden thermischen Zonen.

contesto urbano caratterizzate in base al numero di piani (L1, edificio ad un piano; L2, edificio a due piani; L3, edificio a 3 o più piani). Ogni edificio tipo è stato inoltre caratterizzato secondo quattro diverse zone termiche come illustrato in figura 3.6: *ground* in caso di edificio ad un solo livello; *basement* in caso di edificio ad un solo livello; *medium*; *roof*. L'edificio standard utilizzato nelle simulazioni è stato infine definito con le seguenti caratteristiche geometriche:

- Pianta quadrata con lato pari a 10 m;
- Altezza media del piano pari a 3m;
- Finestre presenti su tutte le facciate;
- Tetto a spiovente con aggetto di 1 m.

Ad ogni edificio standard corrisponde un modello inserito nel software di simulazione con una zona

gebiet als repräsentativ erachtet und je nach Geschosshöhe charakterisiert wurden (L1, einstöckiges Gebäude; L2, zweistöckiges Gebäude; L3, drei- oder mehrstöckiges Gebäude). Jedes Standardgebäude wurde außerdem nach vier verschiedenen thermischen Zonen charakterisiert, wie in Abbildung 3.6 dargestellt: *ground* bei einem einstöckigen Gebäude; *basement* bei einem einstöckigen Gebäude; *medium*; *roof*. Das in den Simulationen verwendete Standardgebäude wurde schließlich mit den folgenden geometrischen Eigenschaften definiert:

- Quadratischer Grundriss mit einer Seitenlänge von 10 m;
- Durchschnittshöhe des Geschosses von 3 m;
- Fenster auf allen Seiten;
- abfallendes Dach mit 1 m Auskragung.

Jedem Standardgebäude entspricht ein in die Si-

### 3.4 Simulazioni energetiche dinamiche per il calcolo delle dispersioni tipiche degli edifici Dynamische Energiesimulationen für die Berechnung der typischen Wärmeverluste der Gebäude

termica pari alla superficie lorda riscaldata di 100 m<sup>2</sup> e un rapporto di superficie finestrata (WWR, ossia *window to wall ratio*) pari al 10% per ciascun orientamento. Tali valori dimensionali del modello sono sati definiti analizzando le tipologie più ricorrenti di edifici nell'area studio, mentre la percentuale di superficie finestrata del 10% corrisponde al valore minimo definito dalla normativa italiana in merito ai rapporti aero-illuminanti.

#### 3.4.2 I risultati delle simulazioni

Considerando i sette diversi periodi di costruzione e i tre edifici standard, sono stati simulati in totale 21 differenti modelli, così come riportato nella seguente tabella (fig. 3.7). Ogni simulazione ha restituito un valore di fabbisogno complessivo annuo dell'edificio ma anche singoli valori di perdita attraverso l'involucro e guadagno di energia in (kWh/m<sup>2</sup>y). Riassumendo, sono stati calcolati, grazie alla simulazione dinamica, i valori energetici di:

- Perdita per trasmissione attraverso le pareti perimetrali, le superfici finestrate, la copertura, il solaio contro terra;
- Perdita per ventilazione attraverso l'involucro e parametrizzata in base alla superficie totale di pavimento di tutti i piani;
- Guadagno solare attraverso le superfici finestrate;
- Guadagno interno parametrizzato in base alla superficie totale di pavimento di tutti i piani.

Questi valori sono stati poi parametrizzati in base alle caratteristiche geometriche precedentemente definite (tabella 3.3). I valori di perdita e/o guadagno così calcolati nel caso di Feltre sono riportati nella tabella 3.8.

mulationssoftware eingegebenes Modell mit einer thermischen Zone, die einer beheizten Bruttofläche von 100 m<sup>2</sup> entspricht, und einem Fenster-Wand-Verhältnis (WWR, d. h. *Window-to-Wall-Ratio*) von 10 % pro Ausrichtung. Diese Größenwerte des Modells wurden festgelegt, indem die häufigsten Gebäudetypen im Untersuchungsgebiet analysiert wurden, der prozentuale Anteil der Fensterfläche von 10 % entspricht hingegen dem von den italienischen Vorschriften festgelegten Mindestwert in Bezug auf Luft- und Lichtverhältnisse.

#### 3.4.2 Die Ergebnisse der Simulationen

Die sieben verschiedenen Bauzeiträume und die drei Standardgebäude in Betracht ziehend, wurden insgesamt 21 verschiedene Modelle simuliert, so wie es in der nachstehenden Tabelle (Abb. 3.7) erläutert wird. Jede Simulation ergab einen jährlichen Gesamtbedarfswert des Gebäudes, aber auch einzelne Werte zum Energieverlust durch die Gebäudehülle und zum Energieeintrag in (kWh/m<sup>2</sup>y). Zusammengefasst wurden mit der dynamischen Simulation die folgenden Energiewerte berechnet:

- Verlust durch Wärmedurchgang durch Außenwände, Fensterflächen, Dach und Bodenplatte;
- Verlust durch Lüftung durch die Gebäudehülle, parametrisiert entsprechend der Gesamtbodenfläche aller Geschosse;
- Solareintrag durch die Fensterflächen;
- Interner Energieeintrag, parametrisiert entsprechend der Gesamtbodenfläche aller Geschosse.

Diese Werte wurden dann entsprechend den zuvor definierten geometrischen Eigenschaften parametrisiert (Tabelle 3.5). Die so in der Fallstudie Feltre berechneten Verlust- und/oder Eintragswerte sind in Tabelle 3.8 angeführt.

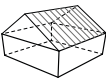
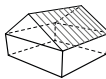
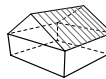
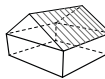
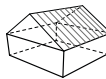
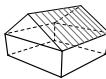
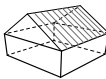
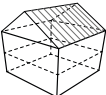
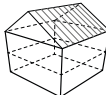
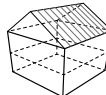
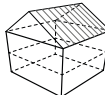
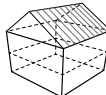
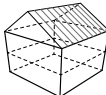
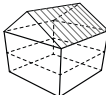
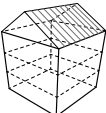
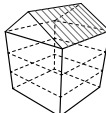
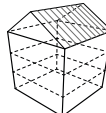
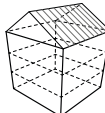
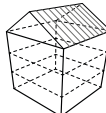
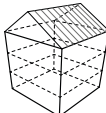
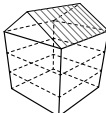
	<1919	1919-1945	1946-1970	1971-1990	1991-2005	2006-2013	>2013
L1	 $Q_{H,nd} = 280 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 264 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 206 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 128 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 103 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 61 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 53 \text{ kWh/m}^2$
L2	 $Q_{H,nd} = 262 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 242 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 182 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 105 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 85 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 48 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 42 \text{ kWh/m}^2$
L3	 $Q_{H,nd} = 240 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 230 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 152 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 94 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 77 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 43 \text{ kWh/m}^2$	 $Q_{H,nd} = 37 \text{ kWh/m}^2$

Fig. 3.7. Schematizzazione complessiva dei diversi modelli di edifici standard simulati con Design Builder e relativi valori di fabbisogno energetico annuo.

Abb. 3.7. Schematische Gesamtdarstellung der verschiedenen mit Design Builder simulierten Standardgebäudemodelle und der entsprechenden jährlichen Energiebedarfswerte.

### 3.4 Simulazioni energetiche dinamiche per il calcolo delle dispersioni tipiche degli edifici Dynamische Energiesimulationen für die Berechnung der typischen Wärmeverluste der Gebäude

	<b>Superfici "parametrizzate" „Parametrisierte“ Flächen</b>		<b>Variable Variable</b>
<b>Perdita per trasmissione: <math>Q_{H,tr}</math> Verlust durch Wärmedurchgang: <math>Q_{H,tr}</math></b>	Superficie del "PianoTerra" (edifici ad 1 piano)	Fläche des „Erdgeschosses“ (einstöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_e)1I$
	Superficie del "PianoTerra" (edifici a 2 piani)	Fläche des „Erdgeschosses“ (zweistöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_e)2I$
	Superficie del "PianoTerra" (edifici a 3 piani)	Fläche des „Erdgeschosses“ (dreistöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_e)3I$
	Superficie del "Tetto" (edifici a 1 piano)	Fläche des „Dachs“ (einstöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_r)1I$
	Superficie del "Tetto" (edifici a 2 piani)	Fläche des „Dachs“ (zweistöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_r)2I$
	Superficie del "Tetto" (edifici a 3 piani)	Fläche des „Dachs“ (dreistöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_r)3I$
	Superficie della parete Est (edifici a 1 piano)	Fläche der Ostwand (einstöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_e)1I$
	Superficie della parete Est (edifici a 2 piani)	Fläche der Ostwand (zweistöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_e)2I$
	Superficie della parete Est (edifici a 3 piani)	Fläche der Ostwand (dreistöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_e)3I$
	Superficie della parete Nord (edifici a 1 piano)	Fläche der Nordwand (einstöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_n)1I$
	Superficie della parete Nord (edifici a 2 piani)	Fläche der Nordwand (zweistöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_n)2I$
	Superficie della parete Nord (edifici a 3 piani)	Fläche der Nordwand (dreistöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_n)3I$
	Superficie della parete Ovest (edifici a 1 piano)	Fläche der Westwand (einstöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_w)1I$
	Superficie della parete Ovest (edifici a 2 piani)	Fläche der Westwand (zweistöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_w)2I$
	Superficie della parete Ovest (edifici a 3 piani)	Fläche der Westwand (dreistöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_w)3I$
	Superficie della parete Sud (edifici a 1 piano)	Fläche der Südwand (einstöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_s)1I$
	Superficie della parete Sud (edifici a 2 piani)	Fläche der Südwand (zweistöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_s)2I$
	Superficie della parete Sud (edifici a 3 piani)	Fläche der Südwand (dreistöckiges Gebäude)	$Q_{H,tr}(S_s)3I$
	Superficie finestrata Est	Finsterfläche Osten	$Q_{H,tr}(S_{wE})$
Superficie finestrata Nord	Finsterfläche Norden	$Q_{H,tr}(S_{wN})$	
Superficie finestrata Ovest	Finsterfläche Westen	$Q_{H,tr}(S_{wW})$	
Superficie finestrata Sud	Finsterfläche Süden	$Q_{H,tr}(S_{wS})$	
<b>Perdita per ventilazione: <math>Q_{H,ve}</math> Verlust durch Lüftung <math>Q_{H,ve}</math></b>	Superficie totale di pavimento	Gesamtbodenfläche	$Q_{in}(S_{Tf})$
<b>Guadagno interno: <math>Q_{in}</math> Interner Energieeintrag: <math>Q_{in}</math></b>	Superficie totale di pavimento	Gesamtbodenfläche	$Q_{in}(S_{Tf})$
<b>Guadagno solare: <math>Q_{sol}</math> Solareintrag: <math>Q_{sol}</math></b>	Superficie finestrata Est	Finsterfläche Osten	$Q_{sol}(S_{wE})$
	Superficie finestrata Nord	Finsterfläche Norden	$Q_{sol}(S_{wN})$
	Superficie finestrata Ovest	Finsterfläche Westen	$Q_{sol}(S_{wW})$
	Superficie finestrata Sud	Finsterfläche Süden	$Q_{sol}(S_{wS})$

Tab. 3.8. Elenco dei valori di perdita/guadagno di energia calcolati dalle simulazioni dinamiche e superfici dell'edificio in base ai quali sono stati parametrizzati.

Tab. 3.8. Liste der in den dynamischen Simulationen berechneten Energieeinträge/-verluste und Gebäudeflächen, nach denen sie parametrisiert wurden.

	Reference surface	Variabile name	DBMS field name	< 1918	1919 1945	1946 1970	1971 1990	1991 2005	2006 2013	> 2013
<b>Transmission loss QH,tr [kWh/m<sup>2</sup>y]</b>	Ground Surface (1 level buildings)	QH,tr(SG)1I	qhtr_sg1I		6	11	12	9	7	
	Ground Surface (2 level buildings)	QH,tr(SG)2I	qhtr_sg1I	8	17	23	18	13	9	6
	Ground Surface (3 level buildings)	QH,tr(SG)3I	qhtr_sg1I	19	18	24	19	14	9	8
	Roof Sueface (1 level buildings)	QH,tr(SR)1I	qhtr_sr1I	20	65	74	52	39	26	8
	Roof Sueface (2 level buildings)	QH,tr(SR)2I	qhtr_sr2I	68	73	78	54	40	27	22
	Roof Sueface (3 level buildings)	QH,tr(SR)3I	qhtr_sr3I	76	75	84	54	40	27	23
	East wall Surface (1 level buildings)	QH,tr(SE)1I	qhtr_se1I	78	83	59	35	28	20	23
	East wall Surface (2 levels buildings)	QH,tr(SE)2I	qhtr_se2I	113	86	63	37	30	21	18
	East wall Surface (3 or more levels buildings)	QH,tr(SE)3I	qhtr_se3I	116	87	65	38	30	22	19
	North wall Surface (1 level buildings)	QH,tr(SN)1I	qhtr_sn1I	117	90	48	29	28	17	19
	North wall Surface (2 levels buildings)	QH,tr(SN)2I	qhtr_sn2I	120	94	52	31	25	18	15
	North wall Surface (3 or more levels buildings)	QH,tr(SN)3I	qhtr_sn3I	124	96	54	32	26	19	16
	West wall Surface (1 level buildings)	QH,tr(SW)1I	qhtr_sw1I	126	82	58	35	24	20	16
	West wall Surface (2 levels buildings)	QH,tr(SW)2I	qhtr_sw2I	112	85	63	37	30	21	18
	West wall Surface (3 or more levels buildings)	QH,tr(SW)3I	qhtr_sw3I	115	87	23	39	30	22	19
	South wall Surface (1 level buildings)	QH,tr(SS)1I	qhtr_ss1I	117	66	64	38	30	22	19
	South wall Surface (2 levels buildings)	QH,tr(SS)2I	qhtr_ss2I	96	68	69	40	32	23	19
	South wall Surface (3 or more levels buildings)	QH,tr(SS)3I	qhtr_ss3I	98	69	71	41	33	23	20
	East Windows Surface	QH,tr(SWE)	qhtr_swe	99	194	201	144	130	103	20
	Nord Windows Surface	QH,tr(SWN)	qhtr_swn	200	199	207	149	136	108	91
West Windows Surface	QH,tr(SWW)	qhtr_sww	205	193	201	143	130	103	95	
South Windows Surface	QH,tr(SWS)	qhtr_sws	199	183	190	133	120	94	91	



### 3.4 Simulazioni energetiche dinamiche per il calcolo delle dispersioni tipiche degli edifici

Dynamische Energiesimulationen für die Berechnung der typischen Wärmeverluste der Gebäude

	Reference surface	Variabile name	DBMS field name	< 1918	1919 1945	1946 1970	1971 1990	1991 2005	2006 2013	> 2013
<b>Ventilation loss</b> <b>QH,ve</b> <b>[kWh/m<sup>2</sup>y]</b>	Total Floors Surfaces	QH,ve(STF)	qhve_stf	189	107	61	38	38	23	82
	Total Floor Surfaces	Qin(STF)	qin_stf	110	17	17	17	16	16	23
<b>Solar gain</b> <b>Qsol</b> <b>[kWh/m<sup>2</sup>y]</b>	East Windows Surface	Qsol(SWE)	qsol_swe	17	89	93	92	91	90	16
	Nord Windows Surface	Qsol(SWN)	qsol_swn	103	58	60	59	59	58	90
	West Windows Surface	Qsol(SWW)	qsol_sww	70	92	97	95	95	93	58
	South Windows Surface	Qsol(SWS)	qsol_sws	107	181	190	190	188	185	93

Tab. 3.9. Valori di perdita/guadagno di energia calcolati dalle simulazioni dinamiche per il caso studio di Feltre.

Tab. 3.9. Werte der in den dynamischen Simulationen für die Fallstudie Feltre berechneten Energieeinträge/-verluste.

## 3.5 Calcolo del fabbisogno energetico di ogni edificio dell'area urbana

### Berechnung des Energiebedarfs der einzelnen Gebäude in der urbanen Region

#### 3.5.1 Il fabbisogno energetico annuo

L'elaborazione finale per il calcolo del fabbisogno di energia dei vari edifici dell'area urbana analizzata è stata effettuata utilizzando l'espressione introdotta nel precedente paragrafo:  $Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} (Q_{in} + Q_{sol})$ . Il valore del fabbisogno complessivo è stato calcolato, per mezzo di una serie di elaborazioni all'interno del geo-database, singolarmente per ciascun edificio in base alle specifiche caratteristiche dimensionali e costruttive. Nella procedura di elaborazione sono stati inizialmente calcolati i valori di  $Q_{H,tr}$ ,  $Q_{H,ve}$ ,  $Q_{in}$ ,  $Q_{sol}$  e successivamente il valore finale  $Q_{H,nd}$  (fabbisogno annuo di energia dell'edificio in kWh).

Facendo riferimento alla Tabella 3.9 e alla Tabella 3.3, le espressioni di calcolo utilizzate per ricavare i valori di dispersione per trasmissione, dispersione per ventilazione, guadagni interni e guadagno solare sono:

#### 3.5.1 Der jährliche Energiebedarf

Die abschließende Datenverarbeitung zur Berechnung des Energiebedarfs der einzelnen Gebäude in der urbanen Region wurde unter Verwendung des im vorstehenden Abschnitt eingeführten Ausdrucks durchgeführt:  $Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} (Q_{in} + Q_{sol})$ . Der Wert des Gesamtenergiebedarfs wurde mit Hilfe mehrerer Datenverarbeitungen in der Geodatenbank einzeln für jedes Gebäude entsprechend den spezifischen Bau- und Größeneigenschaften berechnet. Im Verarbeitungsverfahren wurden zuerst die Werte  $Q_{H,tr}$ ,  $Q_{H,ve}$ ,  $Q_{in}$ ,  $Q_{sol}$  und danach der Endwert  $Q_{H,nd}$  (jährlicher Energiebedarf des Gebäudes in kWh) berechnet.

Mit Bezug auf die Tabelle 3.9 und Tabelle 3.3 wurden die folgenden Kalkulationen zur Berechnung der Werte des Energieverlusts durch Wärmedurchgang, Verlusts durch Lüftung, des internen Energieeintrags und Solareintrags verwendet:

$$\begin{aligned}
 Q_{H,tr} = & Q_{Htr}(S_G) \cdot X_l \cdot B_{Building} A_{rea} + Q_{Htr}(S_R) \cdot X_l \cdot B_{Building} A_{rea} + Q_{Htr}(S_E) \cdot X_l \cdot L_{oss-Surface} A_{rea\_E} + \\
 & Q_{Htr}(S_N) \cdot X_l \cdot L_{oss-Surface} A_{rea\_N} + Q_{Htr}(S_W) \cdot X_l \cdot L_{oss-Surface} A_{rea\_W} + Q_{Htr}(S_S) \cdot X_l \cdot L_{oss-Surface} A_{rea\_S} + \\
 & Q_{Htr}(S_{WE}) \cdot W_{indow} A_{rea\_E} + Q_{Htr}(S_{WN}) \cdot W_{indow} A_{rea\_N} + Q_{Htr}(S_{WW}) \cdot W_{indow} A_{rea\_W} + Q_{Htr}(S_{WS}) \cdot W_{indow} A_{rea\_S}
 \end{aligned}$$

### 3.5 Calcolo del fabbisogno energetico di ogni edificio dell'area urbana Berechnung des Energiebedarfs der einzelnen Gebäude in der urbanen Region

$$Q_{H,ve} = Q_{H,ve}(S_{TF}) \cdot TotalFloorsSurface \cdot A_{rea}$$

$$Q_{in} = Q_{in}(S_{TF}) \cdot T_{otalFloorsSurface} \cdot A_{rea}$$

$$Q_{sol} = Q_{sol}(S_{WE}) \cdot W_{indow} \cdot A_{rea\_E} + Q_{sol}(S_{WN}) \cdot W_{indow} \cdot A_{rea\_N} + Q_{sol}(S_{WW}) \cdot W_{indow} \cdot A_{rea\_W} + Q_{sol}(S_{WS}) \cdot W_{indow} \cdot A_{rea\_S}$$

L'immagine di figura 3.10 offre una rappresentazione del risultato dell'elaborazione per il caso studio di Feltre.

Das Bild in Abbildung 3.10 zeigt eine Darstellung des Verarbeitungsergebnisses für die Fallstudie Feltre. In Anhang 3 ist das in der Geodatenbank durchgeführte Datenverarbeitungsverfahren, unterteilt in die einzelnen Verarbeitungsphasen, detailliert angeführt.



Fig. 3.10. Fabbisogno energetico degli edifici nella Città di Feltre.  
Abb. 3.10. Energiebedarf von Gebäuden in der Stadt Feltre.

### 3.5.2 Il calcolo della potenza di picco e della curva di domanda

Per procedere alla simulazione di sistemi energetici integrati o al calcolo di reti di teleriscaldamento – tema affrontato nei capitoli successivi – oltre al dato sul fabbisogno energetico annuo di ogni edificio è indispensabile avere a disposizione anche il dato sulla potenza di picco richiesta di ciascun edificio e la curva delle diverse potenze nell’arco dell’anno. Questi valori servono da un lato (la potenza di picco) per dimensionare il sistema che deve essere in grado di far fronte alla richiesta massima di energia, dall’altro lato (la curva delle potenze) per fare valutazioni di costi/benefici e di sostenibilità economica del sistema.

Nel progetto IDEE, sempre facendo riferimento al caso studio di Feltre, si è optato per utilizzare cinque fasce di potenza: *heat peak*, *heat high*, *heat medium*, *heat low* e *heat very low*.

Per ottenere i valori soglia di queste fasce, la potenza media di ciascuna fascia e il numero di ore per le quali tale potenza media sia applicabile al caso studio considerato, si è utilizzato come riferimento la simulazione energetica dinamica dell’edificio standard ad un piano (L1) con periodo di costruzione 1919-1945 al quale corrisponde un fabbisogno energetico annuo di 264 kWh/m<sup>2</sup> (vedi fig. 3.7). Con questa simulazione il software restituisce la domanda di energia (quindi la potenza richiesta) ora per ora nell’intervallo di tempo simulato nell’arco dell’anno, che nel caso di Feltre corrisponde a 4392 ore (periodo in cui si considera attivo il riscaldamento invernale per la fascia climatica all’interno della quale rientra la città di Feltre).

Sulla base dell’andamento della domanda di energia di questo edificio di riferimento, è stata definita la curva di distribuzione riportata in figura 3.11; nell’asse delle ordinate è indicata la percentuale di ore (rispetto alle complessive 4392 annue) in cui la relativa potenza nelle ascisse viene superata. L’area delimitata a titolo di esempio in figura

### 3.5.2 Die Berechnung der Spitzenleistung und der Nachfragekurve

Für die Simulation integrativer Energiesysteme oder die Berechnung von Fernwärmenetzen - ein Thema, das in den folgenden Kapiteln behandelt wird - muss man neben der Angabe des jährlichen Energiebedarfs jedes einzelnen Gebäudes auch die Angabe zu der von jedem Gebäude geforderten Spitzenleistung und die Kurve der verschiedenen Leistungen im Jahresverlauf haben. Diese Werte dienen einerseits (die Spitzenleistung) dazu, das System zu bemessen, das in der Lage sein muss, den maximalen Energiebedarf zu decken, und andererseits (die Leistungskurve) dazu, Kosten-Nutzen-Berechnungen und Einschätzungen zur wirtschaftlichen Nachhaltigkeit des Systems anzustellen.

Im Projekt IDEE wurde für die Fallstudie Feltre beschlossen, fünf Leistungsbereiche zu nutzen: *heat peak*, *heat high*, *heat medium*, *heat low* und *heat very low*.

Um die Schwellenwerte dieser Bereiche, die Durchschnittsleistung jedes Bereichs und die Anzahl der Stunden, in denen diese Durchschnittsleistung auf die untersuchte Fallstudie anwendbar ist, zu erhalten, wurde als Bezugswert die dynamische Energiesimulation für das einstöckige Standardgebäude (L1) aus dem Bauzeitraum 1919-1945 verwendet, dem ein jährlicher Energiebedarf von 264 kWh/m<sup>2</sup> (siehe Abb. 3.7) entspricht. Mit dieser Simulation ermittelt die Software die Energienachfrage (also die notwendige Leistung) Stunde für Stunde im simulierten Zeitintervall im Jahresverlauf, der im Fall Feltre 4392 Stunden entspricht (der Zeitraum, in dem die Heizung im Winter für die Klimazone, in der die Stadt Feltre liegt, eingeschaltet ist).

Auf der Grundlage der Energienachfrage dieses Referenzgebäudes wurde die in Abbildung 3.11 dargestellte Verteilungskurve definiert; auf der Ordinatennachse ist der Prozentsatz der Stunden angegeben (im Verhältnis zu den 4392 Stunden insgesamt jährlich), in denen die entsprechende Leistung auf der Abszissenachse überschritten wird. Der in Abbildung 3.11 als Beispiel einge-

### 3.5 Calcolo del fabbisogno energetico di ogni edificio dell'area urbana Berechnung des Energiebedarfs der einzelnen Gebäude in der urbanen Region

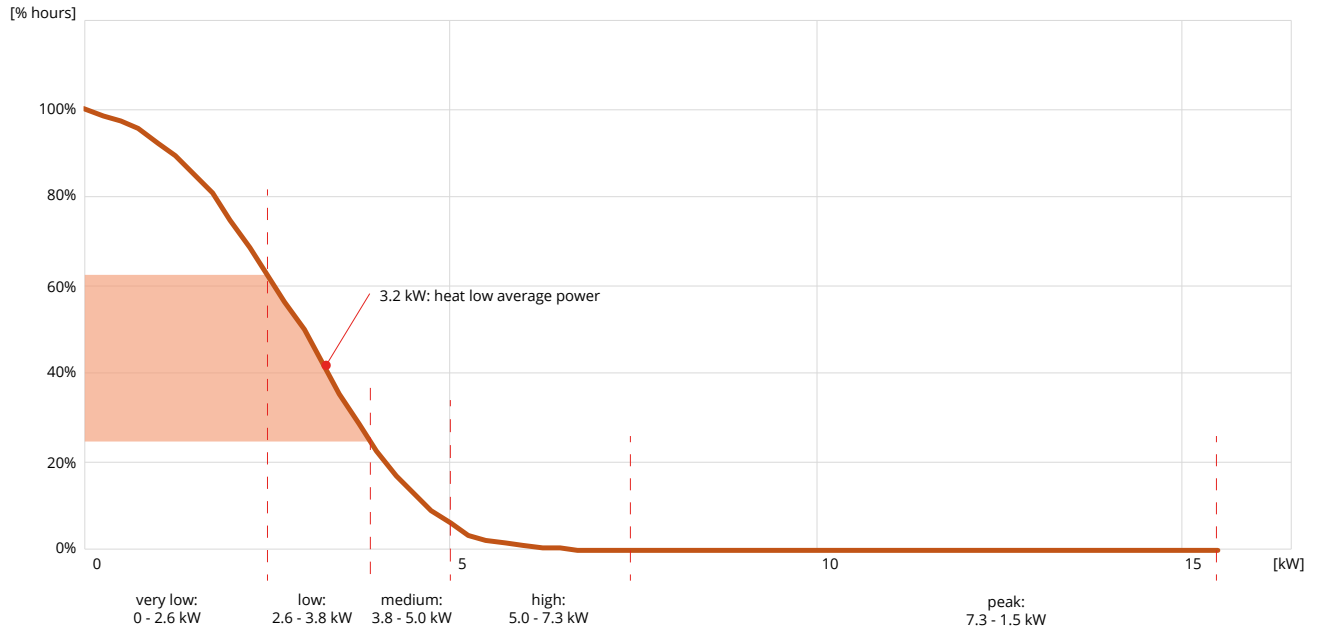


Fig. 3.11. Grafico che rappresenta la distribuzione della domanda di potenza per l'edificio standard simulato.  
Abb. 3.11. Die Grafik stellt die Verteilung der Leistungsnachfrage für das simulierte Standardgebäude dar.

3.11 rappresenta quindi la percentuale di energia, rispetto al fabbisogno annuo, richiesta per la fascia di potenza *heat low*.

I dati ottenuti per l'edificio standard sono necessari per definire una regola di comportamento generale da applicare a tutti gli edifici di cui, per ognuno, va quindi calcolata la potenza di picco e le potenze medie delle altre 4 fasce di potenza, mentre la durata temporale di ciascuna fascia (cioè il numero di ore) viene considerata uguale per tutti gli edifici. Il dato di partenza, cioè il risultato delle simulazioni in GIS per ogni edificio, è il fabbisogno energetico annuo ( $Q_{H,nd}$ ); è necessario quindi definire una procedura che per

grenzte Bereich stellt somit den Prozentsatz an Energie im Verhältnis zum jährlichen Gesamtbedarf dar, der für den Leistungsbereich *heat low* notwendig ist.

Die für das Standardgebäude erhaltenen Angaben sind für die Definition einer allgemeinen Verhaltensregel notwendig, die auf alle Gebäude angewendet werden kann, für die jeweils einzeln die Spitzenleistung und die Durchschnittsleistungen der anderen 4 Leistungsbereiche berechnet werden sollen, während die zeitliche Dauer jedes Leistungsbereich (also die Anzahl der Stunden) für alle Gebäude als gleich angenommen wird. Die Ausgangsangebe, also das GIS-Simulationsergebnis für jedes Gebäude, ist der jährliche Energiebedarf ( $Q_{H,nd}$ );

ciascun edificio, a partire dal fabbisogno energetico annuo, restituisca le potenze medie per ciascuna fascia. Per definire tale regola è stata elaborata, a partire dalla simulazione tipo, la tabella seguente (3.12) che riporta i valori delle potenze per ciascuna fascia e le ore per cui tale potenza viene considerata costante, espressi in percentuale rispetto al valore di picco, all'energia annua e al numero di ore annue.

folglich muss ein Verfahren definiert werden, das für jedes Gebäude, ausgehend vom jährlichen Energiebedarf, die Durchschnittsleistungen für jeden Bereich ermittelt. Um diese Regel zu definieren, wurde ausgehend von der Standardsimulation die folgende Tabelle (3.12) erarbeitet, in der die Leistungswerte für jeden Bereich und die Stunden angegeben sind, für die diese Leistung als konstant angenommen wird, und zwar ausgedrückt als prozentualer Anteil im Verhältnis zum Spitzenwert, zur jährlichen Energie und zur Anzahl der jährlichen Stunden.

	<b>Power range</b> [% of design capacity]	<b>P_Avg</b> [% of design capacity]	<b>Energy</b> [% of yearly loads]	<b>ns_Hour_operation</b> [% of operation hours]	<b>ns_Hour_period</b> [% of all period]
<b>heat_verylow</b>	0-32	20.38%	22.23%	39.799%	38.885%
<b>heat_low</b>	32-46	39.51%	35.55%	32.831%	32.077%
<b>heat_medium</b>	46-61	53.10%	31.20%	21.436%	20.943%
<b>heat_high</b>	61-90	67.55%	10.90%	5.888%	5.753%
<b>heat_peak</b>	90-160	95.13%	0.12%	0.047%	0.046%

#### LEGENDA LEGENDE

- Power range:** Valori di potenza minima e massima che identificano ogni fascia in percentuale rispetto alla potenza massima di picco; Mindest- und Höchstleistungswerte, die jeden Leistungsbereich in Prozent im Verhältnis zur maximalen Spitzenleistung identifizieren;
- P\_Avg:** Valore medio della potenza della fascia specifica rispetto al valore di potenza massima di picco; Durchschnittswert der Leistung des jeweiligen Bereichs im Verhältnis zur maximalen Spitzenleistung;
- Energy:** Percentuale di energia consumata nella fascia di potenza rispetto al fabbisogno annuo; Prozentsatz der im Leistungsbereich im Verhältnis zum Jahresbedarf verbrauchten Energie;
- ns\_Hour\_operation:** Percentuale di ore, rispetto alle ore in cui l'impianto è in funzione, in cui si può considerare la rispettiva potenza media; Prozentsatz der Stunden im Verhältnis zu den Stunden, in denen die Anlage in Betrieb ist, in denen die jeweilige Durchschnittsleistung angenommen werden kann;
- ns\_Hour\_period:** Percentuale di ore, rispetto alle ore totali della simulazione (4392), in cui si può considerare la rispettiva potenza media. Prozentsatz der Stunden im Verhältnis zu den Gesamtstunden der Simulation (4392), in denen die jeweilige Durchschnittsleistung angenommen werden kann.

Tab. 3.12. generalizzazione dei valori di potenza e ore delle 5 fasce di potenza.

Tab. 3.12. Verallgemeinerung der Leistungswerte und Stunden der 5 Leistungsbereiche.



### 3.5 Calcolo del fabbisogno energetico di ogni edificio dell'area urbana Berechnung des Energiebedarfs der einzelnen Gebäude in der urbanen Region

A partire da questi valori percentuali sono state calcolate una serie di costanti relative al caso studio:

- Il numero di ore per ciascuna fascia calcolando la percentuale sulle 4392 ore;
- Una costante per calcolare le diverse potenze a partire dal fabbisogno energetico di ciascun edificio.

Il risultato è in tabella 3.13.

Il calcolo del numero di ore risulta dall'applicazione della percentuale "ns\_Hour\_operation" di tabella 3.12 alle 4392 ore; mentre la costante deriva dall'arrotondamento del valore "Energy".

Ausgehend von diesen Prozentangaben wurden mehrere Konstanten in Bezug auf die Fallstudie berechnet:

- Die Anzahl der Stunden für jeden Leistungsbereich unter Berechnung des prozentualen Anteils an den 4392 Stunden;
- Eine Konstante zur Berechnung der verschiedenen Leistungen ausgehend vom Energiebedarf jedes einzelnen Gebäudes

Das Ergebnis ist in Tabelle 3.13 zu sehen.

Die Berechnung der Stunden ergibt sich aus der Anwendung der Prozentangabe „ns\_Hour\_operation“ von Tabelle 3.12 auf die 4392 Stunden; die Konstante hingegen ergibt sich aus der Rundung des Wertes „Energy“.

	Hours [h]	Round hours [h]	Constant for calculation of power
heat_verylow	1707.83	1708	0,22
heat_low	1408.82	1409	0,35
heat_medium	919.82	920	0,312
heat_high	252.67	253	0,109
heat_peak	2.02	2	0,0012

Tab. 3.13. Ore relative a ciascuna fascia di potenza e costanti per il calcolo della potenza media a partire dal fabbisogno annuo.

Tab. 3.13. Stunden in Bezug auf jeden Leistungsbereich und Konstanten zur Berechnung der Durchschnittsleistung ausgehend vom jährlichen Energiebedarf.

Con queste costanti, il calcolo della potenza media di ogni fascia si ottiene dalle seguenti formule:

Mit diesen Konstanten ergibt sich aus den folgenden Formeln die Berechnung der Durchschnittsleistung jedes Leistungsbereichs:

$$\begin{aligned}
 \text{heat\_verylow} &= Q_{H,nd} \cdot 0,2223 / 1707.83 \\
 \text{heat\_low} &= Q_{H,nd} \cdot 0,3555 / 1408.82 \\
 \text{heat\_medium} &= Q_{H,nd} \cdot 0,312 / 919.82 \\
 \text{heat\_high} &= Q_{H,nd} \cdot 0,109 / 252.67 \\
 \text{heat\_peak} &= Q_{H,nd} \cdot 0,0012 / 2.02
 \end{aligned}$$

Le formule sopra riportate mostrano come a partire del fabbisogno energetico annuo di ciascun edificio sono stati ricavati le potenze delle varie fasce di domanda. Tale forma è stata sua volta inserita nell'elaborazione GIS finale.

La tabella 3.14 è un esempio del dato restituito per ciascun edificio.

Die oben angeführten Formeln zeigen, dass ausgehend vom jährlichen Energiebedarf jedes Gebäudes die Leistungen der verschiedenen Energienachfragebereiche ermittelt wurden. Diese wurden wiederum in die abschließende GIS-Datenverarbeitung eingegeben.

Die Tabelle 3.14 ist ein Beispiel für die für jedes Gebäude ermittelte Angabe.

id	partkey	OGF (Over Ground Floors)	OGF (Over Ground Floors)	BA (Building Area) [m <sup>2</sup> ]	Construction Period	Qh_tr [kWh/y]	Qh_ve [kWh/y]	Q_in [kWh/y]	Q_sol [kWh/y]	Qh_nd [kWh/y]	heat_peak [kW]	heat_high [kW]	heat_mediu [kW]	heat_low [kW]	heat_veryl [kW]
2627	D530 32 102	3	3	143	2_1945	54916	46126	7261	4787	91405	54	42	31	23	12
2663	D530 32 103	3	3	112	2_1945	43835	36213	5700	3971	72312	43	33	25	18	9
2838	D530 32 114	1	1	103	2_1945	21135	11113	1749	1738	29458	17	13	10	7	4
2810	D530 32 168	3	3	181	5_9105	35513	20474	8908	7184	43114	26	20	15	11	6
2632	D530 32 175	4	4	184	5_9105	38542	27754	12075	8287	50007	30	23	17	13	7
2822	D530 32 183	3	3	84	6_0613	14683	7616	5404	4577	14315	9	7	5	4	2
2636	D530 32 195	4	4	146	4_7190	40630	22104	9674	6983	49408	29	23	17	12	6
2692	D530 32 208	1	1	115	5_9105	11107	4334	1886	1590	12660	8	6	4	3	2
2866	D530 32 258	3	3	87	6_0613	14719	5893	4182	4529	13644	8	6	5	3	2
2834	D530 32 268	3	3	183	5_9105	31349	20729	9018	6179	39920	24	18	14	10	5
2749	D530 32 284	3	3	82	3_4670	34778	15041	4141	4349	43027	26	20	15	11	6
2761	D530 32 323	2	2	134	3_4670	38605	16315	4491	3614	48436	29	22	16	12	6
2624	D530 32 357	4	4	210	5_9105	49046	39704	17274	10752	66330	39	30	22	17	9
2615	D530 32 363	3	3	292	6_0613	33653	19818	14062	8836	35153	21	16	12	9	5
2737	D530 32 364	1	1	129	4_7190	15261	4903	2146	1681	17103	10	8	6	4	2

Tab. 3.14. Esempio dell'output finale risultante dalle elaborazioni del framework IDEE.

Tab. 3.14. Beispiel für den sich aus den Datenverarbeitungen des IDEE-Frameworks ergebenden abschließenden Output.



## Bibliografia

## Bibliographie

- Condotta, M., G. Borga, T. Dalla Mora, F. Peron (2018). Urban Scale Simulation Of Energy Demand Of Buildings Based On Parametric Simulation Schemes For Real-Life Applications. Proceedings from *BSO 2018, 4th Building Simulation and Optimization Conference*. Cambridge (UK) 11-12 September 2018.
- EC (2007). European Committee for Standardization (CEN). EN 15243:2007. Ventilation for buildings - Calculation of room temperatures and of load and energy for buildings with room conditioning systems.
- EC (2011). European Committee for Standardization (CEN). EN 15316 (series). Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies.
- Peron, F., Romagnoni, P., Righi, A., Turvani, M. (2012). Analisi integrata di scenari di miglioramento dell'efficienza energetica del settore civile e commerciale della regione Veneto. *Atti 6° Congresso ALGE*, Ferrara, 11-12 Giugno 2012, pp. 39-44.
- TABULA (2012). Typology Approach for Building Stock Energy Assessment, TABULA Project (2009-2012), <http://episcope.eu/ieeproject/tabula/>, last access: November 2017.
- UNI – Italian Committee for Standardization (2014). Standard UNI TS 11300 Part 1: “Energy performance of buildings: Evaluation of energy need for space heating and cooling”.



# 4

**Progettare: il framework per  
la simulazione di un sistema  
energetico urbano integrato**

**Planen: das Framework für die  
Simulation eines integrativen  
urbanen Energiesystems**

Matteo Cucchiaro

Fabian Hofsäß

Damiana Chinese

Maurizio Santin

Marco Calvi



## 4.1 Introduzione al sistema di simulazione Einführung in das Simulationssystem

Una volta individuate le tecnologie di interesse per il territorio e stimati i fabbisogni termici si giunge al nucleo dell'attività di pianificazione, ossia la valutazione tecnico-economica di possibili combinazioni di tecnologie alternative con l'obiettivo di ridurre i costi e gli impatti energetico-ambientali lungo il ciclo di vita degli impianti. In questa sezione verrà presentato il modello utilizzato, all'interno del framework proposto in IDEE, per la fase di pianificazione di impianti di rete per la distribuzione dell'energia termica e lo sfruttamento di sorgenti energetiche alternative.

Quando si vuole valutare l'applicazione diffusa di tecnologie individuali, la letteratura propone l'uso di sistemi di pianificazione "bottom up". Essi valutano le scelte tecnologiche e impiantistiche economicamente più convenienti per utenze tipo. Simulano quindi l'evoluzione futura dei sistemi assumendo che ogni utente adotterà nel tempo la combinazione di tecnologie economicamente più conveniente.

È questo, ad esempio, il caso dei modelli FORECAST, in ambito industriale (Fleiter et al., 2018), o, tra gli altri, del modello BREDEM e del modello CREEM, relativamente all'utilizzo domestico del calore (Kavgic et al., 2010).

Quando si prendono in esame impianti di rete centralizzati e complessi, quali i sistemi di teleriscalda-

Nachdem die für das Gebiet interessanten Technologien identifiziert und der Wärmebedarf abgeschätzt ist, wurde der Kern der Planungstätigkeit erreicht, d.h. die technisch-wirtschaftliche Bewertung möglicher Kombinationen alternativer Technologien mit dem Ziel, Kosten und Umweltauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus der Anlagen zu reduzieren. In diesem Abschnitt stellen wir das Modell vor, das im Rahmen des in IDEE vorgeschlagenen Frameworks für die Planungsphase von Anlagensystemen zur Verteilung von Wärme und zur Nutzung alternativer Energiequellen verwendet wird.

Wenn die verbreitete Anwendung einzelner Technologien bewertet werden soll, schlägt die Fachliteratur den Einsatz von „Bottom-up“-Planungssystemen vor. Für typische Verbraucher werden wirtschaftliche, technologisch und anlagentechnisch optimierte Lösungen berechnet. In der Simulation wird vom Einsatz der preiswertesten Technologiekombination für alle Verbraucher ausgegangen.

Dies ist beispielsweise bei den FORECAST-Modellen für die Industrie (Fleiter et al., 2018) oder unter anderem beim BREDEM-Modell und beim CREEM-Modell für die Wärmenutzung in privaten Wohnhäusern der Fall (Kavgic et al., 2010).

Bei der Betrachtung von zentralen und komplexen Netzsystemen, wie z.B. Fernwärmenetzen, die im

mento, considerati in IDEE, ma anche il teleraffrescamento, le reti gas o le smart grid elettriche, si rende necessario utilizzare un sistema di simulazione e ottimizzazione della rete a livello pre-progettuale (studio di fattibilità).

L'ottimizzazione basata sulla programmazione lineare intera mista (MILP) è riconosciuta in letteratura quale l'approccio più applicato per la pianificazione di sistemi di teleriscaldamento (Sameti e Haghighat, 2017). Nell'ultimo decennio, anche i sistemi GIS sono stati sempre più utilizzati per gestire tutti i dati pertinenti al teleriscaldamento, quali la domanda di energia (Finney et al., 2012) e i costi di connessione di diverse aree urbane con reti di vario tipo (Möller and Lund, 2010, Nielsen and Möller, 2013). Le metodologie che prevedano un'integrazione dei sistemi GIS e della programmazione MILP sono quindi divenute lo stato dell'arte nella pianificazione dei sistemi energetici, sebbene la letteratura ne riporti solo pochi esempi (Delmastro et al., 2016, Unternährer et al., 2017), prevalentemente focalizzati sull'ottimizzazione dei percorsi delle reti tramite algoritmi tipo "minimum spanning trees".

Avendo esaminato i modelli esistenti in letteratura, i partner scientifici del progetto hanno individuato il modello *Rivus*.

Creato da Dorfner (2016) presso il Politecnico di Monaco di Baviera (TUM), *Rivus* è un programma open source che si avvale di un modello di ottimizzazione MILP per pianificare la capacità delle reti di infrastrutture energetiche.

Il nome *Rivus* deriva dal latino e significa "ruscello, corso d'acqua" o "canale" ed è stato scelto poiché rimanda direttamente ai flussi di energia da sottoporre ad ottimizzazione.

Mentre i modelli precedenti miravano principalmente ad ottimizzare il layout della rete, *Rivus* tratta anche il dimensionamento dei processi di conversione energetica, consentendo così di valutare in modo più completo sistemi energetici urbani alternativi. Inoltre, a differenza dei modelli precedenti,

Projekt IDEE untersucht werden, aber auch von Fernkältenetzen, Erdgasnetzen oder intelligenten Stromnetzen ist es notwendig, ein System zur Simulation und Optimierung des Netzes auf Vorplanungsebene zu nutzen (Machbarkeitsstudie).

In der Fachliteratur wird die Optimierung auf der Grundlage der gemischt-ganzzahligen linearen Programmierung (MILP) als der meistverwendete Ansatz zur Planung von Fernwärmesystemen anerkannt (Sameti und Haghighat, 2017). In den letzten zehn Jahren wurden auch zunehmend GIS-Systeme eingesetzt, um alle für die Fernwärme relevanten Daten wie Energiebedarf (Finney et al., 2012) und Kosten für den Anschluss verschiedener Stadtgebiete an verschiedene Netze zu verwalten (Möller und Lund, 2010, Nielsen und Möller, 2013). Methoden zur Integration von GIS-Systemen und MILP-Programmierung sind daher heute der aktuelle Stand der Technik bei der Energiesystemplanung, obwohl in der Fachliteratur nur wenige Beispiele angeführt werden (Delmastro et al., 2016, Unternährer et al., 2017), die sich vor allem auf die Optimierung der Wege der Netzwerke mit Hilfe von Algorithmen wie minimalen Spannbäumen konzentrieren.

Nach Prüfung der vorhandenen Modelle in der Fachliteratur haben die wissenschaftlichen Projektpartner das *Rivus*-Modell ausgewählt.

*Rivus* ist ein Open-Source-Programm, das auf einem Optimierungsmodell der gemischt-ganzzahligen linearen Programmierung zur Kapazitätsplanung von Energieinfrastrukturnetzen basiert, das von Dorfner (2016) an der TU München entwickelt wurde.

Der Name *Rivus* kommt aus dem Lateinischen und bedeutet „Strom, Wasserlauf“ oder „Kanal“. Der Name wurde wegen seiner direkten Verbindung zu den zu optimierenden Energieströmen gewählt.

Während frühere Modelle hauptsächlich auf die Optimierung des Netzwerklayouts abzielen, fügt das Modell RIVUS die Dimensionierung von Energieumwandlungsprozessen hinzu und ermöglicht damit eine umfassendere Bewertung alternativer urbaner Energiesysteme. Darüber hinaus ist RIVUS im Gegen-

#### 4.1 Introduzione al sistema di simulazione Einführung in das Simulationssystem

*Rivus* è un modello open source, implementato in Python, e consente la modellizzazione simultanea di diverse reti energetiche (gas, energia elettrica e teleriscaldamento).

Per questi motivi, *Rivus* è stato scelto come punto di partenza per lo sviluppo del framework metodologico IDEE e la sua applicazione nelle aree pilota del progetto.

satz zu früheren Modellen ein in Python implementiertes Open-Source-Modell, das die gleichzeitige Modellierung verschiedener Energienetze (Gas, Strom und Fernwärme) ermöglicht.

Aus diesen Gründen wurde RIVUS als Ausgangspunkt für die Entwicklung des methodischen IDEE-Frameworks und dessen Anwendung in den Projektpilotgebieten ausgewählt.

## 4.2 Modello di ottimizzazione Rivus Das Rivus-Optimierungsmodell

*Rivus* mira a trovare la soluzione meno costosa per reti di distribuzione e processi di conversione energetica su scala urbana, fornendo un'alta risoluzione spaziale così da soddisfare una serie di richieste riguardanti i vettori energetici. Il software si concentra sul flusso energetico prodotto dai diversi vettori (es. calore, gas ed elettricità) all'interno della rete urbana. Questi vettori sono la parte più importante del codice poiché consentono un'interconnessione tra il processo di generazione, che potrebbe essere distribuito o localizzato in prossimità delle utenze, e il fabbisogno energetico degli edifici dell'area considerata. L'energia, che può essere pronta all'uso o non, entra nella rete in corrispondenza di un vertice predeterminato (nodo). Da lì, essa può essere fornita agli utenti collegati attraverso un ramo di una rete di distribuzione. I nodi di produzione o recupero dell'energia e i rami della rete sono salvati in un file GIS. Il programma è inoltre in grado di ottimizzare reti che impiegano sorgenti energetiche diverse. Nel modello possono essere infatti inserite contemporaneamente più tecnologie di conversione energetica. In questo modo possono essere messe in luce eventuali sinergie derivanti dalla collaborazione tra diversi settori energetici, sviluppando sistemi energetici moderni ed efficienti per soddisfare il fabbisogno energetico degli utenti.

Das Ziel von *Rivus* ist es, die kostengünstigste Lösung für städtische Versorgungsnetze und Energieumwandlungsprozesse mit hoher räumlicher Auflösung zu finden, die eine Reihe von Anforderungen an Energieträger erfüllen. Die Software konzentriert sich insbesondere auf den Energiefluss von Energieträgern (z.B. Wärme, Gas und Strom) im urbanen Energiesystem. Diese Träger sind der wichtigste Teil des Codes, denn sie ermöglichen die Verbindung zwischen dem Erzeugungsprozess, der in der Nähe der Energieverbraucher verteilt oder lokalisiert wird und dem Energiebedarf der Gebäude des untersuchten Gebiets. Energie wird dem System an definierten Knotenpunkten in vorgegebener Form bereitgestellt. Über ein Netz von Knoten und Kanten wird die Energie an die Verbraucher transportiert. Diese Kanten und Knoten sind im GIS gespeichert. Ein weiteres Hauptmerkmal des Programms ist die Möglichkeit, mehrere Energierohstoffnetze gemeinsam zu optimieren. Im Programm werden mehr als eine energietechnische Lösung sowie Möglichkeit gleichzeitig innerhalb des Modells berechnet. Daraus ergeben sich mögliche Synergien der zunehmend gekoppelten Energiebereiche. Darüber hinaus können so auch moderne und effiziente Energiesysteme zur Deckung des Energiebedarfs der Nutzer entwickelt werden.



### 4.2.1 Descrizione matematica del modello

Questa sezione descrive il modello matematico sul quale *Rivus* si basa. Il problema per cui il codice di ottimizzazione trova la soluzione si può riassumere come segue:

*Trovare il sistema di approvvigionamento energetico che soddisfi un fabbisogno energetico noto durante l'anno al minimo costo di infrastruttura e di esercizio.*

Definito il problema a parole, il passo successivo è quello di formularlo come problema matematico utilizzando equazioni, vincoli, variabili e parametri in grado di esprimerlo. La formulazione matematica utilizzata per descrivere il problema è la MILP, abbreviazione di *Mixed Integer Linear Programming*. La programmazione lineare serve all'ottimizzazione di una funzione lineare, soggetta a un numero finito di uguaglianze lineari e/o vincoli di disuguaglianza con un numero finito di variabili reali le quali, tipicamente, devono essere non-negative. L'obiettivo finale del programma è massimizzare o minimizzare una quantità arbitraria, chiamata funzione obiettivo, che è alla base del problema matematico. Nel nostro caso, poiché si utilizza una programmazione lineare a numeri interi e misti, solo alcune delle variabili non conosciute devono essere intere.

Il codice di ottimizzazione *Rivus* si fonda su alcuni elementi cardine dell'intero processo di ottimizzazione. Il modello richiede la definizione di diverse entità (*Sets*), valori numerici tipici dei sistemi energetici (*Parameters*/parametri), le variabili decisionali (*Variables*/variabili), le regole da rispettare (*Constraints*/vincoli) e la funzione obiettivo minimizzata. Ogni parte della formulazione matematica è rilevante e cruciale per il corretto funzionamento operativo del codice di ottimizzazione. Per dare un'idea

### 4.2.1 Matematiche Beschreibung des Modells

Dieser Abschnitt behandelt das mathematische Modell, auf dem *Rivus* basiert. Das Problem, für das es eine Lösung zu finden gilt, lässt sich wie folgt zusammenfassen:

*Finde das kostengünstigste Energieversorgungssystem, um einen im Jahresverlauf bekannten Energiebedarf mit Infrastrukturen und minimalen Betriebskosten zu decken.*

Nach der Formulierung des Problems ist der nächste Schritt die Übersetzung in ein mathematisches Problem mit Hilfe von Gleichungen, Beschränkungen, Variablen und Parametern, die das Problem definieren und beschreiben. Die mathematische Formulierung, mit der das Problem beschrieben wird, ist eine gemischt-ganzzahligen lineare Optimierung (MILP, die Abkürzung für *Mixed Integer Linear Programming*). Eine lineare Programmierung dient der Optimierung einer linearen Funktion, die endlich vielen linearen Gleichungen und/oder Ungleichheitsbeschränkungen in endlich vielen realen Variablen unterliegt, die typischerweise positiv sind. Ziel ist es die sogenannte Zielfunktion zu maximieren bzw. zu minimieren. In unserem Fall ist dies die Minimierung der gesamten kumulierten System- und Betriebskosten. Der *Rivus*-Optimierungscode basiert hauptsächlich auf mehreren verschiedenen Elementen, die die Grundlage für den gesamten Optimierungsprozess bilden. Für die Optimierung wurden verschiedene Modellbestandteile definiert. Es werden Gruppen (*Sets*), numerische Werte (*Parameters*), die mögliche Entscheidungsvariablen (*Variables*) unterschieden. Mit diesen wird eine Liste an zu befolgenden Regeln (*Constraints*) sowie die Zielfunktion (*Objective*) des Problems formuliert. Um einen kurzen Überblick über die Mathematik hinter dem Code

della matematica che sta dietro al codice, presentiamo di seguito la funzione obiettivo che il codice di ottimizzazione deve minimizzare:

$$\zeta = \zeta_{\text{inv}} + \zeta_{\text{fix}} + \zeta_{\text{var}}$$

$\zeta$  rappresenta il costo complessivo annuale del sistema in cui la prima voce di costo  $\zeta_{\text{inv}}$  rappresenta l'ammortamento degli impianti,  $\zeta_{\text{fix}}$  i costi fissi annuali (manutenzione), l'ultima voce ( $\zeta_{\text{var}}$ ) rappresenta i costi variabili.

I vincoli più importanti del modello riguardano il soddisfacimento del fabbisogno energetico annuale degli edifici inseriti, la limitazione della potenza installata sia per gli impianti di conversione che per le infrastrutture di erogazione dell'energia, e la massima produzione di sostanze inquinanti ammessa, che può essere impostata, o meno, come vincolo del modello.

#### 4.2.2 Dati in ingresso

Le informazioni in ingresso (input) richieste dal codice di ottimizzazione *Rivus* si suddividono in due gruppi principali, costituiti da dati spaziali e non spaziali. Il primo gruppo è formato dai dati spaziali, che possono essere forniti sotto forma di *Shapefile* ed editati con un software GIS. Dalla procedura di preparazione si ottengono tre diversi *Shapefile* - *Nodes.shp*, *Streets.shp* e *Buildings.shp*. Essi raccolgono le informazioni sulla geolocalizzazione di oggetti e dell'infrastruttura viaria e altri

zu geben, wird die Zielfunktion kurz vorgestellt. Die Zielfunktion, die es zu minimieren gilt, ist wie folgt formuliert:

Die jährlichen Gesamtkosten ergeben sich aus der Summe folgender Positionen: Der erste Kostenposition beschreibt die jährlichen Kosten für die Bereitstellung der dezentralen und zentralisierten Energieumwandlungsprozesse sowie die Bereitstellung des Verteilungsnetzes. Der zweite Kostenposition beschreibt Fixkosten der Anlagen- und Systemwartung, während die letzte Position variable Kosten im Zusammenhang mit dem Einkauf von Brennstoffen über das gesamte Jahres sowie die stromabhängigen Betriebskosten für Umwandlungsanlagen betrifft.

Die wichtigsten Modellbeschränkungen beziehen sich hauptsächlich auf die Deckung des jährlichen Energiebedarfs der vorgegebenen Gebäude, auf die Begrenzung der installierten Leistung sowohl für Umwandlungsanlagen als auch für die Energieversorgungsinfrastruktur und auch auf die maximale Schadstoffproduktion, wenn diese als Constraint im Modell vorgesehen wird.

#### 4.2.2 Eingabedaten

Die vom *Rivus*-Optimierungscode benötigten Eingabeinformationen sind in zwei Hauptgruppen unterteilt, die sich auf räumliche und nicht-räumliche Daten beziehen. Die erste Informationsgruppe umfasst die Geodaten, die optional in *Shapefile*-Form bereitgestellt und mit einer GIS-Software editiert werden. Es werden drei verschiedene *Shapefiles* erstellt: *Nodes.shp*, *Streets.shp* und *Buildings.shp*. Sie sammeln die Informationen über die Geolokalisierung von Objekten und Wegeinfrastruktur und andere Aspekte im Zusammenhang mit

## 4.2 Modello di ottimizzazione Rivus Das Rivus-Optimierungsmodell

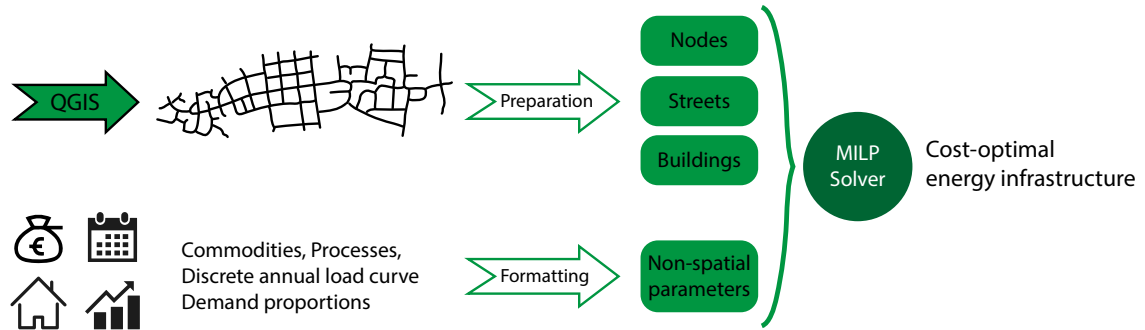


Fig. 4.1. Panoramica dei dati in ingresso in Rivus.  
Abb. 4.1. Übersicht über die Rivus-Eingabedaten.

aspetti relativi ai dati geografici utilizzati nel codice di ottimizzazione.

Il secondo tipo di dati sono le informazioni non spaziali, organizzate in forma tabulare (fogli di calcolo). I fogli di calcolo costituiscono la principale interfaccia utente di *Rivus* e permettono di indicare e impostare i parametri di costo e capacità relativi ai beni energetici (elettricità, calore, gas, ecc.) e ai processi che li convertono da un bene ad un altro (cogeneratore a gas, pompa di calore domestica, ecc.). Inoltre, è possibile introdurre una curva di carico annuale ponderata e discreta per simulare gli intervalli di tempo e il fabbisogno di energia di picco durante l'anno in termini percentuali. I due pattern di dati vengono poi combinati dal codice operativo principale usando il risolutore MILP. La figura 4.1 rappresenta in modo schematico il flusso dei dati in ingresso e il modo in cui vengono elaborati per individuare l'infrastruttura energetica che, a costi minimi, consente di soddisfare il fabbisogno energetico, utilizzando diversi vettori energetici, rispettando le ipotesi e i vincoli della modellizzazione.

den im Optimierungscode verwendeten geografischen Daten.

Die zweite Art von Daten sind die nicht-räumlichen Informationen, die in einer Tabelle verwaltet werden. Die Tabelle ist eine wesentliche Input-Schnittstelle zu *Rivus*, mit Hilfe derer es möglich ist, Kosten- und Kapazitätsparameter für Energierohstoffe (Strom, Wärme, Gas, etc.) sowie Prozesse, die einen Wandlungsprozess beschreiben (Gaskraftwerk, Haushaltswärmepumpe, etc.), zu definieren und zu beschreiben. Darüber hinaus kann eine gewichtete, diskrete Jahreslastkurve vorgegeben werden, um Zeitschritte und den anteiligen Spitzenenergiebedarf im Jahresverlauf zu simulieren. Die gesammelten Daten werden in Folge dem MILP-Solver von RIVUS übergeben. Eine schematische Übersicht über den Arbeitsablauf des Eingabedatenflussdiagramms ist in Abbildung 4.1 dargestellt. Der Optimierungsprozess liefert das kostengünstigste Energieinfrastruktursetup, welches es ermöglicht, den Bedarf an Energie in der betrachteten Region zu decken sowie den Modellierungsannahmen und -beschränkungen genügt.

### Dati spaziali

I dati spaziali (*Shapefile*) da utilizzare come input per *Rivus* si possono estrarre facilmente dai database catastali e stradali open source e sono gestibili con un software GIS. Per il codice di ottimizzazione *Rivus* servono tre diversi *Shapefile*, che si riferiscono alla posizione e all'interconnessione tra strade ed edifici dell'area di analisi considerata. Forniamo di seguito una breve presentazione delle informazioni contenute nei diversi *Shapefile*.

- *Nodes.shp*: questo *shapefile* raccoglie le informazioni georeferenziate e la posizione dei vertici risultanti dal grafico delle strade. Ogni nodo è identificato da un valore univoco chiamato Vertex e rappresenta il punto di collegamento tra due o più strade. I luoghi in cui una risorsa viene immagazzinata (es. biomassa legnosa, gasolio, carbone, ecc.) o prelevata (es. gas o teleriscaldamento) vengono trattati come nodi a cui si associa un flusso energetico predefinito. L'unità di misura è il [kW]. Nei punti nodo contenuti nello *shapefile Nodes* è possibile collocare una tecnologia di conversione energetica centralizzata (ad esempio centrale di cogenerazione). Di fatto, se a un dato nodo si associa la presenza di una risorsa energetica "non trasportabile", esso viene identificato dal programma come sito possibile per una soluzione di conversione centralizzata.
- *Streets.shp*: questo *shapefile* contiene tutte le geo-informazioni relative ai segmenti della rete stradale cittadina. Ogni segmento stradale è identificato da un numero progressivo, fondamentale per *Rivus* per completare la procedura di associazione ai segmenti stradali del fabbisogno energetico aggregato degli edifici ad essi adiacenti, determinando quindi la quantità complessiva di energia assorbita dagli edifici assegnati ad un certo segmento stradale in un dato intervallo di tempo. Partendo dalla disposizione

### Geodaten

Die Geodaten (*Shapefiles*), die als Eingabe für *Rivus* verwendet werden sollen, werden aus der Kataster- und Open-Source-Straßendatenbank extrahiert und mit einer GIS-Software verwaltet. Drei verschiedene *Shapefiles* werden vom *Rivus*-Optimierungscode benötigt und beziehen sich auf die Lage und Verbindung zwischen Straßen und Gebäuden des betrachteten Untersuchungsgebiets. Die mit jedem *Shapefile* verbundenen Informationen werden nun kurz dargestellt.

- *Nodes.shp*: Dieses *Shapefile* sammelt die georeferenzierten Informationen und die Position der Knoten, die aus dem Straßengraph kommen. Jeder Knoten wird durch einen eindeutigen Wert namens Vertex identifiziert und stellt den Verbindungspunkt zwischen zwei oder mehreren Straßen oder einem Anschlusspunkt dar. . Orte an denen Rohstoffe gelagert (z.B. Holzbiomasse, Öl, Kohle, etc.) oder bereitgestellt werden (z.B. Gas oder Fernwärme), werden als Knoten mit einer bereitgestellten Energiemenge berücksichtigt. Die Maßeinheit ist [kW]. Die Knotenpunkte im *Node-Shapefile* sind Optionen für die Umsetzung einer zentralisierten Technologie (z.B.: Heizkraftwerk). Werden nicht transportfähige Rohstoffe in einem Knotenpunkt definiert, so wird ein möglicher Ort für eine zentralisierte Technologie definiert.
- *Streets.shp*: Dieses *Shapefile* beinhaltet alle Geoinformationen über die Segmente des städtischen Straßennetzes. Jeder Straßenbogen hat eine fortlaufende Identifikationsnummer, die für das von *Rivus* durchgeführte Aggregationsverfahren (Straßensegmenten zugewiesene Gebäude) wesentlich ist. Diese Operation erlaubt es die Summe des abgeschätzten Energiebedarfs aller zugeordneten Gebäude pro Straßenabschnitt zu identifizieren. Dieser Datensatz identifiziert die mögliche Netztopologie einer möglichen

## 4.2 Modello di ottimizzazione Rivus Das Rivus-Optimierungsmodell

e posizione delle strade, *Rivus* calcola i layout ottimali per le reti di trasporto dell'energia, sia per nuove costruzioni sia, in caso di reti esistenti, per i relativi ampliamenti. Sulla base di questo insieme di dati, si possono dunque identificare le combinazioni e le topologie ottimali per i più comuni tipi di vettori energetici trasportabili: il gas naturale, erogato attraverso la rete del gas naturale, l'elettricità, attraverso reti di distribuzione o microgrid locali, e l'acqua o altri fluidi termovettori, propri delle reti di teleriscaldamento o teleraffrescamento.

- *Buildings.shp*: questo file contiene tutte le informazioni pertinenti ai singoli edifici considerati. Le informazioni più importanti riguardano la posizione geografica, la geometria e il numero che identifica il segmento stradale più vicino richiesto per la procedura di aggregazione dei fabbisogni energetici. Si possono prendere in considerazione più forme di fabbisogni energetici (ad esempio domanda di energia elettrica e di calore e/o di raffrescamento).

### Dati non spaziali

Questa sezione descrive la seconda categoria di dati di input necessari per settare il modello. Le informazioni necessarie possono essere gestite attraverso un foglio Excel, che raccoglie tutte le valutazioni economiche, tecniche ed ambientali necessarie a definire il modello energetico. Per impostare una simulazione vanno forniti valori per cinque tipologie di parametri:

- *Commodity* (materia prima/risorsa): in questo foglio di calcolo vengono introdotti i parametri relativi alle diverse materie prime e risorse energetiche in ingresso e in uscita da valutare negli scenari di ottimizzazione, es. elettricità, gas, calore, freddo, o anche le emissioni di CO<sub>2</sub> o sostanze inquinanti. Per ogni tipo di risorsa si considerano le seguenti informazioni:

Netzerweiterung, ausgehend von der bereits vorgegebenen Topologie des bestehenden Energienetzes. Basierend auf diesem Datensatz identifiziert *Rivus* die optimale Lösung in Bezug auf Umwandlungsanlagen und die Installation von Energietransportlösungen. Es wird angenommen, dass Erdgas über das Gasrohrleitungsnetz, Strom über das Stromnetz und Wärme- oder Kälte ein Fernwärme- oder Fernkältenetz bereitgestellt werden.

- *Buildings.shp*: Diese Datei stellt Information bereit, die individuellen Gebäuden zugewiesen ist. Die wichtigsten Informationen beziehen sich auf die geografische Lage, die Katastergeometrie, die für das Aggregationsverfahren erforderliche nächstgelegene Kantenidentifikation sowie den abgeschätzten Energiebedarf. Es können mehrere Energiebedarfsformen berücksichtigt werden z.B. kann der eingestellte Bedarf Strom und/oder Wärme oder Kältebedarf sein.

### Nicht-räumliche Daten

In diesem Abschnitt wird die zweite Kategorie von Daten berücksichtigt, die für die Beschreibung eines Systemsetups erforderlich sind. Die erforderlichen Informationen können in einer Excel-Datei verwaltet werden. Diese Datei beinhaltet alle wirtschaftlichen, technischen und umweltbezogenen Informationen, die zur Definition eines individuellen Szenarios notwendig sind.. Fünf verschiedene nicht-räumliche Informationsgruppen werden betrachtet. Es handelt sich dabei um Folgende:

- *Commodity*: In diesem Tabellenblatt werden mögliche Energie- und Stoffformen welche als Teil des Szenarios berücksichtigt werden sollen, z.B. Strom, Gas, Wärme, Kälte oder auch Emissionen wie CO<sub>2</sub>, parametrisch beschrieben:
  - Cost-inv-fix: Dies sind die kapazitätsunabhängigen Investitionskosten für die Rohr-



- Cost-inv-fix: sono i costi di investimento, indipendenti dalla capacità, per installare i tubi o i cavi necessari a trasportare una specifica risorsa energetica o materiale. Trattandosi di un parametro che dipende dalla lunghezza, l'unità di misura è [€/m]. In caso di risorsa non trasportabile, o quando si opta per un processo di conversione centralizzato, questo valore deve essere impostato a zero.
- Cost-inv-var: sono i costi di investimento, dipendenti dalla capacità, necessari a trasmettere i flussi di ciascuna risorsa (commodity) da un vertice all'altro. L'unità di misura è impostata su [€/kW/m].
- Cost-var: sono principalmente combustibili o flussi termici da recupero energetico, il cui costo è espresso in [€/kWh] con riferimento all'energia in ingresso.
- Loss-fix: è il flusso termico disperso, per metro di lunghezza della rete di trasmissione. È una componente di perdita di potenza fissa, indipendente dalla capacità della tubazione o dalle quantità trasportate, e può essere calcolata come [lunghezza \* perdita fissa]. L'unità di misura del parametro è [kW/m].
- Loss-var: si utilizza questo valore per valutare le perdite relative di energia del sistema di distribuzione. Dipende dal flusso di potenza in ingresso nella tubazione o nel cavo. La potenza in uscita per ramo viene calcolata moltiplicando la potenza in entrata per [1-(lunghezza \* loss var)]. L'unità di misura è [1/kW/m].
- Cap-max: è la massima capacità di trasmissione possibile per ramo, espressa in [kW]. In caso di risorsa non trasportabile, il valore va impostato a zero e in questo modo il software di ottimizzazione non conterà alcuna rete di distribuzione per la risorsa.
- Allowed-max: questo parametro definisce gli eventuali limiti imposti alla quantità netta di inquinanti che l'intero sistema energetico può
  - oder Kabelinstallation für den Transport einer bestimmten Energie- oder Stoffform. Diese Kosten sind ein längenabhängiger Parameter, die Maßeinheit ist [€/m]. Für nicht Netzgebunden transportierbare Energie- und Stoffformen ist dieser Wert bei 0.
  - Cost-inv-var: Dies sind die kapazitätsabhängigen Investitionskosten für die Netzgebundene Versorgung mit einer individuellen Energie- oder Stoffform. Die Maßeinheit ist [€/kW/m].
  - Cost-var: Dies sind primär Brennstoffkosten. Die Maßeinheit ist [€/kWh].
  - Loss-fix: Dies ist der leistungsflussunabhängige Energieverlust pro Meter Übertragungslänge durch das Netz. Dieser Energieverlust kann als [Länge \* fixer Verlust] berechnet werden. Die Maßeinheit ist [kW/m].
  - Loss-var: Dieser Wert wird verwendet, um die relativen Energieverluste des Verteilsystems zu berücksichtigen. Er hängt vom Eingangsleistungsfluss durch das Rohr oder Kabel ab. Die Ausgangsleistung pro Kante wird errechnet, indem die Eingangsleistung mit [1-(Länge \* Loss-var)] multipliziert wird. Die Maßeinheit ist [1/kW/m].
  - Cap-max: Dies ist die maximal mögliche Übertragungskapazität pro Kante. Für einen nicht transportierbaren Rohstoff wird dieser Wert als 0 angenommen.
  - Allowed-max: Dieser Parameter beschreibt eine Beschränkung der erlaubten Nettomenge an Schadstoffherzeugung durch das gesamte Energiesystem (z.B. CO<sub>2</sub>, PM, NOx...). Die Maßeinheit ist die Gewichtseinheit [g, kg, t] die der Maßeinheit des Emissionsfaktors des betrachteten Schadstoffs [g/kWh, kg/GJ...] entspricht.
- *Process*: In diesem Tabellenblatt werden die technischen und wirtschaftlichen Daten über Energiewandlungsprozesse bereitgestellt Dies sind die beschreibenden Parameter:

#### 4.2 Modello di ottimizzazione Rivus Das Rivus-Optimierungsmodell

produrre (es. CO<sub>2</sub>, PM, NO<sub>x</sub> ...). L'unità di misura è l'unità di massa [g, kg, t] appropriata in relazione al fattore di emissione [g/kWh, kg/kWh] per l'inquinante considerato.

- *Process (Processo)*: in questo campo del file Excel vengono raccolti i dati tecnici ed economici relativi al processo di conversione energetica. Il campo comprende le voci di seguito descritte:
  - *Cost-inv-fix*: questo parametro descrive i costi di investimento fissi necessari per costruire un impianto o una struttura di conversione. Tale valore è indipendente dalle dimensioni e dalla potenza installata. I processi di conversione distribuiti e centralizzati vengono qui trattati in maniera diversa. Per i processi di conversione distribuiti, che realizzano conversione energetica sul posto e sono di piccole dimensioni (ad esempio: caldaie domestiche, pompe di calore individuali...) questo valore è impostato a zero. Per gli impianti centralizzati, invece, che hanno costi di investimento e potenza installata più elevati, questo valore deve essere diverso da zero, in modo da tener conto delle cosiddette "economie di scala". Rientrano in quest'ultima categoria, tra gli altri, gli impianti di cogenerazione o le grandi caldaie centralizzate a gas o a biomassa. L'unità di misura è espressa in [€].
  - *Cost-inv-var*: come per le commodities, anche per i processi questo parametro esprime la componente dei costi di impianto dipendente dalla capacità. Si tratta di un costo a dipendenza lineare e viene moltiplicato per la potenza massima di input dell'impianto di conversione considerato. L'unità di misura è in [€/kW]. Il valore deve essere definito sia per i terminali distribuiti che per gli impianti centralizzati.
  - *Cost-fix*: esprime il costo, indipendente dalle ore di utilizzo ma dipendente dalla capacità degli impianti, sostenuto per gli interventi di manutenzione a data costante. Questo valore
- *Cost-inv-fix*: Dieser Parameter beschreibt die fixen Investitionskosten, die für den Bau einer Anlage erforderlich sind. Dieser Wert ist unabhängig von der Größe. Es werden hierbei zentrale und dezentrale Wandlungsprozesse differenziert betrachtet. Bei kleineren Anlagen (z.B.: Heizkessel, Wärmepumpe usw.), welche in der Regel dezentral eingesetzt werden, werden keine Investitionskosten veranschlagt. Bei zentralisierten Anlagen, die höhere Investitionskosten und eine höhere installierte Leistung haben, wird dieser Wert hingegen als ungleich Null berücksichtigt. Ein Beispiel für diese Technologie ist ein Blockheizkraftwerk oder ein Biomasse-Heizkraftwerk für Fernwärme. Die Maßeinheit ist [€].
- *Cost-inv-var*: Dieser Kostenposten umfasst die größenabhängigen Kosten der Anlage. Es sind linear abhängige Kosten, die mit der maximalen installierten Leistung skalieren. Dieser Wert muss sowohl für dezentrale Anlagen als auch für zentralisierte Anlagen definiert werden. Die Maßeinheit ist [€/kW].
- *Cost-fix*: Dies sind die größenabhängigen Kosten, die für jährliche Wartungsarbeiten anfallen. Dieser Wert ist abhängig von der installierten Gesamtleistung. Er wird in der Regel nur für dezentrale Anlagen angenommen. Die Maßeinheit ist [€/kW].
- *Cost-var*: Dies sind von der Leistung abhängige Betriebskosten. Der Parameter beschreibt Kosten für Versicherungen, Personal, Aschenablagerung, Umweltkontrollen für Luft, Wasser und Schadstoffe usw. In einer Hausheizungsanlage ist dieser Parameter meistens irrelevant, darf aber in einer Industrieanlage, in der er einen erheblichen Teil der jährlichen Kosten ausmachen kann, nicht vernachlässigt werden. Die Maßeinheit ist [€/kWh].
- *Cap-min*: Dies Parameter beschreibt die kleinste mögliche Installationseinheit für einen

dipende dalla potenza complessiva installata. Solitamente si applica ai piccoli impianti (distribuiti) e si esprime in [€/kW].

- **Cost-var:** è la componente variabile dei costi di esercizio, ovvero dipendente dal funzionamento degli impianti. Questa voce non include i costi dei combustibili, che sono attribuiti alle commodities. La voce comprende, invece, costi di smaltimento ceneri, costi del personale, controlli ambientali per l'aria, l'acqua e le sostanze inquinanti e costi di manutenzione. Solitamente i costi variabili di manutenzione e funzionamento sono prevalenti in ambito industriale, trattandosi di grandi impianti con utilizzo intensivo in cui intervengono consumo di materiali e manutenzioni correttive. Sono invece trascurabili nell'ambito domestico, in cui prevale la componente fissa. L'unità di misura è [€/kWh].
- **Cap-min:** questo parametro rappresenta il limite inferiore, tecnologico e commerciale, alla capacità che può essere installata qualora il programma scelga di adottare un certo processo di conversione. Per le tecnologie domestiche questo valore è, di norma, pari a zero o a poche unità, mentre cresce per impianti centralizzati di conversione energetica (ad esempio motori endotermici). L'unità di misura sono [kW].
- **Cap-max:** è il limite superiore di potenza per il processo considerato. Anche per questo campo l'unità di misura è [kW].
- **Process-Commodity:** questo foglio Excel contiene l'efficienza di ogni processo di conversione energetica. Ogni impianto di conversione inserito nel foglio dei processi va dichiarato in questo campo. Per ciascun processo definito nel relativo foglio di calcolo è necessario impostare le materie prime/ risorse (commodity) in entrata e in uscita e valutare il rendimento associato a ogni coppia di
  - **Process:** Per Haustechnik ist der Wert gleich Null, für zentralisierte Kraftwerke ist er meist größer. Die Maßeinheit ist [kW].
  - **Cap-max:** Dies ist die obere Leistungsgrenze für einen betrachteten Prozess. Die Maßeinheit ist [kW].
- **Process-Commodity:** Dieses Tabellenblatt enthält den Eingangs und Ausgangswirkungsgrad für jeden Energieumwandlungsprozess. Jede im Prozessblatt eingeführte Umwandlungsanlage muss in diesem Feld definiert werden. Für jede Anlage muss der Rohstoffeingang und -ausgang eingestellt werden, z.B. kann ein Blockheizkraftwerk mit Hackschnitzeln oder mit Gas zur Energie- und Wärmeerzeugung betrieben werden, oder eine Wärmepumpe muss mit Strom versorgt werden, um ein Gebäude zu beheizen. Auch die Schadstoffemissionen werden hier berücksichtigt.
- **Time:** Jeder hier definierte Zeitschritt wird nach seinem Jahresanteil in Stunden und dessen Anteil von der Spitzenlast ausgewiesen. Im IDEE-Projekt sind dies die in Abschnitt 3.5.2 beschriebenen Zeitschritte.
- **Area-Demand:** Dieses Feld erklärt die gebietsspezifische Art der Spitzen- und Jahresnachfrage nach der Energieform wie Wärme oder Strom. *Rivus* prüft, ob eine Übereinstimmung zwischen der Anforderung des Gebäudeenergiebedarfs und der verfügbaren Energiemenge besteht.



#### 4.2 Modello di ottimizzazione Rivus Das Rivus-Optimierungsmodell

flussi in ingresso e in uscita. Ad esempio, un impianto di cogenerazione può essere alimentato a cippato di legno o a gas e può produrre energia elettrica e calore, oppure una pompa di calore richiede un consumo di energia elettrica per riscaldare un edificio. In questo pannello vengono prese in considerazione anche le emissioni inquinanti dei singoli impianti.

- *Time* (Tempo): In questa sezione vengono descritti gli andamenti annuali della domanda energetica, espressi come coppie di valori: il primo è una frazione percentuale della domanda di picco (domanda massima), il secondo è la durata in ore del periodo annuale in cui il sistema richiede almeno tale frazione percentuale. Gli intervalli temporali usati nel progetto IDEE sono descritti nel paragrafo 3.5.2.
- *Area-Demand* (Area - Fabbisogno): in questo campo viene indicato il tipo di domanda di picco e annuale, specifica per area e relativa a una certa forma di energia, ad esempio calore o elettricità. *Rivus* verifica se c'è corrispondenza tra l'energia richiesta dall'edificio e quella disponibile.

### 4.2.3 Dati finali ottimizzati in uscita

Alla fine del processo di ottimizzazione *Rivus* genera un foglio di calcolo con i risultati della simulazione. Di seguito viene riportata una breve descrizione di ciascuna sezione dei risultati della simulazione, per facilitarne la comprensione.

- **Costs (Costi):** questa tabella riporta il costo globale della soluzione proposta ed è correlato all'opzione meno costosa ottenibile con i dati tecnici, economici e geografici di input e i vincoli imposti dal modello (es. vincoli di emissioni annuali di CO<sub>2</sub>). I costi sono suddivisi in costi di investimento, costi variabili e costi fissi annuali. Si noti che il risultato così ottenuto indica il costo annuale della soluzione in questione.
- **Pmax:** *Rivus* genera una tabella in cui sono memorizzati i flussi di potenza massima che fluiscono in ogni ramo della rete di distribuzione. Il valore di tali flussi è espresso in kW. Questo foglio presenta, in sostanza, le dimensioni delle tubazioni, indicate nella mappa, da installare per fornire agli utenti finali l'energia necessaria a soddisfare i loro fabbisogni.
- **Kappa\_hub:** questa tabella raccoglie i dati sui processi di conversione distribuiti (lungo i lati) a livello di hub. La tabella permette di stabilire la posizione e la potenza massima (kW installati) delle tecnologie di conversione su piccola scala.
- **Kappa\_process:** come per il Kappa\_hub, questo foglio contiene la posizione dei vertici e la potenza complessiva installata dei processi di conversione energetica impiegati nella soluzione ottimale, ad esempio caldaie per il teleriscaldamento, impianti di cogenerazione o sistemi di recupero del calore residuo.
- **Source:** questa tabella indica la quantità di risorse energetiche (commodities) acquistate e utilizzate nello scenario considerato. Indica anche il luogo di prelievo e quanti kWh di ciascuna risorsa sono utilizzati nell'intervallo di tempo considerato.

### 4.2.3 Optimierte endgültige Ausgabedaten

Am Ende des Optimierungsprozesses erstellt *Rivus* eine Tabellendatei mit den Simulationsergebnissen. Für jeden Teilbereich der Simulationsergebnisse wird ein kurzer Überblick gegeben, um das Verständnis der erhaltenen Ergebnisse zu erleichtern.

- **Costs:** Dieses Tabellenblatt gibt die Gesamtkosten der erhaltenen Lösung an und ist mit der kostengünstigeren Lösung korreliert, die mit den eingegebenen technischen, wirtschaftlichen und geografischen Daten und den vorgegebenen Modellbeschränkungen (z.B. jährliche CO<sub>2</sub>-Emissionsbeschränkungen) erreichbar ist. Die Kosten werden in Investitionskosten, variable und fixe Kosten pro Jahr unterschieden. Es muss betont werden, dass das Kostenergebnis im Verhältnis zu den jährlichen Kosten dieser Lösung steht.
- **Pmax:** Der *Rivus*-Optimierungsservice erzeugt ein Tabellenblatt, in welcher der maximale Leistungsfluss gespeichert ist, der an jeder Kante des Verteilungsnetzes fließt. Dieser Wert wird in kW ausgewiesen. Dieses Blatt bezieht sich hauptsächlich auf die in der Karte installierte Leitungsgröße, die erforderlich ist, um den Endverbrauchern die benötigte Energie zu liefern.
- **Kappa\_hub:** Dieses Tabellenblatt sammelt die Daten zu dem auf Hub-Ebene verteilten Umwandlungsprozessen. Aus der Tabelle wird der Standort und die maximale installierte Leistung in kW der kleineren Umwandlungstechnik auf Ebene von Strassenabschnittskanten ersichtlich.
- **Kappa\_process:** Wie bei Kappa\_hub enthält dieses Tabellenblatt den Knotenstandort und die installierte Gesamtleistung der für die optimale Lösung gewählten Energieumwandlungsanlagen, z.B. Fernheizkessel, KWK-Anlagen und Anlagen zur Abwärmerückgewinnung.
- **Source:** Dieses Tabellenblatt beschreibt die Menge der im Ergebnisszenario genutzten Energie- und Stoffmengen. Sie zeigt auch den Ort des

#### 4.2 Modello di ottimizzazione Rivus Das Rivus-Optimierungsmodell

- Flows: questa tabella si riferisce al flusso globale che transita in ogni ramo delle reti, per ogni commodity e per ogni intervallo di tempo. *Rivus* determina Pin, Pot, Psi e Sigma, che sono rispettivamente la potenza in entrata e in uscita, la direzione del flusso e l'utilizzo di energia nel ramo considerato per la risorsa in questione.
  - Hubs: questa tabella presenta il flusso di energia prodotta e consumata dai processi hub in ogni intervallo temporale. La quantità di energia è espressa in kWh.
  - Proc\_io: descrive le risorse in entrata (Epsilon\_in) e in uscita (Epsilon\_out) dal vertice per i processi di conversione centralizzati, considerando separatamente ogni intervallo di tempo. Ad esempio, il vertice dove si trova una caldaia a cippato avrà in Epsilon\_in il cippato in ingresso, e in Epsilon\_out la produzione di calore in uscita per ogni singolo intervallo. L'unità di misura è il kWh.
  - Proc\_tau: contiene le stesse informazioni della colonna Proc\_io Epsilon, ma si concentra sul fabbisogno di risorse in ingresso, in un determinato intervallo di tempo, per un processo di conversione di vertice.
- Ursprungs an und wie viele kWh von jeder Energie- oder Stoffmenge zu jedem betrachteten Zeitschritt benötigt werden.
- Flows: Dieses Tabellenblatt bezieht sich auf den Gesamtfluss jeder Kante für jeden Rohstoff und jeden Zeitschritt. *Rivus* bestimmt Pin, Pot, Psi und Sigma, d.h. die Ein- und Ausgangsleistung, die Strömungsrichtung und den Stromverbrauch an der betrachteten Kante für den definierten Energie- oder Stoffstrom.
  - Hubs: Dieses Tabellenblatt zeigt die Energie, die von den Hub-Prozessen in jedem Zeitschritt produziert und verbraucht wird. Die Energiemenge wird in kWh angegeben.
  - Proc\_io: Dieses Tabellenblatt beschreibt die eingehenden (Epsilon\_in) und ausgehenden Rohstoffe am Knoten (Epsilon\_out) für zentralisierte Umwandlungsprozesse, wobei jeder Zeitschritt separat betrachtet wird. So hat beispielsweise der Knoten, an dem sich ein Hackschnitzelkessel befindet, einen Hackschnitzeingang in Epsilon\_in und die Wärmeerzeugung in Epsilon\_out für jeden einzelnen Zeitschritt in kWh.
  - Proc\_tau: Dieses Tabellenblatt beschreibt die genutzte (nicht installierte) maximale Leistung der jeweiligen Technologie.

## 4.3 Post-elaborazione e implementazione del modello in IDEE

### Nachbearbeitung und Modellimplementierung im Projekt IDEE

Il modello *Rivus* è il nucleo matematico dell'ottimizzazione dei sistemi di teleriscaldamento in IDEE. Per essere utilizzabili, i risultati ottenuti con *Rivus* devono essere resi leggibili e interpretati. La base di partenza per il quadro interpretativo prodotto in IDEE sono le informazioni richieste dai comuni, particolarmente sulle emissioni locali di inquinanti, destinate ad avere un impatto diretto sulla qualità ambientale e sulla salute nelle aree urbane, oltre che sulle emissioni di gas serra. Come previsto nel progetto, i partner si sono quindi concentrati sullo sviluppo di un framework interpretativo, sotto forma di un report di post-elaborazione - di lettura - basato su Excel, che viene poi collegato alla generazione di output grafici per presentare il layout delle reti di distribuzione e la posizione degli impianti di conversione centralizzati. Conclusa la lettura dei risultati, il codice sovrascrive le informazioni in un apposito geo-database che può essere aperto con un software GIS. Questa procedura permette di trasferire i dati Excel nei file GIS e di produrre mappe dei risultati basate su una codifica cromatica che le rende più comprensibile. La figura 4.2 mostra un esempio dei risultati di post-elaborazione di un'ottimizzazione eseguita con *Rivus*.

Nella mappa si possono riconoscere le diverse reti di alimentazione: il rosso è utilizzato per localizzare e definire la potenza massima trasmessa dalla rete di teleriscaldamento, mentre l'arancione è utilizzato per la rete gas. Invece, un punto blu indica un punto sorgente (ad esempio un impianto di cogenerazione).

Das Modellierungsframework *Rivus* ist der mathematische Kern der Fernwärmesystemoptimierung im Projekt IDEE. Ermittelte Ergebnisse bedürfen einer notwendigen Aufbereitung und einer intelligenten Interpretation. Fokus liegt hierbei auf Fragestellungen für Gemeinden, Informationen auch zu lokalen Emissionen zu erhalten, die sich direkt auf die Umweltqualität und Gesundheit in städtischen Gebieten auswirken. Für die Notwendigkeiten des Projektes haben sich die Partner daher auf die Entwicklung eines interpretativen Frameworks in Form eines Excel-basierten Nachbearbeitungs-Leseberichts konzentriert, der mit einer grafischen Ausgabegenerierung gekoppelt ist, um das Layout der Verteilungsnetze und den Standort der zentralen Umwandlungsanlagen darzustellen. Das Nachbearbeitungsverfahren wird mit einem Python-Code implementiert, der es ermöglicht, die in der Excel-Ergebnisdatei gespeicherten Daten und die GIS-Informationen zu Knoten und Kanten zu lesen. Die aufbereiteten Daten werden hierzu in einer Geodatenbank, die mit einer GIS-Software gelesen und editiert werden kann, gespeichert. Unterstützt wird hierbei auch die Generierung von farblich interpretierten Ergebniskarte um eine Verständlichkeit der Ergebnisse zu unterstützen. Abbildung 4.2 zeigt ein Beispiel für Nachbearbeitungsergebnisse für einen Optimierungslauf mit *Rivus*.

In der Karte werden die unterschiedlichen Versorgungsnetze ausgewiesen: Rot ist das Fernwärmenetz und Orange das Gasnetz ausgewiesen. Ein Quellpunkt (z.B. Heizwerk) ist als blauer Punkt dargestellt.

#### 4.3 Post-elaborazione e implementazione del modello in IDEE Nachbearbeitung und Modellimplementierung im Projekt IDEE

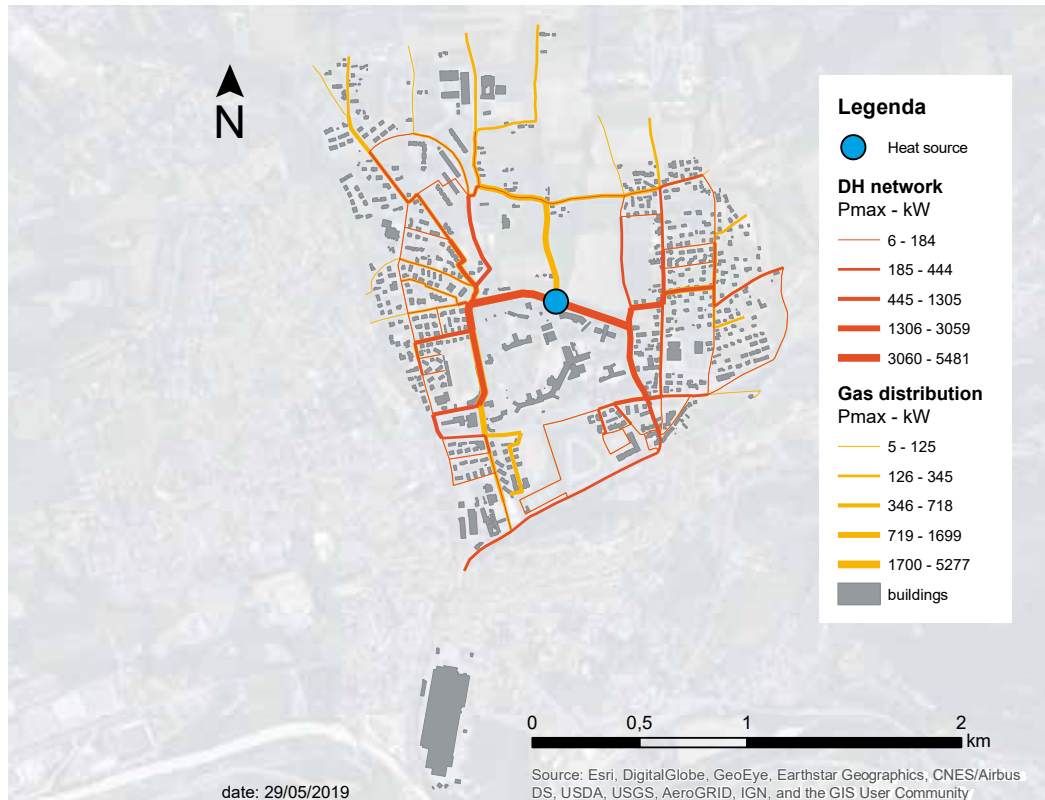


Fig. 4.2 Rete di distribuzione - Risultato della post-elaborazione.  
Abb. 4.2 Nachbearbeitungsergebnis für das Verteilungsnetz

#### 4.3.1 Implementazione dei dati economici per l'area di programma

Nell'ambito del progetto IDEE è stato dedicato molto tempo a implementare i dataset *Rivus* utilizzando i dati economici dell'area di programma. Un'analisi commerciale condotta su aziende italiane e austriache o su progetti precedenti ha consentito di ottenere una stima dei costi di acquisto delle materie prime e dei costi di installazione per tutte le tecnologie di conversione descritte nella sezione 2. Per avere compatibilità con i formati *Rivus*, i dati commerciali sono stati interpolati in modo da ottenere funzioni di costo lineari. Tali funzioni tengono

#### 4.3.1 Implementierung der Wirtschaftsdaten für das Programmgebiet

Im IDEE-Projekt wurde viel Zeit für die Implementierung der *Rivus*-Datensätze mit Wirtschaftsdaten aus dem Programmgebiet aufgewendet. Eine wirtschaftliche Untersuchung bei italienischen und österreichischen Unternehmen sowie Ergebnisse aus vorhergehenden Projekten ermöglichten es, Werte zu Preisen von Rohstoffen und Installationskosten für alle in Abschnitt 2 beschriebenen Wandlungstechnologien abzuschätzen. Wirtschaftsdaten wurden hierbei interpoliert, um lineare Kostenfunktionen zu erhalten, die

conto delle economie di scala considerando, per tutti i processi di conversione centralizzata, una componente dei costi degli impianti indipendente dalle dimensioni degli stessi. Invece, i costi in conto capitale delle soluzioni distribuite, come le caldaie locali indipendenti, si considerano direttamente proporzionali alle dimensioni dell'impianto. Sono state testate e analizzate diverse soluzioni di riscaldamento, sia tradizionali che innovative. È stato inoltre considerato un fattore di rendita al fine di valutare opportunamente il modo in cui i costi di investimento a lungo termine vengono ripartiti su un certo numero di anni ( $n$ ) con un determinato tasso di interesse ( $i$ ). Il costo annuale equivalente di ogni tecnologia viene valutato moltiplicando il costo globale dell'investimento per il valore del fattore di rendita (ANF). Il fattore di rendita si calcola come segue:

$$ANF(n,i) = \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1}$$

Tale fattore è stato ampiamente utilizzato in questo lavoro per valutare ogni singolo impianto o infrastruttura energetica con un ciclo di vita esteso su un arco di tempo. Nel caso del teleriscaldamento - tecnologie o reti - è stato considerato un periodo di 15 anni, con un tasso di interesse del 7%: sono questi i due valori usati per valutare la fattibilità dell'investimento a medio termine. Va osservato, tuttavia, che tutte le tecnologie considerate hanno una durata più lunga; ad esempio, la vita di una rete di teleriscaldamento è generalmente di 30 anni.

I risultati ottenuti in termini di funzioni di costo sono presentati nella tabella 4.1. La regressione lineare utilizzata per valutare i costi può essere rappresentata da questa equazione:

$$y = A \cdot x + B$$

in cui  $A$  indica l'inclinazione della curva (parte della funzione di costo dipendente dalle dimensioni), mentre  $B$  è la parte fissa. La tabella che segue presenta anche le

Skaleneffekte berücksichtigen, indem sie eine größenunabhängige Komponente der Ausrüstungskosten für alle zentralisierten Umwandlungsprozesse berücksichtigen. Andererseits werden die Investitionskosten von dezentralen Lösungen, wie beispielsweise unabhängigen lokalen Heizkesseln, als direkt proportional zur Größe angenommen. Mehrere traditionelle und innovative Heizlösungen wurden getestet und analysiert. Um angemessen abzuwägen, wie sich langfristige Investitionskosten über eine bestimmte Anzahl von Jahren ( $n$ ) mit einem angemessenen Zinssatz ( $i$ ) erstrecken, wird ein Ertragsfaktor berücksichtigt. Die entsprechenden jährlichen Kosten jeder Technologie werden bewertet, indem die Gesamtkosten der Investition mit dem Wert des Ertragsfaktors (ANF) multipliziert werden. Der Ertragsfaktor wird berechnet als:

Der Faktor wird in diesem Projekt häufig verwendet, um jede einzelne Anlage oder Energieinfrastruktur zu bewerten, die einen in einem Zeitraum verteilten Lebenszyklus hat. Für jede Fernwärmetechnologie und jedes Fernwärmenetz wird ein Zeitraum von 15 Jahren mit einem Zinssatz von 7 % berücksichtigt. Diese beiden Werte werden festgelegt, um die mittelfristige Investitionssicherheit zu beurteilen. Dabei muss jedoch betont werden, dass alle betrachteten Technologien eine längere Lebensdauer haben. So beträgt beispielsweise die Lebensdauer eines Fernwärmenetzes in der Regel bis zu 30 Jahre.

Die in Bezug auf die Kostenfunktionen erhaltenen Ergebnisse sind in Tabelle 4.1 dargestellt. Die bei der Kostenberechnung verwendete lineare Regressionslinie kann durch diese Gleichung dargestellt werden:

Dabei stellt  $A$  der Skalierungsfaktor), während  $B$  einen fixen nicht skaleneabhängigen Kostenanteil beschreibt. Die folgende Tabelle zeigt auch die Funktio-



#### 4.3 Post-elaborazione e implementazione del modello in IDEE Nachbearbeitung und Modellimplementierung im Projekt IDEE

funzioni dei costi operativi e di manutenzione. È importante sottolineare che tutti i costi di investimento sono espressi in funzione della capacità in ingresso (ad esempio il potenziale energetico\_chimico dei biocarburanti, nel caso delle unità ORC) e non di quella in uscita, come invece accade in altri casi trattati dalla letteratura tecnica.

D'altra parte, i costi in conto capitale della tubazione per il teleriscaldamento, compresa l'installazione, sono valutati per metro di rete posta in opera e comprendono i costi di scavo, di realizzazione delle trin-

nen der Betriebs- und Wartungskosten. Es muss betont werden, dass alle Investitionskosten entsprechend ihrer Eingangskapazität (z.B. chemisches Energiepotenzial von Biokraftstoffen im Fall von ORC-Einheiten) und nicht der Ausgangskapazität wie in anderen Beispielen in der Fachliteratur angegeben werden.

Die Investitionskosten eines Fernwärmerohrs beinhalten die Kosten für den Aushub und die Herstellung der Gräben, das Versorgungs- und Rücklaufrohr, einschließlich der Installation, der Pumpstationen,

Nome del parametro Technologie	B [€] B [€]	A [€/kW] A [€/kW]	O&M O&M	Efficienza (η) Wirkungsgrad (η)
Caldaia tradizionale (a gas naturale, GPL o gasolio) Traditioneller Heizkessel (Erdgas, Flüssiggas oder Heizöl)	\	7,68	2 €/kW <sub>installato</sub> 2 €/kW <sub>installiert</sub>	89%
Stufa a biomassa (in base al mix attuale) Biomasseofen (basierend auf aktuellem Energiemix)	\	14,35	2 €/kW <sub>installato</sub> 2 €/kW <sub>installiert</sub>	70%
Caldaia a gas per teleriscaldamento Gasheizkessel für Fernwärme	1123,11	4,84	0,002 €/kWh	92%
Caldaia a biomassa per teleriscaldamento Biomasse-Heizkessel für Fernwärme	30179	7,28	0,007 €/kWh	85%
Unità di cogenerazione a gas Mit Gas betriebene KWK-Anlage	2899	26,36	0,008 €/kWh	Elett 40% Term 46% Strom 40% Wärme 46%
Unità ORC a biomassa Mit Biomasse betriebene ORC-Anlage	489108	27,65	0,007 €/kWh	Elett 20% Term 73% Strom 20% Wärme 73%
Stazione di scambio termico (per rete di teleriscaldamento) Wärmetauschstation (für Fernwärmenetz)	\	15,2	2 €/kW <sub>installato</sub> 2 €/kW <sub>installiert</sub>	98-100%
Tubazione teleriscaldamento (€/m) Fernwärme-Rohr (€/m)	52,46	0,0082	0,01 €/kW	/
Sistema di recupero del calore di scarto -WHRS (dalle industrie a cascata termica) Abwärmenutzung (aus Industrien mit thermischen Kaskaden)	16596	3,84	0,005 €/kWh	/
Pompa di calore (modalità riscaldamento) Wärmepumpe (Heizung)	\	28,51	2 €/kW <sub>installato</sub> 2 €/kW <sub>installiert</sub>	COP= 3 (con impianto moderno) COP= 1,9 (con impianto tradizionale) Leistungszahl = 3 (mit moderner Anlage) Leistungszahl = 1,9 (mit traditioneller Anlage)

Tab. 4.1. Funzioni di costo per diverse soluzioni e componenti di impianti di riscaldamento.  
Abb. 4.1. Kostenfunktionen für verschiedene Heizanlagenlösungen und -komponenten.

cee, la linea di mandata e di ritorno, l'installazione, le stazioni di pompaggio, le parti speciali - come raccordi e omega - e il ripristino del manto stradale.

La tabella 4.2 riporta i costi dei vettori energetici. Il gas naturale, l'elettricità e le biomasse sono le principali materie prime utilizzate per il riscaldamento nell'area di interesse, sia per le tecnologie centralizzate che per quelle decentralizzate. Una quota minima degli impianti di riscaldamento è alimentata a gasolio o GPL, soprattutto dove attualmente non sono disponibili sistemi di distribuzione del gas naturale o di teleriscaldamento. Poiché il prezzo delle materie prime energetiche è piuttosto variabile, per avere una panoramica dei costi in rapporto alle fonti energetiche è necessario, da un lato, considerare i prezzi medi e, dall'altro, esprimere i valori di costo in termini di kWh in ingresso al sistema: questo approccio consente di confrontare con precisione tutte le diverse possibilità. I costi finali per le fonti considerate sono presentati nella tabella 4.2.

### 4.3.2 Modellizzazione delle emissioni

Nell'ambito del progetto IDEE, il modello *Rivus* è stato ampliato per consentire la contabilizzazione delle emissioni di inquinanti atmosferici locali, quali NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub>, particolato, NMVOC e IPA (benzopirene). La valutazione delle emissioni si basa sui fattori di emissione ricavati dai manuali EMEA (2016), come riportato nella tabella 4.3. In primo luogo, sono state prese in considerazione le emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente. Il fattore di emissione per il gas naturale è pari a 0,21 kg/kWh di energia in entrata, notevolmente inferiore a quello del petrolio (0,28-0,29 kg/kWh) e del carbone (0,37 kg/kWh). Per quanto riguarda la biomassa, la si è considerata "carbon neutral" supponendo che la CO<sub>2</sub> emessa durante la combustione sia compensata da quella assorbita durante la crescita della biomassa, ma è stato adottato un approccio conservativo in merito alle emissioni generate dalle fasi di raccolta, trasporto

der Spezialteile wie Fittings und Omegas sowie die Erneuerung der Fahrbahnoberfläche.

Tabelle 4.2 zeigt die Kosten der Energieträger. Erdgas, Strom und Biomasse sind die wichtigsten Rohstoffe für Heizzwecke im Projektgebiet, sowohl für zentralisierte als auch für dezentrale Technologien. Ein sehr geringer Anteil der Heizanlagen wird mit Heizöl oder Flüssiggas betrieben, vor allem dort, wo es derzeit weder Erdgasversorgung noch Fernwärmenetze gibt. Die Energierohstoffpreise sind sehr unterschiedlich. Folglich müssen Durchschnittspreise berücksichtigt werden, um eine breite Kostenpräsentation für Rohstoffquellen zu ermöglichen. Darüber hinaus müssen die Kostenwerte in Form von kWh am Systemeingang definiert werden. Dieser Ansatz ermöglicht einen aussagekräftigen Vergleich zwischen den verschiedenen Rohstoffoptionen. Die Endkosten für die betrachteten Rohstoffe sind in Tabelle 4.2 dargestellt.

### 4.3.2 Modellierung der Luftschadstoffemissionen

Im Rahmen des Projekts IDEE wurde das *Rivus*-Modell auf ein Framework erweitert, das die Emissionen lokaler Luftschadstoffe wie NO<sub>x</sub> und SO<sub>x</sub>, Feinstaub, NMVOC und PAK (Benzopyren) berücksichtigt. Die Emissionsbewertung basiert auf Emissionsfaktoren, die aus den EMEA-Handbüchern (2016) abgeleitet sind, wie in Tabelle 4.3 dargestellt. Zunächst wurden die CO<sub>2</sub>-Äquivalentemissionen berücksichtigt. Der Emissionsfaktor für Erdgas beträgt 0,21 kg/kWh eingesetzte Energie, was deutlich niedriger ist als bei Öl (0,28-0,29 kg/kWh) und Kohle (0,37 kg/kWh). Biomasse wird als „klimaneutral“ angenommen, d.h. das bei der Verbrennung emittierte CO<sub>2</sub> wird durch die Kohlenstoffverwertung beim Biomassewachstum ausgeglichen. In dieser Arbeit wird ein konservativer Ansatz verfolgt, indem auch der Beitrag von Ernte, Transport und Verarbeitung berücksichtigt wird. Basierend auf den GEMIS-Datensätzen



#### 4.3 Post-elaborazione e implementazione del modello in IDEE Nachbearbeitung und Modellimplementierung im Projekt IDEE

Materia prima (commodity) Rohstoff	Prezzo in Italia Preis in Italien [€/kWh]	Prezzo in Austria Preis in Österreich [€/kWh]
Elettricità Strom	0,21	0,197
Gas naturale Erdgas	0,08	0,079
GPL Flüssiggas	0,168	0,07
Gasolio Heizöl	0,13	0,085
Biomassa (trucioli o rifiuti da biomassa) Biomasse (Hackschnitzel oder Biomasseabfälle)	0,03	0,034
Legno Holz	0,043	0,047
Pellet Pellets	0,071	0,049

Tab. 4.2. Costo delle materie prime nei mercati italiano e austriaco.  
Abb. 4.2. Rohstoffpreise auf dem italienischen und österreichischen Markt.

e trasformazione. Pertanto, sulla base dei dati GEMIS (2016), si è stabilito che l'emissione di gas serra sia pari a 0,05 kg/kWh per le biomasse solide, come i rifiuti di legno o trucioli, e a 0,11 kg/kWh per le biomasse liquide e gassose, come il biogas, biodiesel e altre possibili fonti energetiche da biomassa.

Per l'energia elettrica, i fattori di emissione sono stati derivati da dati Eurostat sulla base dell'attuale mix energetico di ciascun Paese e sono pari a 0,43 kg/kWh per il mix energetico italiano, e a 0,205 kg/kWh per il mix energetico austriaco.

La tabella 4.3 definisce i fattori di emissione delle diverse soluzioni di riscaldamento, tenendo conto di diversi fattori di emissione. Tutti i valori sono espressi in [g/GJ] ad eccezione del particolato (PM), la cui concentrazione è in [µg/GJ].

I dati EMEA per la biomassa legnosa riportano di solito fattori di emissione più elevati per i piccoli impianti di combustione, come caminetti e stufe convenzionali. Valori inferiori si ottengono in impianti più grandi, che devono essere dotati di filtri e impianti di trattamento dei fumi migliori, oppure nel caso di stu-

(2016) wird somit eine Treibhausgasemission von 0,05 kg/kWh für feste Biomasse wie Holzabfälle oder Hackschnitzel und von 0,11 kg/kWh für flüssige und gasförmige Biomasse wie Biogas, Bioöl und andere mögliche Biomasseenergieträger ermittelt.

Für Strom werden die Emissionsfaktoren von Eurostat auf der Grundlage des aktuellen Energiemixes der einzelnen Länder abgeleitet. Diese betragen 0,43 kg/kWh für den italienischen und 0,205 kg/kWh für den österreichischen Energiemix.

Tabelle 4.3 definiert die Emissionsfaktoren verschiedener Heizlösungen unter Berücksichtigung mehrerer Emissionsfaktoren. Alle Werte werden in [g/GJ] angegeben, mit Ausnahme der Feinstaubkonzentration (PM), die in [µg/GJ] angegeben wird.

Die EMEA-Daten für Holzbiomasse weisen in der Regel höhere Emissionsfaktoren für kleine Verbrennungsanlagen wie offene Kamine und konventionelle Öfen auf. Niedrigere Werte werden in größeren Anlagen erreicht, die mit besseren Filtern und Rauchgasbehandlungsanlagen ausgestattet werden müssen, oder wenn Öfen oder Holzindustriekessel mit Umweltlabel verwendet

Tecnologia Technologie	Combustibile Treibstoff	NO <sub>x</sub>	CO	NM VOC	SO <sub>x</sub>	PM 10	PM 2.5	IPA
Caldia di piccole dimensioni (≤ 50 kW) Kleiner Heizkessel (≤ 50 kW)	Gas Gas	42	22	1,8	0,30	0,20	0,20	0,56
Caldia di medie dimensioni (≥50 kW, ≤ 1MW) Mittlerer Heizkessel (≥50 kW, ≤ 1MW)	Gas Gas	73	24	0,36	1,4	0,45	0,45	0,56
Caldia industriale a gas (≥ 1MW) Industrieller Gas-Heizkessel (≥ 1MW)	Gas Gas	40	30	2	0,3	0,45	0,45	0,56
Centrale a gas naturale Gaskraftwerk	Gas Gas	81	56	89	0,5	2	2	1,2
Caminetto Offene Kamine	Legna Holz	50	4000	600	11	840	820	121
Stufe convenzionali Konventionelle Öfen	Legna Holz	50	4000	600	11	760	740	121
Stufe ad alta efficienza Hocheffizienzöfen	Legna Holz	80	4000	350	11	380	370	121
Stufe e caldaie con marchio ecologico Öfen und Heizkessel mit Umweltlabel	Legna Holz	95	2000	250	11	95	93	10
Caldaie industriali a legna Industrielle Holzheizkessel	Legna Holz	91	300	12	11	38	37	10
Produzione di energia elettrica (mix del 2015) Stromerzeugung (2015 aktueller Energiemix)	Elettricità Strom	70,3	26,1	21,7	26,5	1,7	1,7	/

Tab. 4.3. Emissioni inquinanti per diverse tecnologie e combustibili.

Abb. 4.3. Schadstoffemissionen für verschiedene Technologien und Treibstoffe.

fe con marchio ecologico o caldaie industriali a legna. Queste soluzioni, infatti, consentono una migliore combustione della legna e permettono di installare sistemi di abbattimento. D'altro canto, le caldaie a gas naturale hanno prestazioni simili anche su piccola scala. Le emissioni delle centrali a gas naturale sono più elevate, soprattutto a causa di temperature di combustione superiori a quelle delle caldaie.

Questi modelli economici e ambientali sono stati applicati ai casi studio, riportati nel capitolo 6, e sono disponibili anche nella versione online del modello, descritta nel capitolo 5, che rappresenta la parte interpretativa di libero accesso (Pfenninger et al., 2018) dell'approccio IDEE, resa disponibile al pubblico per un'applicazione guidata in zone selezionate dell'area pilota.

verden. Tatsächlich ermöglichen diese Lösungen eine bessere Holzverbrennung und die Möglichkeit, Systeme zur Emissionssenkung zu installieren. Andererseits haben auch Gasheizkessel im kleinen Maßstab eine ähnliche Leistung. Die Emissionen von Gaskraftwerken sind höher, vor allem aufgrund der höheren Verbrennungstemperaturen als bei Heizkesseln.

Diese Wirtschafts- und Umweltmodelle wurden auf die in Kapitel 6 beschriebenen Fallstudien angewendet und sind auch in der in Kapitel 5 beschriebenen Online-Version des Modells verfügbar, die den Open-Access-Interpretationsteil (Pfenninger et al., 2018) des IDEE-Ansatzes darstellt, der der Öffentlichkeit zur gezielten Anwendung auf ausgewählte Teile des Pilotgebiets zur Verfügung gestellt wurde.

## Bibliografia

## Bibliographie

- Delmastro, C., Mutani, G. & Schranz, L. (2016), The evaluation of buildings energy consumption and the optimization of district heating networks: a GIS-based model, *International Journal of Energy and Environmental Engineering* 7: 343
- Dorfner, Johannes; *Open source modelling and optimization of Energy Infrastructure at urban scale*. Ph.D. Thesis, Technical University of Munich, 2016
- European Environment Agency. *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016*. Technical guidance to prepare national emission inventories. European Environmental Agency
- Finney K.N., Vida N. Sharifi, Jim Swithenbank, Andy Nolan, Simon White, Simon Ogden, Developments to an existing city-wide district energy network – Part I: Identification of potential expansions using heat mapping, *Energy Conversion and Management*, Volume 62, 2012, Pages 165-175
- Fleiter T., Rehfeldt M., Herbst A., Elstrand R., Klingler A.L., Manz P., Eidelloth S., A methodology for bottom-up modelling of energy transitions in the industry sector: The FORECAST model, *Energy Strategy Reviews*, Volume 22, 2018, Pages 237-254
- GEMIS, 2018, <http://www.iinas.org/gemis.htm>
- Kavgic M., A. Mavrogianni, D. Mumovic, A. Summerfield, Z. Stevanovic, M. Djurovic-Petrovic, A review of bottom-up building stock models for energy consumption in the residential sector, *Building and Environment*, Volume 45, Issue 7, 2010, Pages 1683-1697
- Möller B., Henrik Lund, Conversion of individual natural gas to district heating: Geographical studies of supply costs and consequences for the Danish energy system, *Applied Energy*, Volume 87, Issue 6, 2010, Pages 1846-1857
- Nielsen S., Möller B., GIS based analysis of future district heating potential in Denmark, *Energy*, Volume 57, 2013, Pages 458-468
- Pfenninger S., Hirth L., Schlecht I., Schmid E., Wiese F., Brown T., Davis C., Gidden M., Heinrichs H., Heuberger C., Hilpert S., Krien, Matke C., Nebel A., Morrison R., Müller B., Pleßmann G., Reeg M., Richstein J.C., Shivakumar A., Staffell I., Tröndle T., Wingenbach C., Opening the black box of energy modelling: Strategies and lessons learned, *Energy Strategy Reviews*, Volume 19, 2018, Pages 63-71
- Sameti M., Haghghat F., Optimization approaches in district heating and cooling thermal network, *Energy and Buildings*, Volume 140, 2017, Pages 121-130
- Unternährer, J., Moret, S., Joost, S., Maréchal F., (2017) Spatial clustering for district heating integration in urban energy systems: Application to geothermal energy, *Applied Energy* 190, Pages 749-762



# 5

**Confrontare: il sistema online per  
analizzare possibili scenari**

**Zum Vergleichen: Der analytische  
Webservice für persönliche Szenarien**

Markus Biberacher  
Fabian Hofsäß



## 5.1 Introduzione Einführung

Nel progetto IDEE sono state raggruppate le competenze di diversi istituti con l'obiettivo di sviluppare, in modalità *bottom up*, progetti energetici integrati e sostenibili a beneficio delle regioni coinvolte nel progetto. Vari scenari, messi a punto in modo dettagliato, sono stati applicati, analizzati e valutati a livello macro (cfr. capitolo 6).

Oltre alla definizione di scenari per le regioni pilota, è stato implementato anche il web service "HEAT-App District Heat" che consente agli stakeholder interessati di accedere digitalmente agli scenari, con la possibilità di svilupparne di propri, analizzarli, confrontarli e trarre le proprie conclusioni. Il servizio web si basa sul modello RIVUS, incentrato sull'analisi degli scenari di fornitura di calore attraverso una specifica rete di teleriscaldamento.

L'utente del *web service* ha la possibilità di adattare i principali parametri di fornitura di tale rete in base alla propria esperienza personale o alle peculiarità territoriali. In tal modo ciascun utente può sviluppare scenari in modo autonomo e valutarli con l'ausilio di mappe, grafici e tabelle.

Im IDEE Projekt wurden verschiedene Fähigkeiten aus unterschiedlichen Instituten gebündelt um nachhaltige integrative Energie Designs in einem Bottom-Up Prinzip für die ausgewählten Projektregionen zu erforschen. Detailliert ausgearbeitete Szenarien wurden auf hohem Niveau umgesetzt, analysiert und bewertet (vgl. Kapitel 6).

Neben der Ausarbeitung von Szenarien für die Pilotregionen wurde auch ein Web-Service „HEAT-App District Heat“ implementiert um Szenarien einem interessierten Stakeholder Kreis digital zugänglich zu machen und ihm darüber hinaus zu ermöglichen Szenarien selbst zu erstellen, zu analysieren, zu vergleichen und daraus eigene Schlussfolgerungen zu ziehen. Der Webservice setzt auf dem Modell RIVUS auf, welcher seinen Fokus auf der Analyse von netzgebundenen Wärmeversorgungszenarien hat.

Dem User des Service wird ermöglicht relevante Parameter in der netzgebundenen Wärmeversorgung, basierend auf seiner persönlichen Erfahrung oder regionalen Spezifika, selbst zu adaptieren. Dadurch wird jedem User erlaubt eigenständig Szenarien zu entwickeln und diese kartographisch, graphisch und tabellarisch auszuwerten.

## 5.2 Webservice Webservice

Di seguito viene descritto il *web service* "HEAT-App District Heat", disponibile al seguente URL:

Im Folgendem wird der Webservice „HEAT-App District Heat“ vorgestellt. Der Service ist unter folgender URL erreichbar:

<https://ispacevm42.researchstudio.at/heatapp/districtheat>

### 5.2.1 Log in

Il web service non è pubblico ed è disponibile solo per un gruppo di stakeholder predefinito. Tale scelta nasce principalmente da esigenze di protezione dei dati, ma è motivata anche dalle difficoltà di analizzare gli scenari in tempo reale, che limitano il numero di utenti ai quali è possibile dare supporto.

#### Protezione dei dati, un esempio

Il fabbisogno termico degli edifici è stato valutato sulla base di dati dettagliati degli immobili e, in parte, di dati personali (ad es. informazioni catastali). Dal fabbisogno di calore stimato a livello di edificio si possono trarre conclusioni sulla situazione abitativa degli occupanti. Diverso sarebbe il caso se la domanda di calore dei singoli edifici fosse calcolata in modo cumulativo inserendo tutti gli edifici di una via: non si potrebbero trarre conclusioni sulle singole situazioni. Tuttavia, se è presente un solo edificio su un tratto

### 5.2.1 Log in

Der Service ist nicht öffentlich und wird nur einem ausgewählten Stakeholder Kreis zugänglich gemacht. Dies ist primär dem Datenschutz geschuldet, sowie des weiterem dem hohen Aufwand in der Echtzeitanalyse von Szenarien, was in Folge nur die Unterstützung eines eingeschränkten User-Kreises erlaubt.

#### Erläuterndes Beispiel zum Datenschutz

Eine objektbasierte Wärmebedarfsabschätzung erfolgte auf detaillierten objektbezogenen und z.T. personenbezogenen Daten (z.B.: Katasterinformationen). Der abgeschätzte Wärmebedarf auf Objektebene kann Rückschlüsse auf die Lebenssituation der im Gebäude lebenden Personen ermöglichen. Diese Rückschlüsse sind nicht möglich, wenn ein Wärmebedarf einzelner Objekte entlang eines Straßenabschnitts kumuliert wird. Liegt jedoch nur ein Objekt an einem für die Netztopologie relevanten Straßen-



## 5.2 Webservice Webservice

**HEAT-App**  
District Heat

**ID EE**

**Interreg**  
Italia-Osterreich

**Introduction**  
With this optimization tool "HeatApp for District Heat" you are able to "tune" scenarios based on default values premised on scientific research. A cut above would be to fit the values to the specific needs and the special conditions of each region.  
Market Participation, Support funds, climate change and others will affect the economic efficiency and therefore the sustainability of every energy system.  
To produce a reliable sustainable energy supply network, there have to be several different scenarios to identify an energy grid, which suits best to the conditions of the region.  
Each scenario will be marked with an "ID". You can compare different scenarios to see how the changed values affect the results. To do so use the buttons "Cost", "Energy" and "Simultaneous".  
Each scenario will also be plotted as a map, which you can find behind the button "Map".  
We offer an informative (success) mail service, because some scenarios are more challenging to find the optimized solution and therefore will take some time to finish.

**Parameter Setting**

Region	[?] [Austria]
District heat energy cost	[?] 0.06 [€/kWh]
Alternative (DG) energy cost	[?] 0.07 [€/kWh]
Heatpump cost	[?] 100 [€/kW]
Limit district heat power	[?] 10000 [kW]
Energy loss for	[?] 0.05 [€/kWh]
Energy loss variable	[?] 0.0005 [€/kWh]
Energy demand regulation	[?] 100 [€/kW]
Cost reduction district heat pipes	[?] 10 [€/kW]
Average time	[?] 4 Days / 24h
GAP	[?] 0.01 [€]
E-Mail	[?] [input field]

**Project Area**

Map, Logout, Home

Project staff: iSPACE, UNIVERSITA' DEL SALENTO, GEM-GEOTERMINA, B.M. (Brescia), UNIVERSITA' DI TRIESTE, Contact | Österreich & Piazza | EUSA | Inprint

Fig. 5.1. Pagina principale.

Abb. 5.1. Gesamte Hauptseite.

stradale rilevante per la topologia della rete, diventa impossibile garantire il riferimento NON personale.

Al gruppo di persone autorizzate ad usare il web service viene messo a disposizione un ID utente con password. Si occupa di assegnare tali dati di accesso il partner di progetto iSPACE, su richiesta.

### 5.2.2 Pagina principale

Dopo aver effettuato con successo il login, verrà caricata la pagina principale (Fig. 5.1). Il logo del web service, del progetto e della linea di programma In-

abschnitt, so ist die Sicherstellung des NICHT-Personenbezugs nichtmehr gewährleistet.

Einem für den Service berechtigten Personenkreis wird eine User-ID mit Passwort bereitgestellt. Diese Zugangsdaten werden durch den Projektpartner iSPACE auf Anfrage vergeben.

### 5.2.2 Hauptseite

Nach dem erfolgreichen Einloggen wird die Hauptseite geladen (Abb. 5.1). Im Kopfbereich der Website befinden sich das Servicelogo, das Projektlogo und

terreg Austria-Italia si trovano nella parte superiore del sito web. I loghi rimandano ai relativi siti web.

### 5.2.3 Impostazione dei parametri e aree di progetto

Nella sezione "Parameter Setting" (impostazione parametri) l'utente ha la possibilità di scegliere la regione (comune) di suo interesse da un elenco predefinito e di adeguare i principali parametri tecnici e di costo da utilizzare negli scenari individuali che intende creare. Tali parametri tecnici e di costo sono valori di default predefiniti e plausibili in base all'esperienza del consorzio di progetto.



Fig. 5.2. Guida ai parametri.

Abb. 5.2. Esempio di una guida ai parametri.

Ad ogni parametro viene assegnata un'unità e un'area di validità. L'inserimento individuale da parte dell'utente viene controllato per verificarne la plausibilità. Per ogni parametro è disponibile anche una descrizione testuale.

Quando l'utente seleziona una regione specifica dall'elenco di regioni predefinite, la scelta è visualizzata nella cartina.

Viceversa, si può selezionare una regione nella cartina e il luogo selezionato (comune) viene recepito nell'area di impostazione dei parametri ("Parameter Settings").

È stato previsto che nel web service l'utente possa adattare i seguenti parametri:

- District heat energy cost (Costo dell'energia teleriscaldamento)
  - cfr.: "Non-Spatial Data" – "Commodity" – "Cost-var"

das Logo der Interreg-Programmlinie Österreich-Italien. Die Logos führen zu den jeweils relevanten Websites.

### 5.2.3 Parameter Einstellungen und Projektgebiete

In der Rubrik „Parameter Setting“ hat der User die Möglichkeit aus einem Set vordefinierter Regionen (Gemeinden) eine Auswahl zu treffen, sowie wichtige Kosten- und Technikparameter für die Erstellung individueller Szenarien anzupassen. Mögliche Kosten- und Technikparameter werden als plausible Default-Werte vordefiniert. Es handelt sich dabei um Konsenswerte, welche auf der gemeinsamen Erfahrung des Konsortiums beruhen.

Jedem Parameter sind Einheit und Gültigkeitsbereich zugewiesen. Individuelle Eingabe durch den User werden auf Plausibilität geprüft. Für jeden Parameter steht zudem noch eine Beschreibung in Textform zur Verfügung.

Die durch den User vorgenommene Auswahl einer definierten Region aus dem Set an vordefinierten Regionen wird in der kartographischen Ansicht visuell kenntlich gemacht.

Umgekehrt kann eine Regionsauswahl auch über die kartographische Ansicht vorgenommen werden. Durch Auswahl in der kartographischen Ansicht wird die gewählte Region (Gemeinde) im Bereich „Parameter Settings“ übernommen.

Im Webservice wurden folgende Parameter für eine individuelle Anpassung durch den User vorgesehen:

- District heat energy cost
  - Vgl.: "Non-Spatial Data" – "Commodity" – "Cost-var"

## 5.2 Webservice Webservice

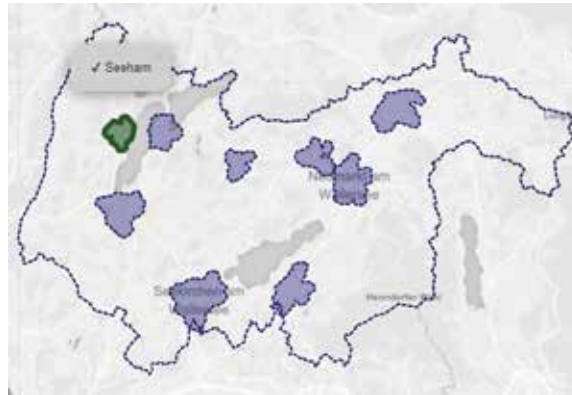


Fig. 5.3. Esempio di selezione di una regione di progetto.  
Abb. 5.3. Beispiel einer ausgewählten Projektregion.

- Alternative (Oil) energy cost (Costo dell'energia alternativa - petrolio)
  - cfr.: "Non-Spatial Data" - "Commodity" - "Cost-var"
- Heatpipe cost (Costo tubazioni trasporto calore)
  - cfr.: "Non-Spatial Data" - "Commodity" - "Cost-inv-fix"
- Limit district heat power (Limite potenza da tele-riscaldamento)
  - cfr.: "Non-Spatial Data" - "Process" - "Cap-max"
- Energy loss fix (Perdita di energia fissa)
  - cfr.: "Non-Spatial Data" - "Commodity" - "Loss-fix"
- Energy loss variable - (Perdita di energia variabile)
  - cfr.: "Non-Spatial Data" - "Commodity" - "Loss-var"
- Alternative (Oil) energy cost
  - Vgl.: "Non-Spatial Data" - "Commodity" - "Cost-var"
- Heatpipe cost
  - Vgl.: "Non-Spatial Data" - "Commodity" - "Cost-inv-fix"
- Limit district heat power
  - Vgl.: "Non-Spatial Data" - "Process" - "Cap-max"
- Energy loss fix
  - Vgl.: "Non-Spatial Data" - "Commodity" - "Loss-fix"
- Energy loss variable
  - Vgl.: "Non-Spatial Data" - "Commodity" - "Loss-var"

Di seguito vengono descritti sommariamente alcuni parametri; per una spiegazione dettagliata si rimanda al Capitolo 4.2 della presente relazione.

### **"Alternative energy cost" (Costo dell'energia alternativa)**

Questo parametro descrive i costi per la fornitura di energia SENZA collegamento alla rete. Nella regione Sal-

Die relevanten Parameter sind im Kapitel 4.2 dieses Berichts im Detail erläutert. Ergänzende Erläuterungen finden sich im Anschluss.

### **"Alternative energy cost" (Alternative Energiekosten)**

Dieser Parameter beschreibt die Kosten für eine NICHT netzgebundene Energieversorgung. Im Salz-

zburger Seenland in Austria ad esempio per riscaldare normalmente si utilizza gasolio. Per questo, i valori delle emissioni e di efficienza energetica degli impianti di riscaldamento (%) memorizzati nel web service considerano impianti alimentati a gasolio. Negli scenari elaborati (cfr. Capitolo 6) sono presenti le diverse alternative di teleriscaldamento specifiche per regione.

#### **“Energy loss fix & variable” (Perdita di energia fissa e variabile)**

Questi parametri descrivono le perdite di energia nel tragitto che va dall'impianto di cogenerazione ai singoli edifici e consentono all'utente di vedere la differenza tra le varianti tecnologiche del sistema di teleriscaldamento.

Ulteriori parametri per un'analisi flessibile dello scenario sono i seguenti:

#### **“Energy demand regulation” (Regolazione del fabbisogno energetico)**

A ogni immobile dei siti di progetto è stata associata una stima del fabbisogno energetico, che rispetta lo status quo. L'utente, nel definire il proprio scenario, può modificare tale situazione di partenza, prevedendo ad esempio, interventi di riqualificazione energetica, un diverso comportamento degli utenti o altri fattori. Il parametro “Energy demand” (Fabbisogno energetico) consente di scalare lo status quo adattandolo a scenari con un fabbisogno energetico maggiore o minore.

#### **“Cost reduction district heat pipes” (Riduzione dei costi - tubazioni del teleriscaldamento)**

Una eventuale infrastruttura di teleriscaldamento già esistente e in uso nelle regioni (comuni) in questione deve essere considerata a parte negli scenari. Nel web service se ne tiene conto prevedendo che i costi legati all'uso dell'infrastruttura esistente siano calcolati in percentuale rispetto ai costi di un nuovo impianto (ad esempio, se il 60% dei costi di

burger Seenland werden Haushalte in der Regel mit Öl versorgt. Die im Service hinterlegten Emissionswerte und Heizungseffizienzen (%) orientieren sich entsprechend an Öl-Heizungen. Die Differenzierung der regionstypischen Fernwärme Alternativen wurden in den spezifischen Szenarien (vgl. Kapitel 6) formuliert.

#### **„Energy loss fix & variable” (Fixe und Variable Energieverluste)**

Diese Parameter beschreiben die energetischen Verluste entlang des Leitungsstrangs vom Heizkraftwerk zu einzelnen Gebäuden. Es ermöglicht dies dem User zwischen technologischen Varianten im Fernwärmesystem zu differenzieren.

Weitere Parameteroptionen für eine flexible Szenario Analyse sind die Folgenden:

#### **„Energy demand regulation” (Energiebedarfsregulierung)**

Jedem einzelnen Objekt in den ausgewiesenen Projektregionen liegt eine individuelle Energiebedarfsabschätzung zugrunde. Diese Abschätzung spiegelt den Status Quo wieder. Eine potenzielle Änderung dieser Situation durch Sanierung, Verhaltensänderung der Nutzer oder anderen Faktoren kann Bestandteil individueller Szenarien durch den User sein. Der Parameter „Energy demand“ erlaubt eine Skalierung des Status Quo hin zu Szenarien mit reduziertem oder erhöhtem Energiebedarf.

#### **„Cost reduction district heat pipes” (Kostenregulierung Fernwärmeleitung)**

Möglicherweise schon bestehende und genutzte Fernwärmeinfrastruktur in den jeweiligen Regionen (Gemeinden) ist in Szenarien gesondert zu berücksichtigen. Im Service wird dem dadurch Rechnung getragen, dass Kosten die für eine Nutzung der Bestandsinfrastruktur anfallen als prozentualer Anteil der Kosten für eine Neuinstallation berücksichtigt werden (sind

## 5.2 Webservice Webservice

un'infrastruttura esistente è già stato ammortizzato, lo scenario di riferimento dovrà considerare il rimanente 40%).

### **“Temporal resolution” (Risoluzione temporale)**

Qui viene data all'utente la possibilità di analizzare uno scenario considerando, nella sua interezza, una ipotetica curva di carico del fabbisogno energetico nel corso del tempo, oppure di effettuare un'analisi semplificata dello scenario considerando solo una media temporale di tale fabbisogno. Mentre l'analisi di una curva di carico temporale a livello di singolo edificio (non ancora pienamente supportata nel web service) permette di studiare come incidono le variazioni di carico sulle dimensioni ottimali del sistema nei singoli scenari, un'analisi semplificata basata su medie temporali del fabbisogno - valori di "default" nelle impostazioni - consente di elaborare scenari e di generare i risultati più rapidamente (in ragione della minore complessità).

### **"GAP"**

GAP è una misura del livello di dettaglio del processo di ottimizzazione e incide direttamente sul tempo di calcolo. GAP in questo caso indica l'intervallo massimo (range) che in fase di ottimizzazione può essere espresso da due fasi successive iterative del processo volte a determinare la differenza di costi di sistema, affinché tale valore possa essere considerato ottimale (costi di sistema ottimali). Impostare un valore GAP piccolo fa aumentare significativamente il tempo necessario per il calcolo, mentre un valore GAP troppo grande può mostrare un risultato che si discosta da quello veramente ottimale.

### **"E-mail"**

Alcune impostazioni di scenario possono richiedere un lungo tempo di calcolo (area di progetto ampia, GAP minimo e considerazione dei singoli profili di carico). L'utente può scegliere di essere informato via mail quando l'elaborazione dello scenario da lui richiesto è stata ultimata.

z.B. 60% der Kosten einer Bestandsinfrastruktur schon abgeschrieben verbleiben noch 40% der Kosten zur Berücksichtigung in einem relevanten Referenzszenario).

### **„Temporal resolution“ (Zeitliche Auflösung)**

Hier wird dem User die Möglichkeit gegeben, ein Szenario unter vollständiger Berücksichtigung eines fiktiven zeitlichen Lastgangs im energetischen Bedarf zu betrachten, oder aber eine vereinfachte Szenario Analyse unter Berücksichtigung ausschließlich eines zeitlichen Mittelwerts im energetischen Bedarf durchzuführen. Während eine Betrachtung eines zeitlichen Lastgangs auf Einzelobjektebene (im Service derzeit noch nicht vollständig unterstützt) die Untersuchung des Einflusses von Lastverschiebungen auf eine optimale Systemdimensionierung in einzelnen Szenarien erlaubt, ermöglicht eine reduzierte Betrachtung auf Basis von zeitlich gemittelten Bedarfswerten – „default“ in den Einstellungen – eine schnelle Prozessierung von Szenarien (aufgrund der geringeren Komplexität) und Generierung von Ergebnissen.

### **„GAP“**

GAP ist ein Maß für die Detailtiefe der Optimierung und hat einen direkten Einfluss auf die Berechnungszeit. GAP beschreibt hierbei die Spannweite im Optimierungsprozess welche zwei aufeinander folgende iterative Prozessschritte in der Differenz ihrer ermittelten Systemkosten maximal ausweisen dürfen um als optimaler Zielwert (Systemkosten) zu gelten. Ein kleiner GAP-Wert erhöht hierbei somit signifikant die Zeit für die Berechnung, während ein zu großer GAP-Wert ein mitunter vom tatsächlichen Optimum abweichendes Ergebnis ausweist.

### **„E-Mail“**

Manche Szenario Settings können eine lange Berechnungszeit aufweisen (großes Projektgebiet, minimaler GAP & Berücksichtigung individueller Lastgänge). Es wird dem User die Möglichkeit unterbreitet via E-Mail über die Finalisierung seiner Szenario Anfrage informiert zu werden.

## 5.2.4 Ottimizzazione

Una volta impostati tutti i parametri di un determinato scenario, si può avviare l'ottimizzazione cliccando sul pulsante corrispondente. Il web service gestisce il calcolo di uno scenario per volta e blocca gli altri utenti fino al completamento del calcolo. Le analisi in corso sono indicate visivamente dallo stato del pulsante "Optimize".



Fig. 5.4. Ottimizzazione continua.

Abb. 5.4. Darstellung einer laufenden Optimierung.

## 5.2.5 Output

Avviato il processo di ottimizzazione, all'utente viene assegnato un ID scenario. Lo scenario viene memorizzato nel database con tale ID e l'utente lo potrà visualizzare nelle sottopagine collegate che riportano mappe, grafici e tabelle utili alla valutazione e al confronto dello scenario in questione con altri già salvati nel database.

Please note your Scenario ID: 144

Fig. 5.5. Esempio di informazione utente "ID scenario".

Abb. 5.5. Beispiel der Userinformation „Szenario-ID“.

## 5.2.6 Project staff (Staff di progetto)

La pagina del web service riporta i link a tutti i partner di progetto, identificati dal loro logo. Un ulteriore link rimanda alla pagina facebook del progetto.

## 5.2.4 Optimierung

Nachdem alle Parameter für ein Szenario gesetzt wurden, wird die Optimierung durch das Klicken des „Optimierung“-Buttons gestartet. Die Berechnung eines Szenarios blockiert den Service für weitere User bis zur Finalisierung der Berechnung. Laufende Analyse werden visuell durch das Erscheinungsbild des „Optimierung“-Buttons kenntlich gemacht.

## 5.2.5 Ergebnisse

Nach dem Start einer Optimierung wird dem User eine Szenario ID mitgeteilt. Unter dieser ID wird das Szenario in der Datenbank abgelegt und der User hat die Möglichkeit auf den verlinkten Sub-Seiten zur kartographischen, graphischen und tabellarischen Auswertung sein individuelles Szenario einzusehen sowie mit anderen bereits in der Datenbank hinterlegten Szenarien zu vergleichen.

## 5.2.6 Projektpartner

Es sind auf der Seite des Service außerdem alle Projektpartner über ihr Logo repräsentiert und verlinkt. Ein weiterer Link führt zur Projekt-Facebookseite des.



## 5.3 Mappa Karte

Il pulsante "Map" apre una sotto pagina che permette di valutare e visualizzare gli scenari memorizzati nel database con l'ausilio di mappe.

Di default viene sempre caricato l'ultimo scenario calcolato dal web service. Tuttavia, l'utente può visualizzare tutti gli scenari memorizzati nel servizio web selezionando la regione e l'ID dello scenario. Nella mappa in questione, l'utente può visualizzare o nascondere diversi contenuti/layer.

Opzioni riportate in legenda:

- Satellite / Basemap (satellite / mappa di base)  
L'utente può scegliere come sfondo un'immagine satellitare o una mappa di base;
- Plants (impianti)  
Qui sono visualizzati i siti opzionali e ottimali per l'installazione degli impianti di cogenerazione;
- Heatpipes (tubazioni teleriscaldamento)  
Le reti di teleriscaldamento sono suddivise in quattro classi:
  - Reused (Riutilizzo): Riutilizzo delle linee già installate;
  - New (Nuovo): Nuova costruzione di condutture;
  - Unused (Non utilizzato): Linee installate non più in funzione;
  - Potential (Potenziale): Potenziale collegamento non utilizzato;
- Project area (Area di progetto)

Über den Button „Map“ wird eine Sub-Seite geöffnet, welche die kartographische Auswertung und Visualisierung der in der Datenbank hinterlegten Szenarien erlaubt.

Als Default wird hierbei immer das zuletzt im Service berechnete Szenario geladen. Der User hat die Möglichkeit über die Wahl der Region sowie der Szenario ID alle im Service hinterlegten Szenarien zu visualisieren. Im Kartenbereich selbst kann der User sich Inhalte/Layer ein- oder ausblenden.

Die Legendenoptionen:

- Satellite / Basemap  
Der User kann sich entweder für ein Satellitenbild oder für eine graue Basemap als Hintergrundkarte entscheiden;
- Plants  
Hier werden optionale und optimale Standorte für Heizkraftwerke visualisiert;
- Heatpipes  
Fernwärmenetz Topologien werden in vier Klassen differenziert:
  - Reused: Wiederverwendung installierter Leitungen;
  - New: Neubau von Leitungen;
  - Unused: Installierte Leitungen werden nicht weiter betrieben;
  - Potential: Ungenutzte Leitungsmöglichkeit;
- Project Area

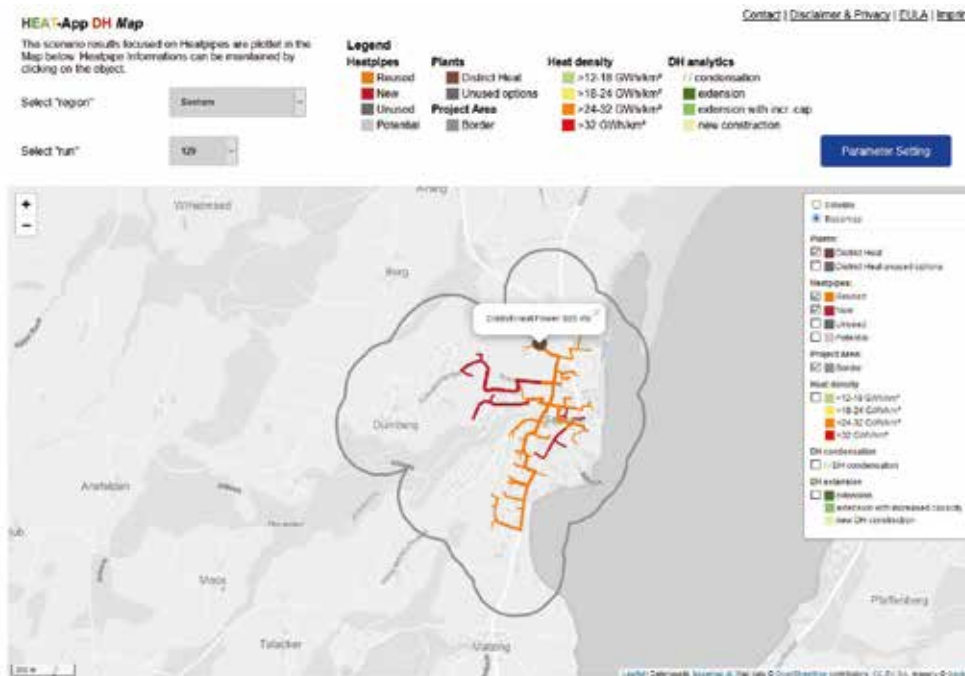


Fig. 5.6. Mappa della subarea.  
 Abb. 5.6. Subbereich Karte.

- Confine esterno della regione del progetto;
- Heat density (Densità di calore)  
L'utente può visualizzare la densità di calore dell'area di progetto come informazione aggiuntiva (per validazione visiva), (cfr. Figura 5.7 – Densità di calore);
- DH extension (estensione teleriscaldamento)  
L'utente può visualizzare l'area di ampliamento degli impianti di teleriscaldamento esistenti come informazione aggiuntiva.

- Außengrenze der Projektregion;
- Heat density  
Der User kann sich die Wärmedichte des Projektgebietes als zusätzliche Information (bzw. zur visuellen Validierung) einblenden lassen (Vgl. Figure 5.7 „Heat density“);
- DH condensation  
Der User kann sich das Verdichtungsgebiet von bestehenden Fernwärmesystemen als zusätzliche Information einblenden lassen;
- DH extension  
Der User kann sich das potenzielle Erweiterungsgebiet von Fernwärme als zusätzliche Information einblenden lassen.



### 5.3 Mappa Karte

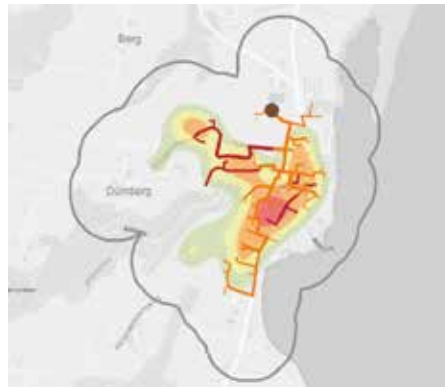


Fig. 5.7. Esempio di una delle opzioni di visualizzazione delle tubazioni per il teleriscaldamento in relazione ad altre geoinformazioni (qui: densità della domanda di calore).

Abb. 5.7. Beispiel zu einer der visuellen Vergleichsoptionen von optimierten Fernwärmeleitungen zu anderen Geoinformationen (hier: Wärmebedarfsdichte).

Si possono visualizzare i parametri impostati per lo scenario selezionato mediante "Parameter Settings"

Über „Parameter Settings“ kann das Parameter Setting für ein gewähltes Szenario angezeigt werden.

District heat energy cost	Alternative energy cost	Heatpipe cost	Limit district heat power	Energy loss fix	Energy loss variable	Energy demand regulation	Cost reduction district heat pipes	GAP	Average time
[€/MWh]	[€/MWh]	[€/m]	[MW]	[kWh/m]	[€/MWh]	[%]	[%]	[%]	
0.035	0.075	53	No Limit	0.0075	0.0006	100	10	0.1	Yes

Fig. 5.8. Esempio di informazioni sui parametri impostati.

Abb. 5.8. Beispiel der Information von gesetzten Parametern.



Fig. 5.9. Esempio di un popup interattivo per visualizzare le informazioni di un tubo di teleriscaldamento.

Abb. 5.9. Beispiel einer Interaktiven Nutzerabfrage zu einer Fernwärmeleitung.

Quando viene richiamato lo scenario, le informazioni su tutti gli impianti di teleriscaldamento (cfr. Figura 5.9) appaiono come popup e possono essere visualizzate o nascoste secondo la necessità. Possono essere visualizzate anche le informazioni sulla capacità, la lunghezza e il diametro nominale (diametro nominale [DN] ~ diametro interno) delle singole sezioni della tubazione del teleriscaldamento.

Informationen zu allen Fernwärmekraftwerken (vgl. Figure 5.9) werden direkt beim Aufrufen des Szenarios als Popup angezeigt und können nach Belieben ein- oder ausgeblendet werden. Informationen zur Kapazität, der Länge und der resultierenden Nennweite (Diameter Nominal [DN] ~ Innendurchmesser) zu den einzelnen Fernwärmeleitungsabschnitten können ebenfalls angezeigt werden.

## 5.4 Grafici Diagramme

Nella sotto pagina "Graphics" è disponibile una rappresentazione dei risultati sotto forma di grafici e diagrammi. Le sotto pagine "Graphics" e "Table" permettono all'utente di confrontare scenari della stessa regione.

È possibile confrontare due scenari di una regione selezionata. La figura 5.10 mostra due scenari che differiscono per il fatto di tenere conto o meno di determinati profili di carico temporali (media temporale del fabbisogno). Vengono confrontati i costi di sistema, l'apporto di energia primaria per coprire il fabbisogno e il relativo profilo di carico temporale.

Eine graphische Aufbereitung der Ergebnisse in Form von Diagrammen ist auf der Sub-Seite „Graphics“ einzusehen. Die Unterseiten „Graphics“ und „Tabelle“ erlauben es dem User Szenarien der gleichen Region zu vergleichen.

Es können für eine gewählte Region zwei Szenarien im Vergleich gegenübergestellt werden. In der Abbildung 5.10 werden zwei Szenarien dargestellt, welche sich in der Berücksichtigung und Nicht-Berücksichtigung (zeitlich gemittelte Bedarfswerte) von zeitlichen Lastgängen unterscheiden. Es sind die ermittelten Systemkosten, der Primärenergieeinsatz zur Bedarfsdeckung sowie die relevante zeitliche Lastgangsberücksichtigung gegenübergestellt.

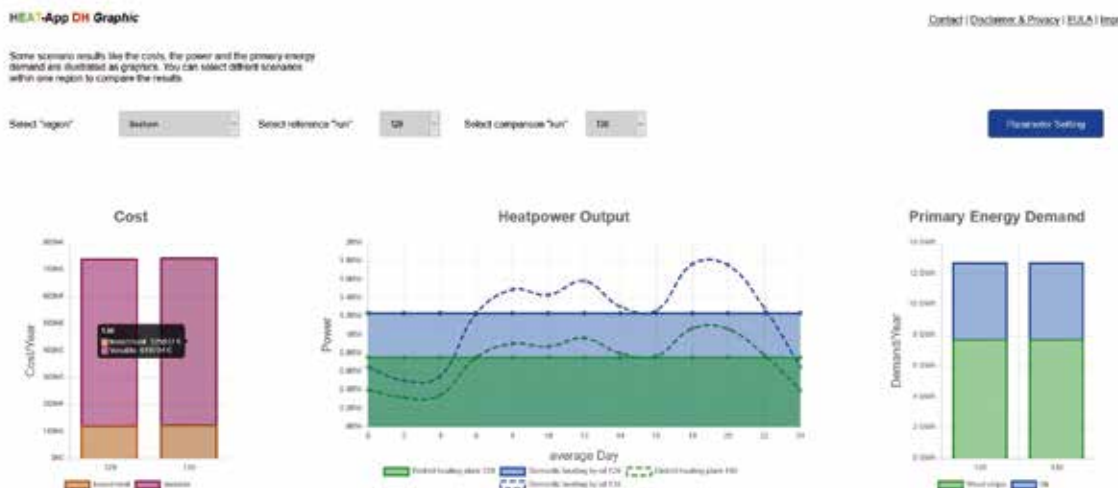


Fig. 5.10. Grafici di confronto.  
Abb. 5.11. Subbereich Diagramme.

## 5.5 Tabelle Tabellen

Mediante il pulsante “Tables” l’utente può scegliere di vedere i risultati del processo di ottimizzazione in forma tabellare, così da facilitare l’analisi e il confronto.

Als weitere Möglichkeit Optimierungsergebnisse zu analysieren bzw. zu vergleichen steht dem User eine tabellarische Auswertung zur Verfügung (über den Button „Tabels“).

HEAT-App DH Table [Contact](#) | [Disclaimer & Privacy](#) | [EULA](#) | [import](#)

Some scenario results like emissions, energy loss, building supply with DH and some more data can be compared for each region in the table below.

Select "region":

	Unit	Reference <input type="text" value="125"/>	Comparison <input type="text" value="144"/>	[%]
<b>Heatpipes</b>				
Pre installed Heatpipes	[m]	4534		
Reused Heatpipes	[m]	3927	0	100
New Heatpipes	[m]	1455	115	156
<b>Supply</b>				
Buildings	[stk]	304		
Supplied with District Heat	[stk]	164	38	123
<b>District Heat</b>				
Output	[MWh]	6592	1431	121
Heat loss	[MWh]	630	247	130
Heat loss	[%]	9	1	114
<b>Emissions</b>				
CO2	[t]	1800	399	77
NOx	[kg]	1927	215	111
SOx	[kg]	1961	96	95
Particles	[kg]	227	35	115

Fig. 5.11. Tabelle di confronto.  
Abb. 5.11. Subbereich Tabelle.

Nella sotto pagina "Table", i risultati riguardanti la struttura delle tubazioni, la fornitura e le caratteristiche del teleriscaldamento e delle emissioni vengono confrontati per due scenari di una determinata regione. Si sceglie uno scenario di riferimento espresso in valori assoluti e uno scenario di confronto nel quale vengono evidenziati gli scostamenti. In verde sono segnalati gli sviluppi positivi, in rosso quelli negativi. L'ultima colonna mostra la differenza percentuale tra lo scenario di confronto e quello di riferimento che si è selezionato.

In der Sub-Seite „Table“ werden Ergebniswerte zu den Themen Fernwärmeleitungsbau, Fernwärmeversorgung, Fernwärme und Emissionen für jeweils zwei Szenarien in einer Region verglichen. Es wird ein Referenzszenario gewählt welches in absoluten Werte ausgewiesen wird und ein Vergleichsszenario für welches Differenzwerte ausgewiesen werden. Eine grüne Schrift signalisiert hierbei eine positive Entwicklung während eine rote Schrift eine negative Entwicklung widerspiegelt. Die letzte Spalte zeigt den prozentualen Unterschied des Vergleichsszenarios zum gewählten Referenzszenario.

## 5.6 In sintesi Zusammenfassung

Il *web service* "HEAT-App District Heat" consente agli utenti di sviluppare propri scenari per determinate regioni utilizzando dati di base memorizzati nel servizio web. In questo modo è più facile quantificare, spiegare e comunicare gli effetti di una fornitura di riscaldamento ottimizzata. Nel web service vengono confrontati in termini assoluti, relativi e con grafici i parametri di cui tenere conto quando si decide di sviluppare una rete di teleriscaldamento sostenibile - come i costi di sistema, le prestazioni e le emissioni. Grazie alla visualizzazione e alla valutazione dei dati mediante mappe, grafici e tabelle diventa possibile comunicare gli effetti degli scenari in modo semplice e comprensibile anche ai non addetti ai lavori. Il web service "HEAT-App District Heat" colma il divario tra i documenti strategici espressione delle politiche sovraregionali e le attività concrete di pianificazione a livello locale/regionale, fornendo a un gruppo selezionato di utenti un comodo strumento per valutare gli indirizzi strategici: i singoli scenari illustrano come le strategie possono essere attuate a livello locale/regionale per sviluppare il teleriscaldamento.

Der Webservice „HEAT-App District Heat“ ermöglicht es Usern, basierend auf den im Service hinterlegten Grunddaten, eigenständige Szenarien für ausgewählte Regionen zu entwickeln. Dadurch lassen sich die räumlichen Auswirkungen einer optimierten Wärmeversorgung besser quantifizieren, nachvollziehen und kommunizieren. Es werden Entscheidungsfaktoren für eine nachhaltige Entwicklung wie Systemkosten, Fernwärmeleistung und Emissionen im Service absolut, relativ und graphisch gegenübergestellt. Über die kartographische, graphische und tabellarische Visualisierung und Auswertung lassen sich einfach und verständlich Auswirkungen der Szenarien auch außerhalb von dezidierten Fachkreisen gut kommunizieren. Der Service „HEAT-App District Heat“ schließt die Lücke zwischen überregionalen politischen Strategiepapieren und konkreten Planungsaufgaben auf lokaler/regionaler Ebene indem er auf einfache Art und Weise einem ausgewählten Userkreis die Möglichkeit eröffnet strategische Vorgaben in einzelnen plakativen Szenarien hinsichtlich ihrer Umsetzung im Bereich des Fernwärmeausbaus auf lokaler/regionaler Ebene zu bewerten.



# 6

**Applicare: i casi studio ed esempi applicativi del metodo IDEE**

**Anwenden: die Fallstudien und Beispiele für die Anwendung der IDEE-Methode**

Maurizio Santin

Fabian Hofsäß

Matteo Cucchiaro

Damiana Chinese

Onorio Saro

Moreno Broccon





Il presente capitolo illustra i casi studio svolti nelle tre aree pilota del progetto IDEE, vale a dire Feltre (Veneto), Maniago (Friuli-Venezia Giulia) e Seeham (Distretto dei laghi del Salisburghese, Austria).

L'obiettivo del progetto IDEE è migliorare l'efficienza energetica degli edifici e utilizzare nuove tecnologie per rendere i sistemi energetici urbani più puliti ed efficienti.

Tale risultato verrà raggiunto grazie allo sviluppo di un framework integrato per la valutazione bottom-up dei sistemi energetici urbani che consenta di interpretare i dati energetici, ambientali, edilizi, economici e geografici in modo integrato e generi una base decisionale utile ad autorità locali e altri stakeholder per pianificare i futuri investimenti nel campo dell'energia.

I tre casi di studio attuali si concentrano solo una parte del territorio di riferimento, ipotizzando lo sviluppo di reti di teleriscaldamento per soddisfare in modo centralizzato e ottimale il fabbisogno di energia e calore degli edifici, riducendo al contempo consumi energetici e inquinanti atmosferici.

Nel caso di Feltre e Maniago sono state prese in considerazione anche le aree industriali, in ragione della loro relativa vicinanza al centro urbano e del fatto che producono calore di scarto potenzialmente recuperabile.

In diesem Kapitel werden die Fallstudien der drei Pilotgebiete behandelt, die am Projekt IDEE beteiligt sind, d. h. Feltre (Veneto), Maniago (Friaul Julisch Venetien) und Seeham (Salzburger Seenland, Österreich).

Das Ziel des Projekts IDEE ist die Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden und die Nutzung neuer Technologien, die urbane Energiesysteme umweltfreundlicher und effizienter gestalten.

Dies soll mit Hilfe der Entwicklung eines ganzheitlichen Bottom-up-Modellierungsframeworks für urbane Energiesysteme erfolgen, das eine integrative Interpretation von Energie-, Umwelt-, Gebäude-, Wirtschafts- und Geodaten zur Unterstützung lokaler Behörden und sonstiger maßgeblicher Stakeholder bei der Planung zukünftiger Investitionen im Energiebereich ermöglicht.

Die drei aktuellen Fallstudien konzentrieren sich jeweils auf ein Teilgebiet und setzen die Entwicklung von Fernwärmenetzen voraus, mit denen der zentralisierte und optimierte Energie- und Wärmebedarf von Gebäuden gedeckt und der Energieverbrauch und die Schadstoffbelastung der Luft reduziert werden.

Für Feltre und Maniago wurden aufgrund ihrer relativen Nähe zu den Stadtgebieten als mögliche Abwärmequelle auch die Gewerbegebiete in den Analysen berücksichtigt.

## 6.1 Descrizione dei casi di studio Beschreibung der Fallstudien

### 6.1.1 Feltre

Principale città della valle, Feltre si trova in provincia di Belluno, a ovest del fiume Piave e alle pendici delle Dolomiti, più precisamente delle Vette Feltrine. L'insediamento più antico della città si estende lungo i fianchi del Colle delle Capre e domina i quartieri sorti ai piedi del pendio in epoche successive. Di origine paleoveneta e retica, *Feltria* divenne municipio romano nel II secolo a.C. Con la caduta dell'Impero romano e le invasioni degli Unni e dei Goti, la città si impoverì e fu distrutta e ricostruita più volte. Sede di un potente vescovado, divenne libero Comune e tra il XIII e il XIV secolo fu assoggettata a diverse signorie fino a quando, per sottrarsi al dominio dei Carraresi, si donò alla Repubblica di Venezia nel 1404. Dopo la caduta di Venezia, passò prima sotto controllo dai francesi e poi fu occupata dagli austriaci, prima di essere annessa al Regno d'Italia nel 1866. Duramente colpita durante la prima guerra mondiale, fu uno dei principali centri di attività partigiane durante la seconda guerra mondiale.

Feltre è stata scelta come sito pilota della Regione Veneto per il progetto INTERREG Italia-Austria "IDEE", il cui obiettivo è promuovere sistemi energetici efficienti e innovativi nelle aree urbane. IDEE dà continuità al precedente progetto INTERREG "Urban

### 6.1.1 Feltre

Feltre ist der Hauptort des Tals und liegt in der Provinz Belluno, westlich des Flusses Piave und zu Füßen der Dolomiten, die hier Vette Feltrine heißen. Die Altstadt liegt an den Hängen des Colle delle Capre und überragt die Stadtviertel, die später zu Füßen des Hügels entstanden. Ursprünglich zur Zeit der Veneter und Räter gegründet, wurde *Feltria* ab dem 2. Jh. v. Chr. ein römisches Municipium. Mit dem Niedergang des Römischen Reichs und den Einfällen der Hunnen und Goten erlebte die Stadt eine starke Verelendung und wurde zweimal zerstört und wiederaufgebaut. Unter dem mächtigen Bistum wurde Feltre eine freie Stadt, die im 13. und 14. Jahrhundert von verschiedenen Herrschern kontrolliert wurde. Im Jahr 1404 unterwarf Feltre sich der Republik Venedig, um sich der Macht der Familien der Carraresi zu entziehen. Nach dem Niedergang Venedigs wurde Feltre zunächst von Frankreich und später von Österreich besetzt, bevor es 1866 dem Königreich Italien zugesprochen wurde. Im Zweiten Weltkrieg, in dem es ein Hauptschauplatz der Partisanenkämpfe war, wurde es stark umkämpft.

Im Projekt IDEE des Interreg-Programms Italien-Österreich wurde Feltre für das Veneto als Pilotgebiet ausgewählt. Ziel des Projekts ist die Förderung effizienter und innovativer Energiesysteme in urbanen Gebieten. IDEE knüpft an das frühere INTERREG-Projekt „Urban

## 6.1 Descrizione dei casi studio Beschreibung der Fallstudien

Energy Web", dedicato all'ideazione e alla realizzazione di un know-how condiviso sulla riduzione dei consumi energetici e sullo sviluppo delle energie rinnovabili a scala urbana.

Un altro fattore importante che ha contribuito a inserire Feltre nel progetto è la volontà dell'amministrazione comunale di rapportarsi e aprirsi a nuove tematiche, in modo lungimirante e rispettoso dell'ambiente. La città, inoltre, è alla ricerca di soluzioni per risolvere i problemi di inquinamento atmosferico, in particolare quello prodotto dagli impianti di riscaldamento domestico. Infatti, nonostante una leggera diminuzione negli ultimi anni, Feltre presenta livelli di polveri sottili (PM10 e PM2.5) piuttosto elevati e concentrazioni di benzopirene preoccupanti. Dichiarato cancerogeno per l'uomo dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), il benzo(a)pirene a Feltre raggiunge valori più che doppi rispetto alle soglie fissate dal D.Lgs. 155/2010 (2,1 ng/m<sup>3</sup> contro 1,0 ng/m<sup>3</sup>) e, di fatto, la città è tra i centri con le maggiori concentrazioni di questo inquinante in Veneto.

Per tale motivo, in linea con i programmi europei, il Comune di Feltre ha deciso di concentrare la propria attenzione su progetti volti a ridurre l'inquinamento atmosferico e le emissioni di gas serra. Attualmente la città è sito pilota di diversi progetti europei, tra cui IDEE.

L'amministrazione vuole far diventare Feltre una città all'avanguardia sui temi della sostenibilità e sostiene la progressiva conversione dell'economia locale in chiave ecologica, basata su buone pratiche partecipative, sull'attenzione alla salute dei cittadini e sulla protezione degli ecosistemi.

Il principale contributo che viene dal progetto IDEE è la valutazione degli stili di vita dei cittadini e delle aziende pubbliche e private in merito all'uso dell'energia, con particolare attenzione ai consumi per il riscaldamento. Per questo motivo, data la mancanza di statistiche dettagliate tra i dati esistenti (vd. Capitolo 2), una prima attività svolta

Energy Web" an, das die Entwicklung und Implementierung gemeinsamer Kenntnisse zur Reduzierung des Energieverbrauchs und die Entwicklung erneuerbarer Energien auf urbaner Ebene zum Thema hatte.

Ein weiterer Grund, weshalb Feltre in das Projekt aufgenommen wurde, ist die Bereitschaft der Kommunalverwaltung, mit neuen Themen vertraut zu werden und eine zukunftsorientierte und umweltfreundliche Politik zu fördern. Zusätzlich dazu sucht die Stadt nach Wegen, die Luftverschmutzungsprobleme in den Griff zu bekommen, vor allem die durch die Heizung von Wohngebäuden bedingte Luftverschmutzung. Denn trotz eines leichten Rückgangs in den letzten Jahren bleiben die Feinstaubbelastung in Feltre (PM10 und PM2,5) und auch die Benzo(a)pyren-Konzentration, die die Hauptsorge der Stadt ist, weiterhin hoch. Benzo(a)pyren wird von der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) als krebserregend eingestuft; in Feltre sind die Benzo(a)pyren-Konzentrationen mehr als doppelt so hoch wie der in Italien nach Legislativdekret 155/2010 vorgeschriebene Grenzwert (2,1 ng/m<sup>3</sup> gegenüber 1,0 ng/m<sup>3</sup>), womit Feltre für diesen Schadstoff einen der schlechtesten Werte im Veneto aufweist.

Aus diesem Grund hat die Kommunalverwaltung von Feltre beschlossen, sich im Einklang mit den EU-Programmen auf die vielen Projekte zu konzentrieren, deren Ziel es ist, die Luftverschmutzung zu verbessern und die Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Heute ist die Stadt für mehrere EU-Projekte Pilotgebiet, und IDEE ist nur eines dieser Projekte. Die Kommunalverwaltung möchte den Weg fortsetzen, den sie als Stadt auf dem neuesten Stand der Technik in Nachhaltigkeitsfragen eingeschlagen hat, und eine schrittweise ökologische Umstellung der lokalen Wirtschaft erreichen, die auf guten partizipativen Verfahren und dem Schwerpunkt Gesundheit der Bevölkerung und Schutz der Ökosysteme basiert.

Der Hauptbeitrag des Projekts IDEE liegt in der Bewertung des Energieverhaltens der Einwohner und des Energieverbrauchs der öffentlichen und privaten Unternehmen mit dem Hauptschwerpunkt auf dem Wärmebedarf. Aus diesem Grund und auch aufgrund des Fehlens detail-

a Feltre è stata un'indagine sulle abitudini di consumo di energia degli abitanti. Le informazioni raccolte sono state utilizzate per l'analisi e la valutazione tecnica ed economica di diverse azioni volte a migliorare l'efficienza energetica e a ridurre le emissioni inquinanti.

Raccolti mediante un apposito modulo (questionario), i dati hanno consentito di fare una prima analisi dei sistemi di riscaldamento più usati dagli abitanti di Feltre. È emerso così che gli impianti più frequenti sono caldaie alimentate a gas, GPL o gasolio da riscaldamento e che molti edifici sono riscaldati a legna, soprattutto le case unifamiliari.

### **Opportunità di recupero del calore a Feltre**

Poiché l'obiettivo di IDEE è quello di modellare misure di efficientamento energetico fondate sullo sviluppo di reti energetiche su scala urbana, a Feltre il framework di progetto è stato impiegato per analizzare la fattibilità di una rete di teleriscaldamento in grado di soddisfare il fabbisogno di riscaldamento di una parte della città e basata sul recupero del calore di scarto di processi ad alta intensità energetica.

La zona considerata - riportata nella Figura 6.1 - è quella intorno all'ospedale di Feltre: è stata scelta per la sua alta densità demografica e per il fatto di prestarsi più facilmente all'installazione di sistemi di teleriscaldamento rispetto al centro storico.

La "ULSS1 Dolomiti", proprietaria e gestore dell'ospedale di Feltre, ci ha permesso di visitare l'impianto per valutare le caratteristiche di efficienza energetica e i possibili benefici derivanti da un utilizzo sinergico dell'impianto.

Riscaldamento e raffrescamento nell'ospedale di Feltre sono gestiti mediante un processo moderno ed efficiente che inizia con la generazione in un'unica centrale termica centralizzata e prosegue con la distribuzione ai diversi edifici ospedalieri attraverso reti di distribuzione interne. L'impianto centralizzato è stato recentemente rinnovato con nuovi elemen-

terti di Statistiken in den bestehenden Datenbeständen (siehe Kapitel 2) wurde in Feltre zunächst eine Umfrage zum Energieverhalten der Einwohner durchgeführt. Die Informationen wurden für die Analyse und technische und wirtschaftliche Auswertung der verschiedenen Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und Reduzierung der Schadstoffemissionen verwendet. Die auf diese Weise erhobenen Daten können für eine erste Analyse der von den Einwohnern von Feltre am meisten verwendeten Heizmethode genutzt werden. Die Daten zeigen, dass die meiste Wärme von Heizkesseln erzeugt wird, die von Gas, Flüssiggas oder Heizöl betrieben werden, während eine große Gebäudeanzahl mit Holz beheizt wird, vor allem freistehende Häuser.

### **Möglichkeit der Abwärmenutzung in Feltre**

Ziel des Projekts IDEE ist die Modellierung von energetischen Verbesserungsmaßnahmen mit Hilfe des Designs urbaner Energiesysteme. Deshalb wird das entwickelte Framework in Feltre angewendet, um die Machbarkeit eines Fernwärmenetzes zu analysieren, das den Heizenergiebedarf eines Teils der Stadt deckt und auf der Nutzung von Abwärme aus energieintensiven Prozessen basiert.

Der in Betracht gezogene Teil der Stadt ist die Umgebung des städtischen Krankenhauses in Feltre. Der Hauptgrund, weshalb dieser Stadtteil ins Projekt einbezogen wurde, ist die hohe Bevölkerungsdichte und eine einfachere Realisierbarkeit von Fernwärmesystemen als in der Altstadt. Das analysierte Gebiet ist in Abbildung 6.1 dargestellt.

Der Sanitätsbetrieb „ULSS1 Dolomiti“ ist der Besitzer und Betreiber des Krankenhauses von Feltre und hat uns die Möglichkeit gegeben, die Anlage zu besichtigen, um das Energieeffizienzpotenzial und mögliche Vorteile einer synergetischen Nutzung der Anlage zu verstehen.

Wärme und Kälte werden im Krankenhaus von Feltre mit einem modernen und effizienten Verfahren in einer einzigen, zentralisierten Heizungsanlage erzeugt; die einzelnen Krankenhausgebäude werden danach über ein internes Leitungsnetz mit Wärme und Kälte versorgt. Die zentralisierte Anlage wurde

## 6.1 Descrizione dei casi studio Beschreibung der Fallstudien



Fig. 6.1. Area di studio a Feltre.

Abb. 6.1. Das untersuchte Gebiet der Fallstudie Feltre.

ti e macchinari moderni. Con la ristrutturazione, la potenza termica complessiva è stata notevolmente incrementata anche inserendo sistemi di standby per migliorare l'affidabilità degli impianti di riscaldamento - elemento critico per gli edifici sanitari. La condivisione di tali sistemi di standby quando non sono in uso, così come ulteriori interventi di riqualificazione degli edifici, potrebbero liberare risorse utili ad alimentare una rete di riscaldamento con il calore proveniente dagli impianti ospedalieri. Per questo motivo, nell'ambito del progetto è stata valutata una possibile espansione della rete a servizio dell'area intorno all'ospedale, partendo direttamente dalla centrale termica ospedaliera.

La potenza termica totale installata presso l'impianto dell'ospedale è stata valutata attraverso una visita tecnica nel luglio 2018 e mediante simulazioni dei sistemi costruttivi, tutt'ora in corso. È stato stimato che in futuro dall'ospedale sarà potenzialmen-

kürzlich modernisiert und mit modernen und neuen Elementen und Geräten ausgestattet. Mit dieser Anlagenmodernisierung wurde die Wärmeleistung insgesamt signifikant gesteigert, auch um die Zuverlässigkeit der für Gesundheitsversorgungseinrichtungen wesentlichen Heizungssysteme zu verbessern, indem Standby-Systeme eingebaut wurden. Auf der anderen Seite könnte eine gemeinsame Nutzung dieser Standby-Systeme, wenn sie nicht gebraucht werden, sowie weitere Maßnahmen zur Gebäuderenovierung einige Ressourcen freisetzen, um ein Heizungsnetz mit Wärme aus den Krankenhaussystemen zu versorgen. Aus diesem Grund wurde die Möglichkeit eines Netzausbaus zur direkt von der Heizungsanlage des Krankenhauses ausgehenden Versorgung der Krankenhausumgebung im Rahmen des Projekts geprüft.

Die installierte Gesamtwärmeleistung der Anlage wurde im Juli 2018 im Rahmen einer technischen Prüfung und mit Hilfe von noch laufenden Gebäudesystemsi-



te disponibile una potenza termica teorica di circa 10000 kW. Allo stato attuale, i vincoli contrattuali impongono che l'energia prodotta presso l'ospedale possa essere utilizzata solo all'interno del perimetro ospedaliero; tuttavia, si è scelto di valutare il suo possibile contributo come fornitore di un ipotetico sistema di teleriscaldamento di Feltre per stabilire se si trattasse di un'opzione economicamente valida all'interno di un sistema integrato.

Sono state analizzate anche le opportunità di recupero del calore di scarto generato dalle industrie ad alta intensità energetica di Feltre. Sono state effettuate visite tecniche alle aziende che hanno accettato di collaborare a questo progetto e sono state raccolte informazioni sui potenziali di calore residuo e sui livelli di temperatura disponibili.

Una di queste aziende è la Wienerberger AG, in particolare lo stabilimento di Villabruna (Feltre, BL). Wienerberger è uno dei principali fornitori internazionali di materiali da costruzione e soluzioni infrastrutturali e nel sito produttivo di Feltre produce laterizi. Si tratta di un processo ad alta intensità energetica: per controllarlo e gestirlo servono elettricità e gas naturale.

Durante l'incontro con i responsabili dell'ufficio tecnico dell'azienda è stata effettuata un'analisi approfondita del processo per accertare la fattibilità del recupero di calore da alcune fasi del processo. Si è constatato che l'azienda opera già con standard di risparmio energetico molto elevati e gli unici flussi termici di scarto non ancora pienamente sfruttati internamente sono a bassa temperatura (35°C) e potrebbero essere utilizzati solo per il teleriscaldamento di quarta generazione, a servizio delle abitazioni con impianti di riscaldamento a bassa temperatura. Al momento tuttavia non è possibile considerare tale tecnologia di teleriscaldamento per gli scenari italiani, poiché, come confermato dall'indagine, pochissime case dispongono di un sistema di riscaldamento a bassa temperatura. Pertanto, si è dovuta scartare l'ipotesi di recuperare calore da questa azienda.

Dopo diverse indagini, è stato individuato un solo

mulazione geprüft. Es wurde geschätzt, dass eine theoretische Wärmeleistung von rund 10000 kW in Zukunft potenziell vom Krankenhaus bereitgestellt werden kann. Derzeit schreiben Vertragsauflagen vor, dass die im Krankenhaus erzeugte Energie nur innerhalb der Krankenhausgrenzen genutzt werden darf; trotzdem wurde beschlossen, diesen möglichen Beitrag als Versorgungsquelle eines hypothetischen Fernwärmesystems in Feltre zu prüfen und zu ermitteln, ob es eine kosteneffiziente Option in einem integrativen System wäre.

In Feltre wurden auch Möglichkeiten der Abwärmenutzung von energieintensiven Industrien untersucht. Dafür wurden Fachbesuche bei Unternehmen durchgeführt, die in die Zusammenarbeit mit dem Projekt IDEE eingewilligt hatten, und Informationen zum verfügbaren Abwärmepotenzial und zu Temperaturniveaus zusammengetragen.

Eines dieser Unternehmen ist die Wienerberger AG mit dem Standort in Villabruna (Feltre, BL). Wienerberger ist ein international führender Anbieter von Baustoff- und Infrastrukturlösungen und produziert Ziegel im Werk in Feltre. Der Produktionsprozess an sich ist sehr energieintensiv und braucht Strom und Erdgas für Prozessantrieb und -steuerung.

Bei der Besprechung mit der technischen Abteilung des Unternehmens wurde eine eingehende Analyse des Prozesses durchgeführt, um die Machbarkeit der Rückgewinnung von Abwärme aus einigen Prozessphasen zu prüfen. Es wurde festgestellt, dass das Unternehmen schon mit sehr hohen Energiesparstandards arbeitet und dass die einzige Abwärme, die noch nicht vollkommen intern genutzt wird, Niedertemperatur-Abwärme (35°C) ist und nur für Fernwärme der vierten Generation genutzt werden und Gebäude mit Niedertemperaturheizsystemen versorgen könnte. Derzeit kann diese Fernwärmetechnologie für italienische Szenarien nicht in Betracht gezogen werden, da, wie durch eine Untersuchung bestätigt wird, nur ein sehr geringer Anteil von Gebäuden Niedertemperaturheizsysteme hat. Folglich konnte die Möglichkeit der Rückgewinnung von Abwärme aus diesem Unternehmen nicht in Betracht gezogen werden.

## 6.1 Descrizione dei casi studio Beschreibung der Fallstudien



*Fig. 6.2. Visita tecnica allo stabilimento Wienerberger AG di Villabruna (Feltre, BL).  
Abb. 6.2. Fachbesuch beim Werk der Wienerberger AG in Villabruna (Feltre, BL).*

candidato per il recupero di calore industriale: un unico stabilimento nella zona soddisfa i requisiti dimensionali per un collegamento economicamente fattibile, mentre altre imprese considerate hanno processi troppo piccoli o discontinui, oppure sono troppo distanti.

Il potenziale sito di recupero del calore si trova nella parte meridionale della città, molto vicino al centro e all'area di interesse. L'azienda opera nel settore metallurgico e ciò garantisce una sufficiente continuità nell'approvvigionamento di calore residuo. Si stima che i flussi termici di recupero disponibili raggiungano i 2000 kW, ad una temperatura di almeno 90 °C.

Nach mehreren Untersuchungen wurde nur ein Industrieunternehmen als guter Kandidat für die Nutzung industrieller Abwärme ausgemacht, da dieses die Mindestgrößenanforderungen für einen wirtschaftlich machbaren Anschluss erfüllt.

Weitere untersuchte Unternehmen haben nämlich entweder zu kleine oder nicht kontinuierliche Produktionsprozesse oder sind zu weit entfernt.

Dieses Unternehmen mit Abwärmenutzungspotenzial liegt im Süden der Stadt in der Nähe des Zentrums und des betreffenden Gebiets. Das Unternehmen ist in der Metallindustrie tätig und stellt eine ausreichende Kontinuität an Abwärmeversorgung sicher; die verfügbare Abwärme wird auf 2000 kW geschätzt, die bei mindestens 90 °C verfügbar ist.

### 6.1.2 Maniago

Le prime notizie storiche della città di Maniago, situata nella parte nord-occidentale del Friuli-Venezia Giulia, risalgono al 12 gennaio 981, data in cui il suo nome compare per la prima volta in un documento ufficiale. Famosa in tutto il mondo per la produzione di coltelli e di ogni tipo di utensili da taglio, la storia dei fabbri maniaghesi inizia nel 1453 quando lungo la roggia, in corrispondenza di adeguati salti di quota, aprirono l'attività vari "battiferri" che, oltre agli attrezzi agricoli, iniziarono a produrre spade e lance per la Repubblica di Venezia.

Oggi Maniago è la capitale del "Distretto delle coltellerie" e per dimensioni è il secondo polo industriale della provincia di Pordenone. Maniago, che conta circa 12.000 abitanti, si contraddistingue per la sua grande piazza centrale, Piazza Italia, su cui si affacciano graziosi edifici storici. Nell'ambito di "IDEE", il progetto INTERREG Italia-Austria dedicato alla promozione di sistemi energetici innovativi ed efficienti nelle aree urbane, Maniago è stata scelta come città pilota per il Friuli-Venezia Giulia.

Maniago, infatti, ha una caratteristica che la rende interessante ai fini del progetto: la presenza di flussi di calore di scarto (principalmente dall'industria metallurgica, ma anche da impianti di digestione anaerobica e cogenerazione) che potrebbero essere riutilizzati e integrati in sistemi energetici urbani con l'ambizioso obiettivo di ridurre gli sprechi e le emissioni inquinanti locali.

Data la vicinanza tra l'area industriale e quella urbana è possibile immaginare per loro un'interdipendenza energetica, con notevoli vantaggi che potrebbero derivare da una diversa politica energetica: transizione verso un'economia a ridotte emissioni di CO<sub>2</sub> per l'intero territorio, migliore qualità dell'aria, maggiore competitività per le industrie locali che potrebbero vendere il calore in eccesso e beneficiare di costi energetici inferiori.

L'amministrazione comunale della città era quindi

### 6.1.2 Maniago

Der Name der im Nordwesten von Friaul Julisch Venetien liegenden Stadt Maniago wurde am 12. Januar 981 zum ersten Mal urkundlich erwähnt. Die Geschichte von Maniagos Schmieden begann 1453. Heute ist Maniago weltweit für die Produktion von Messern und sonstigen Schneidegeräten bekannt. Mehrere Schmieden entstanden an den Höhensprüngen des Bewässerungskanal.

Neben Werkzeugen für die Landwirtschaft begannen die Schmiede auch, Schwerter und Lanzen für die Republik Venedig herzustellen. Heute ist Maniago das Zentrum des Messer-Clusters und das zweitgrößte Industriegebiet in der Provinz Pordenone. Maniago hat rund 12.000 Einwohner und ist für den großen Hauptplatz Piazza Italia mit seinen schönen historischen Gebäuden bekannt. Im Rahmen des Projekts IDÉE des Programms INTERREG Italien-Österreich zur Förderung innovativer und effizienter Energiesysteme in urbanen Gebieten wurde Maniago als Pilotgebiet für Friaul Julisch Venetien ausgewählt.

Denn Maniago hat eine für das Projekt interessante Eigenschaft: das Vorhandensein von Abwärme (vor allem aus der metallverarbeitenden Industrie, aber auch aus anaeroben Vergärungsanlagen und Blockheizkraftwerken), die genutzt und in urbane Energiesysteme integriert werden könnte – mit dem ehrgeizigen Ziel, die Abwärme und die örtlichen Schadstoffemissionen zu reduzieren.

Die Nähe von Industrie- und Stadtgebiet ermöglicht ihre energetische Verflechtung mit bemerkenswerten Vorteilen, die sich potenziell aus einer Wende in der Energiepolitik ergeben: Umstellung auf eine kohlenstoffarme Wirtschaft für das gesamte Gebiet, bessere Luftqualität und mehr Wettbewerbsfähigkeit für lokale Unternehmen, die ihre überschüssige Wärme verkaufen und von niedrigeren Energiepreisen profitieren könnten.

Die Kommunalverwaltung von Maniago war deshalb an der Evaluierung der Machbarkeit eines Fernwärmenetzes interessiert, um Abwärme aus dem



## 6.1 Descrizione dei casi studio Beschreibung der Fallstudien

interessata a valutare la fattibilità di una rete di teleriscaldamento per trasferire il calore residuo dalla zona industriale alla vicina zona residenziale.

Sono state valutate diverse opportunità di recupero del calore di scarto della zona industriale per stabilire in quale misura un sistema di teleriscaldamento possa soddisfare il fabbisogno di riscaldamento di un numero rilevante di cittadini.

Con l'aiuto del NIP, il Consorzio per il Nucleo di Industrializzazione della provincia di Pordenone, sono state contattate diverse aziende ad alta intensità energetica. Tre di loro hanno accettato di aderire al progetto condividendo i dati necessari per l'analisi.

Va rilevato, inoltre, che la società di gestione dei rifiuti Bioman S.p.A. ha promosso un proprio progetto di teleriscaldamento, i cui dati sono disponibili sul sito della Regione Friuli-Venezia Giulia

[http://www.regione.fvg.it/rafvfg/export/sites/default/RAFVG/ambiente-territorio/valutazione-ambientale-autorizzazioni-contributi/FOGLIA3/DITTE/allegati/PN-AIA-93-1\\_SINTESI.pdf](http://www.regione.fvg.it/rafvfg/export/sites/default/RAFVG/ambiente-territorio/valutazione-ambientale-autorizzazioni-contributi/FOGLIA3/DITTE/allegati/PN-AIA-93-1_SINTESI.pdf)

e sono stati utilizzati per alcune valutazioni nell'ambito di IDEE.

Bioman S.p.A. utilizza rifiuti organici provenienti dalla raccolta differenziata, scarti di cucina, prodotti di sfalcio e potature, ramaglie, scarti agro-industriali e altro materiale organico per produrre compost e biogas dal processo di decomposizione organica.

La quantità totale annua di rifiuti organici trattati è di 280.000 tonnellate di cui 80.000 t/anno sono utilizzate per produrre biogas con un processo di digestione anaerobica in uno speciale biodigestore che garantisce condizioni mesofile tra i 35°C e 55°C. Tale processo di conversione dura in media 14-30 giorni e produce biogas che, al termine del processo, viene raccolto, pulito e trasformato in elettricità e calore attraverso quattro cogeneratori a biogas.

Stando ai dati pubblici, si stima che il potenziale complessivo di recupero di calore residuo di Bioman S.p.A. sia di 4000 kW. Per l'azienda questa quantità

Industriegebiet in das benachbarte Wohngebiet der Stadt zu leiten.

Es wurden mehrere Möglichkeiten der Abwärmenutzung im Industriegebiet der Stadt geprüft, um zu bestimmen, ob ein Fernwärmesystem den Heizungsbedarf einer hohen Zahl von Einwohnern decken könnte.

Mit Hilfe des NIP, des Consorzio per il Nucleo di Industrializzazione della provincia di Pordenone, wurde Kontakt zu mehreren energieintensiven Firmen aufgenommen.

Drei dieser Unternehmen willigten ein, am Projekt teilzunehmen und die für die Analyse erforderlichen Daten bereitzustellen.

Außerdem hat das Abfallwirtschaftsunternehmen Bioman S.p.A. sein eigenes Fernwärmeprojekt gefördert: Die einschlägigen Daten sind auf der Website der Region Friaul-Julisch Venetien

abrufbar und wurden für Auswertungen im Rahmen von IDEE genutzt.

Bioman S.p.A. ist ein Kompostunternehmen, das organische Abfälle aus der Abfalltrennung und Küchenabfälle, Grasschnitt, Geäst, Abfälle der Agrarindustrie sowie sonstiges organisches Material verarbeitet, um Kompost und Biogas aus dem organischen Zersetzungsprozess zu erhalten.

Insgesamt werden 280.000 t/Jahr an organischen Abfällen verarbeitet, von denen 80.000 t/Jahr für die Erzeugung von Biogas in einem anaeroben Vergärungsprozess in einer speziellen Biogasanlage verwendet werden, die mesophile Bedingungen zwischen 35°C und 55°C garantiert. Dieser Umwandlungsprozess dauert durchschnittlich 14-30 Tage und erzeugt Biogas, das am Prozessende gespeichert, gereinigt und mit Hilfe von Biogas-Blockheizkraftwerken in Strom und Wärme umgewandelt wird.

Auf der Grundlage öffentlicher Daten wird das Gesamtpotenzial der Abwärmenutzung von Bioman S.p.A.



*Fig. 6.3. Visita tecnica a STM S.R.L.*  
*Abb. 6.3. Fachbesuch bei STM S.R.L.*

di calore rappresenta solo un'eccedenza del processo e attualmente deve essere dissipata: il recupero del calore di scarto aumenterebbe l'efficienza energetica del processo.

Le altre aziende che hanno aderito al progetto sono:

- STM S.R.L.
- SIAP S.p.A.
- C\*Blade S.p.A.

STM S.R.L. opera nel campo dello stampaggio a caldo, ricalcatura ed estrusione di acciai. Produce una vasta gamma di articoli di peso compreso tra 0,5 e 35 kg, utilizzando acciai al carbonio, leghe e acciai speciali per una vasta gamma di applicazioni in campo agricolo, automobilistico, energie rinnovabili, movimento terra, alimentare, tessile ed altro ancora.

auf 4000 kW geschätzt. Diese Wärmemenge ist für das Unternehmen nur ein Prozessabfallprodukt und muss derzeit abgeleitet werden: Die Nutzung der Abwärme würde die Energieeffizienz des Prozesses steigern.

Die anderen Unternehmen, die am Projekt teilnehmen, sind:

- STM S.R.L.
- SIAP S.p.A.
- C\*Blade S.p.A.

STM S.R.L. ist auf Gesenkschmieden, Warmfließpressen und Stauchen von Stahl spezialisiert. Es stellt 0,5 bis 35 kg schwere Teile unter Verwendung von legiertem Stahl, Sonder- und Kohlestahl her, die in Branchen wie Landwirtschaft, Automobilindustrie, umweltfreundliche Energie, Motoren, Erdbewegung, Nahrungsmittel, Textilien und vielen weiteren Industriebranchen eingesetzt werden.

## 6.1 Descrizione dei casi studio Beschreibung der Fallstudien



*Fig. 6.4. Incontro tecnico con l'Energy Management della SIAP S.p.A.*

*Abb. 6.4. Technische Besprechung mit dem Energiemanagement der SIAP S.p.A.*

Come altre industrie siderurgiche, anche questa azienda è energivora e, in particolare, consuma molta energia elettrica per il trattamento termico dei materiali o per il processo di preriscaldamento che avvengono per lo più in forni elettrici a induzione.

Dai colloqui avuti con la dirigenza durante una visita in azienda nel 2018, è emerso che sono stati installati cogeneratori a gas naturale per migliorare l'efficienza e l'autonomia energetica della società. Mentre l'elettricità e parte del calore sono utilizzati nel processo produttivo, una certa quantità del calore in eccesso raccolto dai motori dai gas di scarico vengono al momento dissipati. STM potrebbe quindi diventare un potenziale fornitore del sistema di tele riscaldamento ipotizzato.

Un'altra società che ha aderito al progetto è SIAP S.p.A., specializzata nella produzione di ingranaggi ci-

Wie andere Stahlunternehmen auch zeichnet sich diese Firma durch einen hohen Energiebedarf aus, vor allem von Strom für die Wärmebehandlung und Materialerhitzung, da die meisten dieser Prozesse mit Elektro-Induktionsöfen laufen.

2018 fanden Gespräche mit dem Management statt, und das Unternehmen wurde besucht. Daraus ergab sich, dass das Unternehmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und Optimierung der Autonomie Erdgas-Blockheizkraftwerke installiert hatte. Der Strom und ein Teil der Wärme werden im Produktionsprozess eingesetzt, ein Teil der überschüssigen Wärme wird hingegen von den Blockheizkraftwerken gespeichert, die Abgase werden derzeit abgeleitet. STM könnte folglich ein potenzieller Lieferant für die angedachten Fernwärmesysteme sein.

SIAP S.p.A. ist ein weiteres Unternehmen, das am Projekt teilnimmt. Das Unternehmen ist auf die Her-

lindrici e conici, di coppie coniche, di corone planetarie, alberi, gruppi di trasmissione e riduttori. I prodotti SIAP sono utilizzati in molti settori industriali, dall'automotive, alle attrezzature per l'edilizia e l'agricoltura, senza dimenticare generatori eolici, industria ferroviaria e movimentazione dei materiali.

Durante l'incontro tecnico con il team energia (Energy Management) di SIAP sono stati valutati i seguenti processi:

- Trattamenti termici quali ricottura isoterma, tempera, rinvenimento, cementazione e indurimento, effettuati con forni a gas e forni elettrici a induzione;
- Lavorazioni meccaniche in cui gli ingranaggi vengono ottenuti da barre di acciaio, elementi stampati o semilavorati con macchine utensili sottrattive;
- Area di assemblaggio e laboratorio chimico-metallurgico.

Nel complesso, si tratta di un'azienda ad alta intensità energetica con diverse opportunità di recupero del calore, che potrebbe essere sfruttato per il tele riscaldamento.

C\*Blade S.p.A. costruisce pale per turbine e componenti aerospaziali. La materia prima è l'acciaio, in barre o billette di diverse dimensioni. Le pale sono realizzate mediante un processo di forgiatura che comprende un trattamento termico per garantire la lavorabilità del materiale e l'impiego di stampi di preformatura. Successivamente, le pale vengono riscaldate alla temperatura richiesta e lavorate al maglio.

È facile intuire che questa azienda consumi molta energia, sia in forma di energia elettrica per far funzionare le macchine di produzione, sia in forma di gas naturale, soprattutto per riscaldare i materiali.

Dopo l'incontro tecnico con la direzione di C\*Blade S.p.A., ci si è concentrati soprattutto sul processo di riscaldamento a gas, tenendo presente che il 90% del gas naturale acquistato viene utilizzato per riscaldare i materiali.

Il processo è piuttosto complesso e comprende diversi metodi di trasferimento del calore, il che rende

stellung von zylindrischen und konischen Getrieben, von Kegelradgetrieben, Planetengetrieben, Wellen, Getriebeeinheiten und Getriebegehäusen spezialisiert. Die Produkte werden in vielen Industriebranchen verwendet, von der Automobilindustrie über Ausrüstungen für Baugewerbe und Landwirtschaft bis zu Windkraftgeneratoren, Eisenbahn und Materialtransport.

Bei der technischen Besprechung mit dem Energiemanagement wurden die folgenden Prozesse beobachtet:

- Thermische Behandlungen wie isothermisches Glühen, Abschrecken, Vergütung, Zementierung und Härten, ausgeführt in Gas- und Elektro-Induktionsöfen;
- Maschinenprozesse, bei denen die Getriebe aus Flachstahl und geformten oder halbfertigen Elementen mit subtraktiven Maschinenwerkzeugen hergestellt werden;
- Montagebereich und chemisch-metallurgisches Labor.

Insgesamt ist SIAP ein energieintensives Unternehmen mit verschiedenen Möglichkeiten der Abwärmenutzung, die für Fernwärme untersucht werden könnten.

C\*Blade S.p.A. stellt industrielle Schaufeln für Energieanwendungen her. Das Material ist Stahl in Form von Stäben und Knüppeln in unterschiedlicher Größe. Die Schaufeln werden in einem Schmiedeverfahren hergestellt, bei dem das Material, um bearbeitet werden zu können, thermisch behandelt und mit Vorformwerkzeugen vorgeformt wird. Danach werden die Schaufeln erneut auf die erforderliche Temperatur erhitzt und mit dem Schmiedehammer bearbeitet.

Es ist leicht verständlich, dass dieses Unternehmen ein relevanter Energieverbraucher sowohl von Strom für den Antrieb der Produktionsmaschinen als auch von Erdgas ist, das vor allem für die Materialerhitzung genutzt wird.

Nach der technischen Besprechung mit dem Management von C\*Blade S.p.A. konzentrierte sich unsere Aufmerksamkeit vor allem auf den Heizprozess durch Gasverbrennung - insbesondere in Anbetracht der Tatsache, dass 90 % des eingekauften Erdgases für die Materialerhitzung verwendet werden.



## 6.1 Descrizione dei casi studio Beschreibung der Fallstudien



Fig. 6.5. Incontro tecnico con la direzione di C\*Blade S.p.A.

Abb. 6.5. Technische Besprechung mit dem Management von C\*Blade S.p.A.

difficile stimare la quantità di calore residuo disponibile. Tuttavia, ipotizzando 240 giorni di lavoro continuo e una percentuale di recupero del calore pari all'80%, abbiamo ottenuto una stima della quantità media di calore potenzialmente recuperabile.

In totale, il contributo complessivo delle aziende coinvolte potrebbe corrispondere a quello di Bioman, vale a dire circa 4000 kW.

Der Prozess ist ziemlich komplex und umfasst mehrere Wärmeübertragungsmethoden, was die Schätzung der verfügbaren Abwärme schwierig gestaltet. Dennoch konnte ausgehend von 240 Tagen ununterbrochenen Betriebs und einem hypothetischen Abwärmerückgewinnungsanteil von 80 % ein durchschnittliches Abwärmenutzungspotenzial geschätzt werden.

Insgesamt könnte sich der Beitrag der beteiligten Unternehmen der von Bioman erreichten Menge nähern und rund 4000 kW betragen.

### 6.1.3 Seeham

Il Distretto dei laghi del Salisburghese (Salzburger Seenland) è tra le regioni austriache che fungono da modello per la tutela del clima e la gestione

### 6.1.3 Seeham

Das Salzburger Seenland wurde als Klima- und Energiemodellregion in Österreich ausgewählt: Erklärtes Ziel der Region ist es, die Energieautonomie zu

energetica: il suo obiettivo dichiarato è raggiungere l'autosufficienza energetica senza ricorrere ai combustibili fossili.

In una regione fortemente votata al turismo, questo permette, da un lato, di mantenere e migliorare la qualità di vita, dall'altro, di sostenere le strategie di marketing del territorio. L'attenzione è rivolta principalmente all'attuazione di un pacchetto integrato di misure. Il framework integrato per la valutazione degli impianti energetici elaborato dal progetto IDEE sarà di ausilio alla regione nel suo cammino verso un approvvigionamento energetico sostenibile, basato su analisi validate e scenari di possibili misure e dei loro effetti. Le informazioni obiettive prodotte dal progetto IDEE andranno a vantaggio dei cittadini e dei decisori locali.

Il Salzburger Seenland è particolarmente interessato a condividere esperienze con Feltre e Maniago, i siti pilota italiani coinvolti nel progetto. In particolare, la località salisburghese analizzata è Seeham, una cittadina di 1939 abitanti nel distretto di Salzburg-Umgebung.

A differenza di Maniago e Feltre, che si affidano al gas naturale, Seeham dispone già di un sistema di teleriscaldamento pienamente operativo alimentato da una centrale a biomassa, che serve circa il 40% degli edifici cittadini. Il caso studio di Seeham è molto interessante per capire come riconfigurare il sistema puntando a ridurre gli inquinanti atmosferici e a migliorare la sostenibilità economica intervenendo sulle fonti energetiche e sui vettori e ampliando il sistema esistente.

erreichend und dabei unabhängig von fossilen Energieträgern zu werden.

In einer stark am Tourismus ausgerichteten Region kann damit die Lebensqualität erhalten und sogar noch verbessert und gleichzeitig können Regionalmarketingstrategien unterstützt werden. Der Schwerpunkt liegt hier vor allem auf der Implementierung eines integrierten Bündels an Maßnahmen. Das vom Projekt IDEE entwickelte integrative Framework zur Bewertung von Energiesystemen wird die Region in ihren Bemühungen unterstützen, eine nachhaltige Energieversorgung auf der Grundlage validierter Analysen und Szenarien von möglichen Maßnahmen und deren Folgen zu erreichen. Die vom Projekt IDEE ermittelten objektiven Informationen werden sowohl den Einwohnern als auch den lokalen Entscheidungsträgern zugutekommen.

Das Salzburger Seenland ist besonders daran interessiert, seine Erfahrungen mit den beiden italienischen Pilotgebieten des Projekts, Feltre und Maniago, zu teilen. Seeham ist dabei der in dieser Arbeit analysierte Referenzort. Es ist ein kleiner Ort mit 1939 Einwohnern in der Region Salzburger Seenland im österreichischen Bundesland Salzburg.

Im Unterschied zu Maniago und Feltre, die auf Erdgas angewiesen sind, hat Seeham schon ein voll funktionierendes Fernwärmenetz, das mit einem Biomasse-Heizwerk betrieben wird und rund 40 % der Gebäude im Ort versorgt. Seeham ist sehr interessant, im Rahmen einer Fallstudie Möglichkeiten auszuloten, wie ein System neu konfiguriert werden kann, um durch einen Wechsel der Energieträger und -quellen und durch einen Ausbau des bestehenden Systems eine Reduktion der Luftschadstoffe und eine bessere wirtschaftliche Nachhaltigkeit zu erzielen.

## 6.2 Applicazione del framework di pianificazione ai casi studio Anwendung des Planungsframeworks auf die Fallstudien

### 6.2.1 Definizione degli scenari e implementazione del modello per Feltre

La Figura 6.6 descrive la zona analizzata e il fabbisogno termico degli edifici che sorgono al suo interno. Gli *outlier* - ovvero i valori fuori intervallo rappresentati da costruzioni di grandi dimensioni con un fabbisogno termico particolare e intensivo, come l'ospedale cittadino e un sito industriale vicino alla città - non sono stati considerati come potenziali clienti di un sistema di teleriscaldamento, ma piuttosto come possibili fornitori. Infatti, in molti sistemi di teleriscaldamento, soprattutto in Svezia, le industrie e gli edifici ad alta intensità energetica fungono da fornitori complementari di energia termica. Uno degli obiettivi del progetto IDEE era verificare se anche a Feltre potessero svolgere un ruolo equivalente.

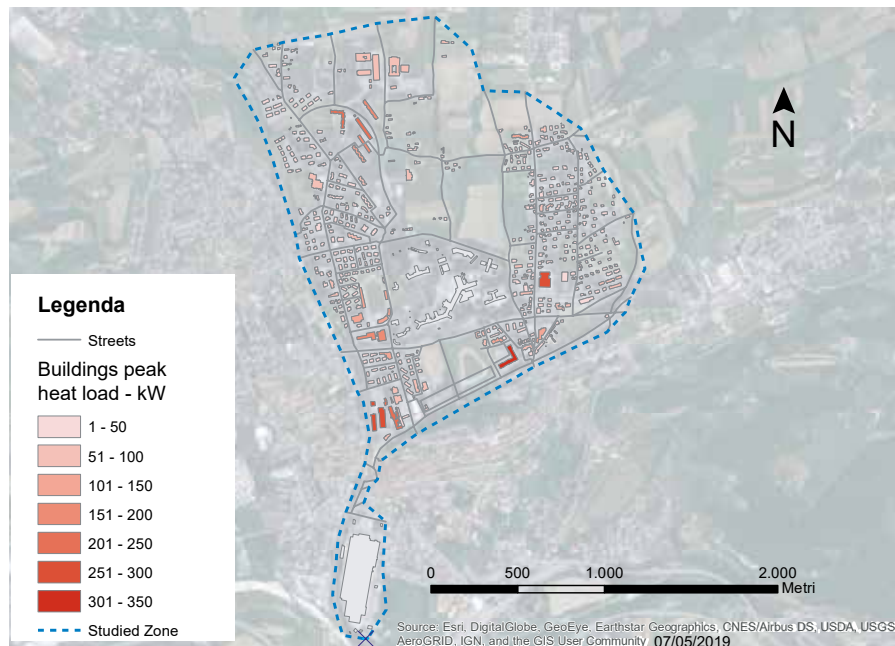
La Figura 6.7 fornisce una rappresentazione grafica delle opzioni tecnologiche considerate per Feltre. In questo schema, l'impianto termico ospedaliero è alimentato da cippato di legno per la caldaia a biomassa e da gas naturale per l'unità di cogenerazione e la caldaia a gas. L'impianto termico produce calore trasportabile (calore per il teleriscaldamento) che, attraverso l'apposita rete,

### 6.2.1 6.2.1. Definition von Szenarien und Modellimplementierung für Feltre

Abbildung 6.6 beschreibt das untersuchte Gebiet und den Wärmebedarf der Gebäude in diesem Gebiet. Ausreißer, d. h. sehr große Gebäude mit einem besonderen und intensiven Energiebedarfsmuster, wie z. B. das städtische Krankenhaus und ein Industrieunternehmen in Stadtnähe, wurden nicht als mögliche Nutzer eines Fernwärmesystems in Betracht gezogen, sondern vielmehr als mögliche Energielieferanten. Denn in vielen Fernwärmesystemen, vor allem in Schweden, spielen Industrieunternehmen und energieintensive Gebäude eine wichtige Rolle als komplementäre Wärmelieferanten, und ein Anwendungsziel des Projekts war es zu testen, ob sie auch in Feltre eine ähnliche zweckdienliche Rolle spielen können.

Abbildung 6.7 ist eine grafische Darstellung der für Feltre untersuchten technologischen Möglichkeiten.

In diesem Schema wird die Heizungsanlage des Krankenhauses mit Holzhackschnitzeln für den Biomassekessel und mit Erdgas für das Blockheizkraftwerk und die Gasanlage betrieben. Die Leistung der Heizungsanlage ist die transportierbare Wärme (Wärme für Fernwärme), die über das Fernwärmenetz an den Rand geleitet



*Fig. 6.6. Domanda di riscaldamento a Feltre in base alla simulazione effettuata.*  
*Abb. 6.6. Auf der durchgeführten Simulation basierende Schätzung des Wärmebedarfs in Feltre.*

viene trasportato fino al confine di area dove la sottostazione di scambio lo converte in calore destinato agli edifici. Gli edifici possono soddisfare il loro fabbisogno termico anche con caldaie domestiche alimentate da fonti energetiche diverse, a tariffe più o meno elevate.

Al pari di molte città italiane, Feltre attualmente non ha un sistema di teleriscaldamento e dipende dal gas naturale per quasi il 90% del suo fabbisogno.

L'analisi condotta per Feltre considera due opzioni tecnologiche per soddisfare la domanda legata al riscaldamento domestico: caldaie domestiche e teleriscaldamento usando le fonti indicate nella Figura 6.7.

Lo scenario di base si ottiene partendo dai risultati del sondaggio (questionario) ed effettuando una stima delle emissioni di CO<sub>2</sub> come riportato nel Capitolo 2. Inoltre, per calcolare una curva di durata cumulativa del calore si utilizzano i profili di carico termico

wird, wo die Tauscher-Unterstation diese in Wärme für die Gebäudeversorgung wandelt. Andererseits können Gebäude ihren Heizwärmebedarf auch über individuelle private Heizkessel decken, die verschiedene Energiequellen und höhere Tarife haben können.

Wie viele italienische Ortschaften hat Feltre derzeit kein Fernwärmenetz und ist zur Deckung von fast 90 % des Wärmebedarfs auf Erdgas angewiesen.

In der aktuellen Untersuchung für Feltre werden zwei Technologie-Optionen in Betracht gezogen, mit denen der Wärmebedarf der Wohnungen gedeckt werden kann: private Heizkessel und Fernwärme unter Berücksichtigung der in Abbildung 6.7 angeführten Wärmequellen.

Das Basisszenario wird unter Berücksichtigung der Fragebogenergebnisse ausgewertet, auch mit Hilfe einer Schätzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, wie in Kapitel 2 beschrieben. Ferner werden die mit dem in Kapitel 3 beschriebenen Ansatz ermittelten Wärmelastprofile zur



## 6.2 Applicazione del framework di pianificazione ai casi studio Anwendung des Planungsframeworks auf die Fallstudien

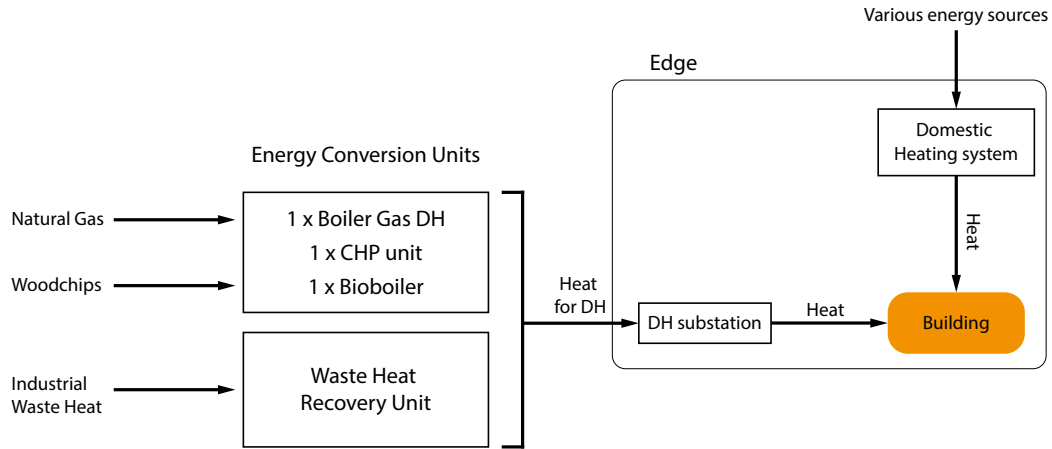


Fig. 6.7. Descrizione degli scenari per Feltre.  
Abb. 6.7. Szenarienbeschreibung für Feltre.

ottenuti con le modalità descritte nel Capitolo 3, in cui si è impostata la temperatura di *cut off* a 13°C e il profilo di carico è suddiviso in 4 sezioni.

Vengono quindi valutati due scenari di follow-up con l'ulteriore vincolo di ridurre le emissioni totali di CO<sub>2</sub> equivalente dell'intero sistema, rispettivamente del 20%, 40% e 60%. In tutti i grafici, nella sezione dei risultati, la riduzione di CO<sub>2</sub> viene mostrata dal punto di vista del vincolo che "consente una certa quantità di CO<sub>2</sub>"; vale a dire che dichiarare una riduzione del 20% equivale a consentire che sia mantenuto l'80% delle emissioni di partenza.

Guardando ai terreni disponibili per la costruzione di nuovi impianti, sono stati identificati potenziali siti nei quali si potrebbero installare nuove centrali a biomassa. Tuttavia, la scelta del layout più conveniente (comprese le combinazioni di impianti a gas naturale esistenti e nuovi impianti di teleriscaldamento) è stata demandata alla procedura di ottimizzazione implementata in RIVUS.

Berechnung einer kumulierten Heizdauerkurve genutzt.

Zwei Follow-up-Szenarien werden somit mit der zusätzlichen Einschränkung der Reduzierung der gesamten CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen aus dem gesamten System um jeweils 20 %, 40 % und 60 % ausgewertet. In der grafischen Darstellung wird die CO<sub>2</sub>-Reduktion im Ergebnisbereich aus der Sicht der Einschränkung gezeigt, die „eine bestimmte CO<sub>2</sub>-Menge erlaubt“, folglich ist eine Reduktion um 20 % gleichbedeutend mit einer Erlaubnis von 80 % der Emissionen der Ausgangssituation.

Auf der Grundlage der für den Bau neuer Anlagen verfügbaren Grundstücke wurden mehrere potenzielle Standorte für neue Biomasse-Kraftwerke definiert, wobei das Design mit den geringsten Kosten (einschließlich von Kombinationen bestehender Erdgas- und neuer Fernwärmesysteme) dem in RIVUS implementierten Optimierungsverfahren überlassen wurde.

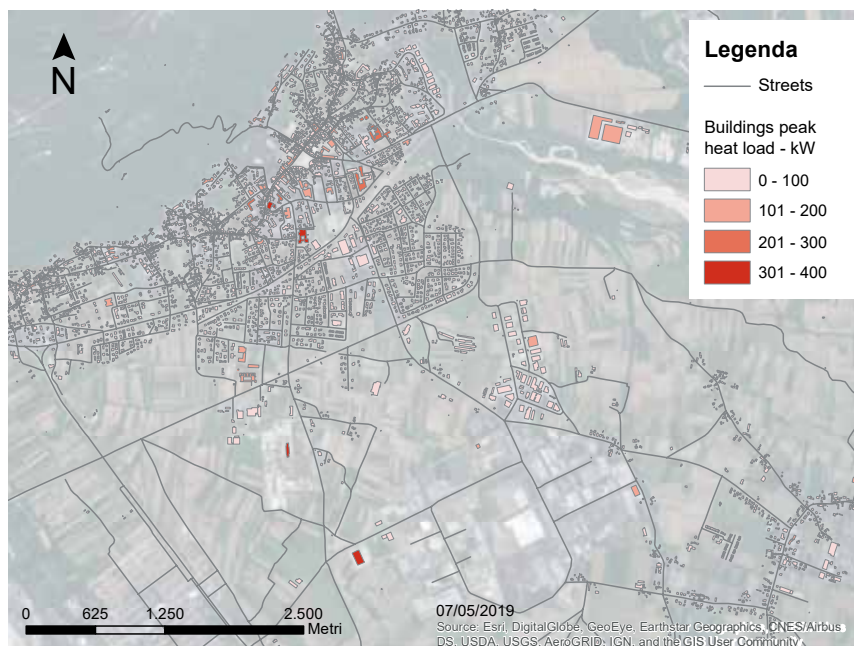


Fig. 6.8. Stima del fabbisogno termico per Maniago.

Abb. 6.8. Auf der durchgeführten Simulation basierende Schätzung des Wärmebedarfs in Maniago.

### 6.2.2 Definizione degli scenari e implementazione del modello per Maniago

La Figura 6.8 mostra la stima del fabbisogno di riscaldamento degli edifici analizzati. Si può notare che l'area è più ampia di quella considerata per Feltre. Va anche osservato che nella mappa in Figura 6.8 sono stati rimossi alcuni edifici: si tratta di capannoni industriali, i quali non sono oggetto di studio, o edifici residenziali al di fuori del comune di Maniago.

Le curve di durata, che descrivono la domanda di energia termica annuale, sono state valutate considerando le informazioni meteorologiche annuali relative alla base militare statunitense di Aviano, che si trova a circa 10 km da Maniago. In questo caso, la temperatura di *cut off* è impostata a 13°C e il profilo di carico è suddiviso in 4 sezioni. Le soglie di temperatura tra un pe-

### 6.2.2. Definition von Szenarien und Modellimplementierung für Maniago

Abbildung 6.8 zeigt die Schätzung des Wärmebedarfs der analysierten Gebäude. Das untersuchte Gebiet ist im Vergleich zu dem in Feltre größer. Man kann sehen, dass unten in der Karte von Abbildung 6.8 einige Gebäude entfernt wurden, da diese Gebäude industrielle Hallen oder Wohngebäude sind, die nicht zum Gemeindegebiet Maniago gehören.

Die Heizdauerkurven, die das jährliche Wärmelastprofil darstellen, wurden unter Berücksichtigung der jährlichen Wetterinformationen des US-amerikanischen Militärstützpunktes in Aviano ausgewertet, der etwa 10 km von Maniago entfernt ist. Auch in diesem Fall wird die Schwelltemperatur auf 13°C eingestellt und das Lastprofil in 4 Bereiche unterteilt. Die Grenztemperaturen zwischen

## 6.2 Applicazione del framework di pianificazione ai casi studio Anwendung des Planungsframeworks auf die Fallstudien

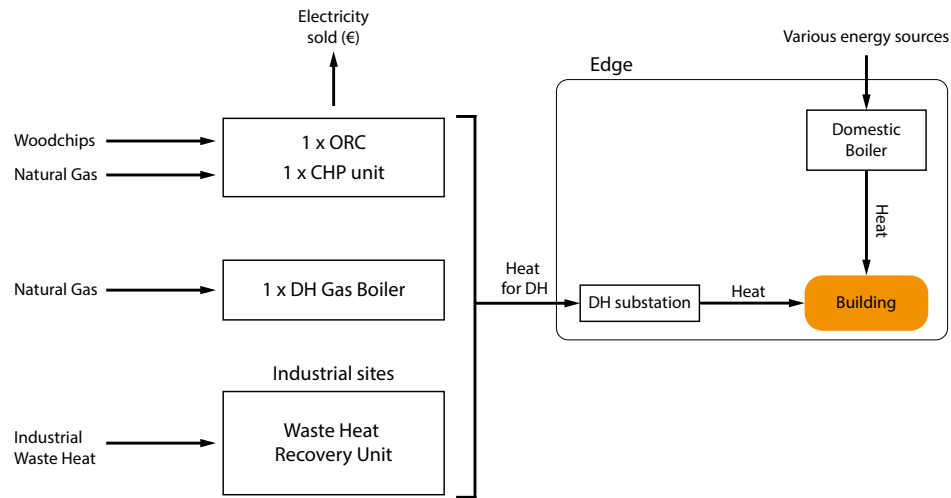


Fig. 6.9. Area di studio a Feltre e domanda di riscaldamento in base alla simulazione effettuata.  
Abb. 6.9. Auf der durchgeführten Simulation basierende Schätzung des Wärmebedarfs in Feltre.

riodo di riscaldamento e l'altro sono le stesse di Feltre.

La Figura 6.9 fornisce una rappresentazione grafica delle opzioni tecnologiche considerate per Maniago. Lo scenario di base è stato definito sulla base dei risultati del sondaggio e facendo una stima delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Vengono quindi valutati due scenari di follow-up con l'ulteriore vincolo di ridurre le emissioni totali di CO<sub>2</sub> equivalente dell'intero sistema rispettivamente del 20%, 40% e 60%, vale a dire consentendo al sistema di emettere l'80%, il 60% e il 40% delle emissioni attuali nei rispettivi scenari. Sulla base dei terreni disponibili per la costruzione di nuovi impianti sono stati identificati i siti nei quali si potrebbero installare le nuove centrali a biomassa. In questo scenario, si considerano anche i vantaggi legati alla produzione di energia elettrica attraverso un impianto ORC (*Organic Rankine Cycle* - Ciclo Rankine Organico) e la cogenerazione.

Ad ogni periodo di riscaldamento sono le stesse di Feltre.

Abbildung 6.9 ist eine grafische Darstellung der für Maniago untersuchten technologischen Möglichkeiten. Das Basisszenario wird unter Berücksichtigung der Umfrageergebnisse ausgewertet, bei dem auch eine Schätzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durchgeführt wird.

Danach werden zwei Follow-up-Szenarien mit der zusätzlichen Einschränkung der Reduzierung der gesamten CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen aus dem gesamten System um jeweils 20 %, 40 % und 60 % ausgewertet, d. h. dem System wird erlaubt, in den jeweiligen Szenarien maximal 80 %, 60 % und 40 % der aktuellen Emissionen auszustößen. Auf der Grundlage der für den Bau neuer Anlagen verfügbaren Grundstücke wurden mehrere potenzielle Standorte für neue Biomasse-Kraftwerke definiert. Die analysierte Konfiguration ist in Abbildung 9 zu sehen. In diesem Szenario werden auch die Vorteile in Verbindung mit der Stromerzeugung durch ORC und des BHKW berücksichtigt.



Fig. 6.10. Stima del fabbisogno termico per Seeham.

Abb. 6.10. Auf der durchgeführten Simulation basierende Schätzung des Wärmebedarfs in Seeham.

### 6.2.3 Definizione degli scenari e implementazione del modello per Seeham

La Figura 6.10 mostra il fabbisogno termico degli edifici stimato per Seeham. L'area considerata è più piccola rispetto a quella degli altri due siti. Data l'assenza di aziende con una quantità significativa di calore recuperabile non è stato preso in considerazione l'uso del calore di scarto industriale.

Dal punto di vista concettuale, lo scenario di base per Seeham rappresenta lo status quo della rete di teleriscaldamento: la quantità di energia fornita da tale rete è stata calcolata in una fase preliminare.

Come per Feltre e Maniago, gli scenari di follow-up prevedono una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente rispetto allo scenario di base in misura del 20%, 40% e 60%. La Figura 6.11 illustra le opzioni analizzate.

### 6.2.2. Definition von Szenarien und Modellimplementierung für Seeham

Abbildung 6.10 zeigt die durchgeführte Schätzung des Wärmebedarfs von Gebäuden in Seeham. Das Untersuchungsgebiet ist im Vergleich zu den anderen Pilotgebieten kleiner. Industrielle Abwärmenutzung wird hier nicht in Betracht gezogen, da keine Unternehmen mit einer signifikanten Menge an nutzbarer Abwärme vor Ort sind.

Das Basisszenario für Seeham zeigt konzeptionell den Status quo des Fernwärmenetzes. In einem Vorbereitungsschritt wurde die Energieversorgung durch das aktuelle Fernwärmenetz für das erste Szenario ausgemacht.

Die Follow-up-Szenarien sind durch eine geringere Menge der emittierten CO<sub>2</sub>-Äquivalente des Basissze-

6.2 Applicazione del framework di pianificazione ai casi studio Anwendung des Planungsframeworks auf die Fallstudien

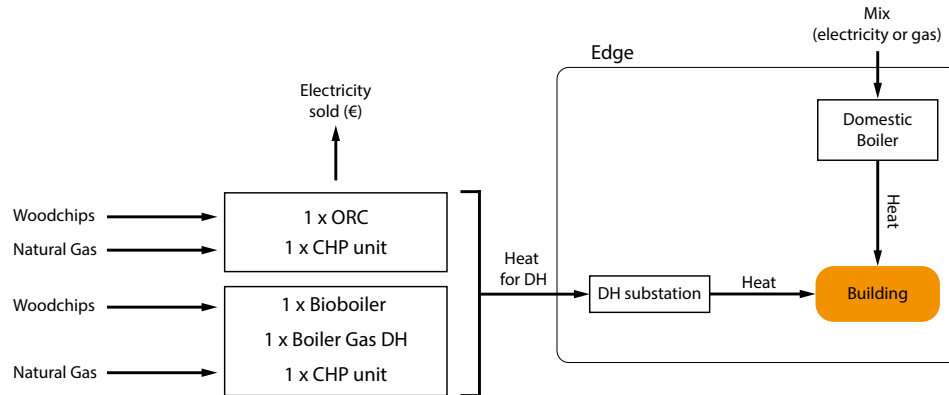


Fig. 6.11. Descrizione degli scenari per Seeham.  
Abb. 6.11. Szenarienbeschreibung für Seeham.

Le curve di durata, che rappresentano la domanda di energia termica annuale, sono state valutate considerando le informazioni meteorologiche annuali fornite dalla stazione meteo dell'aeroporto di Salisburgo, che si trova a circa 25 km da Seeham. Anche in questo caso, la temperatura di *cut off* è impostata a 13°C e il profilo di carico è suddiviso in 4 sezioni. Le temperature soglia tra un periodo di riscaldamento e il successivo sono le stesse di Feltre e Maniago.

narios è limitato. La riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> è limitata. Le fasi di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono come per Feltre e Maniago del 20%, 40% e 60% di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> è stata stabilita. Una rappresentazione delle analizzate possibilità è in Figura 6.11 da vedere.

Le curve di durata sono state valutate tenendo conto delle informazioni meteorologiche annuali della stazione meteorologica dell'aeroporto di Salisburgo, che si trova a circa 25 km da Seeham. Anche in questo caso, la temperatura di *cut off* è impostata a 13°C e il profilo di carico è suddiviso in 4 sezioni. Le temperature soglia tra un periodo di riscaldamento e il successivo sono le stesse di Feltre e Maniago.

## 6.3 I risultati della simulazione

### Die Simulationsergebnisse

#### 6.3.1 Feltre

Vengono ora presentati i risultati delle simulazioni condotte sul caso studio Feltre. Le figure 6.12, 6.13, 6.14 e 6.15 riportano i risultati ottenuti con il modello di ottimizzazione presentato nel Capitolo 4.

La Figura 6.12 evidenzia la rete di teleriscaldamento ottimizzata considerando diversi scenari di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Si può notare che il vincolo sulle emissioni di CO<sub>2</sub> porta ad aumentare le dimensioni della rete, con un maggior numero di utenti che passano dal sistema di riscaldamento tradizionale al teleriscaldamento. Con 80% di emissioni di CO<sub>2</sub> ammesse, è preferibile utilizzare il calore di scarto industriale in aggiunta all'impianto di cogenerazione dell'ospedale.

La Figura 6.13 mostra i vantaggi economico-ambientali nei diversi scenari. Si può notare che l'introduzione del teleriscaldamento porta ad una riduzione del costo di sistema, dimostrando in tal modo che il teleriscaldamento è una soluzione valida dal punto di vista economico, e permette al contempo di ridurre in modo significativo le emissioni di CO<sub>2</sub>: il calo maggiore si osserva nello scenario con soglia 80%.

Ponendo come vincolo un'ulteriore riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> (ad es. 60% e 40%), i costi di sistema aumentano: in particolare, confrontando

#### 6.3.1 Feltre

Die aus mehreren Simulationen zur Fallstudie Feltre erhaltenen Ergebnisse werden hier vorgestellt. Die Abbildungen 6.12, 6.13, 6.14 und 6.15 zeigen die Ergebnisse, die mit dem in Kapitel 4 beschriebenen Optimierungsmodell ermittelt wurden.

Abbildung 6.12 zeigt das optimierte Fernwärmenetz unter Berücksichtigung der verschiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktionsszenarien. Man kann feststellen, dass die CO<sub>2</sub>-Einschränkung dazu führen, dass in einem optimierten System mehr Nutzer über ein ausgebauter Fernwärmesystem versorgt werden und ihre traditionellen Heizsysteme auf Fernwärme umstellen. Mit einem erlaubten Anteil von 80 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist es auch vorzuziehen, sowohl industrielle Abwärme als auch das BHKW des Krankenhauses zu nutzen.

Abbildung 6.13 zeigt die ökologischen und wirtschaftlichen Vorteile anhand der verschiedenen Szenarien. Man kann sehen, dass die Einführung von Fernwärme zu geringeren Systemkosten führt, was betont, dass Fernwärme wirtschaftlich eine günstige Lösung ist und auch eine wesentliche CO<sub>2</sub>-Reduktion ermöglicht, die im 80 %-Szenario sogar noch größer als die durch die Einschränkungen vorgeschriebene Reduzierung ist.

Wenn eine weitere CO<sub>2</sub>-Reduktion vorgeschrieben wird (siehe 60 %- und 40 %-Szenarien), steigen die Systemkosten: Insbesondere wird bei einem Vergleich des



### 6.3 I risultati della simulazione Die Simulationsergebnisse

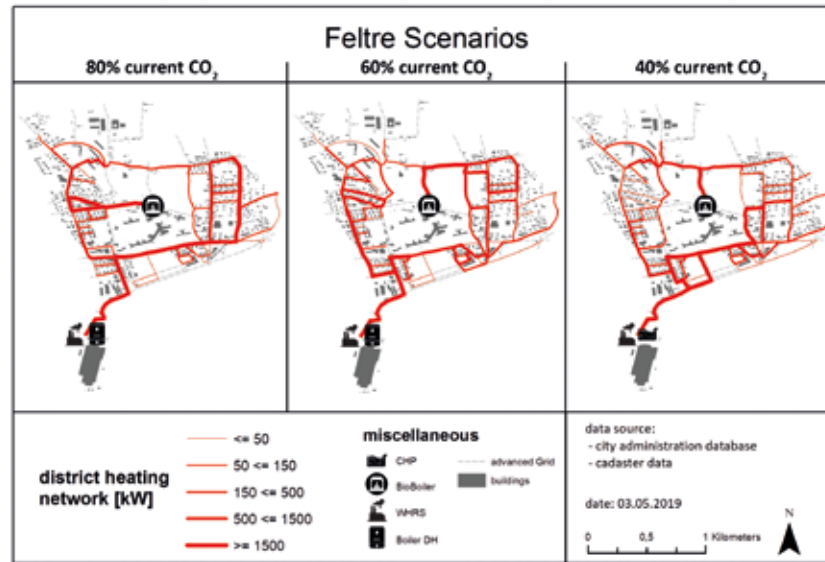


Fig. 6.12. Risultato degli scenari di teleriscaldamento per Feltre.

Abb. 6.12. Ergebnis der Fernwärmeszenarien für Feltre.

lo scenario 80% con lo scenario 40% si nota che la riduzione aggiuntiva fa crescere i costi di sistema di circa 200.000 €. Tuttavia si osserva che anche con vincoli di emissioni di CO<sub>2</sub> più restrittivi, i costi di sistema sono leggermente inferiori rispetto al caso tradizionale.

Nel caso di Feltre, oltre alle emissioni di CO<sub>2</sub>, è importante considerare gli altri inquinanti atmosferici e capire in quale misura l'introduzione di un sistema di teleriscaldamento alimentato dalle fonti energetiche proposte potrebbe aiutare a ridurli. La Figura 6.14 mostra chiaramente una riduzione significativa dei livelli di tutti i principali inquinanti, ad eccezione degli NO<sub>x</sub>, che risultano in crescita. Questa tendenza è legata alle tecnologie utilizzate per fornire calore al sistema: l'80% utilizza prevalentemente la centrale a biomassa e il calore di scarto industriale. Mettendo come vincolo una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> del 60% (40% di emissioni consentite), il sistema prevede il ricorso alla cog-

Szenarios, das 80 % CO<sub>2</sub>-Reduktion erlaubt, mit dem 40 %-Szenario, festgestellt, dass mit der zusätzlichen Reduktionseinschränkung die Systemkosten um rund 200.000 € steigen. Man kann sehen, dass die Systemkosten sogar bei hohen CO<sub>2</sub>-Einschränkungen leicht niedriger als bei der traditionellen Situation sind.

Neben der CO<sub>2</sub>-Reduktion ist es in Feltre wichtig zu verstehen, wie eine Senkung der anderen Luftschadstoffe durch die Einführung eines Fernwärmesystems unter Verwendung der vorgeschlagenen Energiequellen beeinflusst würde. Abbildung 6.14 zeigt eindeutig eine signifikante Reduzierung der Konzentrationen aller wichtigsten Schadstoffe, mit Ausnahme der Stickoxide, die hingegen eine Zunahme verzeichneten. Dieser Trend hängt mit den für die Wärmeversorgung des Systems verwendeten Technologien zusammen, da das 80 %-Szenario überwiegend das Biomasse-Kraftwerk und industrielle Abwärme nutzt. Wenn die CO<sub>2</sub>-Einschränkung die 60 %-Reduktion erreicht (erlaubte Emissionen in Höhe von 40 %), führt das System die Verwendung

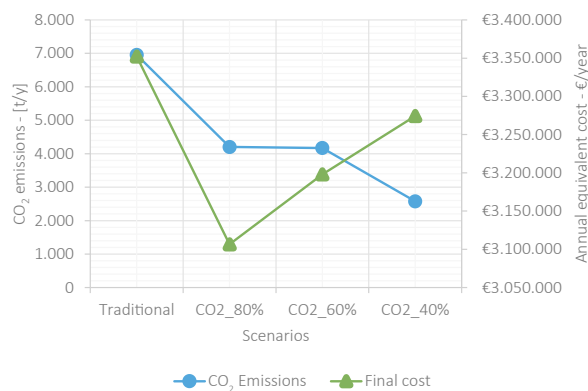


Fig. 6.13. Analisi ambientale-economica degli scenari di Feltre.  
 Abb. 6.13. Ökologisch-wirtschaftliche Analyse für die Szenarien für Feltre.

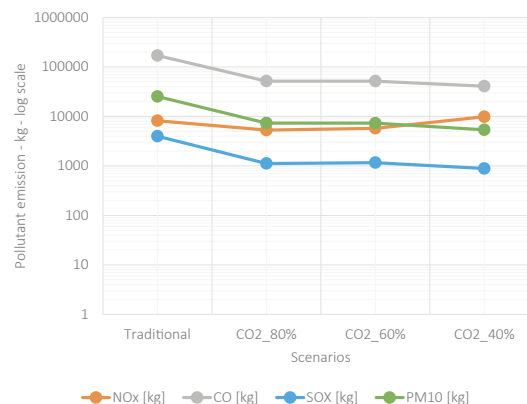


Fig. 6.14. Presenza di inquinanti rispetto al caso tradizionale.  
 Abb. 6.14. Präsenz von Schadstoffen im Vergleich zur traditionellen Situation.

nerazione, che fa aumentare gli NO<sub>x</sub>. D'altro canto, i vincoli sulle emissioni di CO<sub>2</sub> inducono ad abbandonare le fonti di calore tradizionali, con una conseguente riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, di PM10 (per il minor utilizzo di biomassa da parte dei privati cittadini), CO e SO<sub>x</sub>.

La Figura 6.15 mostra la ripartizione dei costi nei diversi scenari considerati. Nel primo, si può notare che a incidere maggiormente è il costo del gas naturale, seguito dai dispositivi utilizzati per la conversione dell'energia e dagli interventi di manutenzione. Con l'introduzione del teleriscaldamento si ha una forte redistribuzione dei costi legati alle materie prime e alla rete. Nello scenario del 40%, si nota un sensibile aumento derivante dal ricorso alla cogenerazione, più costosa rispetto alla centrale a biomassa e all'unità di recupero del calore residuo. Dalla Figura 6.15 si evince anche qual è il fabbisogno termico coperto dal teleriscaldamento (a destra). I prezzi indicati si riferiscono all'unità di energia prodotta e fornita.

von BHKW ein, was zum NO<sub>x</sub>-Anstieg führt. Andererseits zwingt die CO<sub>2</sub>-Einschränkung zu einer Reduzierung der traditionellen Wärmequellen und führt damit zu einer Reduktion der Emissionen von CO<sub>2</sub>, PM10 (vor allem als Folge der Vermeidung der Verwendung von Biomasse durch Privathaushalte), CO und SO<sub>x</sub>.

Abbildung 6.15 zeigt die Analyse der Kostenaufschlüsselung für die betreffenden Szenarien. Im ersten Fall kann man sehen, dass der Erdgaspreis eine größere Rolle spielt, gefolgt von den Geräten, die für die Energieumwandlung und Wartung verwendet werden. Mit der Einführung der Fernwärme werden die Kosten in Verbindung mit den Rohstoffen und dem Netz stark umverteilt. Im 40 %-Szenario wird ein deutlicher Anstieg aufgrund der Einführung des BHKW verzeichnet, das im Vergleich zum Biomasse-Kraftwerk und zur Abwärmerückgewinnungsanlage teurer ist. Aus Abbildung 6.15 ist auch der mit Fernwärme gedeckte Wärmebedarf (rechts) ersichtlich. Die Preisangaben beziehen sich auf die erzeugte und gelieferte Energieeinheit.



## 6.3 I risultati della simulazione Die Simulationsergebnisse

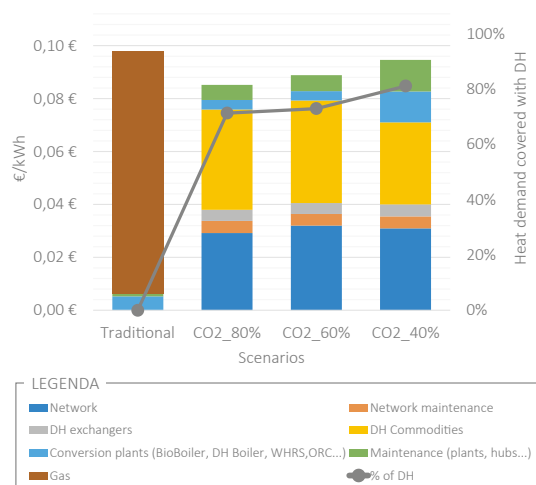


Fig. 6.15. Analisi della ripartizione dei costi, Feltre.  
Abb. 6.15. Analyse der Kostenaufschlüsselung, Feltre.

### 6.3.2 Maniago

Lo scenario è ampio e comprende grosso modo tutto il territorio comunale. La Figura 6.16 mostra la rete di teleriscaldamento ottimizzata mediante RIVUS. Come nel caso precedente, sono riportati tre vincoli per le emissioni. Come prevedibile, un taglio drastico delle emissioni di CO<sub>2</sub> comporta una maggiore estensione della rete e tubazioni più grandi.

Al pari di quanto osservato per Feltre, con l'introduzione del teleriscaldamento si ha una riduzione dei costi di sistema e delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Nella Figura 6.17 si può notare che quando i vincoli riguardanti la CO<sub>2</sub> diventano più restrittivi (scenari 60% e 40%) si ha un aumento dei costi di sistema poiché le tecnologie coinvolte sono più costose. A differenza di Feltre, con il vincolo di riduzione di CO<sub>2</sub> più elevato, il costo di impianto è maggiore rispetto al caso tradizionale.

### 6.3.2 Maniago

Dieses Szenario umfasst annähernd das gesamte Gemeindegebiet. Abbildung 6.16 zeigt das Ergebnis des optimierten Fernwärmenetzes, das mit Hilfe von RIVUS ausgewertet wurde. Wie im vorherigen Fall wurden die drei Emissionseinschränkungen grafisch dargestellt. Wie erwartet, führen hohe CO<sub>2</sub>-Reduktionseinschränkungen zu einer Zunahme der Netz- und Leitungsgröße.

Wie schon für Feltre beobachtet, wird mit der Einführung der Fernwärme eine Senkung der Systemkosten und eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen erhalten. In Abbildung 6.17 kann man sehen, dass mit zunehmender Strenge der CO<sub>2</sub>-Einschränkungen (siehe 60 %- und 40 %-Szenario) die Systemkosten aufgrund der höheren Kosten der beteiligten Technologie steigen. Im Unterschied zu Feltre sind die Systemkosten bei der höchsten ausgewerteten CO<sub>2</sub>-Reduzierungseinschränkung höher als in der traditionellen Situation.

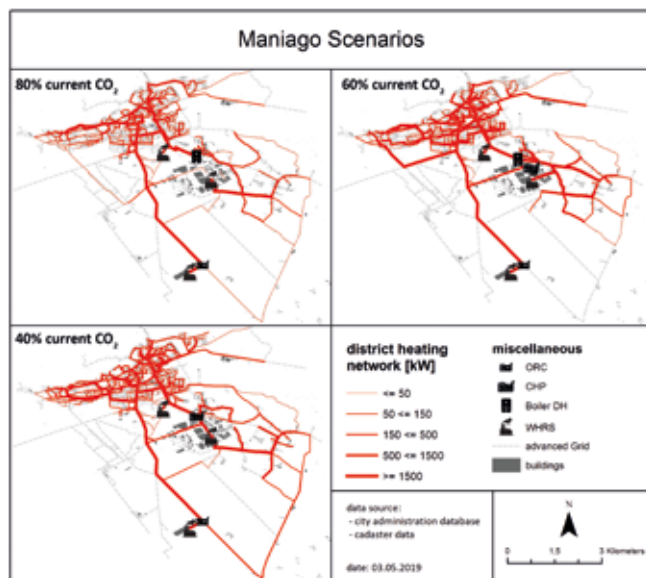


Fig. 6.16. Scenari per Maniago.

Abb. 6.16. Durchgeführte Szenarien für Maniago.

La Figura 6.18 mostra come si riducono gli inquinanti atmosferici con l'introduzione del teleriscaldamento. Come spiegato nel caso di Feltre, gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) crescono a causa dell'elevato consumo di gas naturale indotto dall'introduzione degli impianti di cogenerazione. Nello scenario 80% CO<sub>2</sub>, la fonte più utilizzata è il calore di scarto industriale e per l'energia elettrica si ricorre a un impianto ORC.

Negli scenari 60% e 40% vengono inseriti i cogeneratori: il minor ricorso alle fonti di calore tradizionali porta ad una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> e di PM10 (soprattutto perché si evita l'uso di biomasse nelle abitazioni), CO e SO<sub>x</sub>. Gli NO<sub>x</sub> crescono a causa del maggior numero di impianti di cogenerazione e a gas in funzione.

La ripartizione dei costi per Maniago è illustrata nella figura 6.19. Solo nell'ultimo scenario il costo espresso in €/kWh è maggiore rispetto a Feltre. Gli scenari CO<sub>2</sub> 80% e CO<sub>2</sub> 60% hanno un prezzo per

Abbildung 6.18 zeigt die Reduzierung der Luftschadstoffe in Verbindung mit der Einführung des Fernwärmesystems. Wie schon für Feltre erläutert wurde, nehmen die Stickoxide zu, und zwar bedingt durch den hohen Anteil des Erdgasverbrauchs aufgrund der Einführung von BHKW. Im 80 %-CO<sub>2</sub>-Szenario wird als Hauptquelle industrielle Abwärme genutzt, sowie ORC für die Stromerzeugung.

Nach diesen zwei Optionen haben wir im 60 %- und 40 %-Szenario die Einführung der BHKW. Die Reduzierung der traditionellen Wärmequellen führt zu einer Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, von PM10 (vor allem in Folge der Vermeidung der Nutzung von Biomasse durch private Haushalte), CO und SO<sub>x</sub>. Die NO<sub>x</sub>-Werte sind aufgrund der gesteigerten Nutzung von BHKW und Gasanlagen gestiegen.

Die Kostenaufschlüsselung für Maniago ist in Abbildung 6.19 zu sehen. Die Kosten in €/kWh sind nur im letzten Szenario im Vergleich zu Feltre höher. Die 80 %- und 60 %-Szenarien haben niedrigere Kosten

### 6.3 I risultati della simulazione Die Simulationsergebnisse

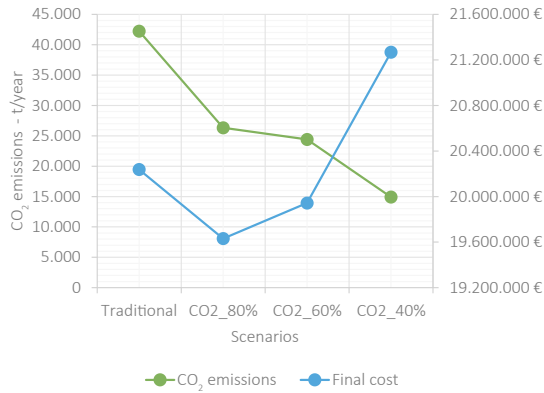


Fig. 6.17. Riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> di Maniago e costi di sistema.  
Abb. 6.17. Maniago – CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktion und Systemkosten.

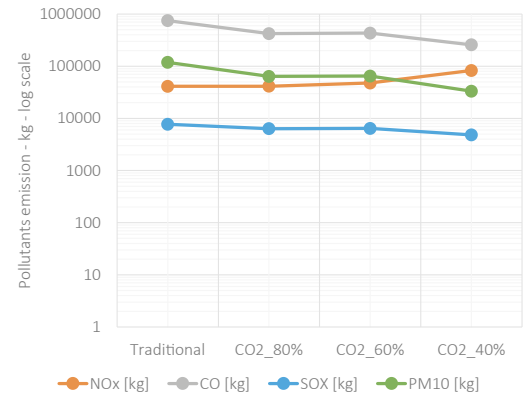


Fig. 6.18. Presenza di inquinanti rispetto al caso tradizionale.  
Abb. 6.18. Präsenz von Schadstoffen im Vergleich zur traditionellen Situation.

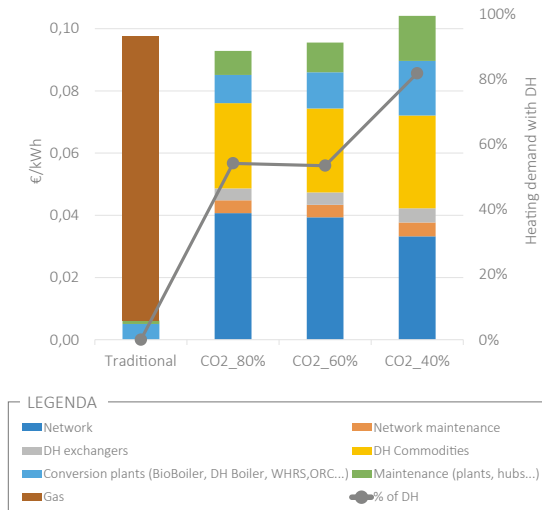


Fig. 6.19. Ripartizione dei costi per Maniago.  
Abb. 6.19. Kostenaufschlüsselung für Maniago.

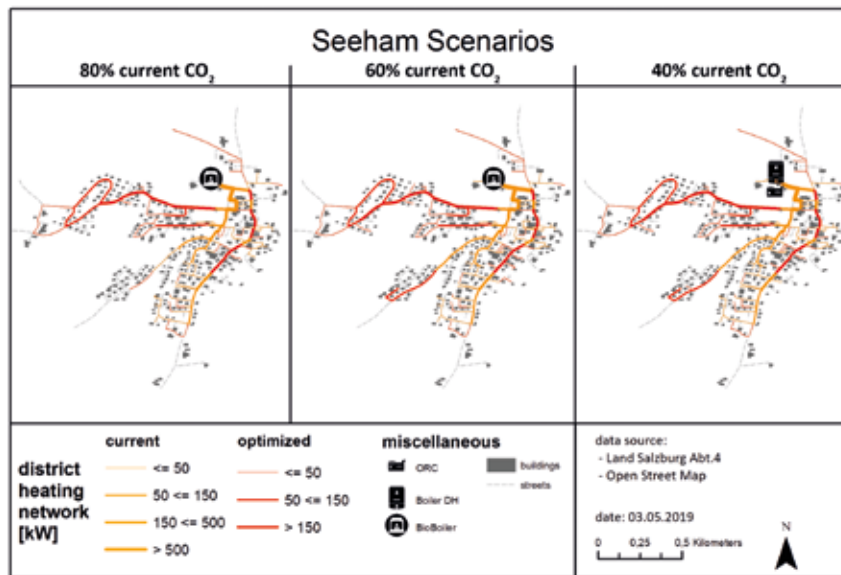


Fig. 6.20. Scenari per Seeham.  
 Abb. 6.20. Szenarien für Seeham.

unità di energia inferiore, evidenziando le economie di scala. Passando da uno scenario al successivo cresce l'influenza delle tecnologie utilizzate per la produzione di calore.

### 6.3.3 Seeham

Tra i siti studiati, Seeham è l'unico con un sistema di teleriscaldamento già esistente e funzionante e anche l'unico in cui non è disponibile alcuna fonte di calore di scarto da recuperare. La rete esistente è rappresentata in giallo nella Figura 6.20, mentre le linee rosse mostrano la rete ottimizzata utilizzando i modelli sviluppati dal progetto.

La Figura 6.21 mostra l'andamento delle emissioni di CO<sub>2</sub> e dei costi di sistema. I costi più bassi si hanno in assenza di vincoli di CO<sub>2</sub>. Con l'introduzione dei vincoli, le emissioni di CO<sub>2</sub> scendono, ma salgono i costi di sistema. Poiché le dimensioni sono molto

pro Energieeinheit, was die Skaleneffekte unterstreicht. Je nach unterschiedlichem Szenario haben die für die Wärmeerzeugung verwendeten Technologien mehr Einfluss.

### 6.3.3 Seeham

Seeham ist der einzige Fall mit einem schonen bestehenden und funktionierenden Fernwärmenetz und der einzige, für den es keine Quelle von nutzbarer Abwärme gibt. Das bestehende Netz ist in Abbildung 6.20 mit gelben Linien dargestellt, die roten Linien zeigen hingegen das mit Hilfe der entwickelten Modelle optimierte Netz.

Abbildung 6.21 zeigt die Trends für CO<sub>2</sub> und die Systemkosten. Ohne CO<sub>2</sub>-Einschränkungen hat das System die geringsten Kosten. Mit der Einführung der Einschränkungen haben wir eine Reduzierung von CO<sub>2</sub>, die zu einem Anstieg der Systemkosten führt. Die

### 6.3 I risultati della simulazione Die Simulationsergebnisse

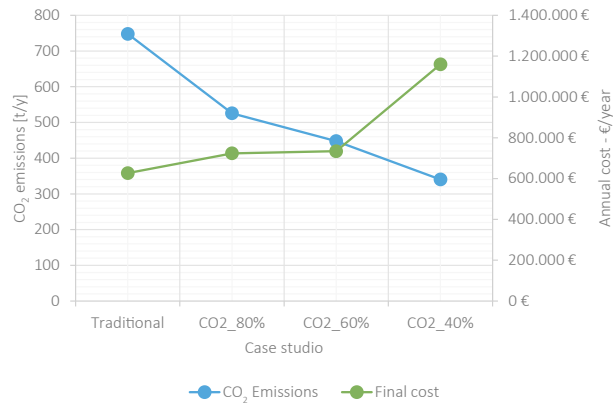


Fig. 6.21. Costi di sistema e riduzione di CO<sub>2</sub> a Seeham.  
Abb. 6.21. Systemkosten und CO<sub>2</sub>-Reduzierung Seeham.

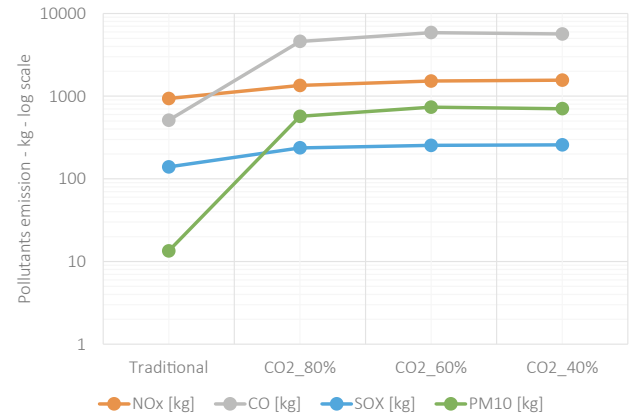


Fig. 6.22. Emissione di inquinanti atmosferici a Seeham.  
Abb. 6.22. Luftschadstoffemissionen für Seeham.

diverse, non è possibile stabilire un confronto con i costi totali di sistema di Maniago.

La Figura 6.22 mostra le emissioni di inquinanti atmosferici per tutti gli scenari descritti. Fino allo scenario CO<sub>2</sub> 40%, si nota un sensibile aumento degli altri inquinanti atmosferici, dovuto soprattutto all'abbondante utilizzo di biomasse. Infatti, rispetto alla situazione iniziale (40% teleriscaldamento, 30% gas naturale e 30% energia elettrica per il riscaldamento), un maggior ricorso alle biomasse fa crescere le emissioni degli altri inquinanti. La riduzione degli inquinanti nello scenario CO<sub>2</sub> 60% si spiega con il minor uso del teleriscaldamento e con l'impiego di un impianto ORC per produrre energia elettrica.

Gesamtkosten des Systems sind aufgrund des großen Größenunterschieds nicht mit Maniago vergleichbar.

Abbildung 6.22 zeigt die Luftschadstoffemissionen für alle beschriebenen Szenarien. Bis zum 40 %-Reduzierungsszenario wird ein deutlicher Anstieg der Schadstoffe erreicht, der vor allem eine Folge der starken Nutzung von Biomasse ist. Denn von der Anfangssituation (40 % Fernwärme, 30 % Erdgas und 30 % Strom für Heizung) führt ein starker Anstieg der Nutzung von Biomasse zu einer Steigerung der Emissionen anderer Schadstoffe. Die im 60 %-Szenario gezeigte Schadstoffreduktion wird durch die geringere Nutzung von Fernwärme und die Stromerzeugung durch ORC erklärt.

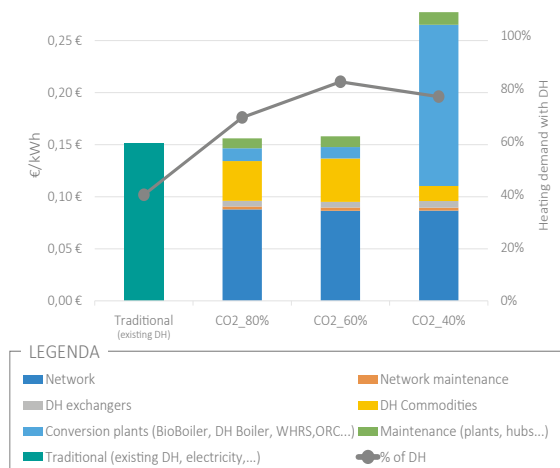


Fig. 6.23. Ripartizione dei costi per Seeham.  
 Abb. 6.23. Kostenaufschlüsselung für Seeham.

La Figura 6.23 mostra la ripartizione dei costi per gli scenari di Seeham. Date le piccole dimensioni della rete, le economie di scala portano ad un aumento dei costi per unità di energia. Si può anche notare che, in questo caso, il vincolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> fa crescere notevolmente i costi, riconducibili in larga misura all'impianto ORC.

Abbildung 6.23 zeigt die Kostenaufschlüsselung für die Szenarien für Seeham. Aufgrund der geringen Größe des Netzes führen die Skaleneffekte zu höheren Kosten pro Energieeinheit. Es kann auch festgestellt werden, dass die Einschränkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu einem signifikanten Kostenanstieg führt, der vor allem mit den Kosten von ORC verbunden ist.

## 6.4 Conclusioni Ausblick

L'analisi condotta su diverse città mostra che il teleriscaldamento è una buona soluzione sia in termini ambientali, per ridurre le emissioni di inquinanti atmosferici, sia in termini economici e la sua fattibilità economica viene meno solo in presenza di vincoli restrittivi riguardanti la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Dal punto di vista economico-ambientale svolgono un ruolo cruciale la fonte energetica e le unità di conversione dell'energia, che incidono sulle emissioni e sui costi di sistema. È stato inoltre dimostrato che il teleriscaldamento abbinato al recupero del calore di scarto industriale è una soluzione vantaggiosa per tutti - per l'ambiente, per le aziende e per i cittadini - poiché è in grado di ridurre i costi di sistema e gli inquinanti atmosferici.

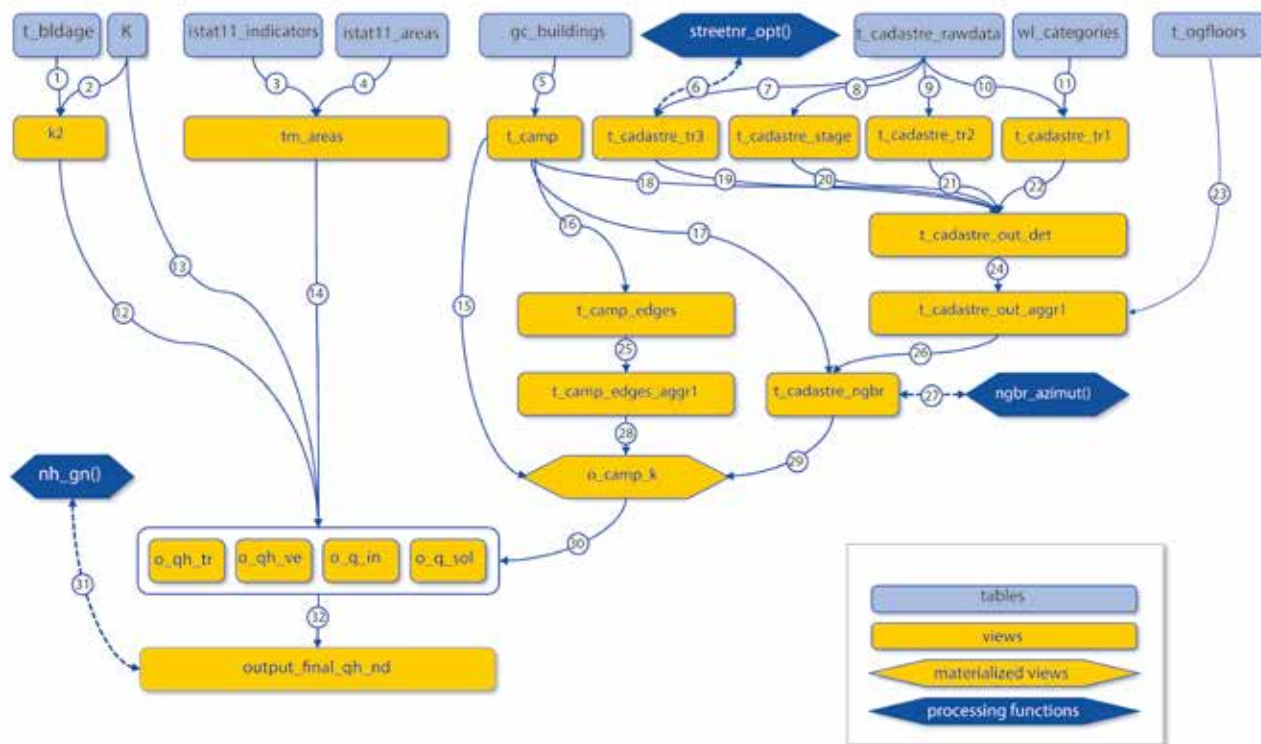
Die in verschiedenen Ortschaften durchgeführte Analyse zeigt, dass Fernwärme eine gute Lösung für die Reduzierung von Schadstoffemissionen in die Luft und auch aus wirtschaftlicher Sicht ist und nur unter restriktiven CO<sub>2</sub>-Reduzierungseinschränkungen wirtschaftlich nicht mehr rentabel ist. Die Energiequelle und die Energieumwandlungseinheiten spielen aus ökologischer und wirtschaftlicher Sicht eine wesentliche Rolle, da sie Emissionen und Systemkosten beeinflussen. Es wurde auch gezeigt, dass Fernwärme in Verbindung mit der Nutzung industrieller Abwärme eine Win-Win-Lösung für die Umwelt, für Unternehmen und für die Bürger ist, da damit die Systemkosten und die Luftverschmutzung reduziert werden können.





## Annex 1 **IDEE Database - SQL definitions**

## GENERAL SCHEME



1. Retrieve individual building age to get heat loss parameter list per building
2. Retrieve parameter list per epoch to get heat loss parameter list per building
3. Retrieve number of buildings per census area from national census data to get census area layer
4. Retrieve census geometric feature to get census area layer
5. Retrieve building raw data to get standard building 2D data subset (only Maniago version)
6. Call function to optimize address code raw data
7. Retrieve parcel street address from cadastral alphanumeric raw data to get address information of each parcel (cadastral row type 3)
8. Retrieve last parcel registered situation from cadastral alphanumeric raw data to get most recent data for each parcel
9. Retrieve building parcel ID from cadastral alphanumeric raw data to get standard ID for each parcel (cadastral row type 2)
10. Retrieve area, number of floors and class from cadastral alphanumeric raw data to get size and classification data for each building (cadastral row type 1)
11. Retrieve appropriate building types from white list to filter in only residential cadastral units (unused at this stage – only for developing purposes)
12. Retrieve heat loss/gain parameter list to compute heat loss/gain amount
13. Retrieve heat loss/gain parameter list per single building (when available) to compute heat loss/gain amount
14. Retrieve census section area to perform spatial join with buildings, get average heat loss/gain parameters and compute heat loss/gain amount
15. Retrieve building 2D data standard subset to get building layer with full related dimensional values
16. Retrieve building 2D data standard subset to get wall baseline and orientation
17. Retrieve building 2D data standard subset to perform self-intersection spatial query and extract adiabatic walls baseline and get layer of adiabatic walls
18. Retrieve building 2D data standard subset to get standard full 2D+elevation building data subset
19. Retrieve address information and add it to standard full 2D+elevation building data subset
20. Retrieve last parcel registered situation to filter cadastral historical data and get standard full 2D+elevation building data subset
21. Retrieve standard ID for each parcel and add it to standard full 2D+elevation building data subset
22. Retrieve size and classification data of buildings add it to standard full 2D+elevation building data subset
23. Retrieve individual building elevation when available to get full 2D+elevation building data subset
24. Retrieve full 2D+elevation building data subset and aggregate it by parcel ID
25. Retrieve wall baseline and orientation dataset and aggregate it by parcel ID
26. Retrieve height of adiabatic surfaces from building data subset and compute wall area in self-intersection spatial query and get layer of adiabatic walls
27. Call function to compute adiabatic surface orientation
28. Retrieve building wall baseline total length per parcel ID to get building layer with full related dimensional values
29. Retrieve adiabatic walls layer to get building layer with full related dimensional values
30. Retrieve building layer with related dimensional values to perform partial calculations of heat loss/gain amount
31. Call function to retrieve  $N_h, g_n$  constant to compute heat loss/gain amount
32. Retrieve heat loss/gain amount partial calculations to get final  $Q_{h,nd}$  value per building

## TABLES

### t\_bldage

```
CREATE TABLE t_bldage
(
    partkey character varying(25) COLLATE pg_catalog."default" NOT
NULL,
    constr_year integer,
    CONSTRAINT pk_bldage PRIMARY KEY (partkey)
)
CIAO
```

### k

```
CREATE TABLE k
(
    epoch text COLLATE pg_catalog."default" NOT NULL,
    qhtr_sg11 double precision,
    qhtr_sg21 double precision,
    qhtr_sg31 double precision,
    qhtr_sr11 double precision,
    qhtr_sr21 double precision,
    qhtr_sr31 double precision,
    qhtr_se11 double precision,
    qhtr_se21 double precision,
    qhtr_se31 double precision,
    qhtr_sn11 double precision,
    qhtr_sn21 double precision,
    qhtr_sn31 double precision,
    qhtr_sw11 double precision,
    qhtr_sw21 double precision,
    qhtr_sw31 double precision,
    qhtr_ss11 double precision,
    qhtr_ss21 double precision,
    qhtr_ss31 double precision,
    qhtr_swe double precision,
    qhtr_swn double precision,
    qhtr_sww double precision,
    qhtr_sws double precision,
    qhve_stf double precision,
    qin_stf double precision,
    qsol_swe double precision,
```

```

    qsol_swn double precision,
    qsol_sww double precision,
    qsol_sws double precision,
    year1 integer,
    year2 integer,
    CONSTRAINT k_pk PRIMARY KEY (epoch)
)

```

## istat\_indicators

```

CREATE TABLE istat11_indicators
(
    id integer NOT NULL DEFAULT nextval('feltre.istat11_indicadori_id_seq'::regclass) ( INCREMENT
1 START 1 MINVALUE 1 MAXVALUE 9223372036854775807 CACHE 1 ),
    codreg integer,
    regione character varying COLLATE pg_catalog."default",
    codpro integer,
    provincia character varying COLLATE pg_catalog."default",
    codcom integer,
    comune character varying COLLATE pg_catalog."default",
    procom integer,
    sez2011 bigint,
    nsez integer,
    ace integer,
    codloc integer,
    codasc integer,
    p1 integer, p2 integer, p3 integer, p4 integer, p5 integer, p6 integer, p7 integer, p8 integer, p9
integer, p10 integer, p11 integer, p12 integer, p13 integer, p14 integer, p15 integer, p16 integer,
p17 integer, p18 integer, p19 integer, p20 integer, p21 integer, p22 integer, p23 integer, p24 in-
teger, p25 integer, p26 integer, p27 integer, p28 integer, p29 integer, p30 integer, p31 integer,
p32 integer, p33 integer, p34 integer, p35 integer, p36 integer, p37 integer, p38 integer, p39 in-
teger, p40 integer, p41 integer, p42 integer, p43 integer, p44 integer, p45 integer, p46 integer,
p47 integer, p48 integer, p49 integer, p50 integer, p51 integer, p52 integer, p53 integer, p54
integer, p55 integer, p56 integer, p57 integer, p58 integer, p59 integer, p60 integer, p61 integer,
p62 integer, p64 integer, p65 integer, p66 integer, p128 integer, p129 integer, p130 integer, p131
integer, p132 integer, p135 integer, p136 integer, p137 integer, p138 integer, p139 integer, p140
integer, st1 integer, st2 integer, st3 integer, st4 integer, st5 integer, st6 integer, st7 integer,
st8 integer, st9 integer, st10 integer, st11 integer, st12 integer, st13 integer, st14 integer, st15
integer, a2 integer, a3 integer, a5 integer, a6 integer, a7 integer, a44 integer, a46 integer, a47
integer, a48 integer, pf1 integer, pf2 integer, pf3 integer, pf4 integer, pf5 integer, pf6 integer,
pf7 integer, pf8 integer, pf9 integer, e1 integer, e2 integer, e3 integer, e4 integer, e5 integer,
e6 character varying COLLATE pg_catalog."default", e7 integer, e8 integer, e9 integer, e10 integer,
e11 integer, e12 integer, e13 integer, e14 integer, e15 integer, e16 integer, e17 integer, e18 in-
teger, e19 integer, e20 integer, e21 integer, e22 integer, e23 integer, e24 integer, e25 integer,
e26 integer, e27 integer, e28 integer, e29 integer, e30 integer, e31 integer,
    CONSTRAINT istat11_indicadori_pkey PRIMARY KEY (id)
)

```

## istat\_areas

```
CREATE TABLE istat11_areas
(
  id integer NOT NULL DEFAULT nextval('feltre.istat11_sezioni_id_seq'::regclass) ( INCREMENT 1
START 1 MINVALUE 1 MAXVALUE 9223372036854775807 CACHE 1 ),
  geom geometry(MultiPolygon,3003),
  cod_reg double precision,
  cod_istat double precision,
  pro_com double precision,
  sez2011 bigint,
  sez double precision,
  cod_stagno double precision,
  cod_fiume double precision,
  cod_lago double precision,
  cod_laguna double precision,
  cod_val_p double precision,
  cod_zona_c double precision,
  cod_is_amm double precision,
  cod_is_lac double precision,
  cod_is_mar double precision,
  cod_area_s double precision,
  cod_mont_d double precision,
  loc2011 double precision,
  cod_loc double precision,
  tipo_loc double precision,
  com_asc double precision,
  cod_asc character varying(50) COLLATE pg_catalog."default",
  ace integer,
  shape_leng double precision,
  shape_area double precision,
  orig_ogc_fid integer,
  CONSTRAINT istat11_sezioni_pkey PRIMARY KEY (id)
)
```

## t\_camp (solo feltre)

```
CREATE TABLE feltre.t_camp
(
  id integer NOT NULL,
  geom geometry(MultiPolygon,3003),
  area double precision,
  perimeter double precision,
  partkey character varying(14) COLLATE pg_catalog."default",
  numprogr integer,
  comune character varying(4) COLLATE pg_catalog."default",
  sezione character varying(1) COLLATE pg_catalog."default",
)
```

```

foglio character varying(4) COLLATE pg_catalog."default",
allegato character varying(1) COLLATE pg_catalog."default",
sviluppo character varying(1) COLLATE pg_catalog."default",
mappale character varying(5) COLLATE pg_catalog."default",
txt_dim double precision,
txt_ang double precision,
txt_x double precision,
txt_y double precision,
p_int_x double precision,
p_int_y double precision,
tmp_partkey character varying COLLATE pg_catalog."default",
tmp_f03 character varying COLLATE pg_catalog."default",
CONSTRAINT t_camp_pkey PRIMARY KEY (id)
)

```

### **gc\_buildings (solo maniago)**

```

CREATE TABLE gc_buildings
(
  cntgeom integer NOT NULL,
  idmappa character varying(20) COLLATE pg_catalog."default",
  idparticella character varying(20) COLLATE pg_catalog."default",
  id character varying(20) COLLATE pg_catalog."default",
  mappale character varying(22) COLLATE pg_catalog."default",
  mappalealice character varying(22) COLLATE pg_catalog."default",
  comune character varying(4) COLLATE pg_catalog."default",
  sezionecensuaria character varying(1) COLLATE pg_catalog."default",
  foglio smallint,
  codicemappa character varying(11) COLLATE pg_catalog."default",
  codparticella character varying(22) COLLATE pg_catalog."default",
  codparticellaf character varying(22) COLLATE pg_catalog."default",
  allegatosviluppo character varying(2) COLLATE pg_catalog."default",
  foglio_mappale character varying(22) COLLATE pg_catalog."default",
  nome character varying(15) COLLATE pg_catalog."default",
  geometry1 geometry,
  CONSTRAINT gc_edificio_pkey PRIMARY KEY (cntgeom)
)

```

### **t\_cadastre\_rawdata**

```

CREATE TABLE t_cadastre_rawdata
(
  f01 text COLLATE pg_catalog."default",
  f02 text COLLATE pg_catalog."default",
  f03 text COLLATE pg_catalog."default",
  f04 text COLLATE pg_catalog."default",
  f05 text COLLATE pg_catalog."default",
  f06 text COLLATE pg_catalog."default",

```

```
f07 text COLLATE pg_catalog."default",
f08 text COLLATE pg_catalog."default",
f09 text COLLATE pg_catalog."default",
f10 text COLLATE pg_catalog."default",
f11 text COLLATE pg_catalog."default",
f12 text COLLATE pg_catalog."default",
f13 text COLLATE pg_catalog."default",
f14 text COLLATE pg_catalog."default",
f15 text COLLATE pg_catalog."default",
f16 text COLLATE pg_catalog."default",
f17 text COLLATE pg_catalog."default",
f18 text COLLATE pg_catalog."default",
f19 text COLLATE pg_catalog."default",
f20 text COLLATE pg_catalog."default",
f21 text COLLATE pg_catalog."default",
f22 text COLLATE pg_catalog."default",
f23 text COLLATE pg_catalog."default",
f24 text COLLATE pg_catalog."default",
f25 text COLLATE pg_catalog."default",
f26 text COLLATE pg_catalog."default",
f27 text COLLATE pg_catalog."default",
f28 text COLLATE pg_catalog."default",
f29 text COLLATE pg_catalog."default",
f30 text COLLATE pg_catalog."default",
f31 text COLLATE pg_catalog."default",
f32 text COLLATE pg_catalog."default",
f33 text COLLATE pg_catalog."default",
f34 text COLLATE pg_catalog."default",
f35 text COLLATE pg_catalog."default",
f36 text COLLATE pg_catalog."default",
f37 text COLLATE pg_catalog."default",
f38 text COLLATE pg_catalog."default",
f39 text COLLATE pg_catalog."default",
f40 text COLLATE pg_catalog."default",
f41 text COLLATE pg_catalog."default",
f42 text COLLATE pg_catalog."default",
f43 text COLLATE pg_catalog."default",
f44 text COLLATE pg_catalog."default",
f45 text COLLATE pg_catalog."default",
f46 text COLLATE pg_catalog."default",
f47 text COLLATE pg_catalog."default",
f48 text COLLATE pg_catalog."default",
f49 text COLLATE pg_catalog."default",
f50 integer NOT NULL,
f51 text COLLATE pg_catalog."default",
CONSTRAINT fk_rd PRIMARY KEY (f50)
)
```



## wl\_categories

```
CREATE TABLE feltre.wl_categories
(
  cat text COLLATE pg_catalog."default" NOT NULL,
  peso double precision,
  coeff_classe double precision,
  coeff_cons double precision,
  cont_sub boolean,
  CONSTRAINT "PK_wl_cat" PRIMARY KEY (cat)
)
```

## VIEWS

### k2

```
SELECT k.epoch, k.qhtr_sg1l, k.qhtr_sg2l, k.qhtr_sg3l, k.qhtr_sr1l, k.qhtr_sr2l, k.qhtr_sr3l, k.
qhtr_se1l, k.qhtr_se2l, k.qhtr_se3l, k.qhtr_sn1l, k.qhtr_sn2l, k.qhtr_sn3l, k.qhtr_sw1l, k.qhtr_
sw2l, k.qhtr_sw3l, k.qhtr_ss1l, k.qhtr_ss2l, k.qhtr_ss3l, k.qhtr_swe, k.qhtr_swn, k.qhtr_sww, k.
qhtr_sws, k.qhve_stf, k.qin_stf, k.qsol_swe, k.qsol_swn, k.qsol_sww, k.qsol_sws, k.year1, k.year2,
b.partkey, b.constr_year
  FROM feltre.k k
  JOIN feltre.t_bldage b ON b.constr_year <= k.year2 AND b.constr_year >= k.year1;
```

### tm\_areas

```
SELECT s.id, s.geom, i.e8 AS e1, i.e9 AS e2, i.e10 + i.e11 AS e3, i.e12 + i.e13 AS e4, i.e14 + i.e15
AS e5, i.e16 AS e6, i.e8 + i.e9 + i.e10 + i.e11 + i.e12 + i.e13 + i.e14 + i.e15 + i.e16 AS etot,
  round(i.e8::double precision * 100::double precision /
    CASE
      WHEN (i.e8 + i.e9 + i.e10 + i.e11 + i.e12 + i.e13 + i.e14 + i.e15 + i.e16) = 0 THEN 1
      ELSE i.e8 + i.e9 + i.e10 + i.e11 + i.e12 + i.e13 + i.e14 + i.e15 + i.e16
    END::double precision) AS e1p,
  round(i.e9::double precision * 100::double precision /
    CASE
      WHEN (i.e8 + i.e9 + i.e10 + i.e11 + i.e12 + i.e13 + i.e14 + i.e15 + i.e16) = 0 THEN 1
      ELSE i.e8 + i.e9 + i.e10 + i.e11 + i.e12 + i.e13 + i.e14 + i.e15 + i.e16
    END::double precision) AS e2p,
  round((i.e10 + i.e11)::double precision * 100::double precision /
    CASE
      WHEN (i.e8 + i.e9 + i.e10 + i.e11 + i.e12 + i.e13 + i.e14 + i.e15 + i.e16) = 0 THEN 1
```

```

        ELSE i.e8 + i.e9 + i.e10 + i.e11 + i.e12 + i.e13 + i.e14 + i.e15 + i.e16
    END::double precision) AS e3p,
round((i.e12 + i.e13)::double precision * 100::double precision /
CASE
    WHEN (i.e8 + i.e9 + i.e10 + i.e11 + i.e12 + i.e13 + i.e14 + i.e15 + i.e16) = 0 THEN 1
    ELSE i.e8 + i.e9 + i.e10 + i.e11 + i.e12 + i.e13 + i.e14 + i.e15 + i.e16
END::double precision) AS e4p,
round((i.e14 + i.e15)::double precision * 100::double precision /
CASE
    WHEN (i.e8 + i.e9 + i.e10 + i.e11 + i.e12 + i.e13 + i.e14 + i.e15 + i.e16) = 0 THEN 1
    ELSE i.e8 + i.e9 + i.e10 + i.e11 + i.e12 + i.e13 + i.e14 + i.e15 + i.e16
END::double precision) AS e5p,
round(i.e16::double precision * 100::double precision /
CASE
    WHEN (i.e8 + i.e9 + i.e10 + i.e11 + i.e12 + i.e13 + i.e14 + i.e15 + i.e16) = 0 THEN 1
    ELSE i.e8 + i.e9 + i.e10 + i.e11 + i.e12 + i.e13 + i.e14 + i.e15 + i.e16
END::double precision) AS e6p,
1918 * i.ep1 / i.eptot + 1932 * i.ep2 / i.eptot + 1958 * i.ep3 / i.eptot + 1980 * i.ep4 / i.eptot +
1998 * i.ep5 / i.eptot + 2006 * i.ep6 / i.eptot AS avg_age,
((1918 * i.ep1 / i.eptot + 1932 * i.ep2 / i.eptot + 1958 * i.ep3 / i.eptot + 1980 * i.ep4 /
i.eptot + 1998 * i.ep5 / i.eptot + 2006 * i.ep6 / i.eptot - 1918)::double precision / (2006 -
1918)::double precision * 5::double precision)::integer AS tmp_ageclass,
CASE
    WHEN (1918 * i.ep1 / i.eptot + 1932 * i.ep2 / i.eptot + 1958 * i.ep3 / i.eptot + 1980
* i.ep4 / i.eptot + 1998 * i.ep5 / i.eptot + 2006 * i.ep6 / i.eptot) < 1919 THEN '1_0018'::text
    WHEN (1918 * i.ep1 / i.eptot + 1932 * i.ep2 / i.eptot + 1958 * i.ep3 / i.eptot + 1980
* i.ep4 / i.eptot + 1998 * i.ep5 / i.eptot + 2006 * i.ep6 / i.eptot) < 1946 THEN '2_1945'::text
    WHEN (1918 * i.ep1 / i.eptot + 1932 * i.ep2 / i.eptot + 1958 * i.ep3 / i.eptot + 1980
* i.ep4 / i.eptot + 1998 * i.ep5 / i.eptot + 2006 * i.ep6 / i.eptot) < 1971 THEN '3_4670'::text
    WHEN (1918 * i.ep1 / i.eptot + 1932 * i.ep2 / i.eptot + 1958 * i.ep3 / i.eptot + 1980
* i.ep4 / i.eptot + 1998 * i.ep5 / i.eptot + 2006 * i.ep6 / i.eptot) < 1991 THEN '4_7190'::text
    WHEN (1918 * i.ep1 / i.eptot + 1932 * i.ep2 / i.eptot + 1958 * i.ep3 / i.eptot + 1980
* i.ep4 / i.eptot + 1998 * i.ep5 / i.eptot + 2006 * i.ep6 / i.eptot) < 2006 THEN '5_9105'::text
    WHEN (1918 * i.ep1 / i.eptot + 1932 * i.ep2 / i.eptot + 1958 * i.ep3 / i.eptot + 1980
* i.ep4 / i.eptot + 1998 * i.ep5 / i.eptot + 2006 * i.ep6 / i.eptot) < 2014 THEN '6_0613'::text
    WHEN (1918 * i.ep1 / i.eptot + 1932 * i.ep2 / i.eptot + 1958 * i.ep3 / i.eptot + 1980
* i.ep4 / i.eptot + 1998 * i.ep5 / i.eptot + 2006 * i.ep6 / i.eptot) > 2013 THEN '7_1400'::text
    ELSE NULL::text
END AS epoch
FROM feltre.istat11_areas s
JOIN (SELECT i_1.id, i_1.codreg, i_1.regione, i_1.codpro, i_1.provincia, i_1.codcom, i_1.
comune, i_1.procom, i_1.sez2011, i_1.nsez, i_1.ace, i_1.codloc, i_1.codasc, i_1.p1, i_1.p2, i_1.
p3, i_1.p4, i_1.p5, i_1.p6, i_1.p7, i_1.p8, i_1.p9, i_1.p10, i_1.p11, i_1.p12, i_1.p13, i_1.p14,
i_1.p15, i_1.p16, i_1.p17, i_1.p18, i_1.p19, i_1.p20, i_1.p21, i_1.p22, i_1.p23, i_1.p24, i_1.p25,
i_1.p26, i_1.p27, i_1.p28, i_1.p29, i_1.p30, i_1.p31, i_1.p32, i_1.p33, i_1.p34, i_1.p35, i_1.p36,
i_1.p37, i_1.p38, i_1.p39, i_1.p40, i_1.p41, i_1.p42, i_1.p43, i_1.p44, i_1.p45, i_1.p46, i_1.p47,
i_1.p48, i_1.p49, i_1.p50, i_1.p51, i_1.p52, i_1.p53, i_1.p54, i_1.p55, i_1.p56, i_1.p57, i_1.p58,
i_1.p59, i_1.p60, i_1.p61, i_1.p62, i_1.p64, i_1.p65, i_1.p66, i_1.p128, i_1.p129, i_1.p130, i_1.

```

```

p131, i_1.p132, i_1.p135, i_1.p136, i_1.p137, i_1.p138, i_1.p139, i_1.p140, i_1.st1, i_1.st2, i_1.
st3, i_1.st4, i_1.st5, i_1.st6, i_1.st7, i_1.st8, i_1.st9, i_1.st10, i_1.st11, i_1.st12, i_1.st13,
i_1.st14, i_1.st15, i_1.a2, i_1.a3, i_1.a5, i_1.a6, i_1.a7, i_1.a44, i_1.a46, i_1.a47, i_1.a48,
i_1.pf1, i_1.pf2, i_1.pf3, i_1.pf4, i_1.pf5, i_1.pf6, i_1.pf7, i_1.pf8, i_1.pf9, i_1.e1, i_1.e2,
i_1.e3, i_1.e4, i_1.e5, i_1.e6, i_1.e7, i_1.e8, i_1.e9, i_1.e10, i_1.e11, i_1.e12, i_1.e13, i_1.
e14, i_1.e15, i_1.e16, i_1.e17, i_1.e18, i_1.e19, i_1.e20, i_1.e21, i_1.e22, i_1.e23, i_1.e24, i_1.
e25, i_1.e26, i_1.e27, i_1.e28, i_1.e29, i_1.e30, i_1.e31, i_1.e8 AS ep1, i_1.e9 AS ep2, i_1.e10
+ i_1.e11 AS ep3, i_1.e12 + i_1.e13 AS ep4, i_1.e14 + i_1.e15 AS ep5, i_1.e16 AS ep6,
CASE
WHEN (i_1.e8 + i_1.e9 + i_1.e10 + i_1.e11 + i_1.e12 + i_1.e13 + i_1.e14 + i_1.
e15 + i_1.e16) = 0 THEN 1
ELSE i_1.e8 + i_1.e9 + i_1.e10 + i_1.e11 + i_1.e12 + i_1.e13 + i_1.e14 + i_1.
e15 + i_1.e16
END AS eptot
FROM feltre.istat11_indicators i_1) i ON s.sez2011 = i.sez2011
ORDER BY (1918 * i.ep1 / i.eptot + 1932 * i.ep2 / i.eptot + 1958 * i.ep3 / i.eptot + 1980 * i.ep4
/ i.eptot + 1998 * i.ep5 / i.eptot + 2006 * i.ep6 / i.eptot);

```

### **t\_camp (solo maniago)**

```

SELECT gc_buildings.cntgeom AS id,
gc_buildings.geometry1 AS geom,
gc_buildings.foglio_mappale AS partkey,
gc_buildings.foglio,
gc_buildings.nome AS mappale
FROM maniago.gc_buildings;

```

### **t\_cadastre\_tr3**

```

SELECT DISTINCT t_cadastre_rawdata.f01 AS codcom,
t_cadastre_rawdata.f02 AS sezione,
t_cadastre_rawdata.f03 AS id_fabb,
t_cadastre_rawdata.f04 AS tipo,
t_cadastre_rawdata.f05::integer AS stadio,
t_cadastre_rawdata.f07 AS toponimo,
t_cadastre_rawdata.f08 AS indirizzo,
t_cadastre_rawdata.f09 AS civico1_raw,
(streetnr_opt(t_cadastre_rawdata.f09)).numero AS civico1,
(streetnr_opt(t_cadastre_rawdata.f09)).esponente AS esp1,
t_cadastre_rawdata.f10 AS civico2_raw,
(streetnr_opt(t_cadastre_rawdata.f10)).numero AS civico2,
(streetnr_opt(t_cadastre_rawdata.f10)).esponente AS esp2,
t_cadastre_rawdata.f11 AS civico3_raw,
(streetnr_opt(t_cadastre_rawdata.f11)).numero AS civico3,
(streetnr_opt(t_cadastre_rawdata.f11)).esponente AS esp3
FROM feltre.t_cadastre_rawdata
WHERE t_cadastre_rawdata.f06 = '3'::text;

```

## t\_cadastre\_tr2

```

SELECT DISTINCT t_cadastre_rawdata.f01 AS codcom,
  t_cadastre_rawdata.f02 AS sezione,
  t_cadastre_rawdata.f03 AS id_fabb,
  t_cadastre_rawdata.f04 AS tipo,
  t_cadastre_rawdata.f05::integer AS stadio,
  t_cadastre_rawdata.f07 AS sez,
  t_cadastre_rawdata.f08::integer AS foglio,
  CASE
    WHEN t_cadastre_rawdata.f09 <= '9'::text THEN t_cadastre_rawdata.f09::integer::text
    ELSE t_cadastre_rawdata.f09
  END AS mappale,
  t_cadastre_rawdata.f10 AS denom,
  t_cadastre_rawdata.f11::integer AS sub,
  t_cadastre_rawdata.f12 AS edificialita,
  (((t_cadastre_rawdata.f01 || repeat(' '::text, 5 - length(t_cadastre_rawdata.f08::inte-
ger::text))) || t_cadastre_rawdata.f08::integer) || repeat(' '::text, 5 - length(
CASE
  WHEN t_cadastre_rawdata.f09 <= '9'::text THEN t_cadastre_rawdata.f09::integer::text
  ELSE t_cadastre_rawdata.f09
END))) ||
CASE
  WHEN t_cadastre_rawdata.f09 <= '9'::text THEN t_cadastre_rawdata.f09::integer::text
  ELSE t_cadastre_rawdata.f09
END AS partkey,
  t_cadastre_rawdata.f51 AS file
FROM feltre.t_cadastre_rawdata
WHERE t_cadastre_rawdata.f06 = '2'::text;

```

## t\_cadastre\_tr3

```

SELECT DISTINCT t_cadastre_rawdata.f01 AS codcom,
  t_cadastre_rawdata.f02 AS sezione,
  t_cadastre_rawdata.f03 AS id_fabb,
  t_cadastre_rawdata.f04 AS tipo,
  t_cadastre_rawdata.f05::integer AS stadio,
  t_cadastre_rawdata.f07 AS toponimo,
  t_cadastre_rawdata.f08 AS indirizzo,
  t_cadastre_rawdata.f09 AS civico1_raw,
  (streetnr_opt(t_cadastre_rawdata.f09)).numero AS civico1,
  (streetnr_opt(t_cadastre_rawdata.f09)).esponente AS esp1,
  t_cadastre_rawdata.f10 AS civico2_raw,
  (streetnr_opt(t_cadastre_rawdata.f10)).numero AS civico2,
  (streetnr_opt(t_cadastre_rawdata.f10)).esponente AS esp2,
  t_cadastre_rawdata.f11 AS civico3_raw,
  (streetnr_opt(t_cadastre_rawdata.f11)).numero AS civico3,

```

```

(streetnr_opt(t_cadastre_rawdata.f11)).esponente AS esp3
FROM feltre.t_cadastre_rawdata
WHERE t_cadastre_rawdata.f06 = '3'::text;

```

## t\_cadastre\_stage

```

SELECT t_cadastre_rawdata.f03 AS id_fabb,
       min (t_cadastre_rawdata.f05)::integer AS stadio0,
       max (t_cadastre_rawdata.f05)::integer AS stadio,
       min (substr(t_cadastre_rawdata.f23, 5, 4)::integer) AS anno0,
       max (substr(t_cadastre_rawdata.f23, 5, 4)::integer) AS annon
FROM feltre.t_cadastre_rawdata
WHERE t_cadastre_rawdata.f06 = '1'::text
GROUP BY t_cadastre_rawdata.f03;

```

## t\_cadastre\_out\_det

```

SELECT DISTINCT s.id_fabb,
       array_to_string(t1.piano1, '-'::text) AS piano1,
       array_to_string(t1.piano2, '-'::text) AS piano2,
       array_to_string(t1.piano3, '-'::text) AS piano3,
       GREATEST(
         CASE
           WHEN replace(t1.piano1[1], 'P'::text, ''::text) ~ '^\\d+$'::text THEN replace(t1.piano1[1], 'P'::text, ''::text)::integer + 1
           ELSE 0
         END,
         CASE
           WHEN replace(t1.piano1[2], 'P'::text, ''::text) ~ '^\\d+$'::text THEN replace(t1.piano1[2], 'P'::text, ''::text)::integer + 1
           ELSE 0
         END,
         CASE
           WHEN replace(replace(t1.piano1[1], 'TERR'::text, 'T'::text), 'P'::text, ''::text) = 'T'::text THEN 1
           ELSE 0
         END,
         CASE
           WHEN replace(replace(t1.piano1[2], 'TERR'::text, 'T'::text), 'P'::text, ''::text) = 'T'::text THEN 1
           ELSE 0
         END,
         CASE
           WHEN replace(t1.piano2[1], 'P'::text, ''::text) ~ '^\\d+$'::text THEN replace(t1.piano2[1], 'P'::text, ''::text)::integer + 1
           ELSE 0
         END,

```

```

CASE
  WHEN replace(t1.piano2[2], 'P'::text, ''::text) ~ '^\\d+$'::text THEN replace(t1.pia-
no2[2], 'P'::text, ''::text)::integer + 1
  ELSE 0
END,
CASE
  WHEN replace(replace(t1.piano2[1], 'TERR'::text, 'T'::text), 'P'::text, ''::text) =
'T'::text THEN 1
  ELSE 0
END,
CASE
  WHEN replace(replace(t1.piano2[2], 'TERR'::text, 'T'::text), 'P'::text, ''::text) =
'T'::text THEN 1
  ELSE 0
END,
CASE
  WHEN replace(t1.piano3[1], 'P'::text, ''::text) ~ '^\\d+$'::text THEN replace(t1.pia-
no3[1], 'P'::text, ''::text)::integer + 1
  ELSE 0
END,
CASE
  WHEN replace(t1.piano3[2], 'P'::text, ''::text) ~ '^\\d+$'::text THEN replace(t1.pia-
no3[2], 'P'::text, ''::text)::integer + 1
  ELSE 0
END,
CASE
  WHEN replace(replace(t1.piano3[1], 'TERR'::text, 'T'::text), 'P'::text, ''::text) =
'T'::text THEN 1
  ELSE 0
END,
CASE
  WHEN replace(replace(t1.piano3[2], 'TERR'::text, 'T'::text), 'P'::text, ''::text) =
'T'::text THEN 1
  ELSE 0
END) AS pianitot,
array_length(string_to_array((COALESCE(replace(array_to_string(t1.piano1, '-'::text),
'SS'::text, 'S'::text), ' '::text) || COALESCE(replace(array_to_string(t1.piano2, '-'::text),
'SS'::text, 'S'::text), ' '::text)) || COALESCE(replace(array_to_string(t1.piano3, '-'::text),
'SS'::text, 'S'::text), ' '::text), 'S'::text), 1) - 1 AS pianiss,
t2.foglio,
t2.mappale,
t2.sub,
t2.codcom,
s.anno0 AS annoprimefficacia,
t2.partkey,
t1.cat,
t1.classe,
t1.consist,

```

```

t1.cat_inwl AS val_cat
FROM feltre.t_cadastre_stage s
JOIN feltre.t_cadastre_tr1 t1 ON t1.id_fabb = s.id_fabb AND t1.stadio = s.stadio
JOIN feltre.t_cadastre_tr2 t2 ON s.id_fabb = t2.id_fabb AND s.stadio = t2.stadio
JOIN feltre.t_cadastre_tr3 t3 ON t3.id_fabb = s.id_fabb AND t3.stadio = s.stadio;

```

## t\_cadastre\_out\_aggr1

```

SELECT COALESCE(t_cadastre_out_det.partkey, t_camp.partkey::text) AS partkey,
sum(
CASE
WHEN wl_categories.cont_sub THEN 1
ELSE 0
END) AS subs,
sum(
CASE
WHEN NOT wl_categories.cont_sub THEN 1
ELSE 0
END) AS subs_n,
count(COALESCE(t_cadastre_out_det.sub, 1)) AS subs_t,
COALESCE(max(ogf.ogfloors), COALESCE(max(t_cadastre_out_det.pianitot), 1)) AS piani_ft,
COALESCE(max(t_cadastre_out_det.pianiss), 0) AS piani_ss,
COALESCE(max(ogf.ogfloors), COALESCE(max(t_cadastre_out_det.pianitot), 1)) + COALESCE(max(t_
cadastre_out_det.pianiss), 0) AS piani_tot,
min(t_cadastre_out_det.annoprimefficacia) AS anno,
sum(
CASE
WHEN "left"(t_cadastre_out_det.cat, 1) = 'C'::text THEN t_cadastre_out_det.consist::in-
teger
ELSE 0
END) AS nr_mqconsist,
sum(t_cadastre_out_det.val_cat) AS val_categorie,
min(t_camp.base_area) AS base_area
FROM ( SELECT t_camp_1.partkey,
sum(st_area(t_camp_1.geom)) AS base_area
FROM feltre.t_camp t_camp_1
GROUP BY t_camp_1.partkey) t_camp
FULL OUTER JOIN feltre.t_cadastre_out_det ON t_camp.partkey::text = t_cadastre_out_det.partkey
LEFT JOIN feltre.wl_categories ON t_cadastre_out_det.cat = wl_categories.cat
LEFT JOIN feltre.t_ogfloors ogf ON ogf.partkey::text = t_camp.partkey::text
WHERE wl_categories.cont_sub = true
GROUP BY (COALESCE(t_cadastre_out_det.partkey, t_camp.partkey::text));

```

## t\_cadastre\_ngbr

```

SELECT f1.id,
       f1.partkey,
       sum(
         CASE
           WHEN ngr_azimut(f1.geom, f2.geom) > 315::double precision OR ngr_azimut(f1.geom,
f2.geom) < 45::double precision THEN st_length(st_geometryn(st_linemerge(st_intersection(f1.geom,
f2.geom)), 1)) *
           CASE
             WHEN COALESCE(c1.piani_ft, 1) < COALESCE(c2.piani_ft, 1) THEN COALESCE(c1.piani_ft, 1)
             ELSE COALESCE(c2.piani_ft, 1)
           END::double precision * 3::double precision
           ELSE 0::double precision
         END) AS mq_adiab_n,
       sum(
         CASE
           WHEN ngr_azimut(f1.geom, f2.geom) > 45::double precision AND ngr_azimut(f1.geom,
f2.geom) < 135::double precision THEN st_length(st_geometryn(st_linemerge(st_intersection(f1.geom,
f2.geom)), 1)) *
           CASE
             WHEN COALESCE(c1.piani_ft, 1) < COALESCE(c2.piani_ft, 1) THEN COALESCE(c1.piani_ft, 1)
             ELSE COALESCE(c2.piani_ft, 1)
           END::double precision * 3::double precision
           ELSE 0::double precision
         END) AS mq_adiab_e,
       sum(
         CASE
           WHEN ngr_azimut(f1.geom, f2.geom) > 135::double precision AND ngr_azimut(f1.geom,
f2.geom) < 225::double precision THEN st_length(st_geometryn(st_linemerge(st_intersection(f1.geom,
f2.geom)), 1)) *
           CASE
             WHEN COALESCE(c1.piani_ft, 1) < COALESCE(c2.piani_ft, 1) THEN COALESCE(c1.piani_ft, 1)
             ELSE COALESCE(c2.piani_ft, 1)
           END::double precision * 3::double precision
           ELSE 0::double precision
         END) AS mq_adiab_s,
       sum(
         CASE
           WHEN ngr_azimut(f1.geom, f2.geom) > 225::double precision AND ngr_azimut(f1.geom,
f2.geom) < 315::double precision THEN st_length(st_geometryn(st_linemerge(st_intersection(f1.geom,
f2.geom)), 1)) *
           CASE
             WHEN COALESCE(c1.piani_ft, 1) < COALESCE(c2.piani_ft, 1) THEN COALESCE(c1.piani_ft, 1)
             ELSE COALESCE(c2.piani_ft, 1)
           END::double precision * 3::double precision
           ELSE 0::double precision

```



```

        END) AS mq_adiab_w
FROM feltre.t_camp f1
    LEFT JOIN feltre.t_camp f2 ON st_intersects(f1.geom, f2.geom)
    LEFT JOIN feltre.t_cadastre_out_aggr1 c1 ON c1.partkey = f1.partkey::text
    LEFT JOIN feltre.t_cadastre_out_aggr1 c2 ON c2.partkey = f2.partkey::text
WHERE f1.id <> f2.id
GROUP BY f1.id, f1.partkey;

```

## t\_camp\_edges

```

SELECT row_number() OVER (ORDER BY ff.id) AS id,
    CASE
        WHEN degrees(st_azimuth(ff.sp, ff.ep) - 1.57079633::double precision) >= 0::double
precision THEN degrees(st_azimuth(ff.sp, ff.ep) - 1.57079633::double precision)
        ELSE 360::double precision + degrees(st_azimuth(ff.sp, ff.ep) - 1.57079633::double
precision)
    END AS az_deg,
    CASE
        WHEN
            CASE
                WHEN degrees(st_azimuth(ff.sp, ff.ep) - 1.57079633::double precision) >= 0::double
precision THEN degrees(st_azimuth(ff.sp, ff.ep) - 1.57079633::double precision)
                ELSE 360::double precision + degrees(st_azimuth(ff.sp, ff.ep) - 1.57079633::double
precision)
            END <= 45::double precision THEN 1
        WHEN
            CASE
                WHEN degrees(st_azimuth(ff.sp, ff.ep) - 1.57079633::double precision) >= 0::double
precision THEN degrees(st_azimuth(ff.sp, ff.ep) - 1.57079633::double precision)
                ELSE 360::double precision + degrees(st_azimuth(ff.sp, ff.ep) - 1.57079633::double
precision)
            END <= 135::double precision THEN 2
        WHEN
            CASE
                WHEN degrees(st_azimuth(ff.sp, ff.ep) - 1.57079633::double precision) >= 0::double
precision THEN degrees(st_azimuth(ff.sp, ff.ep) - 1.57079633::double precision)
                ELSE 360::double precision + degrees(st_azimuth(ff.sp, ff.ep) - 1.57079633::double
precision)
            END <= 225::double precision THEN 3
        WHEN
            CASE
                WHEN degrees(st_azimuth(ff.sp, ff.ep) - 1.57079633::double precision) >= 0::double
precision THEN degrees(st_azimuth(ff.sp, ff.ep) - 1.57079633::double precision)
                ELSE 360::double precision + degrees(st_azimuth(ff.sp, ff.ep) - 1.57079633::double
precision)
            END <= 315::double precision THEN 4
        ELSE 1
    END AS az_sect,

```

```

st_length(ff.st_makeline) AS st_length,
ff.st_makeline AS geom,
ff.id AS bd_id,
ff.partkey
FROM (SELECT t_camp_segment.sp,
            t_camp_segment.ep,
            st_makeline(t_camp_segment.sp, t_camp_segment.ep) AS st_makeline,
            t_camp_segment.id,
            t_camp_segment.partkey
      FROM (SELECT st_pointn(linestrings.geom, generate_series(1, st_npoints(linestrings.
geom) - 1)) AS sp,
            st_pointn(linestrings.geom, generate_series(2, st_npoints(linestrings.geom)))
      AS ep,
            linestrings.id,
            linestrings.partkey
      FROM (SELECT (st_dump(st_boundary(t_camp.geom))).geom AS geom,
            t_camp.id,
            t_camp.partkey
      FROM feltre.t_camp) linestrings) t_camp_segment) ff;

```

## **t\_camp\_edges\_aggr1**

```

SELECT t_camp_edges.partkey,
       sum(
         CASE
           WHEN t_camp_edges.az_sect = 1 THEN t_camp_edges.st_length
           ELSE 0::double precision
         END) AS ls1_n,
       sum(
         CASE
           WHEN t_camp_edges.az_sect = 2 THEN t_camp_edges.st_length
           ELSE 0::double precision
         END) AS ls1_e,
       sum(
         CASE
           WHEN t_camp_edges.az_sect = 3 THEN t_camp_edges.st_length
           ELSE 0::double precision
         END) AS ls1_s,
       sum(
         CASE
           WHEN t_camp_edges.az_sect = 4 THEN t_camp_edges.st_length
           ELSE 0::double precision
         END) AS ls1_w
FROM feltre.t_camp_edges
GROUP BY t_camp_edges.partkey;

```

## o\_camp\_k

```
SELECT f1.id,
       f1.partkey,
       f1.foglio,
       f1.mappale,
       st_force2d(f1.geom) AS geom,
       COALESCE(c1.piani_ft, 1) AS ogf,
       COALESCE(c1.piani_ss, 0) AS ugf,
       COALESCE(c1.piani_tot, 1) AS tf,
       c1.base_area AS ba,
       COALESCE(c1.piani_ft, 1)::double precision * COALESCE(ce.lsl_n, 0)::double precision * 3::double precision AS sa_n,
       COALESCE(c1.piani_ft, 1)::double precision * COALESCE(ce.lsl_e, 0)::double precision * 3::double precision AS sa_e,
       COALESCE(c1.piani_ft, 1)::double precision * COALESCE(ce.lsl_s, 0)::double precision * 3::double precision AS sa_s,
       COALESCE(c1.piani_ft, 1)::double precision * COALESCE(ce.lsl_w, 0)::double precision * 3::double precision AS sa_w,
       COALESCE(cn.mq_adiab_n, 0)::double precision) AS asa_n,
       COALESCE(cn.mq_adiab_e, 0)::double precision) AS asa_e,
       COALESCE(cn.mq_adiab_s, 0)::double precision) AS asa_s,
       COALESCE(cn.mq_adiab_w, 0)::double precision) AS asa_w,
       (COALESCE(c1.piani_ft, 1)::double precision * COALESCE(ce.lsl_n, 0)::double precision) * 3::double precision - COALESCE(cn.mq_adiab_n, 0)::double precision)) * 0.1::double precision AS wa_n,
       (COALESCE(c1.piani_ft, 1)::double precision * COALESCE(ce.lsl_e, 0)::double precision) * 3::double precision - COALESCE(cn.mq_adiab_e, 0)::double precision)) * 0.1::double precision AS wa_e,
       (COALESCE(c1.piani_ft, 1)::double precision * COALESCE(ce.lsl_s, 0)::double precision) * 3::double precision - COALESCE(cn.mq_adiab_s, 0)::double precision)) * 0.1::double precision AS wa_s,
       (COALESCE(c1.piani_ft, 1)::double precision * COALESCE(ce.lsl_w, 0)::double precision) * 3::double precision - COALESCE(cn.mq_adiab_w, 0)::double precision)) * 0.1::double precision AS wa_w,
       (COALESCE(c1.piani_ft, 1)::double precision * COALESCE(ce.lsl_n, 0)::double precision) * 3::double precision - COALESCE(cn.mq_adiab_n, 0)::double precision)) * 0.9::double precision AS lsa_n,
       (COALESCE(c1.piani_ft, 1)::double precision * COALESCE(ce.lsl_e, 0)::double precision) * 3::double precision - COALESCE(cn.mq_adiab_e, 0)::double precision)) * 0.9::double precision AS lsa_e,
       (COALESCE(c1.piani_ft, 1)::double precision * COALESCE(ce.lsl_s, 0)::double precision) * 3::double precision - COALESCE(cn.mq_adiab_s, 0)::double precision)) * 0.9::double precision AS lsa_s,
       (COALESCE(c1.piani_ft, 1)::double precision * COALESCE(ce.lsl_w, 0)::double precision) * 3::double precision - COALESCE(cn.mq_adiab_w, 0)::double precision)) * 0.9::double precision AS lsa_w,
       COALESCE(c1.subs, 0)::bigint) AS subs,
       COALESCE(c1.subs_n, 1)::bigint) AS subs_n,
       COALESCE(c1.subs_t, 1)::bigint) AS subs_t
FROM feltre.t_camp f1
LEFT JOIN feltre.t_cadastre_out_aggr1 c1 ON c1.partkey = f1.partkey::text
LEFT JOIN feltre.t_cadastre_nbr cn ON f1.id = cn.id
LEFT JOIN feltre.t_camp_edges_aggr1 ce ON ce.partkey::text = f1.partkey::text
```

## o\_qh\_tr

```

SELECT o.id,
       o.partkey,
       o.geom::geometry(MultiPolygon,3003) AS geom,
       o.ogf,
       o.ba::bigint AS ba,
       COALESCE(k2.epoch, s.epoch) AS epoch,
       CASE
           WHEN o.ogf < 2 THEN COALESCE(k2.qhtr_sg11, k.qhtr_sg11) * o.ba + COALESCE(k2.qhtr_sr11,
k.qhtr_sr11) * o.ba + COALESCE(k2.qhtr_sn11, k.qhtr_sn11) * o.lsa_n + COALESCE(k2.qhtr_se11, k.
qhtr_se11) * o.lsa_e + COALESCE(k2.qhtr_ss11, k.qhtr_ss11) * o.lsa_s + COALESCE(k2.qhtr_sw11,
k.qhtr_sw11) * o.lsa_w + COALESCE(k2.qhtr_swn, k.qhtr_swn) * o.wa_n + COALESCE(k2.qhtr_swe, k.
qhtr_swe) * o.wa_e + COALESCE(k2.qhtr_sws, k.qhtr_sws) * o.wa_s + COALESCE(k2.qhtr_sww, k.qhtr_sww)
* o.wa_w
           WHEN o.ogf < 3 THEN COALESCE(k2.qhtr_sg21, k.qhtr_sg21) * o.ba + COALESCE(k2.qhtr_sr21,
k.qhtr_sr21) * o.ba + COALESCE(k2.qhtr_sn21, k.qhtr_sn21) * o.lsa_n + COALESCE(k2.qhtr_se21, k.
qhtr_se21) * o.lsa_e + COALESCE(k2.qhtr_ss21, k.qhtr_ss21) * o.lsa_s + COALESCE(k2.qhtr_sw21,
k.qhtr_sw21) * o.lsa_w + COALESCE(k2.qhtr_swn, k.qhtr_swn) * o.wa_n + COALESCE(k2.qhtr_swe, k.
qhtr_swe) * o.wa_e + COALESCE(k2.qhtr_sws, k.qhtr_sws) * o.wa_s + COALESCE(k2.qhtr_sww, k.qhtr_sww)
* o.wa_w
           WHEN o.ogf > 2 THEN COALESCE(k2.qhtr_sg31, k.qhtr_sg31) * o.ba + COALESCE(k2.qhtr_sr31,
k.qhtr_sr31) * o.ba + COALESCE(k2.qhtr_sn31, k.qhtr_sn31) * o.lsa_n + COALESCE(k2.qhtr_se31, k.
qhtr_se31) * o.lsa_e + COALESCE(k2.qhtr_ss31, k.qhtr_ss31) * o.lsa_s + COALESCE(k2.qhtr_sw31,
k.qhtr_sw31) * o.lsa_w + COALESCE(k2.qhtr_swn, k.qhtr_swn) * o.wa_n + COALESCE(k2.qhtr_swe, k.
qhtr_swe) * o.wa_e + COALESCE(k2.qhtr_sws, k.qhtr_sws) * o.wa_s + COALESCE(k2.qhtr_sww, k.qhtr_sww)
* o.wa_w
           ELSE NULL::double precision
       END AS qh_tf,
       CASE
           WHEN o.ogf < 2 THEN COALESCE(k2.qhtr_sg11, k.qhtr_sg11)
           WHEN o.ogf < 3 THEN COALESCE(k2.qhtr_sg21, k.qhtr_sg21)
           WHEN o.ogf > 2 THEN COALESCE(k2.qhtr_sg31, k.qhtr_sg31)
           ELSE NULL::double precision
       END AS qhtr_sg,
       CASE
           WHEN o.ogf < 2 THEN COALESCE(k2.qhtr_sr11, k.qhtr_sr11)
           WHEN o.ogf < 3 THEN COALESCE(k2.qhtr_sr21, k.qhtr_sr11)
           WHEN o.ogf > 2 THEN COALESCE(k2.qhtr_sr31, k.qhtr_sr11)
           ELSE NULL::double precision
       END AS qhtr_sr,
       CASE
           WHEN o.ogf < 2 THEN COALESCE(k2.qhtr_sn11, k.qhtr_sn11)
           WHEN o.ogf < 3 THEN COALESCE(k2.qhtr_sn21, k.qhtr_sn11)
           WHEN o.ogf > 2 THEN COALESCE(k2.qhtr_sn31, k.qhtr_sn11)
           ELSE NULL::double precision
       END AS qhtr_sn,

```

```

CASE
  WHEN o.ogf < 2 THEN COALESCE(k2.qhtr_se11, k.qhtr_se11)
  WHEN o.ogf < 3 THEN COALESCE(k2.qhtr_se21, k.qhtr_se11)
  WHEN o.ogf > 2 THEN COALESCE(k2.qhtr_se31, k.qhtr_se11)
  ELSE NULL::double precision
END AS qhtr_se,
CASE
  WHEN o.ogf < 2 THEN COALESCE(k2.qhtr_ss11, k.qhtr_ss11)
  WHEN o.ogf < 3 THEN COALESCE(k2.qhtr_ss21, k.qhtr_ss11)
  WHEN o.ogf > 2 THEN COALESCE(k2.qhtr_ss31, k.qhtr_ss11)
  ELSE NULL::double precision
END AS qhtr_ss,
CASE
  WHEN o.ogf < 2 THEN COALESCE(k2.qhtr_sw11, k.qhtr_sw11)
  WHEN o.ogf < 3 THEN COALESCE(k2.qhtr_sw21, k.qhtr_sw11)
  WHEN o.ogf > 2 THEN COALESCE(k2.qhtr_sw31, k.qhtr_sw11)
  ELSE NULL::double precision
END AS qhtr_sw,
  o.sa_n, o.sa_e, o.sa_s, o.sa_w, o.asa_n, o.asa_e, o.asa_s, o.asa_w, o.lsa_n, o.lsa_e,
  o.lsa_s, o.lsa_w, o.wa_n, o.wa_e, o.wa_s, o.wa_w
FROM feltre.o_camp_k o
LEFT JOIN feltre.tm_areas s ON st_intersects(st_centroid(o.geom), s.geom)
LEFT JOIN feltre.k ON k.epoch = s.epoch
LEFT JOIN feltre.k2 ON o.partkey::text = k2.partkey::text;

```

## o\_qh\_ve

```

SELECT o.id,
  o.tf,
  o.ba::bigint AS ba,
  COALESCE(k2.epoch, s.epoch) AS epoch,
  COALESCE(k2.qhve_stf, k.qhve_stf) * o.ba * o.tf::double precision AS qh_ve,
  COALESCE(k2.qhve_stf, k.qhve_stf) AS qhve_stf
FROM feltre.o_camp_k o
LEFT JOIN feltre.tm_areas s ON st_intersects(st_centroid(o.geom), s.geom)
LEFT JOIN feltre.k ON k.epoch = s.epoch
LEFT JOIN feltre.k2 ON o.partkey::text = k2.partkey::text;

```

## o\_q\_in

```

SELECT o.id,
  o.ogf,
  o.tf,
  o.ba::bigint AS ba,
  COALESCE(k2.epoch, s.epoch) AS epoch,
  COALESCE(k2.qin_stf, k.qin_stf) * o.ba * o.tf::double precision AS q_in,
  COALESCE(k2.qin_stf, k.qin_stf) AS qin_stf

```

```
FROM feltre.o_camp_k o
LEFT JOIN feltre.tm_areas s ON st_intersects(st_centroid(o.geom), s.geom)
LEFT JOIN feltre.k ON k.epoch = s.epoch
LEFT JOIN feltre.k2 ON o.partkey::text = k2.partkey::text;
```

## o\_q\_sol

```
SELECT o.id,
       o.ogf,
       o.tf,
       o.ba::bigint AS ba,
       COALESCE(k2.epoch, s.epoch) AS epoch,
       CASE
         WHEN o.ba > 0::double precision THEN COALESCE(k2.qsol_swn, k.qsol_swn) * o.wa_n + COA-
LESCE(k2.qsol_swe, k.qsol_swe) * o.wa_e + COALESCE(k2.qsol_sws, k.qsol_sws) * o.wa_s + COALESCE(k2.
qsol_sww, k.qsol_sww) * o.wa_w
         ELSE NULL::double precision
       END AS q_sol,
       o.wa_n,
       o.wa_e,
       o.wa_s,
       o.wa_w
FROM feltre.o_camp_k o
LEFT JOIN feltre.tm_areas s ON st_intersects(st_centroid(o.geom), s.geom)
LEFT JOIN feltre.k ON k.epoch = s.epoch
LEFT JOIN feltre.k2 ON o.partkey::text = k2.partkey::text;
```

## output\_final\_qh\_nd

```
SELECT min(qhtf.id) AS id,
       qhtf.partkey,
       st_union(qhtf.geom) AS geom,
       min(qhtf.ogf) AS ogf,
       min(qhve.tf) AS tf,
       min(qhtf.ba) AS ba,
       min(qhtf.epoch) AS epoch,
       min(qhtf.qh_tf) AS qh_tf,
       min(qhve.qh_ve) AS qh_ve,
       min(q_in.q_in) AS q_in,
       min(q_sol.q_sol) AS q_sol,
       min(qhtf.qh_tf + qhve.qh_ve - nh_gn() * (q_in.q_in + q_sol.q_sol)) AS qh_nd,
       min((qhtf.qh_tf + qhve.qh_ve - nh_gn() * (q_in.q_in + q_sol.q_sol)) * 0.0012::double precision
/ (0.00046 * 4392::numeric)::double precision) AS heat_peak,
       min((qhtf.qh_tf + qhve.qh_ve - nh_gn() * (q_in.q_in + q_sol.q_sol)) * 0.109::double precision
/ (0.0544 * 4392::numeric)::double precision) AS heat_high,
       min((qhtf.qh_tf + qhve.qh_ve - nh_gn() * (q_in.q_in + q_sol.q_sol)) * 0.312::double precision
/ (0.20943 * 4392::numeric)::double precision) AS heat_medium,
```

```

    min((qhtf.qh_tf + qhve.qh_ve - nh_gn() * (q_in.q_in + q_sol.q_sol)) * 0.3555::double precision
/ (0.32077 * 4392::numeric)::double precision) AS heat_low,
    min((qhtf.qh_tf + qhve.qh_ve - nh_gn() * (q_in.q_in + q_sol.q_sol)) * 0.2223::double precision
/ (0.38885 * 4392::numeric)::double precision) AS heat_verylow
FROM feltre.o_qh_tr qhtf
    JOIN feltre.o_qh_ve qhve ON qhtf.id = qhve.id
    JOIN feltre.o_q_in q_in ON qhtf.id = q_in.id
    JOIN feltre.o_q_sol q_sol ON qhtf.id = q_sol.id
GROUP BY qhtf.partkey;

```

## FUNCTIONS

### o\_q\_in()

```

DECLARE
nc public.civico;

BEGIN
nc.esponente = CASE "substring"(replace(replace(raw_nc, '.'::text, '/'::text), ' '::text,
 '/'::text), "position"(replace(
replace(raw_nc, '.'::text, '/'::text), ' '::text, '/'::text) || ' /'::text, '/'::text) + 1, len-
gth(replace(
replace(raw_nc, '.'::text, '/'::text), ' '::text, '/'::text)))
    WHEN ' '::text THEN "substring"(replace(replace(
        replace(raw_nc, '.'::text, '/'::text), ' '::text, '/'::text), 'X'::text, ' '::text), '[a-zA-
Z]+'::text)
    ELSE replace("substring"(replace(replace(raw_nc, '.'::text, '/'::text), ' '::text, '/'::text),
"position"(
    replace(replace(raw_nc, '.'::text, '/'::text), ' '::text, '/'::text) || ' /'::text, '/'::text)
+ 1, length(
    replace(replace(raw_nc, '.'::text, '/'::text), ' '::text, '/'::text))), '/'::text, ' '::text)
END;

nc.numero = "substring"("left"(raw_nc, "position"(replace(
replace(raw_nc, '.'::text, '/'::text), ' '::text, '/'::text) || ' /'::text, '/'::text) - 1), '\
d+'::text)::integer ;

RETURN nc;

END;

```

## o\_q\_sol ngr\_azimut()

```

DECLARE
az double precision;
b_az double precision;
n_az double precision;

BEGIN
b_az = public.st_azimuth(
    public.st_startpoint(
        public.st_shortestLine(public.st_centroid(bldg_geom), public.ST_GeometryN(public.st_line-
merge(public.st_intersection(bldg_geom, ngr_geom),1))), public.st_endpoint(public.ST_Shortest-
stLine(public.st_centroid(bldg_geom), public.ST_GeometryN(public.st_linemerge(public.st_inter-
section(bldg_geom, ngr_geom),1)))) * 57.2958;

n_az = public.st_azimuth(
    public.st_startpoint(public.ST_GeometryN(public.st_linemerge(public.st_intersection(bldg_geom,
ngr_geom),1)),
    public.st_centroid(public.ST_GeometryN(public.st_linemerge(public.st_intersection(bldg_geom,
ngr_geom),1))) * 57.2958;

if n_az < 180 then
    if n_az + 180 > b_az and b_az > n_az then n_az = n_az + 180; end if;
    az = n_az - 90;
else
    if n_az > b_az and b_az > n_az - 180 then n_az = n_az + 180; end if;
    if n_az > 360 then n_az = n_az - 360; end if;
    az = n_az + 90;
end if;

if az < 0 then az = az + 360; end if;
if az > 360 then az = az - 360; end if;

RETURN az;
END;

```

## nh\_gn()

```

begin
    return 0.8;
end;

```







---

Finito di stampare in Luglio 2019 Fertig gedruckt in Juli 2019



22,00 €

ISBN 978-83-32050-04-3



9 788892 050042

