

SOMMARIO

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | Prefazione del Dirigente | 3 |
| 2. | Introduzione | 5 |
| a) | <i>Problematiche energetiche</i> | 5 |
| b) | <i>Tema e descrizione sintetica del progetto</i> | 6 |
| c) | <i>Obiettivi del progetto</i> | 6 |
| d) | <i>Localizzazione geografica e climatica</i> | 7 |
| 3. | Studio dell'edificio scolastico | 9 |
| a) | <i>Descrizione dell'oggetto edilizio; numero e funzione degli spazi che lo compongono, con destinazione d'uso e numero di occupanti.....</i> | 9 |
| b) | <i>Analisi del costruito e raccolta dati: disegni dei pacchetti costruttivi dei componenti edilizi, materiali e isolamenti, fonti energetiche utilizzate, dimensionamento e tipologia degli impianti</i> | 10 |
| 4. | Campagna di monitoraggio..... | 17 |
| a) | <i>Pianificazione della campagna di monitoraggio</i> | 17 |
| b) | <i>Scelta e installazione dei sensori fissi</i> | 18 |
| c) | <i>Tempistica del progetto.....</i> | 23 |
| d) | <i>Installazione strumentazione mobile.....</i> | 24 |
| e) | <i>Benessere indoor.....</i> | 25 |
| f) | <i>Monitoraggio acustico</i> | 31 |
| g) | <i>Stazione meteo (condizioni climatiche riferite al paese di Tione)</i> | 35 |
| 5. | Analisi dei dati e dei consumi..... | 43 |
| a) | <i>Identificazione dei problemi relativi alla prestazione energetica dell'involucro edilizio.....</i> | 43 |
| b) | <i>Individuazione inefficienza impiantistica.....</i> | 44 |
| c) | <i>Analisi dei dati raccolti relativi ai consumi e costi relativi (tipo di contratti e bollette).....</i> | 45 |
| | <i>Energia elettrica</i> | 45 |
| | <i>Gasolio</i> | 47 |
| | <i>Acqua Potabile</i> | 47 |
| d) | <i>Valutazione incidenza carico elettrico.....</i> | 48 |
| e) | <i>Valutazione incidenza energia termica.....</i> | 54 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 6. | Attività didattica | 59 |
| a) | <i>Sensibilizzazione alle problematiche energetiche (settimana UNESCO – Energy Manager)</i> | <i>59</i> |
| | Settimana dell'educazione all'energia sostenibile | 59 |
| | Energy Manager | 60 |
| b) | <i>Convegni e fiere.....</i> | <i>61</i> |
| | Convegno Tione: Energia oggi e domani (28 aprile 2006) | 61 |
| | Solarexpo (Verona) | 62 |
| | Klima haus (Bolzano) | 63 |
| c) | <i>Corso di aggiornamento insegnanti.....</i> | <i>64</i> |
| d) | <i>Ricerche degli studenti (indice).....</i> | <i>65</i> |
| 7. | Soluzioni e proposte di interventi | 67 |
| a) | <i>Proposte di miglioramento del comfort ambientale.....</i> | <i>67</i> |
| b) | <i>Proposte di miglioramento dell'efficienza energetica della palestra</i> | <i>69</i> |
| c) | <i>Strategie per il risparmio energetico nel breve e nel lungo periodo</i> | <i>70</i> |
| | Strategie nel breve periodo..... | 70 |
| | Strategie nel lungo periodo | 71 |
| d) | <i>Analisi delle fonti energetiche rinnovabili applicabili.....</i> | <i>73</i> |
| | Pannello solare termico | 73 |
| | Modulo fotovoltaico..... | 75 |
| e) | <i>Conclusioni.....</i> | <i>79</i> |
| 8. | Premi..... | 81 |
| a) | <i>Concorso nazionale Lega Ambiente – Edison: Kyoto anch'io, la scuola amica del clima.....</i> | <i>81</i> |
| b) | <i>Concorso regionale: Premio Ambiente Trentino Alto Adige</i> | <i>82</i> |

1. Prefazione del Dirigente

Operando in continuità con la scuola del primo ciclo e valorizzando il capitale di educazione e di istruzione degli studenti che proseguono gli studi, la scuola superiore si pone nell'ottica di una formazione il più possibile completa, con il grande obiettivo di favorire la progressiva maturazione dei giovani sotto ogni aspetto, particolarmente nella sfera cognitiva, psicologica e socio-relazionale.

La scuola assolve al suo compito istruttivo con le discipline, che singolarmente una per una secondo l'indirizzo di studi, nel modo pluridisciplinare e/o interdisciplinare, aiutano ad indagare e conoscere la realtà. E con i progetti che, con le loro ampie opportunità, integrano l'apprendimento con elementi di personalizzazione, utili a formare in ciascuno la propria cultura.

Ma il sapere, pur fondamentale ed irrinunciabile, non basta.

E' sempre stato più o meno così, ma oggi anche più marcatamente: oltre al "sapere" è molto importante il "saper essere" in tutte le sue forme. La sfera dell'emotività, degli atteggiamenti e dei comportamenti, delle relazioni, dell'autostima, dell'orientamento, del rapporto con i quadri valoriali, conta enormemente, e non è indifferente neanche nei processi di apprendimento, il cui livello dipende spesso dalla forza e capacità di governare questi aspetti.

Ma anche la correlazione tra "sapere" e "saper essere" ancora non bastano. Per favorire uno sviluppo armonico ed equilibrato nel giovane, i due pilastri della formazione hanno bisogno di essere affiancati ed integrati dal "saper fare", come dire che il cognitivo, l'esistenziale ed il pragmatico devono coesistere, in misura e con peso diverso secondo il tempo, l'occasione ed il bisogno individuale in ogni persona.

Quando la scuola nel suo operare riesce a tenere nella giusta considerazione queste tre dimensioni della formazione, crea il contesto migliore per gli studenti, favorendo i processi necessari alla loro buona crescita: le capacità che ci fornisce la natura, ben governate dalle abilità, coniugate con il sapere, vissute nelle esperienze, alimentano le competenze necessarie nella vita.

Il progetto "Noi ed il risparmio energetico – per una scuola contro gli sprechi energetici" si è rivelato una straordinaria occasione che ha permesso un processo educativo completo di ognuna delle caratteristiche sopra richiamate.

Gli studenti partecipi del progetto, con l'indirizzo, la sollecitazione, la consulenza dei docenti e dei consulenti che li hanno seguiti, hanno studiato i contenuti disciplinari necessari, quindi hanno messo a disposizione il loro sapere nella ricerca sul campo, definendo gli obiettivi, progettando le strategie, adattando le metodologie, pianificando le azioni, provando, cercando i dati necessari, verificando, operando in team, sistemando gli esiti, capendoli ed interpretandoli, in un gioco di intelligenze attente, motivate ed operative tese verso scopi comuni, per raggiungere il risultato voluto: uno studio in grado di suggerire comportamenti adeguati e scelte mirate negli interventi e negli investimenti per favorire la vita della scuola all'insegna della salute, dell'efficienza e dell'economicità concreta. Un gran bel risultato di cui l'Istituto porta giusto vanto.

Il primo premio a livello nazionale assegnato al progetto riconosce il giusto merito agli studenti, ai docenti, ai consulenti e al personale tecnico, tutti coinvolti in un impegno esemplare, lodevole ed apprezzato.

Il Dirigente scolastico
Dott. Severino Papaleoni

2. Introduzione

a) *Problematiche energetiche*

Dall'inizio del XX secolo ad oggi, la temperatura della terra si è riscaldata mediamente di circa 0,7°C, con un aumento di 0,95°C in Europa [EEA report No 2/2004]. Nell'ultimo decennio cambiamenti estremi del clima sono stati notati a livello mondiale ed europeo.

Queste indagini hanno portato 84 paesi a firmare nel 1997 il protocollo di Kyoto. In questo protocollo l'Italia si è impegnata ad una riduzione nel 2012 del 6,5% delle emissioni di gas serra rispetto alle emissioni del 1990.

I gas serra sono quei gas, presenti nell'atmosfera, che per loro natura trattengono la radiazione infrarossa e quindi il calore emesso dalla terra, provocando così quel fenomeno noto come effetto serra.

Durante molte delle nostre attività quotidiane, come l'uso della macchina, il riscaldamento delle case, ma anche la produzione di energia elettrica, vengono bruciati grandi quantitativi di combustibili fossili che rilasciano in atmosfera la CO₂ immagazzinata milioni di anni fa.

Più del 40% del consumo d'energia primaria in Europa è utilizzata per il riscaldamento/raffrescamento degli edifici, per la produzione d'acqua calda sanitaria e per il riscaldamento in processi industriali.

La direttiva Parlamento Europeo 2002/91/EC dispone che tutti i paesi membri attuino entro gennaio 2006 un'elaborazione unitaria nazionale dei regolamenti edilizi. Per edifici di nuova costruzione e quelli esistenti, questo implica un calcolo del consumo energetico dell'edificio compreso riscaldamento, aerazione, raffreddamento ed impianti di illuminazione.

Ogni edificio dovrà disporre di una certificazione energetica e gli impianti dovranno essere ispezionati regolarmente.

Di fronte all'incontestabile e progressivo esaurimento delle energie fossili ed ai seri pericoli derivanti dai cambiamenti climatici la scuola ha avviato il Progetto "Noi e il risparmio energetico" che, con il sostegno offerto dalla Fondazione CARITRO e dal BIM del Sarca, è divenuto via via sempre più complesso e ambizioso.



FONDAZIONE
CASSA DI RISPARMIO
DI TRENTO E ROVERETO

**BACINO
IMBRIFERO
MONTANO**
SARCA MINCIO GARDA

b) Tema e descrizione sintetica del progetto



c) Obiettivi del progetto

- Soddisfare le richieste insite nella Direttiva Europea 2002/91/EC relativa alla certificazione energetica degli edifici.
- Informare e sensibilizzare gli studenti ed il personale scolastico sulla problematica del risparmio energetico e dell'ambiente, come problema complesso che si collega a diversi ambiti culturali.
- Educare ad un uso attento e consapevole delle risorse energetiche coinvolgendo gli studenti in sperimentazioni.
- Realizzare un progetto concreto di risparmio energetico per la nostra scuola, basato su una rilevazione e un'analisi di dati quantitativi.
- Ulteriori benefici non quantificabili economicamente deriveranno dalla maggior consapevolezza sulle problematiche energetiche fornita a studenti che si troveranno preparati alle politiche energetiche future dell'EU e che potenzialmente potranno fare di questa esperienza il loro lavoro futuro.

d) Localizzazione geografica e climatica

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Località: Tione di Trento (Trentino-AltoAdige)

Latitudine: 46°02'

Longitudine: 10°43'

Altezza: 565 s.l.m.

DATI CLIMATICI

L'istituto si trova all'incrocio di tre rami vallivi che proprio in corrispondenza di Tione creano una dilatazione del fondovalle. Questa situazione orografica, con i versanti delle montagne che sfuggono verso nord, sud ed ovest, favoriscono il soleggiamento del sito in cui si trova il complesso scolastico.

Il paese si trova su una specie di piccolo altipiano, ai margini del quale è stata costruita la scuola che si affaccia direttamente sulla sottostante zona industriale del paese. La provenienza prevalente da nord del vento, però, allontana la maggior parte dei possibili fumi industriali.

Il 1° lotto, le aule e le segreterie, hanno un orientamento prevalente N-S, mentre il 2° lotto, auditorium palestra e laboratori, si sviluppa invece lungo l'asse E-O. I due lotti si innestano l'uno nell'altro perpendicolarmente.

Gradi giorno: 3526

Zona climatica: F

Vento: velocità 2 m/s da Nord (direzione prevalente)



3. Studio dell'edificio scolastico

a) Descrizione dell'oggetto edilizio; numero e funzione degli spazi che lo compongono, con destinazione d'uso e numero di occupanti

L'Istituto dall'anno scolastico 1986/87 ha sede in via Durone in un edificio costruito secondo i moderni criteri dell'edilizia scolastica e adeguato alle norme previste dal D.Lgs.626/94, privo di barriere architettoniche, fornito di aule luminose, laboratori, biblioteca, palestra ed auditorium, contesto ideale per un'efficace azione didattica.

Dall'a.s. 1999/2000 esso gode di nuove attrezzature che permettono l'insegnamento a distanza e forniscono strumenti adeguati anche ai portatori di handicap.

L'Istituto è composto da 64 aule che hanno varia dimensione e disposizione, in modo da adattarsi alle diverse esigenze delle numerose classi degli indirizzi liceali e tecnici, e da diversi laboratori ed aule speciali. In particolare sono presenti: 1 laboratorio di Chimica, 2 laboratori di Scienze Naturali, 1 aula di Scienze e Geografia, 1 laboratorio di Microscopia, 2 laboratori di Fisica, 3 laboratori multimediali, 2 laboratori di Disegno, 1 laboratorio di Lingua straniera e varie aule speciali ad uso didattico.

La palestra è dotata delle attrezzature necessarie per un completo svolgimento della pratica sportiva e di spogliatoi maschili e femminili. Ha annessa una palestra più piccola per esercizi e riscaldamento. Viene utilizzata anche da associazioni sportive esterne, fuori dall'orario scolastico. E' ipotizzabile un ampliamento della stessa dato il notevole incremento scolastico a cui questo istituto sta facendo fronte.

L'auditorium da 485 posti, per conferenze ed assemblee, è attrezzato con sistema di videoproiezione e di amplificazione adatto anche per concerti e rappresentazioni teatrali.

L'area dell'edificio destinata alla biblioteca è strutturata su due piani; a piano terra è situata un'ampia sala di lettura fornita di arredi appositamente studiati; al piano superiore vi è un'ampia sala con numerosi banchi di lettura e posti a sedere dove si trova in appositi scaffali il materiale librario di cui la biblioteca dispone.



Il nostro Istituto

b) Analisi del costruito e raccolta dati: disegni dei pacchetti costruttivi dei componenti edilizi, materiali e isolamenti, fonti energetiche utilizzate, dimensionamento e tipologia degli impianti

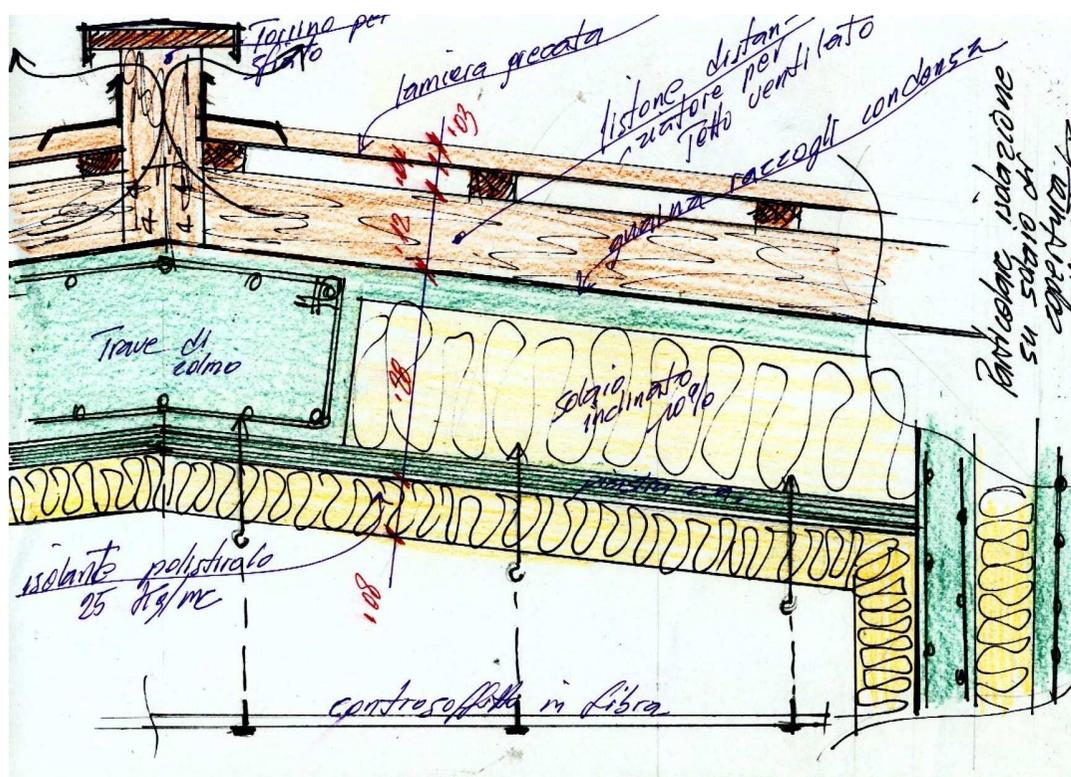
Per procedere all'analisi del costruito è stato di notevole importanza il supporto del geom. Re, che in veste di ex dipendente (attualmente in pensione) della Provincia Autonoma di Trento, nel Servizio Edilizia Pubblica, ha avuto l'opportunità di partecipare, a partire dalla fine degli anni Settanta, ai primi studi e progetti pilota secondo le nuove direttive della legge scolastica delle tre scuole medie superiori (Tione, Borgo Valsugana, Cles).

In occasione dei numerosi incontri ci ha spiegato che il ns edificio scolastico è stato il primo edificio ad essere progettato secondo la legge "373" sull'isolamento termico allora in vigore.

Nella fase di progettazione iniziale è stato stimolato a fare i primi calcoli di risparmio energetico dalla collaborazione con l'arch. Giuseppe Borghi di Tione, anche lui ex dipendente provinciale, con il quale ha proceduto alla stesura della parte strutturale/architettonica.

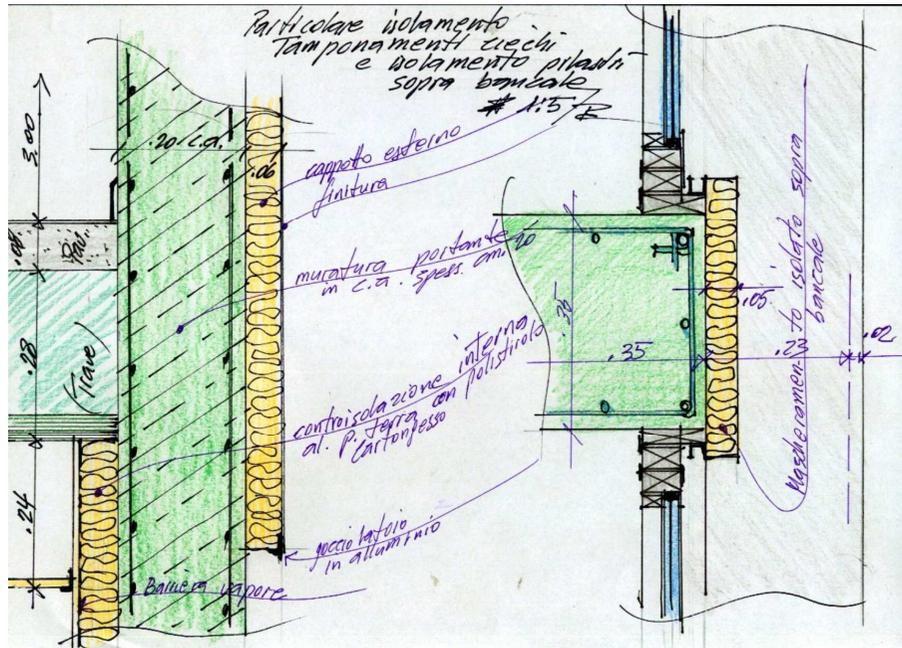
Secondo i nuovi calcoli, poiché la legge prescriveva 3,25 ricambi/ora e il 50% di due terzi dei tamponamenti era costituito da vetrate; l'impianto è nato sovradimensionato rispetto ai parametri attuali - circa 2000 kcal suddivise in tre generatori di calore a gasolio da 300, 700 e 1000 kcal - tanto che il più grosso, tranne qualche rara punta di freddo, non entra mai in funzione.

In corso di progettazione esecutiva ed anche in corso d'opera i progettisti hanno cercato di aggiornare gli spessori ed i tipi di isolanti, curando molto i ponti termici (difficilmente calcolabili in teoria). In occasione del Progetto energia sono stati ricostruiti graficamente i vari pacchetti delle stratigrafie dei tamponamenti che compongono l'edificio (pareti cieche, vetrate, coperture, solai, ecc.) con la descrizione dei materiali impiegati, che data la varietà dell'immobile (parte didattica/auditorium/palestra) offrono una vasta tipologia di dettagli.

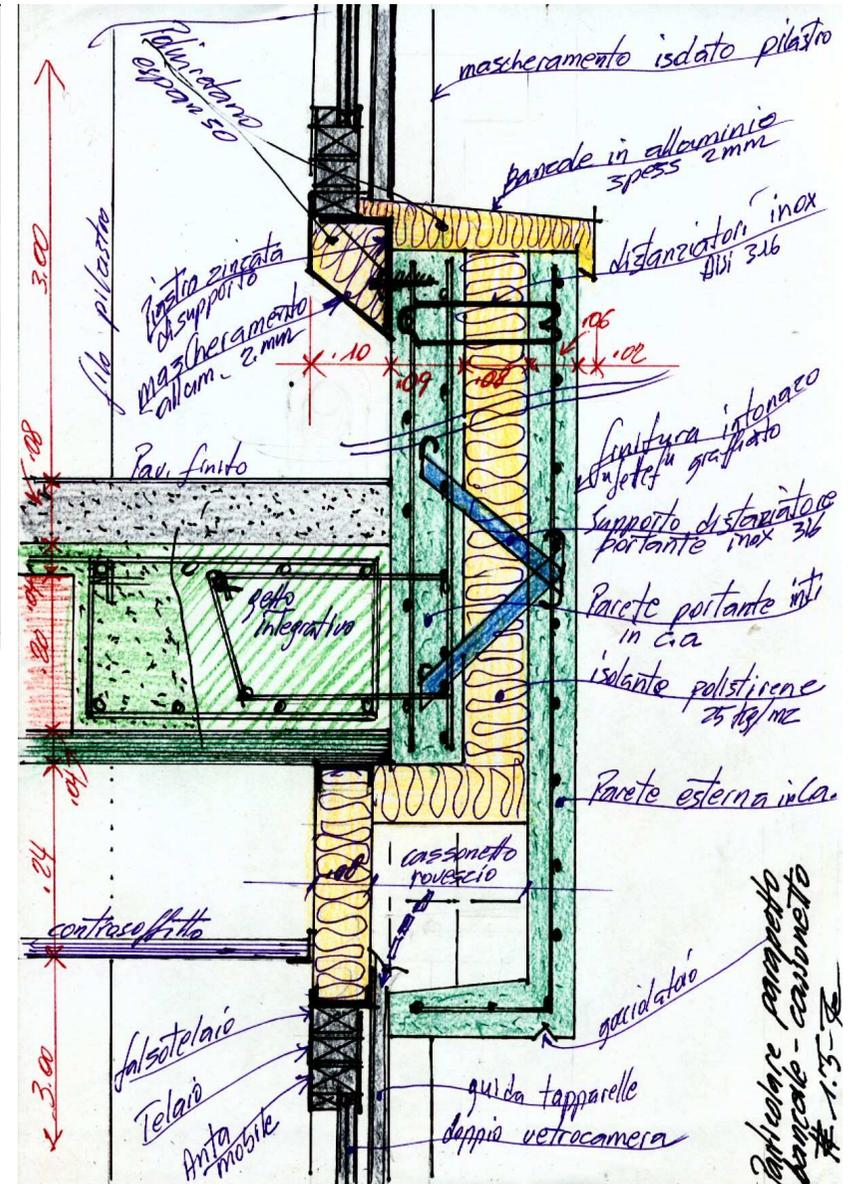


a

Particolare isolamento su solaio di copertura



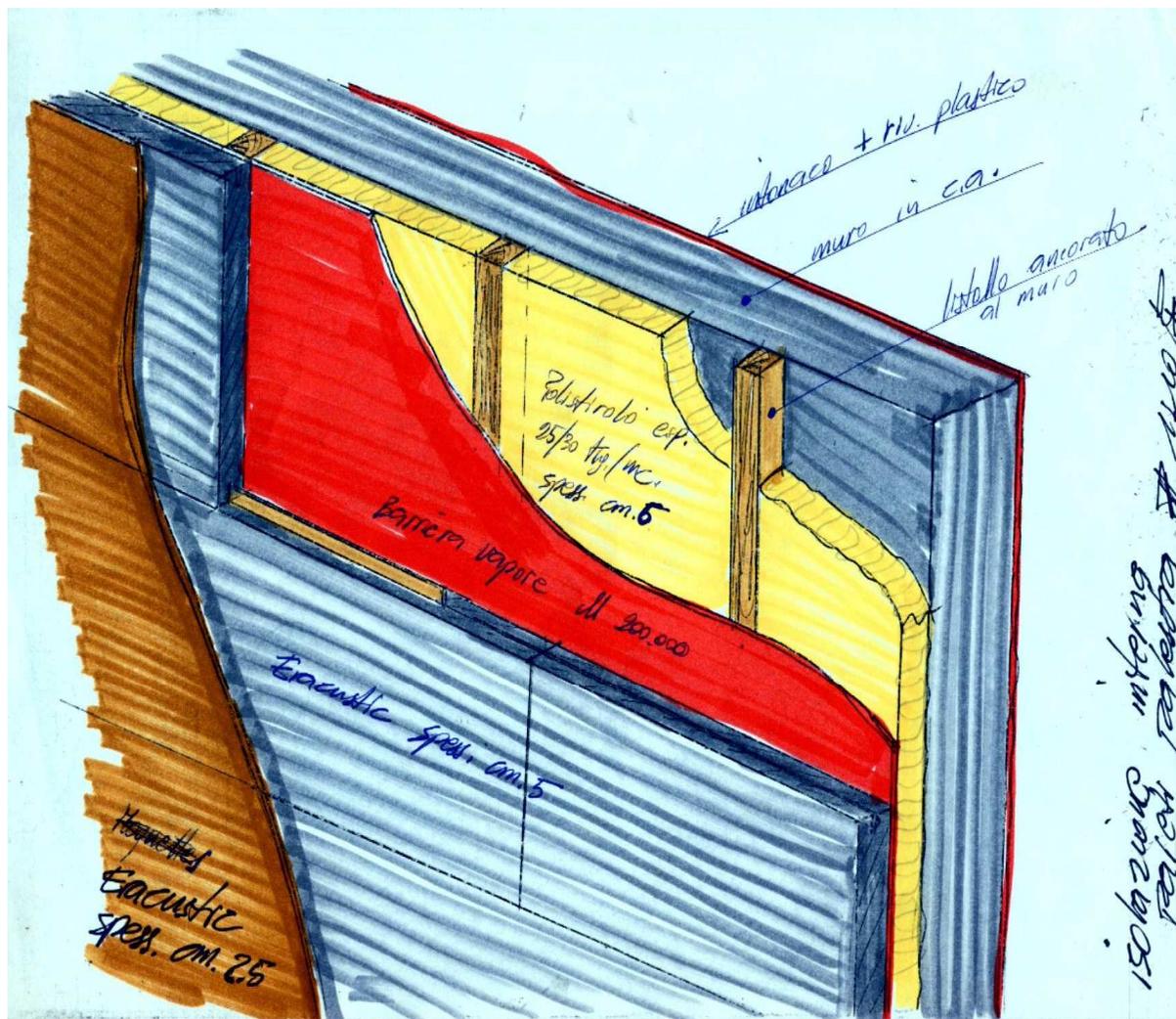
Particolare isolamento tamponamenti ciechi e isolamento pilastri sopra bancale



Particolare parapetto bancale - cassonetto

NOI E IL RISPARMIO ENERGETICO

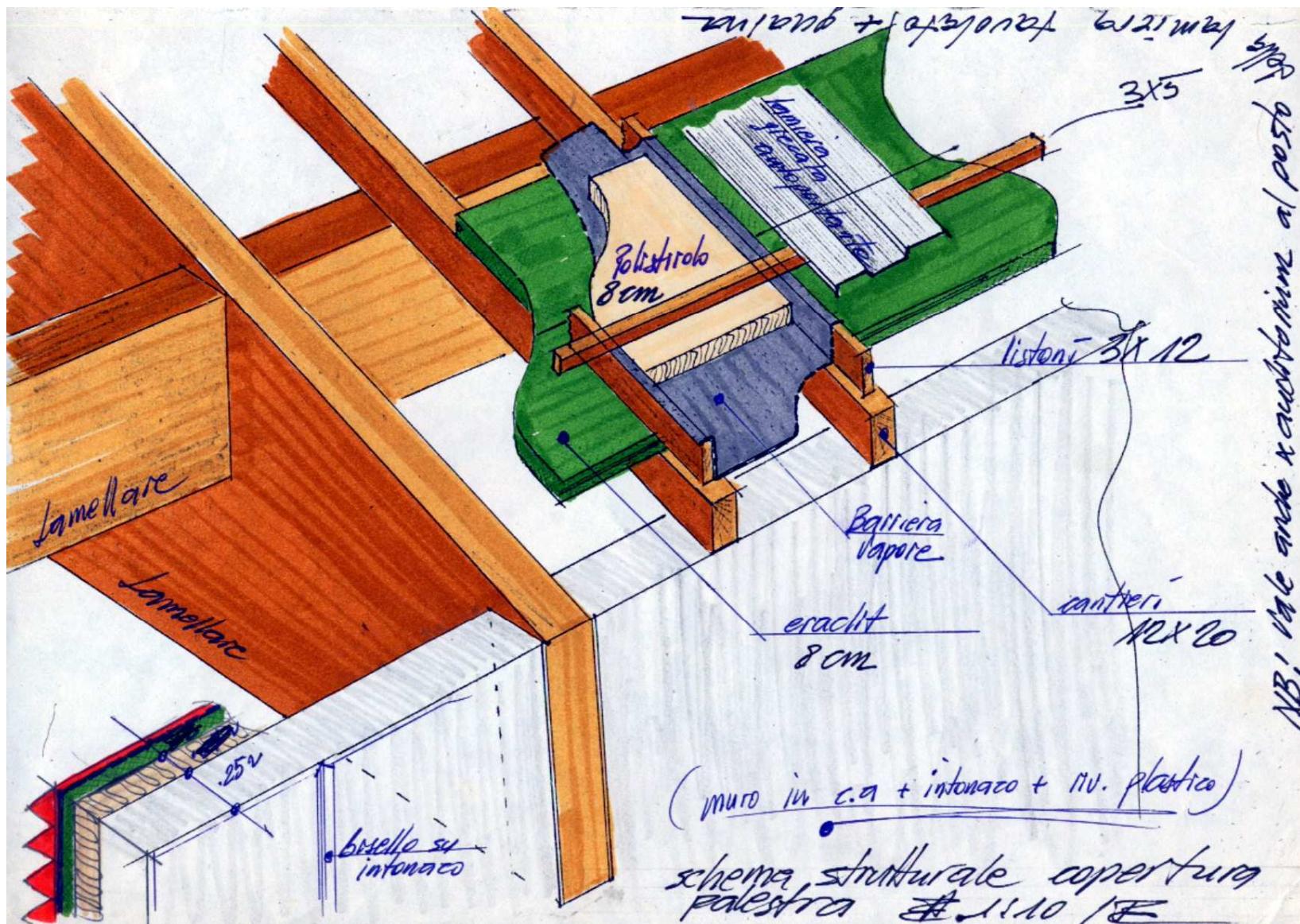
Nella **palestra** è stata realizzata con struttura portante in lamellare e coibentata con 8 cm di pannelli in legnomagnesite con aggiunta di 8 cm di polistirolo. Anche per il tamponamento verticale è stato utilizzato sia lo strato isolante sia lo strato fonoassorbente "Eracoustic 8 cm" su tutte le pareti cieche disponibili, ottenendo così ottimi risultati anche di isolamento acustico (tempo di riverbero 0,9 sec alla frequenza grave di 125 Hz).



Isolamento interno pareti palestra



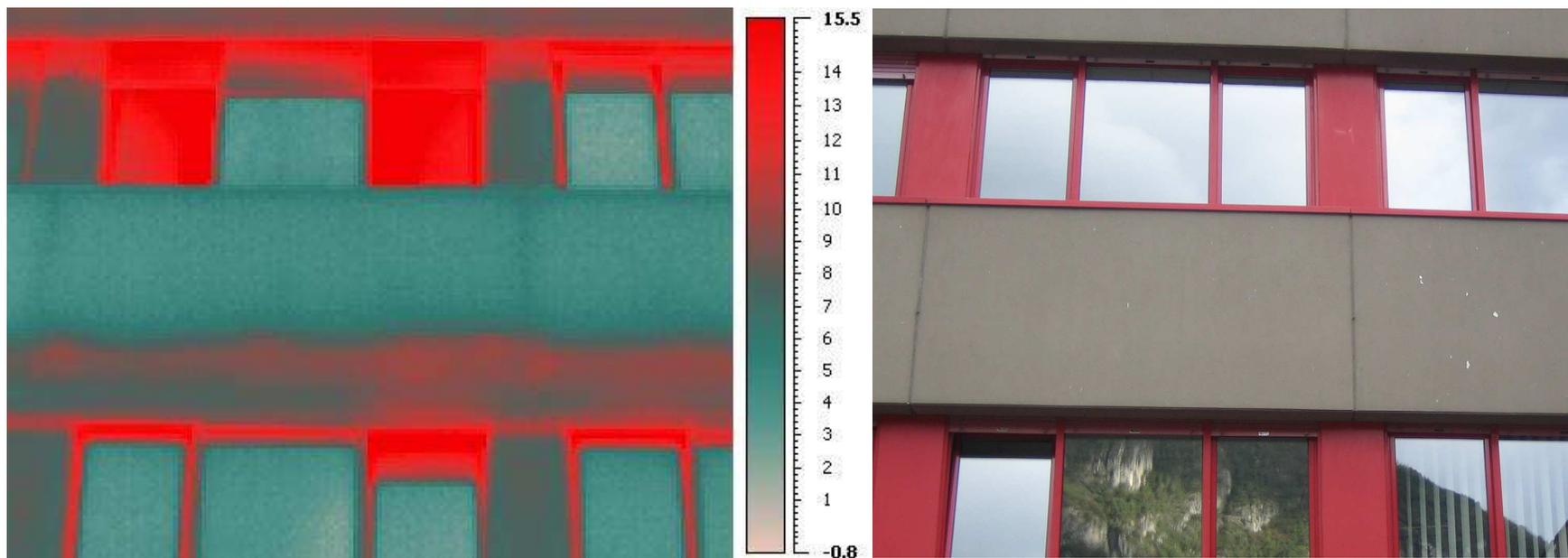
Cantiere della palestra in costruzione



Schema strutturale copertura palestra

NOI E IL RISPARMIO ENERGETICO

La scelta dei serramenti, invece, dovendo contenere la spesa, si è indirizzata verso il triplo vetro con doppia camera anziché al serramento con taglio termico, allora ancora poco collaudato e di prezzo troppo sostenuto. Si sarebbe potuto suddividere la stessa spesa super-isolando sia il serramento che il vetro nelle zone poco esposte all'insolazione e dotare di serramenti semplici con normale vetrocamera le zone ben esposte al sole che potevano beneficiare dell'apporto solare. Come già detto si è optato per una soluzione media, uguale per tutte le esposizioni e le termografie eseguite nel corso del progetto energia evidenziano le sia dispersioni del telaio sia attraverso le finestre aperte (si nota la differenza fra la modalità a dry keep e l'apertura a battente)



Termografia: il colore rosso indica la dispersione di calore, il verde assenza di dispersione.

Fotografia diurna

La progettazione dell'auditorium è stato l'atto finale: “dopo aver seguito dietro le quinte tutte le fasi costruttive del S. Chiara di Trento”, spiega il geom. Re, l’elaborato è stato aggiornato in fase progettuale e poi in corso d'opera. Lo stesso progettista lo ritiene un “S. Chiara” in versione ridotta in termini di superficie e posti pubblico, ma con un’acustica decisamente migliore (tempo di riverbero 1,3 a sala vuota), propria di una sala polivalente musicale e teatrale, confermata, nella fase di utilizzo, sia dal vivo che con amplificazione.



Cantiere auditorium
in costruzione

In conclusione, i parametri dell'isolamento dell'intero edificio, tranne i serramenti, risultano all'altezza delle attuali normative. Il tutto è stato illustrato in più lezioni alle varie classi interessate, anche con foto illustrative delle varie fasi di costruzione dell'opera e visite guidate all'edificio, specificamente alla centrale termica, alla sottostazione del 2° lotto e alla centrale di trattamento area palestra/auditorium.

Durante il lavoro di gruppo del “progetto energia”, afferma il geom. Re: “ho avuto l'occasione di poter avere tramite l'installazione di un sistema di monitoraggio (contacalorie di zona) delle risposte sempre sognate come l'opportunità di visionare l'edificio tramite delle termografie e agli alunni ha dato una possibilità in più di approfondire l'argomento del risparmio energetico in edilizia operando un parallelo con il comfort ambientale”.

Dimensionamento e tipologia impianti

Le caldaie presenti nella centrale termica sono tre e sono collegate ad una sonda esterna che, rilevando la temperatura esterna, invia dati alla centralina che apre e chiude le valvole di mandata dell'impianto in base alle necessità.

L'acqua calda prodotta dalle caldaie raggiunge un collettore che la ripartisce in quattro diverse mandate: aule, uffici, aule nuove, biblioteca e palestra.

L'impianto era stato progettato prevedendo un termostato ogni tre aule ma questo ha creato, in passato, delle notevoli differenze di comfort all'interno delle singole aule e si è optato quasi subito per l'eliminazione dei termostati gestendo le varie ali dell'edificio con valvole di zona programmate in base all'utilizzo.

Per la palestra e l'auditorium è presente un impianto di ventilazione a funzionamento continuo. La produzione di acqua calda per la palestra e gli uffici, nel periodo invernale, viene fornita dalle caldaie e nel periodo estivo viene fornita con boiler elettrici. Nei bagni degli studenti, invece, è prevista solo la fornitura di acqua fredda.



Caldaie

4. Campagna di monitoraggio

a) Pianificazione della campagna di monitoraggio

La campagna di monitoraggio dell'impianto installato presso l'Istituto è iniziata nel dicembre del 2006 e proseguirà negli anni futuri. L'obiettivo della campagna è anche quello di creare un archivio storico con dati di potenza, energia e temperatura di gran parte dei componenti utilizzati nell'impianto in modo da poterne svolgere l'analisi energetica e scoprirne i punti deboli. In questo primo anno di osservazioni si è avuta la possibilità di:

- analizzare la situazione di funzionamento attuale;
- verificare la veridicità dei valori misurati;
- scegliere la tipologia e la disposizione dei sensori;
- pianificare la catena di misurazione e la rete di gestione dei dati (software e hardware);
- studiare approfonditamente le possibili soluzioni per un risparmio energetico dell'intera struttura.

Il partner che ci ha supportato in questa attività è l'EURAC (Istituto per le Energie Rinnovabili) di Bolzano che ha, fra le sue attività, quelle di monitoraggio, simulazioni e sviluppo di sistemi energetici innovativi.



Istituto per le energie rinnovabili di Bolzano

Proseguendo l'attività di monitoraggio, anche attraverso nuovi sensori che si prevede di installare, in futuro potremo:

- creare un archivio dei dati climatici;
- definire la classe di certificazione energetica;
- migliorare la gestione delle zone maggiormente "energivore" dell'Istituto (palestra);
- divulgare i dati sul sito internet della scuola.



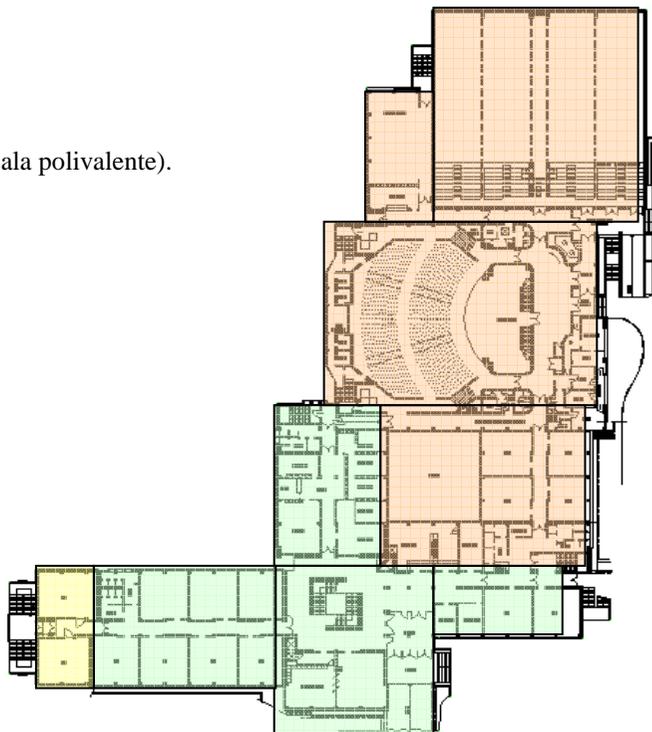
Ing. Francesco Besana nel corso di una lezione ai nostri studenti.

b) Scelta e installazione dei sensori fissi

L'edificio su cui sorge l'istituto d'istruzione "Lorenzo Guetti" di Tione è dislocato su quattro piani e composto da due lotti costruiti in tempi e con modalità differenti. In essi prendono posto le aule destinate all'insegnamento, gli uffici, le sale polivalenti, la palestra e l'auditorium.

Legenda:

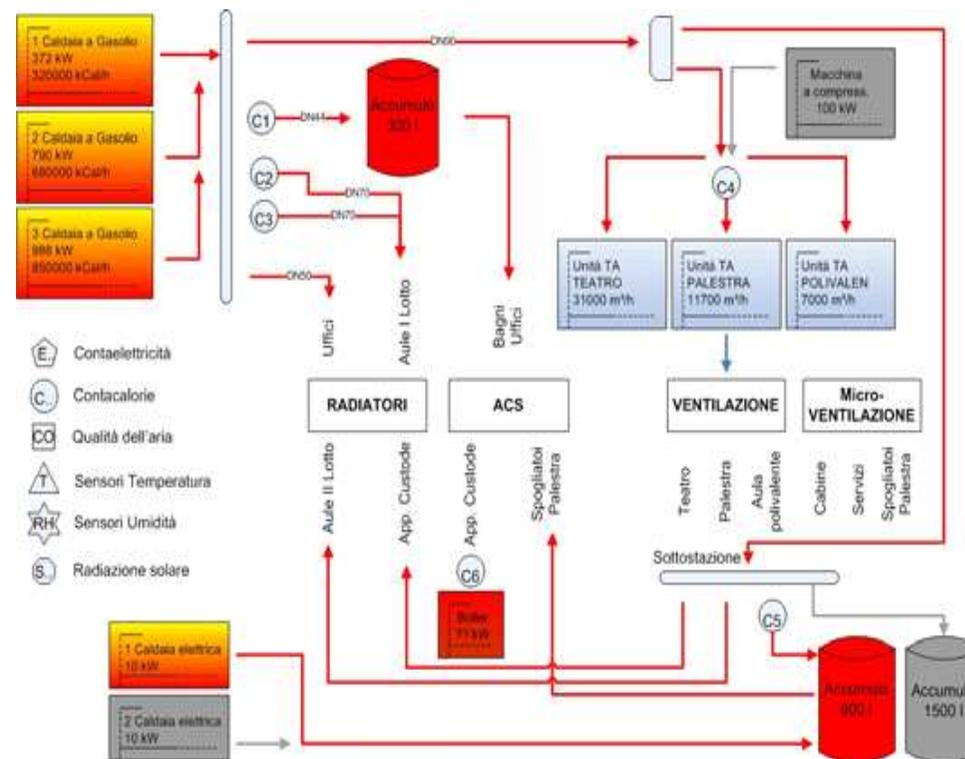
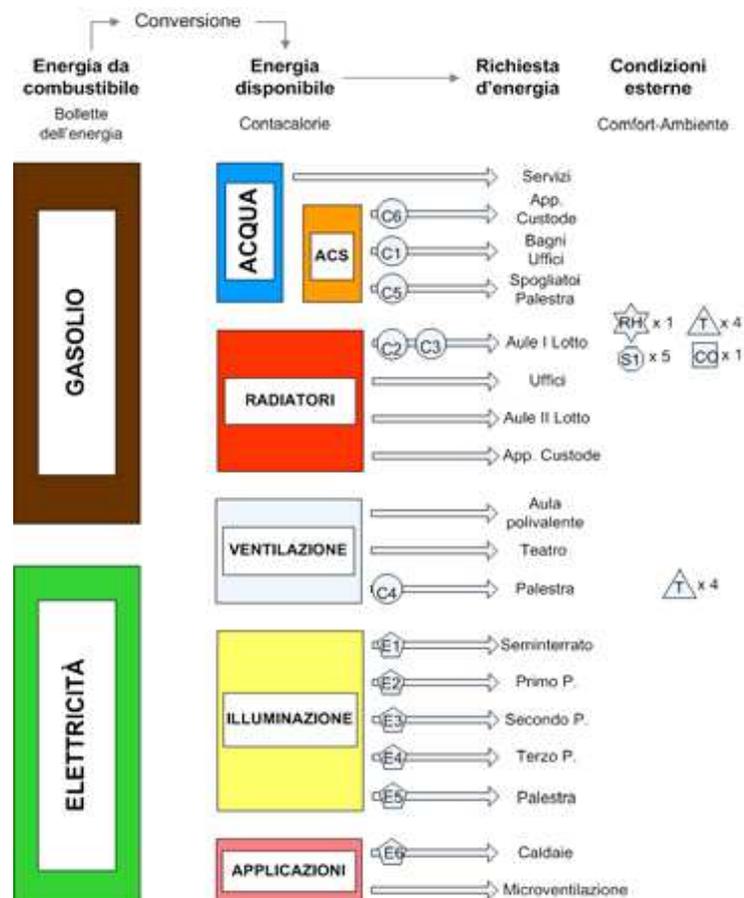
-  Multisale (palestra, auditorium e sala polivalente).
-  Aule primo lotto
-  Aule secondo lotto



Planimetria del piano rialzato dell'Istituto assieme alle rispettive denominazioni utilizzate.

Di seguito è riportato lo schema a blocchi dell'impianto attualmente installato nell'Istituto in cui sono riportati i componenti principali e le rispettive taglie.

Durante questa prima fase non è stato possibile monitorare tutti i flussi energetici dell'impianto per motivi di budget, ma si prevede in un prossimo futuro di completare la strumentazione per ottenere un quadro completo del sistema energetico dell'edificio scolastico.



Schema dell'impianto termico installato presso la nostra scuola.

Schema del sistema energetico nella sua globalità.

NOI E IL RISPARMIO ENERGETICO

La scuola si è dotata di un sistema di strumentazione adeguato per una prima analisi dei consumi. La scelta della strumentazione si è basata sulle considerazioni esposte in questa pagina.

Il sistema di monitoraggio è stato installato dalla azienda ATS di Bolzano ed ogni sensore di misura acquisisce un valore ogni cinque minuti.

Per valutare il vantaggio, sia economico sia energetico, dell'installazione di valvole termostatiche nelle aule, si sono dovuti monitorare:

- l'energia termica richiesta per riscaldare le aule;
- il comfort termico raggiunto nelle aule.

Per questo motivo sono stati installati due contacalorie costituiti ciascuno da un contaltri ad impulsi e da due sensori di temperatura PT1000.

Sono state monitorate inoltre quattro classi campione di cui due al secondo piano e le altre due nel rispettivo piano sotto e sovrastante. Per tutte queste aule si è prevista l'osservazione della temperatura e, per alcune di esse, si è completata l'analisi con sensore di anidride carbonica e di umidità e lux.

Per studiare il consumo energetico della palestra, ritenuta dagli addetti ai lavori di manutenzione e regolazione una delle zone più energivore della scuola, si sono monitorate:

- l'energia termica richiesta dall'unità di trattamento dell'aria;
- l'energia elettrica consumata dall'impianto d'illuminazione.

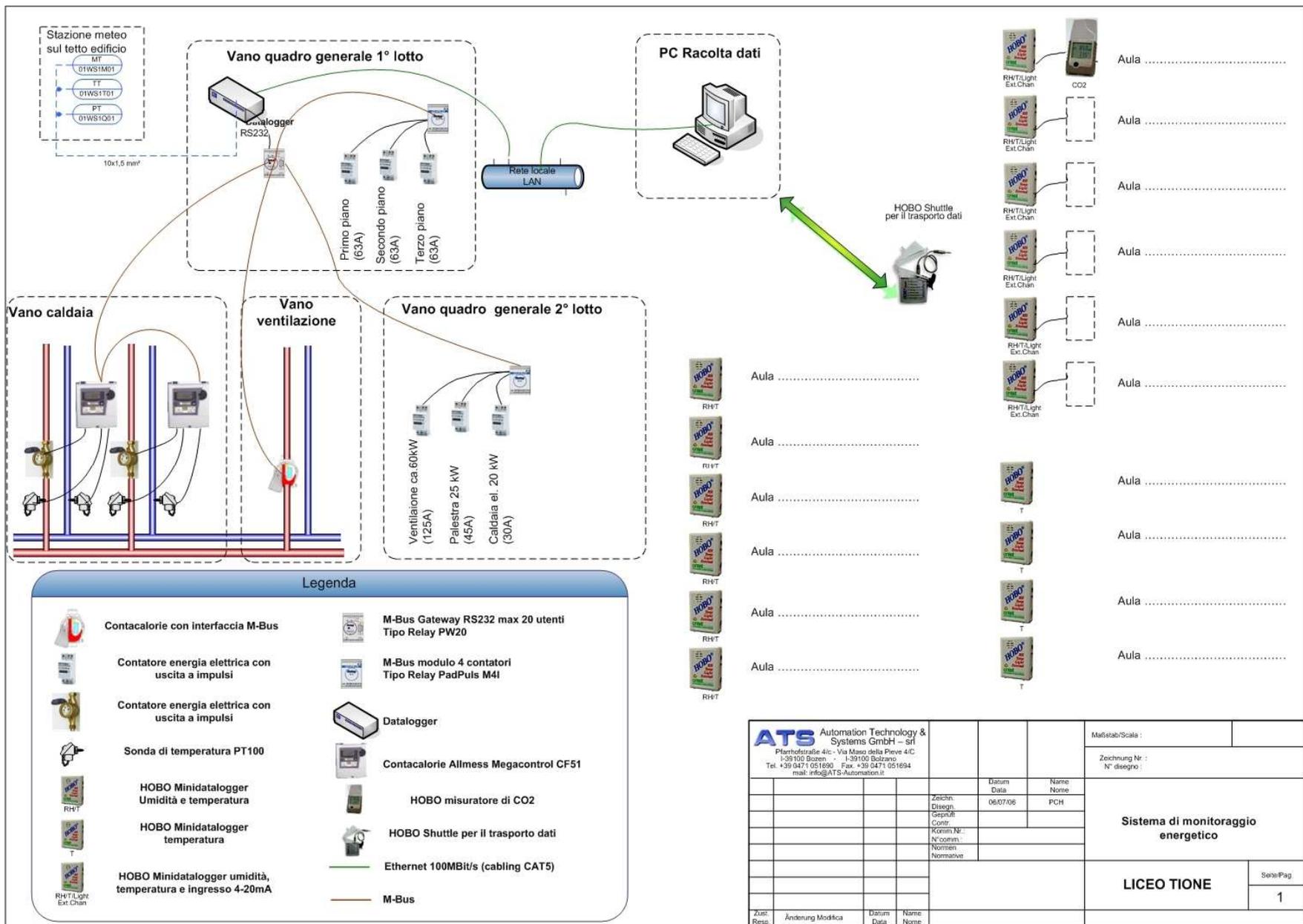
Sono stati così installati un contacalorie nel circuito delle batterie di riscaldamento dell'aria e sensori di temperatura PT1000 per misurare il comfort all'interno della palestra. Riguardo all'energia elettrica consumata per l'impianto d'illuminazione, oltre ad un contabilizzatore d'energia si sono utilizzati due sensori per la radiazione solare in grado di rilevare quando l'illuminazione artificiale non è necessaria.

Per studiare il consumo d'energia elettrica per l'illuminazione della scuola e per capire se è vantaggioso utilizzare dei sensori ottici per l'accensione delle luci, si è deciso di:

- contabilizzare per ogni piano il fabbisogno d'energia elettrica;
- osservare l'intensità luminosa incidente sulle quattro pareti disposte sui quattro punti cardinali;

Sono stati dunque installati alcuni contabilizzatori assieme ai sensori per la radiazione solare.

NOI E IL RISPARMIO ENERGETICO



Sistema di monitoraggio installato dalla ditta ATS.

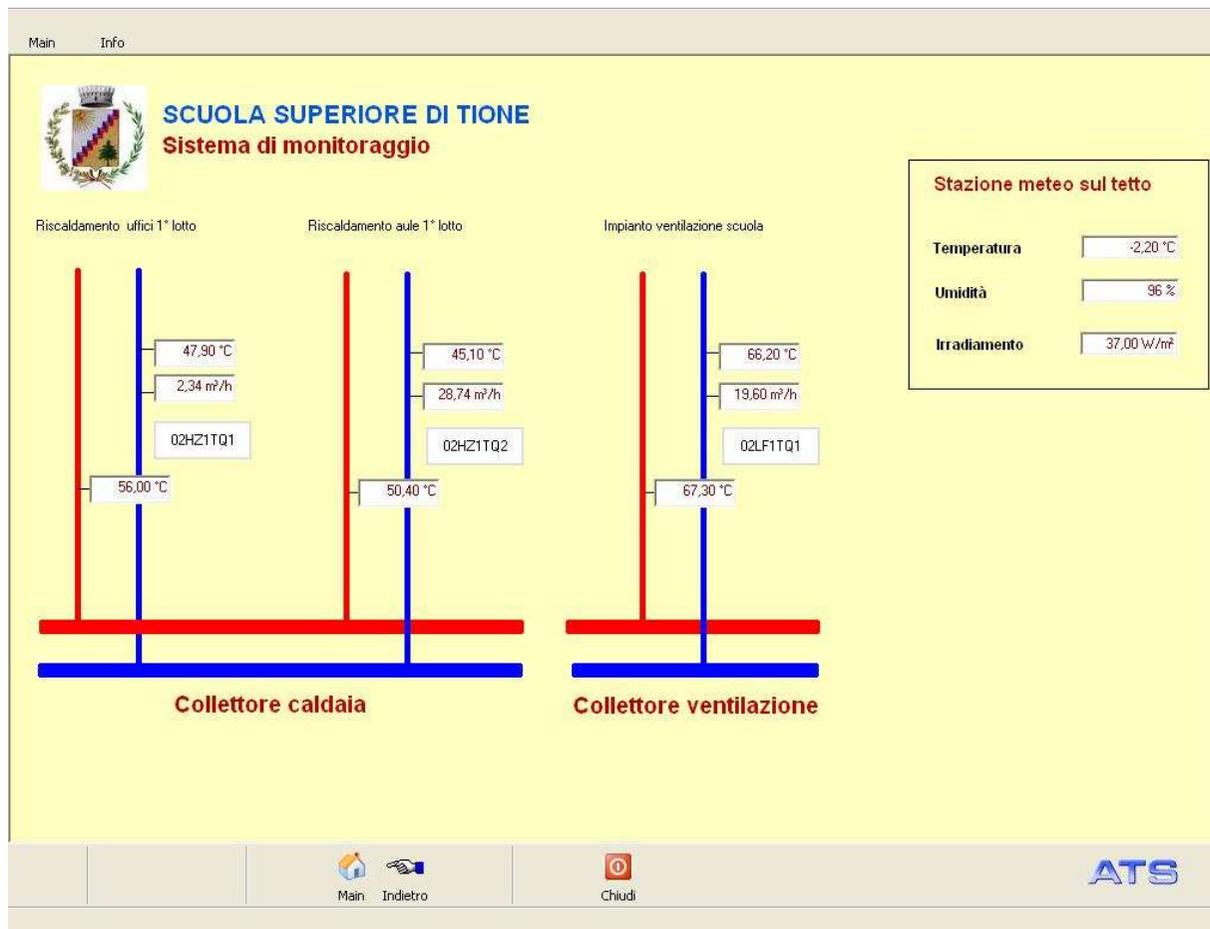
Strumentazioni fisse



Stazione climatica

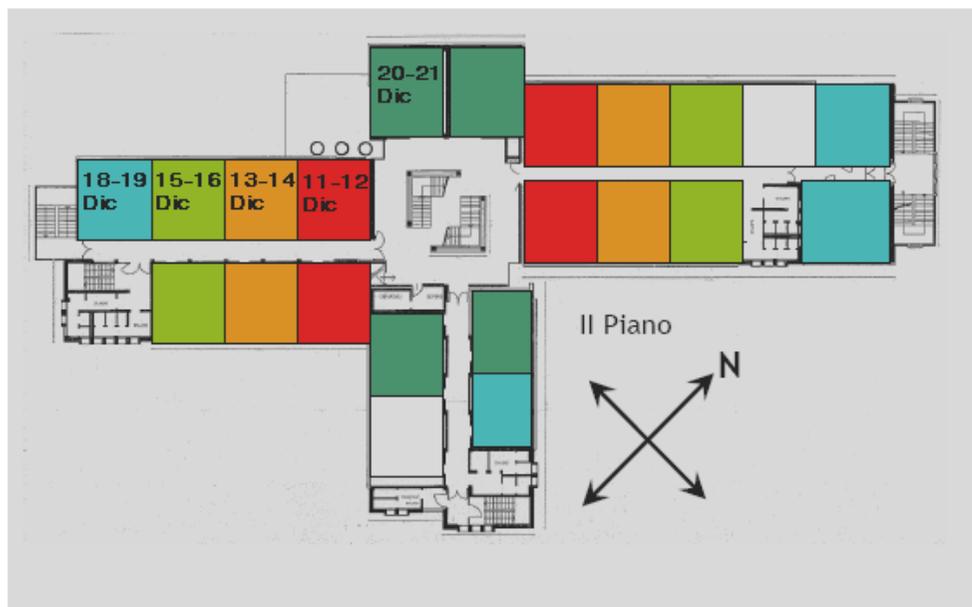


Contacalorie



Report giornaliero, dati in tempo reale

d) Installazione strumentazione mobile



Planimetria del secondo piano della scuola con strategia e tempistica delle misurazioni.

L'utilizzo dei mini-data logger mobili (HOBO) consente di misurare i parametri di benessere ambientale quali la temperatura, l'umidità relativa, la luminosità, la qualità dell'aria (CO₂) nelle diverse aule della scuola.

Al fine di determinare le condizioni di comfort nelle aule della scuola attraverso le misure registrate dagli HOBO sono stati prodotti diversi diagrammi per identificare i profili di temperatura e umidità lungo tutta la planimetria della scuola. Queste misurazioni sono iniziate a dicembre 2006 e ogni 2 giorni si è cambiata l'aula dove venivano fatte le misurazioni.

Da parte degli "Energy Manager" (uno per classe) è stato compilato un formulario dove si sono riportate le osservazioni sulla gestione dell'impianto di illuminazione all'interno delle aule (ora accensione e spegnimento delle luci) e la aerazione delle aule (minuti di apertura e orario), senza variare il normale utilizzo della struttura. Prima di iniziare, solo per gli Energy Manager, è stata effettuata una riunione per spiegare loro come dovevano operare. Gli altri studenti non sono stati avvertiti delle attività svolte dall'EM per non influenzare il normale comportamento.

Per lo studio del comfort nella Palestra quattro mini-data logger sono stati affidati all'insegnante e a tre studenti che si sono portati appresso il sensore durante le lezioni di ed. fisica. Altri due HOBO, predisposti a rilevare la luminosità, sono stati invece installati in due posizioni fisse. Inoltre è stata richiesta da parte di un "Energy Manager" la compilazione di un formulario per il controllo della gestione del locale palestra (n° fari accesi e sensazione soggettiva di comfort).

e) Benessere indoor

Il corpo umano è continuamente sottoposto a degli scambi termici con l'ambiente circostante. All'interno degli edifici, questi scambi termici avvengono tra elementi costruttivi (muri, finestre, solai, pavimenti) e l'aria presente nei locali. Pertanto, la temperatura dell'aria e degli elementi è decisiva per il nostro comfort termico.

Quanto più bassa è la differenza fra la temperatura interna e temperatura degli elementi costruttivi, tanto più alto è il comfort termico all'interno delle mura. Con un buon isolamento termico si ottiene una maggiore temperatura superficiale degli elementi costruttivi ed è così possibile ridurre la temperatura interna. Gli effetti sono positivi sia per il comfort abitativo che per il consumo energetico. Un grado in meno della temperatura interna corrisponde ad un sei per cento di risparmio energetico sul riscaldamento.

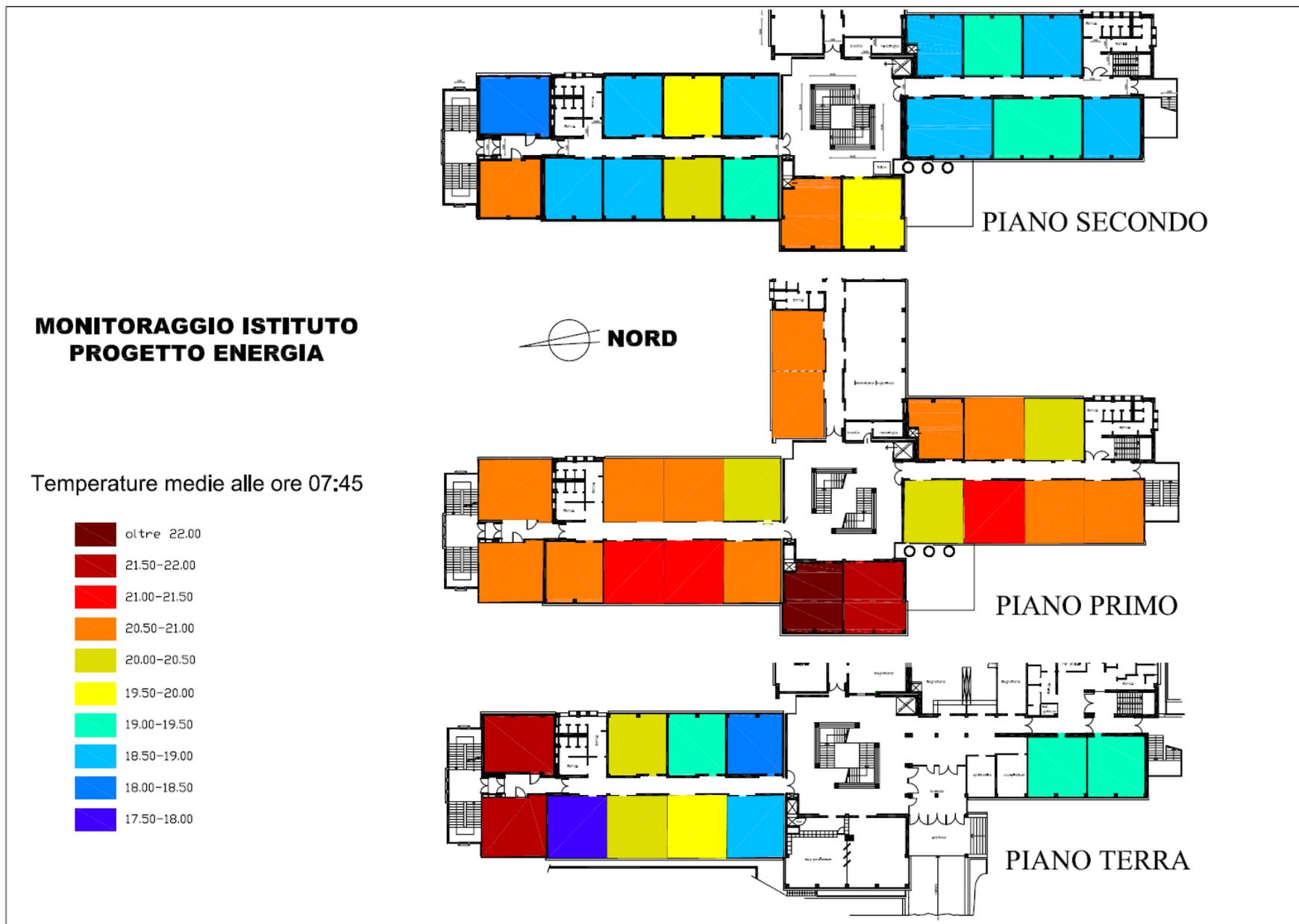
Il benessere all'interno di un edificio si ottiene infine anche con un attento controllo dell'umidità e della qualità dell'aria. Una corretta aereazione riduce l'inquinamento indoor e anche la possibile formazione di muffe.

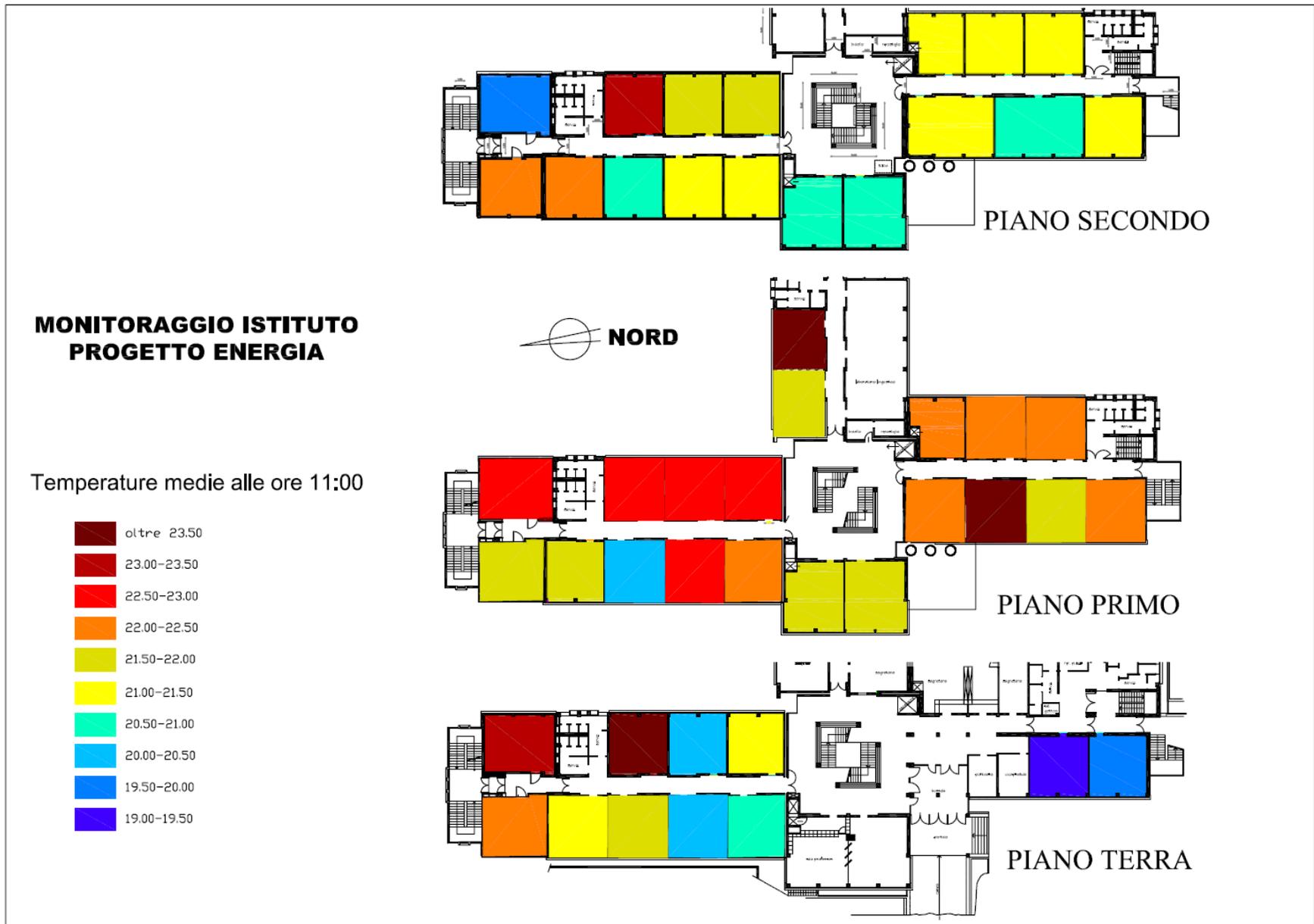
“Confrontando una situazione normale con una ad umidità controllata, studi scientifici effettuati nelle scuole evidenziano una forte correlazione tra il numero di assenze per malattie infettive invernali e il tasso di umidità relativa nelle aule. Altri studi mettono in relazione la insufficiente umidità con mal di testa, senso di stanchezza e una diminuzione di produttività nei lavori sedentari; soprattutto se la temperatura è alta.” (www.edilportale.com)

“I valori di umidità non dovrebbero scendere sotto il 40%.” (www.chiropratica.com)

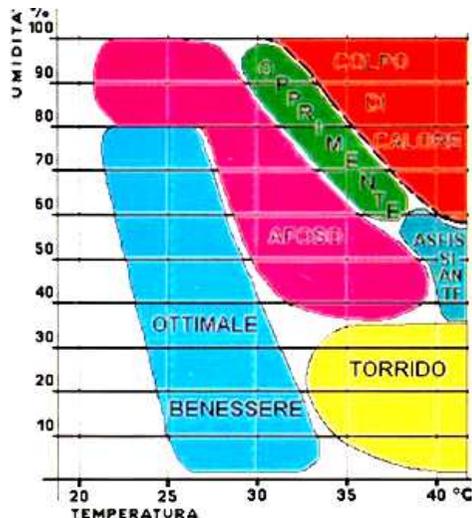
In alcune classi campione si è proposto un programma di monitoraggio e studio dei principali parametri microclimatici utilizzando dei mini data logger, di marca HOBO, in grado di registrare ad intervalli di 5 minuti i valori di temperatura, umidità relativa, intensità luminosa e anidride carbonica. Questi dati risultano peraltro parametrizzati con i dati ambientali esterni rilevati dalla centralina climatica installata in Istituto che, contemporaneamente, rileva umidità relativa esterna, radiazione solare e temperatura esterna.

Lo scopo di questa campagna di monitoraggio è stato, oltre a quello di conoscere le condizioni microclimatiche dell'ambiente classe durante il periodo invernale (con riscaldamento in funzione) in rapporto all'affollamento delle stesse, anche quello di trovare modalità di comportamento sostenibile dei gruppi classe con particolare riferimento alle aperture delle finestre (per il ricambio d'aria) e all'accensione dei corpi illuminanti. Infatti dalla prima massiccia campagna di monitoraggio, allargata a tutte le classi dell'Istituto, si era evidenziata una eccessiva concentrazione di anidride carbonica, una bassa umidità relativa ed in alcune aree dell'Istituto un'eccessiva temperatura.





NOI E IL RISPARMIO ENERGETICO



Mediante delle schede appositamente predisposte gli Energy Manager hanno appuntato i comportamenti della classe e il numero degli studenti all'interno della stessa. Questi dati sono quindi stati incrociati con quelli ambientali rilevati dai sensori e registrati dai data logger. Dall'analisi di questi dati, dopo averli elaborati e rappresentati mediante grafici, si è concluso che in classi numerose (28 alunni + docente) ma anche in classi meno affollate (15 alunni + docente) si riscontrano temperature che frequentemente superano i 22°C (temperatura ottimale 20°C ± 2°C) con valori di umidità relativa che mediamente si attestano attorno al 30% (valori ottimali 40-60%) e valori di illuminazione decisamente al di sopra di quanto richiesto per delle normali classi scolastiche (200 lux su banchi, 300 lux su lavagna e 100 lux nei corridoi). Infine si è rilevato che in un'ora di lezione si registrano aumenti di anidride carbonica tali da superare ampiamente le soglie consigliate di 1200-1500 ppm (ritrovate in letteratura italiana e tedesca per ambienti suscettibili ad affollamento di tipo scolastico).

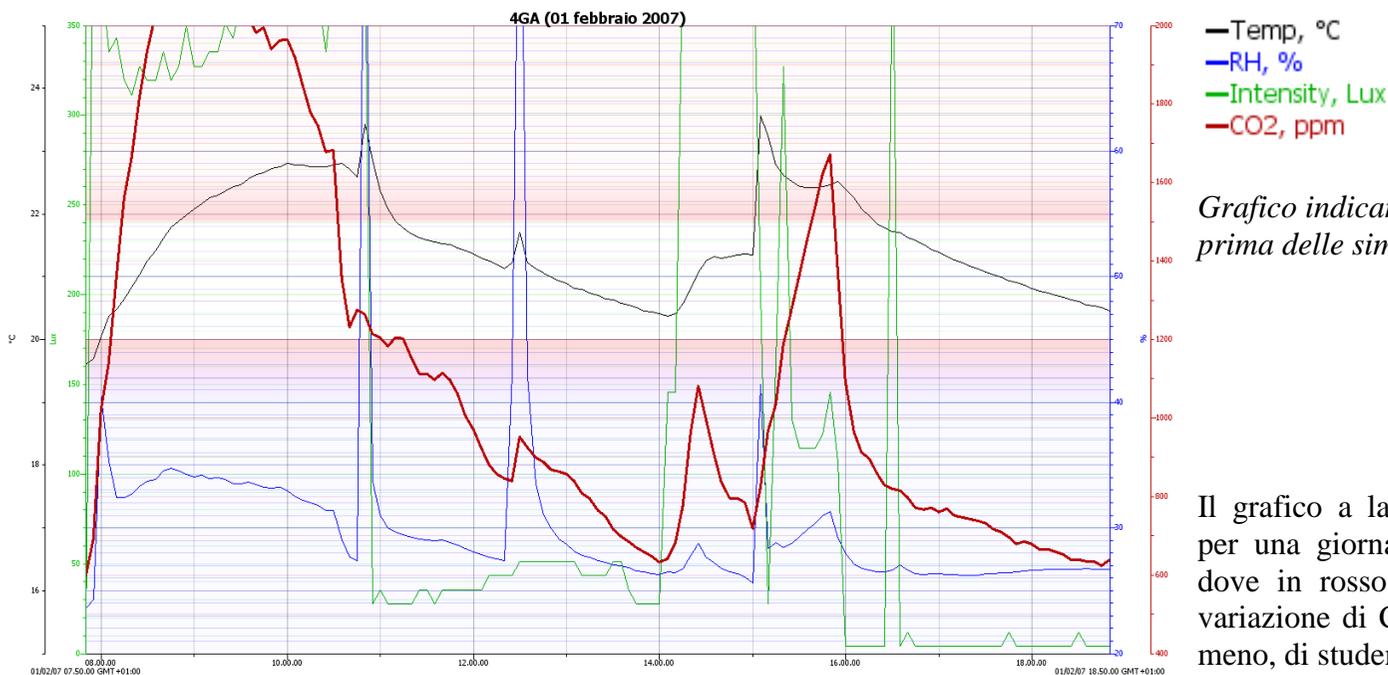


Grafico indicante i parametri ambientali prima delle simulazioni.

Il grafico a lato analizza quanto rilevato per una giornata tipo (1 febbraio 2007), dove in rosso è evidenziata la notevole variazione di CO₂ dovuta alla presenza, o meno, di studenti in aula.

Sulla base delle analisi sopra descritte si è cercato di operare al fine di migliorare le condizioni microclimatiche indoor, più specificamente riguardo alla temperatura interna, e pertanto, in via sperimentale in una sola classe, sono state montate delle valvole termostatiche a regolazione degli elementi riscaldanti inserendo anche degli umidificatori. Si è poi ridotta la presenza di corpi illuminanti nella classe e si è elaborato un modello capace di indicare i periodi di apertura delle finestre per ottenere una ventilazione che permetta di ridurre la stagnazione di CO₂ negli ambienti.

A seguito di un'ulteriore campagna di monitoraggio, successiva all'applicazione di tali accorgimenti, si è ottenuta una situazione rappresentabile graficamente come segue.

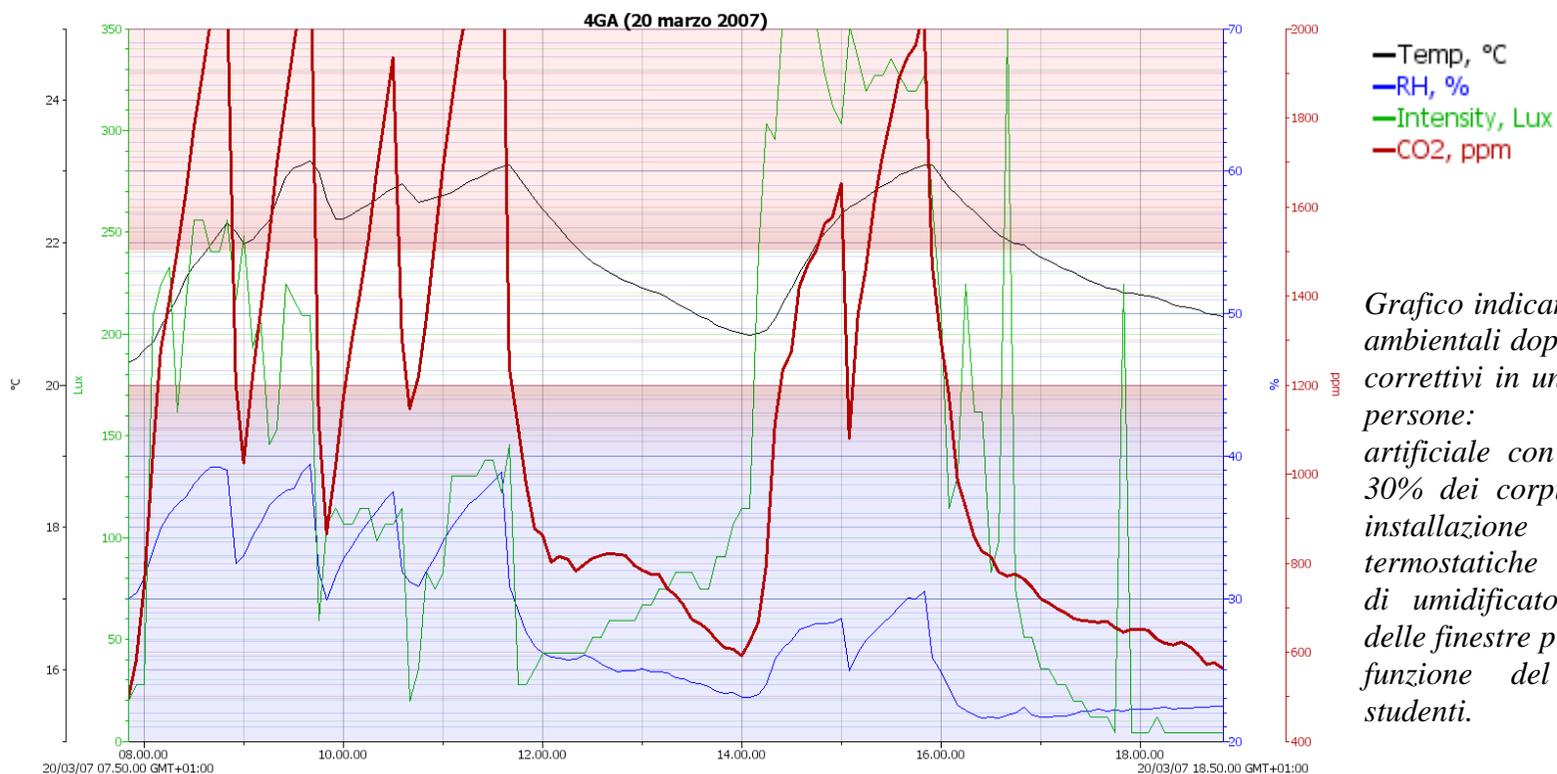


Grafico indicante i parametri ambientali dopo gli interventi correttivi in una classe di 29 persone: illuminazione artificiale con riduzione del 30% dei corpi illuminanti - installazione valvole termostatiche - introduzione di umidificatori - apertura delle finestre programmata in funzione del numero di studenti.



Grafico indicante i parametri ambientali dopo gli interventi correttivi in una classe di 16 persone: illuminazione artificiale con riduzione del 40% dei corpi illuminanti - apertura delle finestre programmata in funzione del numero di studenti.

A conclusione delle analisi dei test effettuati in due classi campione (una con massimo 29 persone presenti e l'altra con massimo 16 persone presenti) si può concludere che la strada intrapresa per la ricerca di nuove modalità da applicare al fine del miglioramento del benessere ambientale ha portato ad avere un microclima migliore. Per quanto riguarda l'illuminazione artificiale si documentano valori compatibili con le normative nonostante la riduzione dei corpi illuminanti.

Per quanto concerne la concentrazione di CO₂ si evidenzia che, adottando una strategia di ventilazione corretta si riesce a controllare il ristagno senza alterare significativamente la temperatura interna della classe, ma solo momentaneamente, poiché la concentrazione di CO₂ ritorna ben presto a valori elevati, soprattutto nelle classi più numerose.

In merito al tipo di apertura da adottare si sottolinea che le modalità da preferire risultano quelle ad anta battente visto che le aperture a dry keep (spesso sempre aperte) hanno dato risultati deludenti in termini di abbattimento della concentrazione di CO₂. Il motivo risulta facilmente intuibile visto che la CO₂ tende ad accumularsi nella parte bassa dei locali e quindi le aperture alte non riescono ad innescare sufficienti movimenti d'aria ottenendo solamente l'indesiderato risultato di abbassare la temperatura. Peraltro introducendo aria fredda dall'esterno, dunque aria con basso contenuto di umidità assoluta, si contribuisce a seccare ulteriormente gli ambienti. Con le aperture a battente periodiche e calibrate si elimina una maggior quantità d'aria ricca di CO₂ riportando le concentrazioni a livelli ottimali e si riesce a mantenere un'umidità relativa sensibilmente più elevata.

L'inserimento di umidificatori non ha risolto il problema della bassa percentuale di umidità relativa, evidenziando un lieve aumento della percentuale senza però arrivare a livelli ottimali.

f) Monitoraggio acustico

Per l'occasione è stato invitato anche un consolidato esperto in acustica ambientale, rumore e vibrazioni, il Prof. Gianpiero Majandi, che dopo aver relazionato sulle principali nozioni ha concretizzato le stesse con prove pratico/dimostrative eseguite sull'immobile in esame; le prove hanno riguardato l'abbattimento acustico tra piani e tra aule e i tempi di riverberazione delle stesse, e la verifica del grado di intelligibilità della parola. Tutti gli ambienti hanno superato i "test" secondo le attuali normative, tranne che per alcune interpareti divisorie prefabbricate in cartongesso, per cui non sono state applicate le norme di posa in opera e le idonee stratigrafie prescritte, e che comunque, con un ulteriore controplaccaggio, si possono portare agli standard delle altre. Altra lacuna riscontrata: l'acustica delle parti comuni (corridoi ecc.) è notevolmente peggiorata da quando, per mettere a norma i carichi d'incendio secondo le ultime normative, è stato tolto il materassino fonoisolante con carta kraft nera collocato sopra le doghe distanziate del controsoffitto; nella stessa operazione si sarebbe dovuto sostituire il materassino con altro tipo di materiale fonoisolante (di classe 0) esistente in commercio.

Per quanto riguarda la palestra, invece, essendo stata rivestita internamente con lo strato isolante e fonoassorbente "Eracoustic 8 cm" su tutte le pareti cieche disponibili, sono stati ottenuti degli ottimi risultati con un esito delle rilevazioni addirittura migliore del calcolo teorico, (formula di Sabine) avendo rilevato un tempo di riverbero di 0,9 sec alla frequenza grave di 125 Hz.

Un'acustica decisamente eccellente (tempo di riverbero 1,3 a sala vuota) per l'auditorium, adatta a una sala polivalente musicale e teatrale, sia dal vivo che con amplificazione (vedi par. 3b).

La sala polivalente adibita alle prove della banda scolastica avrebbe bisogno invece di una fonoassorbenza maggiore perciò si potrebbero usare dei pannelli fono/assorbenti mobili.

Si riportano alcuni grafici dei rilevamenti acustici in alcune aule in cui si rileva che i tempi di riverbero sono soddisfatti e si sono ottenuti ottimi risultati anche relativamente al calpestio.

Anche l'isolamento aereo tra aula e aula è risultato nella norma ad esclusione della parete dell'aula 219 sulla 218 che è risultato 42 dB anziché 50 come da normativa poiché nell'angolo in alto della parete divisoria sono presenti due tubazioni del riscaldamento che non sono state sigillate.



macchina per il calpestio



diffusore acustico omnidirezionale



fonometro/analizzatore

**Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione secondo la ISO 140-7
Misurazione in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai**

Cliente :

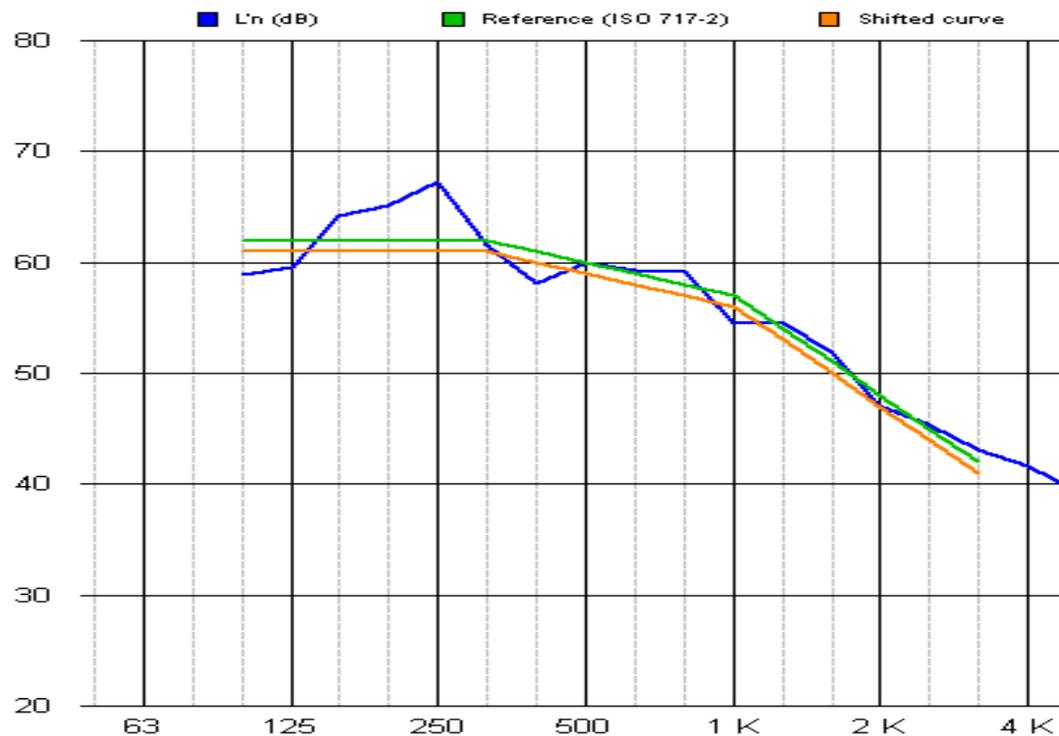
Data del Test : 03/05/07

Descrizione e identificazione dell'edificio, condizioni di misura e direzione della misura :

Istituto Superiore Tione (TN) - Aula 216 Ricevente

Volume della camera ricevente (m³) : 40

| Frequenza f, (Hz) | L'n (terzi di ottave), dB |
|-------------------|---------------------------|
| 50 | . |
| 63 | . |
| 80 | . |
| 100 | 58,9 |
| 125 | 59,5 |
| 160 | 64,2 |
| 200 | 65,1 |
| 250 | 67,3 |
| 315 | 61,6 |
| 400 | 58,1 |
| 500 | 59,9 |
| 630 | 59,3 |
| 800 | 59,2 |
| 1000 | 54,5 |
| 1250 | 54,5 |
| 1600 | 51,8 |
| 2000 | 47,1 |
| 2500 | 45,4 |
| 3150 | 43,1 |
| 4000 | 41,7 |
| 5000 | 39,4 |



Valutazione secondo la ISO 717-2 di **L'n,w (CI) (dB) : 59 (-1)**

Valutazione basata su risultati di misurazioni in opera, ottenuti in terzi di ottave mediante un metodo tecnico progettuale

Report N°:

Ente valutante:

Data : 03/05/2007

Firma :

**Indice di Potere Fonoisolante Apparente secondo ISO 140-4
Misura in opera di isolamento acustico per via aerea tra ambienti**

Cliente :

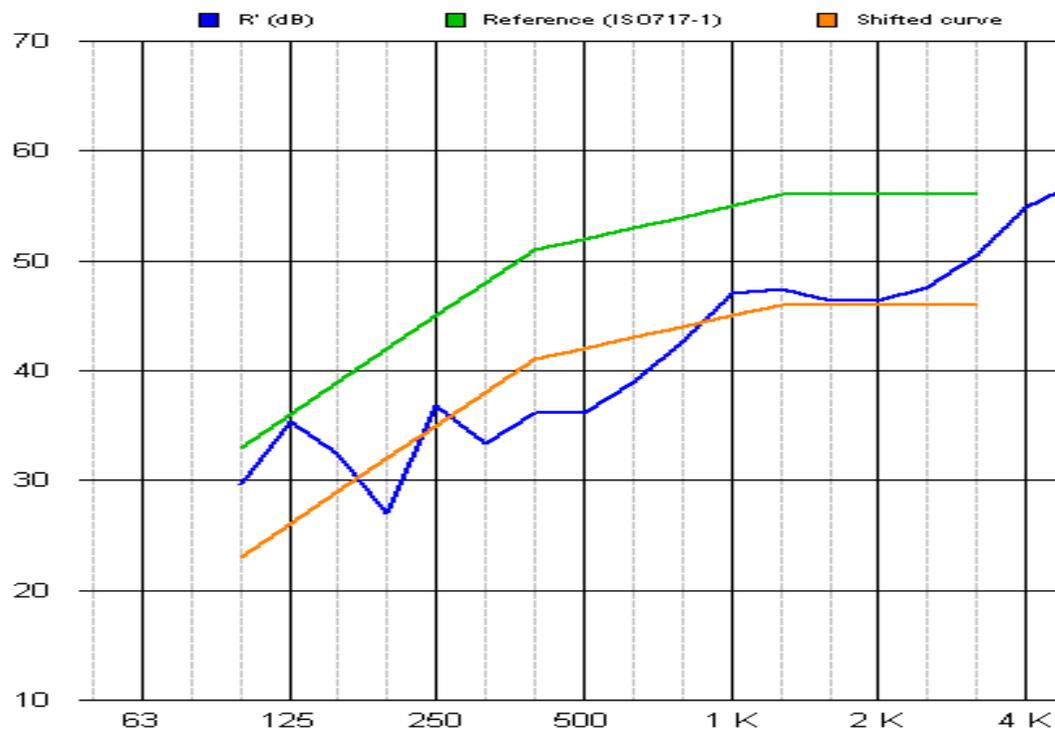
Data del test : 03/05/07

Descrizione e identificazione dell'edificio, condizioni di misura e direzione della misura :
Fondo 218 - RT 218 - Media Ricezione 218 - Media Emissione 219 - Rimozione rumore di fondo - R - Rumore di fondo < 6 dB !

Volume della camera emittente (m³) :
Volume della camera ricevente (m³) : 40

Area del campione (m²) : 14.8

| Frequenza f, (Hz) | R' (terzi di ottava), dB |
|-------------------|--------------------------|
| 50 | . |
| 63 | . |
| 80 | . |
| 100 | 29,6 |
| 125 | 35,3 |
| 160 | 32,4 |
| 200 | 27,0 |
| 250 | 36,8 |
| 315 | 33,4 |
| 400 | 36,1 |
| 500 | 36,1 |
| 630 | 38,9 |
| 800 | >= 42,6 |
| 1000 | >= 47,1 |
| 1250 | >= 47,4 |
| 1600 | 46,4 |
| 2000 | 46,4 |
| 2500 | 47,6 |
| 3150 | 50,5 |
| 4000 | 54,9 |
| 5000 | 57,0 |



Valutazione secondo ISO 717-1 di R'w (C ; Ctr) (dB) : 42 (-1 ; -4)
Valutazione basata su risultati di misurazioni in opera, ottenuti in terzi di ottave mediante un metodo tecnico progettuale

Report N°:

Ente valutante :

Data : 03/05/2007

Firma :

**Indice di Potere Fonoisolante Apparente secondo ISO 140-4
Misura in opera di isolamento acustico per via aerea tra ambienti**

Cliente :

Data del test : 03/05/07

Descrizione e identificazione dell'edificio, condizioni di misura e direzione della misura :

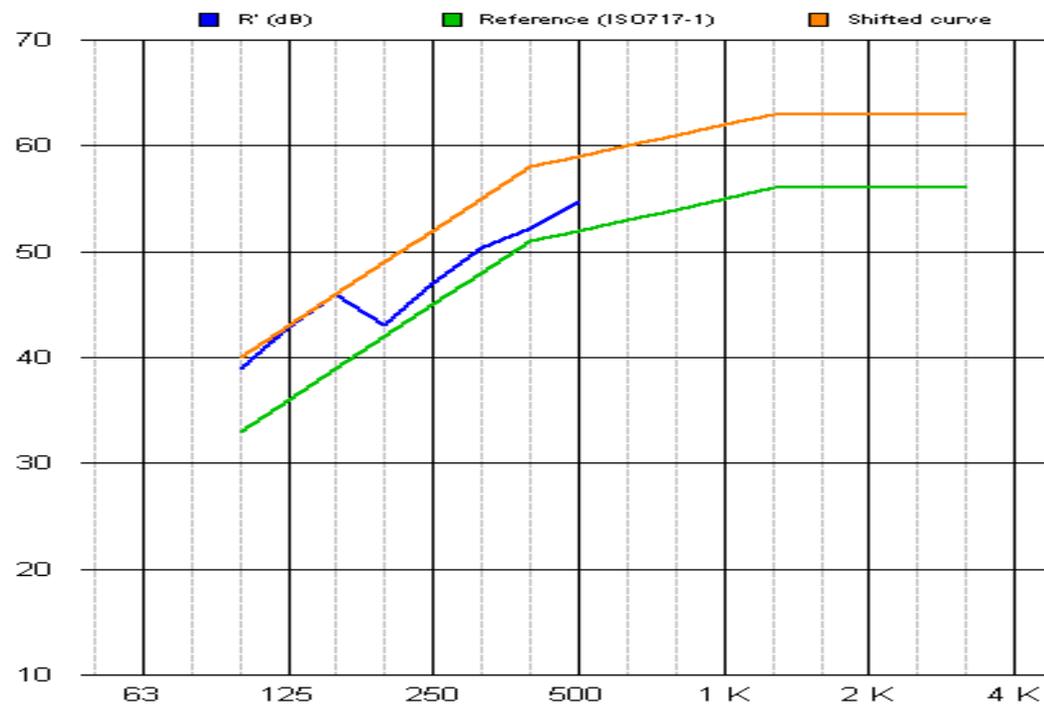
Media Emissione 219 - Media Ricezione Aerea 126 - RT Ricevente 126 - Fondo Ricevente 126 - Rimozione rumore di fondo - R - Rumore di fondo < 6 dB !

Volume della camera emittente (m³) :

Area del campione (m²) : 14.8

Volume della camera ricevente (m³) : 40

| Frequenza f, (Hz) | R' (terzi di ottava), dB |
|-------------------|--------------------------|
| 50 | . |
| 63 | . |
| 80 | . |
| 100 | 38,9 |
| 125 | 42,9 |
| 160 | 46,0 |
| 200 | 43,1 |
| 250 | 47,0 |
| 315 | 50,3 |
| 400 | 52,2 |
| 500 | >= 54,7 |
| 630 | --- |
| 800 | --- |
| 1000 | --- |
| 1250 | --- |
| 1600 | --- |
| 2000 | --- |
| 2500 | --- |
| 3150 | --- |
| 4000 | --- |
| 5000 | --- |



Valutazione secondo ISO 717-1 di **R'w (C ; Ctr) (dB) : 59 (-1 ; -6)**

Valutazione basata su risultati di misurazioni in opera, ottenuti in terzi di ottave mediante un metodo tecnico progettuale

Report N°:

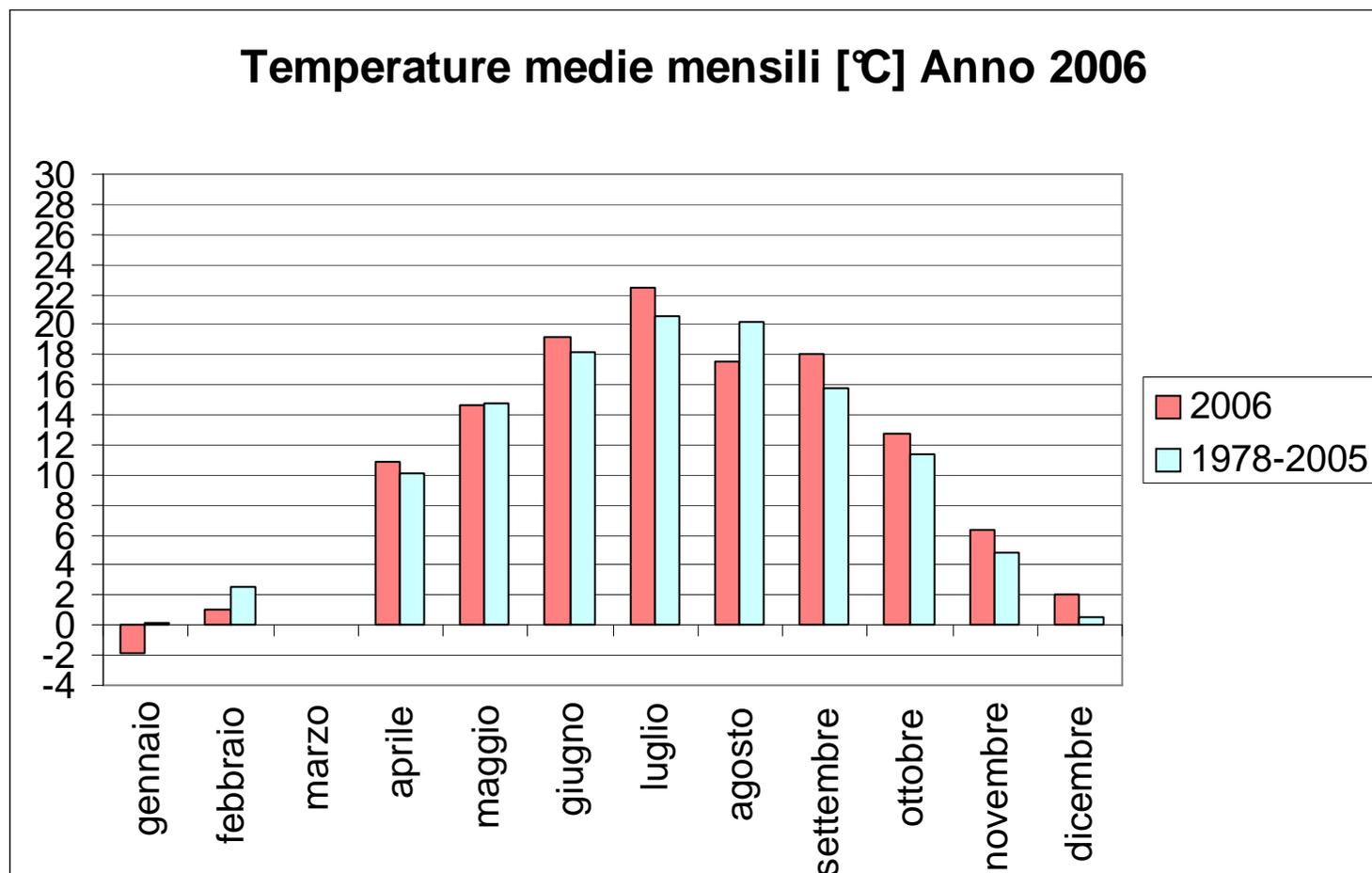
Ente valutante :

Data : 03/05/2007

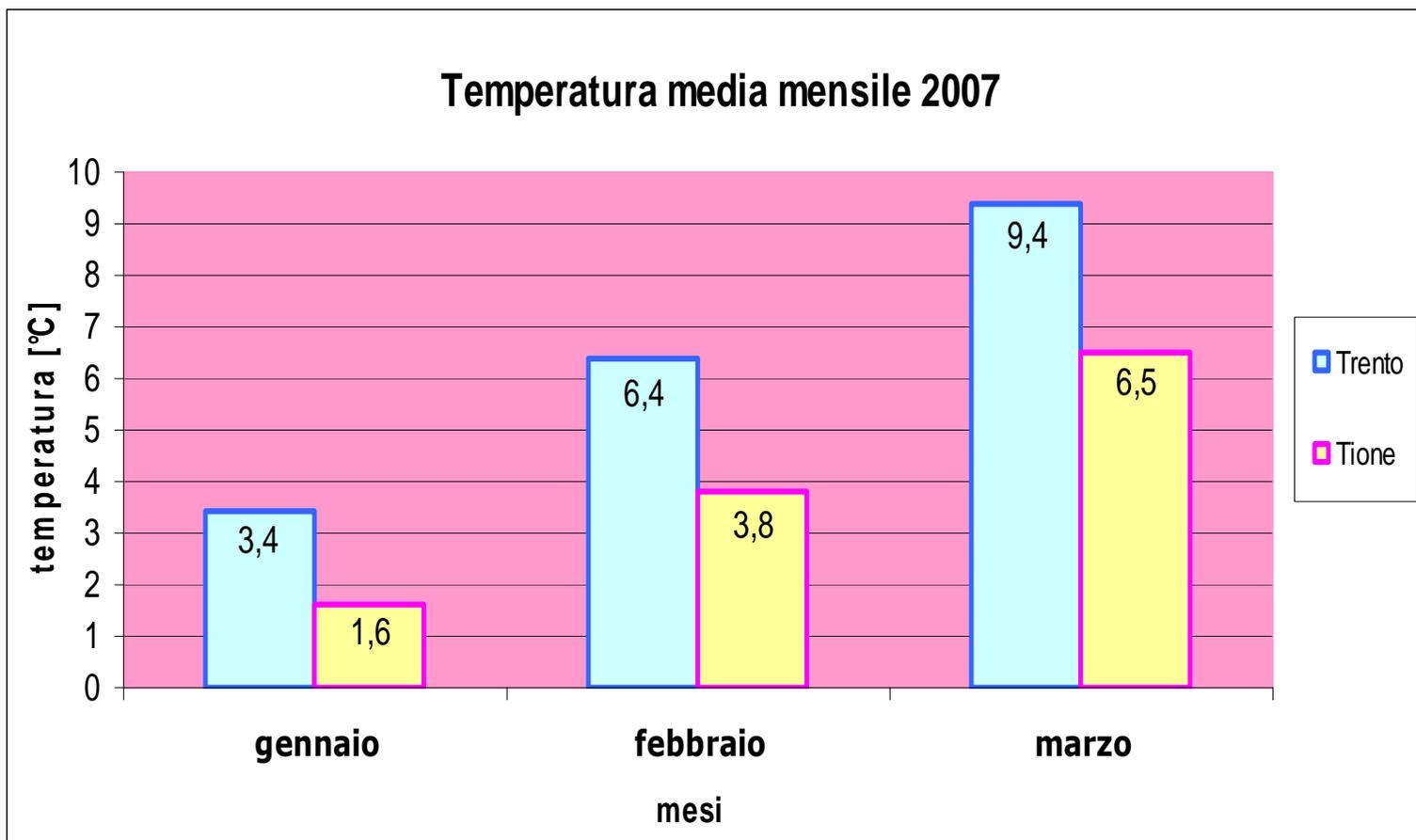
Firma :

g) Stazione meteo (condizioni climatiche riferite al paese di Tione)

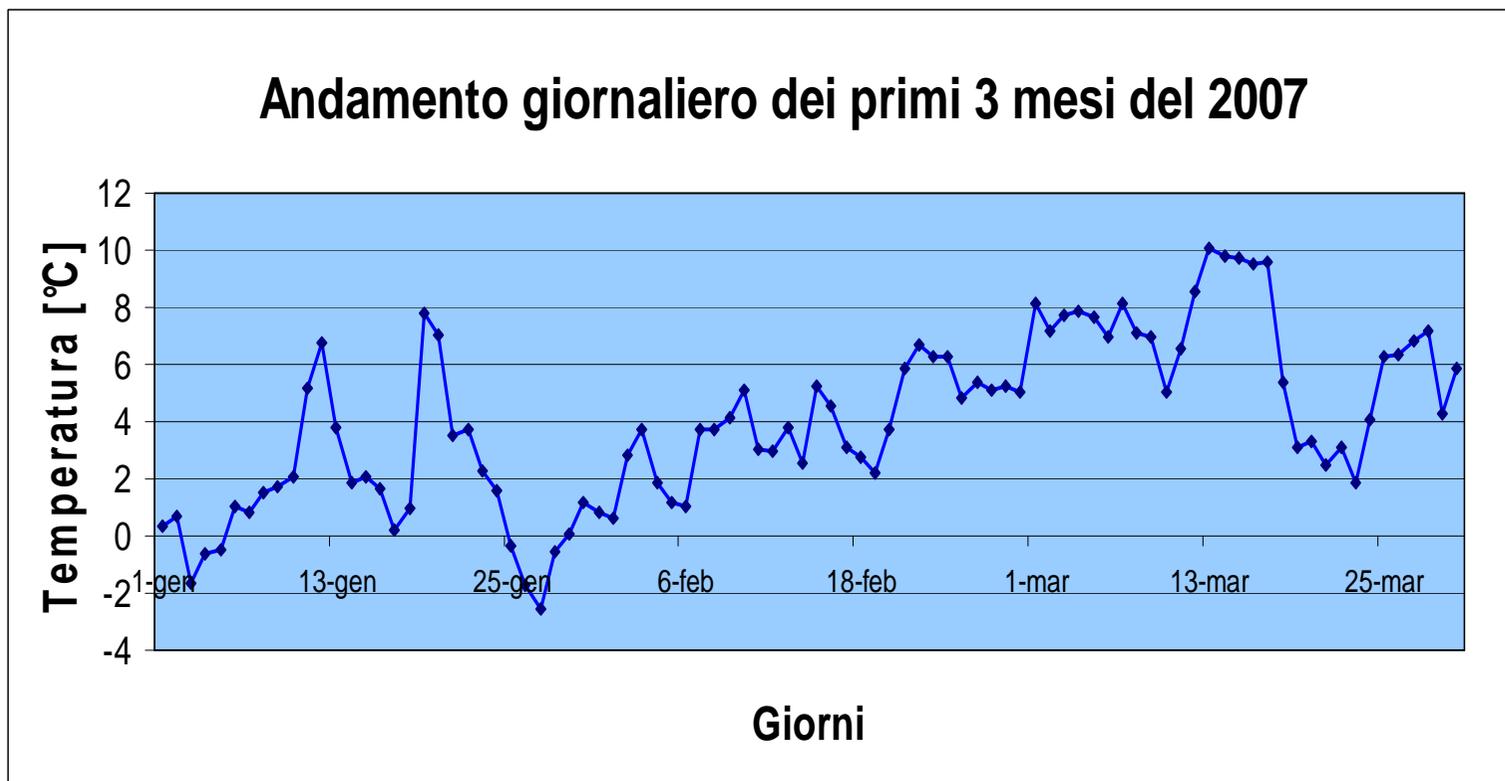
Dai grafici mensili si può ricavare un report riassuntivo delle **temperature** ricavate a Tione di Trento nel corso dell'anno 2006 (mese di marzo: dati non disponibili) comparate con la media degli anni precedenti.



Questo grafico ci mostra la differenza della **temperatura media** dei primi 3 mesi dell'anno 2007 tra due zone diverse del Trentino Alto-Adige. I primi dati sono riferiti alla zona di Trento, mentre gli altri si riferiscono alla zona delle Giudicarie, precisamente a Tione di Trento. Possiamo notare che per questo inizio anno il clima a Trento è stato più mite, vicino alle medie anomale stagionali, mentre a Tione la temperatura è risultata più bassa, anche se elevata rispetto agli anni passati.

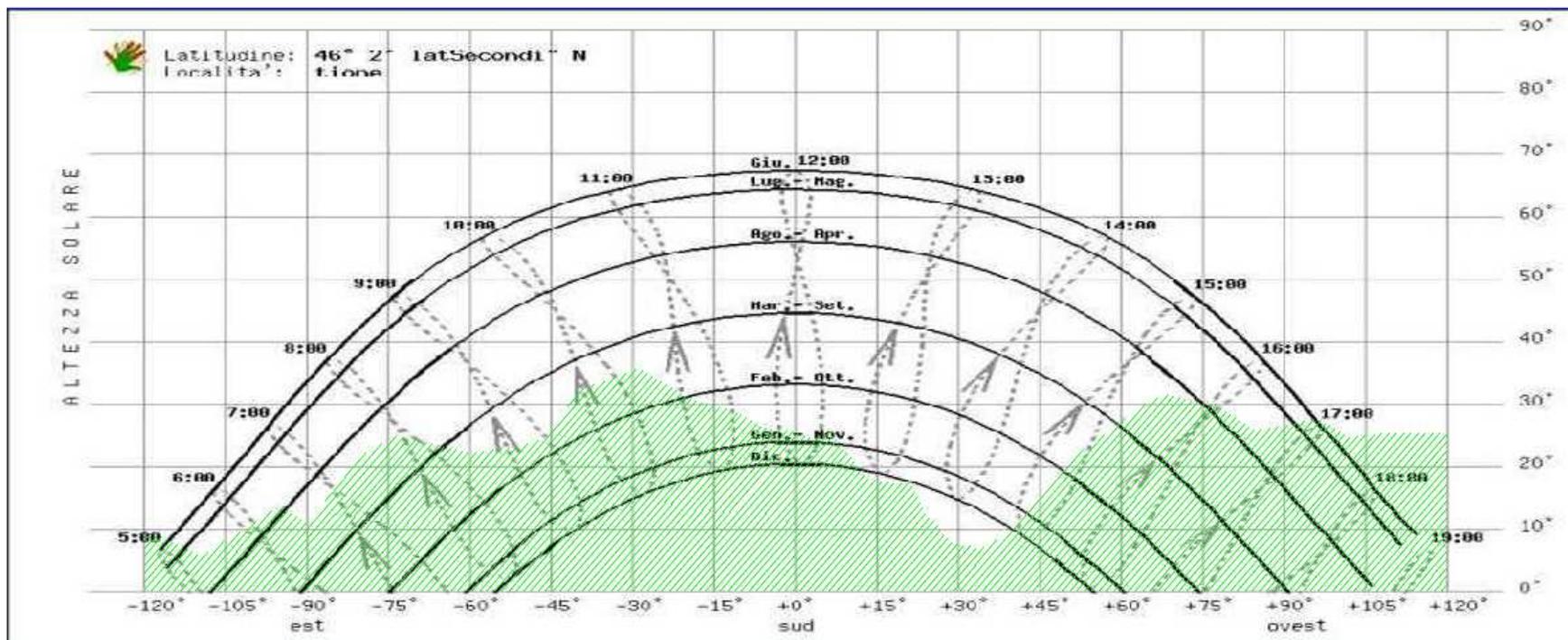


La stazione meteorologica di Tione di Trento nei primi tre mesi dell'anno ha registrato un andamento piuttosto regolare, con la tendenziale crescita della **temperatura**. Evidenti 3 sbalzi di temperatura, 2 registratisi nel mese di gennaio, picchi di 6 °C e 8°C e abbassamenti fino a toccare i -2°C nel giro di 12 giorni. Altro sbalzo da sottolineare è quello di metà marzo, che vede la temperatura aumentare a 10°C per poi ridiscendere sui 2°C/4°C. Questi mesi però registrano un anomalo clima invernale-primaverile, con temperature inconsuete per la stagione: soprattutto gennaio, il mese solitamente più freddo dell'anno, registra temperature molto alte rispetto agli anni passati.



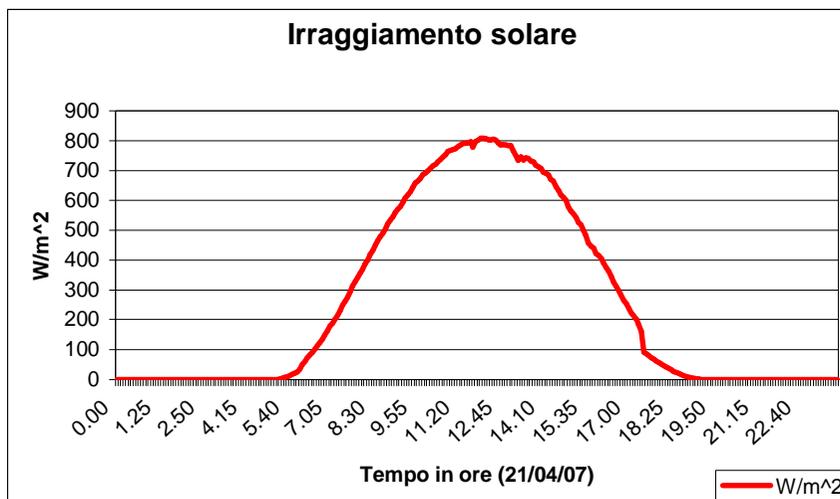
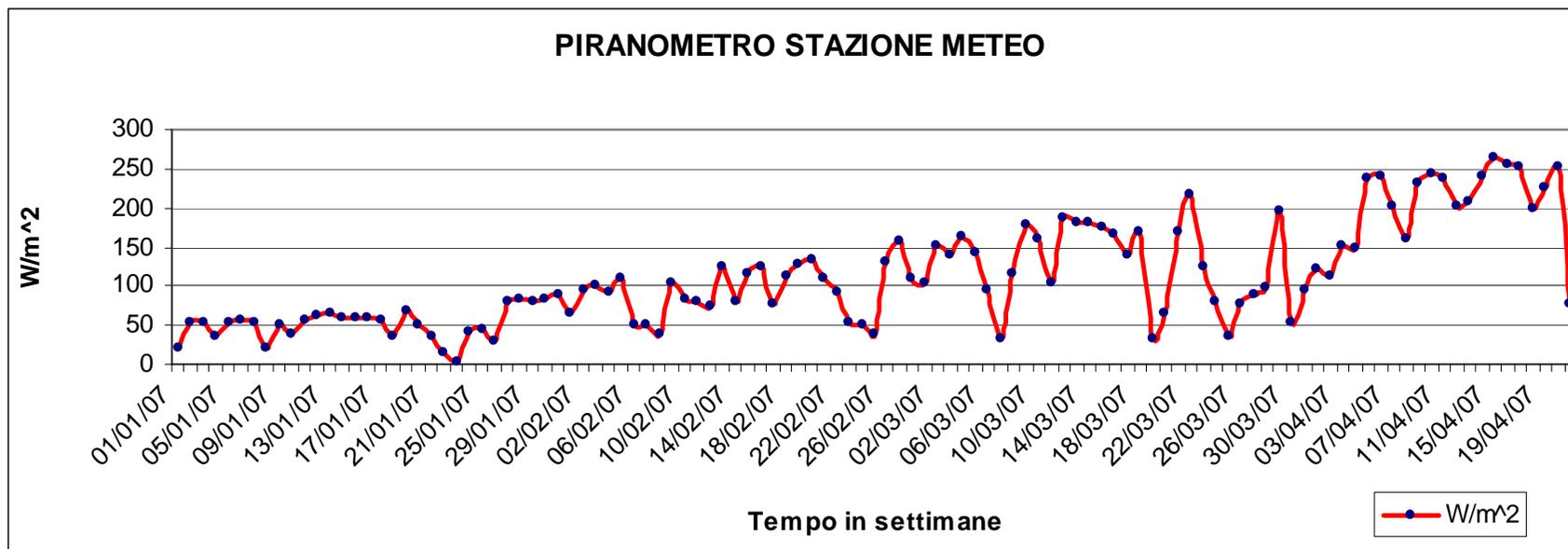
Nel calcolo dell'**irraggiamento** bisogna tener conto della fondamentale presenza delle montagne, infatti esse coprono il Sole e non permettono una radiazione diretta, rendendo possibile solo quella diffusa (riflessa dal cielo e dalle nuvole).

Il profilo orografico, da noi realizzato, mostra il profilo delle montagne che circondano Tione e la posizione del Sole nei diversi mesi dall'alba al tramonto.



Possiamo notare che nei mesi di novembre, dicembre, gennaio il Sole è quasi sempre coperto dalle montagne fuorché dalle 13 alle 15; nei mesi di febbraio e ottobre il sole è presente dalle 11 alle 15; nei mesi di marzo e settembre dalle 8 alle 15; nei mesi di agosto e aprile dalle 6 alle 16; infine nei mesi di maggio, giugno e luglio dalle 5 alle 17.

Con l'installazione della stazione meteo sul tetto del nostro edificio abbiamo avuto la possibilità, grazie al piranometro, di rilevare i dati relativi all'**irraggiamento** che, nei dati climatici di Tione disponibili fino ad ora, non era riportato.



Altro parametro importante da considerare è l'**inclinazione dei raggi solari**.

L'inclinazione dei raggi solari all'istante di culminazione del Sole (mezzogiorno locale vero), è data da due fattori:

- la latitudine del punto di osservazione (al mezzogiorno locale del 21 marzo, il Sole all'equatore è visto allo zenit, mentre al Polo Nord è visto all'orizzonte)
- la declinazione del Sole, ovvero la distanza del Sole dall'equatore celeste. Questa quantità varia durante l'anno e può assumere valori compresi tra $+23,45^\circ$ e $-23,45^\circ$ (corrispondenti al solstizio d'estate e al solstizio d'inverno) ed è ricavabile da una opportuna tabella, valida per tutti i luoghi della Terra.

La formula per calcolare l'altezza sull'orizzonte di un astro qualsiasi nel momento della sua culminazione è

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta$$

La latitudine (φ) di Tione è pari a 46° circa.

La declinazione (δ) è ricavabile attraverso una complessa formula, elaborata da Cooper, con la quale si ricavano i seguenti valori.

| Gen | Feb | Mar | Apr | Mai | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|--------|--------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------|--------|
| -20,92 | -12,95 | -2,42 | 9,41 | 18,79 | 23,09 | 21,18 | 13,45 | 2,22 | -9,6 | -18,91 | -23,05 |

La terra riceve dal sole 1366 W/m^2 (costante solare). Questa è riferita ad una superficie piana perpendicolare ai raggi solari, ai limiti dell'atmosfera; occorre quindi considerare che la terra è una sfera che ruota su se stessa e che le radiazioni solari devono attraversare l'atmosfera.

L'atmosfera filtra in una certa misura i raggi solari come ogni corpo provocando:

- una riflessione dei raggi;
- un assorbimento che ne provoca un aumento di temperatura, a seguito della quale in accordo con la legge di Wien il corpo riemette radiazioni;
- una parte della radiazione attraversa l'atmosfera senza modificazioni. Prende il nome di radiazione netta.

La stratosfera assorbe i raggi ultravioletti grazie all'Ozono (assorbe le radiazioni di 200-300 nm di lunghezza d'onda), la troposfera riflette, assorbe e diffonde l'infrarosso grazie al vapore acqueo e alla CO_2 .

L'ultimo parametro rilevato dalla nostra stazione meteo è l'**umidità** che è la quantità di vapore acqueo presente nell'atmosfera.

L'**umidità assoluta** è la quantità di vapore acqueo espressa in grammi contenuta in un metro cubo d'aria. È un valore di scarso interesse perché dipende dalla pressione dell'aria. Più utile è invece l'**umidità** specifica, cioè la quantità di vapore in grammi contenuta in un chilo d'aria, valore che rimane costante indipendentemente dalla pressione.

L'**umidità relativa** (U.R.) invece è un valore molto importante e facilmente misurabile. Indica il rapporto tra la quantità di vapore contenuto in una massa d'aria e la quantità massima che può essere contenuta nelle stesse condizioni di temperatura e pressione, cioè quando è satura. Si misura in percentuale. Se l'umidità relativa è al 100% non significa che c'è solo vapore acqueo, ma che quella massa d'aria contiene la massima quantità di vapore contenibile in quelle condizioni senza che si condensi.

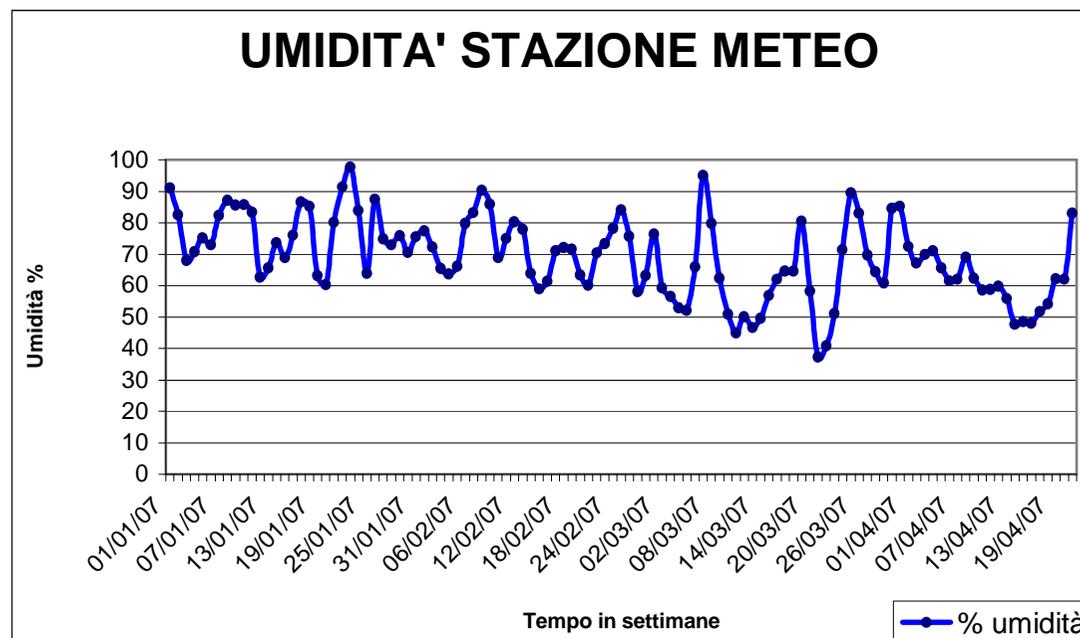
La quantità di vapore che può essere contenuta da una massa d'aria decresce al diminuire della temperatura, e diventa nulla a -40° . (Questo valore coincide nelle scale Celsius e Fahrenheit). Lo strumento usato per misurare l'umidità si chiama igrometro la cui scala è graduata da 0% a 100%.

Normalmente alle nostre latitudini l'umidità relativa è tra il 30% e il 100%.

L'**umidità specifica** (o **grado di umidità**) è una grandezza fisica che misura l'umidità presente in una massa d'aria. Si definisce come il rapporto della massa del vapore acqueo sulla massa dell'aria secca presente nello stesso volume d'aria umida.

Dati rilevati dalla nostra stazione meteo dell'umidità relativa media nei mesi:

- Gennaio: 77,50%
- Febbraio: 71,88%
- Marzo: 63,49%
- Aprile: 61,52%



5. Analisi dei dati e dei consumi

a) Identificazione dei problemi relativi alla prestazione energetica dell'involucro edilizio

Lo scopo di questo progetto è stato anche quello di individuare gli elementi strutturali più soggetti alla dispersione di calore sia per tipologia che per estensione ed esposizione. Dall'analisi del costruito e dai disegni relativi (vedi cap. 3) si evince che, nella progettazione, è stato molto curato l'aspetto dei ponti termici e, per i tempi in cui è stata costruita la scuola, la struttura è stata superisolata, tant'è che ancora oggi risulta all'altezza dell'attuale normativa. A riprova di questo, dal confronto delle termografie effettuate sui due corpi, nuovo e vecchio, dell'edificio evidenziano differenze significative solamente per quanto riguarda gli infissi.

Infatti le strutture che disperdono maggiormente calore sono le finestre, soprattutto quelle posizionate sul lato nord dell'edificio, in quanto, pur montando un triplo vetro, sono state realizzate senza taglio termico.

Abbiamo rilevato che le perdite più ingenti sono dovute a comportamenti scorretti degli utenti riguardo alla ventilazione delle aule. Questa dispersione avviene quando si "cambia l'aria" nelle aule con le modalità più disparate, spesso lasciando l'apertura a "dry keep" per tutta la durata delle lezioni.



Termografia di confronto tra parte nuova e vecchia dell'edificio

Così come si disperde, il calore si può ricevere da fonti esterne o interne all'edificio che hanno temperatura maggiore. La fonte di guadagno più ingente è la presenza delle persone, fattore molto rilevante nel nostro edificio poiché sono presenti circa 900 alunni.

Oltre a questo, i guadagni maggiori derivano dall'apporto solare derivante dalle finestre posizionate sul lato sud dell'edificio, tant'è che in alcuni locali sarebbe opportuno prevedere degli schermi solari per evitarne il surriscaldamento.

Infine sono presenti altri guadagni gratuiti interni dovuti alle apparecchiature elettriche quali lampade, fotocopiatori, computer, lavagne luminose, ecc. che emettono calore durante il loro funzionamento.

L'attuale regolazione dell'impianto non tiene assolutamente conto di questi apporti gratuiti per cui nell'edificio si rilevano marcate differenze di temperatura e di comfort.

b) Individuazione inefficienza impiantistica

Sistema installato e sua componentistica

Nonostante l'ultimo inverno sia stato piuttosto mite e nonostante il sistema di monitoraggio installato misuri soltanto una parte dei fabbisogni termici, si può affermare che, a causa delle norme di progettazione, la potenza termica delle caldaie installate è sovrastimata. Infatti, a fronte dell'installazione delle tre caldaie di 327 kW, 790 kW e 988 kW di potenza ognuna, aventi una potenza complessiva di 2015 kW (il rendimento reale non è stato considerato), la curva di carico termico (*vedi figura*), ottenuta per il periodo che va da novembre ad aprile, mostra l'effettivo sovradimensionamento delle potenze in gioco.

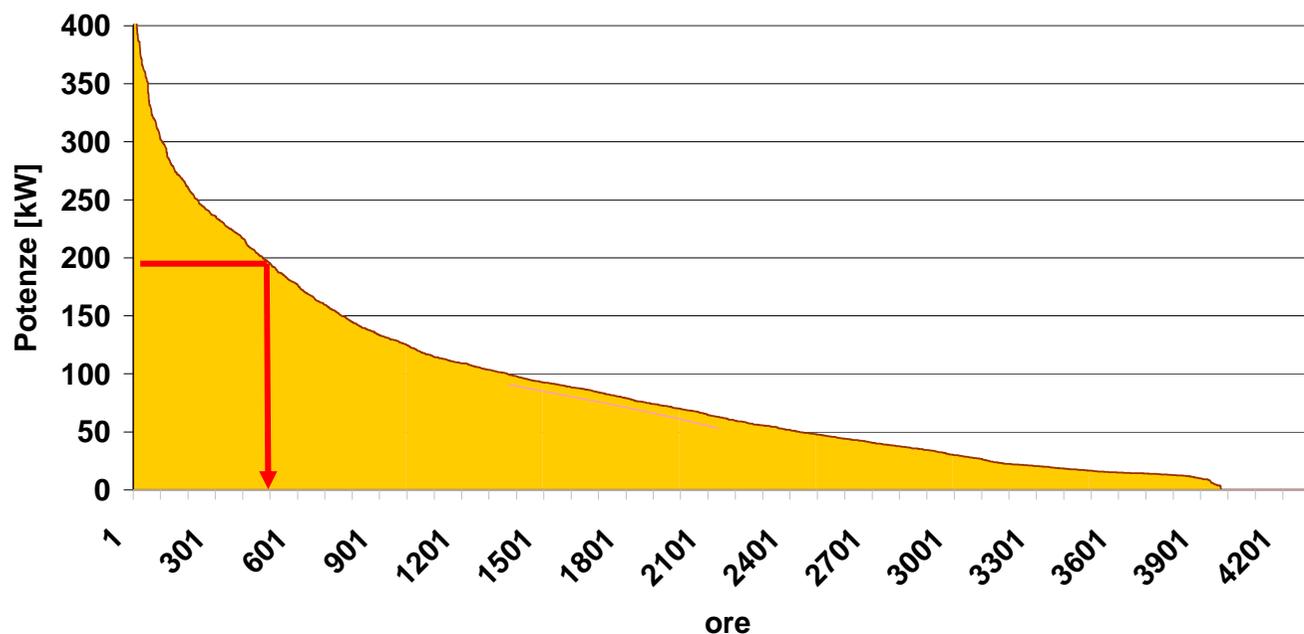
Osservando il profilo dei carichi termici, infatti, si vede che 200 kW di potenza vengono utilizzate solo per 600 h. Inoltre è stato accertato che la caldaia da 988 kW non è stata mai utilizzata dalla sua installazione.

Un altro componente richiesto dalle norme, che è stato installato e mai utilizzato, è la macchina frigorifera a compressione di 100 kW di

potenza frigorifera pensata per la climatizzazione dei locali e per la deumidificazione dell'aria del sistema di ventilazione dell'auditorio, della palestra e della sala polivalente.

Infine, vi sono due bollitori elettrici di 10kW di potenza ognuno per la produzione di acqua calda sanitaria destinata agli spogliatoi adiacenti alla palestra durante il periodo estivo. Questa scelta di utilizzare energia elettrica per la produzione di ACS è da considerarsi una delle scelte meno sostenibili dal punto di vista energetico.

**Curva di carico: potenza termica
(1°Lotto e multisale)
da novembre ad aprile**



c) Analisi dei dati raccolti relativi ai consumi e costi relativi (tipo di contratti e bollette)

Nel corso dell'anno scolastico 2006-07, abbiamo analizzato i dati relativi ai consumi di energia elettrica, gasolio e acqua potabile sostenuti dall'Istituto dal 2002 al 2006.

L'analisi è stata svolta dagli studenti della classe 4RIA con la supervisione di due docenti e ha comportato la rilevazione dei dati di tutte le fatture di acquisto e dei contratti di fornitura relativi al periodo in esame.

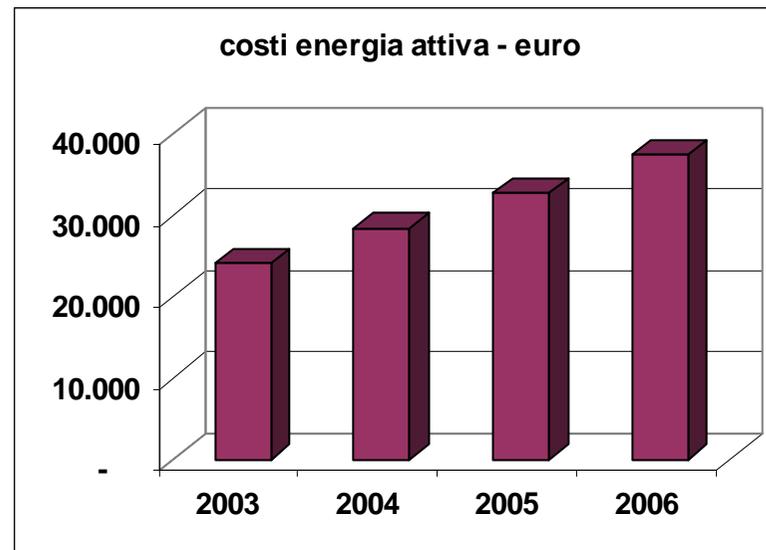
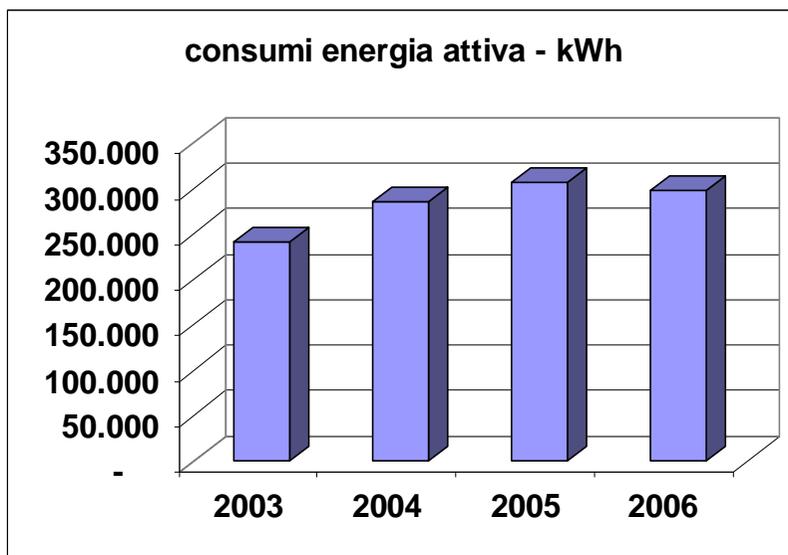
Energia elettrica

La rilevazione dei dati ha presentato qualche difficoltà per la complessità della tariffazione e della sua variabilità nel tempo, soprattutto ai fini fiscali.

Le voci di costo considerate sono state le seguenti:

Energia attiva: è l'energia che effettivamente viene usata per produrre lavoro meccanico, calore o altre forme di energia. L'unità di misura più usata, nella misurazione dell'energia elettrica, è il kWh (chilowattora). Altre unità di misura: il Joule (J), la caloria (cal).

Dalla rilevazione dei dati si è potuto constatare un consumo complessivo abbastanza uniforme negli ultimi tre anni (di poco inferiore ai 300.000 kWh annui) ma con un costo per l'energia consumata in crescita costante di oltre il 10% annuo per i noti incrementi della bolletta energetica (vedi grafici sottostanti)



Energia reattiva: è un tipo di energia che non può essere usata per produrre lavoro e si genera (nelle correnti alternate) se l'onda della tensione è sfasata rispetto alla corrente. Va generalmente evitata – mediante appositi impianti detti di “rifasamento” per evitare di impegnare inutilmente i cavi adibiti al trasporto di energia elettrica.

Dall'esame delle bollette abbiamo rilevato che le tariffe per l'energia reattiva addebitate alla nostra scuola sono trascurabili (nell'ordine di poche decine di euro annui), il che significa che disponiamo di un buon impianto di rifasamento.

Potenza: è la capacità di compiere lavoro nell'unità di tempo. Più alta è la potenza disponibile, più rapidamente il lavoro potrà essere svolto. L'unità di misura più usata in elettrotecnica è il kW (chilowatt) che è un multiplo del W (Watt). Moltiplicando la potenza utilizzata per il tempo d'impiego si ottiene l'energia attiva consumata. Ad ogni utente viene assegnata una quota di potenza impegnata in base alle sue esigenze (per la nostra scuola 100 kW) e viene addebitata una tariffa per ogni kW impegnato. Se la quota impegnata viene superata, l'utente dovrà pagare una penale.

Salvo alcune eccezioni, in cui l'impegno di potenza ha superato il limite concesso, si è rilevato che il costo addebitato per l'impegno di potenza è stato pressoché costante (attorno ai 300 € mensili)

Quota per punto di prelievo: è un costo fisso che l'Azienda addebita all'utente per recuperare alcuni costi del servizio.

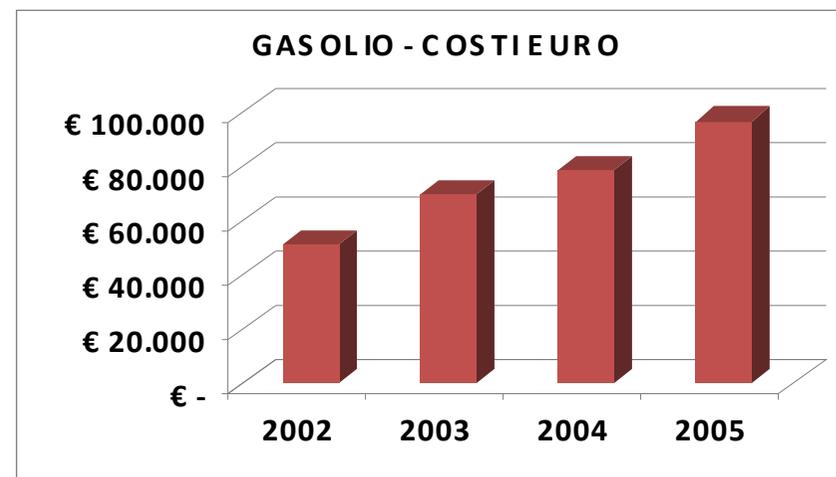
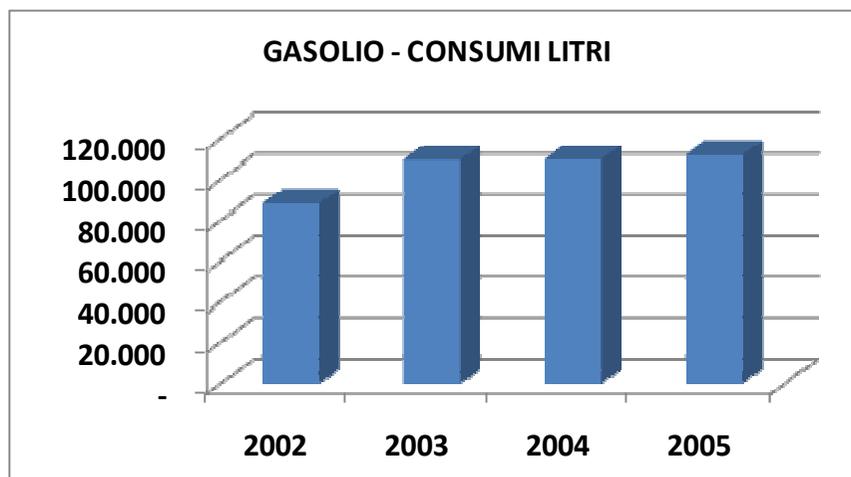
E' interessante notare che – mentre il costo dell'energia attiva ha registrato un considerevole incremento nel tempo – le altre voci di costo si sono mantenute pressoché costanti o hanno subito un incremento assai più modesto. Per questo motivo, la composizione del costo totale per l'energia elettrica, ha visto, nel corso degli ultimi tre anni, un certo aumento percentuale di incidenza dell'energia attiva (dal 79 all' 82%), come si rileva dai grafici seguenti:



Nota di accredito e nota di addebito: Il costo effettivamente a carico della scuola è inferiore del 50% circa rispetto a quello addebitato all'utenza privata. Infatti, dopo aver emesso la regolare fattura, l'Azienda Servizi Municipalizzati accredita alla scuola l'importo corrispondente ai consumi di energia. Successivamente l'ASPE (Azienda Provinciale a ciò preposta) riaddebita alla scuola i consumi a una tariffa ridotta. Tale trattamento è riservato agli enti pubblici provinciali, in quanto la Provincia distribuisce gratuitamente agli stessi il valore corrispondente a circa 150 milioni di kWh che provengono dai grandi produttori di energia elettrica, tenuti a corrisponderli alla Provincia quale indennizzo per la concessione all'utilizzo delle risorse idroelettriche del territorio.

Gasolio

Per quanto riguarda i consumi di gasolio, avevamo a disposizione le sole fatture di acquisto, dalle quali è difficile ottenere dati precisi circa i consumi mensili. Più precisa è invece la rilevazione dei consumi e dei costi annui. Anche per il gasolio si è rilevato un andamento simile a quello dell'energia attiva: mentre i consumi si sono mantenuti pressoché costanti (circa 100.000 litri annui), i costi sono notevolmente incrementati per effetto degli aumenti del prezzo del gasolio. La situazione è efficacemente illustrata dai seguenti grafici:



Acqua Potabile

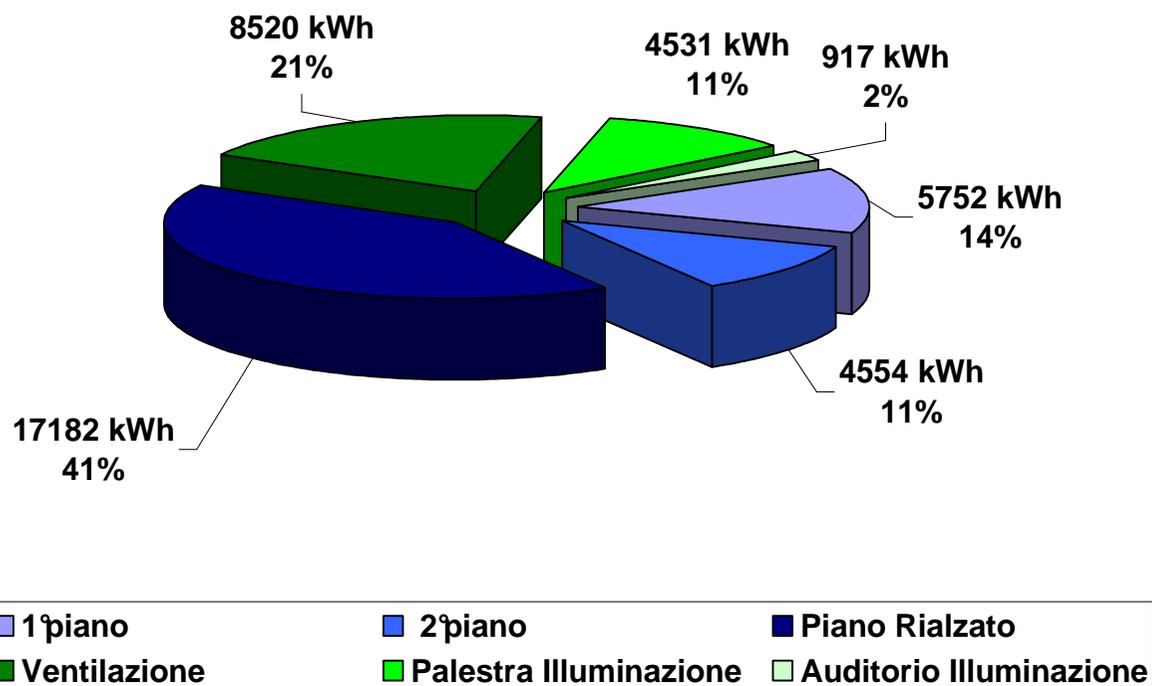
Dalla rilevazione dei dati delle bollette, risulta un consumo – negli anni – pressoché costante, attorno agli 8.000 mc annui. I costi hanno invece subito un leggero incremento (da 7.563,52 € nel 2003 a 7.828,16 € nel 2006), soprattutto per l'incremento del canone di depurazione.

d) Valutazione incidenza carico elettrico

Funzionamento dell'impianto elettrico e sua gestione

Da un'analisi generale dei dati acquisiti durante la campagna di monitoraggio, è emersa la seguente ripartizione dei consumi di energia elettrica:

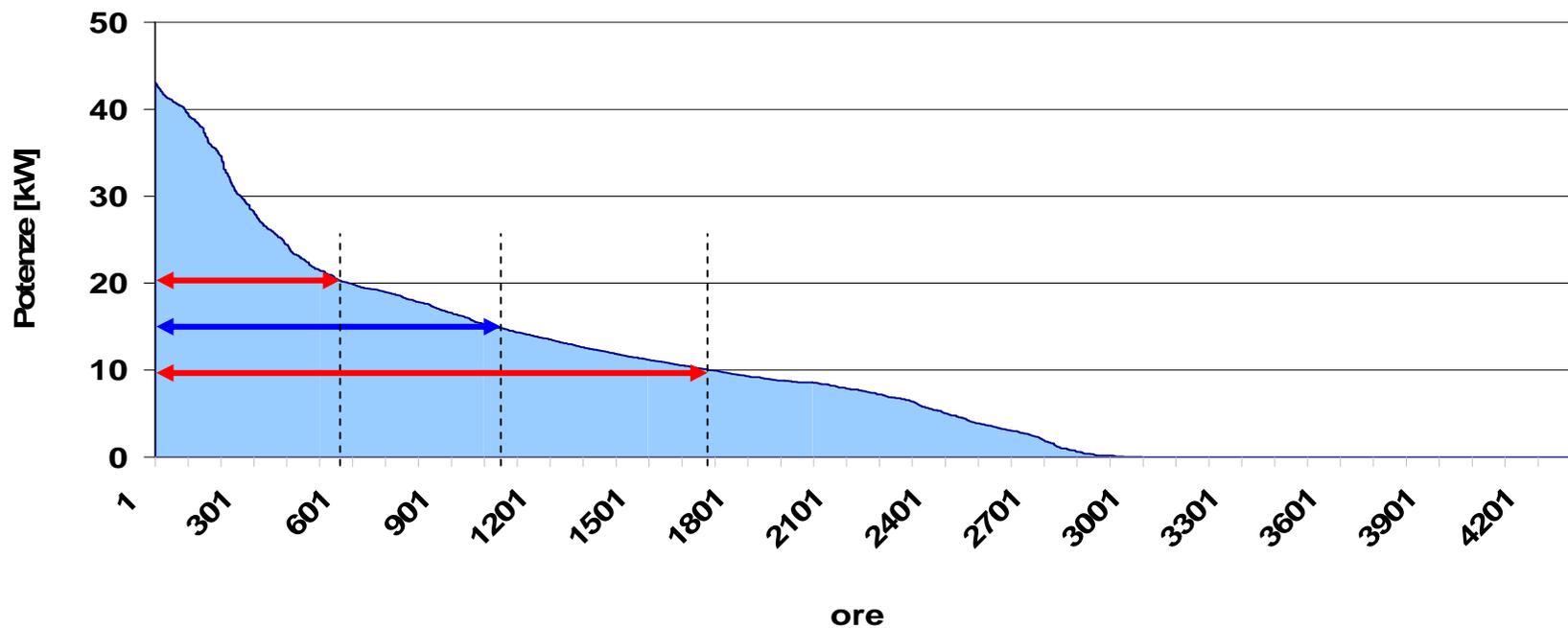
**Ripartizione dell'utilizzo dell'energia elettrica nelle diverse applicazioni da novembre ad aprile
TOT= 41,456 MWh**



- Il 41% del consumo totale è stato registrato nel piano rialzato. Ciò è giustificato dal fatto che in questo piano sono situati, oltre che alle aule, gli uffici, la cancelleria e la parte amministrativa della scuola;
- Il 21% del consumo totale invece è imputabile alla sola ventilazione della palestra, teatro e auditorio e quindi al funzionamento dei soli ventilatori.

Per quanto riguarda le potenze in gioco, dal grafico della curva di carico elettrico (*vedi figura*) è possibile verificare che, a parte un intervallo limitato di ca. 600 ore in cui si hanno picchi oltre i 20 kW, la potenza elettrica utilizzata per più di 1800 ore si aggira intorno ai 10 kW (freccie rosse).

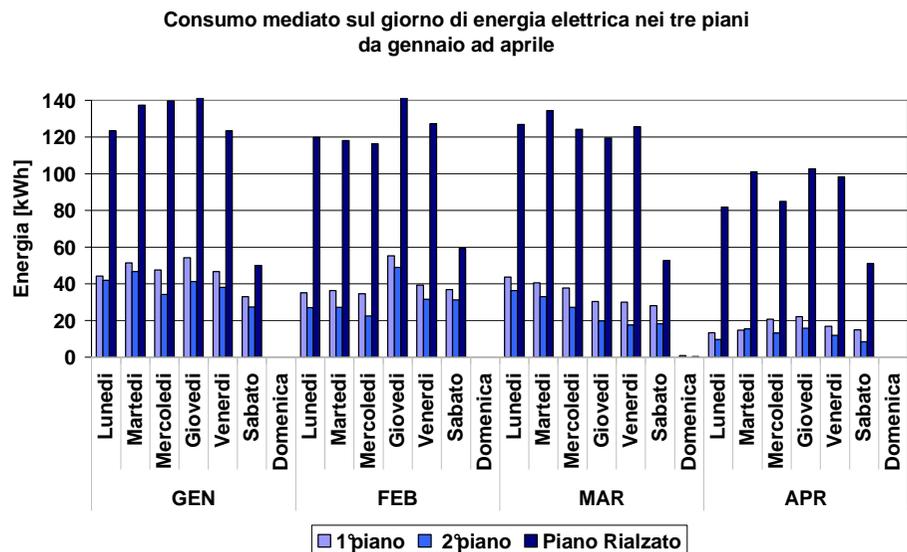
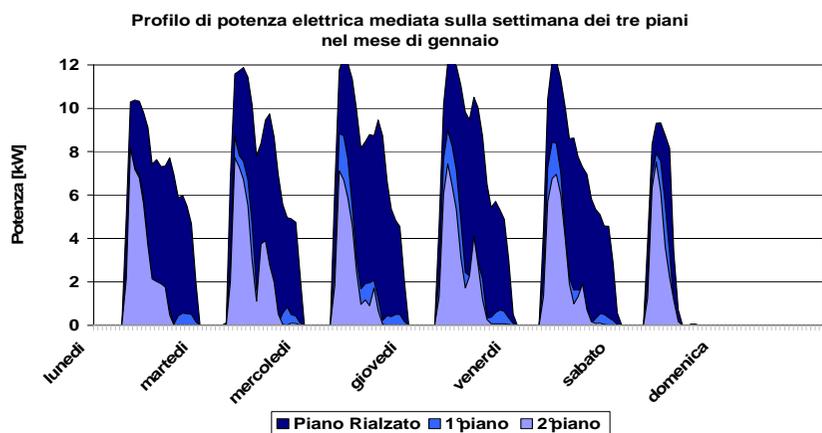
**Curva di carico: potenza elettrica totale
(1° lotto, illuminazione palestra e auditorio, ventilazione)
da novembre ad aprile**



NOI E IL RISPARMIO ENERGETICO

Dai profili di potenza tracciati per tutti e tre i piani dell'edificio monitorato e dai consumi di energia settimanali medi, si evidenzia invece che:

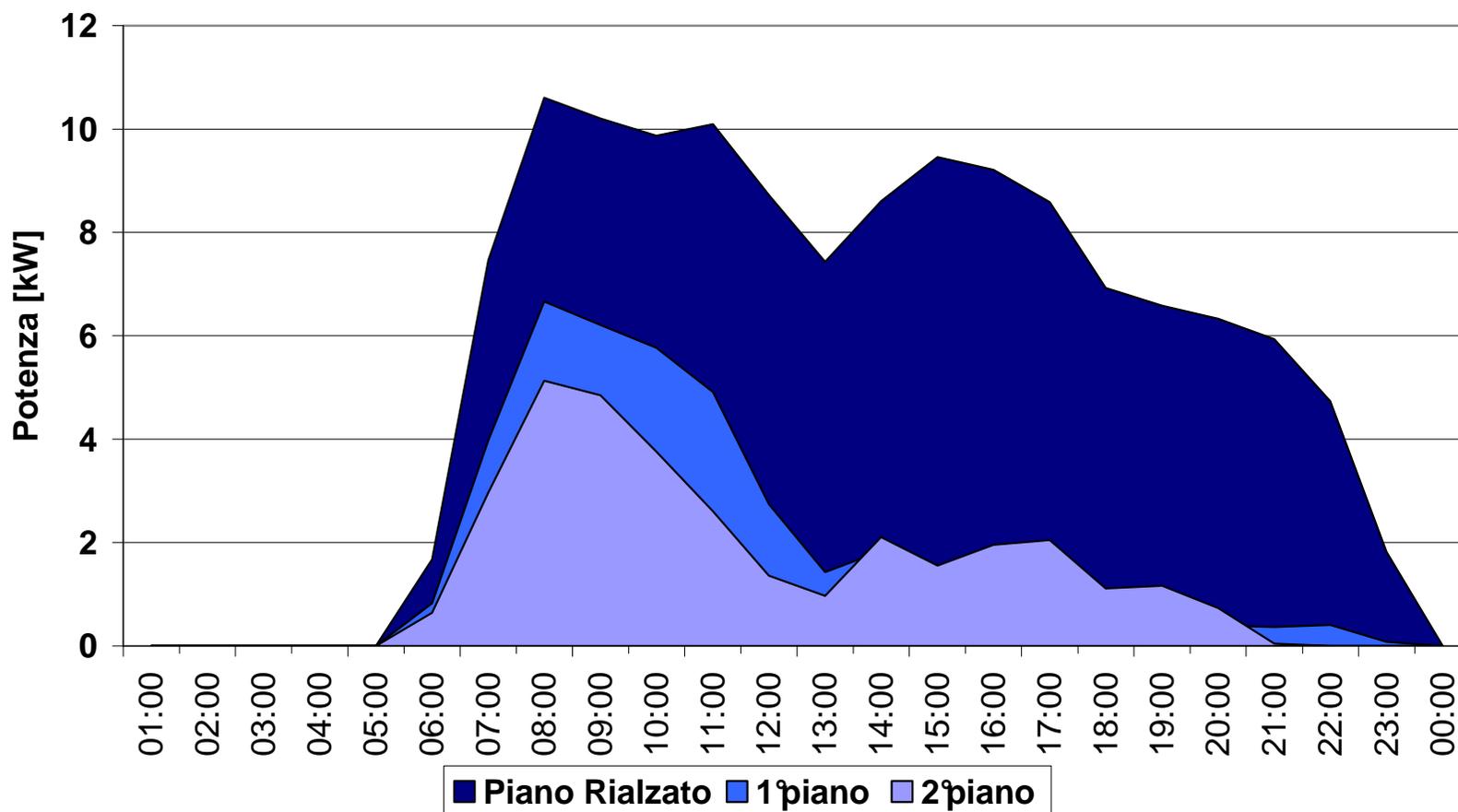
- nonostante al secondo piano ci siano le aule multimediali e di disegno, non si hanno delle grosse differenze nei consumi rispetto al primo piano;
- il sabato pomeriggio e la domenica non si hanno consumi elettrici.



Osservando nel particolare i profili dei carichi elettrici giornalieri si nota che i picchi di richiesta dell'energia si registrano durante l'orario scolastico. Inoltre:

- Nel piano rialzato alle ore 7:00 si registrano mediamente 7kW di potenza elettrica richiesta; alle ore 22:00 6kW di potenza elettrica richiesta;
- nel 1° e 2° piano al di fuori dell'orario scolastico si hanno forti diminuzioni dei consumi.

Profilo di potenza elettrica media giornaliera dei tre piani nel mese di marzo

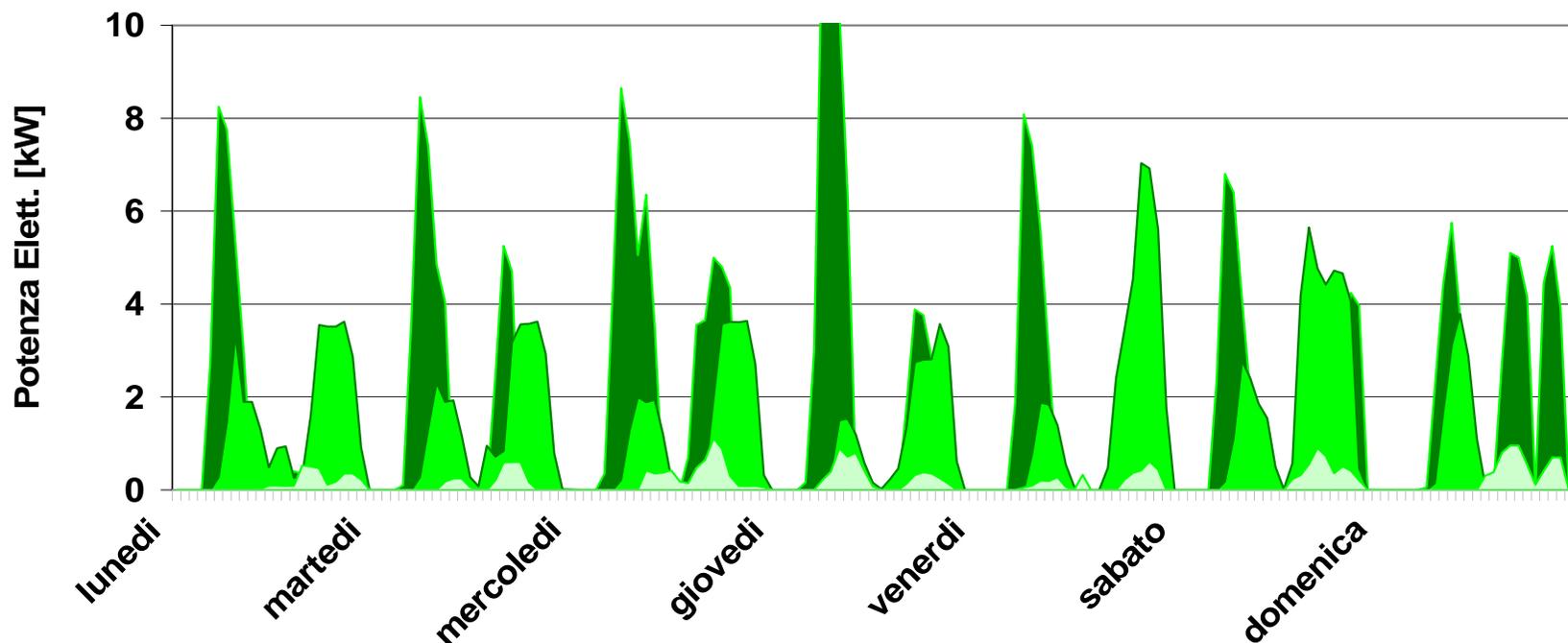


Multi Sale

Osservando i profili delle potenze elettriche impiegate nelle multi sale e dei relativi consumi energetici medi settimanali è possibile notare che:

- i consumi relativi alla ventilazione si mantengono sempre elevati;
- i consumi relativi all'illuminazione sono più alti nella palestra in particolare nelle ore serali e nei giorni in cui c'è un'intensa attività sportiva (ad es. il sabato pomeriggio);
- i consumi dovuti all'illuminazione dell'auditorio sono piuttosto bassi a fronte del limitato uso che se ne fa.

Profilo di potenza elettrica mediata sulla settimana di palestra e auditorio nel mese di marzo

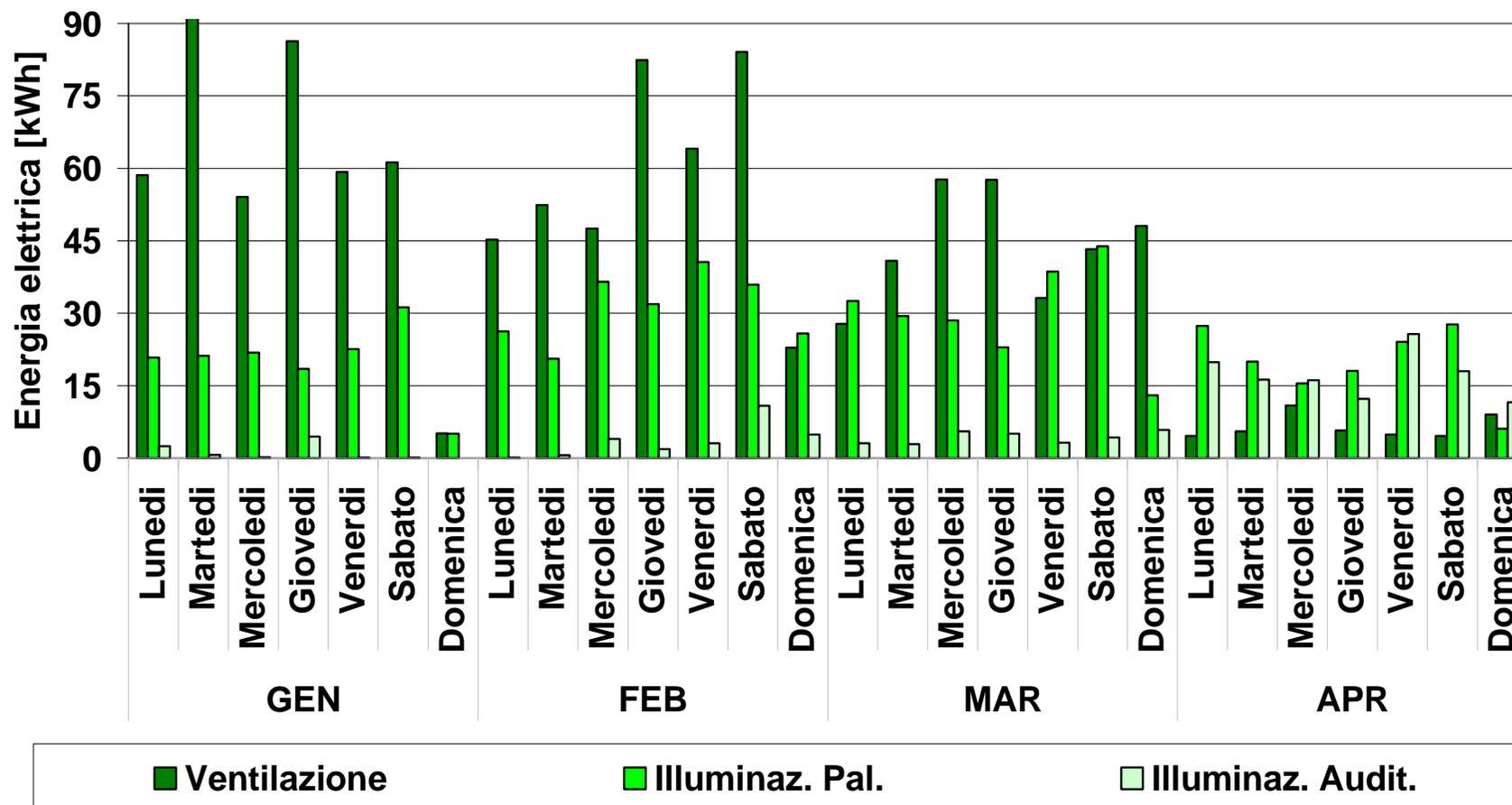


■ Ventilazione

■ Palestra Illuminazione

■ Auditorio Illuminazione

Consumo mediato sul giorno di energia elettrica nelle multi sale da gennaio ad aprile

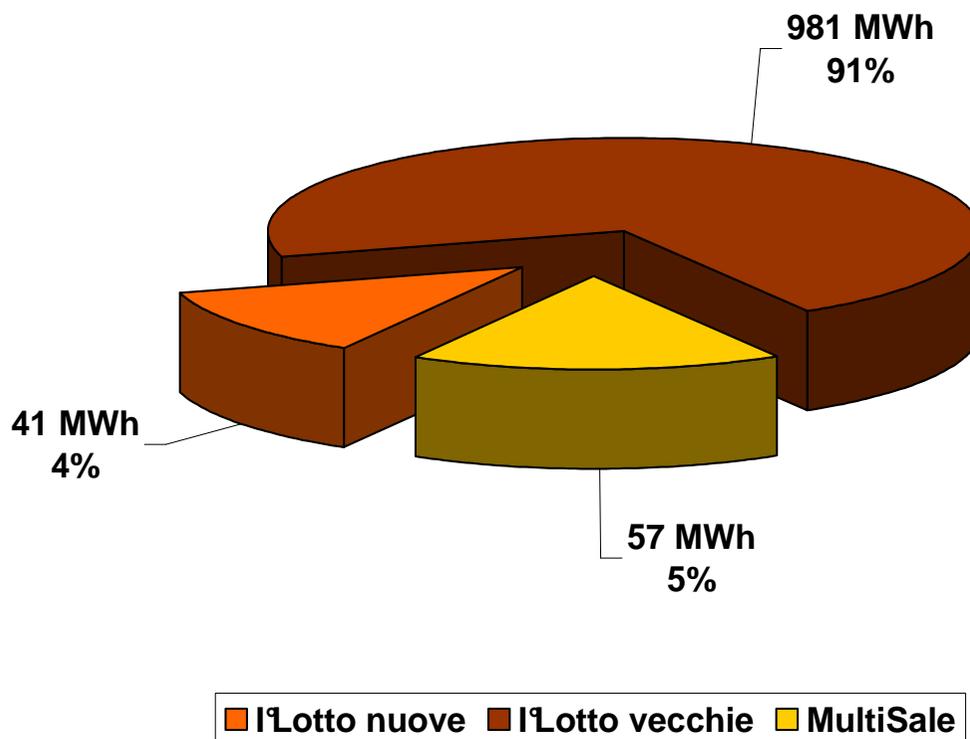


e) Valutazione incidenza energia termica

Un'analisi analoga a quella fatta per l'energia elettrica è stata effettuata per l'energia termica, la cui ripartizione dei consumi, registrati nel periodo che va da novembre 2006 ad aprile 2007, fa emergere che:

- ben il 91% dei consumi termici totali sono attribuibili alle sole aule vecchie;
- i consumi delle multi sale, circa il 5% del totale, sono dello stesso ordine di grandezza del lotto delle aule nuove , circa il 4% del totale (dato che deve ulteriormente essere verificato nella prossima campagna di monitoraggio).

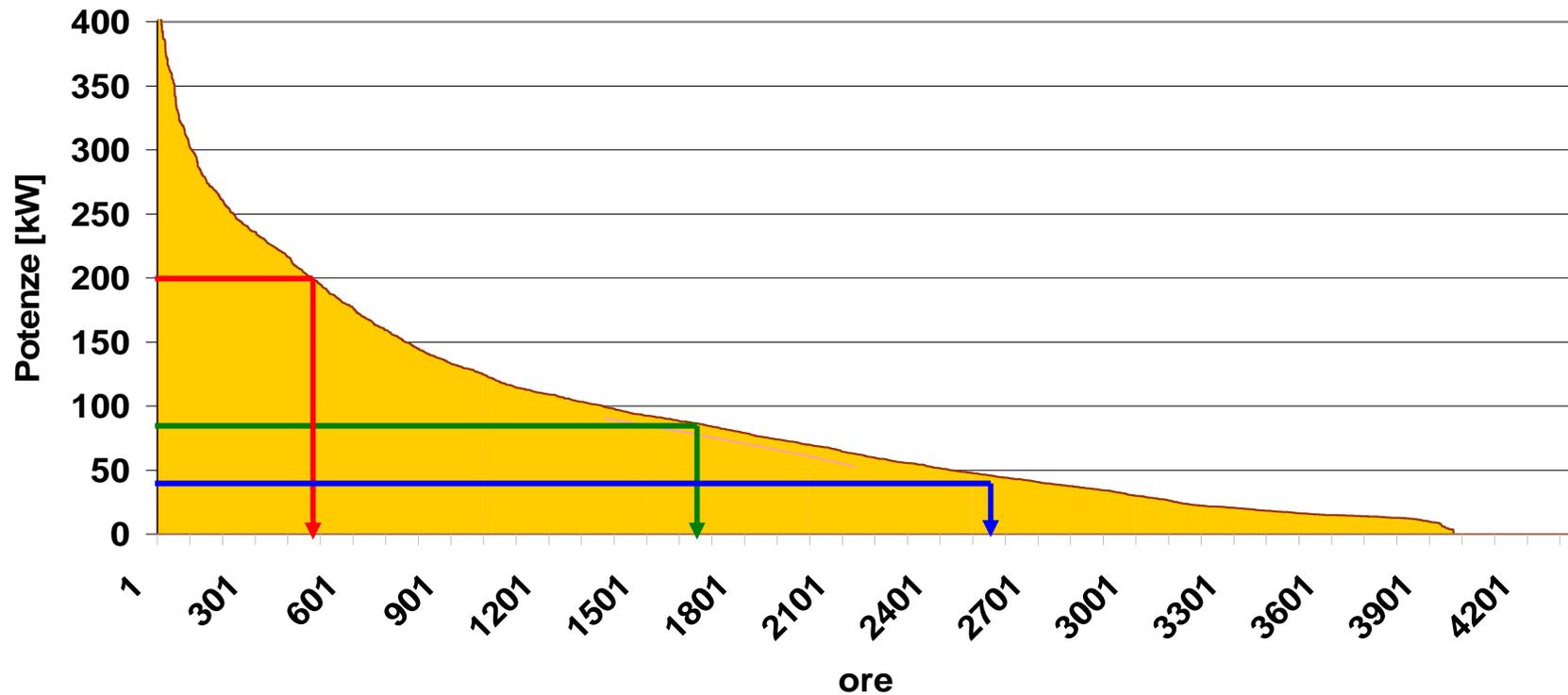
**Ripartizione dell'energia termica da novembre ad aprile
TOT= 1079 MWh**



Per quanto riguarda le potenze in gioco, dal grafico della curva di carico, è possibile notare che:

- per un intervallo di tempo di ca. 600 ore, si hanno dei picchi che vanno oltre i 200 kW (linea rossa);
- per un intervallo di tempo di oltre 1800 ore, la potenza termica mediamente utilizzata si aggira intorno ai 100 kW (linea verde).

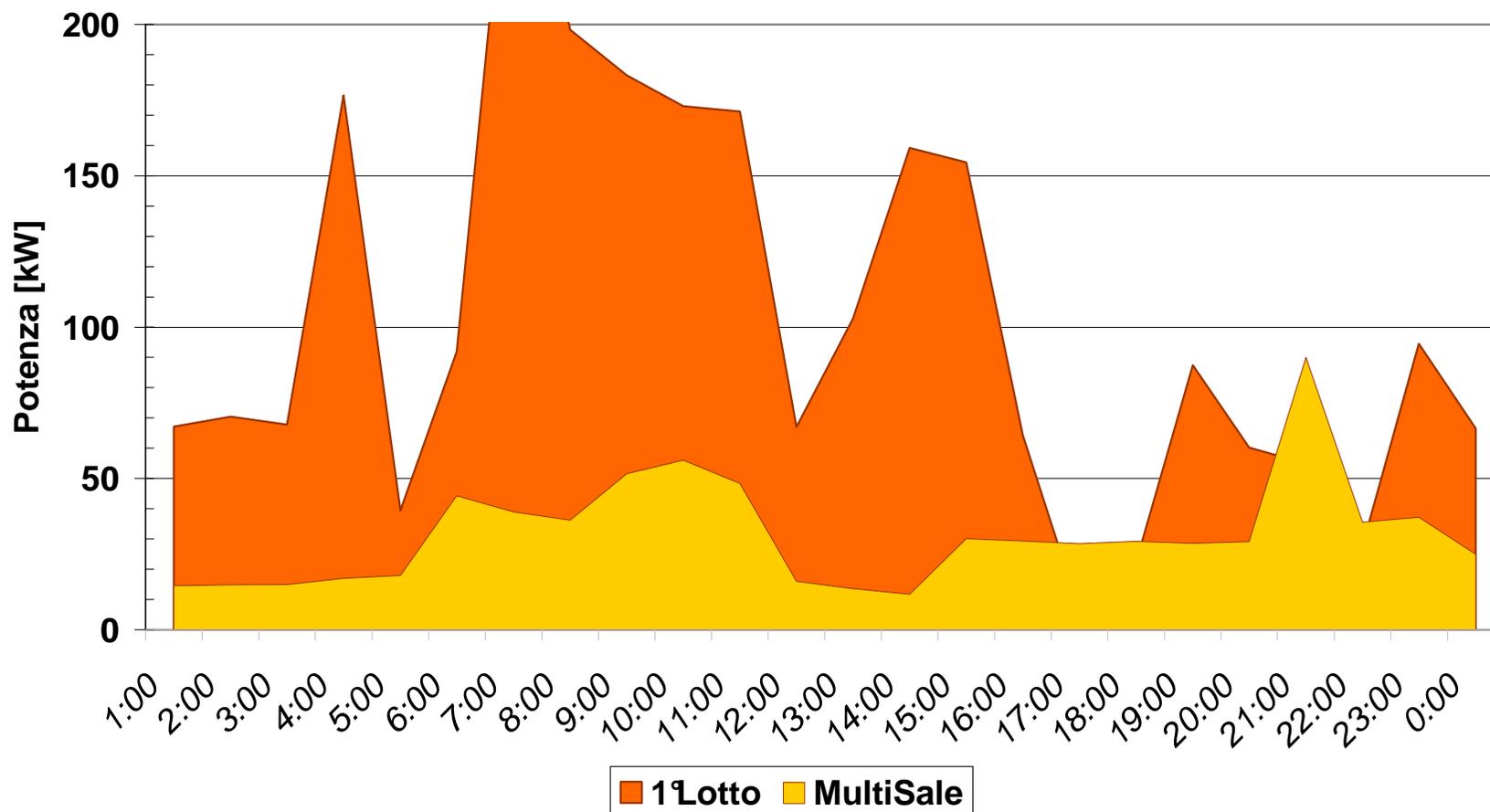
**Curva di carico: potenza termica
(1° Lotto e multisale)
da novembre ad aprile**



Dai profili di potenza termica tracciati sia per il lotto 1° che per le multi sale si nota che:

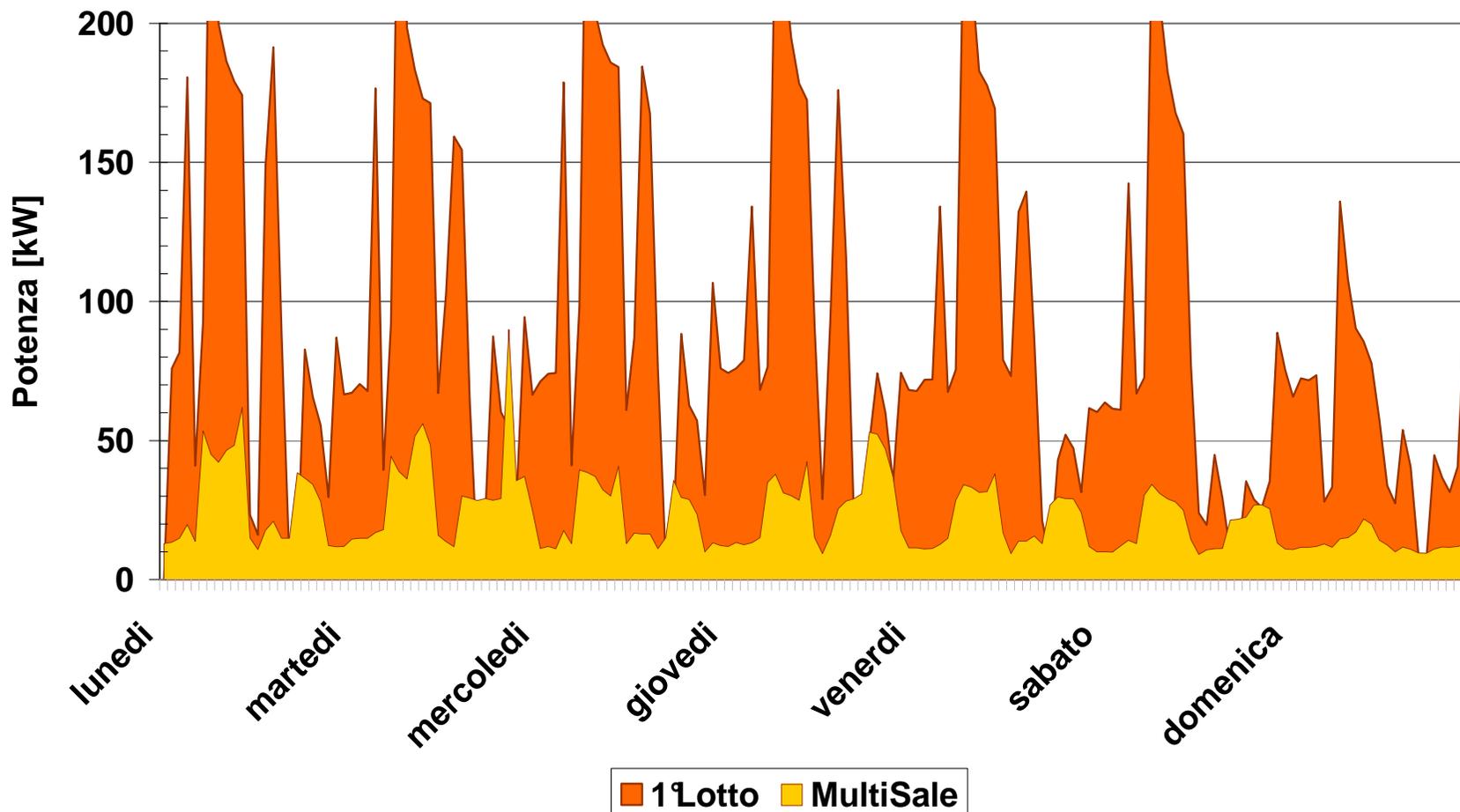
- le richieste di potenza termica più elevate si concentrano nell'orario scolastico (150 kW ca. per le aule del lotto 1°; 50kW ca. per le multi sale);
- la potenza termica dell'impianto non va mai a zero a conclusione del fatto che il riscaldamento non viene mai spento;
- nelle ore notturne la potenza termica sia del lotto 1° che delle multi sale non va mai al di sotto dei 10kW.

Profilo di potenza termica mediata sulla giornata di martedì nel mese di gennaio del lotto 1° e delle multi-sale



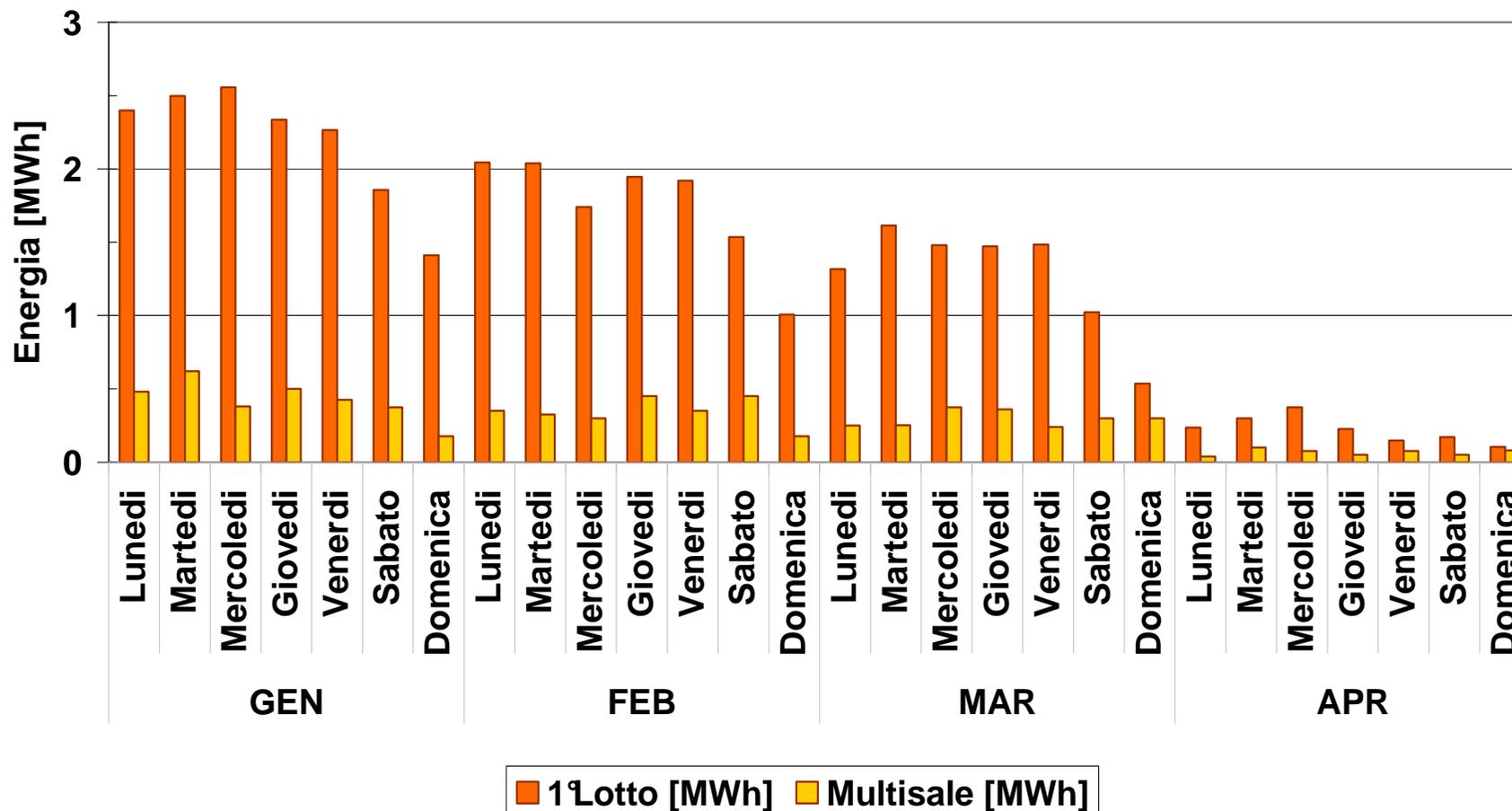
Quest'ultima osservazione è possibile riscontrarla anche osservando i profili delle potenze termiche del lotto 1° e delle multi sale registrati nella settimana delle vacanze di natale in cui è evidente che nonostante non ci fossero lezioni il riscaldamento comunque restava acceso con potenze quasi sempre al di sopra dei 50kW.

Profilo di potenza termica mediata sulla settimana del lotto1° e delle multi-sale nel mese di gennaio



Infine, analizzando i dati relativi ai consumi medi giornalieri registrati nel periodo che va da gennaio ad aprile 2007, si nota che, nonostante una graduale diminuzione dei consumi, durante la domenica i consumi rimangono sempre abbastanza elevati e al sabato si registrano consumi simili a quelli che si hanno gli altri giorni.

Consumo mediato sul giorno di energia termica nel 1° lotto e nelle multi sale da gennaio ad aprile



6. Attività didattica

a) Sensibilizzazione alle problematiche energetiche (settimana UNESCO – Energy Manager)

Settimana dell'educazione all'energia sostenibile (6-12 novembre 2006)

Il nostro Istituto ha aderito, nell'anno scolastico 2006/2007, alla Settimana dell'educazione all'energia sostenibile promossa dall'Unesco.

Già dall'anno precedente la scuola aveva deciso di individuare strategie miranti a ottimizzare i consumi energetici, una voce che ha un peso rilevante nel bilancio economico complessivo dell'Istituto.

In occasione della settimana Unesco si è promossa un'opera di sensibilizzazione sul tema dello Sviluppo Sostenibile, coinvolgendo gli studenti e tutto il personale operante nell'Istituto.

Per raggiungere questo scopo la scuola si è avvalsa del contributo di un esperto esterno, allestendo una mostra sui cambiamenti climatici, proposta dal dottor Michele Curzel, consulente dell'APPA (Agenzia Provinciale Per l'Ambiente) di Trento.

Trenta ragazzi sono stati preparati dall'esperto, con lezioni di approfondimento sul tema dei cambiamenti climatici, che è strettamente connesso al tema dello spreco energetico.

Quindici poster, predisposti dall'APPA, sono stati appesi in un'aula dell'Istituto, visitabili da personale interno alla scuola, ma anche dal pubblico. In una seconda fase, il gruppo di trenta studenti ha illustrato i cartelloni a tutti gli altri compagni di tutte le classi, in diversi momenti, presso l'auditorium della scuola.

Gli studenti "esperti" e i loro compagni hanno aderito con grande entusiasmo all'iniziativa, che è riuscita a coinvolgere tutti su un tema quotidiano così delicato.



Energy Manager

Il successo di una gestione energetica corretta si basa sulla diffusione quanto più ampia possibile di comportamenti “sostenibili” per ottenere un risparmio energetico ad ogni livello di utilizzazione. L’obiettivo è quello di rendere la gestione energetica una parte integrante della vita scolastica di tutti i giorni e di ottenere da tutti i frequentatori dell’edificio un’ampia condivisione.

Durante la settimana Unesco, ogni classe è stata invitata a nominare due referenti per il progetto Io e il risparmio energetico. Il gruppo, costituito da un centinaio di studenti chiamati Energy Manager, ha affiancato i tecnici (insegnanti dell’istituto ed esperti esterni) nella realizzazione di diverse iniziative.

L’Energy Manager risulta un’importante figura all’interno di ogni classe, questi responsabili in fase di rilevazione sono tenuti a registrare i comportamenti dei compagni e dei docenti e devono incontrarsi mensilmente con i responsabili del progetto in modo da attivare un flusso di informazioni tra le singole classi.

Successivamente questa figura potrà promuovere comportamenti corretti individuati durante la fase di sperimentazione.

Si vuole evidenziare come questi comportamenti virtuosi possano influire direttamente sui consumi energetici dell’impianto e quindi raggiungere anche l’obiettivo di limitare le emissioni di CO₂



b) Convegni e fiere

Convegno Tione: Energia oggi e domani (28 aprile 2006)



Lo studente MICHELE PUECHERI



La prof.ssa SUSANNA SERAFINI

Convegno organizzato nell'anno scolastico 2005/06 dai prof. Nicola Spada del nostro Istituto in cui è stato presentato al pubblico il nostro progetto e abbiamo trovato nel BIM del Sarca un partner economico che ci ha permesso l'acquisto della strumentazione di monitoraggio.

Solarexpo (Verona)

Il 19 aprile le classi 4 A e 5 B del corso Geometri sono andate in visita alla fiera di Verona: mostra e convegno internazionale su efficienza energetica e architettura sostenibile. I visitatori possono trovare nella Solarexpo la più completa rassegna di tecnologie avanzate per il risparmio energetico. Molti infatti i prodotti in esposizione: oltre ai pannelli solari e fotovoltaici grande spazio è riservato a impianti di riscaldamento radiante a parete o a pavimento per un uso razionale del calore domestico, a riduttori di flusso e rompigetto aerati, a caldaie ad alta efficienza, a infissi ad elevate prestazioni termiche, a impianti di illuminazione a led.

E ancora, materiali da costruzione naturali, sistemi di ombreggiamento, pompe di calore geotermico. Solarexpo, con i suoi molteplici espositori distribuiti su di un'area di 25.000 mq ca, costituisce la più importante rassegna di prodotti e servizi per il risparmio energetico in grado di rispondere alla richiesta di aggiornamento e informazione di professionisti, aziende e privati. Si devono considerare non una, ma tutte le tecnologie disponibili con ampio spazio alle rinnovabili, al solare termico e fotovoltaico con l'obiettivo di dare una risposta intelligente alle emergenze energetiche e ambientali, sostenendo una politica in grado di far nascere un mercato dell'efficienza energetica.



Studenti in visita alla fiera

Klima haus (Bolzano)

Il 26 gennaio 2007 la classe 4 GA si è recata a visitare la Klima haus, fiera internazionale specializzata per l'efficienza energetica e l'edilizia sostenibile che si svolge a Bolzano.

Visitandola si possono osservare numerosi esempi di come si possa risparmiare energia attraverso tecniche costruttive mirate e quindi contribuire concretamente alla tutela dell'ambiente.

L'industria, l'artigianato e i progettisti operanti nell'edilizia possono, in questa fiera, trovare un solido punto di riferimento per i settori:

- costruzione edifici:
 - finestre e porte termoisolanti
 - elementi prefabbricati
 - coperture
 - strutture verticali e orizzontali
- tecnologia edifici
 - ventilazione
 - energie rinnovabili
 - sistemi di regolazione e misurazione

Successivamente la classe si è recata a Bronzolo (BZ) per visitare la prima casa passiva costruita da un ente pubblico quale l'Istituto per l'edilizia abitativa dell'Alto Adige a cui è stato conferito il certificato "casa clima +" in virtù delle materie prime rinnovabili e dei materiali costruttivi biologici impiegati nonché del "tetto verde".

Gli studenti hanno potuto così constatare che è possibile realizzare edifici con un fabbisogno termico dell'involucro edilizio inferiore a 15 kWh/mq anno e con bassissimo impatto ambientale.



Studenti in visita alla casa passiva di Bronzolo

c) Corso di aggiornamento insegnanti

Uno dei momenti del nostro progetto ha riguardato la formazione dei docenti sul tema del risparmio energetico. In particolare modo l'architetto Carlino del Servizio Energia della PAT ha tenuto un corso di aggiornamento per i docenti dal titolo "Controllo energetico nel progetto edilizio" in cui si sono affrontate le tematiche:

- ruolo dell'edilizia connesso al problema energetico:
 - disponibilità
 - sicurezza degli approvvigionamenti
 - costi
 - giustizia sociale
 - tutela dell'ambiente
- le strategie di controllo nel progetto edilizio
 - controllo delle dispersioni
 - materiali e tecnologie per la riduzione delle perdite energetiche
 - bilancio termico di un edificio
 - guadagni gratuiti; controllo e ottimizzazione dei flussi



Arch. Giacomo Carlino
Dirigente Servizio Energia PAT

Un'altra parte del corso di formazione ha riguardato le modalità di un approccio più divulgativo e di sensibilizzazione verso gli studenti ed è stato tenuto dalla dottoressa Elena Canna dell'Ökoinstitut Südtirol/Alto Adige. Sono state prospettate possibili iniziative da realizzarsi durante l'anno scolastico tra cui quella dell'istituzione della figura del "responsabile energetico" con specifiche cariche di controllo sulla gestione dell'impianto di illuminazione e la corretta aerazione dei locali.

d) Ricerche degli studenti (indice)

4 GA

- Sonda geotermica
- Isolamento termico
- La bioedilizia
- Le coperture
- I materiali isolanti
- La casa passiva
- Isolamento acustico
- Gli impianti termoidraulici
- I solai
- Gli infissi

4 SA

- La temperatura
- Pannelli solari e umidità
- L'irraggiamento

2 RA

- Glossario termini specifici in lingua inglese

5 GA

- Fonti energetiche rinnovabili
- Qualità dell'aria
- Indicazioni e metodologie per il progetto edilizio
- Benessere termoigrometrico

5 GB

- Analisi CO₂, temperatura e umidità relativa nelle aule dell'Istituto
- Analisi temperature nell'Istituto

5 SA

- Energia solare e bilancio energetico della Terra

4 SB

- Analisi meteorologica di Tione
- Propagazione del calore e dati di irraggiamento

5 RA

- Consumi e costi per elettricità
- Consumi e costi per acqua
- Consumi e costi per gasolio

Tutte le ricerche sono disponibili per la lettura nella biblioteca dell'Istituto.

7. Soluzioni e proposte di interventi

a) Proposte di miglioramento del comfort ambientale

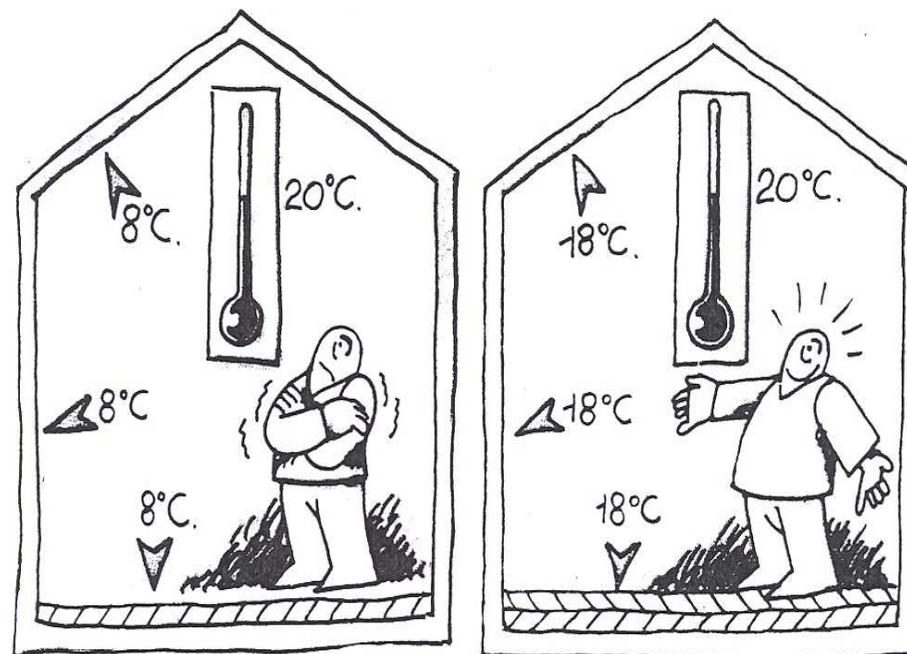
Il microclima interno è determinato dall'interazione di più fattori, la temperatura, l'umidità, la purezza e la velocità dell'aria.

Temperatura: ci riferiamo a quella operativa che si trova facendo la media tra la temperatura interna dell'aria e la temperatura media irradiante cioè quella che mediamente irradia dalle superfici in un ambiente confinato. Lo squilibrio termico che può derivare da una parete fredda e dall'altra una parete con una fonte di calore si chiama asimmetria termica radiante, dove, per una persona, l'autotermoregolazione è molto difficile.

Se in inverno ci mettiamo vicino a delle vetrate gelide, percepiamo una sensazione di freddo, ci sentiamo "sottrarre" del calore dal nostro corpo. Per tale ragione è importante che la differenza fra la temperatura dell'aria interna e quella della vetrata sia la minore possibile.

Come rilevato dall'analisi dello stato di fatto i serramenti dell'Istituto non sono a taglio termico determinando una mancanza di comfort per cui l'ipotesi di una loro sostituzione (almeno per quelli esposti a nord) potrebbe essere avvalorata da uno studio che ne possa valutare l'ammortamento anche in funzione di un effettivo risparmio energetico.

La percezione del freddo o del caldo è condizionata da due fattori: dall'umidità e da come il nostro corpo riceve calore. Il corpo può infatti ricevere calore sia per convezione (aria), sia per irraggiamento (pareti); Quest'ultima modalità è quella che determina meglio gli effetti di benessere anche a temperature inferiori. Riscaldando per irraggiamento è possibile mantenere una temperatura dell'aria più bassa e avere la stessa temperatura percepita (riscaldamento a parete).



Per garantire il benessere igrometrico non è sufficiente un'elevata temperatura dell'aria

Umidità: il tasso di umidità influisce sulla percezione della temperatura e dipende oltre che dalle attività biologiche umane, anche dalle caratteristiche costruttive dell'edificio. Durante la sperimentazione abbiamo rilevato che attraverso l'apertura delle finestre non si risolve il problema della bassa umidità rilevata costantemente nelle aule. Per avere una buona qualità dell'aria l'umidità interna deve essere compresa tra il 45% e il 55%, valore che, nel nostro Istituto, sarebbe possibile ottenere con un impianto di ventilazione meccanica controllata.

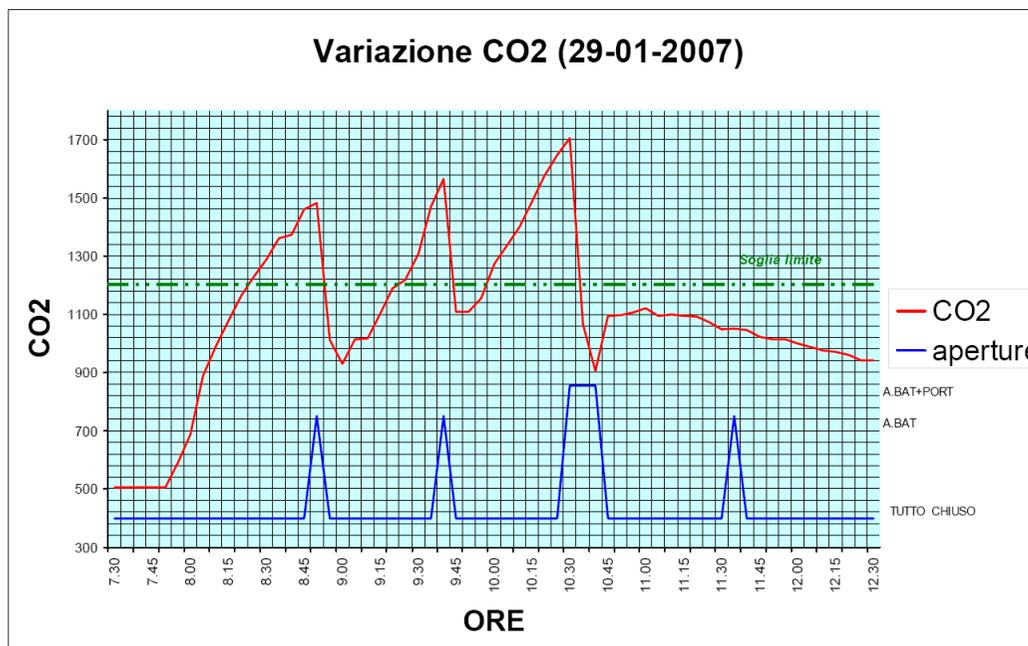
Purezza dell'aria: è importante che l'aria sia pura, senza tossine né polveri.

Il monitoraggio ha dimostrato come la concentrazione di CO₂ sia molto alta, mai al di sotto dei 900 ppm e, in alcune classi numerose, ha spesso superato la soglia limite dei 1200-1500 ppm. Anche per questo motivo viene avvalorata l'ipotesi di installazione di un impianto di ventilazione meccanica controllata poiché si è constatato che il ricambio minimo di 3,3 vol/h (come si ricava dalla normativa UNI 10339) non è facilmente raggiungibile attraverso le normali condizioni di utilizzo.

I sistemi di ventilazione controllata sono impianti che consentono di gestire il ricambio dell'aria di un ambiente con l'esterno. Questo avviene senza l'apertura di finestre o porte ma tramite condotte di ventilazione forzata, collegate con gli ambienti interni da aspiratori (per la rimozione dell'aria viziata o inquinata) e da diffusori (per l'immissione di aria nuova). L'involucro è energeticamente efficiente quando viene mantenuto chiuso: qualunque apertura del sistema influisce negativamente sul bilancio energetico richiedendo un incremento del fabbisogno dell'edificio.

Questo tipo di impianto potrebbe essere progettato centralizzato oppure posizionando le macchine, per il ricambio d'aria, in testa ad ogni corridoio e quindi gestito a settori. Dovrebbe ovviamente prevedere il recupero termico dell'aria di ripresa, utilizzando possibilmente le nuove tecnologie delle pompe di calore abbinate alla geotermia.

Velocità dell'aria: influisce molto sulla percezione del caldo e del freddo. In particolare sarebbero da evitare le correnti d'aria, avvalorando ulteriormente l'installazione dell'impianto sopra proposto.



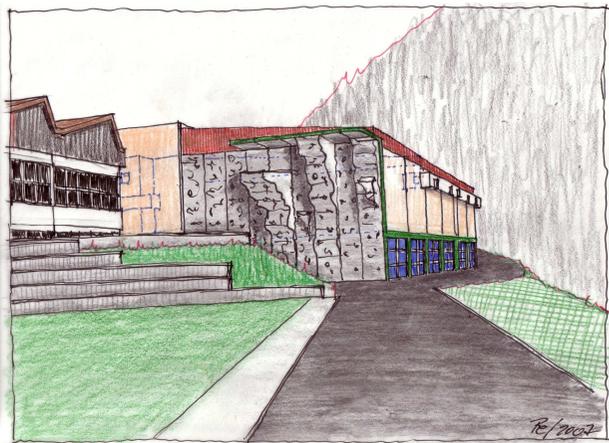
b) Proposte di miglioramento dell'efficienza energetica della palestra

Dato il notevole incremento nel numero di studenti che ha subito questo Istituto, più volte ampliato nel numero delle aule scolastiche, si renderebbe necessario l'adeguamento della palestra, aggiornandolo ai parametri della normativa scolastica (le nuove scuole di Cavalese e di Cles, con un numero di studenti paragonabile al nostro, usufruiscono di una tripla palestra). Data la ristrettezza dell'area a disposizione, l'ampliamento sarebbe ipotizzabile affiancando all'attuale palestra un nuovo corpo verso sud, da cui si potrebbero ricavare due nuove sale ginniche. In alternativa si potrebbe lasciare spazio ad una soluzione futuribile come quella rappresentata dalla costruzione di una nuova palestra sotterranea, ubicata al di sotto della rampa posta sul perimetro del lotto, realizzando così un'architettura integrata con il paesaggio (un possibile riferimento è la nuova sede del Liceo "Galileo Galilei" – Dame di Sion Trento dove è stata realizzata la prima palestra interrata doppia, totalmente eseguita in scavo di roccia con riscaldamento a pavimento e sfasamento termico stagionale).

In previsione di questo ipotetico ampliamento, anche in vista del completamento del Liceo Scientifico delle professioni del turismo di montagna, sarebbe auspicabile riuscire a gestire la palestra come elemento autosufficiente dal punto di vista energetico, scorporandolo dall'impianto attuale e ipotizzando l'integrazione con l'energia solare.

In quest'ottica sarebbe necessario sostituire il tipo di riscaldamento realizzandolo a pavimento radiante a bassa temperatura (25/35°C in rapporto al tipo di pavimentazione) utilizzando il solare termico per il riscaldamento dell'acqua, eventualmente integrato, quando necessario, con una piccola caldaia a condensazione che si potrebbe installare a fianco della sottostazione ex cantina custode. Si potrebbe così ovviare al funzionamento costante delle macchine ad aria per la ventilazione, lasciandole in funzione solo in presenza di pubblico, come a norma di legge, e non come modalità di riscaldamento primario.

Una limitazione del solare termico è sicuramente che il massimo rendimento è concentrato nei 4/5 mesi del periodo estivo quando, a scuola, non ci sono utenti. Si potrebbe così prevedere una vasca natatoria per corsi di nuoto o quant'altro in cui riversare il calore prodotto dai pannelli termici per riscaldarne l'acqua (interessante è il progetto della piscina coperta di Laives ad uso didattico).



Schizzo ampliamento palestra

Nella stagione estiva si presenta invece il problema del notevole apporto solare attraverso il grande lucernario esistente che comporta il surriscaldamento della palestra per cui si renderebbe necessario realizzare sullo stesso delle aperture mobili per ventilare il locale.

Quest'analisi del miglioramento delle prestazioni dell'edificio e della palestra prevede realizzazioni più impegnative in termini economici rispetto a quelle, più facilmente realizzabili, indicate nel prossimo paragrafo, dove vengono descritte le strategie attuabili nel breve periodo, ma per avere una scuola realmente "amica del clima" sarebbero da prendere seriamente in considerazione.

c) Strategie per il risparmio energetico nel breve e nel lungo periodo

Il risparmio e la razionalizzazione dell'energia sono attività alla base di una corretta gestione delle risorse energetiche sia a livello privato che a livello pubblico-aziendale.

Quindi individuare strategie che consentano di ottimizzare l'uso dell'energia sia elettrica che termica è stato sin dall'inizio l'obiettivo principale dell'attività di monitoraggio della Scuola di Tione.

Dalle informazioni ottenute dalla campagna di monitoraggio è stato, infatti, possibile delineare tali strategie, le quali possono essere suddivise in:

- Strategie nel breve periodo
- Strategie nel lungo periodo

Le prime includono tutti quegli interventi non invasivi applicabili nel breve periodo e che non richiedono grossi investimenti; le seconde prevedono la revisione complessiva del sistema energetico attuale.

Strategie nel breve periodo

Le strategie nel breve periodo sono state individuate, per i due settori dell'energia, elettrica e termica, separatamente.

Energia elettrica:

Dai dati rilevati durante l'attività di monitoraggio è emerso che uno dei maggiori responsabili del consumo di energia elettrica è l'illuminazione artificiale.

Quindi è necessario privilegiare tutte quelle strategie che consentono non solo di ottenere risparmi energetici ma anche di sfruttare il più possibile la luce naturale.

Tali strategie sono:

- Sostituzione delle lampadine tradizionali con lampadine a basso consumo energetico;
- Utilizzare il minor numero di lampadari possibile posizionando le fonti di luce artificiale nei punti più critici per l'illuminazione naturale (angoli, zone dei locali lontane dalle finestre..) come risulta dalla sperimentazione effettuata con gli Energy Manager (vedi cap. 4: benessere indoor);
- Assicurare lo spegnimento completo di apparati elettrici ed elettronici, se non strettamente necessario evitando anche lo stand-by come nel caso dei monitor in sala computer.
- Gestire alcuni settori con interruttori automatici comandati da sensori precalibrati.

Energia termica:

- Sostituire, in ciascun radiatore presente nell'edificio, le valvole manuali con le valvole termostatiche le quali regolano automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta ed impostata su un'apposita manopola. In questo modo è possibile regolare la temperatura di ogni singolo ambiente e sfruttare gli apporti gratuiti di energia dovuti, ad esempio, alla presenza di molte persone nei locali e ai raggi solari. La sperimentazione è già stata effettuata su una classe campione di 28 studenti dove, una volta individuate le valvole idonee, sono state montate con risultati positivi. Si tratta ora di prevederle anche per i rimanenti radiatori dell'Istituto.
- Dato che si è riscontrato un notevole consumo di energia per tenere costantemente attivo il circuito di riscaldamento che porta alla sottostazione dove si trovano le batterie delle macchine ad aria si prevede, come intervento minimo, di utilizzare, nel circuito antigelo, un timer che consente di accendere e spegnere la pompa di ricircolo ad intervalli regolari di tempo.

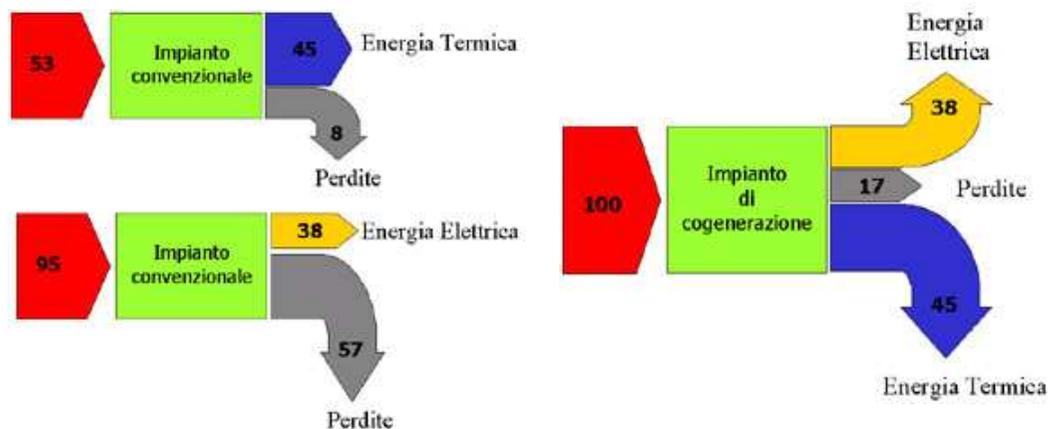
Strategie nel lungo periodo

Oltre alle tecniche per il risparmio energetico, nel lungo periodo, si possono attuare strategie che prevedono l'uso di sistemi energetici più efficienti o di impianti basati su tecnologie alternative (solare termico e fotovoltaico) che permettono di diminuire drasticamente l'utilizzo di combustibili fossili.

Per quanto riguarda le caldaie è stata presa in considerazione la seguente alternativa impiantistica:

- Poiché vi è la necessità di sostituire le caldaie vecchie, si è pensato alla possibilità di installare un impianto cogenerativo con il quale soddisfare sia la domanda di energia elettrica che quella di energia termica. A tal proposito è stato effettuato un dimensionamento di massima di un'unità cogenerativa.

L'utilizzo di tecniche di cogenerazione per la produzione simultanea di energia elettrica e calore utilizzabile (CHP, Combined Heat and Power) è andata progressivamente aumentando negli ultimi decenni, in virtù dell'eccellente miglioramento complessivo del rendimento di conversione dell'energia primaria del combustibile in energia utile. Il miglioramento del rendimento comporta ovviamente anche un risparmio economico, ma soprattutto un miglioramento ambientale, in quanto a parità di combustibile utilizzato si ottiene una maggiore quantità di energia utile (vedere figura seguente). È per questo motivo che l'Istituto per le energie rinnovabili di Bolzano, alla luce dell'analisi energetica effettuata e con l'arrivo della fornitura di metano nella località di Tione di Trento, vede nell'installazione di un'unità cogenerativa una scelta ad alto contenuto di sostenibilità ambientale.



Confronto tra produzione separata convenzionale e produzione in cogenerazione.

Osservando le curve di carico termico ed elettrico ottenute con i dati inerenti al periodo ed alla relativa porzione di struttura osservata, si può approssimativamente indicare una taglia dell'unità cogenerativa da installare presso l'istituto.

| Possibile prototipo | Potenza [kW] | | | Rendimento [%] | | |
|---------------------|--------------|-----|------|----------------|------|------|
| | Pin | Pel | Pter | □el | □ter | □T |
| Biklim Totem 15 | 56,2 | 15 | 39 | 26,7 | 69,4 | 96,1 |

L'unità cogenerativa deve essere dimensionata in modo da poter essere utilizzata per un periodo non inferiore alle 2000 ore/anno.

Ulteriori interventi possibili sono:

- Installare un impianto fotovoltaico che consenta di sopperire le richieste di energia elettrica sfruttando anche gli incentivi statali previsti dal nuovo conto economico. Anche di tale opzione impiantistica è stato fatto uno studio per un dimensionamento di massima riportato nel paragrafo d).
- Un'ulteriore alternativa impiantistica, volta a diminuire gli eccessivi consumi che si sono riscontrati durante la fase di monitoraggio per riscaldare la sola palestra, è quella relativa all'installazione di un impianto collettori solari ad aria sul tetto o sulla parete della palestra. Tale impianto consente di pre-riscaldare l'aria che, con un successivo trattamento termoigrometrico (aggiustamento della temperatura e dell'umidità) da effettuare nelle già esistenti Unità di Trattamento dell'Aria, potrebbe essere utilizzata per riscaldare i locali.
- Installare un contaltri per monitorare il consumo di acqua fredda nei servizi igienici.

d) Analisi delle fonti energetiche rinnovabili applicabili

Pannello solare termico

Il pannello solare (detto anche collettore solare) è un dispositivo atto alla conversione della radiazione solare in energia termica e al suo trasferimento, per esempio, verso un accumulatore per un uso successivo.

Tecnologia

Questo sistema normalmente è composto da un pannello che riceve l'energia solare e da uno scambiatore dove circola il fluido utilizzato per trasferirla al serbatoio utilizzato per immagazzinare l'energia accumulata. Il sistema può avere una circolazione naturale o forzata.

- ***Circolazione naturale:***

Nel caso della circolazione naturale, per far circolare il fluido nel sistema, si sfrutta la convezione. Più economica nei costi di gestione in quanto non esiste consumo elettrico dovuto alla pompa o rinnovo dell'anticongelante, impone di porre il serbatoio ad un'altezza maggiore di quella dei pannelli, con maggiori costi per la realizzazione di adeguate strutture di sostegno dei serbatoi. La circolazione naturale, rispetto a quella forzata, realizza uno scambio meno rapido e quindi meno efficace di energia termica con un minor rendimento complessivo. Inoltre, essendo il serbatoio posto all'esterno, vi è una elevata dissipazione termica del calore raccolto.

- ***Circolazione forzata:***

La circolazione forzata avviene con l'aiuto di pompe solo quando nei pannelli il fluido vettore si trova ad una temperatura più elevata rispetto a quella dell'acqua contenuta nei serbatoi di accumulo. Per regolare la circolazione ci si avvale di sensori che confrontano la temperatura del fluido vettore nel collettore con quella nel serbatoio di accumulo (termocoppia). La maggiore velocità del fluido vettore permette un maggiore scambio termico e quindi il rendimento del pannello è leggermente superiore. Normalmente, il circuito idraulico collegato al pannello è chiuso e separato da quello dell'acqua che riscalda, posizionando una serpentina nel serbatoio come scambiatore di calore. Si può anche integrare una resistenza elettrica per riscaldare l'acqua in caso di insufficiente o assente (nelle ore notturne) irradiazione solare.

Tipologie

I pannelli solari si possono suddividere in alcune tipologie costruttive:

- piani non vetrati
- piani vetrati
- piani vetrati non selettivi
- piani vetrati selettivi
- sottovuoto

Il collettore piano è il sistema più utilizzato per ottenere le basse temperature, cioè comprese fra i 50 °C e i 90 °C, che si ottengono facilmente facendo riscaldare al Sole superfici piane.

Un collettore piano è costituito da: una lastra trasparente di vetro, che fa passare le radiazioni in arrivo e blocca quelle in uscita; un assorbitore di rame, che è un buon conduttore di calore, in esso sono ricavati molti canali dove circola acqua o aria; un isolante termico, che impedisce la dispersione di calore. Il Sole scalda la piastra, che a sua volta scalda l'acqua o l'aria.

I pannelli solari piani non vetrati hanno il vantaggio di essere poco costosi e di avere un ottimo rendimento in condizioni ottimali di irraggiamento quando la temperatura esterna è alta. A causa della mancanza dell'isolamento il loro rendimento diminuisce rapidamente all'allontanarsi dalle condizioni ottimali. Sono adatti perciò al solo uso stagionale ed esclusivamente per la produzione di acqua calda sanitaria, sono spesso impiegati nel riscaldamento delle piscine.

I pannelli solari vetrati hanno una struttura attorno all'assorbitore che ne limita le dispersioni sia per convezione con l'aria che per irraggiamento dato che il vetro che ricopre la parte superiore dell'assorbitore è progettato per questa funzione. Hanno un rendimento leggermente inferiore ai non vetrati in condizioni ottimali ma in condizioni meno favorevoli hanno un rendimento decisamente più alto arrivando a produrre acqua calda per uso sanitario anche nei mesi freddi.

I pannelli solari sottovuoto sono in grado di garantire un maggiore apporto energetico anche in condizioni di basso irraggiamento o basse temperature esterne, ma hanno un costo molto più elevato.

Considerazioni economiche

In Italia un impianto, secondo l'ubicazione e l'utilizzo, si ammortizza nel giro di 3-8 anni e, poiché la durata minima di questi impianti è di 15-20 anni, ne consegue che è un buon investimento a medio termine, escludendo eventuali sgravi fiscali o altre forme di agevolazione che rendano l'ammortamento più rapido.

Considerazioni ecologiche

L'utilizzo dei pannelli solari ha come diretta conseguenza il risparmio di idrocarburi e di energia elettrica che per l'80% in Italia deriva dagli idrocarburi.

I benefici sono molteplici:

- mancata emissione di CO₂;
- minore necessità di infrastrutture per il trasporto dell'energia da grandi distanze;
- mancata emissione di ossidi di zolfo, di azoto, e di pm10;
- indirettamente la diminuzione dei disastri ambientali.



Impianto solare termico per la nostra scuola

Un impianto autonomo per l'acqua sanitaria e per docce estive sarebbe ipotizzabile in alternativa alle caldaie elettriche esistenti, da 10 + 10 kW, tramite un impianto termico solare.

Anche in previsione di un ipotetico ampliamento della palestra, necessario dato il notevole incremento scolastico a cui questo istituto sta facendo fronte, la stessa si potrebbe scorporare dall'impianto attuale e gestire autonomamente ad energia solare, con riscaldamento di base a pavimento a bassa temperatura (25/35°, a seconda della pavimentazione sovrastante), una piccola caldaia a condensazione (da installarsi a fianco della sottostazione ex cantina custode) a integrazione del solare, lasciando sempre alle macchine ad aria la ventilazione a norma di legge solo in presenza di pubblico.

Modulo fotovoltaico

Un modulo fotovoltaico è un dispositivo in grado di convertire l'energia solare direttamente in energia elettrica mediante effetto fotovoltaico ed è usato per generare elettricità.

Tecnologie a confronto

Dei molti materiali impiegabili per la costruzione dei moduli fotovoltaici, il silicio è in assoluto il più utilizzato. Se si limita l'analisi ai soli prodotti commerciali, le tecnologie di realizzazione più comuni sono:

Moduli cristallini

- Silicio monocristallino, in cui ogni cella è realizzata a partire da un wafer la cui struttura cristallina è omogenea (monocristallo), opportunamente drogato in modo da realizzare una giunzione p-n;
- Silicio policristallino, in cui il wafer di cui sopra non è strutturalmente omogeneo ma organizzato in grani localmente ordinati (policristallo);

Moduli a film sottile

Silicio microsferico montato su modulo flessibile

- Silicio amorfo, in cui gli atomi silicei vengono depositi chimicamente in forma amorfa, ovvero strutturalmente disorganizzata, sulla superficie di sostegno. Detta anche "a film sottile", questa tecnologia impiega quantità molto esigue di silicio (spessori dell'ordine del micron).
- Solfuro di cadmio (CdS) microcristallino, che presenta costi di produzione molto bassi in quanto la tecnologia impiegata per la sua produzione non richiede il raggiungimento delle temperature elevatissime necessarie invece alla fusione e purificazione del silicio. Esso viene applicato ad un supporto metallico per spray-coating, cioè viene letteralmente spruzzato come una vernice.

Tra gli svantaggi legati alla produzione di questo genere di celle fotovoltaiche vi è la tossicità del cadmio ed il basso rendimento del dispositivo.

- Arseniuro di gallio (GaAs), una lega binaria con proprietà semiconduttive, in grado di assicurare rendimenti elevatissimi, dovuti alla proprietà di avere un gap diretto (a differenza del silicio). Viene impiegata soprattutto per applicazioni militari o scientifiche avanzate (come missioni automatizzate di esplorazione planetaria o fotorivelatori particolarmente sensibili). Il costo proibitivo del materiale monocristallino, a partire dal quale sono realizzate le celle, lo ha destinato ad un impiego di nicchia.

Varianti proprietarie

- Eterogiunzione, letteralmente giunzione tra sostanze diverse, in cui viene impiegato uno strato di silicio cristallino come superficie di sostegno di uno o più strati amorfi o cristallini, ognuno dei quali ottimizzato per una specifica sotto-banda di radiazioni;
- Silicio microsferico, in cui si impiega silicio policristallino ridotto in sfere del diametro di circa 0,75 mm ingabbiate in un substrato di alluminio;

Delle tecnologie citate, soltanto l'amorfo e il microsferico permettono la flessione del modulo: nel caso dell'amorfo non vi è la struttura cristallina del materiale ad impedirne la flessione, nel caso del microsferico non è la cella (sfera) a flettersi, ma la griglia a nido d'ape su cui è disposta.

Cella fotovoltaica

La cella fotovoltaica è l'elemento base nella costruzione di un modulo fotovoltaico, ma può venire anche impiegata singolarmente in usi specifici.

La versione più diffusa di cella fotovoltaica, quella in materiale cristallino, è costituita da una lamina di materiale semiconduttore, il più diffuso dei quali è il silicio, e si presenta in genere di colore nero o blu e con dimensioni variabili dai 4 ai 6 pollici.

Analogamente al modulo, il rendimento della cella fotovoltaica si ottiene valutando il rapporto tra l'energia prodotta dalla cella e l'energia luminosa che investe l'intera sua superficie. Valori tipici per gli esemplari in silicio cristallino comunemente disponibili sul mercato si attestano attorno al 15%.

Prestazioni e rendimenti

Le prestazioni dei moduli fotovoltaici sono suscettibili di variazioni anche sostanziose in base:

- al rendimento dei materiali;
- alla tolleranza di fabbricazione percentuale rispetto ai valori di targa;
- all'irraggiamento a cui le sue celle sono esposte;
- all'angolazione con cui questa giunge rispetto alla sua superficie;
- alla temperatura di esercizio dei materiali, che tendono ad "affaticarsi" in ambienti caldi;
- alla composizione dello spettro di luce.

Per motivi costruttivi, il rendimento dei moduli fotovoltaici è in genere inferiore o uguale al rendimento della loro peggior cella.

Con rendimento si intende la percentuale di energia captata e trasformata rispetto a quella totale giunta sulla superficie del modulo, e può essere considerato un indice di correlazione tra watt erogati e superficie occupata, ferme restando tutte le altre condizioni.

Se nei pannelli ad uso aerospaziale i rendimenti raggiungono anche il 50%, valori tipicamente riscontrabili nei prodotti commerciali a base silicea si attestano intorno al:

- 16% nei moduli in eterogiunzione;
- 14% nei moduli in silicio monocristallino;
- 13% nei moduli in silicio policristallino;
- 10% nei moduli in silicio microsferico;
- 6% nei moduli in silicio amorfo.

Ne consegue che ad esempio a parità di produzione elettrica richiesta, la superficie occupata da un campo fotovoltaico amorfo sarà più che doppia rispetto ad un equivalente campo fotovoltaico cristallino.

A causa del naturale affaticamento dei materiali, le prestazioni di un pannello fotovoltaico comune diminuiscono di circa un punto percentuale su base annua. Per garantire la qualità dei materiali impiegati, è prassi comune che i produttori coprano con un'opportuna garanzia oltre ai difetti di fabbricazione anche il calo di rendimento del pannello nel tempo.

Tipologie di impianti fotovoltaici

Gli impianti fotovoltaici autonomi (stand alone) vengono utilizzati prevalentemente nelle zone isolate, nelle quali non è possibile allacciarsi alla rete elettrica. Con questi tipi di impianti l'immagazzinamento dell'energia viene garantito da batterie, con la possibilità di avere corrente in tensione continua di 12, 24, 48 V e, grazie agli inverter, in corrente alternata a 110, 220, 400 V.

Gli impianti fotovoltaici grid connected sono allacciati alla rete elettrica e funzionano come produttori e/o utilizzatori di energia elettrica: quando l'impianto domestico (o industriale) è in sovrapproduzione di energia (cioè quando riesce a coprire il suo fabbisogno) l'eccesso viene ceduto alla società elettrica, per cui viene immesso in rete e conteggiato con un contatore "a dare" da parte della società elettrica. Nel caso in cui l'impianto non riesca a coprire il fabbisogno di energia elettrica, come ad esempio nelle ore notturne, l'energia per gli utilizzatori viene prelevata dalla rete elettrica con contatore "ad avere".

Il Decreto Legge del 28 luglio 2005 (criteri per l'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante "convenzione fotovoltaica") stabilisce che per piccoli impianti di potenza inferiore a 20 kWpicco l'energia elettrica che viene inviata in rete è pagata per 20 anni a 0.445 Euro/kWh (mentre quella prelevata dalla rete è pagata circa 0.15 Euro/kWh).



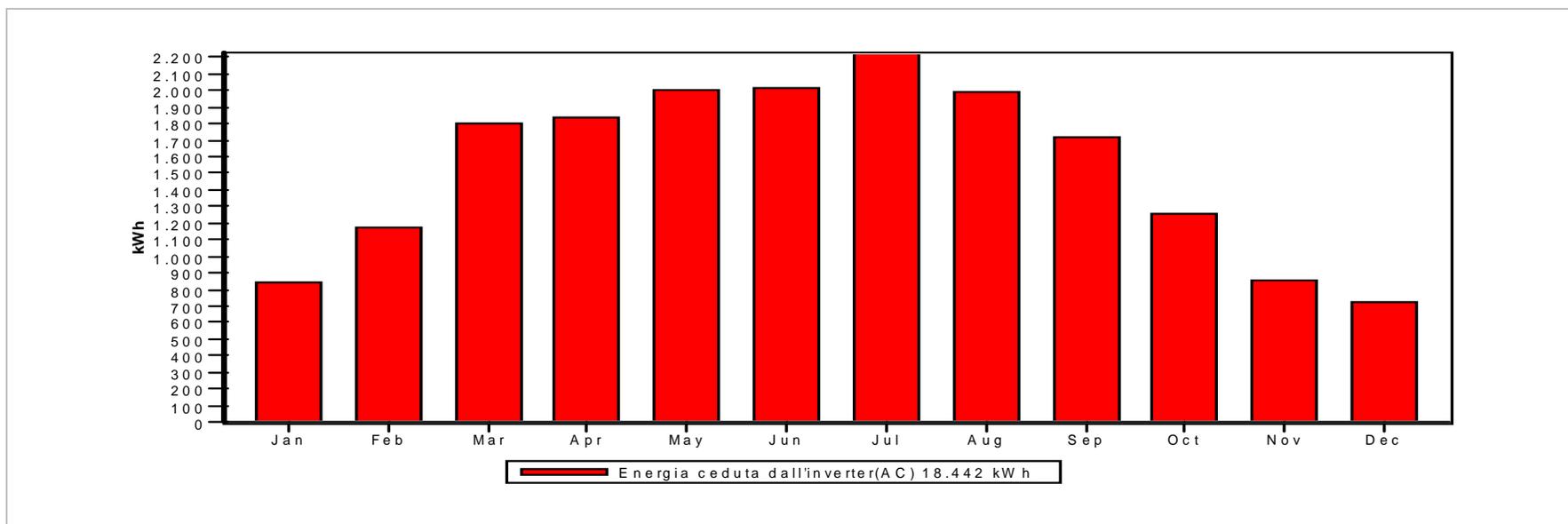
Un possibile impianto fotovoltaico da installare presso il nostro Istituto

È stato elaborato un dimensionamento di massima per un impianto fotovoltaico da installare nella nostra scuola. Il calcolo è stato eseguito utilizzando un software di simulazione dinamica, PVSol. Tuttavia per poter sviluppare uno studio di fattibilità è necessario un successivo affinamento dei dati come, per esempio, località di riferimento Tione di Trento e ombreggiamento del sito.

Località di riferimento: Trento
Potenza FV installata: 15,01 kWp
Superficie FV lorda: 105,81 m²

Radiazione incidente sull'impianto FV: 173.751 kWh
Energia prodotta dal gen. FV (AC): 18.442 kWh

Rendimento del sistema: 10,6 %
Performance Ratio: 74,7 %
Rendimento globale inverter: 94,5 %
Rendimento globale gen. FV: 11,3 %
Resa specifica annua: 1.228 kWh/kWp
Emissioni CO₂ evitate 16.326 kg/a



e) Conclusioni

La scuola ha una preminente finalità educativa; è quindi importante coinvolgere in modo consapevole e continuativo tutte le componenti della scuola.

Le buone pratiche legate alle attività della scuola interessano la gestione delle risorse: acqua, luce, gasolio (gas), raccolta differenziata, trasporti, che monitorate fanno assumere consapevolezza delle possibilità di risparmio delle risorse e del minor impatto ambientale, in un'ottica di miglioramento continuo che miri a tutelare le generazioni future.

L'educazione ambientale per uno sviluppo sostenibile dovrebbe fare parte integrante della programmazione curricolare e del Progetto di Istituto delle scuole.

È importante anche inviare agli studenti messaggi pratici coinvolgendoli nelle azioni di risparmio energetico previste dal progetto con la conseguente necessità di proseguire negli anni futuri l'attività di monitoraggio iniziata nel 2006.

In questo primo anno di osservazioni si è avuta la possibilità di:

- verificare l'attendibilità dei dati acquisiti dal sistema di monitoraggio installato;
- impostare delle linee guida per l'analisi dei dati misurati utilizzabili anche negli anni venturi;
- dare un inquadramento generale del funzionamento e della gestione dell'impianto attualmente installato nell'istituto;
- iniziare lo studio delle possibili soluzioni impiantistiche per ottenere risparmi energetici dall'intera struttura.

Allo stato attuale delle cose, si ritiene necessario un secondo anno di monitoraggio. Così facendo oltre a dare continuità ad un'attività appena iniziata, si giustificherebbero maggiormente gli investimenti effettuati dall'Istituto per l'acquisto della sensoristica ed infine si svilupperebbero quelle procedure di analisi dei dati che sono ancora in fase di "rodaggio". Le attività future potrebbero essere sostenute anche attraverso delle borse di studio per tesi universitarie o, come si è già verificato, fornendo i nostri dati per una tesi di master "casa clima".

Anche l'aspetto viabilità nell'ambito scolastico è una priorità da analizzare per trovare una soluzione "sostenibile" anche per i trasporti (per es. valutare la bozza di progetto realizzata dagli studenti per giungere nei pressi della stazione di rimessaggio dei pullman evitando così di far transitare le autocorriere lungo l'attuale percorso).

Sarebbe anche auspicabile la riorganizzazione delle aree esterne del polo scolastico, dato il continuo aggiungersi di nuove strutture in modo disorganico e occasionale, senza tener presente la funzionalità globale del sito e la mancanza di aree per lo sport all'aperto e di spazi adeguati per i parcheggi.

NOI E IL RISPARMIO ENERGETICO

L'adesione all'iniziativa "m'illumino di meno" promossa dalla trasmissione radiofonica "Caterpillar", come una sorta di maratona nazionale del risparmio energetico, ha sollecitato anche gli utenti del nostro Istituto a contenere i consumi nella giornata del 16 febbraio 2007 e, come si evidenzia dai dati sotto riportati, si è riusciti ad ottenere un risparmio del 71,03% rispetto al consumo elettrico della media dei giorni precedenti nella stessa fascia oraria.

| | | | | | | | | |
|--|---------|------|------|-------|------|------|---------------|--------------|
| 13/02/2007 | 9 - 10 | 8,11 | 6,54 | 11,86 | 4,80 | 0,27 | 0,00 | 31,58 |
| 13/02/2007 | 10 - 11 | 6,50 | 5,14 | 10,89 | 0,00 | 0,32 | 0,00 | 22,85 |
| 13/02/2007 | 11 - 12 | 6,02 | 4,66 | 10,45 | 0,00 | 0,29 | 0,00 | 21,42 |
| Consumo 13/02 nella fascia oraria 9-12 | | | | | | | | 75,85 |
| 14/02/2007 | 9 - 10 | 8,50 | 6,83 | 11,54 | 4,00 | 3,77 | 0,00 | 34,64 |
| 14/02/2007 | 10 - 11 | 7,21 | 6,64 | 11,52 | 0,00 | 3,62 | 0,00 | 28,99 |
| 14/02/2007 | 11 - 12 | 5,38 | 5,25 | 11,34 | 0,00 | 3,76 | 0,00 | 25,73 |
| Consumo 14/02 nella fascia oraria 9-12 | | | | | | | | 89,36 |
| 15/02/2007 | 9 - 10 | 8,93 | 9,23 | 11,67 | 5,00 | 3,64 | 0,00 | 38,47 |
| 15/02/2007 | 10 - 11 | 5,75 | 8,58 | 10,94 | 0,00 | 1,62 | 0,00 | 26,89 |
| 15/02/2007 | 11 - 12 | 4,01 | 8,28 | 10,28 | 0,00 | 0,19 | 0,00 | 22,76 |
| Consumo 15/02 nella fascia oraria 9-12 | | | | | | | | 88,12 |
| Consumo medio nella fascia oraria 9-12 | | | | | | | | 84,44 |
| 16/02/2007 | 9 - 10 | 0,00 | 0,94 | 7,77 | 5,40 | 0,09 | 0,00 | 14,20 |
| 16/02/2007 | 10 - 11 | 0,00 | 0,69 | 4,72 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 5,56 |
| 16/02/2007 | 11 - 12 | 0,00 | 0,86 | 3,59 | 0,00 | 0,25 | 0,00 | 4,70 |
| Consumo 16/02 nella fascia oraria 9-12 | | | | | | | | 24,46 |
| RISPARMIO SULLA MEDIA DEI 3 GIORNI PRECEDENTI | | | | | | | 71,03% | 59,98 |

La giornata nazionale del risparmio energetico ha dimostrato, non solo a noi, che risparmiare è immediatamente possibile, vantaggioso dal punto di vista ambientale e redditizio dal punto di vista economico.

8. Premi

a) Concorso nazionale Lega Ambiente – Edison: Kyoto anch'io, la scuola amica del clima

La nostra scuola ha partecipato al concorso promosso da Legambiente in collaborazione con Edison relativo ad una campagna sul risparmio energetico nelle scuole, evidenziando il loro ruolo come agenzie di formazione di cittadini consapevoli e responsabili.

Il concorso valutava la capacità da parte delle scuole di aderire alle finalità del Protocollo di Kyoto che impegna i maggiori paesi del mondo a diminuire le emissioni di CO₂ sul proprio territorio.

Questo, articolato in due sezioni: azioni per l'efficienza energetica e pratiche educative, ha visto la partecipazione di oltre 150 scuole e di 15.000 studenti di tutta Italia che sono state selezionate da una giuria di esperti e ci è valso il primo premio per la sezione: pratiche educative.

Una delegazione di studenti ed insegnanti, è stata invitata a Roma il 28 novembre 2006 per la premiazione.

CONCORSO NAZIONALE 2006

“Kyoto anch'io, la scuola amica del clima” 1° premio per la sezione pratiche educative



Momento della premiazione a Roma
con i presidenti di Lega Ambiente
Dott. Della Seta e di Edison Dott. Quadrino.



b) Concorso regionale: Premio Ambiente Trentino Alto Adige

Al concorso potevano partecipare privati e persone giuridiche ma anche enti locali, scuole ed associazioni che avessero realizzato un progetto di utilizzo razionale dell'energia.

La premiazione si è svolta a Bolzano il 21 dicembre 2006 con la presenza di alcuni insegnanti e di un gruppo studenti in rappresentanza delle classi partecipanti al progetto.

