

# GIOCO D'INNESCHI



Di Matteo Lombardi

“Un ringraziamento particolare va al collega ed amico Davide Modena senza il quale la parte fotografica non sarebbe mai potuta essere così efficace.”

## Quanto posso risultare pericolosi i gas della pirolisi prodotti durante un incendio al chiuso e non ancora innescati?

Per cercare di rispondere a questa domanda utilizzeremo tre esperimenti, nei quali andremo a produrre i gas della pirolisi e ne analizzeremo il comportamento.

Il materiale che faremo pirolizzare, è legno truciolato compresso (pellet) senza aggiungere alcun accelerante o altro additivo.

Per comprendere come il legno rilascerà i gas della pirolisi dobbiamo prima di tutto analizzare i suoi componenti:

- La cellulosa: (comprendente anche la Emicellulosa) è il componente presente in maggior quantità ed occupa circa il 70% del peso totale del legno.
- La lignina: è un polimero organico costituito da composti fenolici. Possiamo paragonarla, per semplicità, ad un collante naturale.
- L'acqua: sotto forma di umidità presente nel legno.

Somministrando calore al legno andremo ad essiccarlo e a rompere i legami delle lunghe molecole di cellulosa e della lignina, che daranno come prodotti molecole più piccole e leggere.

Le diverse quantità dei tre elementi fondamentali, cellulosa, lignina ed acqua contenute nelle diverse essenze del legno, influenzano la resa dei diversi prodotti di pirolisi, ma in ogni situazione si avranno sempre:

- Una frazione gassosa a basso - medio potere calorifico contenente CO, CO<sub>2</sub>, idrocarburi (CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>), H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>.
- Una frazione liquida oleosa contenente catrame, acqua, bio-oil, e composti organici a basso peso molecolare come aldeidi, acidi, chetoni, alcoli.
- Un prodotto solido costituito da residui a più alto peso molecolare come porzioni carboniose, ceneri, inerti e metalli.

## SEGNALI GASSOSI:



Poniamo circa 100 gr di pellet, all'interno del fondello del distillatore.

Poniamo il distillatore su un fornello alimentato a butano. Grazie al quale si riescono a raggiungere rapidamente le temperature teoriche di pirolisi del legno ( 300°) all' interno del distillatore. Ricordiamo che la combustione del pellet all'interno del distillatore avverrà in totale assenza d'aria e di conseguenza la fiamma non potrà mai entrare all'interno del fondello del distillatore e venire a contatto con il pellet.



Dopo pochi istanti si nota del vapore uscire dal beccuccio del distillatore, sintomo che la pressione all'interno dello stesso sta aumentando. Realizziamo che si tratta di vapore acqueo dal fatto che si presenta di colore bianco e che la temperatura all'interno del distillatore è di circa 100 c°. In questo stadio il pellet è in fase di essiccazione.

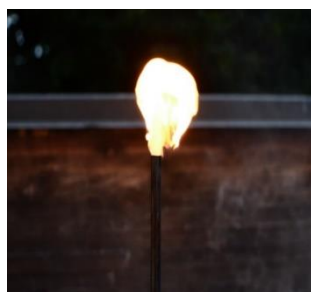


Per confermare che si tratti di vapor acqueo, possiamo eseguire la prova avvicinando una fonte d'innesco (quale una fiamma di un accendino) e valutare che questi vapori non siano minimamente infiammabili, anzi spengano la fonte di innesco.



Con il passare del tempo il pellet inizia a rilasciare gas della pirolisi e oli in sospensione che, unendosi al vapor acqueo, gli conferiscono un color nocciola.

Provando ad innescare il miscuglio di vapor acqueo e gas della pirolisi, possiamo notare che i gas non bruciano in maniera completa e la combustione per avvenire ha bisogno di una costante fonte d'innesco, confutando così la tesi che in questo stadio il vapore d'acqua sia predominante sui gas della pirolisi.



Lasciando passare qualche minuto, osserviamo che dal beccuccio fuoriescono gas della pirolisi dal classico color nocciola; per avere una conferma di ciò controlliamo il termometro e notiamo che la temperatura del pellet all'interno del distillatore ha raggiunto il range teorico di sviluppo dei gas della pirolisi.



Questo significa che in tale stadio il vapor d'acqua è minimo e andrà infine scomparendo del tutto.

Avvicinando nuovamente la fonte d'innesco, rileviamo una combustione dei gas completa e capace di autosostenersi.



Il processo di pirolisi continua finché tutte le molecole di cellulosa non si sono scisse completamente, a quel punto i gas della pirolisi smettono di essere prodotti, con la conseguente estinzione della fiamma. Possiamo apprezzare ciò che è rimasto all'interno del distillatore, residui carboniosi, dovuti al fatto che all'interno del distillatore la combustione avviene senza la presenza di ossigeno e quindi non essendoci una ossidazione la combustione del carbonio non avviene.

È stato stimato che il potere calorifico potenziale ancora presente nel carbone residuo dopo la pirolisi, sia circa il 30% del calore totale.



Se proviamo infatti ad innescare un pezzo del carbone residuo dalla pirolisi del pellet, abbiamo una combustione fumante, dovuta solamente alla reazione di ossidazione del carbonio con l'aria, mediante somministrazione di calore e non più per emissione di gas pirolitici.



Lasciando bruciare totalmente il carbone residuo, si ottiene polvere grigia (cenere), vale a dire minerali, ossidi di metalli alcalini ed alcalino terrosi che la pianta ha assunto dal terreno come nutrimento attraverso l'acqua durante il suo accrescimento e che quindi sono presenti all'interno del legno. Questi sali e metalli non bruciano, non si ossidano, non si decompongono con la temperatura e quindi lasciano un residuo, perfetto ad esempio per i fiori come puro nutrimento.

**Ora che abbiamo analizzato le fasi in cui i gas della pirolisi vengono emessi, andremo ad utilizzarli in altri due esperimenti per cercare di rispondere alla domanda iniziale.**

## SACCO MATTO:

È l'esperimento che abbiamo utilizzato per simulare dei gas stazionari all'interno di un ambiente e capire se, anche dopo un certo tempo e dopo un abbattimento della loro temperatura essi possono essere ancora infiammabili e quindi creare non pochi problemi alle squadre d'intervento.

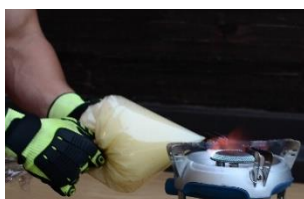


Abbiamo utilizzato un comune sacchetto di plastica e l'abbiamo posto attorno al beccuccio d'uscita dei gas durante lo stadio in cui i gas, se innescati, potrebbero sostenere la combustione autonomamente.

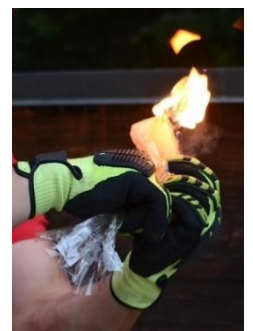
Abbiamo atteso qualche istante in modo tale che i gas lo riempissero.



Estratto il beccuccio, abbiamo aspettato che la temperatura dei gas arrivasse ad una temperatura di qualche grado superiore a quella ambientale.



Abbiamo avvicinando un angolo del sacchetto ad una fonte d'innesci, non appena la fiamma ha forato il sacchetto, i gas si sono incendiati e sono stati in grado di sostenere la combustione fino al loro completo esaurimento.



## ACQUA GASSATA:

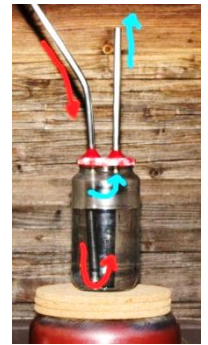
Dopo il precedente esperimento abbiamo voluto provare a far passare i gas della pirolisi attraverso dell'acqua, nell'intento di simulare l'attacco ai gas con l'utilizzo d'acqua da parte delle squadre d'intervento e di analizzare gli effetti sulla loro accensione.



Abbiamo modificato il beccuccio del distillatore in modo che i gas della pirolisi vengano rilasciati sul fondo di un contenitore pieno d'acqua ed aggiunto un nuovo beccuccio sopra la superficie dell'acqua, in modo tale che i gas, attraversato lo strato d'acqua, possano fuoriuscire.

Le frecce rosse indicano il percorso dei gas della pirolisi prodotti dal distillatore.

Le frecce azzurre indicano il percorso di fuoriuscita dei gas della pirolisi dopo aver attraversato l'acqua.



Non appena è iniziata la produzione dei gas della pirolisi dal distillatore, abbiamo potuto valutare la condensazione degli oli in sospensione nei gas sulla superficie dell'acqua.

Abbiamo osservato che avvicinando la fiamma dell'accendino ai gas, prelevati sopra la superficie dell'acqua, alla temperatura ambiente, si è verificata una istantanea combustione in grado di autosostenersi.



## CONSIDERAZIONI:

Verrebbe da pensare che tra i gas caldi, quelli freddi e quelli che hanno attraversato una strato d'acqua non ci sia differenza e quindi abbiano tutti la stessa pericolosità.

Ed invece la differenza è notevole, ed è riassunta in due concetti:

- **Energia di attivazione (AE):**  
in una situazione reale i fumi che si sviluppano a seguito di un incendio in un ambiente chiuso, quale per esempio una abitazione, sono un miscuglio molto complesso di diverse tipologie di gas, oltre a quelli dovuti alla pirolisi, prodotti da altrettanti innumerevoli componenti dell'ambiente quali: il mobilio, le apparecchiature elettriche, i rivestimenti, ecc... Questi fumi hanno ognuno una propria temperatura di accensione definita. La differenza sostanziale è correlata alla temperatura iniziale a cui si trovano: più alta è la temperatura iniziale dei fumi, meno energia servirà per raggiungere le loro temperature di attivazione e per realizzare un innesco a catena.
- **Zavorra termica (thermal ballast):**  
nel primo esperimento, la prima fase è quella dell'essiccamento del materiale, che come abbiamo visto produceva vapore acqueo, nell'ultimo esperimento i gas caldi che attraversano l'acqua, la fanno evaporare e la portano con sé fuoriuscendo dal beccuccio. Il vapore acqueo non partecipa alla reazione, ma assorbe energia, compiendo un'azione di inertizzazione dei gas che, a seconda dei casi, può essere parziale o totale.

Si evince che tecniche di raffreddamento dei fumi caldi, prodotti da un incendio, mediante l'utilizzo di acqua nebulizzata siano estremamente efficaci per ridurre la pericolosità, agendo sia sull'energia di attivazione, con la riduzione della temperatura, sia realizzando una inertizzazione, grazie all'evaporazione delle gocce d'acqua; riducendo così efficacemente il pericolo dell'autoaccensione.

Dai nostri esperimenti però si comprende come una fonte di calore molto elevata (nel nostro caso in miniatura una fiamma laminare di un accendino) possa provocare un'accensione istantanea dei gas, anche se questi si trovano a temperatura ambiente e hanno del vapore d'acqua al loro interno. La soppressione delle fiamme in un incendio chiuso quindi è prioritaria e di estrema importanza per scongiurare l'accensione dei fumi anche dopo averli raffreddati con getti d'acqua nebulizzata.