

Il pennacchio dal camino

Un fenomeno di condensa

Holcim Italia - unità produttiva di Ternate

1. Premessa

Le emissioni dalla linea di cottura della cementeria sono oggetto di gestione, controllo e limitazione ai sensi della normativa europea IED 2010/75/EU – Direttiva Emissioni Industriali, (recepita a livello nazionale dal D.Lgs. 46/2014), e regolamentate **nell’Autorizzazione Integrata Ambientale** rilasciata ai sensi del Testo Unico Ambientale (DLgs 152/2006).

Tali emissioni sono l’esito del processo produttivo (caratteristiche chimiche e fisiche delle materie prime), della combustione, delle tecnologie di processo e delle tecnologie di mitigazione/abbattimento implementate. Tali tecnologie e le loro performance sono definite a livello europeo nell’ambito delle **“Miglior Tecnologie Disponibili” (BAT)**.

In letteratura internazionale è ampiamente riportato come l’utilizzo di combustibili di recupero in sostituzione di combustibili convenzionali consenta di perseguire i seguenti risultati:

- la riduzione della quota di CO₂ emessa, in relazione alla frazione di biomassa contenuta nei combustibili stessi ed al minore contenuto di carbonio fossile a vantaggio di un maggiore contenuto di idrogeno;
- il contenimento delle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) e di ammoniaca (NH₃);
- la riduzione del consumo di risorse fossili non rinnovabili,;
- la chiusura del ciclo di recupero dei rifiuti contribuendo in modo efficace alla reale circolarità dell’economia, contrastando il ricorso a pratiche meno virtuose quali le discariche e l’esportazione all’estero, gli incendi dolosi, lo smaltimento illegale di ciò che oggi non è ancora recuperabile..

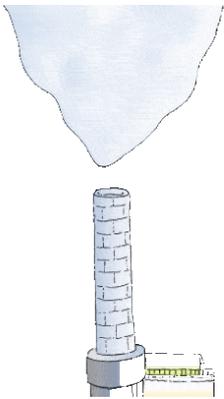
Le caratteristiche tecnologiche e di processo del forno di produzione del clinker sono particolarmente adatte, in termini di sicurezza ambientale, al recupero come combustibile di molti rifiuti non altrimenti recuperabili: alte temperature (fino a 2000 °C), ambiente fortemente basico, elevati tempi di residenza associati a forte turbolenza dei gas di processo, sistemi moderni di trattamento dei gas, assenza di scorie residuali.

Tali caratteristiche sono ben note e come tali ampiamente praticate a livello internazionale ed europeo, in modo particolare nei paesi del nord Europa e nella vicina Confederazione Elvetica, paesi unanimemente riconosciuti come leader indiscussi nella gestione circolare dei rifiuti e all’avanguardia nella protezione dell’ambiente.

L’unità produttiva di Ternate, grazie a tale pratica, può evitare l’emissione di circa 80.000 – 100.000 t/anno di anidride carbonica.

I combustibili di recupero, solo ed esclusivamente nelle tipologie previste dalla **Autorizzazione Integrata Ambientale** e dalla **Valutazione di Impatto Ambientale** conclusasi con giudizio positivo di compatibilità, sono oggetto di stringenti controlli, sia a cura del laboratorio interno che a cura di laboratori esterni e periodicamente verificate dagli organi di controllo pubblici. Il loro utilizzo, a valle dei controlli previsti, è ulteriormente subordinato al mantenimento delle caratteristiche di qualità del clinker e dei cementi prodotti stabilite dalle norme tecniche specifiche europee in materia di materiali da costruzione.

Il controllo delle emissioni a camino è eseguito continuamente in tempo reale attraverso un Sistema di **Monitoraggio delle Emissioni (SME)**, impostato come richiesto dalla normativa europea, sempre attivo e senza interruzione; nel caso di manutenzione o guasto, un sistema gemello, con le stesse caratteristiche e funzionante in parallelo, garantisce sempre la totale disponibilità dei dati durante le ore di operatività della linea cottura. I dati emissivi misurati in continuo sono inviati in tempo reale ai sistemi di controllo di **ARPA Lombardia**; vengono inoltre misurati, registrati e trasmessi i dati e i parametri di processo, di produzione e di combustione, così da definire completamente il quadro istantaneo del funzionamento del forno. Ad integrazione e completamento dei dati misurati in continuo, un Laboratorio Terzo accreditato esegue campionamenti e analisi, al fine di indagare i parametri non misurabili in continuo e validare costantemente i dati dei 2 SME. Tutti i dati, sia quelli misurati in continuo che quelli campionati periodicamente, sono trasmessi alle Autorità competenti per i controlli. Periodicamente ARPA Lombardia esegue a sua volta verifiche e controlli in sito con propri tecnici, propria strumentazione e propri laboratori, potendo eseguire sia campionamenti e analisi per la verifica del rispetto dei limiti, sia il controllo di veridicità dei dati continui e discontinui trasmessi dall'Azienda.



2. Il Pennacchio dal camino

Nel quadro sopra descritto in sintesi, si colloca un fenomeno particolarmente avvertito dall'opinione pubblica, ovvero quello del cosiddetto "**pennacchio**" dal camino linea cottura, spesso fonte di preoccupazione e di dubbio per via della sua intensità e colore in determinati momenti del giorno quali la notte o il mattino.

Si tratta di un fenomeno di impatto visivo a volte molto importante, ma tuttavia privo di qualsiasi effetto ambientale negativo, sia reale che potenziale. Non è indicativo né di emissioni particolari né di anomalie/guasti di produzione/processo, di combustione, ma è unicamente la conseguenza della condensazione della componente "**acqua**" presente nei gas in uscita, allorché le caratteristiche esterne atmosferiche e meteorologiche siano favorevoli alla formazione del cosiddetto pennacchio

Nel dettaglio.

I gas in uscita dal camino della linea cottura, sono caratterizzati da temperature di c.a. 115/135 °C e da elevato tenore di umidità (11/18%); in particolari condizioni atmosferiche quali temperatura, umidità, pressione, inversione termica, circolazione dell'aria, l'acqua può condensare in vapore acqueo dando luogo a una formazione emissiva visibile anche a significative distanze. Per questa ragione tale fenomeno non è costante e nemmeno casuale, bensì si presenta unicamente nei periodi invernali (generalmente da novembre a marzo), e nelle ore più fredde della giornata, rimanendo invece assente, ovvero non visibile (a parità di tutte le caratteristiche del gas in emissione), in periodi giornalieri o stagionali, le cui caratteristiche non danno luogo alla condensazione della frazione umida per via delle condizioni atmosferiche più miti

La **forma** e la **visibilità** del pennacchio, molto **variabili** a seconda del giorno e dell'ora del giorno, sono legate alle condizioni atmosferiche/meteorologiche presenti al momento quali vento, assenza di vento, inversione termica, alta/bassa pressione, pioggia, sole, nebbia. Alla forma e visibilità del pennacchio si associa poi il suo colore che dipende soprattutto dalla trasparenza dell'aria e dal posizionamento dell'osservatore e del sole rispetto al pennacchio stesso : a parità di forma del pennacchio, nello stesso istante il suo colore varia a seconda della posizione dell'osservatore , così come nella stessa posizione il colore varia a seconda dell'ora in cui lo si osserva. Quando la posizione del sole è bassa sull'orizzonte, ad esempio il mattino di una giornata serena con cielo limpido, si può facilmente riscontrare da due punti diametralmente opposti il colore scuro da una parte e il colore bianco dall'altra. Il colore scuro (da una sola parte) è da associarsi esclusivamente alla parte in "ombra " del pennacchio e non, come si potrebbe erroneamente pensare, alla presenza di fuliggine e incombusti nei gas; peraltro la presenza di incombusti neri sarebbe immediatamente riscontrabile e verificabile dall'analisi dei dati misurati in continuo.

Sempre per quanto riguarda il colore, volendo addentrarsi in una spiegazione un poco più tecnica del fenomeno, ogni minuscola gocciolina di vapore condensato è responsabile di un effetto di assorbimento/diffusione della luce ricevuta dal cielo e dal sole, variando/attenuando l'intensità iniziale, deviandone il percorso generando nuove angolature, creando dei riflessi e zone di ombra, diversi e correlati al posizionamento interdependente dei **3 elementi**: pennacchio – luce (sole) – osservatore. Per tale ragione, si ribadisce, punti di osservazione differenti ma contemporanei portano a possibili differenti percezioni ottiche dello stesso fenomeno (vedasi punto 3), oppure situazioni esterne differenti portano a colorazioni differenti del pennacchio, pur mantenendosi costante chimica e fisica dell'emissione.

3. Osservazioni fotografiche

Nell'intento di dare evidenza a quanto descritto nel precedente punto 2, è stato raccolto materiale fotografico, attestante la **variabilità** delle caratteristiche di pennacchio rispetto a:

- posizione della luce e del sole rispetto al pennacchio e posizione dell'osservatore rispetto al pennacchio;
- orario (da cui dipendono condizioni atmosferiche fra cui temperatura, inversione termica, circolazione dell'aria);
- caratteristiche meteorologiche e di colorazione del cielo.

Durante tali osservazioni i dati di produzione e combustione sono sostanzialmente **costanti** (se non per le normali e inevitabili fluttuazioni), così come ampiamente sotto i limiti legali sono le concentrazioni dei parametri e degli inquinanti del gas in uscita.

Emissioni e dati di processo/produzione/combustione devono altresì ritenersi validati, perché trasmessi in **tempo reale** ad ARPA Lombardia.

Il riferimento temporale assunto per concentrazioni emissive e caratteristiche di processo/produzione/combustione è la mezzora, così come previsto dalla norma.

Si specifica che le fotografie sono ottenute da normale dispositivo smart, senza applicazione di alcun filtro.

3.1 Colorazioni e forme rispetto alle caratteristiche esterne

Pur trattandosi dello stesso fenomeno di **condensa**, come descritto al punto 2, il pennacchio può assumere diverse colorazioni dipendenti dalle caratteristiche atmosferiche, meteorologiche, di colore del cielo e della luce presente.

- La combinazione fotografica a seguire, mostra il pennacchio con **3 diverse colorazioni**, ripreso dal medesimo punto, ingresso frontale Cementeria, in orari differenti della stessa giornata e a parità di caratteristiche del gas in uscita e di produzione/combustione:

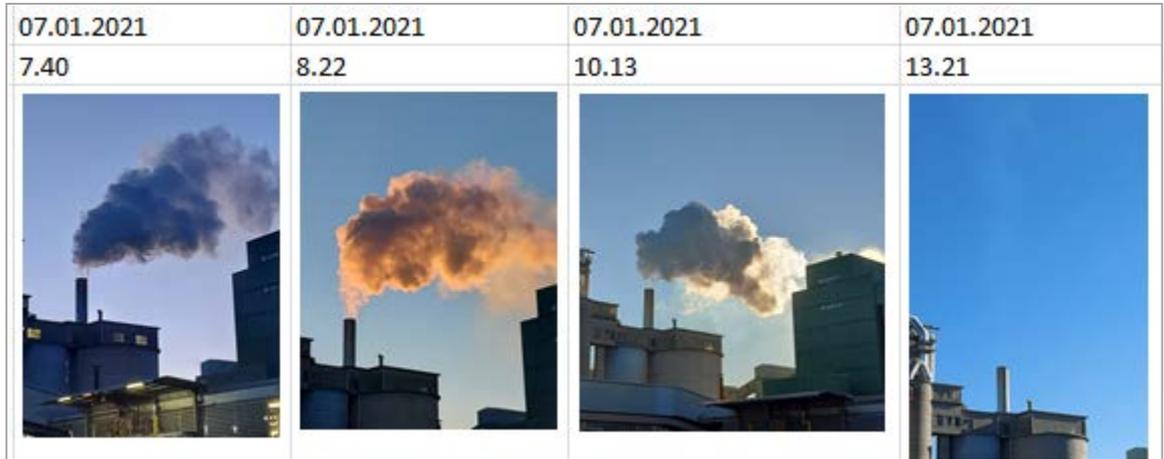


Giornata invernale, tersa, con basse temperature, nelle prime ore della mattina, con diversa posizione del **sole** (dietro al pennacchio) rispetto all'osservatore: gradazioni grigio-blu, rosa,

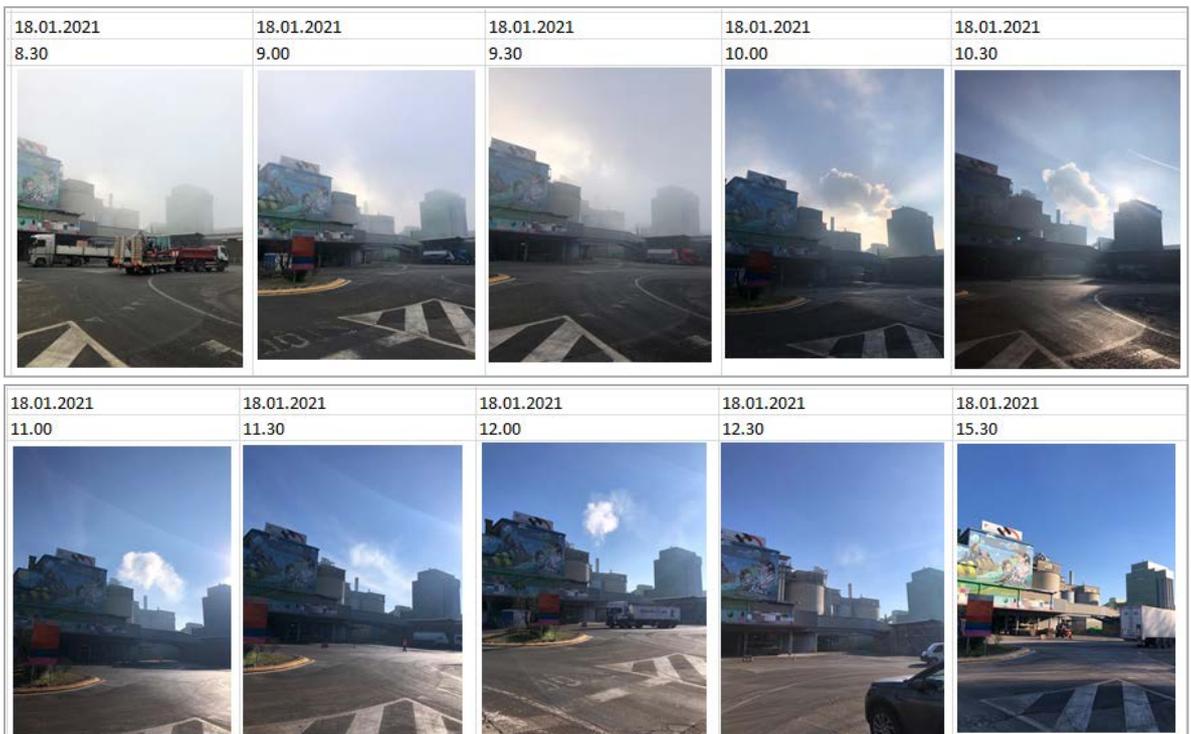
grigio-bianco dipendenti dalla diversa dispersione della luce al variare dell'inclinazione dei raggi solari.

Nella seconda e terza immagine sono inoltre più facilmente riscontrabili sfumature diverse nelle diverse aree del pennacchio, dovute alla maggiore /minore densità dello stesso : più scuro laddove la densità è maggiore e quindi la luce filtra meno e viceversa.

Di seguito è aggiunto un quarto fotogramma: alle ore 13.21 le variate condizioni atmosferiche sono tali da non creare l'effetto di condensa, tanto che – a parità di condizioni di funzionamento– l'emissione non risulta praticamente più visibile.



- Lo stesso concetto può essere ben rappresentato dalla successione di immagini, riprese dallo stesso punto di osservazione (frontale Cementeria), nel corso dello scorrere di una diversa giornata (ore di luce – frequenza semioraria):



Il **colore** e l'intensità della **luce** del cielo influenzano le caratteristiche di colore del pennacchio; lo stesso vale per la posizione del sole, rispetto al pennacchio e all'osservatore: quando il sole si trova esattamente dietro al pennacchio, in relazione all'osservatore, si creano zone di ombra tanto da fare assumere al pennacchio una colorazione più scura (es. fotogramma 4 e 5). Con la

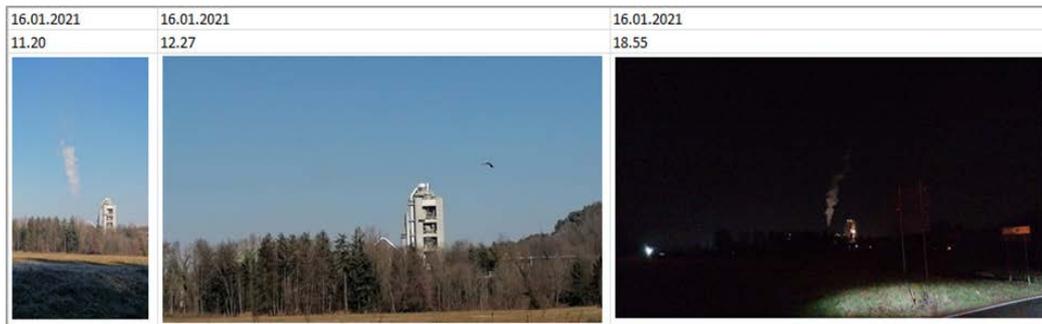
progressione della posizione del sole, in allontanamento dalla linea pennacchio-osservatore, le zone d'ombra sul pennacchio stesso diminuiscono, e la colorazione del pennacchio risulta sempre più tendente unicamente al bianco, fino a che (dalla tarda mattinata) le condizioni atmosferiche sono tali da attenuare (es. fotogramma ore 12.30) e infine non indurre del tutto (es. fotogramma 15.30) la formazione di condensa.

Analogo comportamento può essere sperimentato in giorni di bassa pressione, seppure la luce del sole sia presente da dietro la coltre nuvolosa, e quindi giochi un ruolo meno determinante rispetto allo stesso punto di osservazione. Anche in tale casistica, le caratteristiche atmosferiche risultano tali da interrompere il fenomeno di condensa nelle ore centrali della giornata:



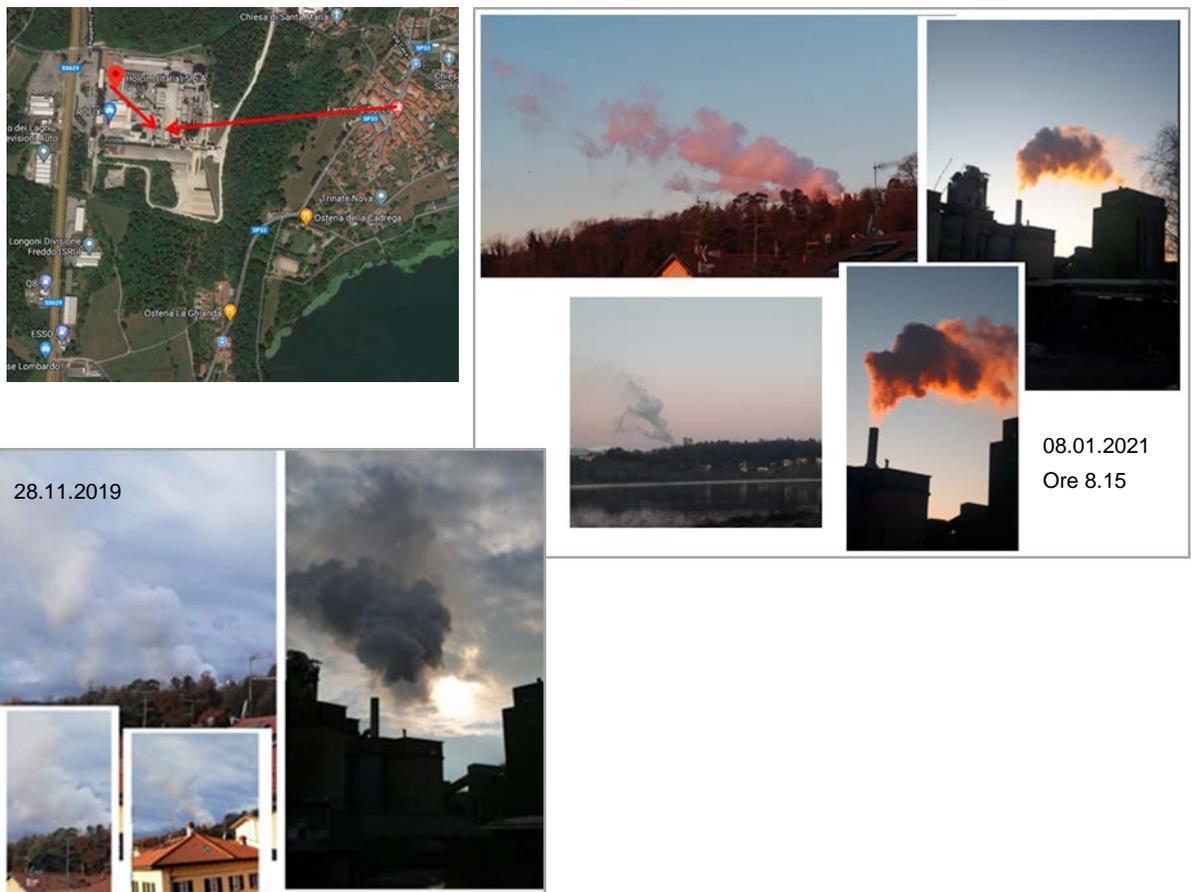
- Di seguito si riporta esempio da diversa posizione (da sud; lato San Sepolcro Ternate) Da rilevare che, di notte, in condizioni fredde e in assenza di luce, il pennacchio rimane visibile a conferma che trattasi di vapore (bianco e quindi visibile):





3.2 Colorazioni e forme rispetto alle caratteristiche esterne

Il gruppo di fotografie a **confronto**, già utilizzate in altre comunicazioni ufficiali, riguarda il **doppio e opposto** punto di osservazione frontale Cementeria – piazza Ternate, su differenti giornate invernali, che presentano diverse caratteristiche atmosferiche, meteorologiche, di luce e di colorazione del cielo:



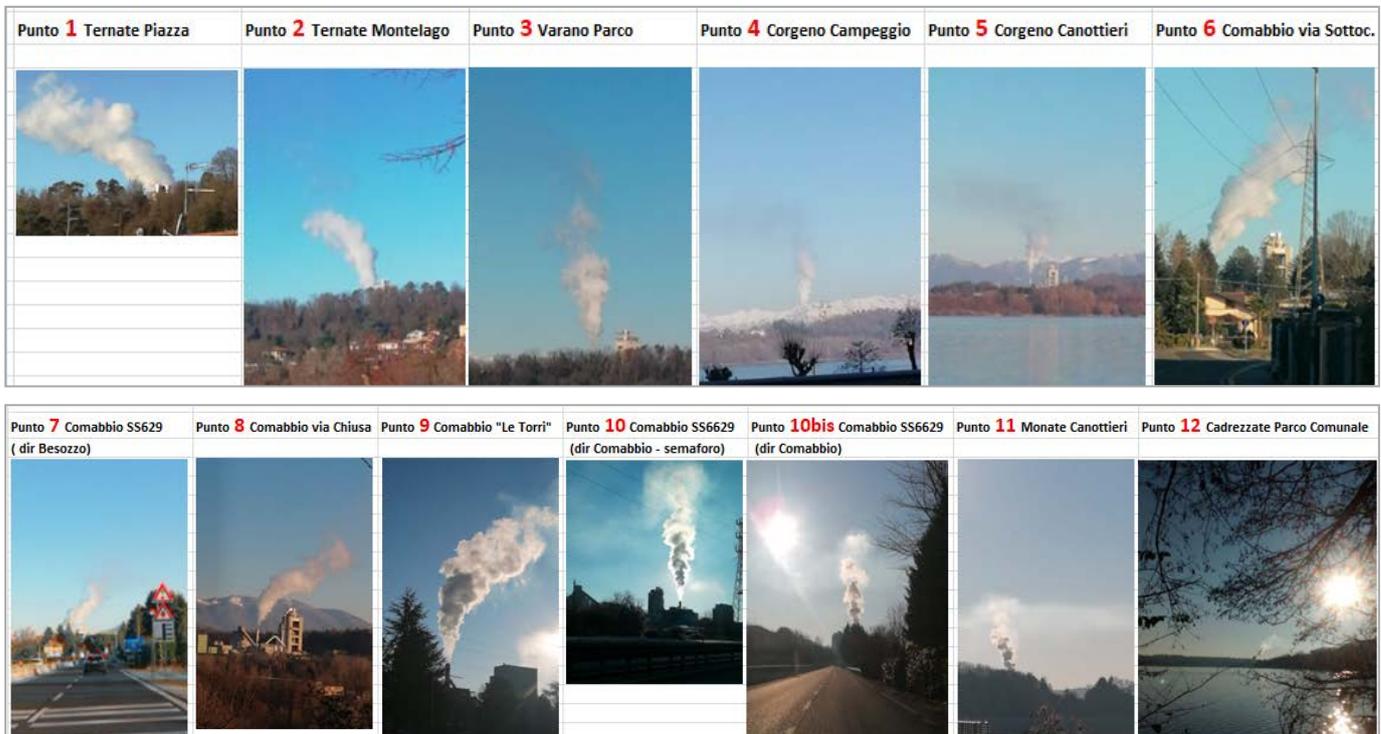
Si notano significative differenze di **percezioni ottiche** del medesimo e **contemporaneo** fenomeno, rispetto al punto di osservazione. Le colorazioni del pennacchio sono sempre diverse se osservate dai 2 diversi punti, ma con una logica fissa. Proprio in relazione al percorso del sole, gli scatti della mattina presentano lato frontale cementeria colorazioni più scure rispetto al lato piazza Ternate; il sole, in posizione retrostante, crea delle zone d'ombra nel pennacchio, con intensificazione della colorazione.

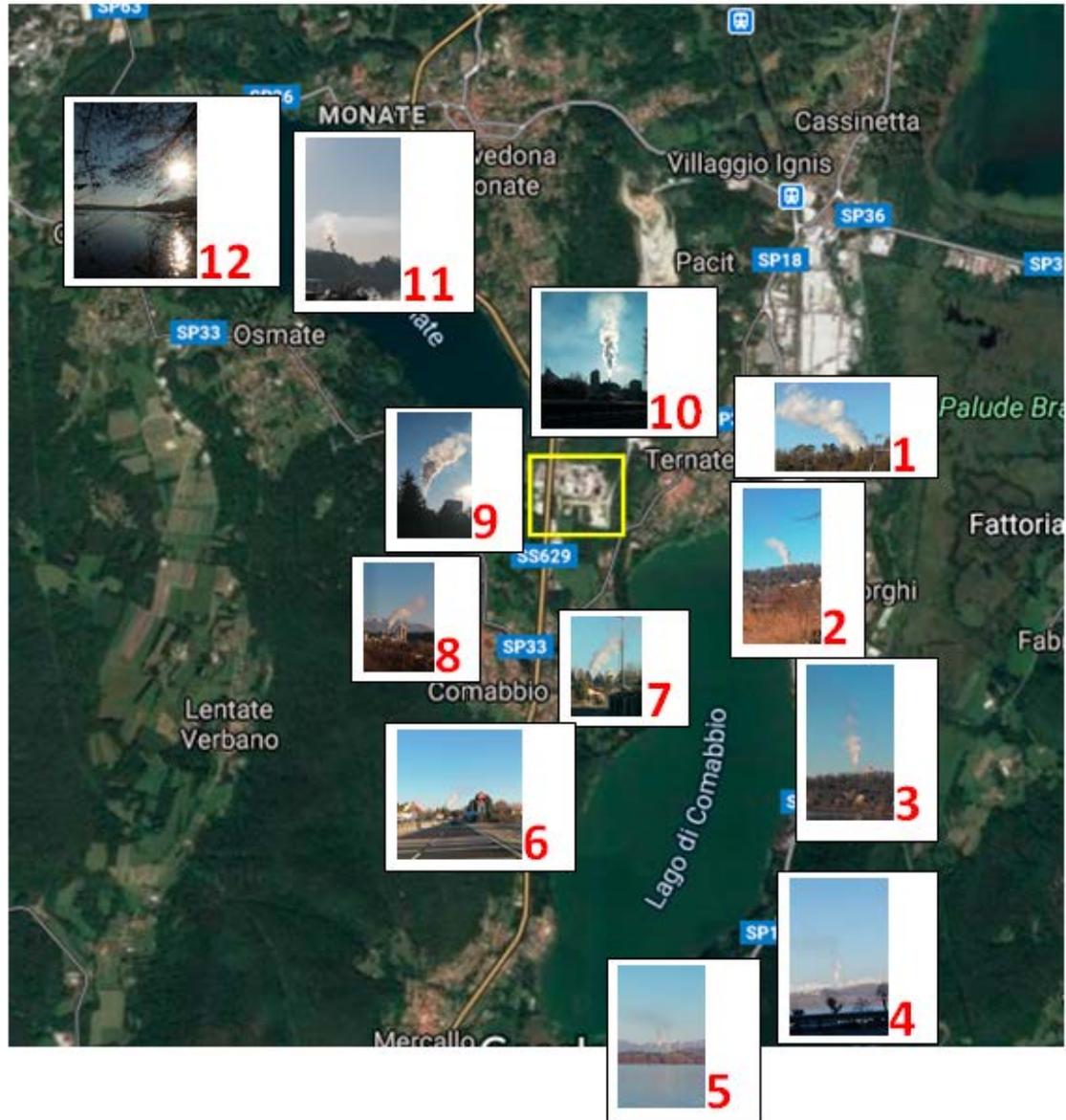
Con il sole alle spalle il pennacchio è visibile dalla parte illuminata e quindi appare bianco



3.3 Colorazioni e forme rispetto ai punti di osservazione contemporanei sui punti cardinali

L'evidenza del ruolo chiave giocato dalla direttrice pennacchio - luce (sole) – osservatore, è tanto più accentuata se sono considerate posizioni di osservazione più numerose e collocate sui **diversi punti cardinali** rispetto al camino. Nelle immagini a seguire, sono presentati fotogrammi, pressochè contemporanei, scattati nel giorno 11.01.2021 da 12 punti, secondo una successione spaziale (meglio poi rappresentata nella mappa), che rappresenta le principali posizioni di osservazione del fenomeno, nell'intorno dell'Azienda. Quando non esattamente contemporanei, gli scatti presentano comunque una successione temporale interna alla mezz'ora 9.30-10.00.





Da tale rappresentazione, risulta evidente che a **parità di condizioni** esterne e del gas in emissione (scatti contemporanei), la **colorazione** dipende dalla posizione del sole rispetto alla posizione dell'osservatore. Tanto più la luce retro-illumina il pennacchio rispetto all'osservatore, tanto più la colorazione del pennacchio risulta scura, come visibile spostandosi ai punti di osservazione da 9 a 12.

Dunque, se sussistono le condizioni esterne alla formazione di condensa (e ciò accade con specifica stagionalità e variazione giornaliera tra ore più/meno fredde), il pennacchio può apparire con diversità di colore significative rispetto al punto di osservazione considerato.

3.4 Pennacchio: non solo Holcim

Il fenomeno di condensa, non è tipico solo delle emissioni da camino della Cementeria, ma nel periodo invernale si presenta anche su altre tipologie di emissione, di tipo industriale o anche **civile**, caratterizzate da temperatura e umidità tali da portare – in combinazione alle caratteristiche atmosferiche, alla formazione di vapore condensato.

Sono portati di seguito altri esempi:

Esempio 1.

15.01.2021, ore 12.00 vs 16.01.2021, ore 11.33

Fenomeno di condensa presso le emissioni da riscaldamento civile di Ternate, anch'esse influenzate nel colore e nella forma dalle particolari condizioni atmosferiche, meteorologiche e di luce.

Le diverse condizioni atmosferiche (pressione, inversione termica, circolazione dell'aria), generano diverse forme e altezze, e la luce abbinata al colore del cielo una diversa colorazione



Esempio 2

15.01.2021, ore 9.21

Emissione da riscaldamento civile c/o abitazione privata contemporaneo a emissione da pennacchio Holcim.

