



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Civile e Ambientale

Dipartimento di Scienze e Ingegneria della Materia, dell'Ambiente e Urbanistica

**MONITORAGGIO A SCALA PILOTA DELL'INFLUENZA DEI RIVESTIMENTI INNOVATIVI
SU PARAMETRI MICROCLIMATICI**

**PILOT SCALE MONITORING OF THE INFLUENCE OF INNOVATIVE FINISHES ON
MICROCLIMATIC PARAMETERS**

Relatrice:
Prof.ssa Maria Letizia Ruello

Tesi di Laurea di:
Giulia Fratoni

Correlatrice:
Ing. Chiara Giosuè

Correlatore:
Prof. Costanzo Di Perna

Anno Accademico
2020 / 2021

Indice

1. Introduzione.....	5
2. Obiettivi.....	9
3. Materiali.....	10
3.1 Legante.....	10
3.1.1 Calce Idraulica.....	10
3.2 Aggregati.....	11
3.2.1 Ceneri di biomassa.....	12
3.2.1.1 Fly Ash.....	12
3.2.1.2 Bottom Ash.....	13
3.2.2 Gel di silice.....	14
3.3 Additivi.....	16
3.3.1 Biossido di titanio TiO ₂	16
3.3.2 Antiritiro.....	18
3.3.3 Cellulosa.....	18
3.3.4 Fluidificante.....	19
3.4 Materiali DIASEN.....	20
3.4.1 Limepaint.....	20
3.4.2 Calce storica.....	20
4. Preparazione miscele.....	21
5. Metodi.....	22
5.1 Allestimento prova in laboratorio.....	22
5.2 Metodi di monitoraggio in laboratorio.....	24
5.3 Prove di laboratorio e risultati.....	28
5.3.1 Prova di monitoraggio: blank 1.....	29
5.3.2 Prova di monitoraggio: blank 2.....	31
5.3.3 Prova di monitoraggio: blank 3.....	32
5.3.4 Prova di monitoraggio: blank 4.....	33
5.3.5 Prova di monitoraggio: blank 5.....	34
5.3.6 Correlazione prove blank precedenti.....	36
5.3.7 Prova di monitoraggio: blank 6.....	38
5.3.8 Prova di monitoraggio: blank 7.....	40
5.3.9 Prova di monitoraggio: blank 8.....	42
5.3.10 Prova di monitoraggio: blank 9.....	45
5.3.11 Prova di monitoraggio: blank 10.....	48
5.3.12 Correlazione prove blank precedenti.....	50
5.3.13 Prova di monitoraggio: blank 11.....	51

5.3.14 Prova di monitoraggio: blank 12.....	53
5.3.15 Prova di monitoraggio: blank 13.....	55
5.3.16 Prova di monitoraggio: blank 14.....	57
5.4 Allestimento prova in sito.....	61
5.5 Metodi di monitoraggio in sito.....	66
5.6 Prove in sito e risultati.....	70
5.6.1 Prova di monitoraggio: giorno 1.....	71
5.6.2 Prova di monitoraggio: giorno 2.....	73
5.6.3 Prova di monitoraggio: giorno 3.....	75
5.6.4 Prova di monitoraggio: giorno 4.....	77
5.6.5 Prova di monitoraggio: giorno 5.....	79
5.6.6 Prova di monitoraggio: giorno 6.....	81
5.6.7 Prova di monitoraggio: giorno 7.....	85
5.6.8 Prova di monitoraggio: giorno 8.....	88
6. Conclusioni.....	91
Bibliografia.....	92
Allegati.....	94

1. Introduzione

Il problema dell'inquinamento dell'aria atmosferica è sempre stato al centro dell'attenzione internazionale e oggetto di discussione e studio per le implicite ripercussioni che ha nella salute e benessere della specie umana.

Negli ultimi anni a tale problematica si è aggiunta quella riguardante il problema della qualità dell'aria negli ambienti interni (IAQ, indoor air quality), dove la popolazione trascorre gran parte del tempo. Infatti un individuo trascorre in media circa il 90% del tempo in ambienti indoor, che risultano essere esposti ad inquinanti che possono compromettere la salute dell'uomo. Numerosi studi e ricerche svolti in tutto il mondo, hanno evidenziato la presenza in tutti i comuni ambienti indoor di una molteplicità di agenti inquinanti nocivi per la salute degli occupanti.

Gli inquinanti aerodispersi sono generati sempre più dalla larga diffusione di nuovi prodotti per l'edilizia e per gli arredi. La combustione per usi domestici, l'uso di prodotti chimici per la pulizia, la tipologia dei locali e le caratteristiche del sito, l'inadeguata ventilazione, la presenza di fumo di tabacco e altre cause possono costituire importanti fattori di degrado della qualità dell'aria interna.

Anche la riduzione dei cambi d'aria, per ragioni di risparmio energetico, può aumentare la concentrazione degli inquinanti presenti in aria oltre i livelli di tollerabilità.

Durante l'ultimo secolo trascorso, è stato possibile osservare e registrare in molti paesi industrializzati nel mondo il verificarsi di alcuni drammatici e significativi episodi di inquinamento atmosferico di tipo acuto che hanno chiaramente determinato un eccesso di tossicità se non addirittura di mortalità per l'uomo. Alla luce di questi fatti, negli ultimi anni, in tutto il mondo, una particolare attenzione è stata rivolta nei confronti di questa tematica importante. [1]

Questa maggiore sensibilità ha portato, attraverso il controllo delle emissioni e l'imposizione di concentrazioni massime consentite, ad una riduzione significativa di alcuni contaminanti nell'ambiente atmosferico, soprattutto di origine industriale, ed a una percepibile inversione di tendenza per alcune patologie ad essi correlate. Inoltre, parallelamente a un relativo contenimento dell'inquinamento nell'aria dell'ambiente esterno, negli ultimi anni è nata e si è sviluppata una presa di coscienza della comunità medico-scientifica internazionale che si occupa di sanità pubblica nei confronti del problema della contaminazione dell'aria negli ambienti confinati (indoor). [1]

In generale si definisce "inquinamento indoor" la presenza nell'aria di ambienti confinati di contaminanti chimici (organici e inorganici), fisici (radiazioni) e biologici (muffe, acari, microrganismi) non presenti naturalmente nell'aria esterna di sistemi ecologici aperti di elevata qualità. Tra gli inquinanti chimici particolare interesse rivestono i Composti Organici Volatili (VOC) i quali, a loro volta, sono classificati secondo la World Health Organization (WHO) in quattro principali categorie:

- composti organici molto volatili (VVOC);
- composti organici volatili (VOC);
- composti organici semi-volatili (SVOC);
- composti organici associati a materiale particolato (POM).

Tra questi si è visto come i VOC siano costantemente presenti negli ambienti interni ed a concentrazioni più alte rispetto all'esterno in quanto sono dati da solventi presenti in vernici e rivestimenti, benzene presente nel fumo di tabacco, cloruro di metilene presente in vernici spray e adesivi, formaldeide che viene rilasciata lentamente da molti materiali da costruzione, vernici, piastrelle sintetiche. Pertanto negli uffici, nelle case, nuovi arredi, rivestimenti murali, e apparecchiature da ufficio come fotocopiatrici e ovviamente le combustioni delle stufe e fumo di tabacco possono liberare VOC.

Dato che le persone trascorrono gran parte della loro vita quotidiana in luoghi chiusi, la qualità dell'aria in questi luoghi diventa importante dal punto di vista sanitario.

La principale o unica fonte di esposizione a inquinanti aerodispersi è perciò rappresentata dalle fonti già presenti negli ambienti confinati.

Naturalmente, la composizione dell'atmosfera è la stessa sia per l'aria esterna che interna, ma la qualità e la quantità dei contaminanti dell'aria interna può essere molto diversa.

Il problema assume un'importanza maggiore se si considera che vi sono alcune fasce della popolazione molto più ricettive nei confronti degli inquinanti atmosferici. Questi soggetti, oltre che a vivere per larga parte del loro tempo in ambienti chiusi, hanno minori difese naturali per contrastare l'azione nociva di alcune sostanze inquinanti presenti nell'aria che respirano.

I fattori che concorrono a determinare la concentrazione di un particolare contaminante indoor variano in funzione della sua concentrazione nell'aria esterna immediatamente circostante, dalla presenza di fonti di contaminazione indoor, dal grado di ricambio dell'aria tra ambiente interno ed esterno, sia attraverso un sistema di ventilazione artificiale che attraverso il normale ricambio per mezzo delle fessure degli infissi.

Anche i materiali che costituiscono l'edificio, l'arredamento e gli oggetti al suo interno possono agire sul livello di concentrazione dell'inquinante intervenendo nella sua emissione, dispersione e rimozione.

L'eliminazione e diluizione di questi contaminanti dipende essenzialmente dal ricambio d'aria tra interno e esterno.

I principali inquinanti degli ambienti interni vengono suddivisi secondo l'origine prevalente ogni fonte può generare inquinanti chimici, particolato e inquinanti biologici. Ogni singolo inquinante presente nell'ambiente interno può essere classificato in base al rapporto indoor/outdoor. Questo rapporto consente di classificare gli inquinanti secondo un'origine prevalentemente interna quando il valore del rapporto è superiore all'unità e secondo una provenienza esterna quando il rapporto è inferiore all'unità.

Il rischio di salute legato alla contaminazione dell'aria è determinato dall'esposizione personale di ogni singolo individuo agli inquinanti e non dipende solo dalla concentrazione di questi nell'aria dell'ambiente, ma dipende anche dai tempi di permanenza del soggetto in questi ambienti. Il rapporto causa-effetto è spesso difficile da stabilire in quanto i sintomi non sono specifici e gli inquinanti responsabili dello stesso effetto possono essere più di uno o addirittura la sinergia di alcuni di essi.

L'esposizione prolungata agli inquinanti indoor può avere effetti negativi sulla salute e può favorire l'insorgenza di malattie. Ad esempio, su una grande percentuale di individui che lavorano

in ufficio è stata riconosciuta la sindrome da edificio malato (SickBuilding Syndrome, SBS), che può generare anche una riduzione delle capacità lavorative.

Questa patologia non è associata ad un particolare inquinante.

È necessario adottare soluzioni che possano eliminare o limitare la presenza di inquinanti negli ambienti interni. Risulta di fondamentale importanza poter garantire un buon ricircolo di aria nell'ambiente confinato con sistemi di ventilazione. In ambito edilizio, si dovrebbe cercare un utilizzo maggiore di materiali da costruzione e di finiture che possano purificare l'aria dagli inquinanti aerodispersi. Infatti, molti materiali da costruzione possono interagire e contribuire a modulare la temperatura e l'umidità relativa di un ambiente confinato, a seconda della loro natura e della loro morfologia (porosità del materiale). In questo modo diversi additivi e aggregati leggeri sono stati utilizzati in malte o calcestruzzi al fine di modificare la loro struttura porosa per garantire così un certo controllo dei livelli di umidità e temperatura nella stanza. In ambito domestico si dovrebbe invece evitare l'uso di prodotti irritanti e tossici.

Per quanto riguarda il problema della presenza di inquinanti biologici, le muffe possono essere eliminate soltanto diminuendo il contenuto di acqua nelle pareti. Inoltre, alcuni studi hanno dimostrato che aumentando il livello di riscaldamento domestico è stato ridotto il problema di umidità e sviluppo di muffe. Questa riduzione ha comportato un miglioramento dello stato di salute ed una riduzione dei problemi respiratori.

Recenti studi si sono focalizzati sui materiali da costruzione o rivestimenti decorativi, come le pitture, che sono in grado di purificare l'aria indoor. Il principio che guida tutti questi studi è l'applicazione di specifici materiali con una grande area superficiale, pareti e soffitti, tramite i quali i VOC sono ridotti tramite adsorbimento.

Lo smaltimento dei rifiuti solidi generati da attività di produzione agricola e industriale è un altro grave problema da affrontare. Nei prossimi anni il settore delle costruzioni dovrà affrontare sia la sfida d'integrare la sostenibilità nei loro processi produttivi, sia la ricerca di nuove materie prime e di prodotti più rispettosi.

La possibilità di utilizzare i rifiuti da altre attività industriali nei processi di produzione può aiutare a raggiungere questo obiettivo.

Un esempio di riutilizzo di sottoprodotti ci è fornito proprio dagli scarti della produzione di energia, come le ceneri di biomassa che derivano dalle combustioni di residui agricoli e forestali.

Tuttavia, la combustione di biomassa produce ceneri che hanno bisogno di avere un'adeguata gestione; il rapido aumento delle quantità di cenere prodotte in tutto il mondo implica un riciclo necessario non solo a causa del costo crescente del loro smaltimento in discarica, che si riflette a sua volta sul costo dell'energia prodotta, ma anche come conseguenza dell'obiettivo "zero rifiuti" che deve accumunare tutte le future attività umane.

Solitamente dal processo di combustione come sottoprodotti si ottengono due diverse tipologie di ceneri: di fondo (Bottom ash) e volanti (Fly ash). [3]

Le strategie che si sono adottate negli ultimi anni per la gestione di queste ceneri sono principalmente due: l'aggiunta delle ceneri ai suoli forestali, come fertilizzante, e la loro integrazione nella produzione di malte e cementi. Entrambe le possibilità sono limitate e governate dall'attuale normativa europea.

L'uso di ceneri nel cemento o nelle malte è fattibile e può avere un impatto positivo sull'ambiente. Tuttavia, i prodotti devono essere durevoli e avere adatte proprietà meccaniche e allo stesso tempo il rilascio di potenziali elementi inquinanti deve rimanere al di sotto dei limiti di legge.

2. Obiettivi

Lo scopo della nostra sperimentazione è quello di allestire una prova in sito dove mettere a confronto due tipologie di finiture, una commerciale con una innovativa. In particolare, tale confronto verrà effettuato tra una finitura commerciale prodotta dalla DIASEN e una prodotta dall'UNIVPM che ha lo scopo di testare la malta leggera a base di calce a basso impatto ambientale con caratteristiche multifunzionali che riesca a ridurre l'attività disinquinante all'interno di un ambiente confinato e fungere da tampone igroscopico, migliorando la qualità dell'aria interna e il comfort in maniera passiva, attraverso l'utilizzo di aggregati non convenzionali, tra cui materiali di scarto, riducendo i costi ed il dispendio di energia senza perdere i requisiti tradizionali richiesti ad una malta.

La finitura prodotta dall'UNIVPM sarà a base di calce, bottom ash, fly ash, silica gel, TiO₂ e additivi. Il confronto verrà improntato sulla base di parametri microclimatici, quali temperatura e umidità relativa e sulla base di microinquinanti aerodispersi.

3. Materiali

La malta è un composto che si ottiene dalla miscelazione di acqua, legante e inerte fino. Le proprietà di tale conglomerato sono strettamente legate alla tipologia e alla qualità delle tre componenti utilizzate, nonché, dal loro differente dosaggio all'interno dell'impasto. Le malte utilizzate in questa tesi sono composte da aggregati non convenzionali in modo da ottenere una finitura con capacità disinfettanti in grado di purificare l'aria dalle sostanze aerodisperse. Per conferire agli impasti oltre le proprietà adsorbenti anche quelle di fotocatalisi, è stato aggiunto il TiO_2 .

Di seguito verranno approfondite le caratteristiche delle principali materie prime utilizzate per la realizzazione della malta UNIVPM e dei prodotti commerciali confrontati nella sperimentazione di questa tesi.

3.1 Legante

Il legante è una polvere che miscelata con acqua è in grado di formare una pasta facilmente modellabile e che perde, nel giro di qualche ora, la sua iniziale plasticità (presa) fino ad assumere una consistenza rigida (indurimento) con elevate capacità di resistenza meccanica.

Esso costituisce l'ingrediente fondamentale di una malta.

3.1.1 Calce idraulica

Con il termine calce idrauliche si intendono quei prodotti derivanti dalla calcinazione di calcari marnosi o marne calcaree (miscele naturali che presentano dal 6 al 22% di argille o altri alluminosilicati idrati) sottoposti a cottura per una temperatura di circa 1000 °C.

Con la cottura le materie prime subiscono una decomposizione: l'argilla va a formare silice, allumina e vapore acqueo. Con l'aumentare della temperatura si verifica la decomposizione termica della calce e la reazione di combinazione tra calce e silice e tra calce e allumina con la conseguente formazione dei tre prodotti che mescolati con l'acqua innescheranno la reazione di idratazione. Questo legante, quindi, reagisce con l'acqua e le altre componenti dando origine ai fenomeni di presa e di indurimento con la particolare capacità di sviluppare tali reazioni in acqua, ovvero in assenza di aria. Quest'ultima proprietà permette di distinguere la calce aerea dalla calce idraulica. Durante il processo di idratazione, dai silicati, alluminati e ferriti di calcio presenti nel legante si originano i composti idrati che assicurano l'indurimento della malta e, una volta ultimato il periodo di stagionatura, si ha il raggiungimento delle proprietà meccaniche che resteranno stabili anche in ambienti dove è presente acqua.

La calce utilizzata in questa tesi è CALIX BLANCA NHL, è la calce idraulica bianca naturale di Italcementi, appartiene alla classe 3,5 con resistenza caratteristica a compressione maggiore o uguale a 3,5 MPa a 28 dal getto. La scheda tecnica è stata inserita negli allegati. [7]



Figura 1 – Calce idraulica

3.2 Aggregati

Gli aggregati, anche detti inerti, sono dei materiali granulari che costituiscono la matrice resistente del calcestruzzo e mediamente rappresentano il 60-80% del volume complessivo del conglomerato.

La resistenza meccanica del calcestruzzo, così come quella delle malte dipende anche dalle proprietà chimico-fisiche dell'aggregato stesso.

Si distinguono, in base al diametro delle particelle in:

- Inerti finissimi (filler), $d < 0.063\text{mm}$
- Inerti fini (sabbia), $0.063 < d < 4\text{mm}$
- Inerti grossi (ghiaia o ghiaietto) $d > 4\text{mm}$

Ad essi vengono richieste, solitamente, resistenze meccaniche superiori a quelle delle paste cementizie con cui vengono utilizzati, in quanto rappresentano la componente principale. Inoltre è richiesta l'assenza di gelività, l'assenza di cloruri che contribuiscono a processi di corrosione delle armature, l'assenza di solfati che provoca la formazione di prodotti espansivi come l'ettringite, reagendo con gli alluminati e l'assenza di impurità di vario genere.

Quanto detto è disciplinato dalla normativa europea UNI EN 12620:2002, che regola la conformità degli aggregati leggeri da utilizzare nei calcestruzzi e nelle malte. [8]

3.2.1 Ceneri di biomassa

Uno degli inerti “non convenzionali” utilizzati in questa sperimentazione è la cenere di biomassa, che costituiscono lo scarto di processi di combustione, nello specifico di trucioli o di altre tipologie di rifiuti del legno, per la produzione di energia nelle centrali elettriche. Esse sono una miscela di elementi minerali e componenti organici incombusti. Gli elementi che tipicamente compongono le ceneri sono la silice, il calcio, il potassio, il fosforo, il manganese, il ferro, lo zinco, il sodio e il boro. Tali elementi non si trovano in forma elementare ma sotto forma di ossidi, silicati e nitrati. Le ceneri possono distinguersi in bottom ash e fly ash in base alla loro massa volumica e quindi alla loro capacità di accumularsi sul fondo della camera di combustione o di allontanarsi da essa sfruttando il flusso dei fumi di combustione.

3.2.1.1 Fly Ash

Le ceneri volanti si ottengono come sottoprodotto della combustione della biomassa dedicata nelle centrali termoelettriche e sono costituite dal solido particellare che viene separato dai fumi di combustione per mezzo di filtri elettrostatici o meccanici. [15]

I dati relativi alla granulometria, assorbimento d’acqua e densità sono stati ricavati da studi precedenti.

Densità (g/cm³)	1,41
Diametro massimo (mm)	<0,063
Assorbimento d’acqua (%)	49%

Tabella 2 – Caratteristiche aggregato



Figura 3 – Fly Ash

3.2.1.2 Bottom Ash

Le ceneri bottom si ottengono come sottoprodotto della combustione di biomassa dedicata nelle centrali termoelettriche e sono costituite da particelle più pesanti depositate alla base del forno.

La bottom ash in questione, essendo un materiale di risulta, ha una granulometria molto varia e sono presenti anche sassi e impurità più grossolane. Per utilizzarla nella nostra sperimentazione, è stata sottoposta a macinatura e setacciatura. La macinazione è stata effettuata utilizzando un mulino a sfere e in seguito il materiale ottenuto è stato sottoposto a setacciatura. Questa può avvenire sia in maniera manuale, dove il materiale viene adagiato sul setaccio a maglie con vaglio di 500 μm ed attraverso uno scuotimento manuale avviene la setacciatura e il materiale viene raccolto in un piatto inferiore o per via meccanica, per mezzo di un setaccio a maglie con vaglio da 500 μm . Il setaccio viene posto al di sopra di una pedana basculante meccanica che attraverso l'oscillazione (per sessioni di 5-6 minuti) del supporto sposta il contenuto del setaccio favorendo il passaggio delle particelle attraverso le maglie. [16]

I dati relativi all'assorbimento d'acqua e densità sono stati ricavati da studi precedenti.

Densità (g/cm³)	1,94
Diametro massimo (mm)	0,5
Assorbimento d'acqua (%)	20%

Tabella 4 – Caratteristiche aggregato



Figura 5 – Bottom Ash

3.2.2 Gel di silice

La silice colloidale è un composto chimico polimerico, a peso molecolare variabile, costituito da più unità di silice SiO_2 . La struttura molecolare conferisce al composto delle proprietà colloidali e un'elevata capacità di assorbimento dell'umidità.

Si presenta in cristalli amorfi e la sua elevata igroscopicità è principalmente dovuta alla sua struttura cristallina che presenta internamente un elevato numero di pori. La capacità adsorbente ed essiccante viene spesso sfruttata nel controllo locale dell'umidità poiché le molecole di vapore acqueo hanno la capacità di legarsi alla superficie del gel di silice.

La conformazione del gel di silice è, quindi, caratterizzata da un'elevatissima porosità e superficie specifica e rende questo tipo di aggregato abile nella rimozione di composti organici volatili mediante il processo di adsorbimento. Nelle miscele, il gel di silice utilizzato ha una densità SSA pari a $1,31 \text{ g/cm}^3$ e si presenta sotto forma di granuli.

La condizione di saturazione con superficie asciutta è ottenuta aggiungendo l'86% di acqua al materiale secco.

Il gel di silice è fornito in granuli con diametro massimo di 7 mm. Il materiale granulare è stato macinato e setacciato, così che i granuli finali abbiano un diametro massimo di $300 \mu\text{m}$. Lo strumento che permette di ottenere un aggregato di queste dimensioni è il mulino a sfere, composto da un asse rotante azionato da un motore elettrico e da dei contenitori di materiale ceramico con all'interno delle biglie che ne permettono la frantumazione.

In seguito il materiale ottenuto è stato sottoposto a setacciatura manuale per mezzo di un setaccio a maglie con vaglio da $300 \mu\text{m}$. Essa può avvenire anche mediante setacciatura meccanica dove il setaccio viene posto al di sopra di una pedana basculante meccanica che attraverso l'oscillazione (per sessioni di 5-6 minuti) del supporto sposta il contenuto del setaccio favorendo il passaggio delle particelle attraverso le maglie.

Data la sua grande versatilità, questo materiale viene impiegato per vari scopi ed utilizzi: negli adesivi e negli stucchi, nella composizione di alcuni farmaci in compresse, nella flocculazione di solidi dispersi in ambienti acquosi. [17]

I dati relativi all'assorbimento d'acqua e densità sono riepilogati nella seguente tabella.

Densità (g/cm^3)	1,31
Diametro massimo (mm)	0,3
Assorbimento d'acqua (%)	86%

Figura 6 – Caratteristiche aggregato



Figura 7 – Cristalli di gel di silice

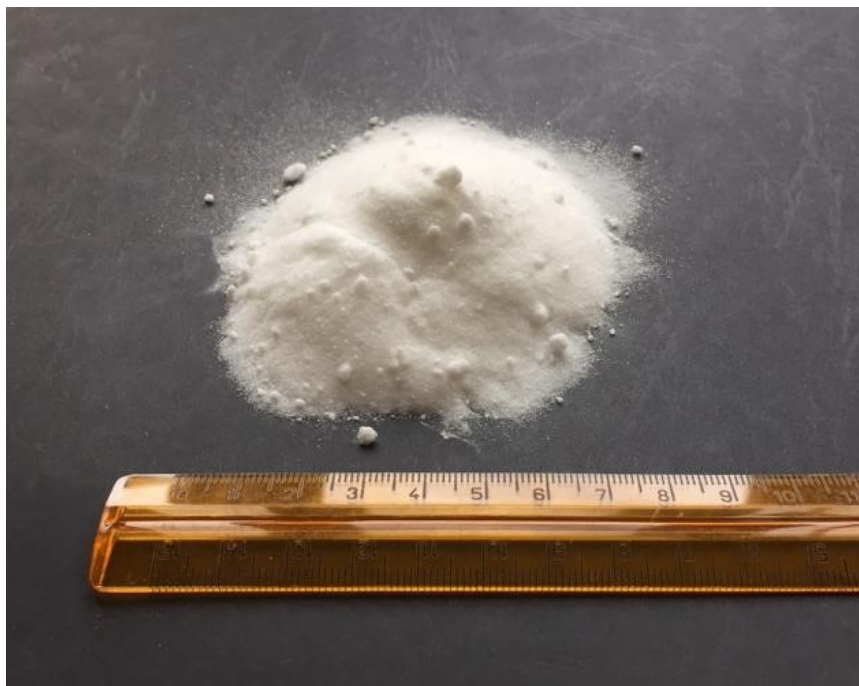


Figura 8. – Gel di silice macinata

3.3 Additivi

Gli additivi sono sostanze chimiche, organiche o inorganiche, che vengono disciolte o disperse nell'acqua in piccole quantità (circa dal 0.2% al 2%), che modificano le proprietà chimiche e fisiche del materiale. Sono quindi utilizzati per migliorare le prestazioni del materiale. [4] [6]

Tra i vari additivi presenti nel mercato, definiamo i principali:

- Additivi fluidificanti
- Additivi super-fluidificanti
- Additivi acceleranti
- Additivi ritardanti
- Additivi areanti
- Additivi viscosizzanti
- Additivi antiritiro
- Additivi idrofobizzanti

3.3.1 Biossido di titanio TiO₂

Il biossido di titanio è un noto catalizzatore in grado di degradare per ossidazione numerosi composti organici. Nel dettaglio, questo composto è un ossido semiconduttore dotato di un'elevata reattività quando è sottoposto alla luce UV. Attraverso l'assorbimento dei fotoni incidenti innesca dei processi fotochimici superficiali nelle finiture che lo contengono.

Questa forte attività fotocatalitica, dovuta alle sue caratteristiche chimiche e fisiche, è stata oggetto di numerosi studi già a partire dal 1972 in Giappone, ma il processo di analisi si è intensificato soprattutto negli ultimi anni.

L'importanza pratica del biossido di titanio è dimostrata dal suo utilizzo in processi elettrochimici e come pigmento per pitture e polimeri. Le proprietà ottiche ed elettroniche del TiO₂ hanno numerose applicazioni nei sensori di gas, nei rivestimenti antiriflettenti per celle solari e nei processi di conversione dell'energia foto-chimica.

Il biossido esiste in tre diverse strutture cristalline: rutilo, anatasio e brookite e in fase amorfa. La brookite ha una struttura ortorombica, le altre due invece, una struttura tetragonale.

Il rutilo e l'anatasio sono le forme più diffuse in natura.

Diversi studi hanno dimostrato che questo additivo è un catalizzatore molto efficace nella degradazione di composti inquinanti quando attivato da luce UV. Inoltre, è uno dei migliori conduttori tra quelli studiati nel campo della conversione chimica e dell'immagazzinamento dell'energia solare. [3]

Il biossido di titanio utilizzato è AEROXIDE TiO₂ P 25.

È un biossido di titanio purissimo particolato con elevata superficie specifica e struttura marcata di aggregati e agglomerati. Grazie alla sua elevata purezza, all'elevata superficie specifica e alla combinazione unica di anatasio (80%) e struttura cristallina rutilica (20% - catalizza la degradazione

di molecole organiche e inorganiche quando è irradiato da luce UV), il prodotto è adatto per molte applicazioni catalitiche e fotocatalitiche. La sua struttura lo rende adatto anche come filtro UV efficace. Il prodotto è basato su una miscela di titanio e ossido di ferro. Superficie specifica di $50 \text{ m}^2/\text{g}$, diametro medio delle particelle di 21 nm , densità di circa $3,1 \text{ g}/\text{cm}^3$.

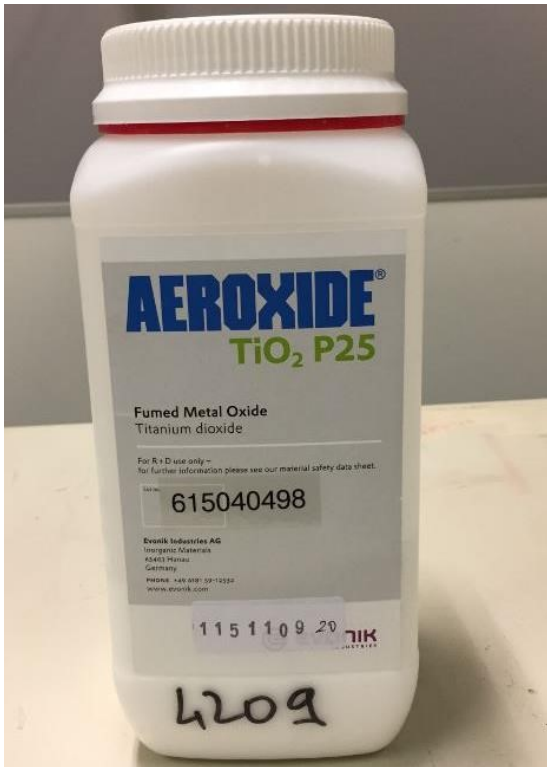


Figura 9. – Biossido di Titanio Aeroxide



Figura 10 – Biossido di Titanio (TiO_2).

3.3.2 Antiritiro

I riduttori di ritiro (SRA - shrinkage reducing admixtures) sono prodotti liquidi a base di sostanze organiche che agiscono sulla tensione superficiale dell'acqua presente nei micropori del materiale e fanno diminuire il ritiro igrometrico e quello plastico provocati dall'evaporazione dell'acqua nello stato rispettivamente indurito e fresco.

Si deve tener conto che, sebbene questi additivi facciano diminuire il ritiro per essiccamento, essi possono influenzare anche altre caratteristiche del materiale come la resistenza meccanica, il modulo di elasticità, ecc. [4]

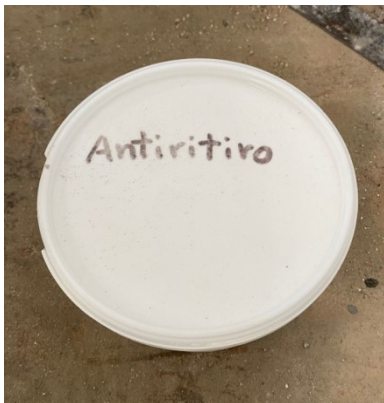


Figura 11 – Antiritiro

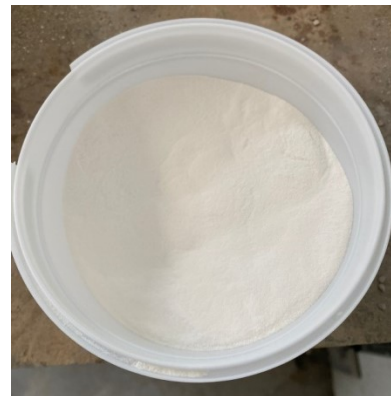


Figura 12 – Antiritiro

3.3.3 Cellulosa

La cellulosa è uno dei più importanti polisaccaridi. È un polimero, ovvero è costituita da un gran numero di molecole di glucosio unite grazie a un legame che prende il nome di glicosidico. La molecola è contenuta principalmente nei vegetali. La catena polimerica non è ramificata.

In ambito delle costruzioni è una cellulosa modificata in polvere specifica per rasanti, finiture civili e monostrati a base cemento. [18]

Le sue caratteristiche sono quelle di:

- migliorare la ritenzione d'acqua e la scorrevolezza;
- permettere la sovrapposizione di più spessori;
- facilitare l'adesione al supporto;

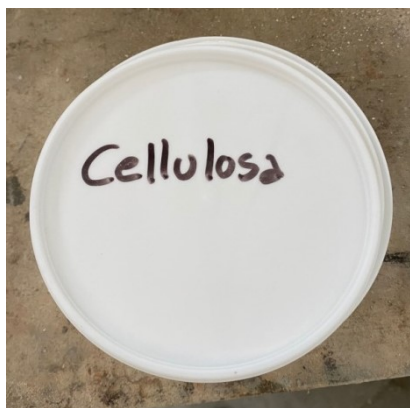


Figura 13 – Cellulosa



Figura 14 – Cellulosa

3.3.4 Fluidificante

I fluidificanti e plasticizzanti o "riduttori di acqua", migliorano la lavorabilità del materiale.

Tali additivi inoltre, poiché determinano una diminuzione della tensione superficiale dell'acqua di impasto, consentono di ridurre il fabbisogno d'acqua per la data consistenza desiderata.

Pertanto ne risulta un aumento della resistenza caratteristica a compressione (R_{ck}) e una migliore durabilità. Riducono anche il ritiro igrometrico.

Erano di norma a base di ligninsolfonato ottenuto come residuo dell'estrazione della cellulosa dal legno. [4]

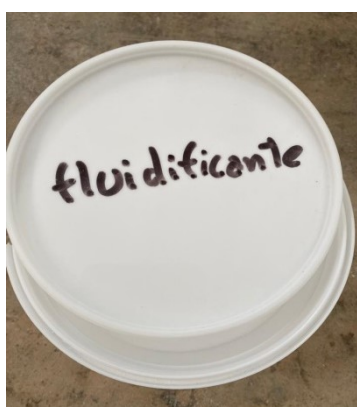


Figura 15 – Fluidificante



Figura 16 – Fluidificante

3.4 Materiali DIASEN

3.4.1 Limepaint

Idropittura di calce di colore bianco per interni. Caratterizzata da ottima capacità coprente, presenta un'elevata traspirabilità. [5]

3.4.2 Calce storica

Calce Storica è una malta monocomponente premiscelata a base di calce idraulica naturale NHL 5, completamente priva di cemento, caratterizzata da ottime resistenze meccaniche ed elevata adesione al supporto. Calce Storica è ideale per il consolidamento ed il ripristino di strutture in muratura, anche in zone sismiche. Calce Storica ha una classe di resistenza M15 secondo la norma UNI EN 998-2. [9]

4. Preparazione miscele

Per effettuare l'allestimento delle prova in sito è stato necessario preparare il premiscelato UNIVPM seguendo il mix design della finitura. Il mix-design rappresenta il progetto di miscela, ovvero il calcolo della composizione di calcestruzzi e malte a partire dalle prestazioni richieste (lavorabilità, resistenza meccanica, durabilità, ecc.), delle caratteristiche delle materie prime disponibili (leganti, aggregati, additivi) e dalle condizioni ambientali in servizio.

La malta si ottiene mescolando omogeneamente e in proporzioni ben definite, legante, acqua, inerti e additivi così come riportato nella norma UNI 1015-11:2007.

Nel nostro caso la malta è data dalle seguenti componenti:

- H₂O
- Calce
- Silica gel
- Bottom ash
- Fly ash
- TiO₂
- Additivo antiritiro
- Additivo fluidificante
- Cellulosa

L'applicazione avverrà in 2 strati, fino a raggiungere la dimensione totale di 0.3 cm. Lo strato di sottofondo NON avrà il TiO₂.

Tabella riassuntiva delle quantità [g] utilizzate per confezionare la malta per 1,13846 l di getto:

COMPONENTI	H ₂ O	CALCE	SILICA GEL	BOTTOM ASH	FLY ASH	TiO ₂	ANTIRITIRO	CELLILOSA	FLUIDIFICANTE
Unità di misura	g	g	g	g	g	g	g	g	g
STRATO 1	4387	3109	1451	1665	1451	0	38,38	53,74	1,54
STRATO 1	4387	3109	1451	1665	1451	185	38,38	53,74	1,54
TOTALE	8774	6218	2902	3330	2902	185	76,76	107,48	3,08

Tabella riassuntiva delle quantità [g/l] utilizzate per confezionare la malta per 1,13846 l di getto:

COMPONENTI	H ₂ O	CALCE	SILICA GEL	BOTTOM ASH	FLY ASH	TiO ₂	ANTIRITIRO	CELLILOSA	FLUIDIFICANTE
Unità di misura	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l
TOTALE	541,55	383,85	179,19	205,54	179,19	22,84	4,74	6,63	0,19

5. Metodi

5.1 Allestimento prova in laboratorio

La prova in laboratorio è stata volta per determinare le condizioni di prova con cui poter svolgere la sperimentazione in sito.

Tale prova è stata allestita in un box definita “camera odori” di dimensioni di 2,8x2x2,5m. All’interno della camera odori è stato inserito come microinquinante, un composto organico volatile, il metiletilchetone (butanone, MEK) ed un sistema di monitoraggio, sia per il MEK, sia per la temperatura e l’umidità relativa e un termoconvettore per mantenere la stanza a temperatura controllata.

Il MEK è un chetone, composto da un gruppo carbonile a cui risultano legati un gruppo etilico e un gruppo metilico. [19]

A temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore dall'odore di solvente. È un composto molto infiammabile, irritante.

Inoltre, al suo interno è stato inserito un sistema di ventilazione, che prevede la sua attivazione a fine prova per far defluire la concentrazione di MEK e azzerarla tra due prove successive.

Al di fuori della camera odori è stato installato un vero e proprio sistema di acquisizione dati rappresentato da un data logger mediante il suo collegamento ad un dispositivo, ad esempio un computer come nel nostro caso.

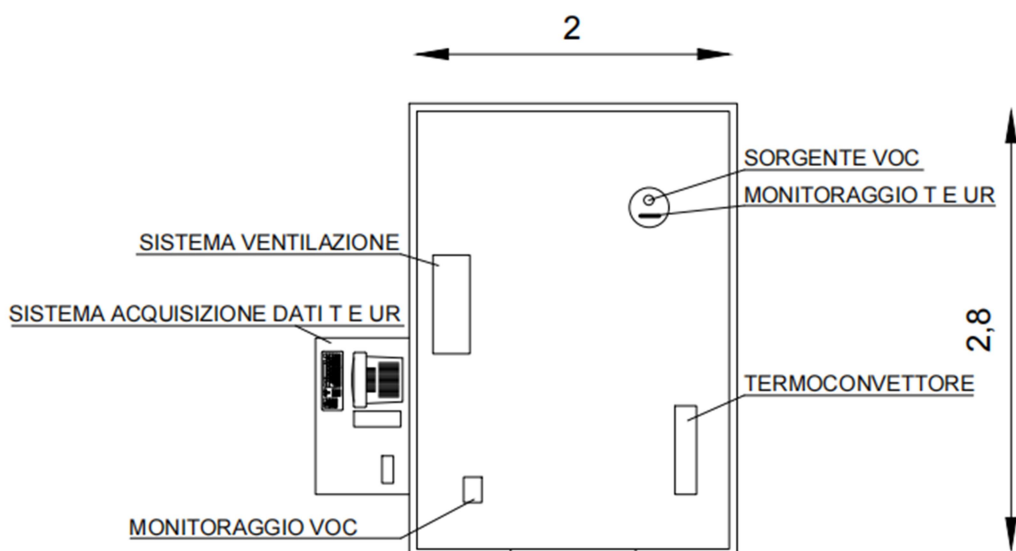


Figura 17 – Planimetria camera odori

La prova di laboratorio consiste nell'inserimento del microinquinante all'interno della camera odori in diversi provini di varie dimensioni e nel monitoraggio della sua concentrazione con condizioni di temperatura e umidità relativa controllate.

Inoltre, durante le relative prove la camera è stata sigillata con del nastro isolante per evitare la fuoriuscita di ulteriore MEK verso l'esterno e compromettere così i risultati di prova.



Figura 18 – Camera odori interna



Figura 19 – Camera odori esterna



Figura 20 – Termoconvettore

5.2 Metodi di monitoraggio in laboratorio

Per il monitoraggio dei parametri di prova in laboratorio sono stati utilizzati due tipologie di sistemi:

- PID
- DATA LOGGER

Il sistema di monitoraggio PID viene utilizzato per rilevare la concentrazione dei VOC, in particolare del MEK, all'interno della camera odori.

I sensori PID sono ideali per la rilevazione di basse concentrazioni di composti organici volatili.

Sfruttano un rilevatore a fotoionizzazione (PID) per misurare gruppi di sostanze pericolose o possono essere anche regolati per misurare sostanze singole.

Hanno un campo di misura che può essere in ppb o in ppm.

Il rilevamento a fotoionizzazione o PID, funziona esponendo un campione di gas di prova alla luce UV ad alta energia. In un processo chiamato fotoionizzazione, la luce spezza molti composti volatili, tra cui la maggior parte dei VOC, in particelle o ioni caricati elettricamente (ionizzazione). Nella fotoionizzazione l'energia della luce UV eccita le molecole di VOC caricate neutralmente, rimuovendo così un elettrone.

In questo modo gli ioni vengono attratti da un campo elettrico verso gli elettrodi, dove passano attraverso un circuito elettrico come una piccola corrente elettrica. In sostanza, il rilevatore misura la carica elettrica del gas ionizzato e converte il segnale in corrente. La corrente viene quindi amplificata e visualizzata sul contatore in "ppb". La quantità di flusso di corrente risulta essere proporzionale alla concentrazione di VOC. [10]

Nel nostro caso abbiamo utilizzato un ppbRAE Plus che è il monitor portatile di composti organici volatili (VOC) più sensibile al mondo. Il suo rilevatore di fotoionizzazione (PID) fornisce il rilevamento di parti per miliardo (ppb) per applicazioni dalla qualità dell'aria interna (IAQ).

Al termine della prova, i dati acquisiti vengono scaricati mediante il collegamento del PID ad un PC. Il download dei dati avviene mediante un software chiamato "ProRAE".



Figura 21 – ppbRAE plus

Per il sistema di monitoraggio di temperatura e umidità relativa sono state installate delle sonde all'interno della camera odori per il rilevamento di tali parametri.

I sensori di temperatura sono dispositivi che rilevano e misurano le variazioni di temperatura dell'aria o della temperatura superficiale di liquidi e solidi. Sono spesso trasduttori, perché trasformano la grandezza temperatura in grandezza elettrica.

Le sonde in generale sono dei termistori o termoresistori, quindi apparecchi creati per captare le temperature. In particolare, la sonda di temperatura è un termoresistore negativo ovvero ha un coefficiente di temperatura al di sotto dello zero dunque riduce la sua resistenza con l'aumentare della temperatura. Il termine sonda di temperatura, insieme a termometro elettrico, descrive una unità formata da uno o più sensori di temperatura e una protezione specifica dedicata al tipo di utilizzo.

Il sensore di umidità è costituito da un trasduttore a polimeri igroscopici. Queste sostanze modificano la costante dielettrica in funzione delle variazioni della pressione parziale di vapore d'acqua contenuto nell'ambiente e, quindi, delle variazioni di umidità relativa.



Figura 22 – Sonda temperatura



Figura 23 – Installazione sonda T e UR

Per l'acquisizione dei dati di temperatura e umidità si fa riferimento ad un sistema data logger.

Un registratore di dati (in inglese data logger) è un dispositivo elettronico digitale, di solito di piccole dimensioni, che registra nella sua memoria dei dati, provenienti da uno o più sensori connessi ad esso, campionandoli ad intervalli regolari. Esso è alimentato da una batteria interna ed equipaggiato con un microprocessore ed una memoria per l'acquisizione dei dati. Alcuni possono essere collegati ad un personal computer e permettono, con un apposito software, di vedere i dati acquisiti, mentre altri hanno delle interfacce proprie (tastierino, display).

I data logger possono essere di diversi tipi: alimentati da corrente, alimentati a batteria, con scarico manuale, con scarico radio in tempo reale.

I data logger per poter registrare devono essere programmati. Ciò significa che l'utente deve fornirgli delle informazioni su come effettuare le registrazioni. Quindi, viene utilizzato un software che può essere su PC o su mobile, ovvero un'app, per inviare al data logger le informazioni necessarie su come effettuare le registrazioni. Fondamentalmente il parametro principale è il ritmo di acquisizione, cioè ogni quanto deve effettuare una registrazione, ad esempio ogni

secondo, ogni 10 secondi, ogni minuto, ogni 15 minuti e così via. Questi parametri variano da modello a modello. Perciò, dopo aver effettuato l'installazione del software è necessario connettere il data logger al software stesso direttamente oppure tramite un altro dispositivo chiamato interfaccia o base di connessione o base di lettura. Solitamente, quindi, i data logger devono essere prima programmati, dopo essersi connessi al software, e successivamente avviati. A fine processo vengono recuperati, riconnessi ed i dati scaricati dalla loro memoria. Alcuni sistemi non richiedono questo percorso poiché inviano i dati via radio. Perciò, una volta configurati ed avviati continuano ad inviare i dati alla ricevente che li archivia nel software. [11]

Quello da noi utilizzato è il dataTaker DT500 series 3.



Figura 24 – dataTaker DT500 Series 3



Figura 25 – dataTaker DT500 Series 3

Esso registra nella sua memoria i dati di temperatura e umidità, è alimentato a corrente e lo scarico dati avviene in maniera manuale.

Il dataTaker è stato programmato mediante il collegamento con un PC.

Una volta collegato, attraverso l'uso di un programma è stato possibile fornirgli le indicazioni per il suo funzionamento.

Attivato il programma sul computer occorre connettere il dataTaker ad esso. Una volta connesso si aggiunge al programma il canale relativo al rilevamento del singolo parametro. Ad esempio per il parametro della temperatura vengono riportate le caratteristiche dello strumento (analogico o digitale), la porta de dataTaker a cui è collegato il sensore, le caratteristiche del sensore (voltaggio, temperatura, frequenza, resistenza, ecc.). Inoltre occorre specificare i tempi di acquisizione dei dati.

Per quanto riguarda il controllo e quindi la gestione del termoconvettore all'interno della camera odori, per mantenere la temperatura costante e quindi ad un parametro controllato, occorre inserire un allarme. Anche qui deve essere aggiunto il canale di riferimento. Per essa viene definito se lo strumento è analogico o digitale, la porta del dataTaker, che deve essere la stessa della

temperatura, il tipo di sensore (temperatura). Per quanto riguarda le proprietà nel nostro caso è stato definito un set-point. Quando il set-point è meno di 20 °C il termoconvettore si accende, mentre quando supera i 20 °C si spegne.

Alla fine di queste impostazioni occorre inviare il tutto al dataTaker per far sì che lui inizi ad applicare il nuovo programma.

Per lo scaricamento dei dati basta accedere al programma mediante il PC collegato al dataTaker ed effettuare il download delle ore/giorni desiderati.

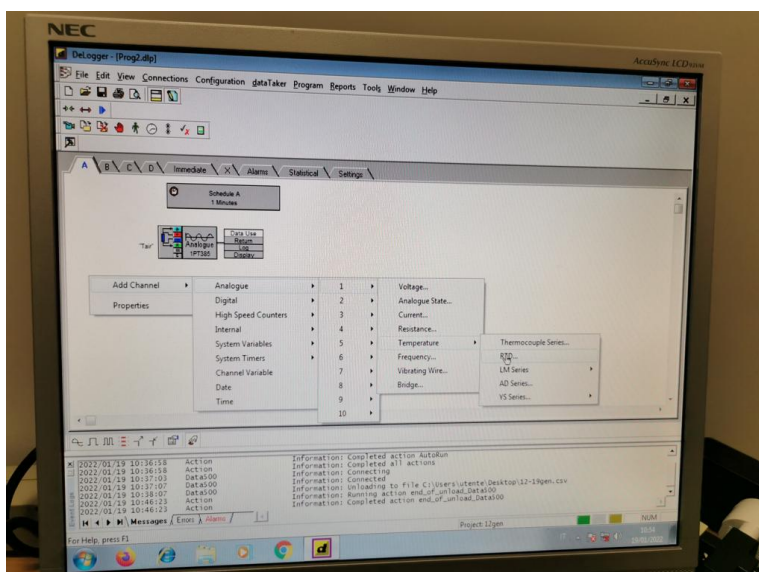


Figura 26 – Settaggio canale acquisizione temperatura

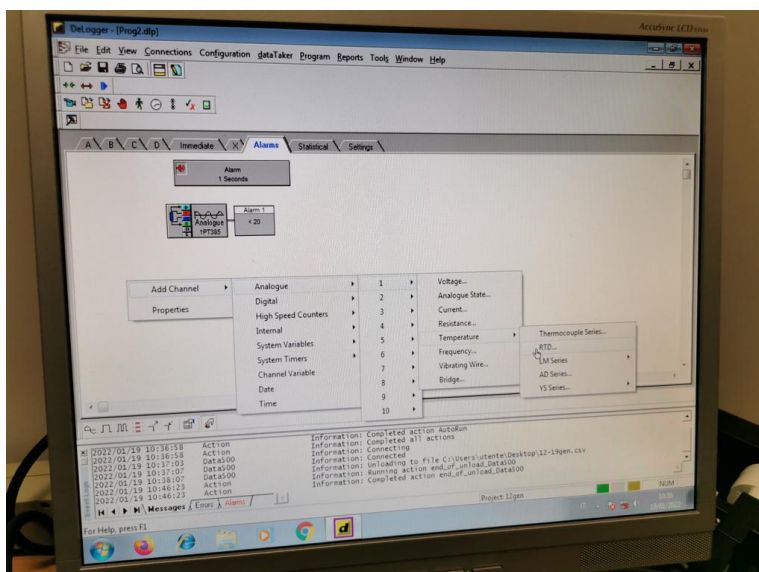


Figura 27 – Settaggio canale allarme per controllo temperatura

5.3 Prove di laboratorio e risultati

Le prove di laboratorio sono state effettuate all'interno della "camera odori".

La prova consiste nel immettere il microinquinante, il MEK all'interno della "camera odori" mediante il suo inserimento in contenitori di varie dimensioni attraverso l'utilizzo di una pipetta graduata con propipetta, sia per agevolare il suo prelievo, sia per avere note le quantità di MEK introdotte all'interno della stanza. Tramite i diversi sistemi di monitoraggio è possibile rilevare la concentrazione di VOC, i valori di temperatura e umidità relativa all'interno della stanza. Inizialmente, tali prove sono state svolte senza controllo dei parametri di temperatura e umidità relativa, quindi è stata rilevata semplicemente la concentrazione dei VOC all'interno del box. Le prove iniziali sono state svolte quindi facendo variare il diametro dei contenitori verificando la distribuzione della concentrazione all'interno della camera.

Successivamente sono state introdotte le variabili di temperatura e umidità. Sono state svolte quindi le prove mantenendo controllati tali parametri. In un primo momento venivano controllati mediante l'utilizzo di un termometro digitale, comprensivo di igrometro così da rilevare anche l'umidità relativa all'interno della stanza, poi sono stati controllati mediante l'utilizzo di sonde e di un sistema di acquisizione dati, un data logger.

Lo scopo di tali prove è quello di individuare le migliori impostazioni di prova con cui andare ad allestire la prova in sito.

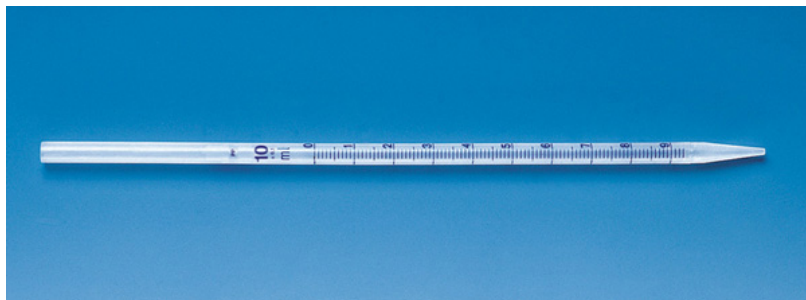


Figura 28 – Pipetta graduata



Figura 29 – Palla di Peleo per prelevare MEK



Figura 30 – Termoigrometro

5.3.1 Prova di monitoraggio: blank 1

Caratteristiche di prova:

- Durata prova: 1 h
- 0,25 ml di MEK
- Nessun controllo di umidità e temperatura
- Contenitore: vetrino da orologio
- Filtro a carbone attivo
- Ventilazione disattivata
- Acquisizione valori concentrazione VOC: ogni minuto

Nel primo test, è stata utilizzata una quantità ridotta di MEK (0,25 ml), è stata inserita in un vetrino da orologio mediante la pipetta graduata e posto all'interno della camera di prova in posizione piuttosto centrale ad un'altezza dal pavimento di circa 1 m.

Inoltre, è stato posto all'interno della camera un filtro a carbone attivo, posizionandolo a terra, con lo scopo di ridurre gli inquinanti organici volatili e, soprattutto, effettuare un confronto con il monitoraggio in assenza di esso.

Il sensore PID è stato posto in un'apposita fessura, realizzata su misura e posta al fianco della porta d'ingresso della stanza con ulteriore sigillatura per evitare la fuoriuscita di microinquinante all'esterno della camera. Il sensore è stato impostato con un intervallo di acquisizione di dati dell'ordine del minuto.

La porta della camera è stata sigillata con del nastro adesivo e la ventilazione risulta disattivata nel corso della prova.



Figura 31 – Camera odori con prova attiva

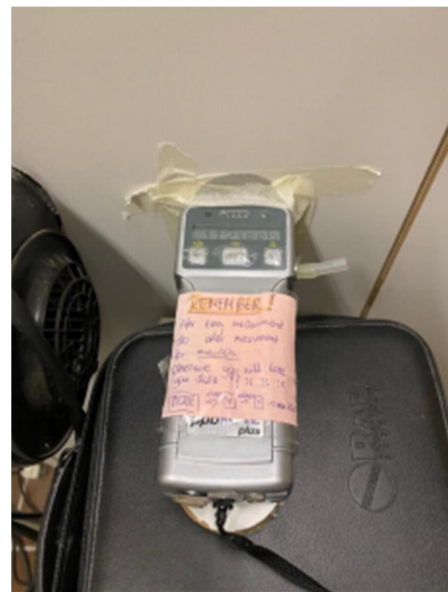


Figura 32 – Installazione monitoraggio VOC

Nel seguente grafico viene illustrato l'andamento della concentrazione dei VOC rilevati dal sensore:

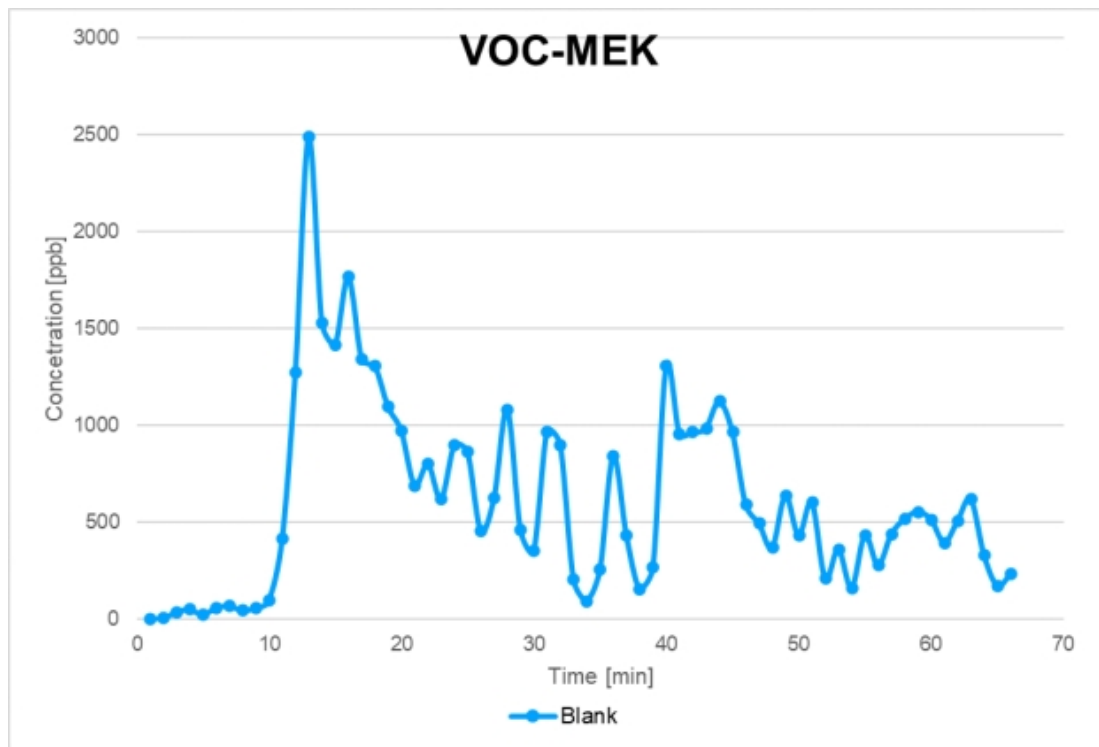


Figura 33 – Grafico risultati blank 1

5.3.2 Prova di monitoraggio: blank 2

Caratteristiche prova:

- Durata prova: 1 h
- 0,25 ml di MEK
- Nessun controllo di umidità e temperatura
- Contenitore: vetrino da orologio
- Filtro a carbone attivo
- Ventilazione disattivata
- Acquisizione valori concentrazione VOC: ogni minuto

La prova relativa al secondo test di monitoraggio si è svolta nelle medesime condizioni della prova "blank 1" per poter valutare eventuali correlazioni e consolidare l'andamento di distribuzione della concentrazione del MEK.

Nel seguente grafico viene illustrato l'andamento della concentrazione dei VOC rilevati dal sensore:

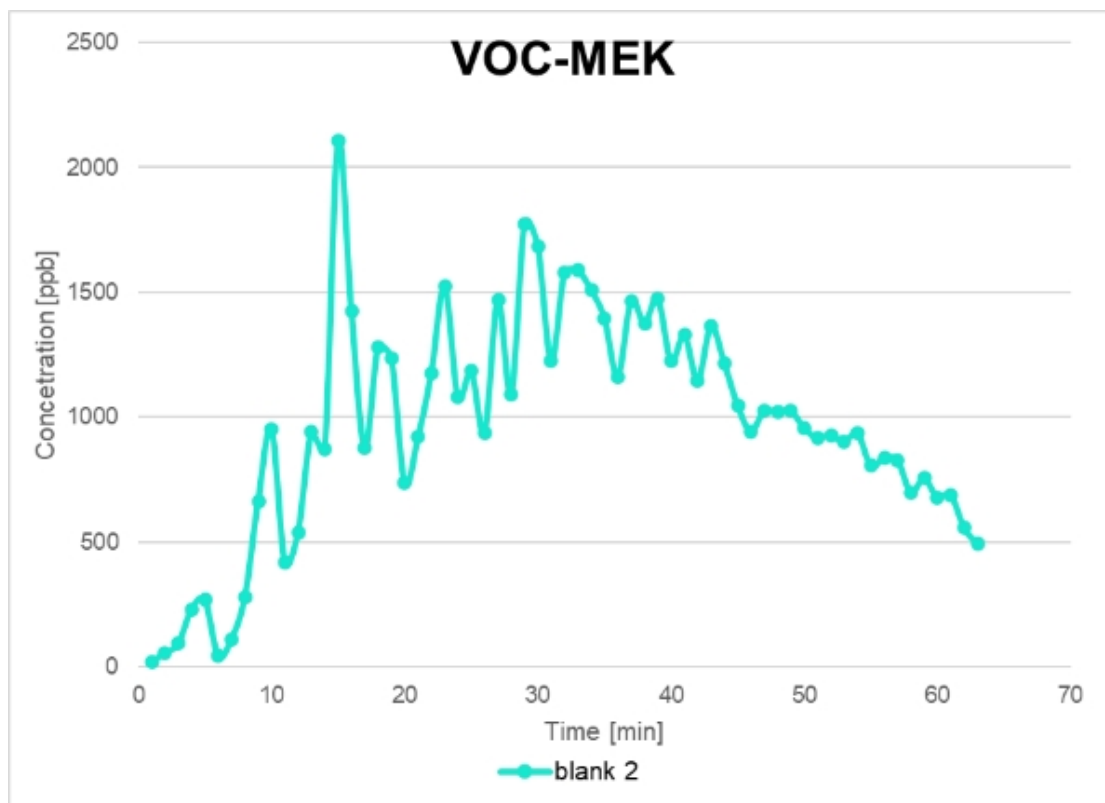


Figura 34– Grafico risultati blank 2

5.3.3 Prova di monitoraggio: blank 3

Caratteristiche prova:

- Durata prova: 1 h
- 0,25 ml di MEK
- Nessun controllo di umidità e temperatura
- Contenitore: vetrino da orologio
- Filtro a carbone attivo
- Ventilazione disattivata
- Acquisizione valori concentrazione VOC: ogni minuto

La prova relativa al terzo test di monitoraggio si è svolta nelle medesime condizioni della prova “blank 1” per poter valutare eventuali correlazioni e consolidare l’andamento di distribuzione della concentrazione del MEK.

Nel seguente grafico viene illustrato l’andamento della concentrazione dei VOC rilevati dal sensore:

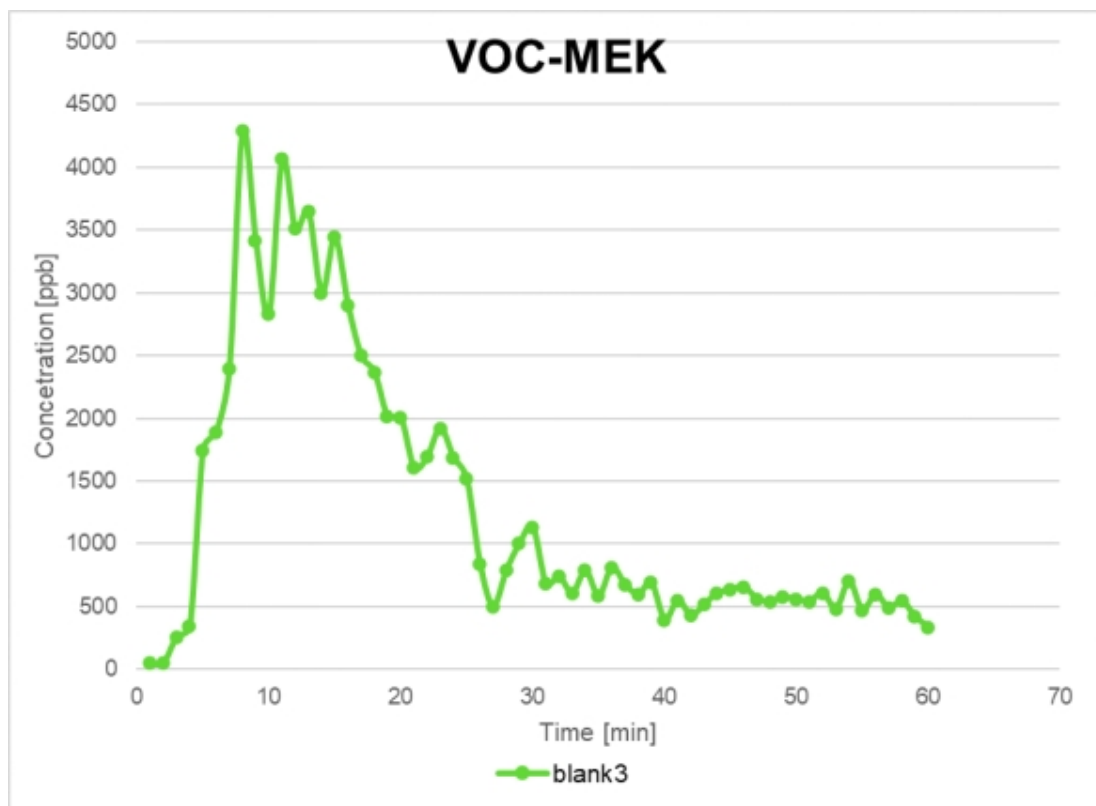


Figura 35 – Grafico risultati blank 3

5.3.4 Prova di monitoraggio: blank 4

Caratteristiche prova:

- Durata prova: 1 h
- 0,25 ml di MEK
- Nessun controllo di umidità e temperatura
- Contenitore: vetrino da orologio
- Filtro a carbone attivo non presente
- Ventilazione disattivata
- Acquisizione valori concentrazione VOC: ogni minuto

La prova relativa al quarto test di monitoraggio si è svolta nelle medesime condizioni della prova "blank 1" ad eccezione del filtro a carbone attivo che è stato rimosso per poter effettuare il confronto con le prove precedenti e valutare la sua capacità di assorbimento.

Nel seguente grafico viene illustrato l'andamento della concentrazione dei VOC rilevati dal sensore:

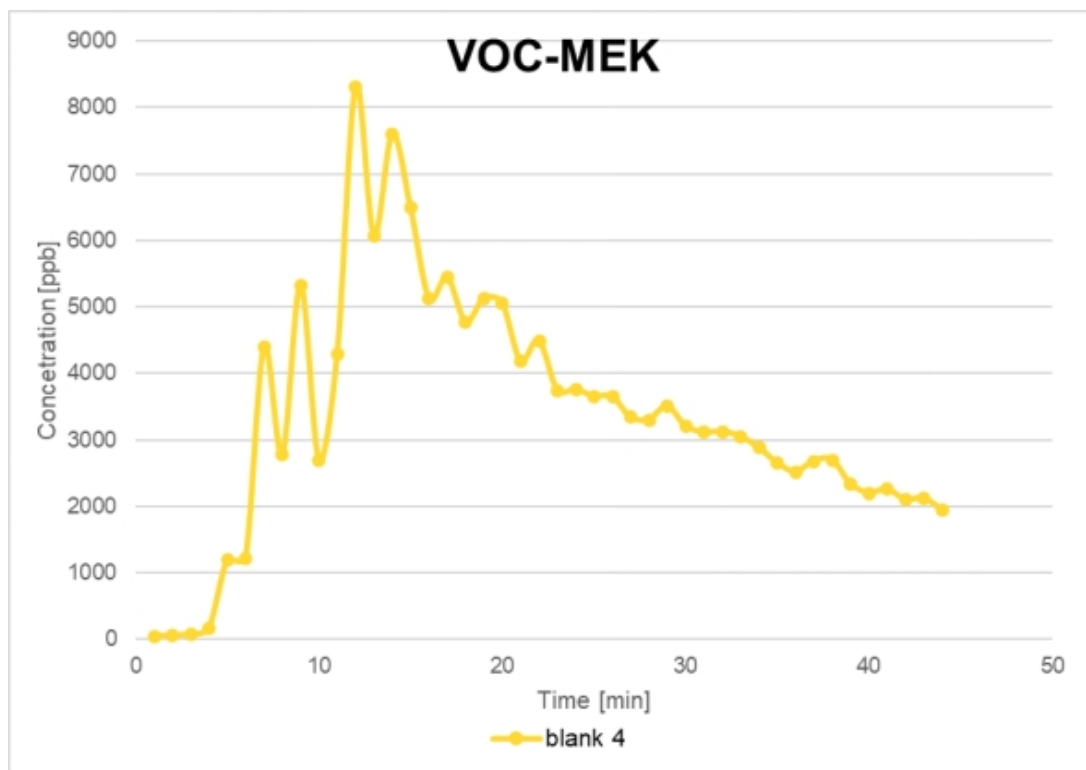


Figura 36 – Grafico risultati blank 4

5.3.5 Prova di monitoraggio: blank 5

Caratteristiche prova:

- Durata prova: 1 h
- 0,25 ml di MEK
- Nessun controllo di umidità e temperatura
- Contenitore: vetrino da orologio
- Filtro a carbone attivo non presente
- Ventilazione disattivata
- Acquisizione valori concentrazione VOC: ogni minuto

Nella quinta prova è stata modificata la posizione del sensore PID, spostandolo dalla fessura sulla parete della camera odori al centro della stessa, al di sopra di uno sgabello, in una posizione più bassa rispetto a quella precedente e soprattutto rispetto a quella della sorgente VOC. La fessura è stata poi opportunamente sigillata tramite un tappo ed un nastro adesivo. Le altre impostazioni di prova risultano essere identiche.



Figura 37 – Camera odori con prova blank 5

Nel seguente grafico viene illustrato l'andamento della concentrazione dei VOC rilevati dal sensore:

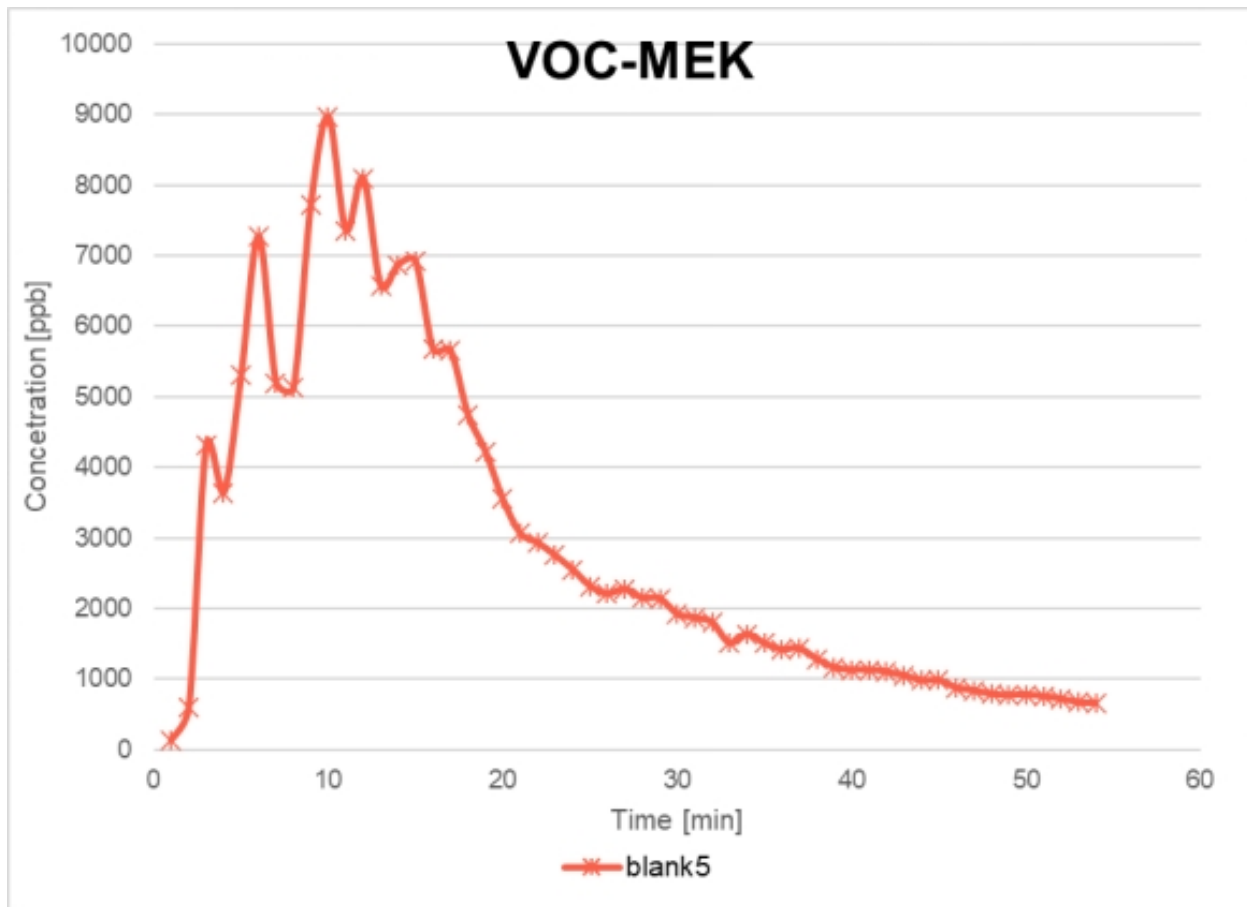


Figura 38 – Grafico risultati blank 5

5.3.6 Correlazione prove blank precedenti

Nel seguente grafico viene illustrata la distribuzione dei valori di concentrazione dei VOC rilevati dal sensore nelle cinque prove descritte precedentemente. Si ricorda inoltre che il sensore PID ha acquisito i valori delle concentrazioni con un intervallo dell'ordine del minuto.

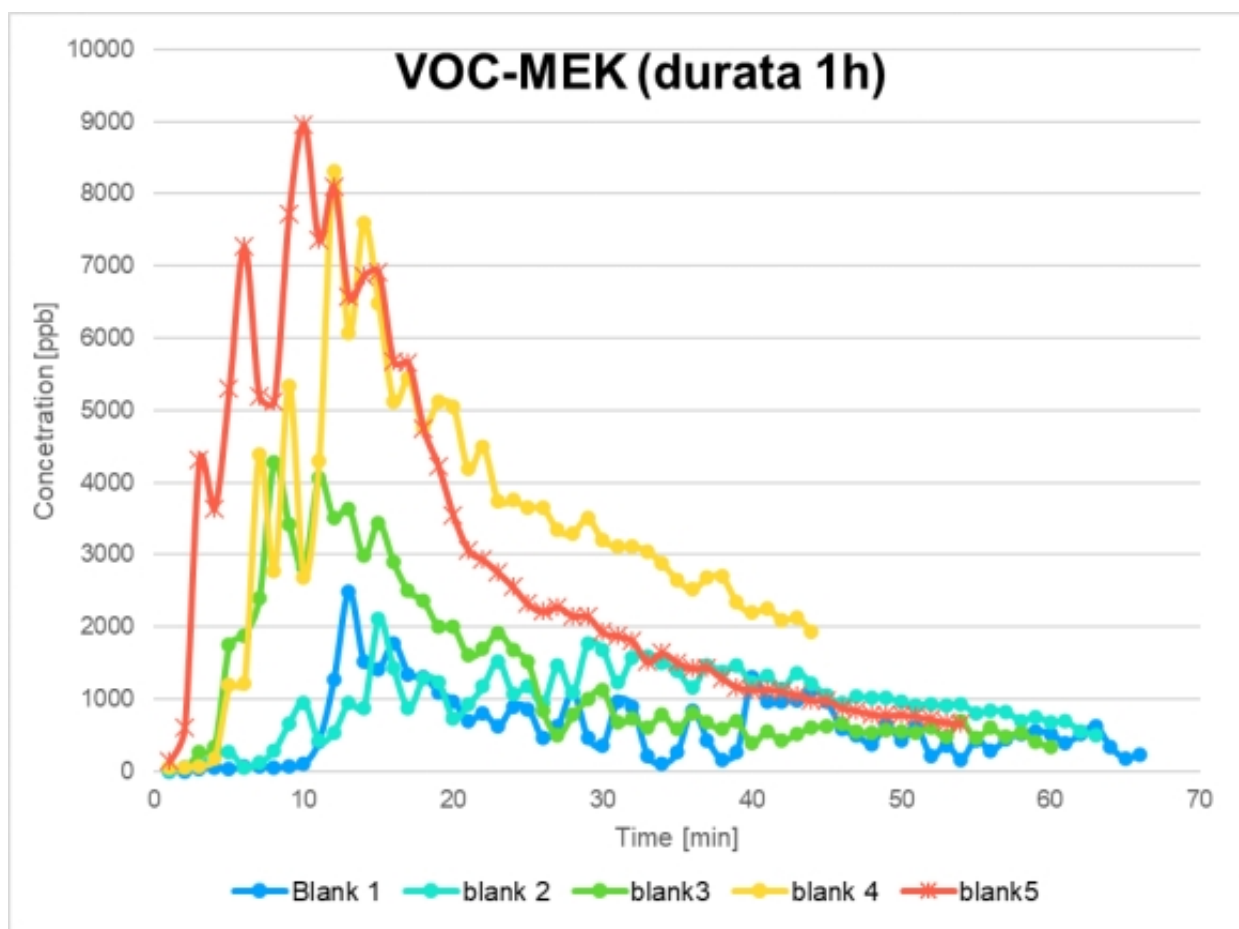


Figura 39 – Grafico risultati blank 1,2,3,4,5

Dal grafico riportato in figura è possibile effettuare un confronto tra tutte le prove evidenziate in precedenza.

Tutti i singoli test sono stati svolti con lo stesso intervallo di acquisizione dei dati, cioè uno al minuto e ciascuna prova ha la durata di un'ora.

Immediatamente, è possibile vedere la netta differenza tra valori massimi delle concentrazioni di VOC della prima, seconda e terza prova rispetto alla quarta e quinta. Questo può essere spiegato dalla presenza del filtro a carbone attivo, presente nelle prime tre prove, a cui corrispondono i valori di concentrazione più bassi. I filtri a carbone attivo hanno la capacità di essere porosi e come

tali riescono a filtrare gli inquinanti organici. Ciò comporta quindi un assorbimento della concentrazione di VOC con conseguenza di abbassamento dei valori massimi di concentrazione.

Pur essendo state svolte con le medesime condizioni di prova, i valori di concentrazione massimi della terza prova (blank 3) risultano essere maggiori della prima e seconda prova (blank 1 e blank 2).

Di fatto può essere giustificato dalla parziale saturazione del foglio di carbone attivo e ciò comporta una riduzione di assorbimento dei VOC.

Il grafico presenta un andamento a “campana”, dove è presente una fase iniziale, crescente iniziale dovuto all'evaporazione del MEK all'interno della camera odori e una fase decrescente, finale dovuta all'esaurimento del MEK nel contenitore di prova.

Inoltre, è possibile notare un andamento non lineare per il corso di tutta la prova e quindi la presenza di picchi. Queste alterazioni sono dovute al non controllo dei parametri di umidità e temperatura all'interno della camera odori.

5.3.7 Prova di monitoraggio: blank 6

Caratteristiche prova:

- Durata prova: 14 h
- 10 ml di MEK
- Nessun controllo di umidità e temperatura
- Contenitore: bottiglia con tappo forato (diametro foro di 2,0 cm)
- Filtro a carbone attivo non presente
- Ventilazione disattivata
- Acquisizione valori concentrazione VOC: ogni minuto

Nel sesto test, è stata utilizzata una quantità di MEK superiore (10 ml), è stata inserita in un contenitore di sezione ridotta, con un foro di diametro 2,0 cm, mediante la pipetta graduata e posto all'interno della camera di prova in posizione piuttosto centrale ad un'altezza dal pavimento di circa 1 m.

Il sensore PID è stato posto all'interno della camera odori ed è stato impostato con un intervallo di acquisizione di dati dell'ordine del minuto.

A differenza delle prove precedenti, la durata della prova è di 14 ore, ovvero fino a spegnimento del PID per esaurimento della batteria. Essendo la prova più duratura, la quantità di MEK è stata aumentata a 10 ml.

Nel seguente grafico viene illustrato l'andamento della concentrazione dei VOC rilevati dal sensore:

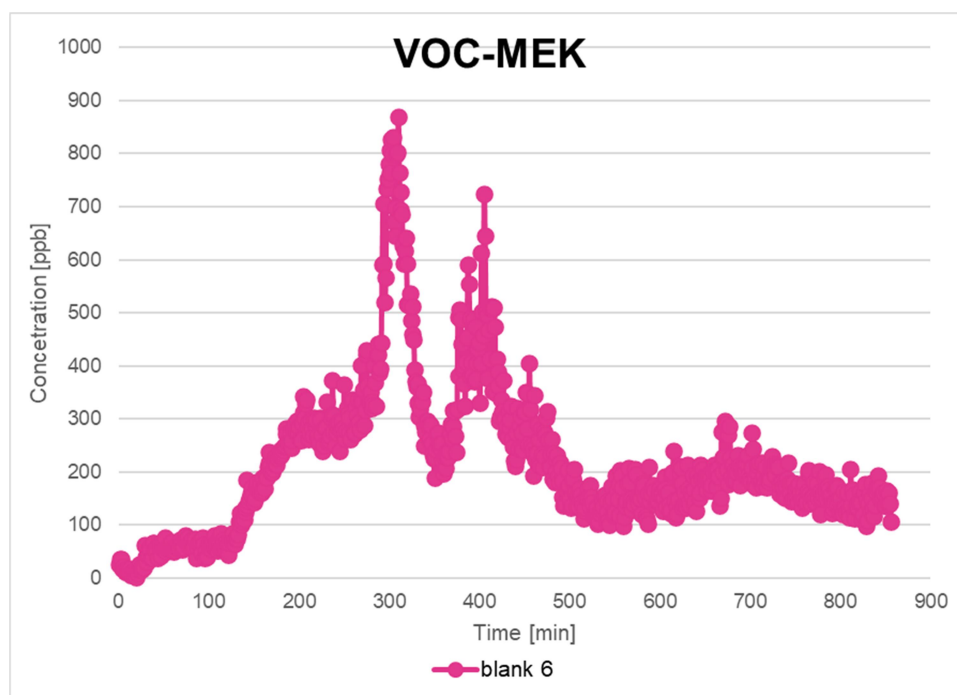


Figura 40 – Grafico risultati blank 6

Considerazioni

Come si nota, il valore della concentrazione non supera i 1000 ppb, questo perché prova è influenzata sicuramente dalla dimensione del foro presente nel tappo del recipiente utilizzato per la prova. Per questo successivamente saranno consolidate tali prove variando il diametro di apertura del foro da cui fuoriuscirà il MEK.

I movimenti sussultori del grafico posso essere giustificati dal fatto che i parametri di temperatura e umidità relativa non sono controllati durante la prova. Infatti, il periodo di svolgimento della prova comprende anche le ore notturne, dove si ha un abbassamento della temperatura della camera odori dovuto, sia allo spegnimento dei riscaldamenti all'interno del dipartimento e sia all'abbassamento dei gradi esterni durante le ore notturne.

5.3.8 Prova di monitoraggio: blank 7

Caratteristiche prova:

- Durata prova: 14 h
- 10 ml di MEK
- Temperatura e umidità controllate a inizio e fine prova
- Contenitore: becher in vetro (diametro foro di 7,5 cm)
- Filtro a carbone attivo non presente
- Ventilazione disattivata
- Acquisizione valori concentrazione VOC: ogni 30 minuti

Nel settimo test, è stata utilizzata una quantità di MEK di 10 ml, è stata inserita all'interno di un becher in vetro con una sezione di diametro di 7,5 cm, mediante l'utilizzo della pipetta graduata e posto all'interno della camera di prova in posizione piuttosto centrale ad un'altezza dal pavimento di circa 1 m.

Il sensore PID è stato posto all'interno della camera odori ed è stato impostato con un intervallo di acquisizione di dati ogni 30 minuti.

La durata della prova è di 14 ore, ovvero fino a spegnimento del PID per esaurimento della batteria.

In questo test non si ha il controllo dei parametri di temperatura e umidità relativa durante lo svolgimento del test ma solo all'inizio e al termine della prova, letti attraverso un termoigrometro.

I parametri risultano essere rispettivamente:

- T=21°C , RH=51% (INIZIO PROVA)
- T=19°C , RH=55% (FINE PROVA)

Al termine della prova, il MEK evaporato è pari a 9,3 ml.



Figura 41 – Becher utilizzato nella prova

Nel seguente grafico viene illustrato l'andamento della concentrazione dei VOC rilevati dal sensore, in funzione della temperatura media e dell'umidità relativa media, registrate ad inizio e fine prova:

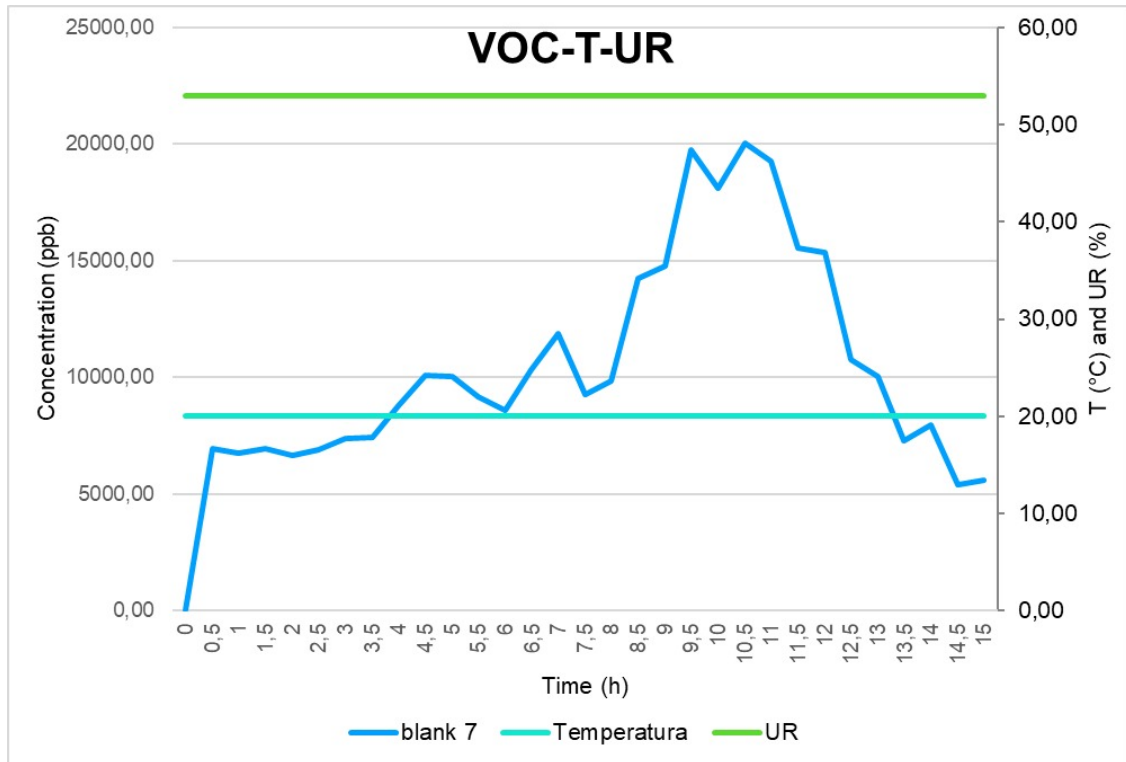


Figura 42 – Grafico risultati blank 7

5.3.9 Prova di monitoraggio: blank 8

Caratteristiche prova:

- Durata prova: 14 h
- 10 ml di MEK
- Temperatura e umidità controllate a inizio e fine prova
- Contenitore: becher in vetro (diametro foro di 7,5 cm)
- Filtro a carbone attivo presente
- Ventilazione disattivata
- Acquisizione valori concentrazione VOC: ogni 30 minuti

Nell'ottavo test, è stata utilizzata una quantità di MEK di 10 ml, è stata inserita all'interno di un becher in vetro con una sezione di diametro di 7,5 cm, mediante l'utilizzo della pipetta graduata e posto all'interno della camera di prova in posizione piuttosto centrale ad un'altezza dal pavimento di circa 1 m.

In aggiunta in questa prova sono stati inseriti due fogli di filtro a carbone attivo con diverse caratteristiche. Sono stati posizionati al livello del pavimento.

Il sensore PID è stato posto all'interno della camera odori ed è stato impostato con un intervallo di acquisizione di dati ogni 30 minuti.

La durata della prova è di 14 ore, ovvero fino a spegnimento del PID per esaurimento della batteria.

In questo test non si ha il controllo dei parametri di temperatura e umidità relativa durante lo svolgimento del test ma solo all'inizio e al termine della prova, letti attraverso un termoigrometro.

I parametri risultano essere rispettivamente:

- T=19°C , RH=52% (INIZIO PROVA)
- T=19°C , RH=49% (FINE PROVA)

Al termine della prova, il MEK evaporato è pari a 9,25 ml.



Figura 43 – Camera odori prova 8

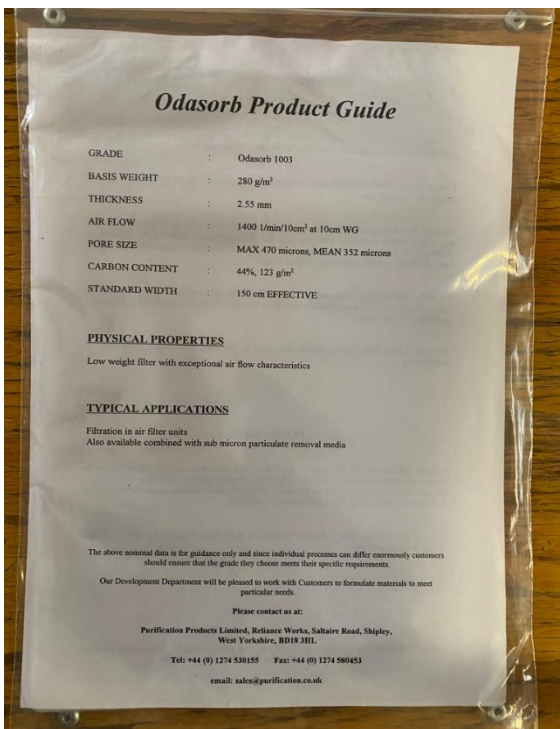


Figura 44 – Caratteristiche filtro 1

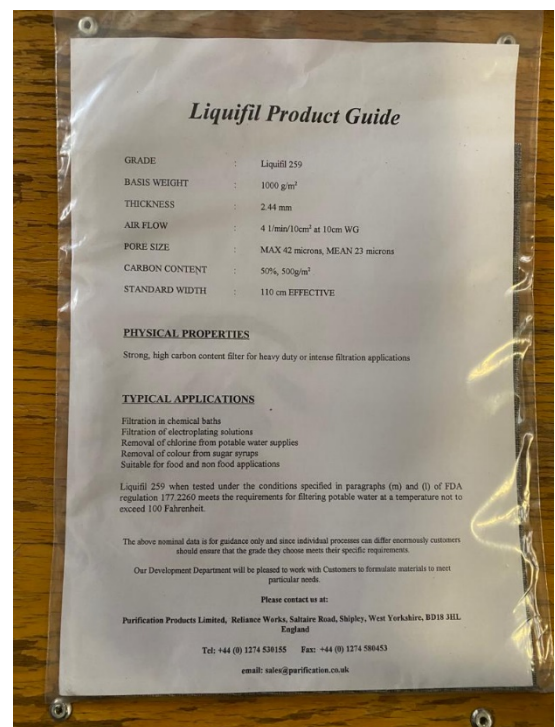


Figura 45 – Caratteristiche filtro 2

Nel seguente grafico viene illustrato l'andamento della concentrazione dei VOC rilevati dal sensore, in funzione della temperatura media e dell'umidità relativa media, registrate ad inizio e fine prova:

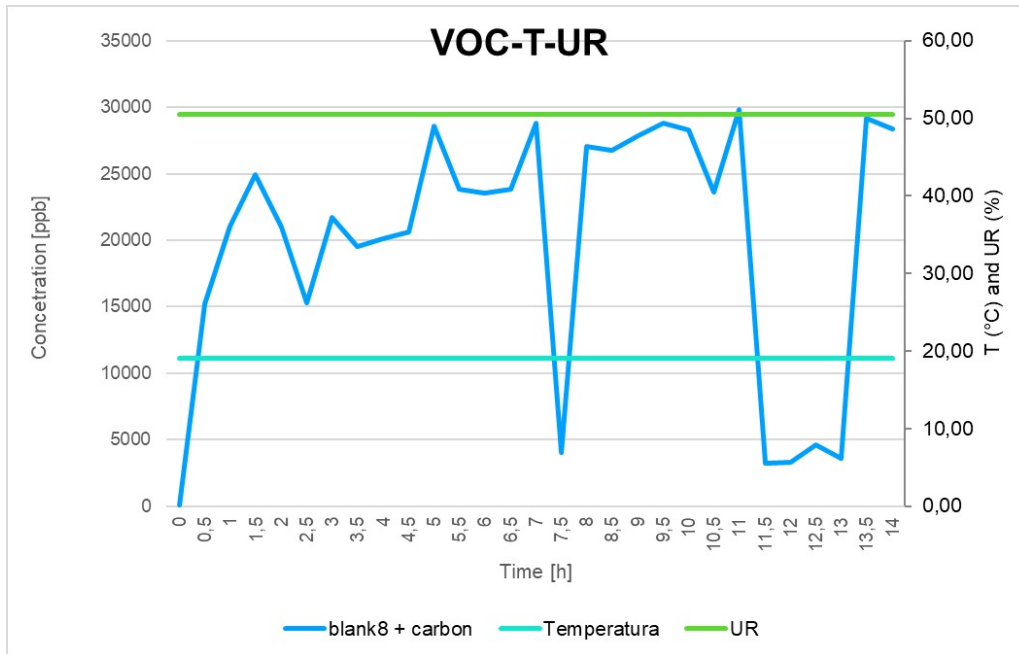


Figura 46 – Grafico risultati blank 8

5.3.10 Prova di monitoraggio: blank 9

Caratteristiche prova:

- Durata prova: 18 h
- 20 ml di MEK
- Temperatura controllata durante lo svolgimento e umidità controllata ad inizio e fine prova
- Contenitore: becher in vetro (diametro foro di 7,5 cm)
- Filtro a carbone attivo non presente
- Ventilazione disattivata
- Acquisizione valori concentrazione VOC: ogni 30 minuti

Nel nono test, è stata utilizzata una quantità di MEK di 20 ml, è stata inserita all'interno di un becher in vetro con una sezione di diametro di 7,5 cm, mediante l'utilizzo della pipetta graduata e posto all'interno della camera di prova in posizione piuttosto centrale ad un'altezza dal pavimento di circa 1 m.

Il sensore PID è stato posto all'interno della camera odori ed è stato impostato con un intervallo di acquisizione di dati ogni 30 minuti.

La durata della prova è di 18 ore, ovvero fino a spegnimento del PID per esaurimento della batteria.

In questo test, si va ad effettuare il monitoraggio della temperatura nella camera di prova grazie all'inserimento di un sistema combinato di sonda e sistema di acquisizione dati (data logger). Si ha quindi, il controllo del parametro di temperatura durante lo svolgimento della prova, grazie all'immissione nella camera di un termoconvettore senza ventola, che rende il valore stabile a 20°C. Questo viene realizzato attraverso l'accensione della stufa quando la temperatura si trova al di sotto dei 20°C, e il suo spegnimento quando si trova la di sopra dei 20°C. Tutto questo è dato da un sistema di allarme impostato mediante un computer e inviato al sistema di data logger.

Per il parametro dell'umidità relativa, si avrà il controllo solo all'inizio e al termine della prova, letti attraverso un termoigrometro.

I parametri risultano essere rispettivamente:

- RH=42% (INIZIO PROVA)
- RH=34% (FINE PROVA)

Al termine della prova, il MEK evaporato è pari a 9 ml.



Figura 47 – Termoconvettore



Figura 48 – DataTaker DT500 Series 3

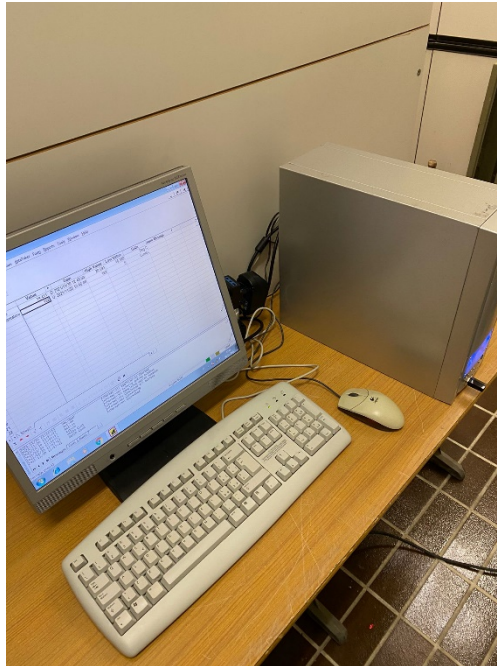


Figura 49 – Stazione di monitoraggio dei parametri

Nel seguente grafico viene illustrato l'andamento della concentrazione dei VOC rilevati dal sensore, in funzione della temperatura media e dell'umidità relativa media, registrata ad inizio e fine prova:

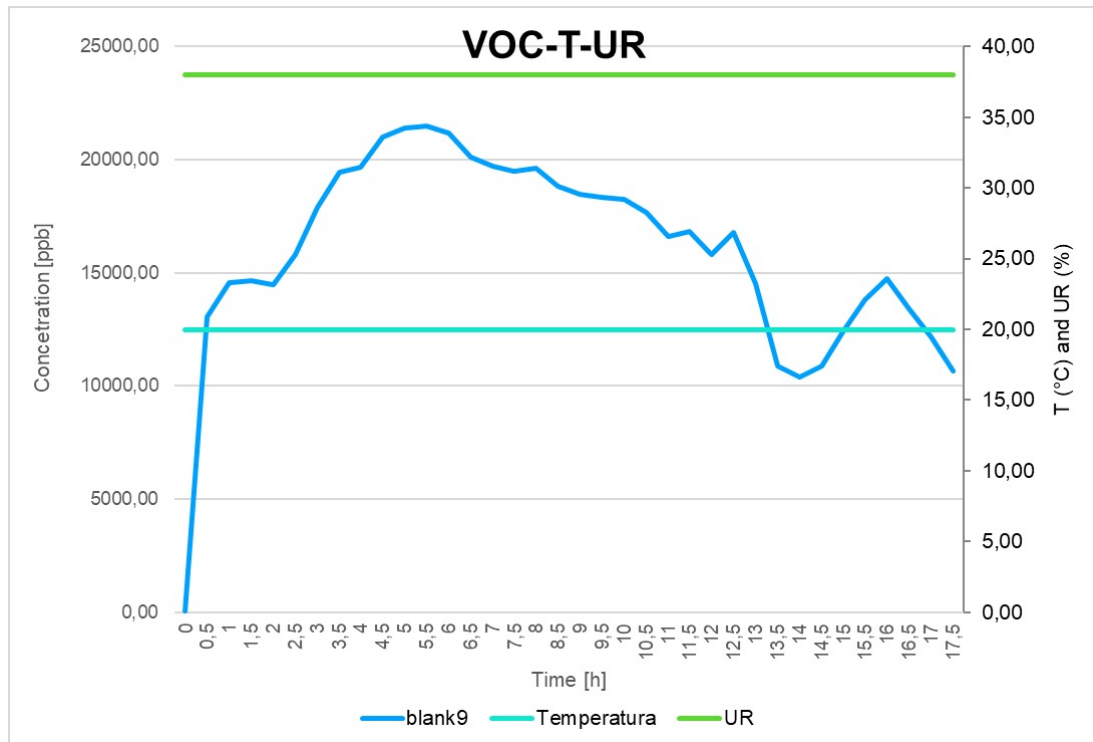


Figura 50 – Grafico risultati blank 9

5.3.11 Prova di monitoraggio: blank 10

Caratteristiche prova:

- Durata prova: 18 h
- 10 ml di MEK
- Temperatura controllata durante lo svolgimento e umidità controllata ad inizio e fine prova
- Contenitore: recipiente di vetro (diametro foro di 3,5 cm)
- Filtro a carbone attivo non presente
- Ventilazione disattivata
- Acquisizione valori concentrazione VOC: ogni 30 minuti

Nel decimo test, è stata utilizzata una quantità di MEK di 10 ml, è stata inserita all'interno di un recipiente in vetro con una sezione di diametro di 3,5 cm, mediante l'utilizzo della pipetta graduata e posto all'interno della camera di prova in posizione piuttosto centrale ad un'altezza dal pavimento di circa 1 m.

Il sensore PID è stato posto all'interno della camera odori ed è stato impostato con un intervallo di acquisizione di dati ogni 30 minuti.

La durata della prova è di 18 ore, ovvero fino a spegnimento del PID per esaurimento della batteria.

In questo test, si va ad effettuare il monitoraggio della temperatura nella camera di prova, come nella prova precedente, grazie all'inserimento di un sistema combinato di sonda e sistema di acquisizione dati (data logger). Si ha quindi, il controllo del parametro di temperatura durante lo svolgimento della prova, grazie all'immissione nella camera di un termoconvettore senza ventola, che rende il valore stabile a 20°C. Questo viene realizzato attraverso l'accensione della stufa quando la temperatura si trova al di sotto dei 20°C, e il suo spegnimento quando si trova la di sopra dei 20°C. Tutto questo è dato da un sistema di allarme impostato mediante un computer e inviato al sistema di data logger.

Per il parametro dell'umidità relativa, si avrà il controllo solo all'inizio e al termine della prova, letti attraverso un termoigrometro.

I parametri risultano essere rispettivamente:

- RH=47% (INIZIO PROVA)
- RH=40% (FINE PROVA)

Al termine della prova, il MEK evaporato è pari a 5 ml.



Figura 51 – Recipiente prova 10

Nel seguente grafico viene illustrato l'andamento della concentrazione dei VOC rilevati dal sensore, in funzione della temperatura media e dell'umidità relativa media, registrata ad inizio e fine prova:

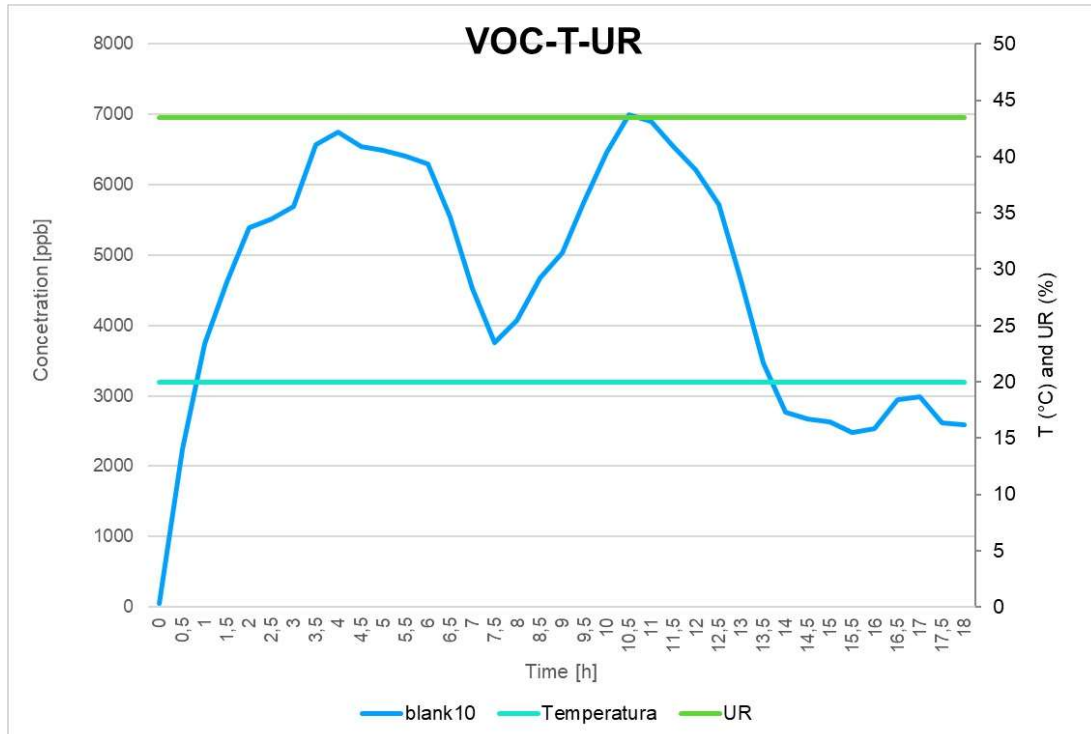


Figura 52 – Grafico risultati blank 10

5.3.12 Correlazione prove blank precedenti

Nel seguente grafico viene illustrata la distribuzione dei valori di concentrazione dei VOC rilevati dal sensore nelle prove descritte precedentemente (blank 7, blank8, blank 9, blank 10). Si ricorda inoltre che il sensore PID ha acquisito i valori delle concentrazioni con un intervallo di 30 minuti.

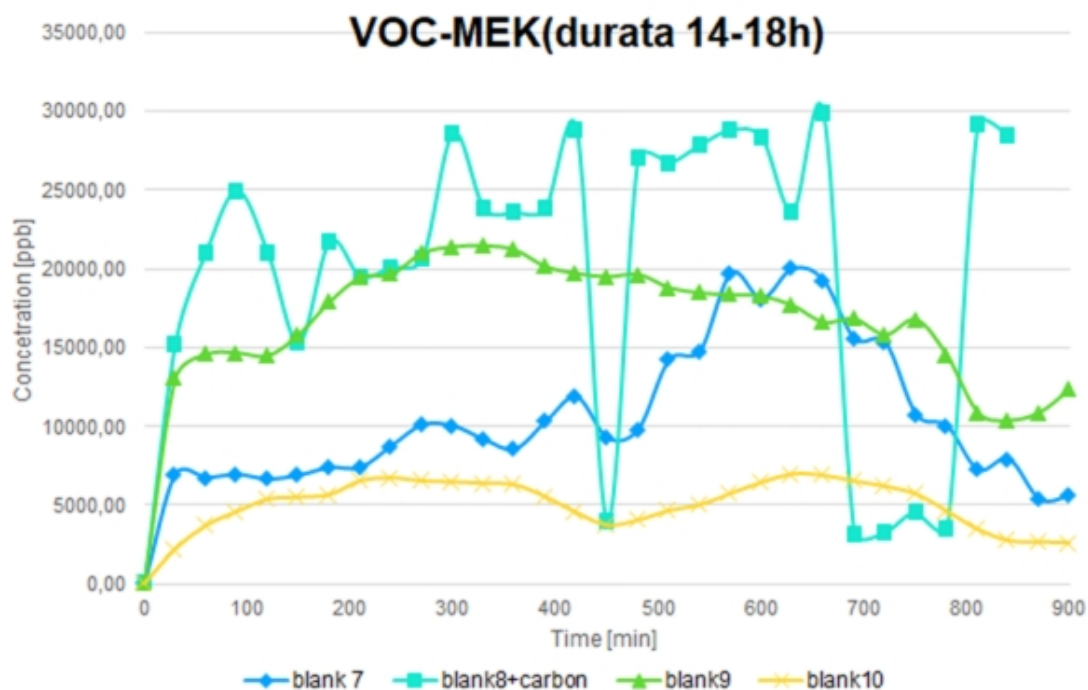


Figura 53 – Grafico risultati blank 7,8,9,10

Dal grafico riportato in figura è possibile effettuare un confronto tra tutte le prove evidenziate in precedenza.

Tutti i singoli test sono stati svolti con lo stesso intervallo di acquisizione dei dati, cioè uno ogni trenta minuti e ciascuna prova ha la durata di 14-18 ore.

Immediatamente, è possibile vedere la netta differenza tra valori massimi delle concentrazioni di VOC. Infatti, il blank 10 presenta valori di concentrazione più bassi rispetto agli altri in quanto la sezione di prova del contenitore del MEK risulta essere inferiore.

Inoltre, molto importante risulta essere la stabilizzazione di temperatura su un parametro costante, in quanto il controllo di tale parametro ha portato ad avere un andamento piuttosto lineare rispetto alle prove precedentemente fatte senza controllo di essa.

Per quanto riguarda la prova relativa al blank 8, si hanno valori di concentrazione più alti rispetto alle altre prove pur essendo presente il filtro a carbone attivo e ciò risulta essere assurdo. La causa potrebbe essere associata al malfunzionamento del sensore dei VOC.

5.3.13 Prova di monitoraggio: blank 11

Caratteristiche prova:

- Durata prova: 13 h
- 7 ml di MEK
- Temperatura controllata durante lo svolgimento e umidità controllata ad inizio e fine prova
- Contenitore: cilindro graduato in vetro (diametro foro di 1,3 cm)
- Filtro a carbone attivo non presente
- Ventilazione disattivata
- Acquisizione valori concentrazione VOC: ogni 5 minuti

Nell'undicesimo test, è stata utilizzata una quantità di MEK di 7 ml, è stata inserita all'interno di un cilindro in vetro graduato con una sezione di diametro di 1,3 cm, mediante l'utilizzo della pipetta graduata e posto all'interno della camera di prova in posizione piuttosto centrale ad un'altezza dal pavimento di circa 1 m.

Il sensore PID è stato posto all'interno della camera odori ed è stato impostato con un intervallo di acquisizione di dati ogni 5 minuti.

La durata della prova è di 13 ore, ovvero fino a spegnimento del PID per esaurimento della batteria.

In questo test, si va ad effettuare il monitoraggio della temperatura nella camera di prova, come nelle prove precedenti, grazie all'inserimento di un sistema combinato di sonda e sistema di acquisizione dati (data logger). Si ha quindi, il controllo del parametro di temperatura durante lo svolgimento della prova, grazie all'immissione nella camera di un termoconvettore senza ventola, che rende il valore stabile a 20°C. Questo viene realizzato attraverso l'accensione della stufa quando la temperatura si trova al di sotto dei 20°C, e il suo spegnimento quando si trova la di sopra dei 20°C. Tutto questo è dato da un sistema di allarme impostato mediante un computer e inviato al sistema di data logger.

Per il parametro dell'umidità relativa, si avrà il controllo solo all'inizio e al termine della prova, letti attraverso un termoigrometro.

I parametri risultano essere rispettivamente:

- RH=30% (INIZIO PROVA)
- RH=32% (FINE PROVA)

Al termine della prova, il MEK evaporato è pari a 2,2 ml.



Figura 54 – Cilindro graduato

Nel seguente grafico viene illustrato l'andamento della concentrazione dei VOC rilevati dal sensore, in funzione della temperatura media e dell'umidità relativa media, registrata ad inizio e fine prova:

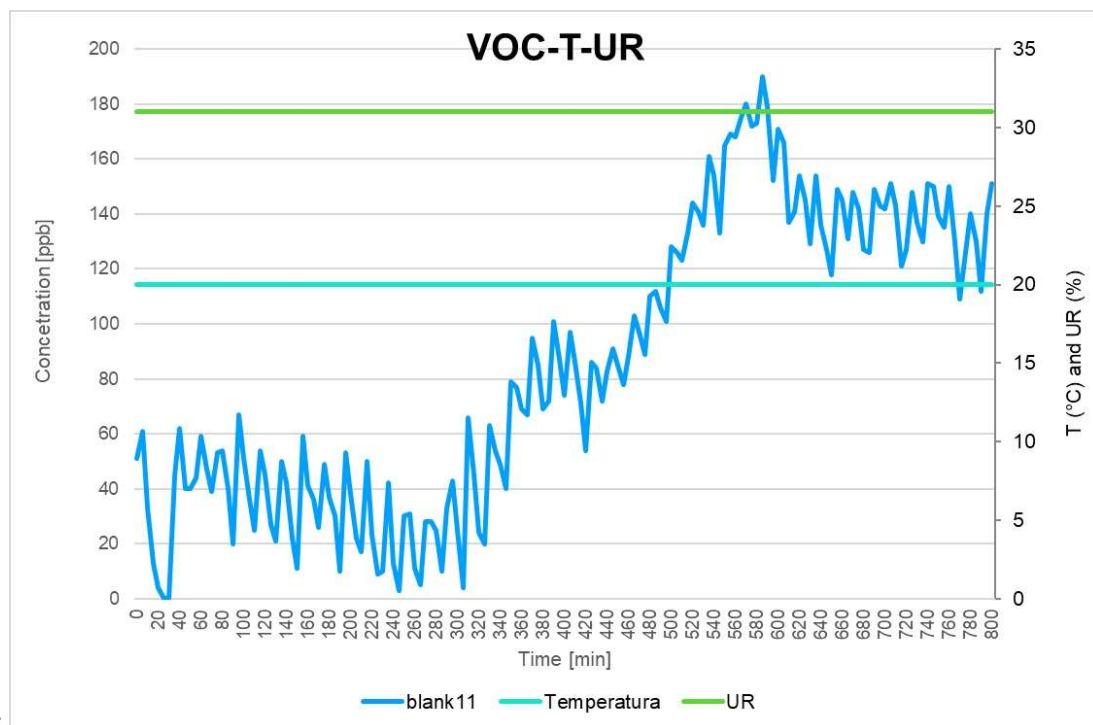


Figura 55 – Grafico risultati blank 11

I risultati della prova relativa al blank 11 presentano valori della concentrazione molto bassi (inferiori ai 200 ppb). Ciò dimostra che la quantità di concentrazione non dipende dalla quantità di MEK utilizzato, e quindi introdotto nel contenitore all'interno della camera odori, ma dalla sezione del recipiente scelto.

5.3.14 Prova di monitoraggio: blank 12

Caratteristiche prova:

- Durata prova: 14 h
- 10 ml di MEK
- Temperatura controllata durante lo svolgimento e umidità controllata ad inizio e fine prova
- Contenitore: bottiglia in vetro con tre fori di cui solo uno aperto
- Filtro a carbone attivo non presente
- Ventilazione disattivata
- Acquisizione valori concentrazione VOC: ogni 5 minuti

Nel dodicesimo test, è stata utilizzata una quantità di MEK di 10 ml, è stata inserita all'interno di una bottiglietta in vetro con un tappo avente tre fori, di cui solo uno aperto. Le dimensioni del foro risultano molto piccole per misurarle. È stato inserito mediante l'utilizzo della pipetta graduata e posto all'interno della camera di prova in posizione piuttosto centrale ad un'altezza dal pavimento di circa 1 m.

Il sensore PID è stato posto all'interno della camera odori ed è stato impostato con un intervallo di acquisizione di dati ogni 5 minuti.

La durata della prova è di 14 ore, ovvero fino a spegnimento del PID per esaurimento della batteria.

In questo test, si va ad effettuare il monitoraggio della temperatura nella camera di prova, come nelle prove precedenti, grazie all'inserimento di un sistema combinato di sonda e sistema di acquisizione dati (data logger). Si ha quindi, il controllo del parametro di temperatura durante lo svolgimento della prova, grazie all'immissione nella camera di un termoconvettore senza ventola, che rende il valore stabile a 20°C. Questo viene realizzato attraverso l'accensione della stufa quando la temperatura si trova al di sotto dei 20°C, e il suo spegnimento quando si trova al di sopra dei 20°C. Tutto questo è dato da un sistema di allarme impostato mediante un computer e inviato al sistema di data logger.

Per il parametro dell'umidità relativa, si avrà il controllo solo all'inizio e al termine della prova, letti attraverso un termoigrometro.

I parametri risultano essere rispettivamente:

- RH=42% (INIZIO PROVA)
- RH=39% (FINE PROVA)

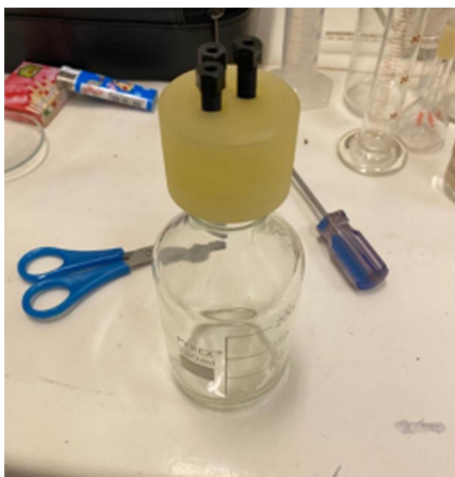


Figura 56 – *Bottiglia in vetro utilizzata nella prova 12*

Nel seguente grafico viene illustrato l'andamento della concentrazione dei VOC rilevati dal sensore, in funzione della temperatura media e dell'umidità relativa media, registrata ad inizio e fine prova:

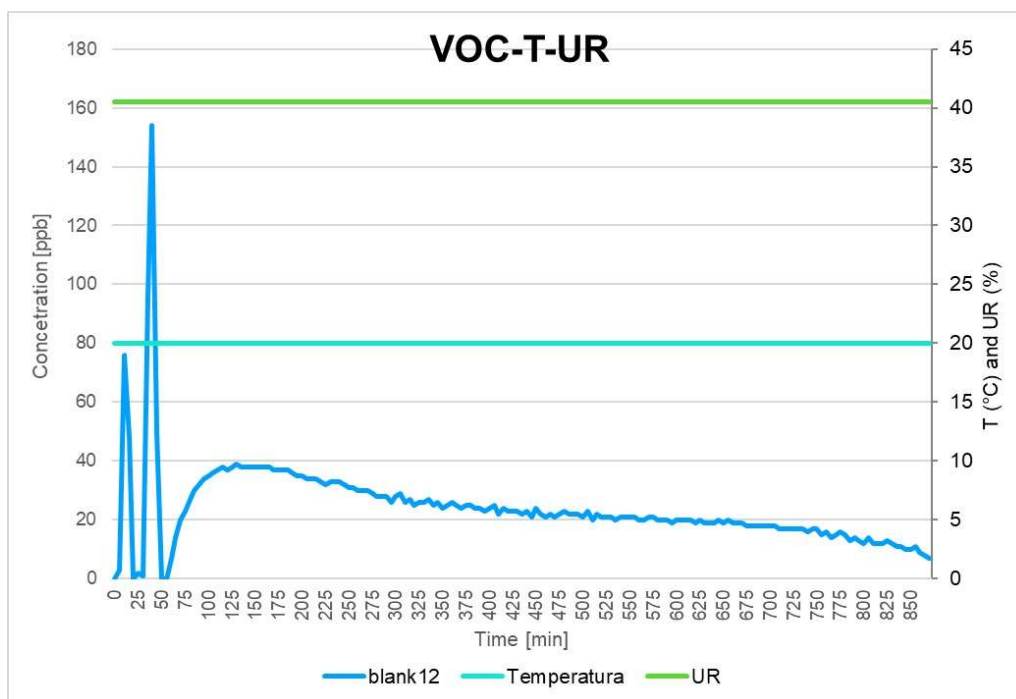


Figura 57 – *Grafico risultati blank 12*

In questa prova sono stati rilevati valori della concentrazione di VOC molto bassi (inferiori a 50 ppb). Ciò è spiegato dalla ridotta dimensione del foro.

5.3.15 Prova di monitoraggio: blank 13

Caratteristiche prova:

- Durata prova: 12 h
- 10 ml di MEK
- Temperatura controllata durante lo svolgimento e umidità controllata ad inizio e fine prova
- Contenitore: recipiente in vetro (diametro di 2,1 cm)
- Filtro a carbone attivo non presente
- Ventilazione disattivata
- Acquisizione valori concentrazione VOC: ogni 5 minuti

Nel tredicesimo test, è stata utilizzata una quantità di MEK di 10 ml, è stata inserita all'interno di un recipiente in vetro con diametro di 2,1 cm. Le dimensioni del foro risultano quindi più grandi rispetto alla prova precedente. E' stato inserito mediante l'utilizzo della pipetta graduata e posto all'interno della camera di prova in posizione piuttosto centrale ad un'altezza dal pavimento di circa 1 m.

Il sensore PID è stato posto all'interno della camera odori ed è stato impostato con un intervallo di acquisizione di dati ogni 5 minuti.

La durata della prova è di 12 ore, ovvero fino a spegnimento del PID per esaurimento della batteria.

In questo test, si va ad effettuare il monitoraggio della temperatura nella camera di prova, come nelle prove precedenti, grazie all'inserimento di un sistema combinato di sonda e sistema di acquisizione dati (data logger). Si ha quindi, il controllo del parametro di temperatura durante lo svolgimento della prova, grazie all'immissione nella camera di un termoconvettore senza ventola, che rende il valore stabile a 20 °C. Questo viene realizzato attraverso l'accensione della stufa quando la temperatura si trova al di sotto dei 20 °C, e il suo spegnimento quando si trova la di sopra dei 20° C. Tutto questo è dato da un sistema di allarme impostato mediante un computer e inviato al sistema di data logger.

Per il parametro dell'umidità relativa, si avrà il controllo solo all'inizio e al termine della prova, letti attraverso un termoigrometro.

I parametri risultano essere rispettivamente:

- RH=32% (INIZIO PROVA)
- RH=37% (FINE PROVA)

Al termine della prova, il MEK evaporato è pari a 4,1 ml.

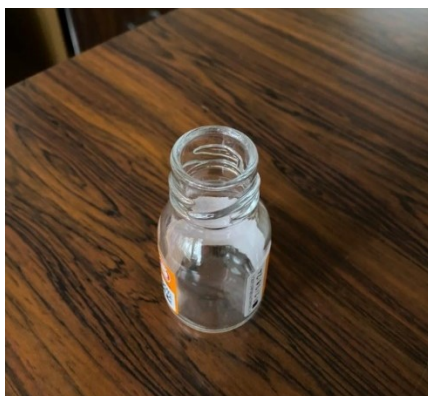


Figura 58 – Bottiglia in vetro utilizzata nella prova 13

Nel seguente grafico viene illustrato l'andamento della concentrazione dei VOC rilevati dal sensore, in funzione della temperatura media e dell'umidità relativa media, registrata ad inizio e fine prova:

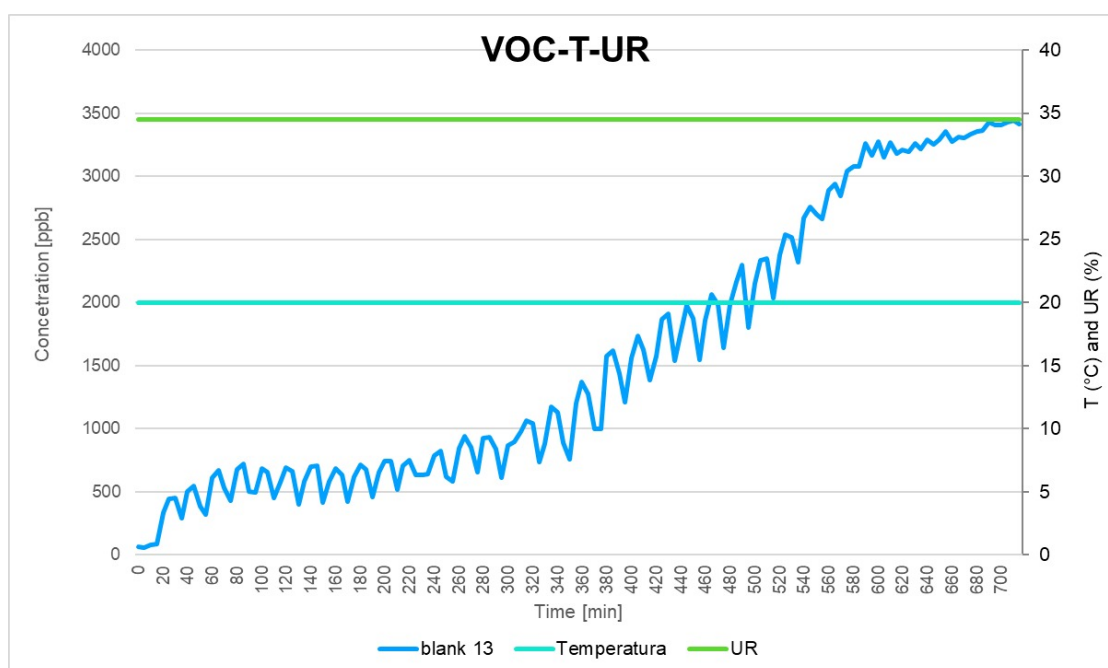


Figura 59 – Grafico risultati blank 13

Da tale grafico si può dedurre che il diametro del contenitore di MEK all'interno della camera odori risulta essere idoneo in quanto l'andamento della concentrazione ha un andamento crescente, che viene interrotto a causa dello spegnimento del sensore PID. Per questo è stata successivamente allestita una prova su più giorni.

5.3.16 Prova di monitoraggio: blank 14

Caratteristiche prova:

- Durata prova: circa 44 h
- 20 ml di MEK
- Temperatura controllata durante lo svolgimento e umidità controllata ad inizio e fine prova
- Contenitore: recipiente in vetro (diametro di 2,1 cm)
- Filtro a carbone attivo non presente
- Ventilazione disattivata
- Acquisizione valori concentrazione VOC: ogni 5 minuti

Nel quattordicesimo test, è stata utilizzata una quantità di MEK di 20 ml, è stata inserita all'interno di un recipiente in vetro con diametro di 2,1 cm. È stato inserito mediante l'utilizzo della pipetta graduata e posto all'interno della camera di prova in posizione piuttosto centrale ad un'altezza dal pavimento di circa 1 m.

Il sensore PID è stato posto all'interno della fessura realizzata su misura sulla parete della camera odori, per evitare l'alterazione della prova durante il cambio batteria del sensore. Il PID è stato impostato con un intervallo di acquisizione di dati ogni 5 minuti. La durata della prova si estende su più giorni, in particolare si è arrivati ad un'acquisizione di dati per un tempo di 44 ore. Per questo tale prova prende anche il nome di "long term test".

In questo test, si va ad effettuare il monitoraggio della temperatura nella camera di prova, come nelle prove precedenti, grazie all'inserimento di un sistema combinato di sonda e sistema di acquisizione dati (data logger). Si ha quindi, il controllo del parametro di temperatura durante lo svolgimento della prova, grazie all'immissione nella camera di un termoconvettore senza ventola, che rende il valore stabile a 20°C. Questo viene realizzato attraverso l'accensione della stufa quando la temperatura si trova al di sotto dei 20°C, e il suo spegnimento quando si trova la di sopra dei 20°C. Tutto questo è dato da un sistema di allarme impostato mediante un computer e inviato al sistema di data logger.

Per il parametro dell'umidità relativa, si avrà il controllo solo all'inizio e al termine della prova, letti attraverso un termoigrometro.

I parametri risultano essere rispettivamente:

- RH=25% (INIZIO PROVA)
- RH=35% (FINE PROVA)

Al termine della prova, il MEK evaporato è pari a 7 ml.



Figura 60 – Sensore PID nella fessura



Figura 61 – Camera di prova

Nel seguente grafico viene illustrato l'andamento della concentrazione dei VOC rilevati dal sensore:

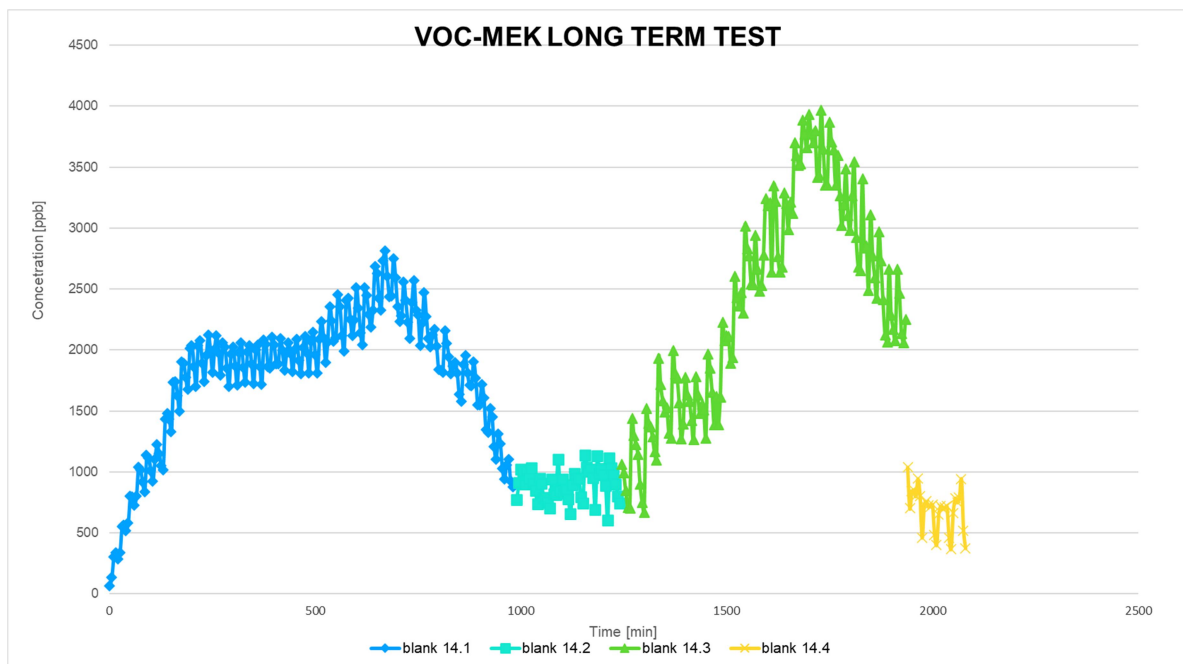


Figura 62 – Grafico risultati blank 14

Come si nota dal grafico, la prova è divisa in quattro parti caratterizzate da una breve interruzione per sostituzione delle batterie.

- BLANK 14.1: INIZIO: 13.12.2021 ore 18:00---- PAUSA CAMBIO BATTERIE: 14.12.2021 ore 10:30
- BLANK 14.2: INIZIO: 14.12.2021 ore 11:00---- PAUSA CAMBIO BATTERIE: 14.12.2021 ore 15:30
- BLANK 14.3: INIZIO: 14.12.2021 ore 15:35---- PAUSA CAUSA SPEGNIMENTO PID: 15.12.2021 ore 03:00
- BLANK 14.4: INIZIO 15.12.2021 ore 11:45---- STOP PROVA (causa valori bassi): 15.12.2021 ore 14:05

Dal grafico si evince che i valori di concentrazione risultano essere contenuti ma è possibile vedere che l'andamento di valori non è lineare ed ha un andamento molto irregolare. Per questo si è provveduto ad effettuare una verifica dei valori di temperatura rilevati mediante la sonda presente all'interno della camera odori e acquisiti mediante sistema data logger.

Nel seguente grafico viene illustrata la distribuzione dei valori di temperatura nella camera odori rilevati dal sensore:

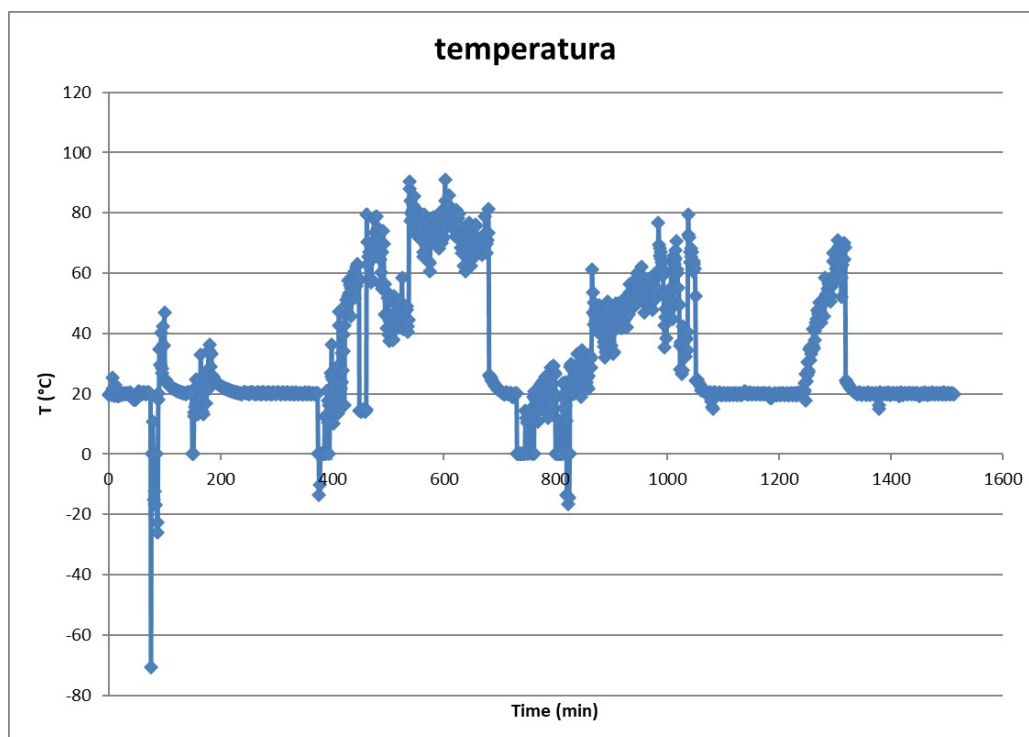


Figura 63 – Grafico risultati temperatura

Dal grafico è possibile notare come la temperatura registrata all'interno della camera non risulta essere stabile a 20 °C ma bensì va da valori di -70 °C a +90 °C. Questo si è verificato essere dovuto ad un malfunzionamento della sonda nella camera, fornendo così valori errati al sistema di allarme di accensione e spegnimento termoconvettore. Ciò giustifica quindi l'andamento irregolare dei valori di concentrazione dei VOC.

La sonda è stata poi sostituita ed è stato ripristinato il sistema di acquisizione dati.

Nel seguente grafico viene illustrata la distribuzione dei valori di temperatura, ottenuti da un monitoraggio esteso su più giorni, circa cinque, nella camera odori e rilevati dal nuovo sensore, senza l'iniziazione di una nuova prova:

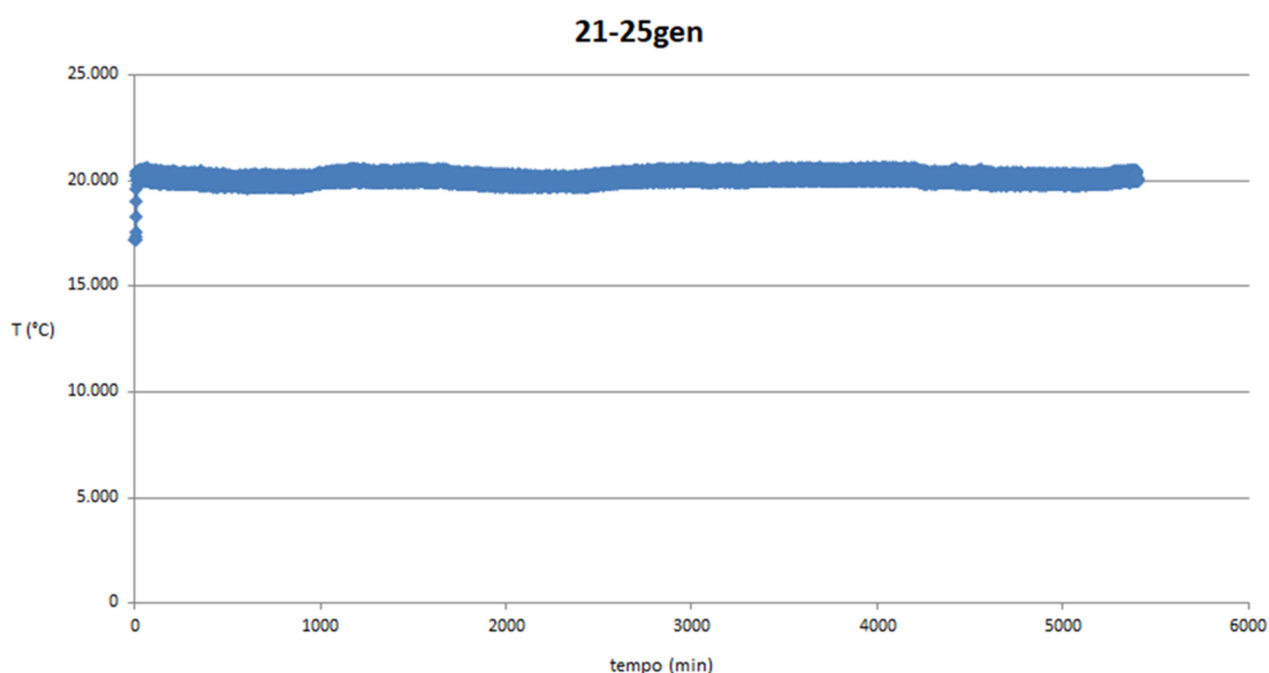


Figura 64 – Grafico risultati temperatura 21-25 gennaio

Si può vedere come la temperatura resta stabile ai 20°C. Questo comporta il corretto funzionamento del sistema di monitoraggio.

5.4 Allestimento prova in sito

Lo scopo di tale sperimentazione è appunto quella di allestire un campo prova (POND) che possa simulare le caratteristiche di un ambiente indoor.

Il campo prova è situato in Via Ferruccio Fioretti n. 28, Ancona (AN). Si trova alle coordinate geografiche 43°32'13.8"N 13°30'56.0"E.



Figura 65 – Planimetria campo prova

Il campo prova è rappresentato da un prefabbricato di dimensioni 3mx3mx3m che simula un ambiente indoor con 4 pareti (e copertura) che confinano con l'esterno: tre in pannelli sandwich, dello spessore di circa 15cm esposte a nord, est ed ovest, mentre la quarta, esposta al lato sud, è quella dove verranno applicate le diverse finiture oggetto dello studio. Il basamento è una platea in calcestruzzo armato di circa 40 cm. [2]



Figura 66 – Prefabbricato oggetto di studio

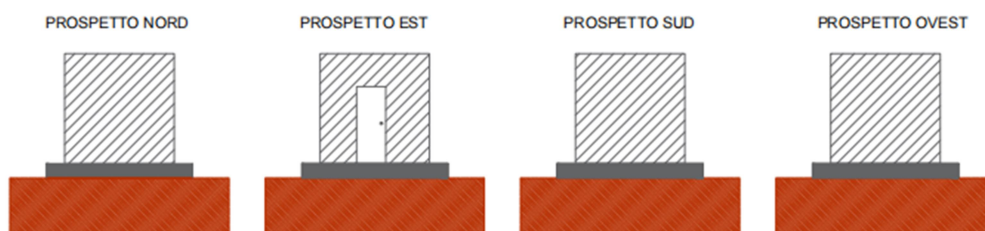


Figura 67 – Prospetti prefabbricato oggetti di studio

La parete da sottoporre alle prove, esposta a sud, è costituita, procedendo dall'esterno verso l'interno, da una parete esistente su cui successivamente è stato posizionato uno strato di calce storica di 2cm. La calce Storica è una malta monocomponente premiscelata a base di calce idraulica naturale NHL 5, completamente priva di cemento, caratterizzata da ottime resistenze meccaniche ed elevata adesione al supporto.

Il campo prova è poi diviso in due sezioni uguali, di dimensioni di 1,2m x 1,2m x 2,9m, attraverso un divisorio in cartongesso isolante. Inoltre, vi è un'ulteriore separazione delle due sezioni di prova dal resto della stanza. Nella sezione a sinistra della *figura 68* è stata collocata la finitura UNIVPMT1 di 3mm, che verrà applicata in 2 strati consecutivi di circa 1,5 mm ciascuno. In particolare prima verrà applicato uno strato senza additivo TiO₂, poi uno strato in cui è presente l'additivo TiO₂, che risulta essere un catalizzatore molto efficace per la degradazione mediante ossidazione dei composti inquinanti.

Mentre nella sezione a destra della *figura 68* è stato collocato il pacchetto di riferimento proposto dalla DIASEN, che risulta essere formato da un D20 fissativo e da lime-paint. La lime-paint è un'idropittura liquida, altamente coprente e traspirante, a base calce, da utilizzare come finitura per pareti e soffitti all'interno.

All'interno del campo prova troviamo, per entrambe le sezioni, una lampada ultravioletta LUX (Osram) di 300W, posizionata a 1,5 m da terra, che serve per simulare lo spettro solare, una sorgente VOC, costituita dal microinquinante MEK, un umidificatore, posto a terra, per mantenere l'ambiente ad una umidità relativa stabile, un flussimetro utilizzato per misurare il flusso o la portata di massa per gas, una sonda per il monitoraggio dei parametri di temperatura e umidità relativa, posta a 1,8 m da terra e una sonda per rilevare la concentrazione di VOC all'interno del box, posto a terra.

All'interno di ciascuna sezione dove sono applicate le due finiture sono installate inoltre una sonda per misurare la temperatura superficiale del box 1 (RTD1), dove è applicata la finitura UNIVPM, e una sonda per misurare la temperatura superficiale del box 2 (RTD2), dove è applicata la finitura della DIASEN.

All'esterno dei due box, nello spazio di servizio, è presente invece un deumidificatore per abbassare l'umidità relativa quando supera determinati livelli (50%), un termoconvettore per

mantenere la temperatura stabile all'interno del box, un termostato per la regolazione della temperatura, una sonda per il rilevamento della temperatura ed umidità relativa ambientale. È inoltre presente una stazione di monitoraggio rappresentata da un sistema di acquisizione dati, mediante computer.

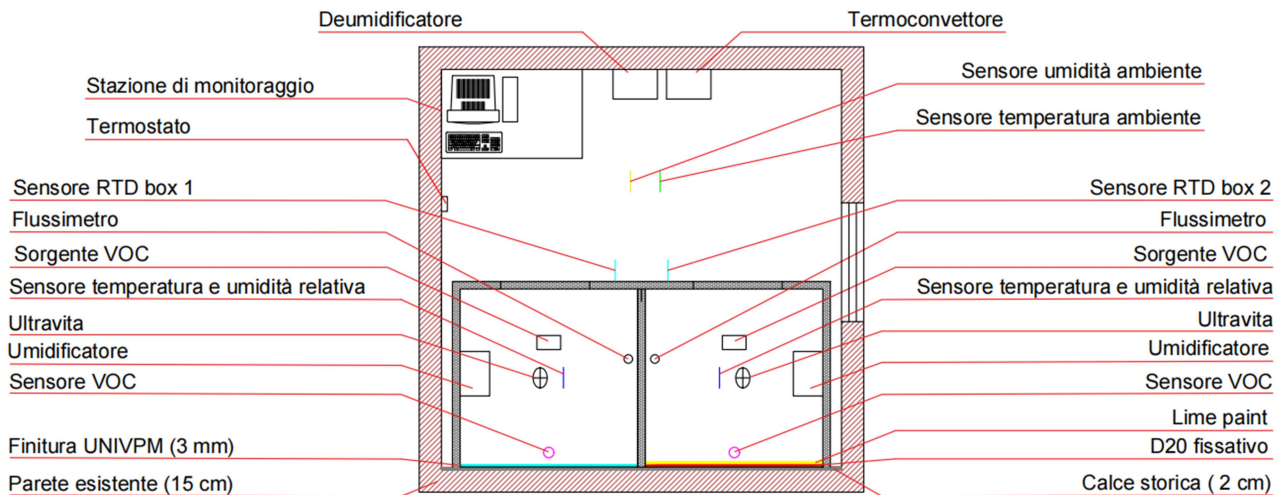


Figura 68 – Planimetria POND

Per quanto riguarda la realizzazione della parete da sottoporre alla sperimentazione, viene illustrato di seguito il procedimento.

Per prima cosa, è stato applicato il sottofondo di calce storica su tutta la parete sud.



Figura 69 – Applicazione calce storica



Figura 70 – Applicazione calce storica

Successivamente alla stesa del sottofondo di calce storica, sono state applicate le due finiture oggetto di studio. Nella metà di destra è stata stesa la finitura realizzata dall'UNIVPM, mentre nella metà di sinistra verrà stesa la finitura commerciale della DIASEN.



Figura 71 – Applicazione finiture



Figura 72 – Applicazione finiture

Il passaggio successivo è stato quello di dividere il POND in due locali di circa 4m³, per distinguere le due tipologie di finiture, mediante l'utilizzo di pannelli in cartongesso. I due ambienti, dopo essere stati allestiti, sono stati separati dalla zona di monitoraggio per evitare che ci siano interferenze durante lo svolgimento della prova. È stata realizzata un'apertura per ogni box di dimensioni 60x60 cm per poter aver accesso all'interno. Durante lo svolgimento della prova vengono chiuse mediante pannelli in cartongesso e sigillati con nastro adesivo.

Infine all'esterno dei due box è stato allestito un sistema di monitoraggio.



Figura 73 – Realizzazione box



Figura 74 – Allestimento sistema monitoraggio



Figura 75 – Chiusura box

5.5 Metodi di monitoraggio in sito

Per quanto riguarda il monitoraggio in sito, il sistema di acquisizione dati non è rappresentato da un dataTaker ma bensì è stato introdotto un software chiamato "labview".

Per il monitoraggio dei VOC sono stati utilizzati due sensori, uno per ogni box, posizionati a terra e prodotti dall'azienda Aeroqual, modello Series 900. Questi permettono di effettuare un monitoraggio continuo dei parametri di VOC presenti all'interno dei due ambienti. [12]



Figura 76 – Sensore VOC Aeroqual Series 900

Per quanto riguarda il monitoraggio della temperatura e umidità relativa è stato utilizzato un sensore sonda. In particolare sono stati utilizzati i PCMini52 dell'azienda Michell. Questi possono operare con un range di temperatura di -20 °C a + 80 °C, mentre per l'umidità relativa in un range di 0-100%.

Il trasmettitore di dimensioni ridotte fornisce due uscite analogiche configurabili a scelta tra temperatura, umidità relativa, dew point o umidità assoluta.

Nel nostro caso sono state configurate con temperatura e umidità relativa. [13]

Per le sonde superficiali sono state utilizzate le PT100.

Le termo-resistenze PT100 (comunemente chiamate "sonde PT100") sono elementi termosensibili adatti a misurare la temperatura considerata la loro particolare sensibilità, precisione e affidabilità.

Disponibili in qualsiasi forma, dimensione e materiale, le sonde PT100 vengono comunemente applicate in tutti quei campi applicativi nei quali la temperatura massima di lavoro sia ≤ 650 °C.

Il principio di funzionamento dei pt100 è di misurare la resistenza dell'elemento di platino. La differenza di un solo grado, provoca la variazione di resistenza di 0,384 Ω (Ohm), quindi un minimo errore nella rilevazione della temperatura, può provocare errori di larga scala. [20]



Figura 77 – Sensore PCMini52



Figura 78 – Sensore PT100

All'interno dei box sono poi presenti gli umidificatori che hanno lo scopo di regolare il tasso di umidità degli ambienti chiusi tramite delle emissioni di vapore. Sono stati utilizzati gli umidificatori UHW della Medisana. La tecnologia ad ultrasuoni a basso rumore e a risparmio energetico dell'umidificatore trasforma l'acqua nella nebbia più fine attraverso le vibrazioni, aumentando il livello di umidità dell'aria. [14]



Figura 79 – Umidificatore UHW Medisana

Inoltre, ai fini del monitoraggio è stato necessario inserire un termoconvettore nello spazio di servizio all'esterno delle due parti allestite per il monitoraggio della finitura per mantenere la temperatura costante, un deumidificatore per far abbassare il livello di umidità relativa nel caso in cui ce ne sia bisogno ed una sorgente di VOC rappresentata dal microinquinante metiletilchetone.

Dopo aver calibrato i sensori e dopo averli collegati al sistema di acquisizione, è stato automatizzata la metodologia di test, rendendola indipendente dall'operato umano, permettendo di realizzare un numero maggiori di prove consecutive e con scansioni temporali più precise. Per l'acquisizione dei parametri di funzionamento, concentrazione VOC, temperatura e umidità relativa, si utilizza un programma di calcolo "labVIEW". Il campionamento per l'acquisizione dei dati è stato impostato con un intervallo di registrazione di 7 secondi, così da ottenere risultati più dettagliati. I risultati di concentrazione di VOC, della temperatura e dell'umidità relativa vengono forniti rispettivamente in ppm (parti per milione), °C e %. Di seguito vengono riportate le rappresentazioni dell'interfaccia del software utilizzato nella procedura automatica.

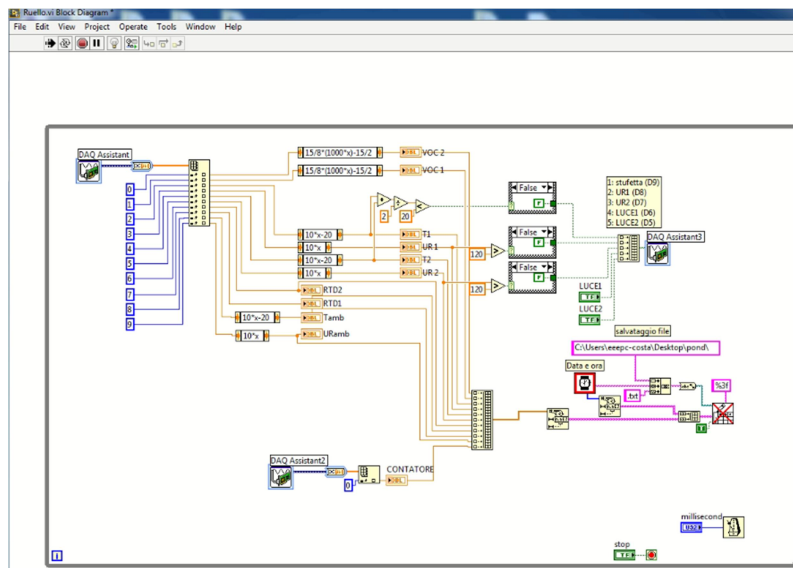


Figura 80 – Interfaccia sistema di acquisizione dati

Come è possibile vedere dal diagramma della *figura 77*, il sistema ci fornisce un'acquisizione dei dati di concentrazione dei VOC rispettivamente all'interno del box 1 e box 2 (VOC 1, VOC 2), un'acquisizione dei parametri di temperatura all'interno dei box (T1, T2), sulla superficie dei box (RTD1, RTD2) e dell'ambiente esterno ai box (Tamb) e un'acquisizione dei parametri di umidità relativa all'interno dei box (UR1, UR2) e dell'ambiente esterno ai box (URamb).

Il funzionamento del sistema di monitoraggio è riportato nel seguente diagramma a blocchi:

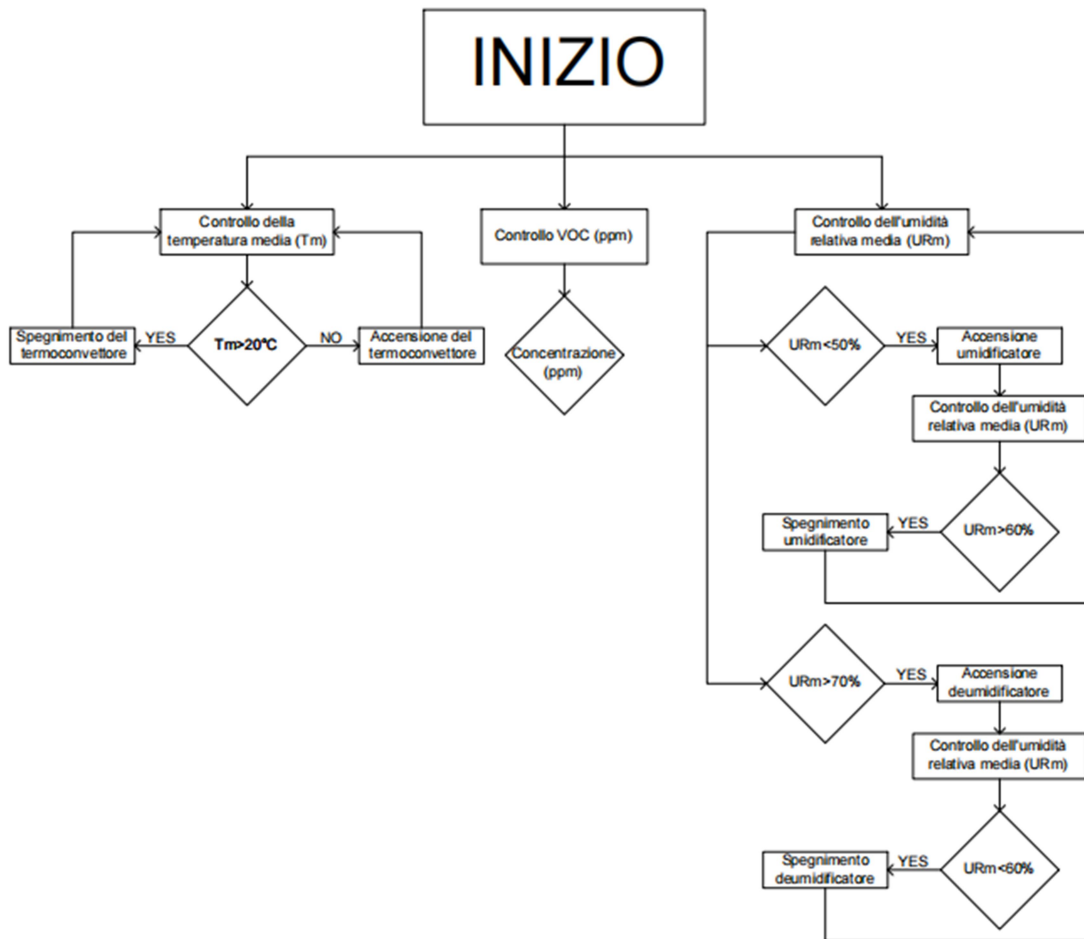


Figura 81 – Diagramma a blocchi sistema monitoraggio

Attraverso tale digramma è possibile definire il funzionamento del sistema. Per il controllo della temperatura media si fa riferimento alla temperatura nel box 1, con finitura UNIVPM e alla temperatura nel box 2, con finitura DIASEN. Viene fatta quindi la media fra la T1 (box 1) e T2 (box 2).

Quando la temperatura media è al di sotto dei 20°C, il sistema prevede l'accensione del termoconvettore per arrivare alla temperatura fissata, mentre se la temperatura media supera i 20°C, si ha lo spegnimento del termoconvettore per ristabilire la temperatura fissata.

Per quanto riguarda l'umidità relativa, viene, anche in questo caso, considerata la media fra l'umidità del box 1 (UR1) e quella del box 2 (UR2). Quando l'umidità relativa media è al di sotto del 50% si prevede l'accensione dell'umidificatore mentre quando supera il 60%, avviene il suo spegnimento. Nel caso in cui l'umidità relativa dovesse eccedere il 70% si prevede l'accensione di un deumidificatore che si spegnerà quando l'umidità tornerà al di sotto del 60%.

A tale punto, una volta impostato il sistema con i relativi settaggi, è possibile cominciare la prova e procedere alla acquisizione dei dati. I dati verranno poi scaricati in remoto così da non interferire con lo svolgimento della sperimentazione.

5.6 Prove in sito e risultati

Le prove in sito sono state effettuate all'interno del box, prefabbricato di circa 27m³, diviso in tre ambienti: due di 4 m³ e uno di 19 m³ circa.

La prova in sito consiste nel mettere a confronto due tipologie di finiture, una prodotta dall'UNIVPM e una di tipo commerciale prodotta dalla DIASEN, mediante la realizzazione di due box di circa 4m³. Dopo aver allestito il POND, con sistema di monitoraggio e acquisizione dei parametri, si procede con la prova. All'interno dei box viene messo il microinquinante MEK e vengono settati i sensori in modo tale da stabilire una temperatura all'interno dei box di 20°C mediante l'accensione e lo spegnimento di un termoconvettore e un'umidità compresa tra il 50% e 70% attraverso l'accensione e lo spegnimento di un umidificatore e di un deumidificatore.

Una volta iniziata la prova è possibile consultare e scaricare, anche da remoto, attraverso il software Anydesk, l'andamento dei parametri di concentrazione, umidità relativa e temperatura in tempo reale mediante l'utilizzo di un software "labVIEW".

È stata quindi messa a punto una prova su più giorni, circa otto, di cui sono stati scaricati da remoto, gli andamenti dei valori giornalmente.

5.6.1 Prove di monitoraggio: giorno 1

Nei grafici seguenti vengono illustrati gli andamenti dei parametri di concentrazione VOC, umidità relativa e temperatura, registrati nel corso del primo giorno di prova.

Con i valori "VOC1", "T1" e "UR1" si fa riferimento ai parametri registrati per il box 1, dove è presente la finitura UNIVPM, mentre con i valori "VOC2", "T2" e "UR2", si fa riferimento ai parametri registrati nel box 2, dove è presente la finitura della DIASEN. Con il parametro "RTD", ci si riferisce alla temperatura dell'anticamera.

La prova è stata realizzata senza l'immissione del MEK all'interno dei box.

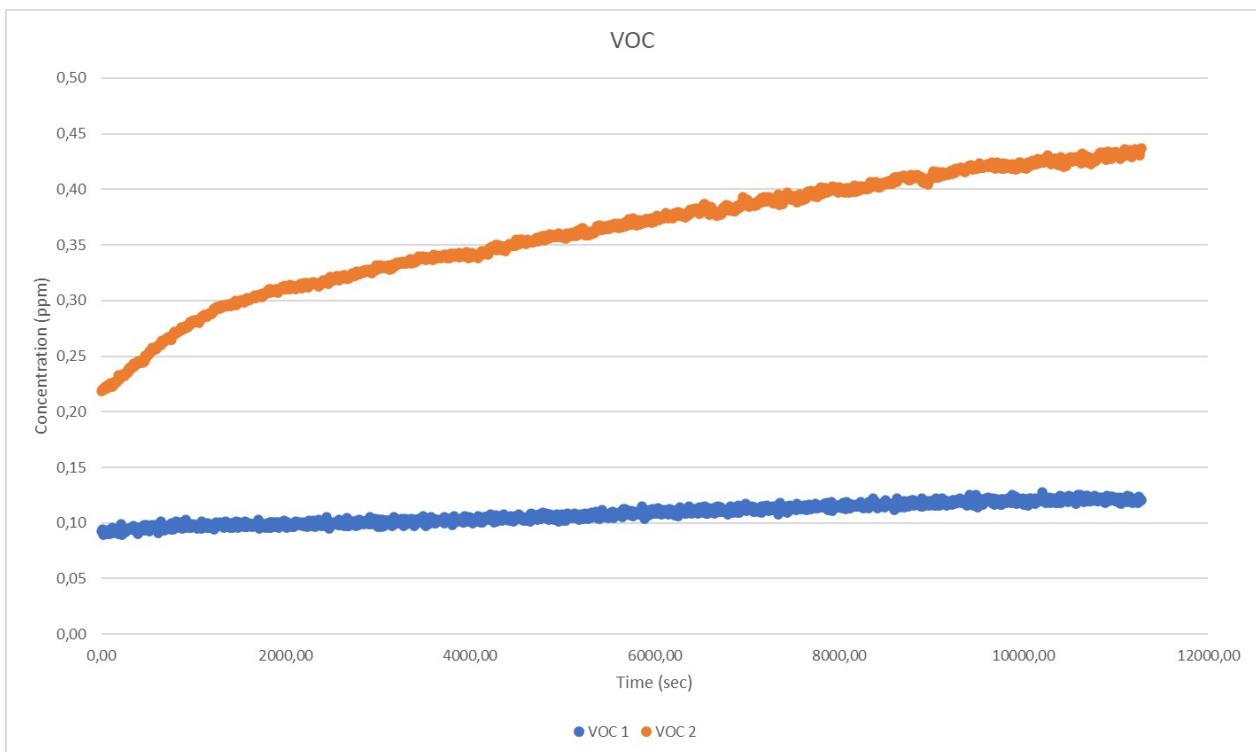


Figura 82 – Grafico concentrazione VOC giorno 1

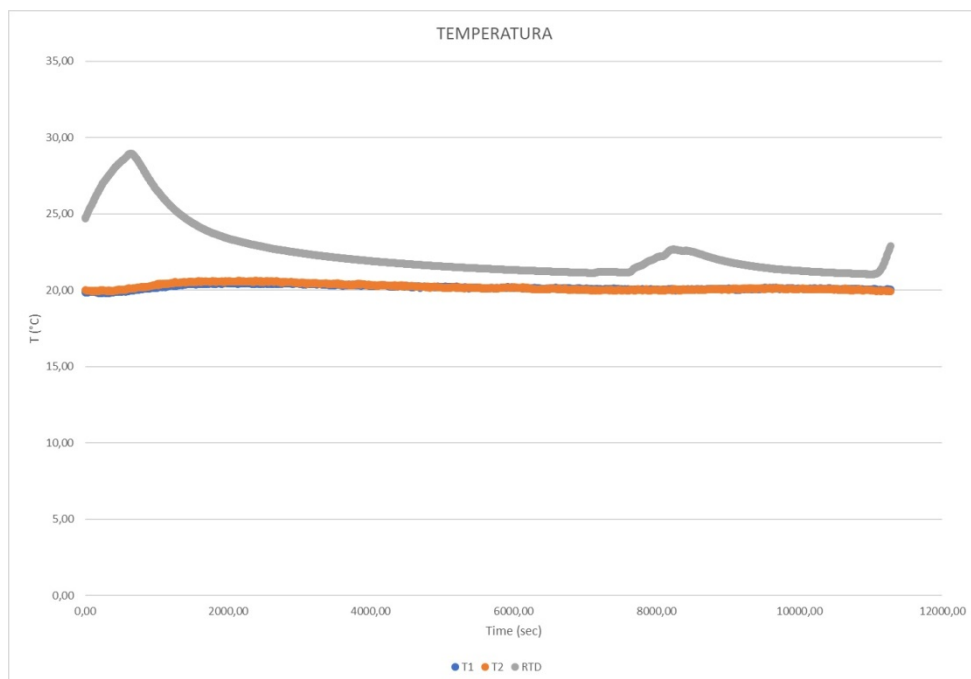


Figura 83 – Grafico temperatura giorno 1



Figura 84 – Grafico umidità relativa giorno 1

Nelle due stanze si vede una differenza di concentrazione VOC, maggiore dove è la limepaint, nel box 2. Questo può essere dovuto dalla presenza nell'aria di composti volatili, per cui la finitura UNIVPM ha iniziato a "lavorare", andando a ridurre le concentrazioni mediante l'assorbimento. È possibile notare anche una differenza di umidità relativa, maggiore nel box 1, dove c'è la finitura UNIVPM. L'UR potrebbe essere più elevata sempre a causa della finitura che risulta ancora non completamente asciutta. Per questo viene inserito in seguito un deumidificatore per far scendere la percentuale. La temperatura risulta stabile in quanto i dati sono replicabili.

5.6.2 Prove di monitoraggio: giorno 2

Nei grafici seguenti vengono illustrati gli andamenti dei parametri di concentrazione VOC, umidità relativa e temperatura, registrati nel corso del secondo giorno di prova.

Con i valori "VOC1", "T1" e "UR1" si fa riferimento ai parametri registrati per il box 1, dove è presente la finitura UNIVPM, mentre con i valori "VOC2", "T2" e "UR2", si fa riferimento ai parametri registrati nel box 2, dove è presente la finitura della DIASEN. Con il parametro "RTD", ci si riferisce alla temperatura dell'anticamera.

La prova è stata realizzata senza l'immissione del MEK all'interno dei box.

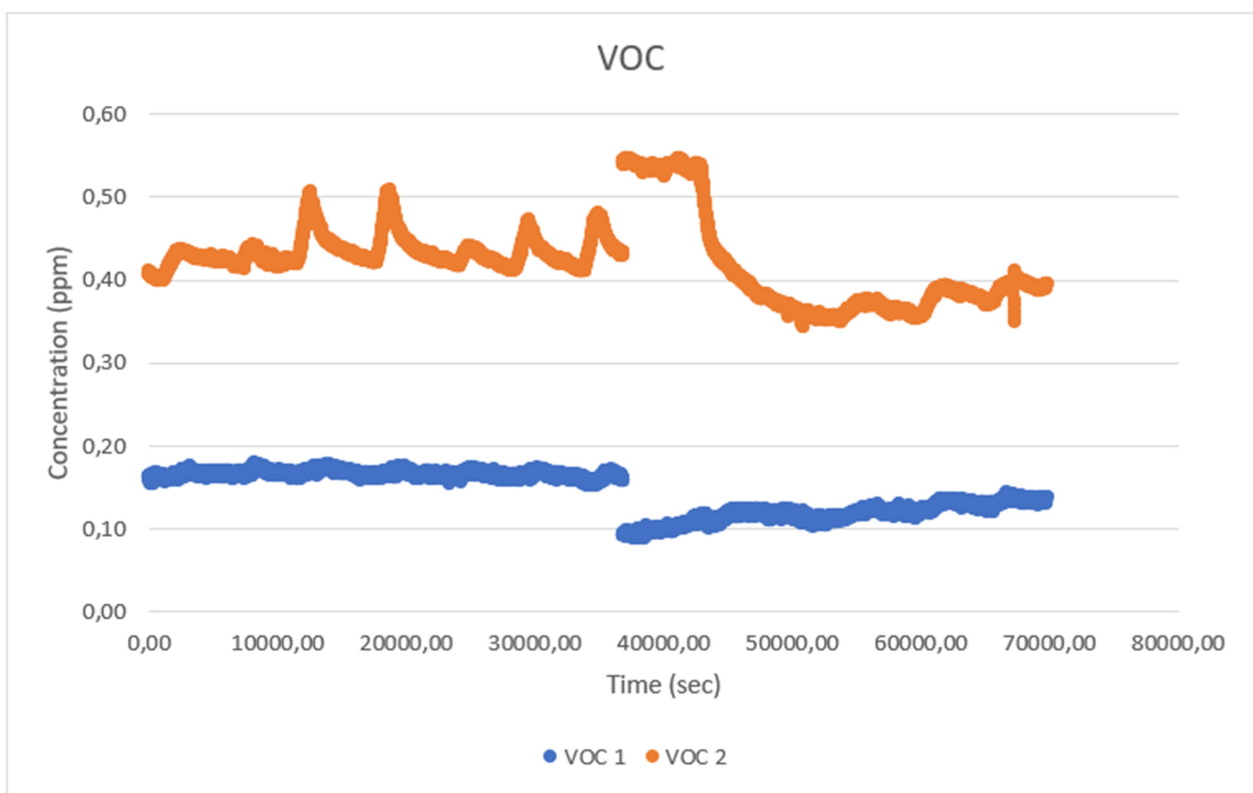


Figura 85 – Grafico concentrazione VOC giorno 2

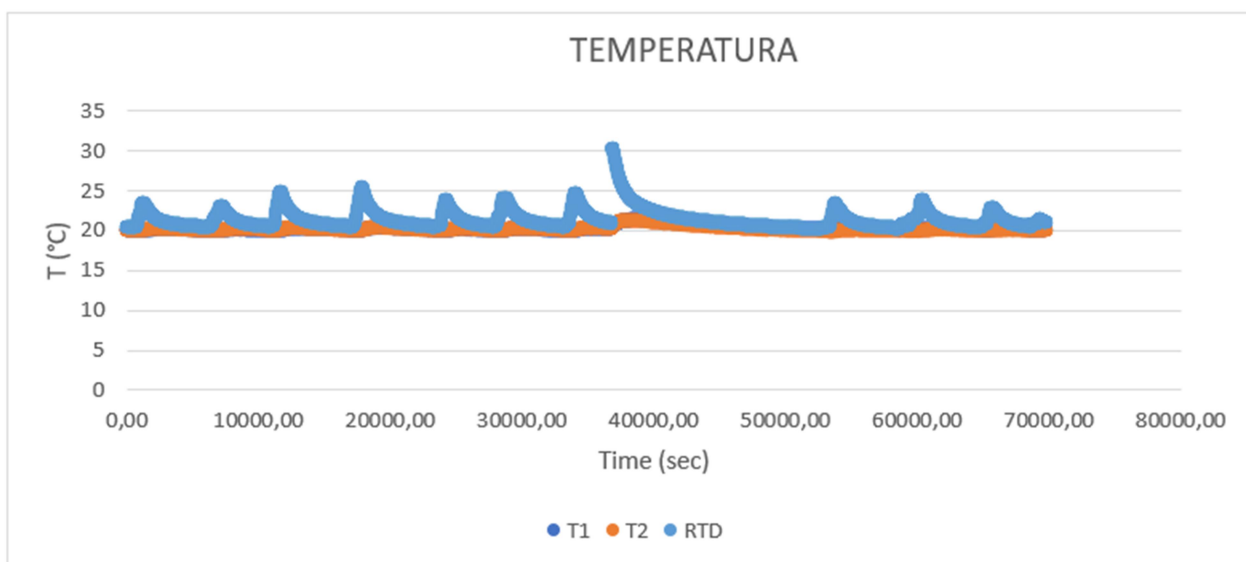


Figura 86 – Grafico temperatura giorno 2

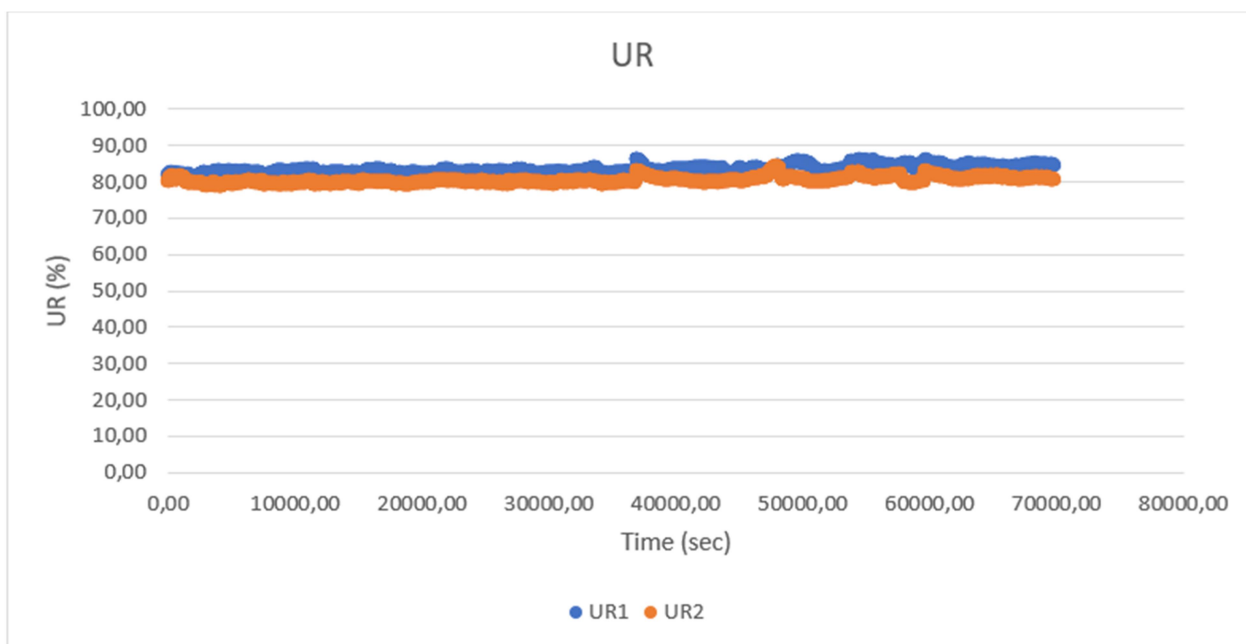


Figura 87 – Grafico umidità relativa giorno 2

Anche durante il secondo giorno nelle due stanze si vede una differenza di concentrazione VOC, dovuto dalla presenza nell'aria di composti volatili, per cui la finitura UNIVPM ha iniziato a "lavorare", andando a ridurre le concentrazioni mediante l'assorbimento.

L'umidità relativa risulta ancora elevata con valori intorno all'80%.

La temperatura risulta stabile grazie al sistema di allarme accensione/spegnimento termoconvettore.

5.6.3 Prove di monitoraggio: giorno 3

Nei grafici seguenti vengono illustrati gli andamenti dei parametri di concentrazione VOC, umidità relativa e temperatura, registrati nel corso del terzo giorno di prova.

Con i valori "VOC1", "T1" e "UR1" si fa riferimento ai parametri registrati per il box 1, dove è presente la finitura UNIVPM, mentre con i valori "VOC2", "T2" e "UR2", si fa riferimento ai parametri registrati nel box 2, dove è presente la finitura della DIASEN. Con il parametro "RTD", ci si riferisce alla temperatura dell'anticamera.

La prova è stata realizzata senza l'immissione del MEK all'interno dei box.

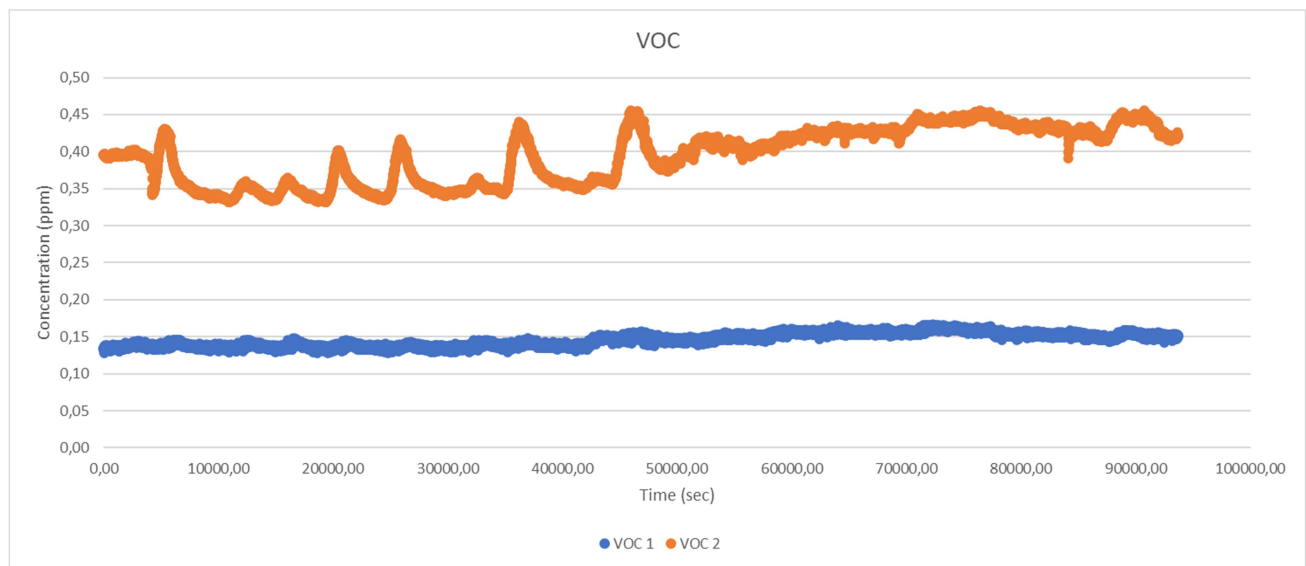


Figura 88 – Grafico concentrazione VOC giorno 3

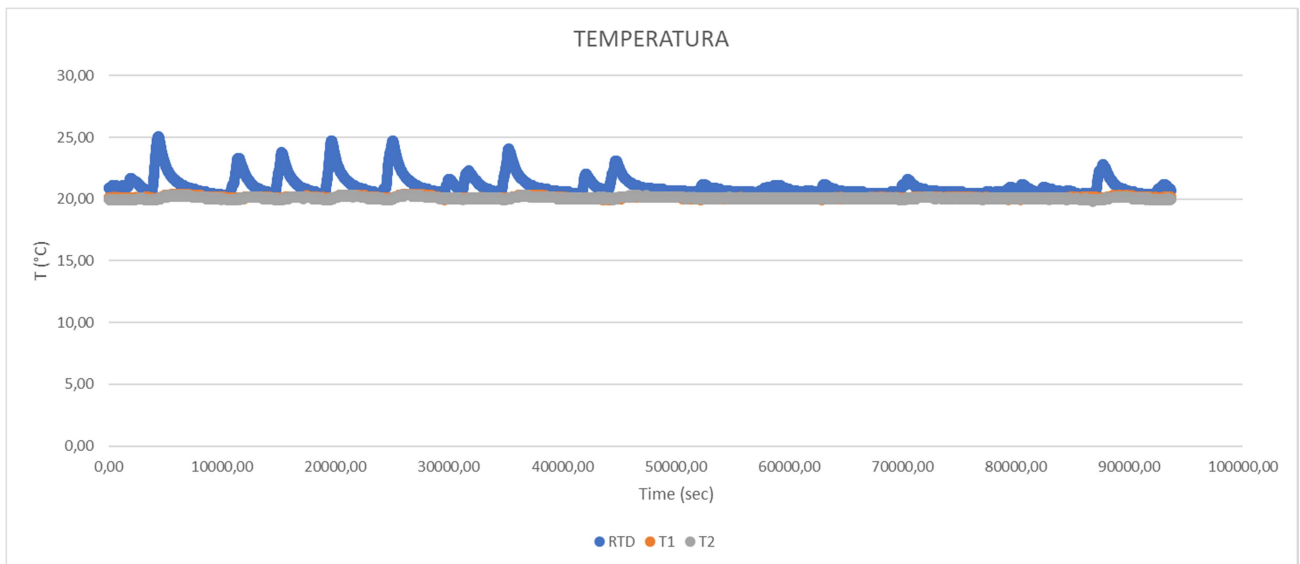


Figura 89 – Grafico temperatura giorno 3

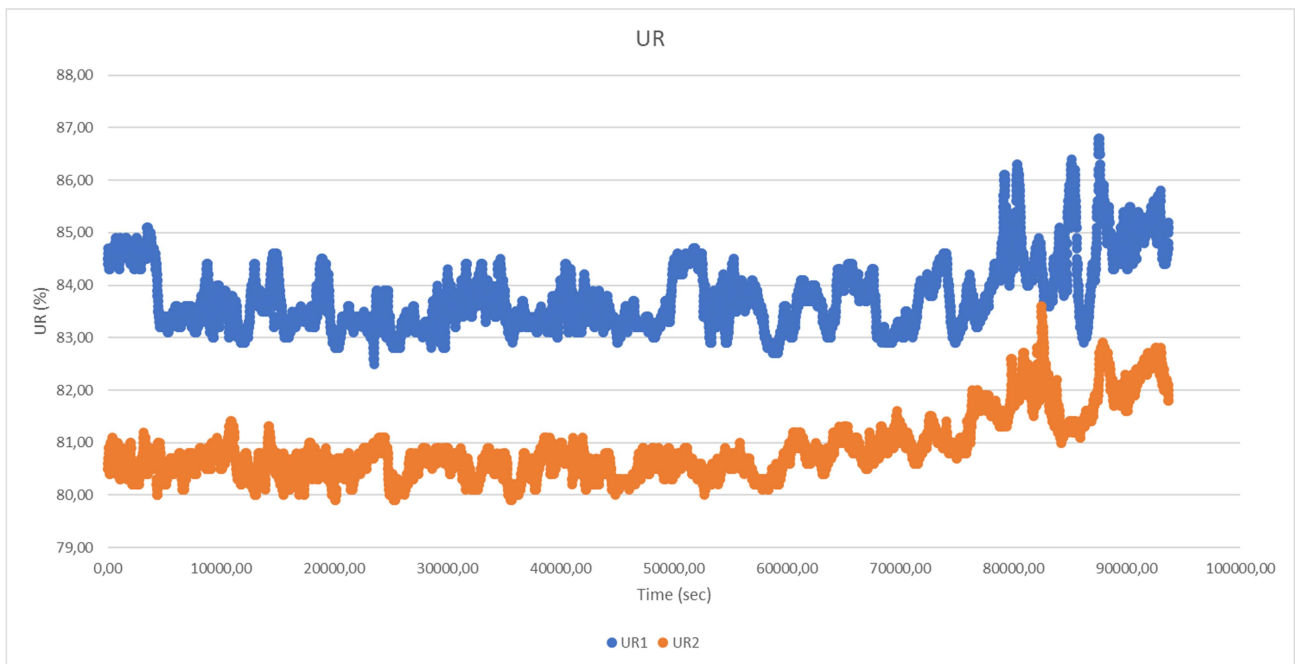


Figura 90 – Grafico umidità relativa giorno 3

Anche durante il terzo giorno nelle due stanze si vede una differenza di concentrazione VOC, dovuto dalla presenza nell'aria di composti volatili, per cui la finitura UNIVPM ha iniziato a "lavorare", andando a ridurre le concentrazioni mediante l'assorbimento.

Essendo il grafico più dettagliato rispetto al precedente, è possibile notare anche una differenza di umidità relativa, maggiore nel box 1, dove c'è la finitura UNIVPM. L'UR potrebbe essere più elevata sempre a causa della finitura che risulta ancora non completamente asciutta. Risulta comunque ancora troppo elevata (80%) in quanto non è ancora stato inserito il deumidificatore. La temperatura risulta stabile grazie al sistema di allarme accensione/spegnimento termoconvettore.

5.6.4 Prove di monitoraggio: giorno 4

Nei grafici seguenti vengono illustrati gli andamenti dei parametri di concentrazione VOC, umidità relativa e temperatura, registrati nel corso del quarto giorno di prova.

Con i valori "VOC1", "T1" e "UR1" si fa riferimento ai parametri registrati per il box 1, dove è presente la finitura UNIVPM, mentre con i valori "VOC2", "T2" e "UR2", si fa riferimento ai parametri registrati nel box 2, dove è presente la finitura della DIASEN. Con il parametro "RTD", ci si riferisce alla temperatura dell'anticamera.

La prova è stata realizzata senza l'immissione del MEK all'interno dei box.

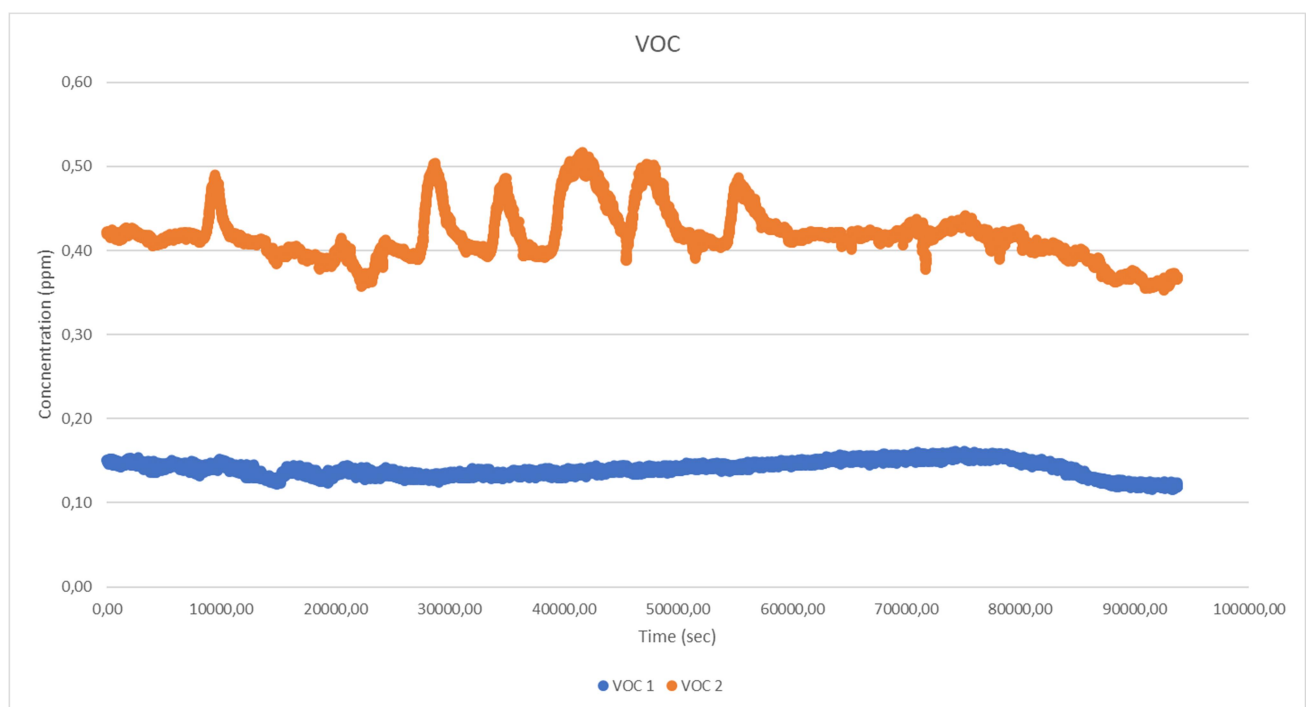


Figura 91 – Grafico concentrazione VOC giorno 4

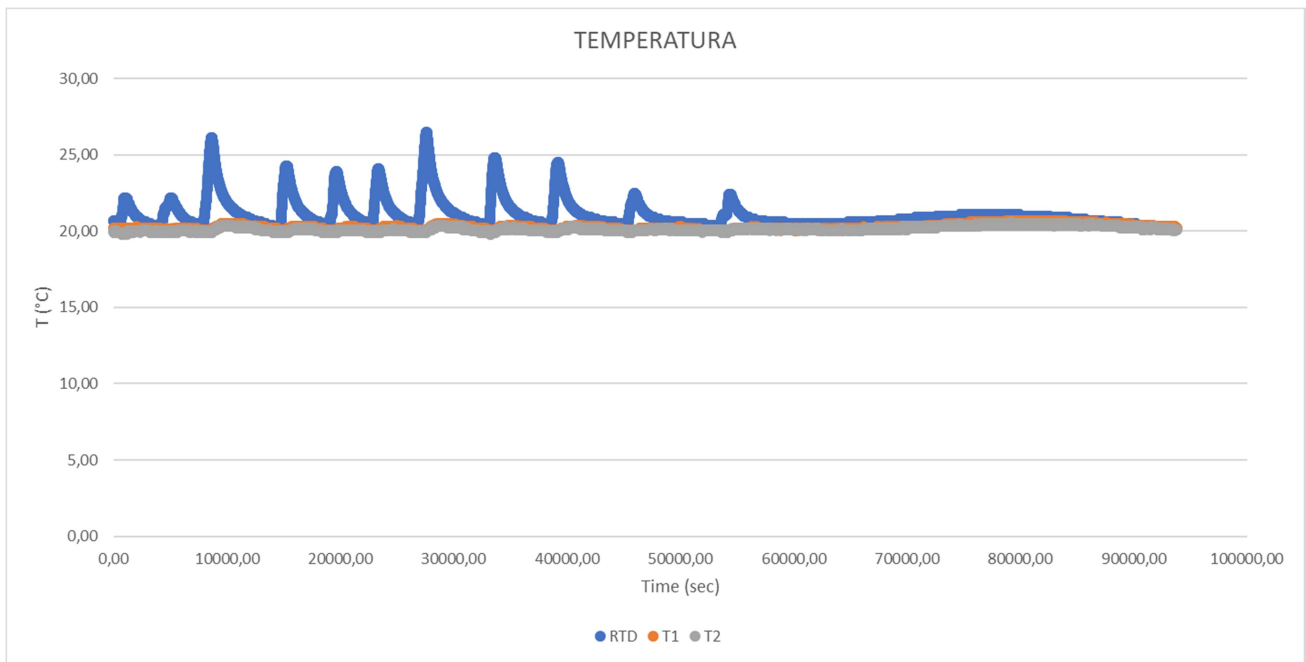


Figura 92 – Grafico temperatura giorno 4

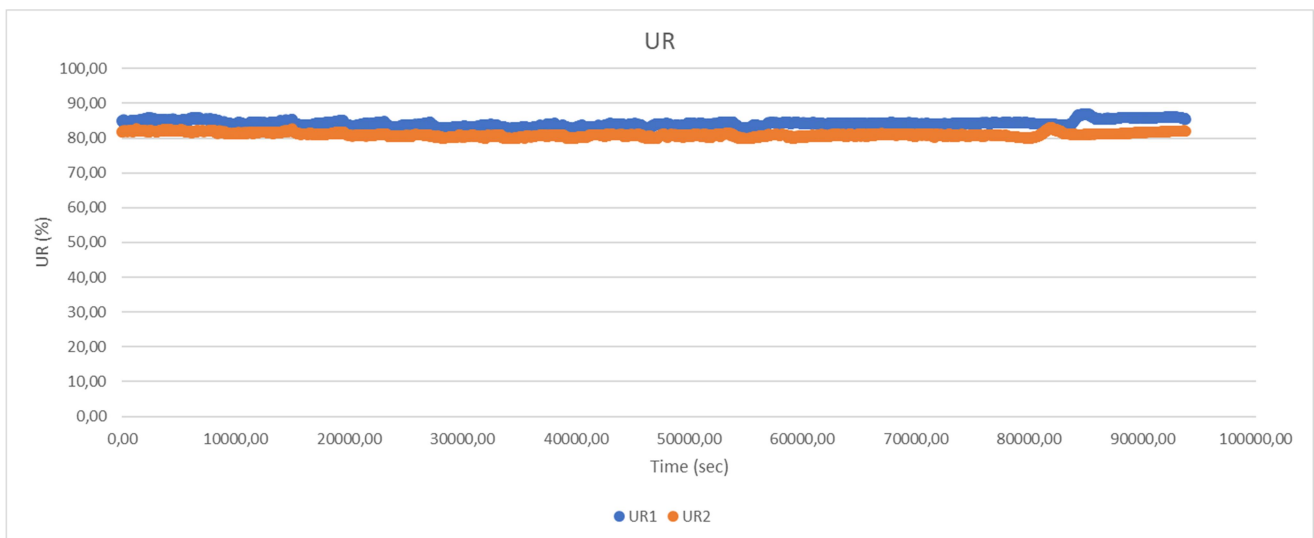


Figura 93 – Grafico umidità relativa giorno 4

Durante il quarto giorno si sono replicati i dati ottenuti nei tre giorni precedenti nelle due stanze. Si ha una differenza di concentrazione VOC, dovuto dalla presenza nell'aria di composti volatili, per cui la finitura UNIVPM ha iniziato a "lavorare", andando a ridurre le concentrazioni mediante l'assorbimento.

Si nota anche una differenza di umidità relativa, maggiore nel box 1, dove c'è la finitura UNIVPM. L'UR potrebbe essere più elevata sempre a causa della finitura che risulta ancora non completamente asciutta. Risulta comunque ancora troppo elevata (80%) in quanto non è ancora stato inserito il deumidificatore. La temperatura risulta stabile grazie al sistema di allarme accensione/spegnimento termoconvettore.

5.6.5 Prove di monitoraggio: giorno 5

Nei grafici seguenti vengono illustrati gli andamenti dei parametri di concentrazione VOC, umidità relativa e temperatura, registrati nel corso del quinto giorno di prova.

Con i valori "VOC1", "T1" e "UR1" si fa riferimento ai parametri registrati per il box 1, dove è presente la finitura UNIVPM, mentre con i valori "VOC2", "T2" e "UR2", si fa riferimento ai parametri registrati nel box 2, dove è presente la finitura della DIASEN. Con il parametro "RTD", ci si riferisce alla temperatura dell'anticamera.

La prova è stata realizzata senza l'immissione del MEK all'interno dei box.

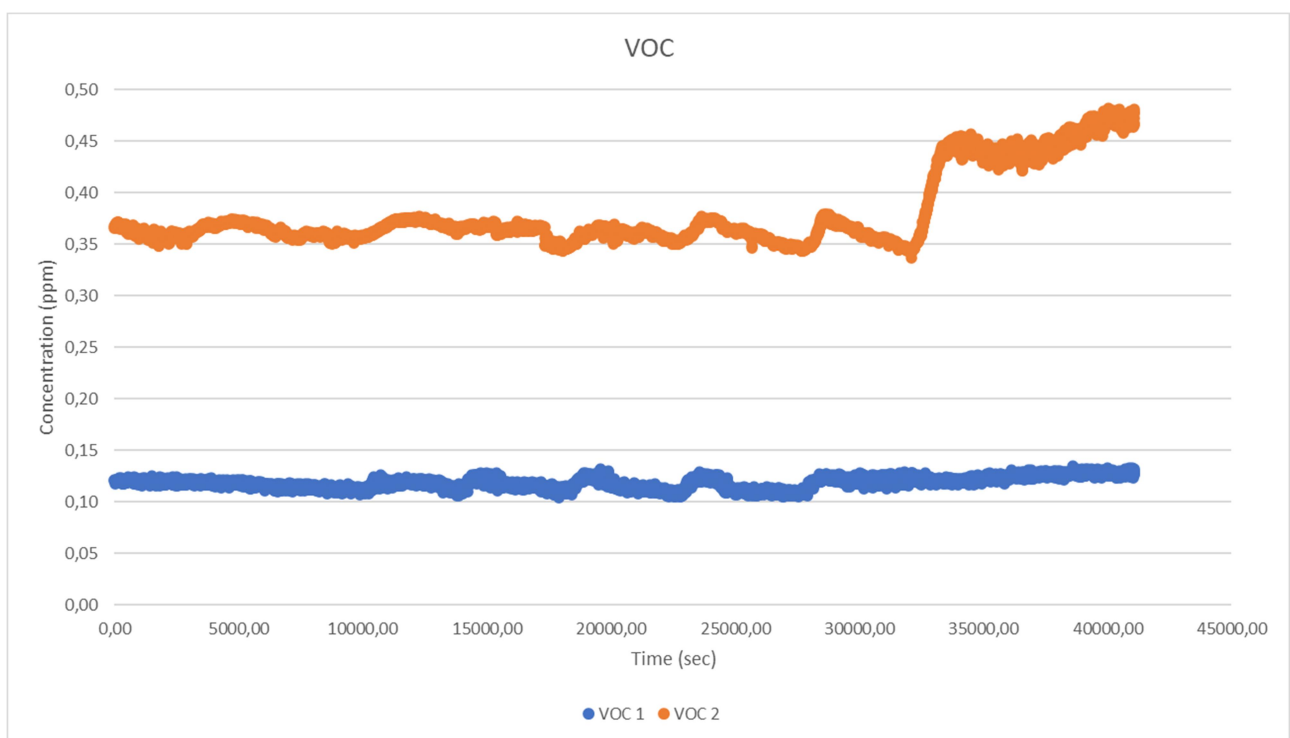


Figura 94 – Grafico concentrazione VOC giorno 5

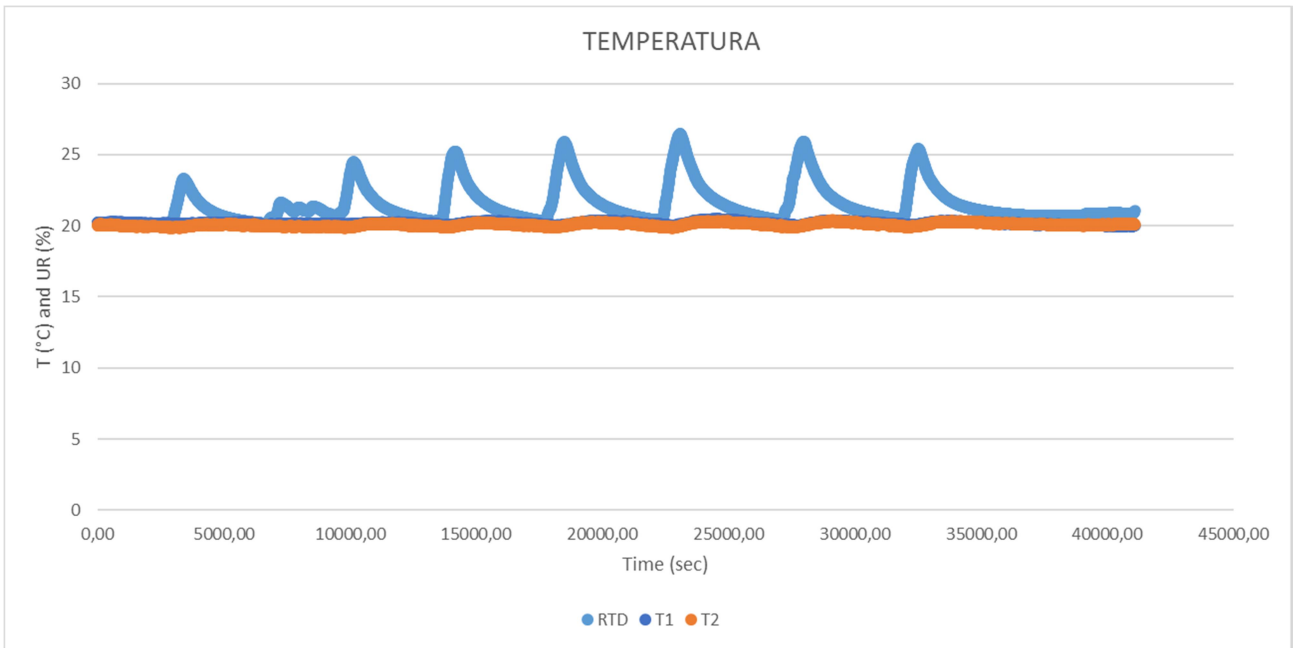


Figura 95 – Grafico temperatura giorno 5

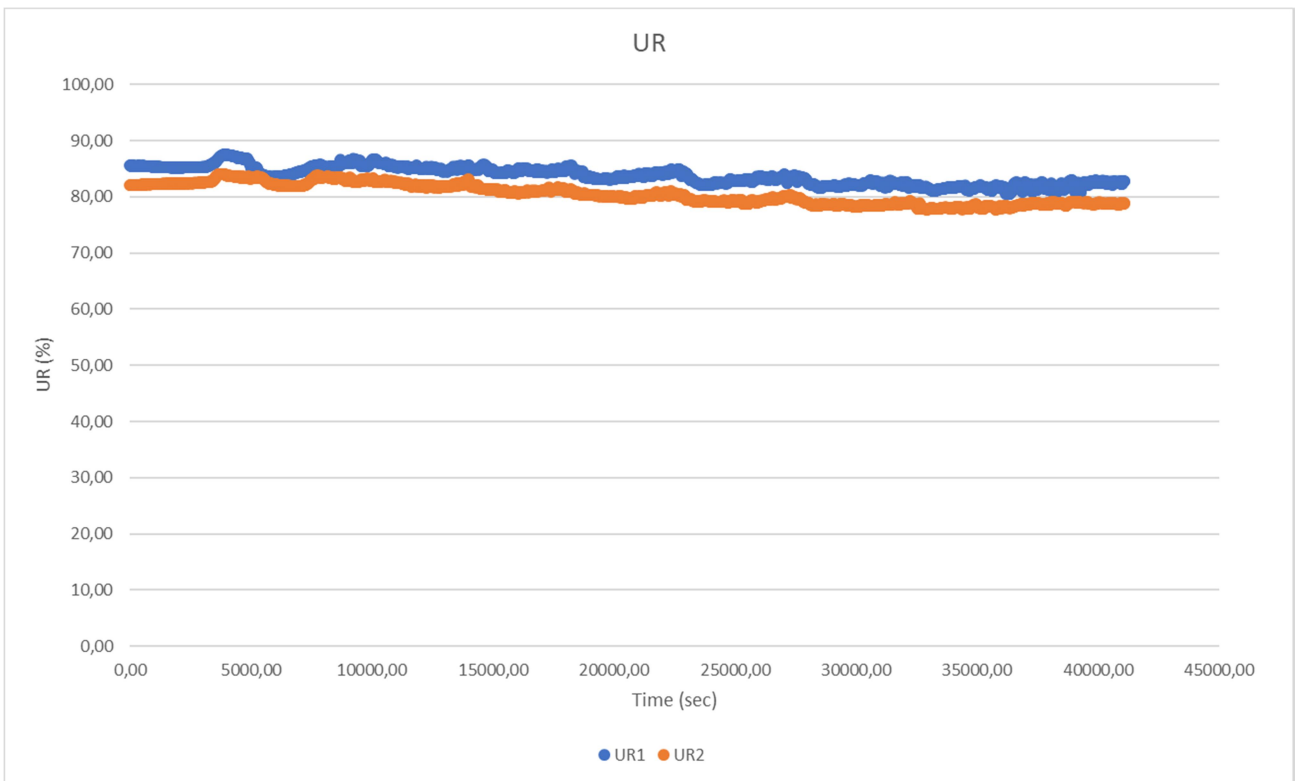


Figura 96 – Grafico umidità relativa giorno 5

Durante il quinto giorno si sono replicati i dati ottenuti durante il monitoraggio dei giorni precedenti nelle due stanze.

5.6.6 Prove di monitoraggio: giorno 6

Nei grafici seguenti vengono illustrati gli andamenti dei parametri di concentrazione VOC, umidità relativa e temperatura, registrati nel corso del sesto giorno di prova.

Con i valori “VOC Mammut”, “T1 Mammut” e “UR Mammut” si fa riferimento ai parametri registrati per il box 1, dove è presente la finitura UNIVPM, mentre con i valori “VOC Limepaint”, “T2 Limepaint” e “UR Limepaint”, si fa riferimento ai parametri registrati nel box 2, dove è presente la finitura della DIASEN. Con il parametro “Mammut sup” e Limepaint supTD2”, ci si riferisce rispettivamente alla temperatura superficiale del box 1 e box 2. Con “Tamb” si fa riferimento alla temperatura dell’ambiente dell’anticamera e con “URamb” all’umidità relativa dell’ambiente dell’anticamera.

In tale prova è stato installato un deumidificatore nell’anticamera per avere la percentuale di umidità relativa controllata, sono state inserite tre nuove sonde, due relative alla temperatura superficiale dei box e una relativa all’umidità dell’ambiente al di fuori dei box. La prova è stata realizzata senza l’immissione del MEK all’interno dei box.

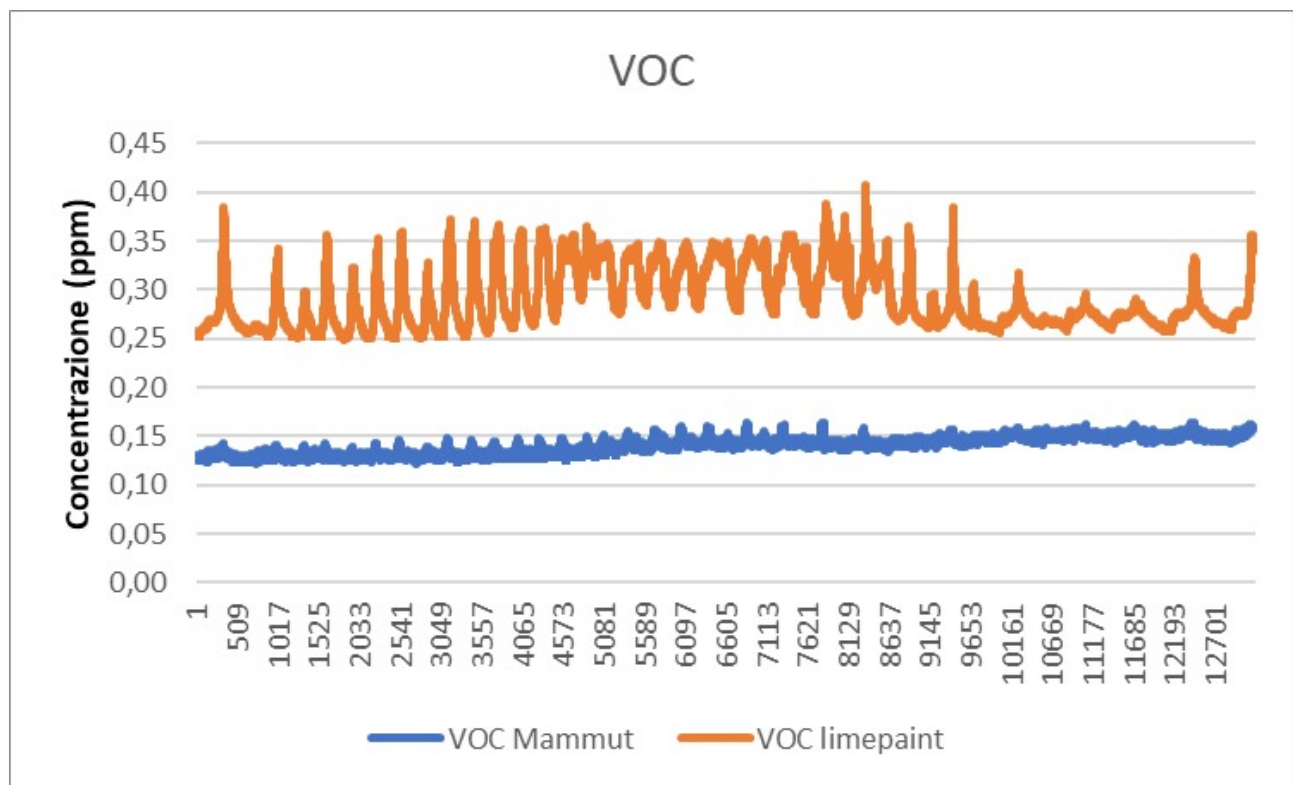


Figura 97 – Grafico concentrazione VOC giorno 6

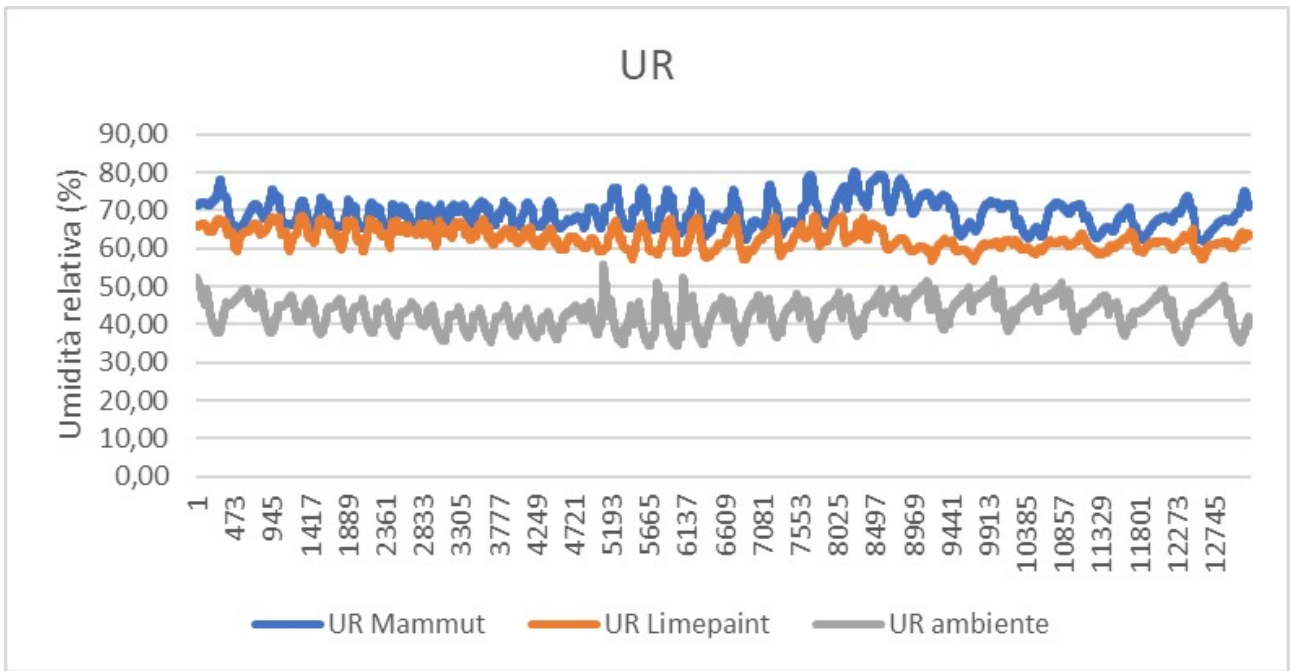


Figura 98 – Grafico umidità relativa giorno 6

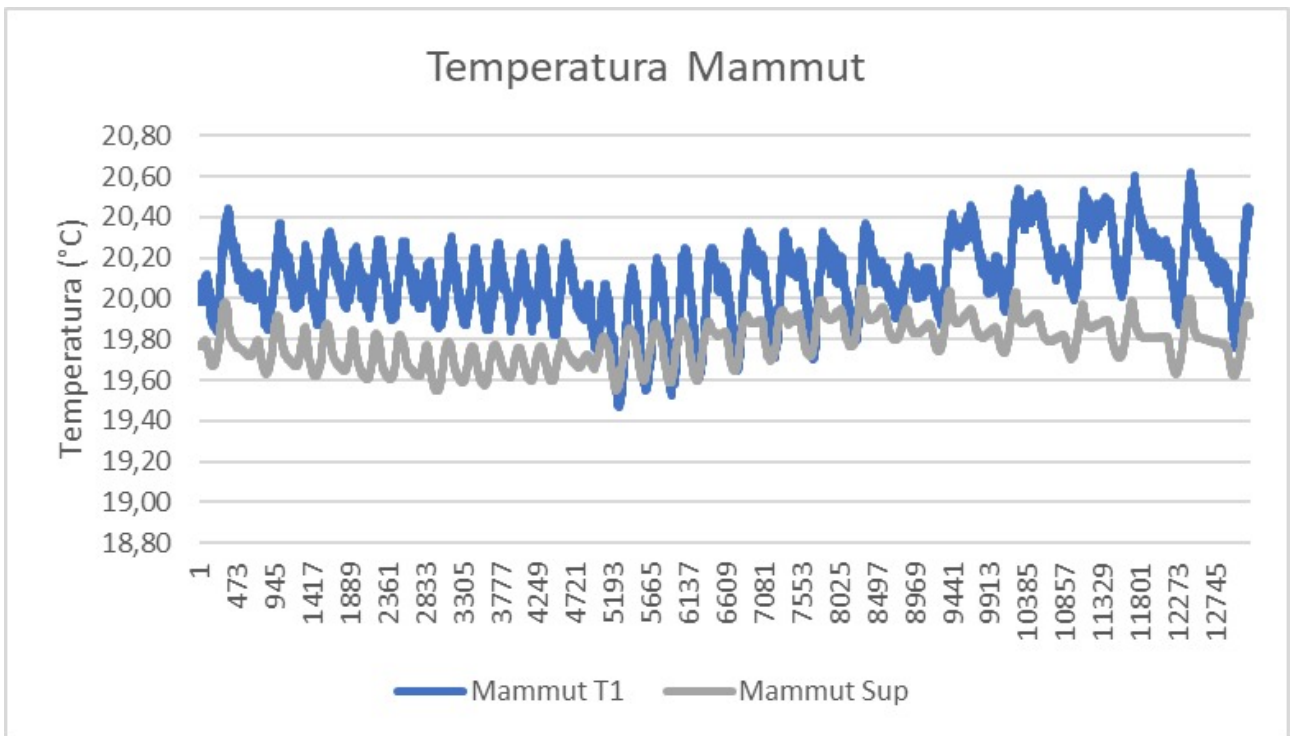


Figura 99 – Grafico temperatura finitura UNIVPM giorno 6

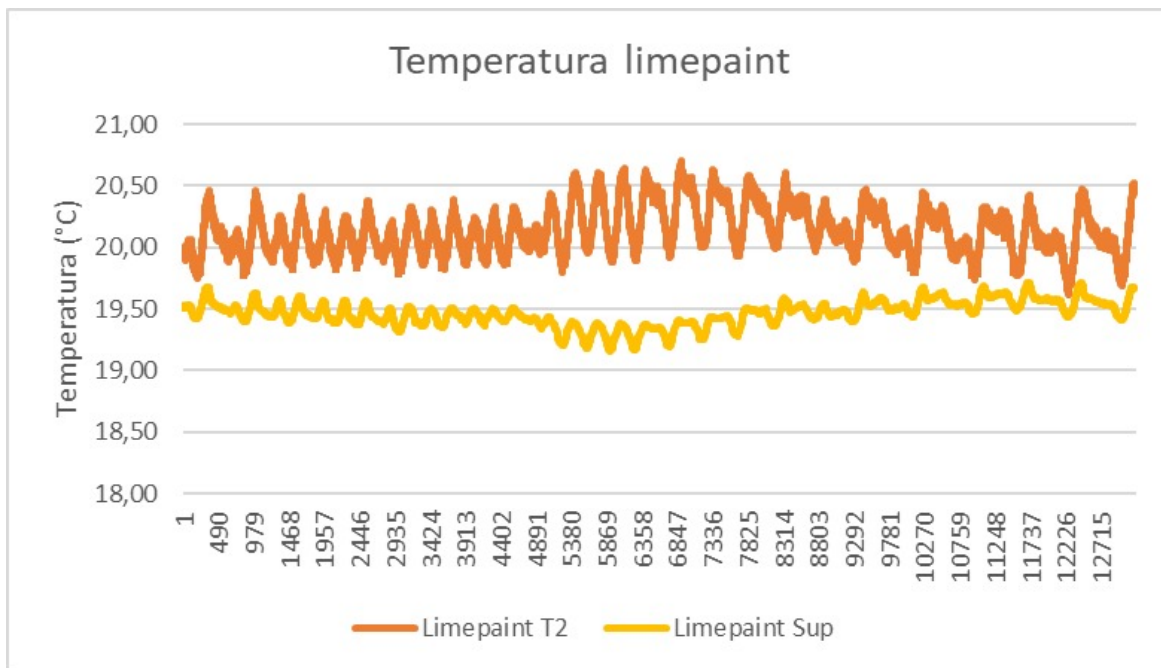


Figura 100 – Grafico temperatura finitura DIASEN giorno 6

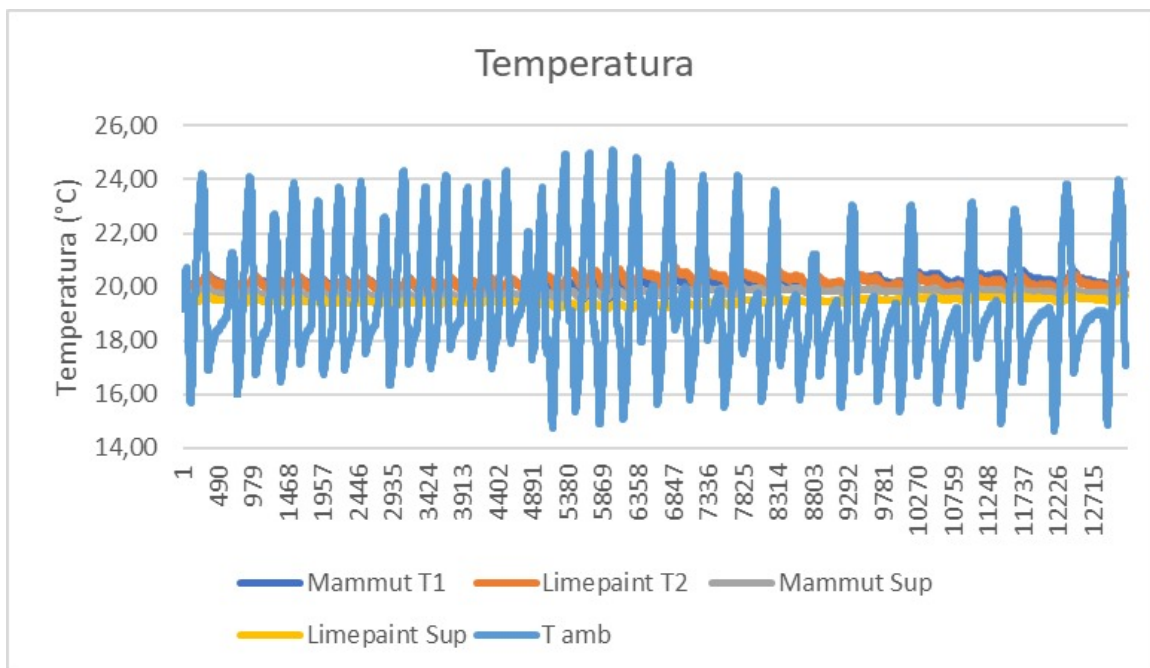


Figura 101 – Grafico temperatura giorno 6

È possibile notare come durante il sesto giorno si ha ancora una differenza netta tra i valori di concentrazione dei VOC, dovuto dalla presenza nell'aria di composti volatili, per cui la finitura UNIVPM ha iniziato a lavorare. Per quanto riguarda l'umidità relativa si ha una diminuzione della percentuale grazie alla presenza del deumidificatore che ha iniziato a lavorare. Questo è possibile notarlo anche dai valori dell'umidità relativa dell'ambiente al di fuori dei due box.

La temperatura all'interno dei box e quella superficiale risultano stabili grazie al sistema di allarme accensione/spegnimento termoconvettore, mentre la temperatura dell'anticamera raggiunge valori maggiori e minori rispetto ai 20°C, in quanto il sensore risulta essere posizionato nella stessa stanza del termoconvettore e non essendo la sonda, relativa alla temperatura dell'anticamera, settata per l'accensione e lo spegnimento di esso.

5.6.7 Prove di monitoraggio: giorno 7

Nei grafici seguenti vengono illustrati gli andamenti dei parametri di concentrazione VOC, umidità relativa e temperatura, registrati nel corso del settimo giorno di prova.

Con i valori “VOC Mammuto”, “T1 Mammuto” e “UR Mammuto” si fa riferimento ai parametri registrati per il box 1, dove è presente la finitura UNIVPM, mentre con i valori “VOC Limepaint”, “T2 Limepaint” e “UR Limepaint”, si fa riferimento ai parametri registrati nel box 2, dove è presente la finitura della DIASEN. Con il parametro “Mammuto sup” e Limepaint supTD2”, ci si riferisce rispettivamente alla temperatura superficiale del box 1 e box 2. Con “Tamb” si fa riferimento alla temperatura dell’ambiente dell’anticamera e con “URamb” all’umidità relativa dell’ambiente dell’anticamera.

In tale prova è presente il deumidificatore per avere la percentuale di umidità relativa controllata e le tre nuove sonde, due relative alla temperatura superficiale dei box e una relativa all’umidità dell’ambiente al di fuori dei box. La prova è stata realizzata senza l’immissione del MEK all’interno dei box.

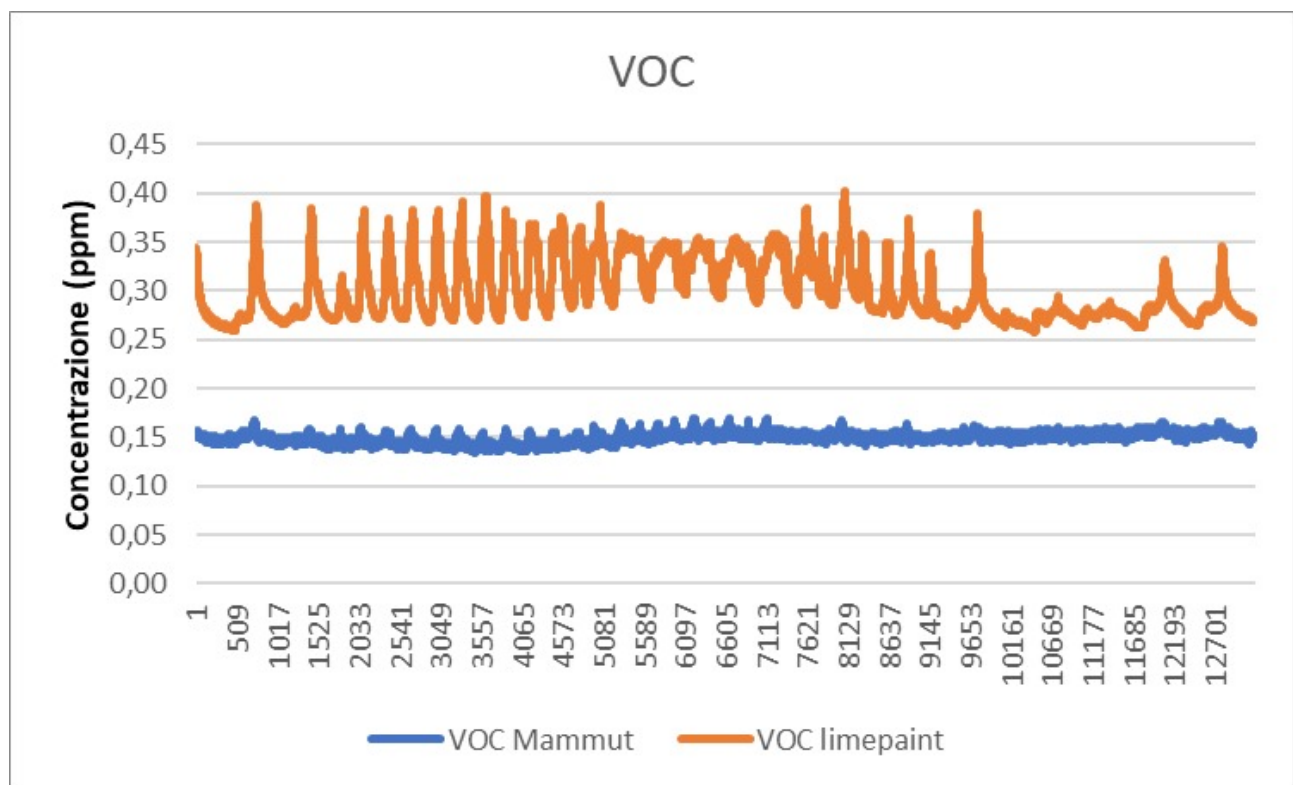


Figura 102 – Grafico concentrazione VOC giorno 7

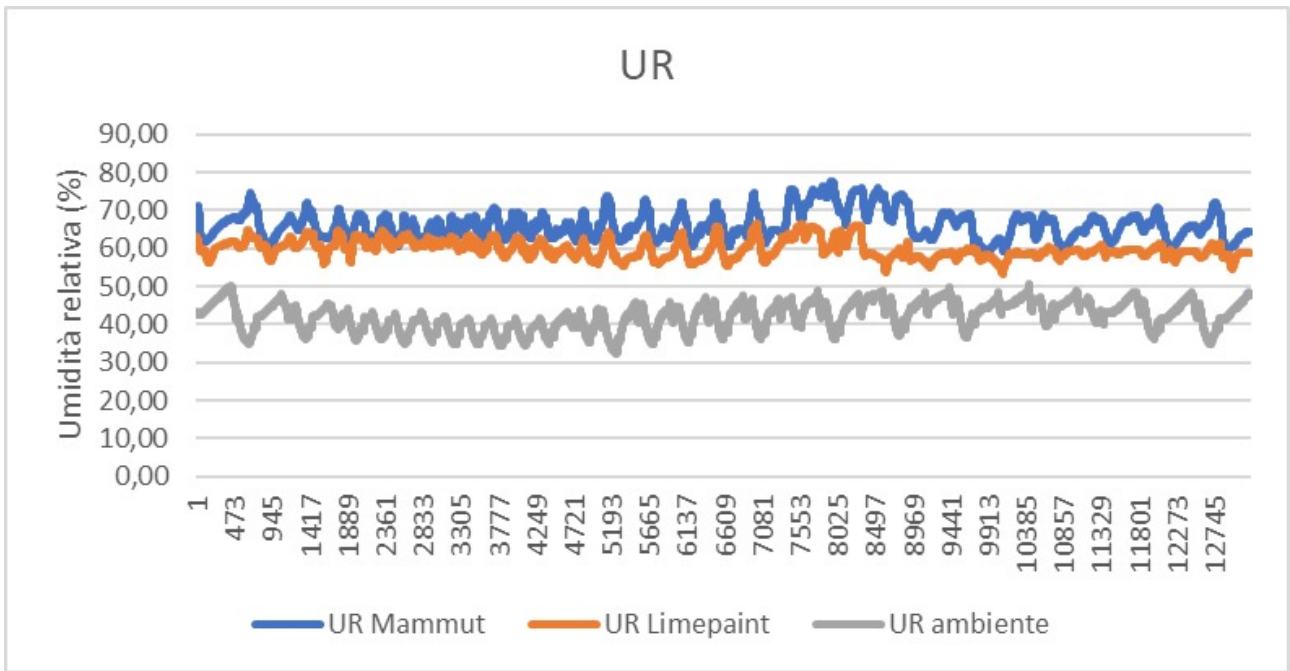


Figura 103 – Grafico umidità relativa giorno 7

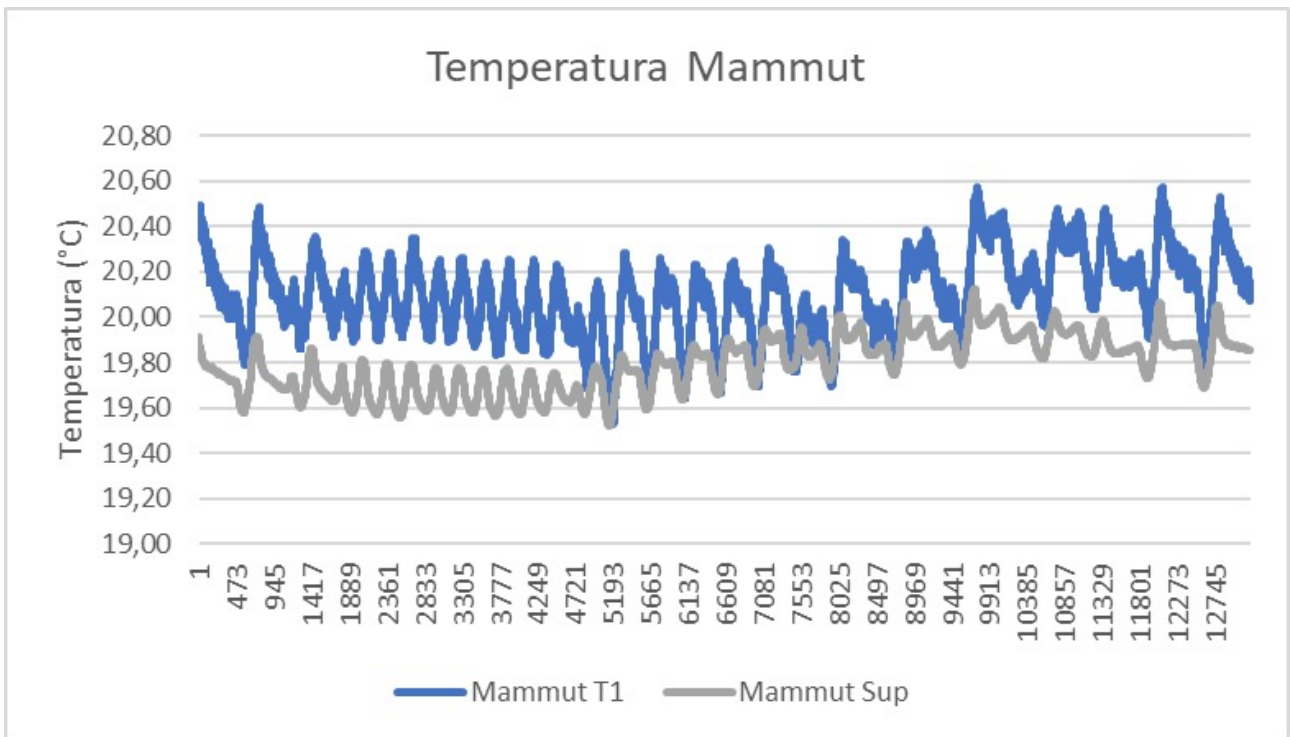


Figura 104 – Grafico temperatura finitura UNIVPM giorno 7

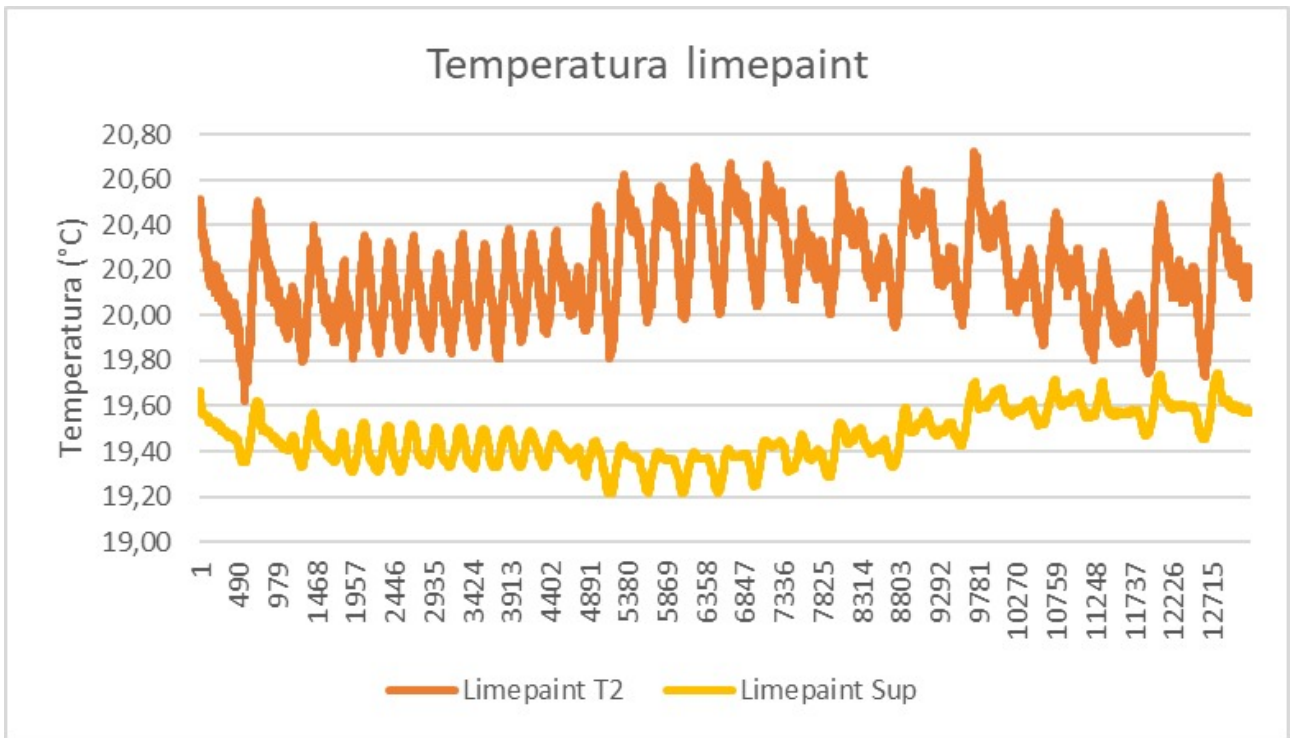


Figura 105 – Grafico temperatura finitura DIASEN giorno 7

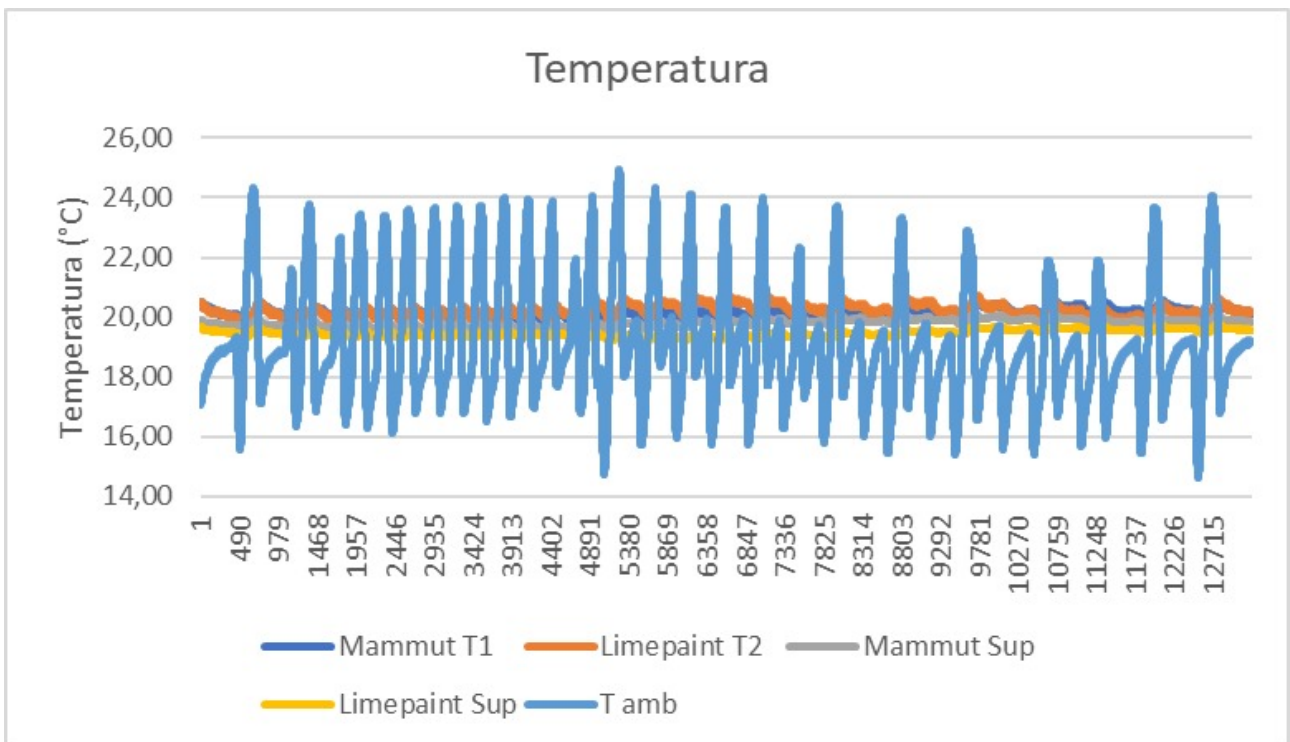


Figura 106 – Grafico temperatura giorno 7

Si noti come i dati relativi al settimo giorno sono molto simili al giorno precedente.

5.6.8 Prove di monitoraggio: giorno 8

Nei grafici seguenti vengono illustrati gli andamenti dei parametri di concentrazione VOC, umidità relativa e temperatura, registrati nel corso dell'ottavo giorno di prova.

Con i valori "VOC Mammut", "T1 Mammut" e "UR Mammut" si fa riferimento ai parametri registrati per il box 1, dove è presente la finitura UNIVPM, mentre con i valori "VOC Limepaint", "T2 Limepaint" e "UR Limepaint", si fa riferimento ai parametri registrati nel box 2, dove è presente la finitura della DIASEN. Con il parametro "Mammut sup" e Limepaint supTD2", ci si riferisce rispettivamente alla temperatura superficiale del box 1 e box 2. Con "Tamb" si fa riferimento alla temperatura dell'ambiente dell'anticamera e con "URamb" all'umidità relativa dell'ambiente dell'anticamera.

In tale prova è presente il deumidificatore per avere la percentuale di umidità relativa controllata e le tre nuove sonde, due relative alla temperatura superficiale dei box e una relativa all'umidità dell'ambiente al di fuori dei box. La prova è stata realizzata senza l'immissione del MEK all'interno dei box.

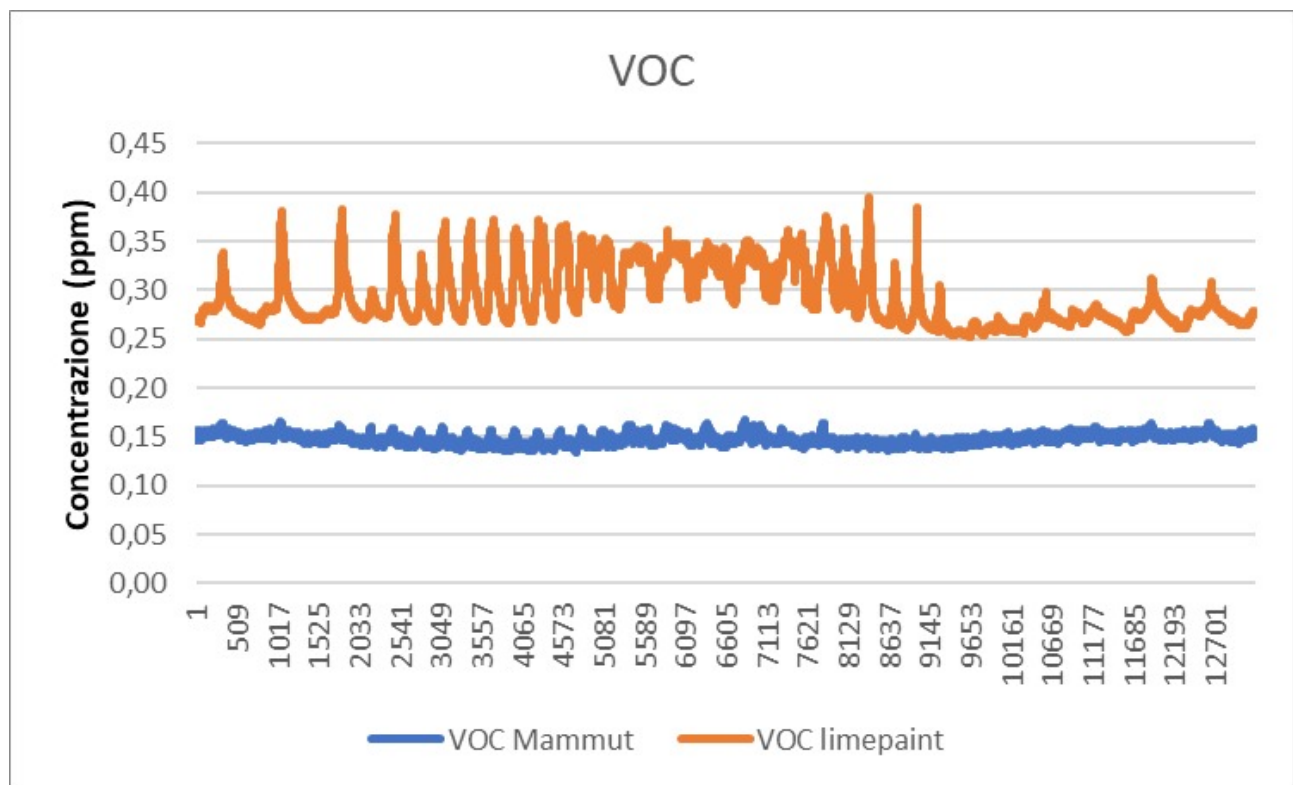


Figura 107– Grafico concentrazione VOC giorno 8

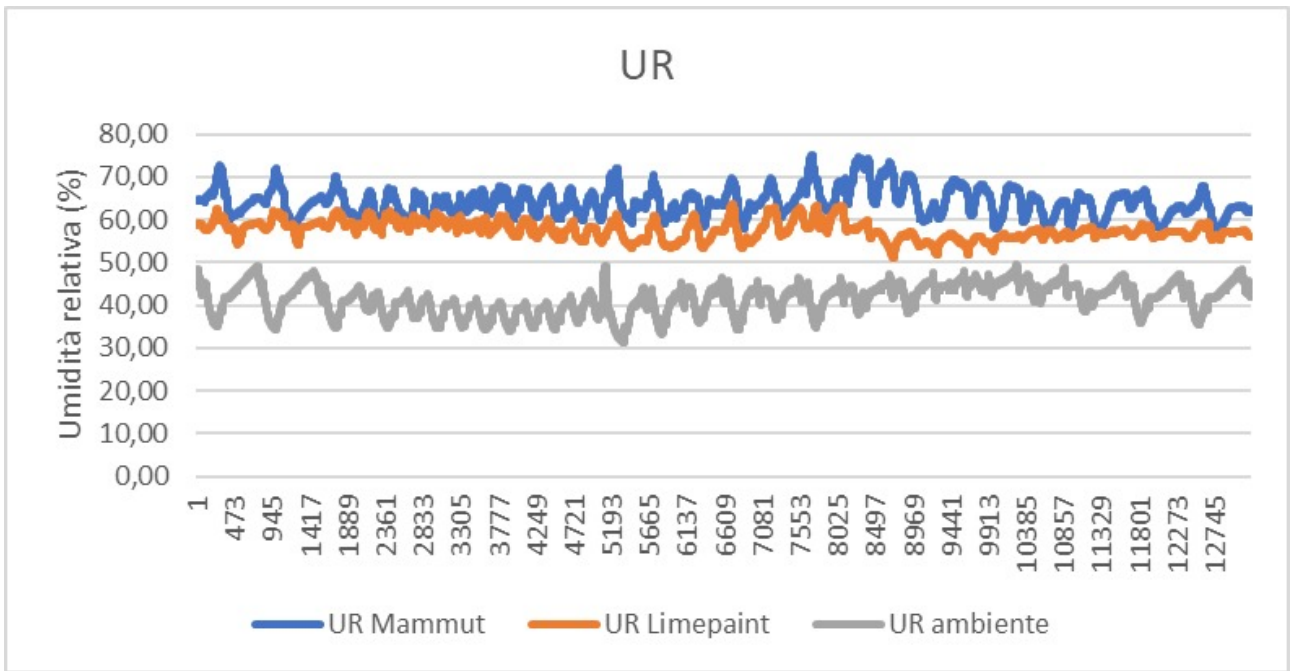


Figura 108 – Grafico umidità relativa giorno 8

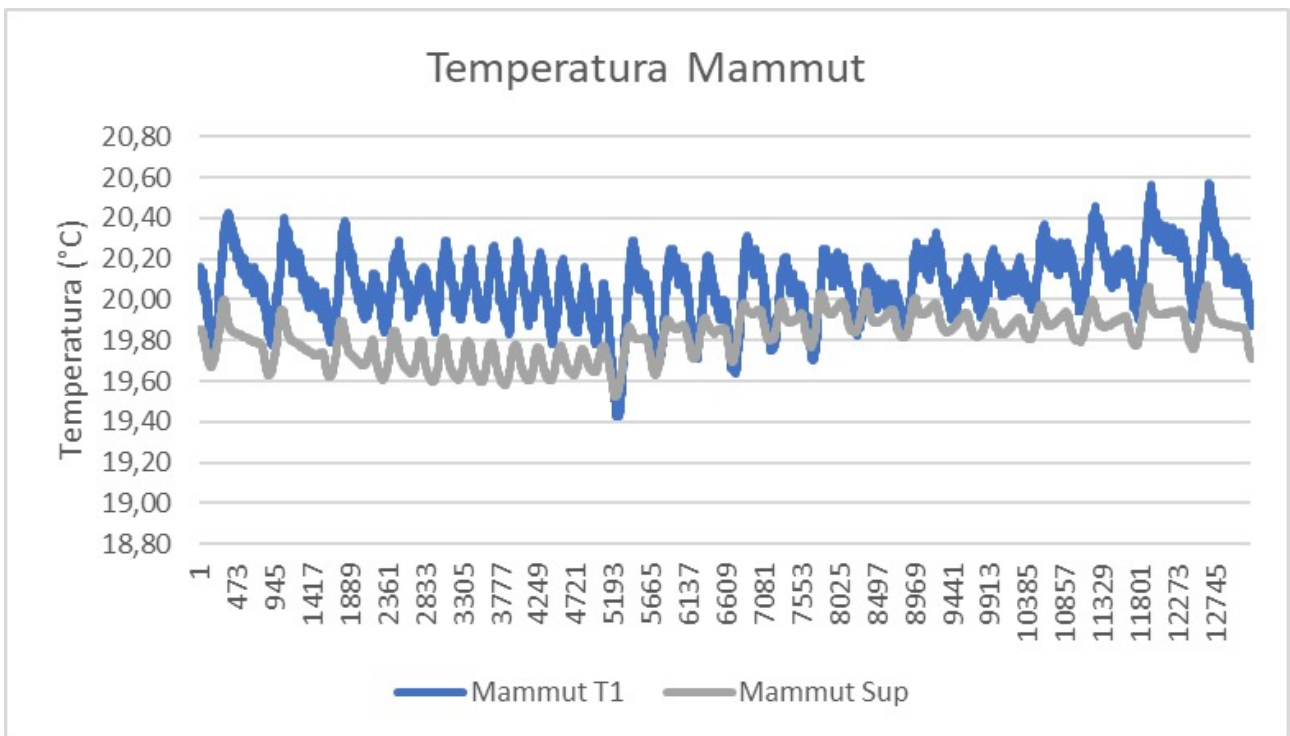


Figura 109 – Grafico temperatura finitura UNIVPM giorno 8

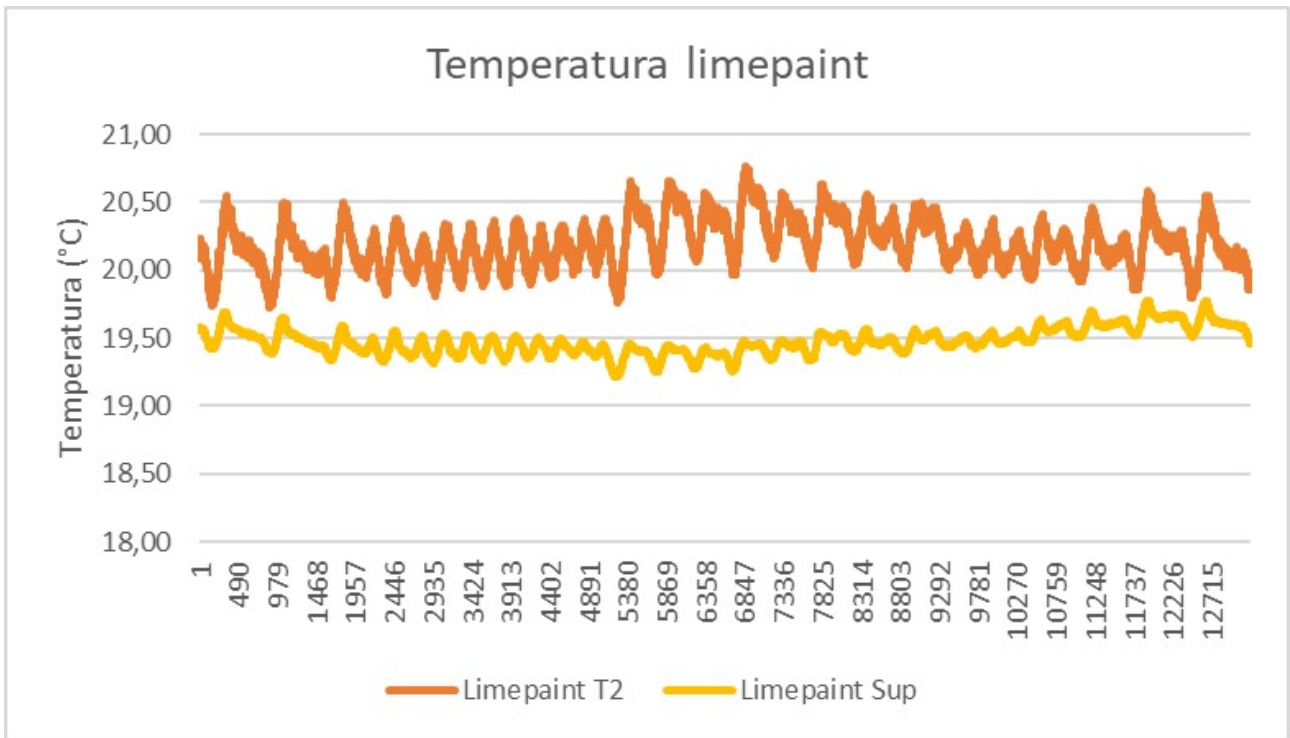


Figura 110 – Grafico temperatura finitura DIASEN giorno 8

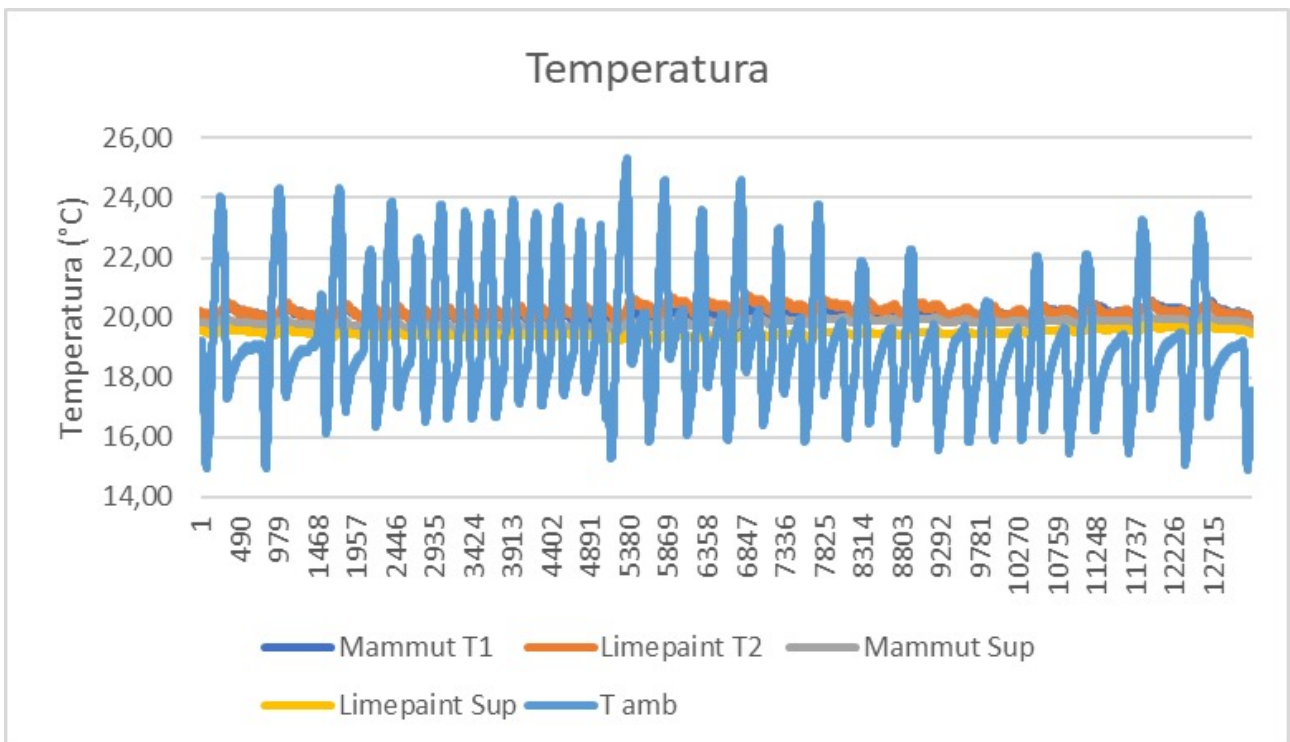


Figura 111 – Grafico temperatura giorno 8

Anche dall'ottavo giorno di prove è possibile vedere un consolidamento dei parametri di concentrazione di VOC, temperatura e umidità relativa.

6. Conclusione

Lo scopo della sperimentazione è quello di allestire un ambiente indoor con condizioni di temperatura, umidità relativa e concentrazione di VOC, controllate e monitorate, in modo da poter effettuare un confronto tra una finitura prodotta dall'UNIVPM ed una commerciale prodotta dall'azienda DIASEN, sulla base di tali parametri.

Dai risultati delle diverse prove svolte è possibile vedere, sia come le condizioni ambientali vanno a modificare la concentrazione di composti organici all'interno di un ambiente chiuso e sia come la finitura realizzata dall'UNIVPM è in grado di ridurre la quantità di VOC in un ambiente indoor emessi dalle superfici, rilevabili anche senza l'immissione di un tracciante, tramite adsorbimento, rispetto alle diverse finiture commerciali presenti sul mercato. Sono quindi in grado di purificare l'aria indoor.

Dalle prove effettuate sia in laboratorio che in sito, si evince quindi come sia importante avere la stabilità dei parametri di temperatura, circa 20 °C e umidità relativa, in un range 50-70%, per far sì che la finitura lavori correttamente, applicando un sistema passivo di adsorbimento di microinquinanti e per evitare che la concentrazione dei composti organici volatili aumenti all'interno di un ambiente confinato.

Il vantaggio della finitura UNIVPM, inoltre, è quello di essere realizzato con materiali di sottoprodotti e quindi a basso impatto ambientale, in quanto lo smaltimento dei rifiuti è un grande problema da affrontare.

Per questo, soprattutto il settore edile dovrà acquisire processi di produzione che siano sostenibili e soprattutto l'integrazione dell'utilizzo di materie prime che siano rinnovabili.

Bibliografia e sitografia

- [1] La qualità dell'aria interna, problematiche e soluzioni – Luigi Bontempi – Sabiana
- [2] Monitoring system for the evaluation of the energetic behaviour of PCM containing walls – P. Principi, C. Di Perna and G. Borrelli Department of “Energetica”, Polytechnic University of Marche, Ancona, Italy A. Carbonari Department of Architecture, Construction and Structures, Polytechnic University of Marche, Ancona, Italy
- [3] “Finiture multifunzionali innovative: valutazione della capacità disinquinante, d’inibizione dell’attacco biologico e di conducibilità termica” tesi di Marco Della Nave
- [4] Gli additivi per calcestruzzo - Mario Collepari
- [5] <https://www.diasen.com/prodotto/limepaint>
- [6] https://it.wikipedia.org/wiki/Additivi_per_calcestruzzo
- [7] https://www.edilportale.com/prodotti/italcementi/calce-idraulica-naturale/i.pro-calix-nhl-35_346620.html
- [8] <https://it.wikipedia.org/wiki/Inerte>
- [9] <https://www.diasen.com/sp/it/p/calce-storica-00.3sp>
- [10] http://www.etesto.co.kr/pro2/voc/pdf/ppbRAE_Plus.pdf
- [11] <https://media.lontek.com.au/uploads/pages/datataker/dt500-dt600-dt505-dt605.pdf>
- [12] <https://www.aeroqual.com/products/other-products/series-900-fixed-ozone-monitor>
- [13] <http://www.michell.com/it/prodotti/pcmini52.htm>
- [14] <https://www.medisana.com/en/Therapy-Healthy-Home/Air-Aroma/UHW-Humidifier.html>
- [15] https://en.wikipedia.org/wiki/Fly_ash
- [16] https://en.wikipedia.org/wiki/Bottom_ash
- [17] https://it.wikipedia.org/wiki/Gel_di_silice

[18] <https://www.cementononcimento.com/it/2019/07/29/il-cemento-realizzato-con-fibre-di-cellulosa-e-gesso/>

[19] <https://it.wikipedia.org/wiki/Metiletilchetone>

[20] <https://www.tre-c.it/prodotti/controllo-temperatura/termoresistenze/pt100/>

SCHEDA TECNICA UMIDIFICATORE UHW MEDISANA

NOME PRODOTTO	Umidificatore UHW
DIMENSIONI PRODOTTO	26,5x20x33 cm
PESO PRODOTTO	2 Kg
PRODUTTORE	Medisana
POTENZA PRODOTTO	32 Watt
ALIMENTAZIONE	220-240V/50Hz
LUNGHEZZA CAVO	150 cm
CONTENITORE ACQUA	4.200 ml
MAX CAPACITA' DI APPANNAMENTO	230 ml/h
TEMPO DI FUNZIONAMENTO	A seconda dell'impostazione

DT500 & DT600 Range

dataTaker®

Intelligent Data Logging Products

- General Purpose Low Power Data Logger
- 10-30 Sensor Channels, 7 Digital Channels
- Unique Universal Channels
- Up to 1,390,000 Data Points
- Stand Alone and Real Time Data Acquisition
- Remote Monitoring and Control
- Removable Screw Terminals
- Expandable



Specifications

The dataTaker DT500 & DT600 Range

The dataTaker DT500 range of general purpose, battery powered data acquisition and data logging systems measure inputs from most sensor types. Data can be conveniently and securely stored in battery backed RAM and removable memory cards.

The dataTaker DT500 range consists of four models: DT500, DT505, DT600, DT605.

The DT500 and DT600 models have Solid State Channel Selectors. (Low Voltage)

The DT505 and DT605 models have Relay Channel Selectors. (High Voltage)

The DT600 and DT605 both have an integral display and keypad that allows users to view channel data, alarm status, and system information including time, battery status and amount of data stored. Programmable function keys allow keypad control over the unit's operation.

Applications include:

- Fault Finding
- Automotive Testing
- Temperature Profiling
- Weather Stations
- Flood Warnings
- Research & Development
- Process Monitoring
- Machine Down Time
- Load Cells
- Building Monitoring
- Strain Guages

FREE
Software &
Technical
Support

dataTaker software and Resource CD

The dataTaker Resource CD is provided FREE with every new logger. It contains software to enable easy setup, fast download, real time viewing of data and direct export to excel spreadsheets. The Resource CD also contains helpful training videos, manuals, application and technical notes and other valuable utilities.

DeLogger™ 4 Pro is the enhanced graphical package including additional automation, reporting, database and remote dataTaker management features.

For your nearest local Datataker distributor visit www.datataker.com

Australasia

Datataker Pty Ltd
7 Seismic Court
Rowville Melbourne
Victoria 3178
Tel: +61 3 9764 8600
Fax: +61 3 9764 8997
Email: sales@datataker.com.au

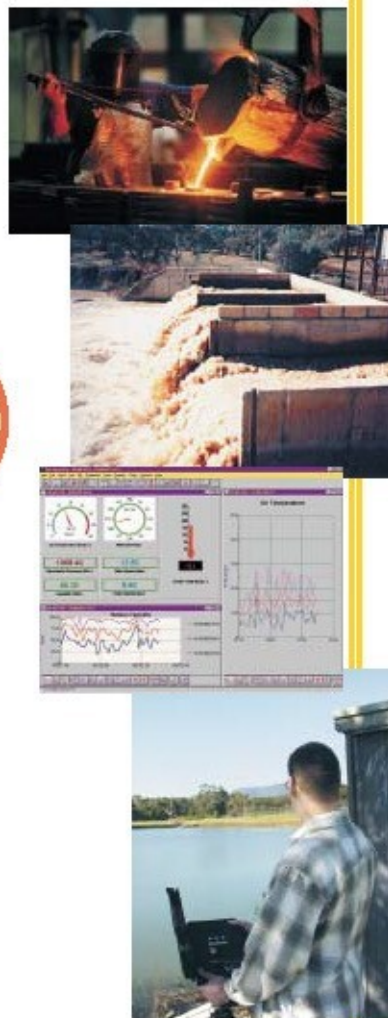
Europe

Grant Instruments (Cambridge) Ltd
Shepreth
Cambridgehire
SG8 6GB
Tel: +44 (0) 1763 264780
Fax: +44 (0) 1763 262410
Email: sales@datataker.co.uk

Americas

Computer Aided Solutions
8588 Mayfield Rd, Suite One
Chesterland, OH 44026
Tel: +1 800 9 LOGGER
Tel: +1 440 729 2570
Fax: +1 413 375 6137
Email: sales@computeraidedsolutions.com

www.datataker.com





Analog Channels

Channel Number

Number of input channels depends on sensor wiring configuration. Sensor configurations may be mixed.
Two wire with one shared terminal: 30
Three and Four wire: 10
Expansion: by Channel Expansion Modules (CEM)

Fundamental Input Ranges

Full Scale	Resolution	Full Scale	Resolution
±25.00 mVdc	2.00 µV	50 Ω	25 mΩ
±250.0 mVdc	20.00 µV	500 Ω	2.50 mΩ
±2.50 Vdc	200.00 µV	5,000 Ω	25.00 mΩ
±100.0 Vdc*	500.00 µV	100 Hz	0.01 %
±0.25 mA	0.20 µA	10 kHz	0.01 %
±2.50 mA	1.00 µA		
±25.00 mA	10.00 µA		

*100 Vdc range of DT505 and DT605 only

Accuracy

Measurement at	25°C	-45°C to 50°C
DC Voltage	0.15%	0.25%
DC Current	0.25%	0.35%
DC Resistance	0.20%	0.30%

Multiplexer (Channel Selector)

DT500 and DT600: solid-state ±5V input range
DT505 and DT605: relay ±100V input
Input impedance: 1MΩ or >100MΩ, programmable
Common mode range:
DT500 and DT600: ±3.5V
DT505 and DT605: ±100V on 100V range

Sampling

Sampling for accuracy and noise rejection by integrating over 50/60Hz line period
Maximum sample speed: 25Hz (up to 70Hz without noise rejection)
Effective resolution: 15 bits
Linearity: 0.01%
Common mode rejection 25mV range: >90dB
Line (50/60Hz) series mode rejection: >35dB

Sensor Excitation

Each channel: 4.5V, 250µA or 2.5mA
DC voltage: 5V at 100mA (max.) switched

Internal Channels

Temperature (thermocouple reference junction): 1
Reference voltage channels: 1
Internal battery voltage: 1

Sensor Support

Supports a wide range of sensors types including, but not limited to the following:

Thermocouples

Types: B, C, D, E, G, J, K, N, R, S, T
Reference junction compensation accuracy:

Case temperature	2.5°C	-20 to +50°C
Accuracy	±1.0°C	±1.5°C

RTDs

Types: Pt, Ni, Cu
Resistance range: 10Ω to 2kΩ
Measurement accuracy:
4 wire: 0.15% of resistance value
3 wire: 0.25% of resistance value

Monolithic Temperature Sensors

Types supported: LM34, LM35, AD590

Thermistors

Types: YSI 400xx Series
Resistance range: <7kΩ,
<20kΩ with parallel resistor

Bridge Sensors

Configurations: 4-wire and 6-wire
Bridge completion: external or internal half bridge

4-20mA Current Loops

Shunt value: 100Ω to a shared common
Accuracy: 0.25% at 25°C

Sensors - Comments

A wide range of sensor scaling and linearising facilities is provided including polynomials, expressions and functions.

Digital Channels

Number of channels:
Bi-directional channels: 4
Dedicated counter channels: 3

Digital Input

Number: 4, shared with output channels
Input Type: logic level (protected and 5kΩ pull-up to 5V)

Counter Channels

Number: 4 low speed (10Hz) shared with input channels
3 high speed (1kHz, sleep mode) with switchable internal clocking options
Size: 16 bit (65,535 counts)

Digital Output

Number: 4, shared with input channels
Output type: open-collector npn transistor
Rating: +30V, 100mA

Calculation Channels

Any expression involving variables and functions including: sin(), cos(), tan(), asin(), acos(), atan(), abs(), sqrt(), average, maximum, minimum, time of max., time of min., variance, integral, histogram

Scheduling of Data Acquisition

Number of schedules: 4 acquisition schedules
1 immediate schedule
1 alarm schedule
Scan triggers: time base or digital event
Conditional scanning: while digital input high
Time based scheduling: from seconds to months in increments of 1 second, 1 minute, 1 hour and 1 day
Maximum scheduled rate: 1 second or as fast as possible, typically 25 samples per second
Dynamic scan time base change: yes
Maximum number of channel entries: 110

Alarms

Condition: high, low, within range and outside range
Delay: optional time period for alarm response
Actions: set digital outputs, execute any dataTaker commands. Alarms can be combined in a logical fashion.

Data Storage

Internal
Type: battery backed SRAM
Capacity: 166,530 data points

PC Card

Types: SRAM up to 4MByte, Type 1
Card voltage: 5V types
Capacity: up to 1,390,000 data points
Data format: proprietary

Download Data Format

Format: ASCII floating point, fixed point or exponential formats
Compatibility: spreadsheets, word processors, graphing packages, statistical programs and SCADA software

Serial Interface (RS232)

The DT500 range are programmed and data extracted via the RS232 serial interface
Speed: 300 to 9600 baud (9600 default)
Handshake: XON and XOFF
Wakes from sleep: yes
Isolation: 500V
Compatibility: computers, modems, satellite-modems, radio-modems and printers

Network Interface (Multiple dataTaker only)

Standard: RS485
Protocol: proprietary with error correction
Speed: 1200 Baud
Distance: 1000 meter maximum

System

Display and Keypad

Models: on DT600 and DT605 only
Type: LCD, 2 lines by 16 characters, back light
Display functions: channels data, alarms, battery status, data capacity
Key pad: 5 keys for scrolling, function execution
Beeper: for alarms, etc.
Indicator LED's: 3 programmable

Real Time Clock

For time stamping of data, scheduling and timers
Normal resolution: 1 second
Accuracy: 2 seconds per day (25°C)

Power Supply

Voltage range: 11 to 24Vdc or 9 to 18Vac

Power Consumption

In normal mode: 1W (2W with battery charging)
Sleeping: 2mW (350µA from battery)
Typical low power operation: 20mW

Internal Main Battery

Chemistry: lead acid gel cell
Voltage (capacity): 6V (1.2Ah)
Temperature compensation: -10°C to +70°C
Operating time: Normal: approximately 10 hours
Low power: approximately 3 months

Internal Backup Battery

For real time clock and internal data storage backup
Type: 3V 10AA Lithium

Physical and Environment

Construction: Powder coated fabricated steel
Physical dimensions: 260 x 110 x 85mm (height 104mm with PC Card)
Weight: 2.2kg (4kg shipping)
Environment temperature range: -45°C to 70°C
Humidity: 85%RH, non-condensing

Accessories Included

Line adaptor: 110/240Vac, 500mA
Comms cable: for PC, with 9 to 25 pin adaptor
Resource CD which includes standard software
Manuals: "Getting Started with dataTaker"
"User's Manual"

Options & Accessories

Channel Expansion Module (CEMS3)

Multiplexer: relay
Number: 2 per DT500 Series unit
Channel number:
10 two wire
30 two wire shared terminals
20 digital inputs
10 digital outputs, 5 with relay contacts

Portable Carrying Case (PE500)

Capacity: 1 DT500 range unit + 1 x CEMS3 (Requires AS1072)
Environmental protection: IP66

SRAM PC Card (MC1024P, MC4096P)

Capacity: 1MByte, approximately 340,000 data points
4MByte, approximately 1,390,000 data points

DeLogger™ 4 Pro

Graphical programming and supervision software. Supports a large network of DT500 range units connected via modem. Features include comprehensive plotting, reporting, mimics, database, web publishing and other powerful capabilities.

dataTaker

Your local distributor



Warranty: Equipment manufactured by DataTaker is warranted against faulty materials or workmanship for three years. For repairs carried out under warranty, no charge is made for labour, materials or return carriage. All non DataTaker manufactured products are covered by original manufacturer's warranty.

Quality Statement: DataTaker operates a Quality Management System complying with ISO9001:2000. It is DataTaker's policy to supply customers with products which are fit for their intended purpose, safe in use, perform reliably to published specification and are backed by a fast and efficient customer support service.

Trademarks: dataTaker, DeLogger, DeTransfer, DePlot are either registered trademarks or trademarks of DataTaker Pty Ltd.

Manufactured and designed in Australia.

www.datataker.com

PCMini52

Trasmittitore mini per la misura di umidità relativa e temperatura

Il controllo del microprocessore e la calibrazione su più punti consentono al trasmettitore della serie PCMini52 di avere delle prestazioni eccellenti in termini di accuratezza e linearità. Il trasmettitore di dimensioni ridotte, fornisce due uscite analogiche configurabili a scelta tra temperatura, umidità relativa, dew point o umidità assoluta.



Caratteristiche

- Uscite analogiche in tensione
- Uscita in %UR, umidità assoluta calcolata, punto di rugiada o temperatura del bulbo umido + temperatura
- Linearità eccellente, (μ P) con compensazione della temperatura tramite microprocessore
- Consumo bassissimo di energia, tempi rapidi di stabilizzazione
- Dimensioni con filtro corto: L = 80 mm
Dimensioni con filtro lungo: L = 91 mm
- Plastica o acciaio inox

Specifiche Tecniche

Prestazioni

Campo di misura (UR)	0...100 % UR
Campo di misura (T)	da -20 ° a +80 °C
Accuratezza Umidità a 23 °C	< \pm 2 %UR (dal 10 al 90 % UR)
Accuratezza Temperatura a 23 °C	\pm 0,2 °C
Stabilità – Sensore UR	\pm 1 % UR/anno
Tempo di risposta – Sensore UR	<10 sec tipica (per il 90 % del cambiamento)

Ingressi/Uscite elettriche

Opzioni segnale d'uscita	0-1, 0-5, 0-10 V
Tensione d'alimentazione	14-35 V DC (per 0-5/10 V uscita) 6-35 V DC (per 0-1 V uscita)
Consumo corrente	4 mA su un cavo di tensione standard
Marchio CE	Certificato

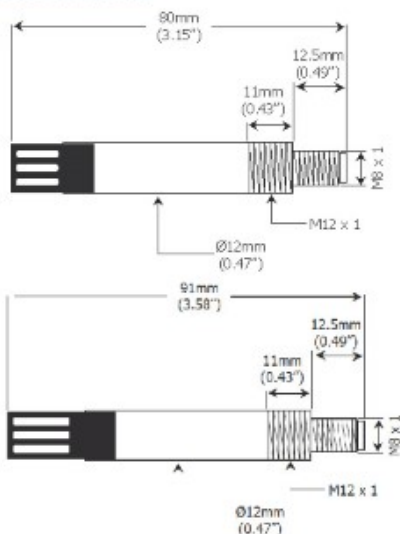
Condizioni operative

Temperatura operativa	
Elemento Sensibile	da -30 °C a +85 °C
Custodia	da -30 °C a +85 °C
Stoccaggio	da -40 °C a +85 °C

Specifiche meccaniche

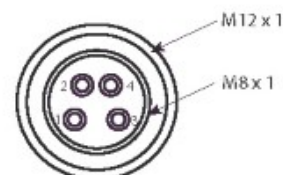
Grado di protezione	IP65 (NEMA livello 4)
Materiale custodia	Plastica od acciaio inox
Dimensioni	L=80 mm, ϕ =12 mm L=91 mm, ϕ =12 mm – K9, K11 Opzione filtro
Filtro	PVDF / HDPE / maglia / sinterizzato (opzionale)
Peso	10 g
Connessioni elettriche	4 pin, connettore M8

Dimensioni



Connessioni Elettriche

Cavo		Pin
Marrone	Tensione d'alimentazione V+	1
Bianco	Uscita UR o dew point o umidità assoluta	2
Blu	GND	3
Nero	Uscita Temperatura	4



Michell Italia Srl Via Magenta 77, Edificio 6, Rho, Milano, 20017 Italia

T. [39] 02 4047194, F. [39] 02 40010565, Email: it.info@michell.com, Web: www.michell.com/it

Michell Instruments adotta un programma di aggiornamento continuo che a volte può richiedere la modifica delle specifiche senza preavviso.

Revisione no: PCMini52_97176_V6_IT_0921

ULTRA VITALUX 300 W 230 V E27

ULTRA-VITALUX UV-A | Lampade a ultravioletti



Aree applicative

- Simulazione della luce solare
- Indurimento di collanti
- Invecchiamento artificiale del materiale
- Esposizione di rivestimenti fotoresistenti sensibili agli UV
- Terrari
- Solarium per cavalli

Caratteristiche prodotto

- Lampada UV per applicazioni tecniche
- Funzionamento diretto senza alimentatore



Scheda prodotto

Dati tecnici

Informazioni sul prodotto

Numero d'ordine	U VITALX 300W E
-----------------	-----------------

Dati elettrici

Tensione nominale	230 V
Tensione di lampada	230 V
Tensione di costruzione	230,00 V
Corrente di lampada	1,3 A
Potenza nominale	300,00 W

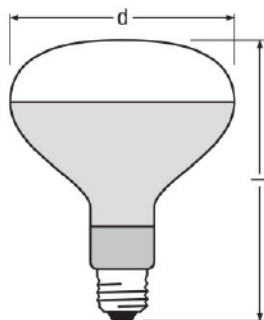
Dati fotometrici

Potenza irradiata 315...400 nm (UVA)	13.6 W
Potenza irradiata 280...315 nm (UVB)	3.0 W

Dati illuminotecnici

Ampiezza fascio luminoso	30 °
--------------------------	------

Dimensioni e peso



Diametro	127,0 mm
Lunghezza	185,0 mm

Durata

Durata	1000 h
--------	--------

Dati di prodotto aggiuntivi

Attacco (denominazione da norma)	E27
----------------------------------	-----

Scheda prodotto

Caratteristiche

Posizione di funzionamento	Universale
Applicazione	Altro

Classificazioni specifiche del paese

Numero d'ordine	U VITALX 300W E
-----------------	-----------------

Environmental information

Information according Art. 33 of EU Regulation (EC) 1907/2006 (REACH)	
Date of Declaration	19-01-2022
Primary Article Identifier	4008321543929
Candidate List Substance 1	Lead
CAS No. of substance 1	7439-92-1
Safe Use Instruction	The identification of the Candidate List substance is sufficient to allow safe use of the article.
Declaration No. in SCIP database	BC3094DC-CC43-4D18-80C6-C26DB04E81B7

Informazioni specifiche per Paese

Codice prodotto	Codice METEL	SEG-No.	Numero STK	UK Org
4008321543929	OSRUVITAL300	-	4779248	-
4008321543929	OSRUVITAL300	-	4779248	-

Scheda prodotto

Informazione sulla sicurezza

A causa della loro intensa generazione di calore, le lampade possono essere utilizzate solo in apparecchi adatti. Le lampade devono inoltre essere protette dall'umidità e dagli spruzzi d'acqua. In caso di uso improprio, le radiazioni UV possono portare a scottature e congiuntivite. Utilizzo non approvato sulle persone ai sensi della nuova edizione della norma EN 60335-2-27.

Dati logistici

Codice prodotto	Descrizione del prodotto	Unità di imballo (Pezzi/unità)	Dimensioni (lunghezza x profondità x altezza)	Volume	Peso lordo
4008321543929	ULTRA VITALUX 300 W 230 V E27	Astuccio 1	130 mm x 130 mm x 196 mm	3.31 dm ³	205.00 g
4008321543936	ULTRA VITALUX 300 W 230 V E27	Cartone di spedizione 6	455 mm x 230 mm x 325 mm	34.01 dm ³	2149.80 g

1) codice prodotto indicato descrive la minore quantità che può essere ordinata. Una unità di spedizione può contenere uno o più di un singolo prodotto. Quando si inserisce un ordine, per la quantità inserire una o più unità di spedizione.

Clausola

Con riserva di modifiche senza preavviso. Salvo errori o omissioni. Assicurarsi sempre di utilizzare la versione più recente.

Series 900/930/SM70

aeroqual[®]

Specification Sheet



Series 900



Series 930

Shown with optional LED display, strobe and siren



SM70 Fixed Monitor

Aeroqual fixed indoor air quality monitors are designed to make indoor air quality monitoring easy. They are used by researchers, professionals, and non-experts alike to gather indoor air quality data from indoor environments. Commercially they are used for ozone generator control, process control, monitoring controlled atmospheres, air quality, and health and safety compliance.

Monitors at a glance

Features / Series	900	930	SM70
Active fan sampling	✓	✓	✓
PC data logging and real-time network capability	✓	✓	
Multiple analogue and digital outputs	✓	✓	✓
Interchangeable sensor heads	All gases	Some gases	Replaceable (O ₂ sensor board)
Enclosure	IP20/ NEMA 1	IP41/NEMA 2	IP20/ NEMA 1
Options	900	930	SM70
Temperature and RH sensor	✓	✓	
Large LED display		✓	(Built-in 3.5 digit LCD)
Strobe and siren		✓	Buzzer alarm

Monitors at a glance

Aeroqual uses a unique system of interchangeable sensors making it simple to replace one sensor for another.






Gas* / Application Type**	ENV	IAQ	IND	900	930#	SM703
Ammonia (NH ₃)			✓	✓	*	
Carbon monoxide (CO)	✓	✓	✓	✓	*	
Carbon dioxide (CO ₂)	✓		✓	✓	✓	
Chlorine (Cl ₂)	✓		✓	✓	✓	
Formaldehyde (CH ₂ O)			✓	✓	✓	
Hydrogen (H ₂)			✓	✓		
Methane (CH ₄)			✓	✓		
Hydrogen sulphide (H ₂ S)	✓		✓	✓	*	
Nitrogen dioxide (NO ₂)	✓			✓	✓	
Non methane hydrocarbon (NMHC)	✓			✓		
Ozone (O ₃)	✓	✓	✓	✓	✓	Sensor board
Perchloroethylene (C ₂ Cl ₄)		✓	✓	✓		
Sulphur dioxide (SO ₂)	✓		✓	✓	✓	
Volatile organic compounds (VOC)	✓		✓	✓	*	

* Refer to the separate gas sensor specification sheet for the full range of sensors.

**Application type: ENV = outdoor environmental monitoring, IAQ = indoor air quality, IND = industrial health and safety.

See sensor type in specification table.

Specifications

Feature / Series	Series 900	Series 930	FM SM70
Applications	Ozone generator control, indoor air quality, real-time network monitoring, health and safety and process control.	Industrial applications for gas leak detection, real-time network monitoring, health and safety and process control.	Ozone monitor for real-time network monitoring, health and safety and process control.
Measurement units	Gas: ppm or mg/m ₃ Optional: Humidity: % a Temperature: °C or °F		Gas: ppm
Reading functions	Instant, minimum, maximum, average		Instant
Sensor head type	 Sensor head Interchangeable	 Sensor head Removable / Replaceable	 Sensor head Removable / Replaceable
Sampling method	Active sampling via internal sensor head fan		Active sampling via sensor board fan
Analog output	4-20 mA (opto-isolated), 10-30 Vdc	4-20 mA (opto-isolated), 12-24 Vdc	0-5 Vdc (LZ sensor board), 0-1.5 Vdc (UZ sensor board)
External signal type	Transistor output (4) (24 Vdc at 150 mA max)		Relay output (24 Vdc; 5 A max.)
External signal functions	Low Alarm High Alarm Control Diagnostics		Factory configured
External signal input	Standby toggle		
Connectors	Screw type		
Monitor Identification (ID)	1 (Default) User configurable from 1 to 255		
Alarm set points	User configurable Low Alarm High Alarm		Factory configured single point
Control set point	User configurable Low Alarm High Alarm		Factory configured
Communication	RS-485 (Aeroqual proprietary protocol)		RS232 and RS485 (Aeroqual proprietary protocol)
Software	Free PC Configuration software and logging Link data to a specific location and monitor (Data cable required)		
Interface (optional)	RS-485 to USB cable		RS-485 and RS-232
Power (user supplied)	Regulated 12 Vdc, 800 mA	24 Vdc, 500 mA (range 22-24 Vdc)	12 Vdc; 800 mA; Plug-in Vdc power adaptor supplied
Monitor base/enclosure material and rating	Polycarbonate IP20 NEMA 1 equivalent	Polycarbonate IP41 NEMA 2 equivalent	Flame resistant PS IP20 NEMA 1 equivalent
Size (with sensor head) (L x W x H)	64 H x 130 Ø mm; 2½ x 5¼ Ø in	180 x 110 x 90 mm 7¼ x 4¼ x 3½ in	130 x 94 x 57 mm 5¼ x 3¾ x 2¼ in
Weight (Incl. Sensor)	< 200 g; < 7 oz	< 850 g; < 30 oz	270 g; 9.5 oz (excludes AC power adaptor)
Environmental operating conditions	0°C to 40°C 32°F to 104°F		
Approvals	Part 15 of FCC Rules, EN 61000-6-3: 200, EN 61000-6-1: 2001		

Optional accessories



Temperature/ RH Sensor
FM TRH01



Monitor RS485 to USB Cable
AS R17



Integrated display (930 Only)
FM DISP01



Siren & strobe (930 Only)
AS R23D





ppbRAE Plus VOC Detector Monitor

Portable continuous ppb VOC Detector Monitor

The rugged **ppbRAE Plus** is the most sensitive handheld volatile organic compound (VOC) monitor in the world. Its photoionization detector (PID) provides true parts-per-billion (ppb) detection for applications from Indoor Air Quality (IAQ) to HazMat/Homeland Security.



Key Features

New extended range from 1 ppb to 2,000 ppm

Proven PID technology

The patented dual-channel 3D sensor provides a 5-second response time and sets a new standard for resistance to moisture and dirt while the super-bright 10.6eV lamp provides extra sensitivity for low-ppb measurements.

Exclusive zeroing tube

Assures repeatability at low-level measurements with a disposable VOC zeroing tube.

Self-cleaning lamp and sensor

RAE Systems' patented self-cleaning lamp and sensor minimizes the need for maintenance and calibration.

The ppbRAE Plus lamp and sensor can be taken apart in seconds for easy maintenance without tools!

Measure more chemicals than with any other PID

With over 100 Correction Factors built into the **ppbRAE Plus** memory and the largest printed list of Correction Factors in the world (300+), the **ppbRAE Plus** offers the ability to accurately measure more ionizable chemicals than any other PID. When a gas is selected from the **ppbRAE Plus** library, its alarm points are automatically loaded into the meter.

User-friendly screens make it easy to use for simple applications and flexible enough for sophisticated operations.

Drop-in battery

When work schedules require putting in more than the 10 hours supplied by the standard NiMH battery, the drop-in alkaline pack supplied with every **ppbRAE Plus** lets you finish the job.

Rugged Rubber Boot

The standard rubber boot helps assure that the **ppbRAE Plus** survives the bumps and knocks of tough field use.

Strong, built-in sample pump

Draws up to 100 feet (30m) horizontally or vertically.

Tough flexible inlet probe

Large keys

Operable with 3 layers of gloves

Easy-to-read display with backlight

Stores up to 267 hours of data

One-minute intervals for downloading to a PC (with the datalogging option)

Applications

HazMat/Homeland Security

- Searching for Toxic Industrial Chemicals (TICs) and Chemical Warfare Agents (CWAs)
- 5-second response enables quick assessment of patients in decon lines

Indoor Air Quality (IAQ) surveys

- Outgassing of new building materials (carpet and fabrics)
- Searching for mold and mildew by measuring microbial VOCs (mVOCs)
- Identifying sources of odors

Industrial Hygiene/Safety

- Worker exposure studies for very toxic chemicals

Environmental

- Perimeter fence line monitoring
- Low-level leak detection

ATEX



RAE Systems Inc.
3775 North First Street, San Jose, CA • 95134 • USA
Tel: 877.723.2878 • Fax: 408.952.8480
Email: raesales@raesystems.com • www.raesystems.com
ver2_06.05

RAE Systems Europe
Orestads Boulevard 69, 2300 Copenhagen S • Denmark
Tel: +45.8652.5155
RAE Systems (Hong Kong) Ltd.
Room 8, 6/F, Hong Leong Plaza, 33 Lok Yip Road, Fanling, N.T. • Hong Kong
Tel: 852.2669.0828



Specifications *

Range, Resolution & Response Time

Gas Monitor	Range	Resolution	Response Time (T90)
VOCs	0 - 9999 ppb	1 ppb	< 5 sec
	10.0 - 99.9 ppm	0.1 ppm	< 5 sec
	100 - 2000 ppm	1 ppm	< 5 sec

Detector Specifications

Size	8.2"L x 3.0"W x 2.0"H (21.8 x 7.62 x 5.0 cm)
Weight	19.5 oz with battery pack (553g) w/o rubber boot
Sensor	Patented, planar, dual-channel, photoionization sensor with super-bright 10.6 eV lamp
Battery	<ul style="list-style-type: none"> Rechargeable, external, field replaceable Nickel-Metal-Hydride (NiMH) battery pack Alkaline battery holder (for 4 AA batteries)
Operating Period	10 hours continuous operation
Display	Large LCD, backlight activated manually, with alarms or by darkness
Keypads	1 operation and 2 programming keys
Direct Readout	<ul style="list-style-type: none"> VOCs as ppb or ppm by volume High and low values STEL and TWA (in hygiene mode) Battery and shutdown voltage
Alarms	90dB buzzer and flashing red LED to indicate exceeded preset limits <ul style="list-style-type: none"> High: 3 beeps and flashes per second Low: 2 beeps and flashes per second STEL and TWA: 1 beep and flash per second Alarms with automatic reset or latching with manual override Optional plug-in pen-size vibration alarm User-adjustable alarm limits
Calibration	Two-point field calibration of zero and standard reference gas. Calibration memory of 8 calibration gases, alarm limits, span values and calibration date
Datalogging	Optional 267 hours (at one-minute intervals) with date/time. Header information includes monitor serial number, user ID, site ID, date and time
Sampling Pump	<ul style="list-style-type: none"> Internal, integrated flow rate 400 cc/min Sample from 100' (30m) horizontally or vertically
Low Flow Alarm	Auto shut-off pump at low-flow condition
Communication	Download data and upload instrument set-up from PC through RS-232 link to serial port
Temperature	14° to 104°F (-10° to 40°C)
Humidity	0% to 95% relative humidity (non-condensing)
EM/RFI	Highly resistant to EMI/RFI. Compliant with EMC Directive 89/336/EEC
IP-rating	IP-55: protected against dust, protected against low-pressure jets of water from all directions
Hazardous Area Approval	<ul style="list-style-type: none"> US and Canada: UL and cUL, Classified for use in Class I, Division 1, Groups A, B, C and D hazardous locations Europe: ATEX II IG EEx ia IIC T4
Attachments	Durable black rubber boot w/belt clip & wrist strap
Warranty	Lifetime on non-consumable components (per RAE Systems Standard Warranty), 1 year for 10.6 V PID lamp, 1 year for pump and battery

*Ongoing projects to enhance our products mean that these specifications are subject to change

Monitor-only includes:

- RAE Systems 10.6 eV UV lamp
- 5" Flex-I-Probe
- External filter
- Rubber boot with belt clip
- Alkaline battery adapter
- Tool kit
- Lamp-cleaning kit
- VOC Zeroing Tubes (1 box)
- Tube adapter
- Tedlar® bag for calibration
- Nickel-Metal-Hydride battery
- 120/230 V AC/DC wall adapter (if specified)
- Operation and maintenance manual

Flex-I-Probe w/exclusive disposable zeroing tube



ppbRAE Plus

Monitor with accessories kit adds:

- Hard transport case with pre-cut foam
- 5 porous metal filters and O-rings
- Gas outlet port fitting and tubing

Optional calibration kit adds:

- 10 ppm isobutylene calibration gas, 34L
- Regulator (0.5 LPM) and Teflon® tubing

Datalogging monitor adds:

- ProRAE Suite software package for Windows 98, NT, 2000 and XP
- Computer interface cable

Optional Guaranteed Cost of Ownership Program:

- 4-year repair and replacement guarantee
- Annual maintenance service

DISTRIBUTED BY:



RAE Systems Inc.
 3775 North First Street, San Jose, CA • 95134 • USA
 Tel: 877.723.2878 • Fax: 408.952.8480
 Email: raesales@raesystems.com • www.raesystems.com
 ver2_06.05

RAE Systems Europe
 Orestads Boulevard 69, 2300 Copenhagen S • Denmark
 Tel: +45.8652.5155
RAE Systems (Hong Kong) Ltd.
 Room 8, 6/F, Hong Leong Plaza, 33 Lok Yip Road, Fanling, N.T. • Hong Kong
 Tel: 852.2669.0828

