

Scuola Media, Gordola

STUDIO ENERGETICO GLOBALE

Nuova edificio con palestra tripla (blocco H), demolizione palestra esistente (blocco B), Blocco Aule (blocco A), Blocco Mensa/Biblioteca (blocco C)

RAPPORTO

- 1. OSSERVAZIONI PRELIMINARI**
- 2. BASI LEGALI**
- 3. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEI BLOCCHI**
- 4. SCENARI DI RISANAMENTO/NUOVO INVOLUCRO**
- 5. SCELTE RELATIVE ALLA AERAZIONE CONTROLLATA**
- 6. ESIGENZE MINERGIE BASE**
- 7. VALUTAZIONE DEGLI SCENARI**
- 8. CERTIFICAZIONE MINERGIE E CONCETTO IMPIANTISTICO**
- 9. SURRISCALDAMENTO ESTIVO BLOCCO A (AULE)**
- 10. ASPETTI ACUSTICI OIF/SIA 181**

Viganello, 28 febbraio 2022

MIRKO GALLI

Arch. dipl. ETH/OTIA/REG A - NDK Bau+Energie
Specialista in fisica della costruzione



1. OSSERVAZIONI PRELIMINARI

Il presente rapporto illustra le conclusioni di uno studio energetico globale eseguito sull'insieme del complesso della Scuola Media di Gordola, nell'ambito del concorso di progetto per la realizzazione di una nuova palestra tripla in sostituzione della palestra esistente, in collaborazione con *Moggioengineering SA* per l'analisi tecnica RVCS, che costituisce un rapporto separato.

Il complesso della Scuola Media di Gordola si compone dai blocchi:

- **A** edificio aule d'insegnamento
- **B** palestra esistente (da demolire)
- **C** biblioteca/mensa/custode
- **H** nuova palestra tripla

Il blocco A è stato oggetto di un intervento di ristrutturazione e ampliamento, per il quale è stata ottenuta la certificazione Minergie (TI-262) al termine della ristrutturazione.

Lo studio ha i seguenti scopi:

- verificare la trasferibilità delle scelte di intervento delineate sul blocco A anche al blocco C;
- valutare il fabbisogno energetico e la potenza di riscaldamento totale del complesso per rapporto a quella attualmente necessaria, considerando che la attuale palestra (blocco B) verrà demolita e verrà realizzata una nuova palestra tripla (blocco H);
- esaminare le conseguenze sulla certificazione Minergie del blocco aule (blocco A) successivamente alla demolizione della attuale palestra (blocco B), sul tetto della quale è presente l'impianto fotovoltaico funzionale al rispetto dei valori limite di consumo energetico fissati dalla certificazione Minergie;
- studiare l'influsso sui fattori energetici della realizzazione di una corte coperta non riscaldata sui blocco A e C;
- verificare l'attuale situazione delle aule scolastiche per rapporto al rischio di surriscaldamento, con una simulazione dinamica delle temperature, considerando un uso ottimale delle protezioni solari e il concetto di ventilazione igienica presente;

- verificare preliminarmente gli aspetti acustici legati all'intervento previsto (OIF, SIA 181).

Per realizzare gli obiettivi dello studio sono stati prodotti:

- bilancio termico SIA 380/1 per il blocco A, attualizzandolo alla versione normativa in vigore, e riprendendo i dati della verifica Minergie a suo tempo consegnata per la certificazione;
- bilancio termico SIA 380/1 per il blocco B, nella situazione precedente al risanamento del tetto piano e alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico;
- bilancio termico SIA 380/1 per il blocco C, a partire da un possibile scenario di intervento sull'involucro coerente con le scelte di intervento attuate sul blocco A;
- bilancio termico SIA 380/1 per il blocco H a partire da scelte di involucro in linea con una costruzione contemporanea termicamente isolata in modo ottimale e di dimensione equivalente a una palestra tripla con il programma degli spazi previsto a concorso;

2. BASI LEGALI

Base legale in Ticino per gli interventi edilizi che contemplano un cambiamento nell'uso dell'energia negli edifici è dall' 1.1.2009 il RUEn (Regolamento sull'Uso dell'Energia) di cui è prevista la pubblicazione e l'entrata in vigore di una nuova versione nella primavera del 2022, attualmente pubblicata solo quale proposta di modifica del regolamento vigente.

Ai sensi del Regolamento sull'Uso dell'Energia (RUEn) l'intervento proposto costituisce una nuova edificazione destinata a essere riscaldata, con una superficie di riferimento energetico secondo SIA 380 suddivisa nei seguenti utilizzi:

categoria IV scuole

categoria XI edifici sportivi

In questo caso il RUEn indica in particolare, sia nella versione in vigore come anche nella proposta di nuova versione:

- art. 11 – la necessità per le nuove edificazioni di stabili di proprietà pubblica di ottenere la certificazione Minergie dello stabile;

- art. 15 – la proibizione in stabili di proprietà pubblica di installare nuovi sistemi di riscaldamento alimentati con combustibili fossili.

Per la certificazione Minergie fa stato in questo momento la versione 2022 del *regolamento d'uso Minergie* e rispettivo *regolamento di prodotto Minergie*. I blocchi di cui si compone la SM di Gordola sono volumi completamente indipendenti e possiedono una entrata separata, sono quindi da certificare come progetti separati secondo regolamento Minergie, anche se la produzione di calore è comune agli edifici.

Le basi legali e le normative che interessano gli aspetti indicati sono le seguenti:

| | |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MOPEC | Modello di prescrizioni energetiche dei Cantoni, versione attuale 2014 con adeguamento 2018 |
| RUE | Regolamento cantonale sull'utilizzazione dell'energia, versione attualmente in vigore e nuova versione, di cui è prevista l'entrata in vigore nella primavera del 2022. |
| MINERGIE | Informazioni generali sul procedimento di certificazione energetica <ul style="list-style-type: none">– Regolamento d'uso del marchio Minergie, versione 2022.1 (in vigore dal 1.2022)– Regolamento di prodotto degli standard di costruzione Minergie, versione 2022.1 (in vigore dal 7.2022)– Guida all'uso standard di costruzione Minergie, versione 2021.1 (in vigore dal 1.2021)– Dossier di esempio per la domanda di certificazione, versione 2020.1 |
| NORMA SIA 380/1 | Fabbisogno termico per il riscaldamento, ed. 2016/2009 |
| NORMA SIA 380 | Basi per il calcolo energetico di edifici, edizione 2015 |
| OIF | Ordinanza contro l'inquinamento fonico, 1986 |
| NORMA SIA 181 | La protezione dal rumore nelle costruzioni edilizie, 2020 |

3. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEI BLOCCHI

I tre blocchi presentano una diversa distribuzione quantitativa degli elementi dell'involucro, che la tabella seguente riassume (il blocco B palestra è indicato in grigio, in quanto da demolire):

| Blocco | Verso esterno | | Verso terreno | | Verso locali non riscaldati | | Finestre |
|-----------------------------------|---------------|--------|---------------|-----------|-----------------------------|-----------|----------|
| | Tetti | Pareti | Pareti | Pavimenti | Pareti | Pavimenti | |
| B palestra attuale | 1228 | 1154 | - | 1161 | - | - | 240 |
| A aule | 2217 | 1215 | 453 | 2110 | - | - | 1346 |
| C mensa/aula magna | 708 | 899 | - | - | - | 708 | 176 |
| H nuova palestra tripla (ipotesi) | 2040 | 2477 | 361 | 973 | - | 1067 | 758 |

Ricordiamo che la certificazione Minergie del blocco A (ristrutturazione e ampliamento) si basa sulle seguenti scelte costruttive e impiantistiche (per i dettagli si rimanda al rapporto del 17 agosto 2009 che la accompagnava):

- isolamento superiore del tetto piano (per la parte di ristrutturazione: quale supplemento superiore all'isolamento esistente)
- isolamento della parete esterna dall'interno, con lana di roccia e tamponamento in gessocartone
- isolamento dei pavimenti (per la ristrutturazione solo dove ciò era possibile) tra sottofondo e strato portante
- nuove finestre con vetro triplo e telaio in metallo con taglio termico
- sistema di aerazione dolce senza recupero di calore (apertura automatica delle finestre, con controllo del livello di CO₂)
- mantenimento della produzione di calore e acqua calda (parte centralizzata) con caldaia a gasolio
- nuovo impianto fotovoltaico per la produzione di energia rinnovabile

L'impianto fotovoltaico (essenziale nell'ottenimento della certificazione Minergie) è stato previsto sul tetto della attuale palestra poiché il tetto del blocco aule non si presta a tale

scopo. A certificazione Minergie lo stesso risulta di 32.9 kWp di potenza installata, calcolato con una resa di 800 kWh/kWp anno. La resa effettiva è probabilmente superiore, dato l'orientamento ottimale dei moduli. Poiché la posa di un impianto fotovoltaico non è possibile sul blocco A (aule) per via della complessa conformazione del tetto, la demolizione dell'attuale blocco B (palestra) implica di prevedere un impianto fotovoltaico sostitutivo di potenza analoga (considerando 300 Wp/modulo, un impianto formato da 110 moduli 100/160) su un'altra parte del complesso.

La scelta per il blocco A di procedere con il risanamento della parete esterna dall'interno è stata frutto di considerazioni architettoniche di conservazione del carattere dell'edificio in CA facciavista. Questa soluzione ha permesso comunque la certificazione Minergie del blocco A, ma in una situazione in cui i ponti termici dell'involucro (pur calcolati molto accuratamente) erano una parte molto significativa delle perdite termiche, con una ricaduta essenziale sul bilancio Minergie.

4. SCENARI DI RISANAMENTO/NUOVO INVOLUCRO

Per valutare la trasferibilità dell'intervento proposto per il blocco A, è stato approntato il bilancio energetico SIA 380/1 per il blocco C e sono state fatte una serie di proposte per il risanamento degli elementi costruttivi dello stesso:

- **Tetto piano:** raggiungimento del valore $U = 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$, con rinforzo dell'isolamento presente sopra lo strato portante, oppure sua sostituzione integrale (14 cm PUR/alu con $\lambda = 0.022 \text{ W/mK}$).
- **Parete esterna:** raggiungimento del valore $U = 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$, con la posa di un isolamento interno (14 cm XPS 300 con $\lambda = 0.034 \text{ W/mK}$) e rivestimento di lastre di gessocartone, con corrispondenti ponti termici della struttura portante, desunti dalle verifiche a suo tempo allestite per il blocco A
- **Pavimento su terreno:** raggiungimento del valore $U = 0.28 \text{ W/m}^2\text{K}$, con rinforzo dell'isolamento sopra lo strato portante (10 cm PUR/alu con $\lambda = 0.024 \text{ W/mK}$).
- **Pavimento su non riscaldato:** raggiungimento del valore $U = 0.28 \text{ W/m}^2\text{K}$, con rinforzo dell'isolamento sopra lo strato portante (10 cm PUR/alu Swispor con $\lambda = 0.024 \text{ W/mK}$). Ricordiamo che il pavimento è quello sopra il rifugio PC, che se ancora in funzione come tale, non può essere isolato a soffitto verso i locali superiori a meno di prevedere un isolamento smontabile con un dispendio minimo

prima dell'occupazione (cfr. ITI 2012: istruzioni tecniche dell'UFPP per l'aerazione dei rifugi con isolamento termico)

- **Finestre:** vetro triplo isolante con $U_g = 0.70 \text{ W/m}^2\text{K}$ e distanziatore sintetico con $\psi = 0.035 \text{ W/mK}$, telaio con $U_f = 1.75 \text{ W/m}^2\text{K}$ che conducono a un valore U medio delle finestre di $U_w = 1.11 \text{ W/m}^2\text{K}$ considerando la superficie vetrata al 70% e una lunghezza di bordo vetro di 4m/m^2 . Il valore g del vetro è stato fissato a 0.53 corrispondente a un normale vetro triplo trasparente.

È stata ipotizzata, come già constatato nel blocco A, la presenza di strati di isolamento originale in sughero, tipicamente 4cm, negli elementi costruttivi considerati. Ad eccezione dei tetti, questo isolamento in sughero è stato mantenuto anche nella stratigrafia risanata. Una serie di sondaggi potranno poi verificarne la effettiva presenza o meno negli elementi costruttivi considerati. Lo spessore è comunque molto limitato e una sua eventuale assenza non invalida l'analisi qui presentata.

Sul blocco A (aule) è stata inoltre ipotizzata la realizzazione di un completo isolamento dei locali interrati corrispondenti agli attuali locali "009 centrale termica" e "008 locale cisterne" e di parte del gruppo di locali tecnici 004-005-006-007, che erano stati esclusi dal precedente intervento di risanamento, conducendo a una diminuzione del fabbisogno termico del blocco A (aule) ed alla conclusione ottimale del suo risanamento. Questa diminuzione del fabbisogno permette di avere delle maggiori riserve sulla compensazione fotovoltaica dei consumi di questo blocco

È stata inoltre valutata la conseguenza sui consumi della chiusura della corte tra blocco A e blocco C con un volume chiuso non riscaldato.

Ricordiamo inoltre che la certificazione Minergie per il blocco A è stata concessa con il Regolamento 2009. Nel caso di una modifica del vettore energetico sarà necessario procedere a una ricertificazione dell'edificio secondo le seguenti modalità indicate da Minergie:

Mantenimento della validità nel caso di cambiamenti energetici rilevanti

Qualora si volesse conservare la validità di un certificato Minergie nonostante successivi cambiamenti all'edificio, rilevanti dal profilo energetico (per esempio nuovi vettori energetici per la produzione di calore, ampliamenti, ecc.), va dimostrato che le esigenze dello standard di costruzione (in vigore al momento in cui è stata inoltrata la richiesta) sono ancora rispettate.

Per quanto riguarda il blocco C (mensa, biblioteca) si è verificato anche l’influsso sul bilancio energetico di uno scenario che preveda la rinuncia di un isolamento del pavimento della mensa/aula magna/cucina sopra il vasto rifugio PC (locale non riscaldato).

5. SCELTE RELATIVE ALLA AERAZIONE CONTROLLATA

Sia il blocco C (mensa, biblioteca) che il nuovo blocco H (palestra tripla) dovranno essere ventilati automaticamente. Idealmente con un impianto centralizzato o con più impianti decentralizzati a recupero di calore, per permettere di diminuire i fabbisogni termici per ventilazione garantendo al contempo una qualità dell’aria ottimale. Rinunciare a un impianto di ventilazione a recupero di calore fa aumentare in modo decisivo i costi energetici per il riscaldamento e il fabbisogno di potenza termica corrispondente.

Il rapporto *Moggioengineering* fornisce una valutazione in merito agli impianti previsti e al conseguente minor fabbisogno di potenza termica.

Il concetto di aerazione del blocco A (aule) mediante apertura automatica delle finestre è invece stato mantenuto nella presente analisi.

6. ESIGENZE MINERGIE BASE

Le esigenze Minergie secondo regolamento 2022 sono qui riassunte di seguito per le due categorie coinvolte. Sia per la ristrutturazione del blocco C (mensa/biblioteca) che per il nuovo blocco H (palestra tripla) lo standard di riferimento è quello BASE.

CATEGORIA “SCUOLE” – RISTRUTTURAZIONE – ESIGENZE **BASE**

| Caratteristica | Valore limite | Breve descrizione |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Valore limite del fabbisogno finale di energia senza fotovoltaico | 55 kWh/m ² | Fabbisogno energetico limite ponderato per riscaldamento, acqua calda, ventilazione, climatizzazione |
| Esigenza primaria involucro | Nessuna | Fabbisogno energetico per il riscaldamento secondo SIA 380/1:2016 per rapporto al limite stabilito della stessa norma: <u>non è necessario rispettare alcun limite relativamente a questo aspetto.</u> |
| Ermeticità all’aria | q _{E50} < 1.6 m ³ /hm ² | L’involucro deve essere realizzato ermetico all’aria, deve essere presentato un concetto di ermeticità in fase di certificazione. <u>Un test blower-door non è obbligatorio, ma una</u> |

| | | |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | <u>sua esecuzione permette di certificare il raggiungimento del valore di ermeticità all'aria indicato.</u> |
| Impiego di energia da fonti fossili | Escluso | Non è permesso utilizzare nessuna produzione di energia fossile. |
| Aerazione controllata | Obbligatoria | Deve essere assicurato un ricambio d'aria automatizzato che permetta una qualità dell'aria interna sempre ottimale nei locali occupati in modo permanente dalle persone, secondo le indicazioni del quaderno tecnico SIA 2024 |
| Verifica benessere estivo | Obbligatoria, secondo SIA 180:2014 oppure SIA 382/1:2014 | L'edificio deve garantire il benessere termico estivo agli utenti |
| Calore residuo | Da utilizzare | Il calore residuo generato dalla produzione di freddo deve essere riutilizzato se tecnicamente possibile e finanziariamente sostenibile |
| Impianto fotovoltaico | Facoltativo | - |
| Luce artificiale | Illuminazione SIA 387/4 | Deve essere garantito il rispetto dei valori limite SIA 387/4 per l'energia necessaria a garantire l'illuminazione artificiale dell'edificio |
| Indice Minergie | 85 kWh/m ² | Somma degli indici parziali relativi a riscaldamento, ventilazione, climatizzazione, acqua calda, illuminazione, apparecchiature, impiantistica in genere, meno la produzione propria di energia (fotovoltaico, calorica, residua) |

7. VALUTAZIONE DEGLI SCENARI

I risultati degli scenari di valutazione – per ognuno dei quali è stato allestito un bilancio termico separato – sono riassunti nelle seguenti tabelle, che presentano il fabbisogno limite e quello effettivo di calore dei vari blocchi, unitamente ai dati del fabbisogno di potenza termica per trasmissione e per ventilazione (dati necessari al calcolo della potenza termica di riscaldamento), il tutto sempre riferito al m² di A_E (superficie di riferimento energetico). I bilanci sono stati realizzati sui piani di rilievo del blocco C, sui piani originali definitivi del blocco A e sulle indicazioni dello studio di fattibilità del nuovo blocco H.

BLOCCO A (AULE) – AMPLIAMENTO NORD:

| A _E | Q _{h,lim} | Q _h | Q _T | Q _V | OSSERVAZIONI |
|----------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------|
| m ² | MJ/m ² | MJ/m ² | MJ/m ² | MJ/m ² | |
| 580.7 | 109 | 108 | 158 | 57 | Situazione dopo il risanamento, con ventilazione standard |

| | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 580.7 | 109 | 161 | 158 | 116 | Situazione certificata, con ventilazione mediante apertura automatica delle finestre |
|-------|-----|-----|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|

La situazione certificata, con ricambio d'aria senza recupero di calore, mediante apertura automatizzata delle finestre, fa aumentare il fabbisogno di energia, come pure quello di potenza.

BLOCCO A (AULE) – AMPLIAMENTO SUD:

| A_E m ² | $Q_{h,lim}$ MJ/m ² | Q_h MJ/m ² | Q_T MJ/m ² | Q_V MJ/m ² | OSSERVAZIONI |
|-------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 641.1 | 108 | 80 | 139 | 57 | Situazione dopo il risanamento, con ventilazione standard |
| 641.1 | 108 | 137 | 139 | 121 | Situazione certificata, con ventilazione mediante apertura automatica delle finestre |

La situazione certificata, con ricambio d'aria senza recupero di calore, mediante apertura automatizzata delle finestre, fa aumentare il fabbisogno di energia, come pure quello di potenza.

BLOCCO A (AULE) – CORPO CENTRALE:

| A_E m ² | $Q_{h,lim}$ MJ/m ² | Q_h MJ/m ² | Q_T MJ/m ² | Q_V MJ/m ² | OSSERVAZIONI |
|-------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5030.8 | 275 | 442 | 511 | 67 | Situazione prima del risanamento con serramenti e isolamento termico originale |
| 5030.8 | 115 | 114 | 162 | 63 | Situazione certificata, con ventilazione standard |
| 5030.8 | 115 | 174 | 162 | 128 | Situazione certificata, con ventilazione mediante apertura automatica delle finestre |
| 5030.8 | 115 | 154 | 140 | 128 | Situazione certificata, con ventilazione mediante apertura automatica delle finestre, con isolamento dei locali tecnici al piano interrato |
| 5030.8 | 115 | 157 | 140 | 128 | Con portico chiuso adiacente come locale non riscaldato , con ventilazione mediante apertura automatica delle finestre, con isolamento dei locali tecnici al piano interrato |

La situazione certificata, con ricambio d'aria senza recupero di calore, mediante apertura automatizzata delle finestre, fa aumentare il fabbisogno di energia, come pure quello di potenza.

Mediante l'edificazione del portico coperto il fabbisogno di potenza resta sostanzialmente immutato, ma aumenta il fabbisogno di energia, poiché vengono a mancare i guadagni solari attraverso le campiture vetrate al piano terreno, rivolte a est. Questo è però positivo per prevenire il surriscaldamento estivo: la mattina i guadagni solari sono minori e quindi l'edificio tenderà sull'arco della giornata, al piano terreno, a temperature estive inferiori a quelle odierne. Premessa è che il portico possa essere in estate ben ventilato.

BLOCCO C (MENSA/BIBLIOTECA):

| A_E m ² | $Q_{h,lim}$ MJ/m ² | Q_h MJ/m ² | Q_T MJ/m ² | Q_V MJ/m ² | OSSERVAZIONI |
|-------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 746.6 | 261 | 1200 | 1275 | 63 | Situazione attuale con serramenti e isolamento termico originale |
| 746.6 | 270 | 219 | 260 | 63 | Con scelte di isolamento come blocco A (aule) |
| 746.6 | 267 | 226 | 263 | 63 | Con portico chiuso adiacente come locale <u>non</u> riscaldato |
| 746.6 | 267 | 641 | 688 | 63 | Senza isolamento dei pavimenti su terreno/non riscaldato, senza portico adiacente |

Anche in questo caso si vede come un intervento di isolamento termico in linea con le scelte già applicate per il blocco A conduca a una decisa diminuzione sia del fabbisogno energetico che dei consumi. L'edificazione del portico chiuso adiacente ha un effetto più significativo rispetto al blocco centrale A, e fa aumentare leggermente il fabbisogno energetico (mancando i guadagni solari delle finestre) lasciando però sostanzialmente invariato il fabbisogno di potenza.

Il tema dell'isolamento del pavimento sopra il rifugio è centrale: questo intervento è assolutamente necessario per rientrare nei corretti parametri di fabbisogno sia energetico che di potenza termica.

BLOCCO B (PALESTRA) / BLOCCO H (PALESTRA TRIPLA)

| A_E m ² | $Q_{h,lim}$ MJ/m ² | Q_h MJ/m ² | Q_T MJ/m ² | Q_V MJ/m ² | OSSERVAZIONI |
|-------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1441.8 | 204 | 639 | 684 | 51 | Ristrutturazione per posa impianto fotovoltaico su edificio originale |
| 3108.2 | 207 | 98 | 135 | 51 | Nuova palestra tripla con scelte di isolamento termico in linea con esigenze RUEn |

Rispetto alla situazione attuale l'edificazione prevista, anche se di superficie di riferimento energetico più che doppia, conduce a una riduzione del fabbisogno di potenza e di energia del complesso molto importante.

8. CERTIFICAZIONE MINERGIE E CONCETTO IMPIANTISTICO

A seguito dell'analisi compiuta e delle esigenze indicate è possibile elencare di seguito una serie di condizioni obbligate, accompagnate da una serie di condizioni che rendono più facile raggiungere la certificazione Minergie dei blocchi C e H e la ricertificazione del blocco A della Scuola Media di Gordola:

Condizioni obbligate:

- prevedere un impianto di aerazione automatizzata per ciascuna delle nuove zone termiche considerate (palestra, biblioteca/mensa);
- prevedere una produzione di calore interamente ad energia rinnovabile;
- soddisfare i criteri relativi alla illuminazione artificiale;
- prevedere un adeguato isolamento termico dell'involucro del blocco H
- verificare il benessere termico per i nuovi spazi previsti (blocco H) e per gli spazi da ristrutturare (blocco C), prevedendo se del caso un impianto di raffrescamento per assicurare tale benessere, caratterizzato da un buon grado di efficienza. In ogni caso devono essere previste protezioni solari per tutte le finestre. Le stesse devono poter essere controllate elettronicamente con sensori di irraggiamento, indipendenti per facciata, con classe di resistenza al vento almeno uguale a 4.
- prevedere di recuperare il calore residuo della produzione del freddo (impianti di raffrescamento, celle frigorifere) dove questo è possibile
- prevedere un nuovo impianto fotovoltaico in sostituzione di quello presente sul tetto dell'attuale palestra (blocco B) di almeno 32.9 kWp di potenza installata, con una resa minima di 800 kWh/kWp anno (considerando 300 Wp/modulo, un impianto formato da 110 moduli 100/160).
- prevedere un nuovo impianto fotovoltaico per l'edificio della nuova palestra tripla (blocco H): la potenza minima da installare secondo regolamento Minergie è di 10 Wp/m², con limite minimo superiore di 30 kWp. Nel caso specifico quindi, considerando una possibile superficie di riferimento energetico quale quella indicata al punto 7, la

superficie minima è di $3108 \cdot 10 / 1000 = 32$ kWp, con una resa minima di 800 kWh/kWp anno (considerando 300 Wp/modulo, un impianto formato da 107 moduli 100/160).

- Prevedere un buon livello di illuminamento naturale degli spazi, con superfici vetrate adeguate, con un vetro con trasmissione luminosa di almeno $\tau_L=0.70$ e spazi interni chiari. Illuminazione mediante lampade ad alta efficienza con controllo della presenza negli spazi e un controllo del livello di luce diurna, per ottimizzare accensione e spegnimento della illuminazione artificiale in funzione dell'utilizzo

Relativamente all'impianto fotovoltaico va detto che la proprietà dell'impianto non è importante ai fini del computo nel bilancio Minergie. È sufficiente che esso sia installato in maniera definitiva sullo stabile o su uno degli stabili che compongono il complesso. Esso può in particolare essere computato anche se realizzato e gestito da un'azienda elettrica (guida all'uso Minergie, punto 13.1.2).

Condizioni accompagnatorie ideali

- per il blocco C prevedere l'isolamento termico completo dei pavimenti e prevedere un isolamento termico dell'involucro del blocco H che permetta di rispettare con ampio margine i limiti SIA 380/1
- prevedere il recupero di calore sull'impianto di ventilazione, efficienza minima 80%;
- raggiungere, nel caso di un impianto di produzione di calore mediante termopompe, un buon grado di efficienza (alto coefficiente di lavoro annuo: resa energetica di calore per rapporto alla elettricità consumata, sia per la produzione di calore che per la produzione di acqua calda)
- una superficie di impianto fotovoltaico non è obbligatoria secondo regolamento Minergie per il blocco C (biblioteca, mensa), ma è di ulteriore vantaggio nel raggiungimento della certificazione.

9. SURRISCALDAMENTO ESTIVO BLOCCO A (AULE)

Allo scopo di valutare le problematiche relative alle temperature interne delle aule (blocco A) nel periodo estivo è stato realizzato un modello digitale con il software SIA TEC TOOL che

permette di simulare l'andamento delle temperature interne rispetto al clima reale e alle condizioni standard di utilizzo secondo SIA 2024 per un'aula rivolta ad est e per un'aula rivolta a ovest.

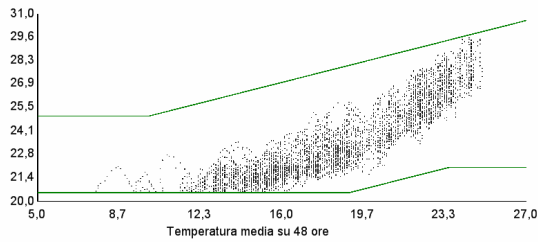
Preliminarmente va osservato che nell'ambito della ristrutturazione del blocco A una climatizzazione è stata di principio esclusa. Essendo prevista una ventilazione automatica attraverso l'apertura delle finestre sarebbe però stato possibile ventilare naturalmente la scuola durante il periodo notturno. Poter lasciare aperte le porte delle aule per permettere il generale ricambio d'aria e raffrescamento dell'edificio avrebbe costituito un vantaggio, ma si è poi rilevato logisticamente non possibile. La non sempre ideale gestione delle protezioni solari e anche il sovraffollamento che ha caratterizzato lo stabile negli ultimi anni, come pure la presenza di giorni di canicola (temperatura esterna superiore ai 30°C, quando in ogni caso il benessere non può più essere garantito) tende ad enfatizzare questo aspetto, legato sicuramente anche alle caratteristiche architettoniche (presenza di una parte vetrata originale molto consistente, assenza di massa termica interna per la presenza di molto rivestimenti leggeri della struttura massiccia in CA).

Una campagna di misure climatiche sul posto non è mai stata effettuata, ma sarebbe di interesse per capire meglio la effettiva presenza, portata e distribuzione del fenomeno nei singoli spazi.

La verifica è stata fatta sulla base della norma SIA 180, che stabilisce per spazi non climatizzati un ambito di oscillazione della temperatura ambiente rispetto alla temperatura esterna media sulle 48 ore precedenti. Sono state simulate due aule: aula 209 rivolta ad est (fig. di destra), aula 214, rivolta a ovest (fig. di sinistra).

Sono prima di tutto state simulate le condizioni ideali: uso corretto della protezione solare, con ventilazione igienica automatica attraverso le ante di ventilazione verticali:

Diagramma di dispersione pte 180:2014



Progetto: SM Gordola
 Abitazione: SM Gordola
 Descrizione: Aula 214
 Stazione meteo: Magadino

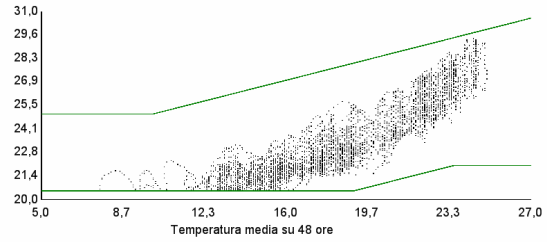
Piano: Piano 1
 Bre des: 1
 Utilizzo: Aula scolastica Spec 1 (2015)

Superficie netta: 62,14 m² Volume: 185,17 m³
 Capacità termica: 57,5 Wh/(m²K) Ventil. tramite finestre: Sì
 Ore oltre il valore limite: 0 h Temperatura max: 29,6 °C
 Ore sotto il valore limite: 0 h Temperatura min: 20,5 °C
 Requisiti soddisfatti?: Sì

Rapporto superficie vetrata / superficie della facciata

| | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | Tetto |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------|---------------|-------|
| Azimuth | 157.5°-202.5° | 202.5°-247.5° | 247.5°-292.5° | 292.5°-337.5° | 337.5°-22.5° | 22.5°-67.5° | 67.5°-112.5° | 112.5°-157.5° | |
| Vetro in m ² | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 20,6 | 0,0 | 0,0 |
| Facciata in m ² | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 27,0 | 0,0 | 73,1 |
| Quota in % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 76 | 0 | 0 |

Diagramma di dispersione pte 180:2014



Progetto: SM Gordola
 Abitazione: SM Gordola
 Descrizione: Aula 209
 Stazione meteo: Magadino

Piano: Piano 1
 Bre des: 1
 Utilizzo: Aula scolastica Spec 1 (2015)

Superficie netta: 62,14 m² Volume: 185,17 m³
 Capacità termica: 57,5 Wh/(m²K) Ventil. tramite finestre: Sì
 Ore oltre il valore limite: 0 h Temperatura max: 29,4 °C
 Ore sotto il valore limite: 0 h Temperatura min: 20,5 °C
 Requisiti soddisfatti?: Sì

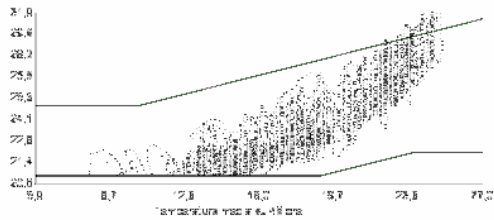
Rapporto superficie vetrata / superficie della facciata

| | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | Tetto |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------|---------------|-------|
| Azimuth | 157.5°-202.5° | 202.5°-247.5° | 247.5°-292.5° | 292.5°-337.5° | 337.5°-22.5° | 22.5°-67.5° | 67.5°-112.5° | 112.5°-157.5° | |
| Vetro in m ² | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 20,6 | 0,0 | 0,0 |
| Facciata in m ² | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 27,0 | 0,0 | 73,1 |
| Quota in % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 76 | 0 | 0 |

Le temperature interne sono elevate, ma rispettano i valori limite SIA 180. Non vi sono ore di surriscaldamento oltre il valore limite e i requisiti SIA 180 sono soddisfatti. Le due aule si comportano praticamente allo stesso modo.

Per verificare il modello è stato simulato l'uso scorretto delle protezioni solari (fig. di sinistra) mantenendo la ventilazione, oppure l'assenza di ventilazione igienica (fig. di destra) con un corretto uso delle protezioni solari.

Diagramma di dispersione pte 180:2014



Progetto: SM Gordola
 Abitazione: SM Gordola
 Descrizione: Aula 214
 Stazione meteo: Magadino

Piano: Piano 1
 Bre des: 1
 Utilizzo: Aula scolastica Spec 1 (2015)

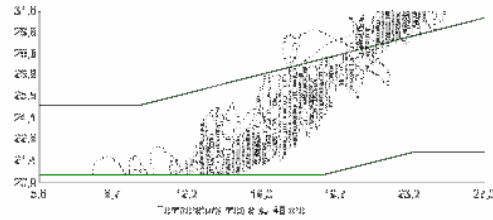
Superficie netta: 62,14 m² Volume: 185,17 m³
 Capacità termica: 57,5 Wh/(m²K) Ventil. tramite finestre: Sì
 Ore oltre il valore limite: 0 h Temperatura max: 29,6 °C
 Ore sotto il valore limite: 0 h Temperatura min: 20,5 °C
 Requisiti soddisfatti?: Sì

Rapporto superficie vetrata / superficie della facciata

| | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | Tetto |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------|---------------|-------|
| Azimuth | 157.5°-202.5° | 202.5°-247.5° | 247.5°-292.5° | 292.5°-337.5° | 337.5°-22.5° | 22.5°-67.5° | 67.5°-112.5° | 112.5°-157.5° | |
| Vetro in m ² | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 20,6 | 0,0 | 0,0 |
| Facciata in m ² | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 27,0 | 0,0 | 73,1 |
| Quota in % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 76 | 0 | 0 |

| Descrizione | Descrizione | Quant. | Unità | Costo unitario | Costo totale | Quantità | Unità | Costo unitario | Costo totale |
|-------------|--------------------|--------|----------------|----------------|--------------|----------|----------------|----------------|--------------|
| 1 | Superficie vetrata | 0,0 | m ² | 0,00 | 0,00 | 0,0 | m ² | 0,00 | 0,00 |
| 2 | Superficie opaca | 0,0 | m ² | 0,00 | 0,00 | 0,0 | m ² | 0,00 | 0,00 |
| 3 | Superficie opaca | 0,0 | m ² | 0,00 | 0,00 | 0,0 | m ² | 0,00 | 0,00 |

Diagramma di dispersione pte 180:2014



Progetto: SM Gordola
 Abitazione: SM Gordola
 Descrizione: Aula 214
 Stazione meteo: Magadino

Piano: Piano 1
 Bre des: 1
 Utilizzo: Aula scolastica Spec 1 (2015)

Superficie netta: 62,14 m² Volume: 185,17 m³
 Capacità termica: 57,5 Wh/(m²K) Ventil. tramite finestre: No
 Ore oltre il valore limite: 0 h Temperatura max: 29,4 °C
 Ore sotto il valore limite: 0 h Temperatura min: 20,5 °C
 Requisiti soddisfatti?: No

Rapporto superficie vetrata / superficie della facciata

| | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | Tetto |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------|---------------|-------|
| Azimuth | 157.5°-202.5° | 202.5°-247.5° | 247.5°-292.5° | 292.5°-337.5° | 337.5°-22.5° | 22.5°-67.5° | 67.5°-112.5° | 112.5°-157.5° | |
| Vetro in m ² | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 20,6 | 0,0 | 0,0 |
| Facciata in m ² | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 27,0 | 0,0 | 73,1 |
| Quota in % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 76 | 0 | 0 |

| Descrizione | Descrizione | Quant. | Unità | Costo unitario | Costo totale | Quantità | Unità | Costo unitario | Costo totale |
|-------------|--------------------|--------|----------------|----------------|--------------|----------|----------------|----------------|--------------|
| 1 | Superficie vetrata | 0,0 | m ² | 0,00 | 0,00 | 0,0 | m ² | 0,00 | 0,00 |
| 2 | Superficie opaca | 0,0 | m ² | 0,00 | 0,00 | 0,0 | m ² | 0,00 | 0,00 |
| 3 | Superficie opaca | 0,0 | m ² | 0,00 | 0,00 | 0,0 | m ² | 0,00 | 0,00 |

Come era da attendersi in entrambi i casi i limiti sono ampiamente non rispettati. Anche se una corretta ventilazione è in grado di sopperire in parte a un uso scorretto delle protezioni solari questi due aspetti sono entrambi centrali nel regolare il clima estivo di uno spazio non raffrescato.

10. ASPETTI ACUSTICI OIF/SIA 181

L'*Ordinanza contro l'inquinamento fonico* stabilisce la necessità, costruendo in zone caratterizzate da emissione di rumore veicolare, di garantire un'adeguata protezione acustica agli spazi sensibili al rumore, verificando il rispetto dei valore limite OIF al centro delle finestre aperte dei nuovi spazi previsti, per rapporto al grado di sensibilità stabilito a PR.

Questa necessità è stabilita dall'art. 31 OIF, e in questo caso è necessario verificare che le emissioni della strada cantonale PA13 (Rotonda Aeroporto-Mappo) unite a quelle degli assi stradali cantonali CO418_01 (via Brere) e CO418_04 (via Santa Maria) non superino i valori limite OIF al centro delle finestre aperte delle previste nuove edificazioni sensibili al rumore, come pure al centro delle finestre aperte delle edificazioni esistenti per le quali si prevede una modifica di utilizzo sostanziale.

La procedura di verifica e i valori limite sono indicati all'**allegato 3** OIF.

La stessa OIF impone inoltre di verificare che gli impianti tecnici previsti a progetto non siano fonte di immissioni acustiche verso punti sensibili al rumore degli stabili vicini. Questo aspetto, così come i valori limite ad esso correlati a seconda del grado di sensibilità stabilito a PR è regolato dall'**allegato 6** OIF. Le fonti di rumore da valutare in questo caso, cumulativamente per il loro effetto globale, sono le seguenti:

- impianti di riscaldamento, ventilazione e climatizzazione (OIF, allegato 6, cap. 1, lett. e)
- eventuali nuovi posteggi esterni o posteggi esterni oggetto di modifica sostanziale (OIF, allegato 6, cap. 1, lett. d)

Secondo art. 32 OIF è inoltre necessario che gli elementi dell'involucro e gli elementi di separazione tra unità di utilizzo siano realizzati in conformità alle indicazioni SIA 181. La norma prevede anche il raggiungimento di un corretto benessere acustico negli spazi in particolare per quelli dedicati all'insegnamento.

10.1 VERIFICA IMMISSIONI DA TRAFFICO VEICOLARE SECONDO ART. 31 E ALL. 3 OIF

Relativamente alle immissioni di rumore veicolare le previste edificazioni devono essere valutate ai sensi dell'**allegato 3** dell'OIF *Rumori del traffico stradale*.

I valori limite devono essere mantenuti al centro delle finestre aperte di locali sensibili previste a progetto, questo anche in presenza di una ventilazione controllata dello stabile.

| Grado di sensibilità | Valore limite d'immissione L_r in dB(A) | |
|----------------------|-------------------------------------------|-------|
| | Giorno | Notte |
| I | 55 | 45 |
| II | 60 | 50 |
| III | 65 | 55 |
| IV | 70 | 60 |

Tabella con i valori limiti d'esposizione al rumore del traffico, in funzione del grado di sensibilità (OIF Allegato 3, art.2)

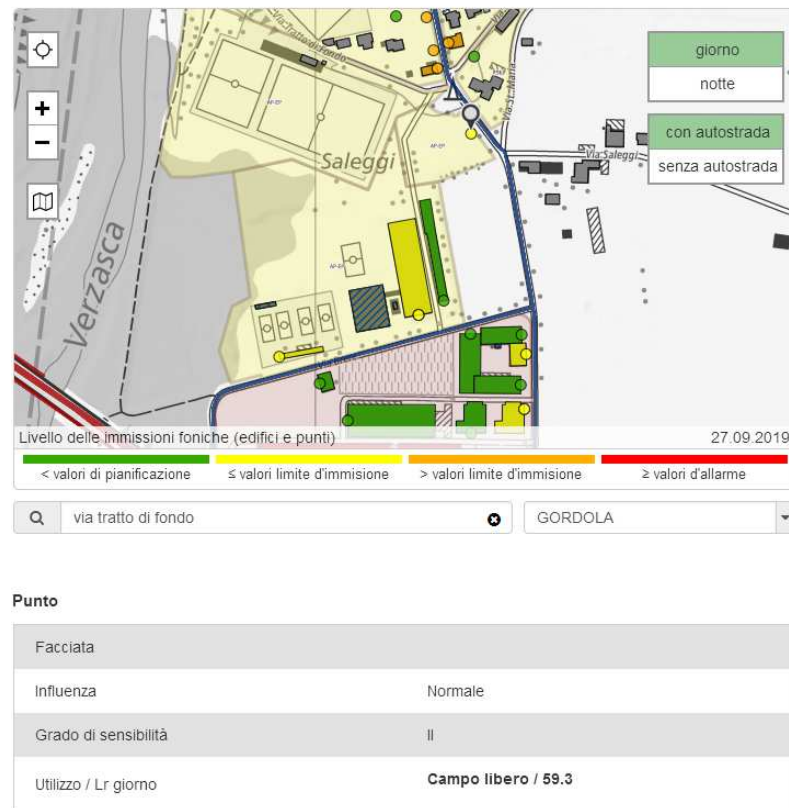
Il livello di valutazione del rumore L_r in dB(A) è calcolato come somma energetica a partire dalle valutazioni parziali ai sensi dell'allegato 3 dell'OIF, ponderato A, corretto con un fattore K_i .

I punti sensibili al rumore sono unicamente il centro delle finestre aperte del blocco A (aule), e degli spazi relativi all'appartamento del custode e della biblioteca, per i quali però non si prevede una modifica sostanziale di utilizzo. La palestra (sia quelle esistente – blocco B, sia la futura palestra tripla – blocco H) non sono spazi sensibili al rumore secondo OIF. Non vi sono altri punti sensibili secondo OIF.

La situazione attuale delle immissioni può essere visualizzata sull'attuale catasto cantonale delle immissioni di rumore stradale.

Catasto immissioni rumore stradale

Esposizione della popolazione al rumore del traffico stradale. ▾



La zona non risulta esposta a immissioni superiori ai limiti OIF indicati, e non sono previste né modifiche sostanziali ai punti di immissione esistenti, né l'edificazione di nuovi spazi sensibili al rumore. Anche la demolizione dell'attuale palestra (blocco B) non modifica la situazione. L'art. 31 OIF risulta quindi rispettato.

10.2 EMISSIONI DI RUMORE DI IMPIANTI TECNICI

L'edificazione della nuova palestra tripla (blocco H) così come la ristrutturazione del blocco mensa-biblioteca (blocco C) condurrà alla realizzazione di nuovi impianti tecnici caratterizzati da emissioni acustiche verso l'esterno, in particolare:

- monoblocchi di ventilazione
- pompe di calore aria-acqua
- posteggi esterni

I punti sensibili corrispondono alla posizione delle edificazioni residenziali posti immediatamente all'esterno del perimetro di progetto. Nella figura sottostante è indicato il punto al mapp. 745, che risulta quello potenzialmente più interessato da possibili immissioni acustiche, per il quale è stata ipotizzata – per una verifica preliminare – una distanza di 75 m dal punto di emissione.



Relativamente alle immissioni di rumore da impianti tecnici gli impianti previsti (sia gli impianti di ventilazione/riscaldamento che eventuali posteggi esterni nuovi o oggetto di modifica sostanziale) sono da considerarsi un "nuovo impianto" che devono essere valutati ai sensi dell'**allegato 6**, art. 1 cap. 1 lettera e dell'OIF *Rumori dell'industria e delle arti e mestieri*, per rumori prodotti dagli impianti di riscaldamento, di ventilazione e di climatizzazione e art. 1 cap. 1 lett. d per i rumore da aree di posteggio. I due livelli di immissione, calcolati in modo distinto, dovranno essere sommati, quindi posti in rapporto ai valori limite OIF.

Poiché gli impianti previsti sono nuovi impianti ai sensi dell'OIF, valgono i valori limite di pianificazione, più restrittivi. I valori limite devono essere rispettati al centro delle finestre aperte di locali sensibili (abitazioni e uffici) di edificazioni esistenti, come pure in zone non

ancora edificate nei punti dove è possibile realizzare una edificazione con locali sensibili al rumore.

Le immissioni foniche devono rispettare i limiti imposti dalla stessa OIF, per rapporto al grado di sensibilità al rumore stabilito a piano regolatore.

| Grado di sensibilità | Valore di pianificazione L_r in dB(A) | |
|----------------------|-----------------------------------------|-------|
| | Giorno | Notte |
| I | 50 | 40 |
| II | 55 | 45 |
| III | 60 | 50 |
| IV | 65 | 55 |

Tabella con i valori limiti d'esposizione al rumore per l'industria e le arti e mestieri, in funzione del grado di sensibilità (OIF Allegato 6, art.2), per impianti nuovi

Ai sensi dell'allegato 6 dell'OIF il livello di valutazione del rumore L_r in dB(A), distinto in giorno (ore 7.00 - 19.00) e notte (ore 19.00 - 7.00), è calcolato come somma energetica a partire dalle valutazioni parziali $L_{r,i}$ di ciascuna fase di rumore.

Il livello di valutazione parziale $L_{r,i}$ è calcolato per la durata media giornaliera della fase di rumore secondo la formula:

$$L_{r,i} = Leq,i + K_1 + K_2 + K_3 + 10 \log(t_i/720)$$

dove Leq,i è il livello energetico medio di rumore durante la fase i , K_1 , K_2 e K_3 le correzioni del livello sonoro per la tipologia della fonte di rumore, per l'udibilità tonale e quella impulsiva.

Per una verifica preliminare è stato eseguito un calcolo a ritroso, considerando il mantenimento (con una riserva di almeno 5 dB(A)) dei valori limite al punto di immissione considerato ($d = 75$ m), con emissività semisferica (emissione su una superficie riflettente: tetto, piazzale), funzionamento notturno medio di 6 ore (periodo dalle 19.00 alle 7.00).

Il valore di emissione massimo risulta di $L_w = 76$ dB(A), non particolarmente elevato. Gli impianti andranno quindi sicuramente silenziati, ed eventualmente in parte previsti all'interno.

| | | EMISSIONI TOTALI | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------|------------------|-------------|
| Livello pressione sonora in campo libero a L_p (propagazione a -sfera) | m | dB(A) | |
| Livello potenza sonora corrispondente L_w | dB(A) | 76.0 | |
| Correzione per 1/2 di energia sonora | dB | | |
| Attenuazione silenziatore D_e | dB | | |
| Livello potenza sonora emissione | dB(A) | 76.0 | |
| Distanza dalla fonte componente diretta | m | 75.0 | |
| | | 0.50 | |
| | | 0.0000283 | |
| Correzione $10 \log (2/4\pi d^2)$ | dB | -45.5 | |
| Livello di pressione sonora | dB(A) | 30.5 | |
| Livello di pressione sonora totale | dB(A) | 30.5 | |
| Attenuazione notturna | dB | - | |
| Coefficienti OIF | | | |
| udibilità tonale K_1 | dB | 5 | 10 |
| impulsiva K_2 | dB | 2 | 2 |
| K_3 | dB | 0 | 0 |
| Fase di rumore t_i | min | 720 | 360 |
| $10\log(t_i/t_o)$ | | 0.0 | -3.0 |
| Lr = | | 37.5 | 39.5 |

10.3 PRINCIPIO DI PREVENZIONE

Anche se i valori di immissione rispettano i valori limiti vi è poi, secondo giurisprudenza, da considerare anche il principio di prevenzione, sancito dall'art. 7 OIF che indica come: *"le emissioni foniche di un impianto fisso nuovo devono essere limitate secondo le disposizioni dell'autorità esecutiva nella maggior misura possibile dal punto di vista tecnico e dell'esercizio e sopportabile sotto il profilo economico"*. Questo può essere ottenuto solitamente mediante una di queste misure:

- riduzione ulteriore dei tempi di funzionamento (misura di esercizi)
- scelta di impianti meno rumorosi (misura tecnica)
- maggiorazione dell'effetto di eventuali schermature (misura tecnica)

Anche per questo motivo è importante, data la vicinanza relativa della zona residenziale a nord, di prevedere le emissioni il più possibile lontane da essa: impianti a tetto non sono per principio esclusi, ma andranno adeguatamente schermati.

10.4 VERIFICHE SECONDO NORMA SIA 181

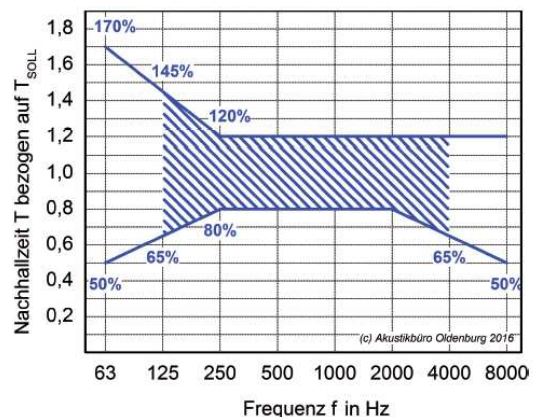
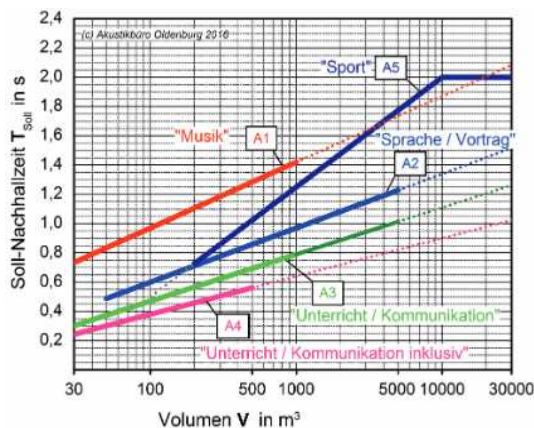
In questo ambito, viste anche le risultanze relative all'esame secondo art. 31 (assenza di nuovi punti di immissione, livelli di immissione attuali già rispettosi dei valori limite OIF) ci si limita a delle considerazioni relative al benessere acustico interno dei nuovi spazi previsti.

Assicurare un ambiente acusticamente adatto all'apprendimento, caratterizzato da riverbero limitato, ottima comprensione del parlato, assenza di rumore disturbante interno ed esterno è molto importante. Oltre a ricadute positive sull'apprendimento un buon clima acustico conduce anche a minori problemi di lavoro per il personale docente.

Per questa grandezza acustica si rimanda alla norma tedesca DIN 18041 riguardo al benessere acustico e ai tempi di riverbero negli spazi per l'apprendimento, che a sua volta distingue due gruppi specifici di locali:

GRUPPO A: locali dove il tempo di riverbero deve essere garantito su media e lunga distanza, e adattato alla tipologia di uso, per la quale la norma prevede 4 tipologie: A1 *musica*, A2 *parlato*, A3 *insegnamento/comunicazione* (con la sottocategoria A4 *insegnamento/comunicazione inclusiva*), A5 *attività sportiva*.

Per ciascuna tipologia d'uso la norma definisce poi un ambito di tolleranza, con limite superiore e inferiore del tempo di riverbero alle varie frequenze.



Nel gruppo A sono incluse le aule scolastiche e in generale tutti gli spazi didattici compresa la palestra e la biblioteca.

Per soddisfare le esigenze di un buon benessere acustico negli spazi di categoria A secondo DIN 18041 è necessario prevedere un soffitto ribassato che sia fonoassorbente nella misura dell'80% della superficie, con coefficiente di assorbimento medio ponderato $\alpha_w \geq 0.70$.

Maggiore lo spessore dello spazio vuoto tra filo inferiore del controsoffitto e filo inferiore della soletta grezza migliora l'effetto fonoassorbente, in particolare alle basse frequenze.

Nonostante il mantenimento di un tempo di riverbero corretto è possibile che in spazi quadrangolari caratterizzati dalla presenza di superficie riflettenti contrapposte come una grande palestra tripla (essendo il fonoassorbimento solitamente concentrato a soffitto) si creino delle situazioni acustiche particolari, che possono imporre di prevedere della superficie di fonoassorbimento a parete.

GRUPPO B: locali con esigenze acustiche minori ma dove deve comunque essere raggiunta una buona comprensione del parlato a corta distanza (guardaroba, refettorio, spogliatoi, buvette), poiché si tratta di locali dove in genere le persone parlano con le persone loro vicine. La norma prevede 5 sottocategorie: B1 *spazi senza qualità*, B2 *spazi per un soggiorno limitato nel tempo*, B3 *spazi per un soggiorno continuo nel tempo*, B4 *spazi con necessità di confort acustico di riduzione del livello sonoro interno*, B5 *spazi con particolare necessità di confort acustico e di riduzione del livello sonoro interno*.

Per queste categorie la norma indica un rapporto ideale tra superficie fonoassorbente interna e volume netto (A/V):

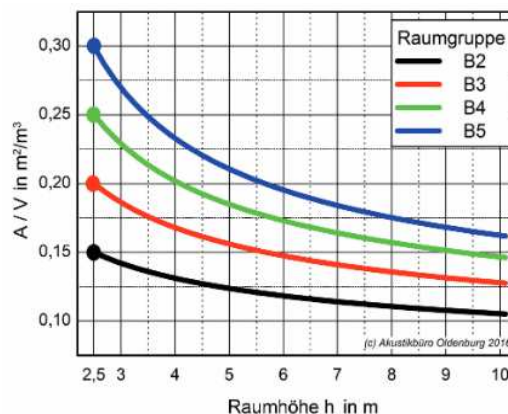


Bild 4 Orientierungswerte Verhältnis von äquivalenter Absorptionsfläche A zum Raumvolumen V für die Nutzungsarten B1 bis B5.

che si può tradurre in un riverbero medio ideale: $T_R = 0.163 / (A/V)$

Nel gruppo B2 sono in particolare inclusi in generale tutti gli spazi del progetto occupati occasionalmente, come la mensa (anche se eventualmente usata come aula

polivalente), le zone guardaroba, eventualmente gli spazi di circolazione e gli atri di ingresso.

Per soddisfare le esigenze di un buon benessere acustico negli spazi di categoria B secondo DIN 18041 è necessario prevedere un soffitto ribassato che sia fonoassorbente nella misura di almeno il 60% della superficie totale del soffitto, da distribuire poi a soffitto e/o a parete, con coefficiente di assorbimento medio ponderato $\alpha_w \geq 0.65$.