



Progetto Preliminare

Relazione tecnico-illustrativa

ISTITUTO COMPRENSIVO
viale Pallavicino - Busseto



Progettista: **Arch. Tommaso Caenaro**



Collaboratori: **Ing. Alessandro Rossi**
Ing. Daniele Palma



RELAZIONE TECNICO - ILLUSTRATIVA

Progetto Preliminare

Interventi di efficienza energetica sull'Istituto Comprensivo del Comune di Busseto

Comune: Busseto (PR)

Descrizione: COIBENTAZIONE DEL SOTTOTETTO NON RISCALDATO CON UN FELTRO
ISOLANTE IN LANA DI VETRO

Committente: Comune di Busseto

Parma (PR), 1 settembre 2014

Il progettista
(arch. Tommaso Caenaro)

1. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

L'istituto comprensivo del Comune di Busseto comprende sia la scuola elementare che la scuola media, ed è un grosso plesso scolastico, che rappresenta un punto di riferimento per il territorio comunale.

L'edificio è caratterizzato da una pianta molto semplice a corte, aperta verso sud, con un 'asse principale nord sud. La pianta oltre ad essere semplice, ha un assetto distributivo molto funzionale, infatti il lato corto della corte accoglie buona parte dei servizi scolastici, quali bidelleria, sala professori, amministrazione e distribuzione verticale. Mentre le aule per le attività didattiche sono disposte sulle ali della corte. L'ingresso è posizionato nella parte centrale del lato corto della corte ed è caratterizzato da un portico molto ampio.

L'intero edificio non tiene conto della migliore esposizione solare per la disposizione delle aule e dei servizi, infatti le aule hanno orientamenti diversi a seconda se si trovano nell'ala est o in quella ovest, mentre i servizi godono dell'orientamento migliore infatti riescono a soddisfare buona parte del fabbisogno di illuminazione con la sola luce naturale, anche nei periodi invernali, ottimizzando anche gli apporti solari gratuiti.

L'istituto comprensivo è un edificio multipiano, la parte di servizio ha tre piani fuori terra, mentre le due ali laterali sono organizzate su due piani. Su tutta la pianta dell'edificio si sviluppa un piano semi-interrato con una parte fuori terra che evidenzia la presenza di piccole finestre, il solaio inferiore è appoggiato controterra.

Località	Busseto (PR)
Indirizzo	Viale Pallavicino
Destinazione d'uso	Scuola elementare - Scuola Media
Categoria DPR 412/93	E.7 Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili

L'edificio ha un'unica zona termica riscaldata e due spazi non riscaldati, il primo è uno spazio adibito a sotto tetto, l'altro è il seminterrato dell'edificio. Le zone termiche e gli spazi non riscaldati, sono ben specificati negli elaborati grafici.

Le grandezze geometriche che descrivono l'edificio sono le seguenti:

• Superficie utile	5.099 mq
• Superficie riscaldata	4.844 mq
• Volume lordo	24.379 mc

Comune di Busseto
Relazione tecnico - illustrativa

• Volume netto	19.722 mc
• Superficie disperdente	8.014,9 mq
• Rapporto S/V	0,329

Un aspetto da sottolineare di questo edificio è la valenza architettonica dello stesso, si manifesta nelle facciate ed anche in alcuni dettagli interni, come l'androne d'ingresso, la scala principale ed i soffitti, una qualità architettonica non comune. L'edificio è stato costruito nei primi anni del '900, i prospetti sono arricchiti dalla presenza di un ampio basamento, alto un piano, con effetto bugnato, lesene verticali che suddividono la facciata e le finestre sono molto alte con un architrave ad arco ribassato anch'esso arricchito da un decoro in finta pietra.

1.1. DESCRIZIONE INVOLUCRO

La struttura dell'Istituto è costituita da una struttura in muratura portante in mattoni di laterizio pieni con uno spessore medio di 55 cm, mentre le partizioni interne sono realizzate con tamponamenti in laterizio forato.

La copertura è in latero cemento con uno spessore di 23 cm ed un manto di copertura in coppi. Il sottotetto non è coibentato ed è costituito da un solaio in latero cemento.

L'intero edificio dispone di un piano seminterrato su tutta l'intera superficie dell'edificio e poggia direttamente sul terreno grazie ad un solaio sempre in latero cemento, senza l'ausilio di vespaio.

L'edificio su tutti i lati ha delle ampie vetrate costituite da serramenti con telaio in PVC ad alte prestazioni termiche con vetro camera, con una buona tenuta all'aria e la presenza di sistemi di ombreggiamento interno a veneziana ed in alcuni casi da sistemi di oscuramento esterno costituito da tapparelle. I serramenti non sono quelli originali, ma sono stati sostituiti da pochi anni con dei nuovi serramenti più performanti energeticamente.

I dettagli tecnici dell'involucro opaco orizzontale e verticale e di quello trasparente, si trovano nel documento di Diagnosi Energetica allegato.

1.2. DESCRIZIONE IMPIANTO

La generazione del calore avviene con due caldaie a basamento modulanti (fluido termovettore acqua) installate nel 2008, con una potenza utile nominale complessiva di 330 kW (generatore 1 con P 225 kW e generatore 2 con P 105 kW) e che provvedono alla sola produzione di acqua calda per l'utilizzo riscaldamento. I generatori di calore sono ospitati in un locale centrale termica, al piano seminterrato dell'edificio, adiacente ad ambienti non riscaldati e con aperture verso l'esterno.

I generatori sono dotati di bruciatore atmosferico bistadio. Lo scarico dei fumi avviene in camino singolo. La seconda caldaia viene azionata tramite relè quando la richiesta termica è massima nei giorni più freddi dell'anno.



Comune di Busseto
Relazione tecnico - illustrativa

L'impianto è dotato di quattro circuiti di distribuzione alimentati da pompe a giri fissi installate in centrale termica. Il tratto di distribuzione presente in centrale termica risulta ottimamente isolato, il che contribuisce a limitare le perdite di distribuzione sulla linea stessa.

La distribuzione interna è garantita da tubazioni in traccia, non isolate. La distribuzione ai piani avviene mediante colonne montanti (verticale) e distribuzione ai piani (orizzontale) .

L'emissione del calore è garantita da termosifoni senza valvole termostatiche. La regolazione avviene mediante sonda climatica, che comanda una valvola miscelatrice, per circuito, tramite attuatore. Mentre per quanto riguarda la produzione di acqua calda sanitaria è garantita da boiler elettrici ad accumulo, presenti in ogni servizio igienico dell'istituto.

I dettagli tecnici dell'impianto termico si trovano nel documento di Diagnosi Energetica allegato.

2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'Istituto Comprensivo di Busseto è un edificio altamente energivoro e lo si desume dai notevoli consumi di gas metano e dagli elevati indicatori di prestazione energetica calcolati nel documento di diagnosi energetica, per cui si ritengono indispensabili degli interventi di retrofit energetico.

Considerando che sull'involucro trasparente dell'istituto comprensivo si è già intervenuti, sostituendo i serramenti originali con dei nuovi serramenti energeticamente efficienti e che sulla facciata esterna non è praticabile l'opzione della coibentazione dall'esterno, per la valenza storico artistica della facciata. Inoltre risulta impraticabile, in termini di costi benefici, considerare l'opzione della coibentazione dall'interno.

Alla luce delle considerazioni sopra elencate, sono stati scartati gli interventi sulle chiusure verticali, si propone invece, la coibentazione della chiusura orizzontale superiore , in particolare nel sottotetto non riscaldato.

La centrale termica è stata recentemente ricalificata, con la sostituzione del generatore di calore, l'isolamento delle tubazioni di distribuzione e l'installazione di nuove pompe di ricircolo. Non si consigliano pertanto interventi sostanziali, ma solamente raccomandazioni da inserire in un'ottica di programmazione futura.

Si suggerisce di:

- ☐ Installare valvole termostatiche sui corpi scaldanti;
- ☐ Installare un termostato di zona per piano per regolare la temperatura in base all'effettivo utilizzo dell'edificio;
- ☐ Sostituire le pompe di circolazione dei circuiti medie ed elementari con pompe a giri variabili.

2.1. DESCRIZIONE INTERVENTO DI COIBENTAZIONE DEL SOTTOTETTO

L'edificio ha un ampio sottotetto non isolato , con una superficie complessiva di 2139 mq, che viene utilizzato solo come deposito.

L'intervento che siamo a proporre consiste nell'isolare l'intero sottotetto per mezzo di un feltro isolante in fibra di vetro, con uno spessore di 14 cm. L'isolamento del sottotetto permette di ridurre le dispersioni di calore verso l'esterno attraverso la chiusura orizzontale superiore, aumentando così l'efficienza globale dell' involucro e conseguentemente riducendo i consumi di gas metano.

2.2. DESCRIZIONE MATERIALE SCELTO

Ci sono diversi tipi di materiali isolanti che si possono applicare ai sottotetti non isolati, ci deve essere però una caratteristica comune ed è la facilità di posa. Questa è fondamentale per rendere conveniente economicamente l'intervento. Per soddisfare questo requisito si è scelto di optare per dei materiali che si presentino sotto forma di feltro , in modo che possano essere posati attraverso il semplice srotolamento del materiale sul solaio, rifilando il materassino dove occorre, il tutto senza l'ausilio di fissaggi meccanici.

Mentre per quanto riguarda il tipo di materiale abbiamo scelto un feltro in lana di vetro perché è il prodotto che fornisce il miglior rapporto costi benefici ed abbina alle buone caratteristiche energetiche anche delle ottime caratteristiche di sostenibilità del materiale , infatti viene prodotto con almeno l'80% di vetro riciclato e con leganti di origine naturale.

Abbiamo analizzato delle possibili alternative alla lana di vetro, in particolare: la fibra di legno e la lana di roccia. Entrambi materiali molto validi e performanti che però sono più costosi ed hanno la caratteristica di smorzare l'onda termica in estate. Questa è una caratteristica che per il tipo di utilizzo dell'edificio , infatti viene utilizzato da settembre ai primi di giugno, non è funzionale all'obiettivo. Il nostro unico obiettivo è quello di isolare l'edificio in inverno, quindi il sovrapprezzo per la fornitura e la posa della lana di roccia o la fibra di legno rispetto alla lana di vetro, non ne giustifica la spesa.

Abbiamo inoltre valutato la possibilità di scegliere un prodotto, sempre in fibra di vetro, che però abbia un lato rivestito con un freno al vapore. Anche in questo caso il feltro in fibra di vetro con accoppiato il freno al vapore ha un costo superiore rispetto al solo feltro isolante, sovrapprezzo non giustificato, infatti dalle analisi termoigrometriche condotte, non si verificano fenomeni di condensa interstiziale e superficiale.

Comune di Busseto
Relazione tecnico - illustrativa

Caratteristiche Materiale	Valore	Unità di misura
Conducibilità termica dichiarata λ_D	0,04	W/(m·K)
Classe di reazione al fuoco	A 1	-
Resistenza alla diffusione del vapore acqueo	1	μ
Tolleranze dimensionali: lunghezza	± 2	%
Tolleranze dimensionali: larghezza	$\pm 1,5$	%
Tolleranze dimensionali: spessore	T1	mm
Stabilità dimensionale	≤ 1	%
Calore specifico	1.030	J/Kg·K

Infine il prodotto presenta caratteristiche di agevole manipolazione e taglio, meccanicamente resistente, resistente all'insaccamento, imputrescibile, inattaccabile dalle muffe. Nelle previste condizioni d'impiego il prodotto è stabile nel tempo.

Lo spessore scelto è di 14 cm di materiale ed è quello che dopo aver fatto le opportune analisi costi benefici per mezzo del software di simulazione dei flussi termici dà il miglior rapporto tra i benefici attesi ed i costi del materiale. Oltre i 14 cm di spessore si riscontra una diminuzione dei benefici rispetto ai costi.

3. CALCOLI PRESTAZIONALI

Per valutare i benefici in termini energetici della posa del feltro isolante nel sottotetto dell'edificio, abbiamo utilizzato il modello di calcolo, impiegato per le diagnosi energetiche dell'Istituto allegato al progetto, costruito in ambiente software Namirial Termo 2.6, prendendo come riferimento la normativa di verifica e calcolo della Regione Emilia Romagna DGR 1366/2011 - UNI/TS-11300 .

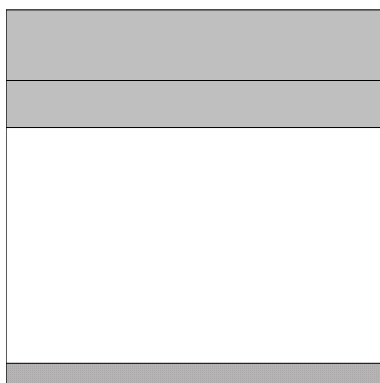
5.1. CALCOLO ENERGETICO STRUTTURA OPACA ORIZZONTALE

Abbiamo mantenuto i medesimi dati di input utilizzati per il calcolo effettuato nella diagnosi energetica, a cui abbiamo aggiunto i valori energetici del feltro isolante in lana di vetro da 14 cm, applicato sul lato verso l'ambiente non riscaldato del solaio di chiusura superiore .

Di seguito riportiamo il confronto tra gli output del modello di calcolo relativamente alle caratteristiche energetiche del solaio di chiusura prima dell'intervento e dopo l'intervento di isolamento:

Caratteristiche energetiche chiusura orizzontale superiore – Ante intervento

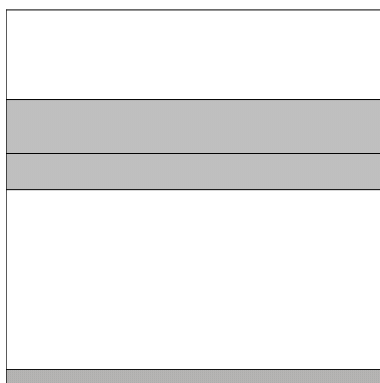
Trasmittanza calcolata	0,908	W/m²K		
Massa superficiale	324,00	kg/m²		
Trasmittanza periodica	0,289	W/m²K		
Sfasamento	9,68	h		
Smorzamento	0,318	---		
Capacità termica interna	93,093	kJ/m²K		
Materiale	Cond. [W/m²K]	Res. [m²K/W]	Spes. [cm]	
Resistenza superficiale esterna	10,00	0,100		
Calcestruzzo (1800 kg/m³)	19,167	0,052	6,0	
Calcestruzzo (2400 kg/m³)	50,000	0,020	4,0	
Mattoni per pareti interne (600 kg/m³)	1,250	0,800	20,0	
Intonaco di calce e gesso	35,000	0,029	2,0	
Resistenza superficiale interna	10,00	0,100		
Totale:		1,101	32,0	



Relazione tecnico - illustrativa

Caratteristiche energetiche chiusura orizzontale superiore – Post intervento

Trasmittanza totale calcolata	0,217			W/m²K
Massa superficiale	328,20			kg/m²
Trasmittanza periodica	0,012			W/m²K
Sfasamento	12,01			h
Smorzamento	0,056			---
Capacità termica interna	4,326			kJ/m²K
Materiale	Cond. [W/m²K]	Res. [m²K/W]	Spes. [cm]	
Resistenza superficiale esterna	10,00	0,100		
Lana di vetro	0,400	3,500	14,0	
Calcestruzzo (1800 kg/m³)	19,167	0,052	6,0	
Calcestruzzo (2400 kg/m³)	50,000	0,020	4,0	
Mattoni per pareti interne (600 kg/m³)	1,250	0,800	20,0	
Intonaco di calce e gesso	35,000	0,029	2,0	
Resistenza superficiale interna	10,00	0,100		
Totale:		3,601	46,0	



La trasmittanza calcolata sul solaio di chiusura superiore dopo la posa del feltro isolante in lana di vetro con uno spessore di 14 cm, si riduce molto rispetto alla trasmittanza calcolata nella diagnosi energetica, in sintesi:

$$U_{\text{ante}} = 0,908 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{post}} = 0,217 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Comune di Busseto
Relazione tecnico - illustrativa

La trasmittanza del solaio calcolata post intervento, rispetta abbondantemente i requisiti minimi di prestazione energetica dei singoli elementi edilizi prescritti dalla normativa energetica regionale¹ (DGR 1366/2011) e dal Decreto Ministeriale del 28 dicembre 2012², cosiddetto Conto Termico, che definisce un regime di sostegno per interventi di piccole dimensioni per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili e per l'incremento dell'efficienza energetica.

5.2. CALCOLO RISPARMIO ENERGETICO GLOBALE PRESUNTO

Ottenuto il valore di trasmittanza della chiusura orizzontale superiore dopo l'intervento di coibentazione, l'abbiamo sostituito all'interno del modello di calcolo, in modo da calcolare il valore di fabbisogno di energia primaria dell'edificio dopo l'intervento di efficientamento della chiusura orizzontale superiore.

Di seguito riportiamo il confronto tra gli output del modello di calcolo relativamente al valore calcolato di fabbisogno di energia primaria dell'edificio prima dell'intervento e dopo l'intervento di isolamento:

Fabbisogno di energia primaria dell'edificio – Ante intervento

$$EP_i = 41,654 \text{ kWh/m}^3$$

Dati di zona termica:

Mese	QL	QI	Qsi	Qse	QH	Q
Ottobre	51.814	7.905	11.164	1.118	33.090	44.518
Novembre	140.398	13.951	12.595	1.279	113.107	151.162
Dicembre	196.771	14.416	9.762	996	171.787	230.312
Gennaio	216.568	14.416	11.453	1.165	189.728	254.625
Febbraio	169.781	13.021	16.828	1.683	138.778	185.864
Marzo	131.880	14.416	28.106	2.808	89.154	119.348
Aprile	43.624	6.975	16.676	1.659	21.935	29.690

Fabbisogno di energia primaria dell'edificio – Post intervento

$$EP_i = 37,117 \text{ kWh/m}^3$$

¹ Il requisito prestazionale fissato dalla normativa regionale per superfici opache orizzontale è inferiore a: $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

² Il requisito prestazionale fissato dal conto termico per le superfici opache orizzontali (pavimenti) è inferiore a: $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$

Comune di Busseto
Relazione tecnico - illustrativa

Dati di zona termica:

Mese	QL	QI	Qsi	Qse	QH	Q
Ottobre	47.377	7.905	11.164	1.118	28.719	38.754
Novembre	128.162	13.951	12.595	1.279	100.866	134.945
Dicembre	179.476	14.416	9.762	996	154.482	207.046
Gennaio	197.492	14.416	11.453	1.165	170.641	228.928
Febbraio	154.875	13.021	16.828	1.683	123.864	165.828
Marzo	120.424	14.416	28.106	2.808	77.799	104.332
Aprile	39.898	6.975	16.676	1.659	18.445	25.078

Ottenuto il valore del fabbisogno di energia primaria prima e dopo l'intervento, possiamo osservare che isolando tutta la superficie del sottotetto (2.032 mq) con il feltro in lana di vetro precedentemente descritto, si riduce del **10,78%** il fabbisogno di energia primaria globale.

Se rapportiamo questa diminuzione percentuale al consumo reale di gas metano, calcolata con la media dei consumi di gas metano degli ultimi quattro anni (allegato al progetto all'interno del documento di Baseline dei consumi), otteniamo una riduzione in termini reali di :

Riduzione consumo di gas metano (post intervento) : 49.104,2 kWh/anno

Riduzione consumo di gas metano (post intervento): 5.120,3 mcs/anno

4. VALUTAZIONE ECONOMICA DEGLI INTERVENTI

Sulla base di quanto descritto in modo approfondito nei capitoli precedenti, è stato possibile realizzare un'analisi dell'effettivo risparmio economico dopo l'intervento di coibentazione del sottotetto e soprattutto capire la convenienza dell'intervento rispetto al costo d'investimento che bisognerebbe sostenere.

DATI

Importo totale dei lavori da quadro economico (al netto dell'IVA)	13.398,52	€/mq
Superficie netta da coibentare	2.032,00	mq
Epi ante intervento	41,65	kWh/mc/a
Epi post intervento	37,11	kWh/mc/a
Percentuale di risparmio energetico post intervento	10,78	%
Consumo energia medio annuo ante intervento da baseline	55.037,00	mcs/anno



Comune di Busseto
Relazione tecnico - illustrativa

Consumo energia medio annuo post intervento	49.104,01	mcs/anno
Risparmio energia termica	5.932,99	mcs/anno
Vita utile intervento	20	anni

CONTO TERMICO		
ai sensi art.4 comma 1 lettera a) come "isolamento pavimento interno"		
I tot = % spesa * C * Sint	5.121	€
C (da quadro economico)	6,30	€/mq
S int	2.032,00	mq
% spesa	40,00	%
Durata Incentivo	5	anni

FLUSSO DI CASSA				
anno	0	1	20
tasso di sconto	4%			
inflazione	2,50%			
costo gas metano (euro/smc)	€ 0,73	€ 0,75		€ 1,20
Importo totale dei lavori da quadro economico (al netto dell'IVA)	€ 13.399			
Contributo conto termico	€ 5.121	€ 1.024		
Risparmio energia termica (smc)	5.933	5.933		5.933
Risparmio energia termica (euro)		€ 4.439		€ 7.097
Flusso di cassa		€ 5.463		€ 7.097
Flusso di cassa attualizzato		€ 5.253		€ 3.239
Andamento Van	-€ 13.399	-€ 8.145		€ 65.788

VAN	€65.787,92
PB period (anni)	2,50
IRR (%)	41,30

L'intervento prevede un tempo di rientro dall'investimento molto veloce ed un Valore Attuale Netto dell'investimento (VAN) al ventesimo anno molto positivo, per cui l'investimento riveste un carattere di convenienza economica anche sul breve periodo.

Glossario parametri economico-finanziari

1. Pay-Back period [anni]: è il tempo di ritorno di un investimento, cioè il numero di anni necessario per compensare l'investimento iniziale attraverso flussi di cassa positivi (generati dal risparmio energetico); nel caso di flussi di cassa costanti viene generalmente calcolato in modo approssimato (trascurando il tasso di sconto) come rapporto tra l'investimento iniziale e il flusso di cassa annuale generato dall'investimento stesso.

2. VAN [€]: Valore Attualizzato Netto, definisce per un intervento il valore attuale di una serie attesa di flussi di cassa (comprensiva del flusso di cassa negativo dato dall'investimento iniziale) non solo sommandoli contabilmente, ma attualizzandoli sulla base del tasso di sconto (costo opportunità dei mezzi propri). Nella pratica è la differenza fra tutti i benefici economici derivanti dall'intervento considerato (risparmi in bolletta + altri benefici) e tutti i costi economici sostenuti per realizzare l'intervento (investimento iniziale + costi di manutenzione + altri costi; sia i costi che i benefici di ogni anno vanno attualizzati attraverso il tasso di sconto).

3. IRR [%]: Internal Rate Of Return (detto anche TIR - Tasso Interno di Rendimento), è il tasso di rendimento interno, definito come quel tasso di interesse che rende nullo il valore attuale netto dell'investimento, vale a dire il tasso di interesse che verifica l'equazione $VAN(r) = 0$. Un progetto di investimento risulta desiderabile, secondo tale criterio, qualora l'IRR risulti superiore al tasso di rendimento di investimenti alternativi (es. altri progetti, bond, interessi bancari).

5. CRONOPROGRAMMA

L'intervento verrà realizzato a seguito delle tempistiche descritte dalla tabella seguente, tenendo conto che i lavori verranno svolti nel periodo estivo, periodo ottimale in cui non s'interferisce con le attività didattiche dell'istituto, cercando quindi di non creare disagi agli alunni, agli insegnanti e agli operatori scolastici.

AZIONI	1° mese				2° mese			
PROGETTAZIONE ESECUTIVA								
PROGETTAZIONE DEFINITIVA								
INIZIO LAVORI								
FORNITURA E REALIZZAZIONE IMPIANTO								
DICHIARAZIONE FINE LAVORI								

6. ELENCO DELLE AUTORIZZAZIONI

L'edificio per le sue qualità architettoniche è un edificio vincolato ai sensi del Codice dei beni culturali e del paesaggio (D.Lgs. 22 gennaio 2004 n.42) e prevede quindi, anche per piccole opere di manutenzione straordinaria, il parere preventivo alla sovrintendenza per il territorio di competenza. Ma per un intervento che prevede solo la stesura di un feltro isolante, senza l'ausilio di fissaggi meccanici, la sovrintendenza della Provincia di Parma ritiene di non dover rilasciare alcun parere.

L'intervento previsto sarà assoggettato solo alle normali procedure per la progettazione di interventi negli edifici pubblici ai sensi della D.Lgs. 163/2006.

7. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Comune di Busseto
Relazione tecnico - illustrativa

IL TECNICO

(*arch.* Tommaso Caenaro)