



Coordinatore: Gianluca Maria Farinola
Vice Presidente SCI
gianluccamaria.farinola@uniba.it

TAVOLO TECNICO: PRODOTTI CHIMICI CARENTI PER LE ANALISI DI TAMPONI FARINGEI PER LA DIAGNOSI DI COVID-19

Premessa

Con il breve racconto dell'attività di questo Tavolo Tecnico, oltre ai contenuti specifici che descrivo più avanti, desidero anche offrire una narrazione della genesi dell'iniziativa che la Società Chimica Italiana ha intrapreso per contribuire a fronteggiare l'emergenza sanitaria da Covid-19, a partire dal suo primo manifestarsi in Italia durante lo scorso marzo. Mentre il nostro Paese veniva travolto, primo in Europa, dall'ondata furiosa ed inattesa della pandemia da Covid-19, ed ancora ci si muoveva attoniti ed ignari di quanto drammatici ne sarebbero stati gli sviluppi, la SCI ha iniziato ad interrogarsi su come le sue attività sarebbero mutate, su cosa sarebbe successo e, soprattutto, su come la chimica italiana, e la nostra Società in particolare, avrebbero potuto contribuire a supportare il Paese nella gravità della tempesta in corso.

L'iniziativa nacque durante una riunione del Comitato Esecutivo convocata dal Presidente Guerra; per la prima volta, invece di parlarci in presenza fisica, ci guardavamo nei riquadri di un monitor di computer, con uno sfondo casalingo alle nostre spalle, uno sfondo che ci sarebbe divenuto familiare nei successivi incontri... il paradosso di una dimensione di confidenza domestica proprio quando la situazione ci costringeva a rendere i nostri rapporti più distanti.

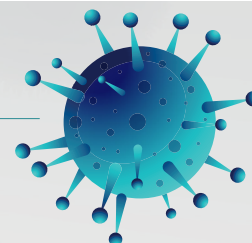
Il primo punto all'ordine del giorno di quella seduta era proprio dedicato a come la SCI avrebbe potuto contribuire a supportare il Paese in pandemia. Ebbene, proprio pochi giorni prima, nel mio ruolo di Delegato del Rettore alla Ricerca ed Innovazione per la mia Università (Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"), avevo avuto un colloquio con alcuni Componenti della Scuola di Medicina del mio Ateneo, i quali lamentavano le carenze con cui si

trovavano a dover affrontare l'emergenza sanitaria: carenze di dispositivi di sicurezza (mascherine, guanti ed indumenti protettivi, disinfettanti) ma anche limitate scorte di reagenti necessari per i tamponi faringei per la diagnosi del Covid-19. Tale scarsità avrebbe potuto, di lì a poco, trasformarsi in una severa limitazione della capacità diagnostica territoriale in Puglia. Riferii queste considerazioni a tutto il Comitato Esecutivo e, riflettendo insieme, nacquero delle idee su come la chimica italiana avrebbe potuto contribuire, e su come la SCI avrebbe potuto farsi promotrice di un'azione di coordinamento. Proprio l'iniziativa di supportare l'approvvigionamento di reagenti per la diagnostica molecolare apparve all'inizio una delle più necessarie.

Ma, continuando a ragionare, sembrò interessante programmare la costituzione di diversi Tavoli Tecnici su argomenti più ampi, per studiare le diverse criticità alle quali la chimica potesse dare una risposta. L'approccio adottato fu quello più congeniale al nostro stile pragmatico di chimici nell'affrontare i problemi: studiare i dati, progettare soluzioni, verificarne la realizzabilità e metterle in atto.

L'idea diventò progetto già nel successivo incontro del Consiglio Centrale in aprile, durante il quale furono organizzati i gruppi di lavoro chiamati Tavoli Tecnici, e ne furono definiti i responsabili; cinque Tavoli con contenuti tecnici ed uno sugli aspetti della didattica, la cui emergenza si manifestava con la stessa impellenza degli aspetti propriamente sanitari.

Come potete leggere nei seguenti articoli che ne descrivono le attività, nella diversità dei loro ambiti tematici, i Tavoli hanno tutti dato contributi di notevole interesse, in alcuni casi traducendosi in concrete azioni produttive di grandissima utilità, valo-



rizzando il contributo della chimica nella gestione dell'emergenza e, soprattutto, hanno mostrato l'importanza e l'efficacia di un'azione di coordinamento da parte della SCI.

Prodotti chimici carenti per le analisi di tamponi faringei per la diagnosi di Covid-19

Il Tavolo Tecnico che ho coordinato sui reagenti carenti per i tamponi orofaringei ha avviato subito la sua azione di indagine, documentandosi su quali fossero i potenziali rischi di rallentamento delle attività diagnostiche dovute ad una scarsità di reagenti per l'esecuzione dei test molecolari per la diagnosi di infezione da SARS-CoV-2. Il modo più semplice per procurarsi l'informazione era, da un lato, studiare la letteratura ed i dati tecnici disponibili sulla composizione dei sistemi utilizzati e, dall'altro, intervistare alcuni responsabili dei laboratori per capire quali fossero i possibili problemi.

Tra i test per la rilevazione del nuovo coronavirus, il tampone oro/nasofaringeo si basa sul riconoscimento molecolare dell'acido nucleico virale. Il campione biologico è sottoposto ad estrazione dell'RNA virale e successivamente gli acidi nucleici così isolati vengono amplificati mediante Real-Time PCR. Un classico kit di estrazione ed isolamento di RNA si basa sull'uso di microsfere magnetiche che adsorbono in maniera reversibile degli acidi nucleici in opportune condizioni di tampone. La lisi del campione è ottenuta mediante incubazione in soluzioni detergenti contenenti ioni caotropici supportati dalla digestione tramite proteinasi K. Per la regolazione delle condizioni in cui gli acidi nucleici si legano alle microbiglie magnetiche, al lisato viene aggiunto il tampone di legame (BB - *Binding Buffer*) insieme alle microbiglie. Dopo la separazione magnetica, le microsfere vengono lavate più volte per rimuovere contaminanti e sali utilizzando diversi tamponi di lavaggio a varie concentrazioni in soluzione di etanolo. Infine, l'RNA altamente purificato viene eluito con un tampone di eluizione (EB - *Elution Buffer*) a basso contenuto di sale e può essere direttamente utilizzato come stampo per la PCR.

Per un processo completamente automatizzato su workstation per la gestione di liquidi è necessario uno strumento di presa che trasferisca la piastra

con i pozzetti in cui avvengono le reazioni su un separatore magnetico per la raccolta delle microbiglie o sul modulo dell'agitatore per la risospensione delle stesse.

Alla luce di quanto riassunto sopra, si comprende bene che la procedura di estrazione ed isolamento degli acidi nucleici (RNA virale in questo caso) da avviare alla PCR è un processo che richiede una sequenza di passaggi, compiuti in piattaforme automatizzate, che necessitano di specifiche soluzioni per realizzare i vari tamponi: tampone di lisi, tampone di legame, tamponi di lavaggio, tampone di eluizione. La composizione di questi tamponi è in molti casi semplice in termini di formulazione qualitativa, ma molto critica in termini di composizione quantitativa per la riuscita delle singole reazioni. Tra i componenti, oltre ai solventi, vi sono anche guanidina isocianato, sodio perclorato e proteinasi K. Purtroppo la composizione è specifica per ciascuna delle piattaforme utilizzate, ed assai critica per la riuscita del processo di estrazione. Erano proprio queste soluzioni i reagenti carenti, piuttosto che quelli necessari per la successiva PCR.

Raccolte le informazioni tecniche, il passaggio successivo è stato quello di comunicare con alcuni responsabili dei laboratori per le analisi dei tamponi in modo da raccogliere testimonianze dirette di quale fosse la situazione nei centri operativi. Per far questo, ho scelto dei responsabili che lavorassero nel mio territorio. Da loro ho appreso che si riscontrava, in prospettiva, un possibile *shortage* dei reagenti per l'estrazione degli acidi nucleici, cioè delle soluzioni descritte sopra, ma anche che, al di là della semplicità della composizione qualitativa, la composizione quantitativa delle soluzioni ne rappresenta un punto critico quanto ad efficacia di estrazione. In particolare, determinante per la riuscita delle analisi risulta la specificità delle composizioni in funzione delle piattaforme automatiche di estrazione. In altri termini, i reagenti utilizzati vanno sempre usati (e forniti dai venditori) in combinazione con il sistema automatico di estrazione a cui essi sono destinati e la possibilità di ampliare la capacità (il numero e la velocità) di esecuzione dei test, che nel primo periodo della pandemia stava diventando un severo fattore limitante, dipende in

realtà non tanto dalla scarsità dei reagenti, quanto dal numero limitato di piattaforme per estrazioni commercialmente disponibili. Mentre in altre regioni alcuni gruppi universitari si organizzavano per produrre *in-house* tamponi di estrazione, con il passare delle settimane i laboratori diagnostici autorizzati hanno iniziato ad organizzarsi con approvvigionamenti più costanti dai fornitori e si è pian piano compreso che il temuto *shortage* di reagenti non sarebbe stato il fattore limitante al testing della popolazione, per il quale l'intero sistema sanitario si è poi attrezzato in modo da realizzare oggi un numero di test molto più elevato di quello che si poteva effettuare durante la precedente ondata epidemica della scorsa primavera.

Considerazioni conclusive

Al termine di questo racconto vorrei spendere alcune parole che, purtroppo, ancora non possono essere un commento all'epilogo della vicenda, perché l'emergenza sanitaria ci mostra oggi una recrudescenza forse non del tutto inattesa, ma che almeno ne offrano una possibile lettura, limitatamente all'argomento di questo breve articolo. L'organizzazione dei Tavoli Tecnici della SCI, alcuni dei quali hanno dato un contributo anche pratico di grande valore, rappresenta una straordinaria dimostrazione dell'importanza della Società Chimica

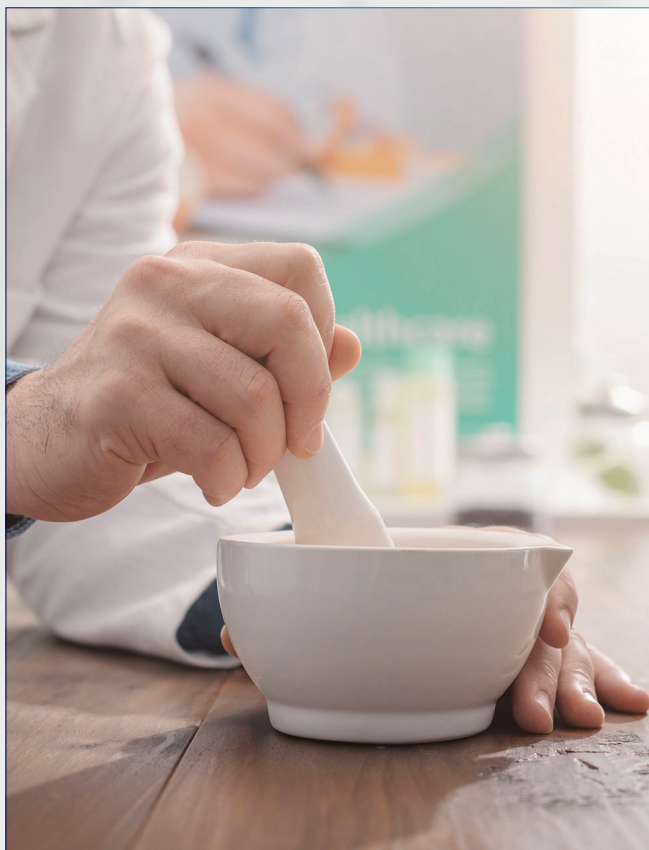
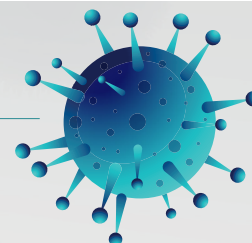
Italiana, offrendone una visione in una luce del tutto diversa da quella che in condizioni normali si apprezza. La SCI è la nostra società scientifica, il luogo nel quale la cultura chimica in Italia viene promossa, supportata, comunicata; in tempi normali ciò accade con un'instancabile attività che passa attraverso iniziative congressuali, scuole, manifestazioni, organizzazione della presenza in importanti sedi istituzionali. In questa vicenda inaspettata, la nostra Società ha mostrato forse la sua natura più profonda, quella di luogo virtuale, di comunità diffusa, che custodisce un sapere di straordinaria importanza: il sapere chimico, con la sua alta nobiltà teorica ma al tempo stesso con la sua enorme valenza tecnologica ed il suo grande impatto sociale ed economico. Soprattutto, un sapere che porta intrinsecamente legato a sé uno stile, direi un'etica, nell'affrontare con umiltà e pragmatività e, al tempo stesso, con grandissimo rigore, i casi di studio, in questo caso i problemi, che gli si pongono davanti contribuendo con discrezione ed efficacia fattuale a risolverli. Mi piacerebbe che questa occasione si trasformasse in un momento di consapevolezza dell'alta dignità culturale del sapere di cui i Chimici sono portatori, e che la Società Chimica Italiana venisse riconosciuta come il luogo di elezione in cui questa comunità si integra, si confronta e si coordina per agire nel nostro Paese.

Coordonatore: Anna Maria Fadda
Divisione di Tecnologia Farmaceutica-SCI
mfadda@unica.it

TAVOLO TECNICO: ASPETTI FORMULATIVI E NORMATIVI PER LO SVILUPPO DI PRODOTTI DI INTERESSE FARMACEUTICO (PREPARAZIONI GALENICHE)

La Divisione di Tecnologia Farmaceutica della SCI ha proposto la costituzione del Tavolo Tecnico dedicato agli aspetti formulativi e normativi

di prodotti di interesse farmaceutico per rispondere alle esigenze in ambito sanitario in corso di pandemia da Covid-19. La preparazione galenica



magistrale in farmacia rappresenta una pratica essenziale per garantire l'assistenza farmaceutica in tutte quelle situazioni in cui il medicinale adatto a un determinato paziente non sia disponibile perché non commercializzato dall'industria o ir reperibile sul mercato per carenza produttiva.

In corso di pandemia da Covid-19 si è manifestata in più occasioni l'esigenza di ricorrere alla preparazione magistrale dei medicinali, un aspetto altamente qualificante della professione del farmacista che, dietro prescrizione medica, è l'unico professionista che può allestire nel laboratorio della farmacia un medicinale che altrimenti il paziente non potrebbe ottenere. La preparazione galenica include anche la preparazione di medicinali (galenici officinali) la cui formula è presente in una Farmacopea di qualsiasi Paese aderente all'Unione Europea e che il farmacista è legittimato a preparare in anticipo rispetto alla sua richiesta da parte del paziente. Nel corso di pandemia da Covid-19 anche l'allestimento di galenici officinali ha contribuito a sopperire a carenze di materie prime soprattutto

nell'ambito dell'allestimento di soluzioni o gel a base di alcool.

Si ricorre in particolare alla preparazione galenica magistrale quando è necessario personalizzare la terapia per uno specifico paziente. Sono numerose le situazioni cliniche che richiedono il ricorso a questo intervento:

- esigenza di un medicinale con dosaggio personalizzato del principio attivo rispetto al medicinale industriale (terapia pediatrica, pazienti anziani e fragili, necessità di dosaggi scalari per esempio nel caso di assuefazione da oppiacei);
- esigenza di una forma farmaceutica diversa da quella industriale. È il caso di pazienti che non possono deglutire una compressa o una capsula e per i quali è necessario somministrare il farmaco in forma liquida, come soluzione o sospensione, non prodotta dall'industria, es. pazienti intubati e sedati;
- esigenza di modificare gli eccipienti del medicinale industriale quando questi risultano non adatti al paziente, intollerante o allergico, come nel caso particolare del lattosio;
- necessità di impiego medicinali ir reperibili o difficilmente reperibili (*orphan drugs*), non prodotti a livello industriali perché destinati alla cura di patologie rare;
- necessità di impiego di medicinali contenenti farmaci fortemente instabili;
- esigenza di medicinali contenenti un'associazione di farmaci per una migliore aderenza alla terapia;
- *placebo*.

Il magistrale è un medicinale che, grazie alle competenze del farmacista preparatore, all'impiego di materie prime di alta qualità e all'applicazione del sistema di assicurazione della qualità, Norme di Buona Preparazione dei Medicinali in Farmacia (NBP) inserite nella Farmacopea ufficiale dall'XI edizione, presenta quei requisiti di qualità, sicurezza ed efficacia che tutti i medicinali devono possedere e che sono garantiti dalle norme in vigore. La Divisione di Tecnologia Farmaceutica della SCI ha pertanto proposto la costituzione del Tavolo Tecnico dedicato agli aspetti formulativi e normativi di prodotti di interesse farmaceutico, quali le preparazioni galeniche, per rispondere alle esigenze in ambito sanitario in corso di pandemia da Covid-19.

Obiettivi e attività del Tavolo Tecnico

Questo Tavolo Tecnico, aperto a tutti i soci SCI e alle associazioni scientifiche che si occupano di medicinali e dei prodotti della salute, è stato costituito per:

- fornire consulenza e supporto formulativo e normativo ai farmacisti ospedalieri e di comunità nell'attività di preparazione galenica;
- garantire una corretta informazione sul medicinale e su tutti i prodotti che interagiscono con la salute pubblica.

Nel periodo di emergenza si è presentata la necessità di riformulare in forma liquida alcuni medicinali in compresse per pazienti intubati o in generale affetti da disfagia post-estubazione e quindi non in grado di ingerire il medicinale a base di antivirali per i quali l'AIFA aveva ammesso l'uso *off label* nel trattamento dell'infezione da Covid-19. L'AIFA aveva autorizzato l'uso *off label* (cioè uso di un medicinale per indicazioni diverse da quelle per le quali il medicinale è stato autorizzato all'immissione in commercio) di cloroquina e idrossicloroquina, due antimalarici che avevano mostrato dati preliminari di potenziale attività antivirale. In Italia non c'è alcun medicinale autorizzato a base di cloroquina mentre l'idrossicloroquina è disponibile in medicinali autorizzati per il trattamento dell'artrite reumatoide e del lupus eritematoso (Plaquenil®).

Come facilmente immaginabile, in conseguenza della potenziale attività antivirale dell'idrossicloroquina, il Plaquenil è diventato difficilmente reperibile sul mercato, creando situazioni delicate per i pazienti affetti da artrite e lupus che lo utilizzano. La preparazione magistrale ha potuto sopperire a questa carenza del medicinale industriale.

Come già ricordato, per la realizzazione dei preparati magistrali sono necessarie materie prime con specifiche di qualità conformi a quelle previste dalle norme in vigore: per questo motivo il Tavolo Tecnico si è proposto di coinvolgere oltre ai Soci della SCI, anche le società scientifiche dei farmacisti ospedalieri, clinici e preparatori, la Federazione degli Ordini dei Farmacisti e anche i principali fornitori delle materie prime necessarie per l'allestimento di questi e altri prodotti.

Grazie al contributo dei partecipanti al Tavolo è stato possibile eseguire una ricognizione delle atti-

vità di preparazione galenica in corso di pandemia che sono state soprattutto dedicate a:

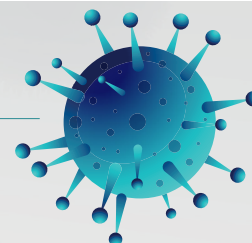
- riformulazione in forma farmaceutica liquida di medicinali antivirali industriali in compresse per pazienti intubati e affetti da disfagia post-estubazione;
- formulazione di soluzioni e gel disinfettanti di formule diverse (OMS, da Farmacopea Britannica);
- soluzioni disinfettanti a base di ipoclorito;
- formulazione di magistrali a base di idrossicloroquina (per carenza di Paquenil).

Il Tavolo ha permesso di fare emergere le seguenti criticità in corso di pandemia:

- carenza di materie prime: alcool di grado farmaceutico, agenti gelificanti;
- necessità di valutare in emergenza, vista la carenza di alcool di grado farmaceutico, se l'alcool disponibile potesse essere utilizzato come materia prima per preparazioni officinali. La Farmacopea lascia infatti al Farmacista il compito di valutare il rischio dell'impiego di una sostanza per uso farmaceutico non descritta in FU prendendo in considerazione sia il tipo di qualità disponibile che l'uso previsto della sostanza;
- carenza di contenitori per il confezionamento finale del medicinale;
- difficoltà nella gestione di pazienti affetti da patologie croniche;
- carenza di Cannabis infiorescenze necessarie per la realizzazione di medicinali nel trattamento sintomatico di supporto ai trattamenti tradizionali nei casi previsti dalla normativa vigente (DM 9-11-2015);
- impossibilità di preparare galenici nelle ASL per mancanza di farmacia istituita;
- richiesta di consulenza per formulazioni pediatriche destinate alla somministrazione nasale.

Il Tavolo inoltre ha svolto attività di consulenza normativa, ad opera della Prof.ssa Paola Minghetti, al Dipartimento di Chimica dell'Università di Milano per l'autorizzazione alla produzione del biocida *Unichina*, che il Dipartimento ha prodotto in quantità e distribuito all'Ospedale Sacco di Milano e a oltre 90 scuole delle province lombarde.

Un'importante attività di formazione e informazione corretta è stata avviata dal Tavolo Tecnico attraverso la realizzazione da parte di Giovani soci della



Divisione che hanno prodotto alcuni video pubblicati nella sezione **YouTube Sci**:

1. Manipolazione delle mascherine, Dott. Umberto Musazzi, Dipartimento di Scienze Farmaceutiche - Università di Milano Statale;
2. Disfagia e preparazioni magistrali, Dott.ssa Serena Logripp, Scuola Scienze del Farmaco e dei Prodotti della Salute - Università di Camerino;
3. Vaccinazioni e pandemia, Dott.ssa Patrizia Nadia Hanieh, Dipartimento di Chimica e Tecnologia del Farmaco - Università Sapienza Roma;
4. Vendita online di medicinali falsificati come proteggersi, Dott. Luca Casula, Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente - Università di Cagliari.

Conclusioni

L'attività del Tavolo è ancora in corso ed è impegnata nel monitoraggio della situazione in continua

evoluzione anche nell'ambito della preparazione magistrale e nell'attività di formazione rivolta al grande pubblico per un corretto utilizzo di medicinali e *medical device* in collaborazione con le società che hanno aderito al tavolo e con le quali è prevista la preparazione di nuovi filmati e di documenti.

Inoltre, il Tavolo potrà fornire supporto normativo alle aziende che si convertono a produzioni diverse da quelle usuali per produrre dispositivi medici necessari nell'emergenza Covid-19.

Un altro aspetto che coinvolge in modo specifico i Tecnologi Farmaceutici è l'attività di ricerca svolta all'ottimizzazione delle tecniche di somministrazione dei vaccini mediante tecnologie innovative minimamente invasive (quali i microaghi) che potranno consentire l'autosomministrazione per applicazione topica.

Coordiatore: [Alessandro Abbotto](#)

Dipartimento di Scienza dei Materiali, Università di Milano-Bicocca
alessandro.abbotto@unimib.it

TAVOLO TECNICO: APPROVVIGIONAMENTO DI LIQUIDI DISINFETTANTI

Introduzione

Nelle province e regioni del Nord Italia, ma poi gradualmente in tutto il territorio nazionale, a partire soprattutto da inizio marzo 2020, in concomitanza alla diffusione del contagio da Covid-19 e del comunicato del Direttore Generale dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) Tedros Adhanom Ghebreyesus che ha dichiarato ufficialmente la pandemia l'11 marzo 2020, è emersa in modo prorompente e inaspettata la necessità per tutti di pulirsi le mani (prima di toccarsi il proprio viso o toccare superfici) con un gel a base di alcool, fino a poche settimane prima normalmente reperibile in commercio presso supermercati e farmacie, per

bloccare eventuali contaminazioni dal coronavirus SARS-CoV-2.

Il gel igienizzante a base di alcool è uno dei presidi più importanti e strategici per la difesa dal nuovo coronavirus. In soluzione diluita, tra il 60 e l'80% v/v, l'alcool etilico, o anche altri alcoli, come l'alcool isopropilico, sono in grado di denaturare la barriera esterna del virus e quindi il virus stesso. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e, in Italia, l'Istituto Superiore di Sanità, raccomandano di lavare spesso le mani con acqua e sapone come barriere protettiva contro il virus e, in assenza di questo, utilizzare appunto una soluzione o un gel idroalcolico.

A questo si aggiunge che, a partire da inizio aprile 2020, la regione Lombardia, e poi a seguire le altre regioni, hanno emanato un'ordinanza che obbliga tutti i cittadini a uscire con la mascherina protettiva. Pur non essendo stato inserito come obbligo, tutte le linee guida indicano che l'utilizzo appropriato delle mascherine debba essere effettuato sanitzando le mani prima dell'uso, per non contaminare la mascherina, e dopo l'uso, per non contaminare il proprio corpo dopo aver tolto la mascherina potenzialmente contaminata. Anche in questo caso, in assenza di acqua e sapone, è raccomandato l'uso della soluzione igienizzante idroalcolica. Era quindi prevedibile che, in un contesto di fase 2 e fase 3, dove gradualmente venivano riaperte le varie attività in presenza di obbligo di mascherine, l'approvvigionamento e la messa a disposizione di tutta la popolazione di kit personali di soluzione idroalcolica diventasse una delle principali priorità.

In commercio, fino a gennaio 2020, erano normalmente disponibili varie tipologie e marche di gel igienizzante a base di alcool ma, ben presto, sono diventate letteralmente introvabili. In tutte le farmacie, a partire dal mese di marzo, sono apparsi cartelli che avvisavano che non erano disponibili né confezioni di gel igienizzante né mascherine protettive. Anche su internet le scorte erano finite in pochi giorni. Incominciarono a comparire su giornali e media le notizie che ospedali, medici di famiglia, operatori sanitari e di pubblico servizio, altri enti e istituzioni erano sprovvisti di scorte di gel igienizzante e di mascherine. Tutta la popolazione ne divenne presto sprovvista.

Per venire incontro alle esigenze di soluzione igienizzante, ad esempio in zone remote dove i normali presidi non sono disponibili, l'OMS ha dettato le linee guida per la preparazione di due diverse formulazioni a base, rispettivamente, di alcool etilico e di alcool isopropilico. La formulazione contiene anche emollienti per proteggere le mani (glicerina),

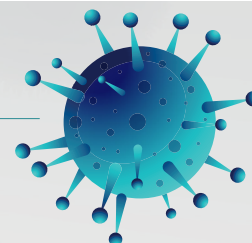
nonché un antibatterico (acqua ossigenata) per eliminare le spore batteriche dai componenti o dalle bottiglie riutilizzate. Le formulazioni raccomandate dell'OMS soddisfano le norme ATSM (US) e EN (Europea). La ricetta era stata resa disponibile in particolare per quelle strutture che non hanno accesso al presidio a base di alcool a causa di problemi logistici o di costo. In Italia quindi si è creata, a partire da inizio marzo, una situazione analoga a quella descritta dall'OMS per altre regioni del Mondo. Così molti atenei hanno cominciato ad utilizzare le linee guida OMS per preparare, spontaneamente e su base volontaria del personale strutturato (docenti, tecnici e amministrativi) e non strutturato (assegnisti di ricerca, dottorandi), la soluzione igienizzante a base idroalcolica e renderla disponibile alle strutture e al personale professionale che ne era sprovvisto.

L'attività degli atenei italiani: come la chimica negli atenei ha risposto all'emergenza

La Tab. 1 riporta, per difetto e in modo non esaustivo (le attività sono state raccolte e tabulate così come inviate al tavolo tecnico da parte dei referenti di ateneo o dei centri di ricerca; la tabella non tiene quindi conto di altre attività che, per varie motivazioni, non sono state rese note al tavolo tecnico) una ricognizione effettuata lo scorso aprile presso tutti i Soci della Società Chimica Italiana per censire la produzione e distribuzione di liquido igienizzante

Ateneo/Ente di Ricerca	Quantità prodotta e distribuita (L)	Data inizio distribuzione	Quantità prevista nei successivi 30 gg (L)
Politecnico di Milano	50.000	16/03/2020	80.000
Università di Catania	11.200	10/03/2020	16.500
Università di Reggio Calabria	2.900	10/03/2020	1.000
Università di Milano-Bicocca	500	15/03/2020	4.000
Università Roma-Tor Vergata	500	13/03/2020	500
CNR-SCITEC + Università di Milano	400	06/04/2020	600
Università di Bari "Aldo Moro"	50	10/03/2020	-
Università di Salerno	40	20/04/2020	500
Università del Salento	20	17/03/2020	0
Totale	65.660		103.100

Tab. 1 - Ricognizione al 20 aprile 2020 (approssimativamente primi 30 giorni di produzione durante le prime settimane dell'emergenza Covid-19) delle attività segnalate dai Soci SCI svolte dai singoli atenei ed enti di ricerca legate alla produzione e distribuzione di soluzione igienizzante secondo le linee guida dell'OMS



te secondo la formulazione OMS. Le prime attività sono partite a fine febbraio 2020 e hanno poi trovato la massima espansione a partire da metà marzo. I Dipartimenti di Scienze Chimiche, Scienza dei Materiali, Scienze del Farmaco e Farmaco-Chimici di almeno 15 atenei, sparsi per tutto il territorio nazionale, hanno prodotto nell'arco di un mese all'inizio dell'emergenza Covid-19, per iniziativa e risorse dei singoli atenei ed enti di ricerca, oltre 65.000 litri, corrispondenti a quasi 1 milione di kit personali da 75 mL, di soluzione igienizzante per le mani utilizzando, o in alcuni casi adattando, la formulazione OMS.

La soluzione igienizzante, preparata grazie anche al contributo volontario di docenti, ricercatori, tecnici, assegnisti, dottorandi e altro personale, ha in molti casi fatto uso delle scorte dei componenti necessari a preparare la soluzione già presenti presso i Dipartimenti, anche a causa della difficoltà di reperire in tempi brevi presso gli usuali fornitori i quantitativi desiderati. Questo è risultato vero soprattutto per i componenti principali attivi, ovvero l'alcool etilico o l'alcool isopropilico.

Le quantità prodotte di soluzione igienizzante sono state prontamente rese disponibili non solo per uso interno degli atenei e dei centri di ricerca ma anche a ospedali, Croce Rossa e altri croci, personale medico e sanitario in generale, protezione civile, istituzioni ed enti pubblici, forze di pubblica sicurezza, polizia municipale, vigili del fuoco, istituti carcerari, servizio di prevenzione e protezione degli atenei, Esercito Italiano, farmacie, associazioni e comitati di quartiere, condomini e, in alcuni casi, singoli cittadini.

Criticità

Questo risultato, tuttavia, è stato ottenuto non senza difficoltà. Le principali criticità emerse, tutte legate a cause esterne agli atenei, sono state le seguenti:

- Fornitura di alcool - La fornitura sia di alcool etilico sia di alcool isopropilico in grandi volumi, principali componenti delle due formulazioni OMS, ha rappresentato la principale criticità, in quanto tutti gli usuali fornitori non hanno più accettato gli ordini o non sono stati in grado di garantire le consegne in tempi brevi. A parte alcuni casi in cui sono stati utilizzati fornitori locali, la maggior parte dei Dipartimenti ha utilizzato le proprie scorte, in genere limitate dalla possibilità di stoccare grandi quantitativi di solven-

ti infiammabili secondo le disposizioni dei Vigili del Fuoco. Questo problema ha pertanto limitato la capacità di produzione sia attuale sia futura.

- Fornitura di contenitori - Pur in misura ridotta rispetto al punto precedente, la chiusura o limitata attività di molte aziende ha reso difficoltosa la reperibilità stessa (in genere attraverso il Mercato Elettronico della Pubblica Amministrazione) di contenitori di varie capacità necessari allo stoccaggio e distribuzione della soluzione igienizzante, dai fusti più capienti da 25 e 50 L a quelli più piccoli da 1 e 5 L, fino ai kit personali da 50-100 mL.

- Imposte e accise - È stata segnalata da più parti la difficoltà di ottenere l'esenzione dalle accise legate all'utilizzo dell'alcool etilico.

- Distribuzione - Ottenimento dell'autorizzazione governativa per la distribuzione a tutte le categorie di utenti, compresi anche singoli cittadini.

Scopo del tavolo tecnico

Il tavolo tecnico è stato creato dalla Società Chimica Italiana allo scopo di:

- mettere a sistema la produzione e distribuzione spontanea della soluzione igienizzante OMS al fine di ottimizzarne le quantità prodotte e la successiva messa a disposizione a tutte le categorie interessate;
- affrontare e risolvere le principali criticità emerse nelle varie sedi locali sfruttando l'organizzazione centrale della SCI e condividendo le conoscenze/informazioni derivanti da tutti i Soci coinvolti.

Risultati principali del tavolo tecnico

Per affrontare quanto descritto alla sezione precedente sono state messe in campo le seguenti principali azioni:

- creazione di una mailing list di tutte le persone coinvolte, o anche semplicemente interessate, al tavolo tecnico, per la condivisione di informazioni e problematiche e la discussione sui vari punti critici;
- creazione di uno *sharepoint* (Google Drive condiviso) in cui sono stati inseriti tutti i documenti di interesse per gli atenei/enti di ricerca coinvolti, dall'elenco di fornitori a documentazione di tipo governativo su accise, alle procedure di autorizzazione alla produzione e distribuzione della soluzione igienizzante;

- 3) creazione di un file Excel condiviso per la raccolta di tutti i dati relativi alla produzione, distribuzione e criticità segnalate dai Dipartimenti e Atenei coinvolti;
- 4) creazione di varie videoclip sul canale ufficiale **YouTube della SCI** di presentazione del tavolo tecnico e riassunto delle attività messe in campo dagli Atenei e dal tavolo tecnico, con la collaborazione del Gruppo Interdivisionale di Diffusione della Cultura Chimica;
- 5) convocazione di riunioni del tavolo tecnico in modalità telematica;
- 6) creazione di un'etichetta condivisa per la futura distribuzione della soluzione igienizzante; l'etichetta contiene il doppio logo SCI-Ateneo ed include tutte le informazioni sulla composizione chimica e sull'utilizzo della soluzione seguendo le linee guida dell'OMS e la normativa sulla distribuzione dei prodotti cosmetici.

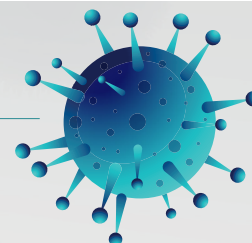
Nel giro di pochi giorni dalla creazione del tavolo tecnico sono stati ottenuti i seguenti importanti risultati:

- 1) individuazione di più fornitori, tra cui anche grandi imprese produttrici, in grado di produrre e fornire in tempi brevi importanti quantitativi di alcool etilico e isopropilico; in particolare, da inizio maggio è stata avviata una prima fornitura, a prezzi calmierati, di etanolo puro e denaturato in collaborazione con Eni SpA, per un totale di oltre 15,000 litri, che sono stati distribuiti a tutti i Dipartimenti ed enti di ricerca che ne hanno fatto richiesta tramite il tavolo tecnico. La richiesta seguiva anche le procedure di autorizzazione da parte delle Agenzie delle Dogane competenti per territorio, secondo le linee guida coordinate dal tavolo tecnico. Solo sulla base di questa prima fornitura è stimata la preparazione di circa mezzo milione di kit individuali di soluzione igienizzante per le mani; successivi contratti, sempre con aziende controllate Eni, sono stati poi confermati e firmati anche nei mesi successivi e dopo l'estate 2020;
- 2) richiesta a nome SCI, a beneficio dei Dipartimenti interessati, inviata al Ministero della Salute per le procedure semplificate per ottenere l'autorizzazione alla produzione e commercializzazione di prodotti disinfettanti;
- 3) messa a punto di linee guida e avvio, a partire dalla seconda settimana di maggio, delle procedure per la richiesta di autorizzazione a produrre e distribuire la soluzione igienizzante per le mani come prodotto cosmetico o come Presidio Medico Chirurgico;
- 4) condivisione della documentazione per ottenere l'esenzione dalle accise e per la semplificazione dei provvedimenti autorizzatori (Agenzia delle Dogane);
- 5) indicazioni di Federfarma e altri enti sull'etichettatura, preparazione e distribuzione di prodotti disinfettanti per emergenza Covid-19.

Situazione attuale e conclusioni

Dopo l'estate 2020 la situazione legata al reperimento delle soluzioni igienizzanti per le mani e le superfici è radicalmente cambiata, con disponibilità delle stesse sia presso la popolazione sia presso ospedali, scuole, enti, aziende e imprese commerciali. Tuttavia in molti casi le università hanno continuato a svolgere il ruolo di produttore (gratuitamente) di grandi quantità di soluzione igienizzante per tutte quelle realtà, non poche, in cui il reperimento della miscela igienizzante per mani e superfici ha continuato a rappresentare una criticità. Queste attività sono state svolte in modo autonomo e differenziato da ateneo ad ateneo e non sono state quindi qui riportate in dettaglio.

In chiusura di questo rendiconto va menzionato il fatto che, a seguito dell'esperienza acquisita nel tavolo tecnico, il coordinatore è stato inserito, insieme ad altri colleghi selezionati anche tra i coordinatori degli altri tavoli tecnici SCI, nel "Gruppo Tecnico Covid-19 dalla fase 2 alla fase 3" che la Federazione Nazionale degli Ordini dei Chimici e dei Fisici ha creato per rafforzare il ruolo del chimico e del fisico nell'ambito dell'emergenza sanitaria, in considerazione della presenza della Federazione, nella persona del Presidente Dott.ssa Nausicaa Orlandi, all'interno del Comitato Tecnico Scientifico (CTS) della Protezione Civile. Il gruppo ha lo scopo consultivo e di predisposizione di documenti da pubblicare esternamente e/o presentare allo stesso CTS. In particolare, il gruppo tecnico ha elaborato un documento tecnico ("Documento operativo a supporto delle istituzioni scolastiche") che è stato



poi inviato al CTS e al Ministro della Salute nel mese di agosto, in vista dell'avvio dell'attività scolastica a partire da settembre 2020. Il documento ha appena visto (novembre 2020) una nuova versione rivista sulla base delle osservazioni giunte dall'Istituto Superiore di Sanità. Il nuovo documento è stato recentemente inviato al Ministero della Salute.

Desidero chiudere questo contributo ringraziando tutti coloro che hanno partecipato al Tavolo Tecnico, in particolare tutti i referenti dei vari atenei ed enti

di ricerca che, grazie alla condivisione di conoscenze ed esperienze, hanno permesso di raggiungere i risultati ottenuti nei mesi più difficili dell'emergenza Covid-19. In particolare, desidero ringraziare il presidente della Società Chimica Italiana, prof. Gaetano Guerra, e il comitato esecutivo, che hanno intrapreso l'iniziativa di creare i tavoli tecnici SCI per rispondere all'emergenza Covid-19 e, attraverso i vari contatti, consentito di raggiungere i risultati descritti in questo resoconto.

Coordinatore: Luigi Campanella

Dipartimento di Chimica, Università di Roma "La Sapienza"
luigi.campanella@uniroma1.it

TAVOLO TECNICO: POSSIBILE DIFFUSIONE DI AGENTI VIRALI ATTRAVERSO IL PARTICOLATO ATMOSFERICO

Introduzione

Un recente studio ha cercato di calcolare i danni economici sanitari che derivano dall'inquinamento atmosferico nelle città europee, connesso con il sistema dei trasporti. Si tratta di ricoveri ospedalieri, perdita di benessere, impatti indiretti sulla salute. Maggiore è il numero di automobili in strada, più aumenta il tempo trascorso nel traffico e più si alzano i costi sociali dell'inquinamento. Un aumento dell'1% del tempo medio di percorrenza per recarsi al lavoro aumenta i costi sociali delle emissioni di particolato atmosferico dello 0,29% e quelli delle emissioni di NO₂ dello 0,54%. Il costo per cittadino è valutato in 1400 euro/anno, ma potrebbe essere ancora più alto se - citando lo studio - si includessero i costi correlati alla pandemia Covid-19. Ma ci sono altre scelte di politica ambientale che dovrebbero essere considerate per il loro rapporto con la pandemia. Ad esempio il ruolo del consumo del suolo che

ha drasticamente ridotto la separazione fisica fra fauna selvatica ed essere umano rendendo possibile il contatto con virus sconosciuti al sistema immunitario umano.

Comorbilità

Le comorbilità sono un elemento preponderante nella mortalità di pazienti affetti da Covid-19. L'inquinamento può essere associato a queste comorbilità? Il tavolo è stato istituito per discutere la risposta a questa domanda. Anticipando le conclusioni si può dire che non è stata raggiunta un'omogeneità di pareri, ma è stato accettato che le statistiche relative alla distribuzione geografica delle morti da Covid-19 sembrano orientare verso l'esistenza di questa correlazione, peraltro sostenuta da una ricerca planetaria che ha confrontato morti da Covid-19 in aree termali ed in aree industriali: queste ultime, con differenze fra le varie zone geografiche, sono sempre maggiori delle altre.

I meccanismi possibili di trasmissione

Il tavolo è stato frequentato da 30 studiosi di differente provenienza istituzionale, geografica, disciplinare, anche se molti attivi nell'ambito delle Scienze Chimiche. Di seguito una descrizione dei temi discussi. È stato innanzitutto definito che coesistono due meccanismi di azione dell'inquinamento: da un lato gli inquinanti atmosferici, in particolare il particolato atmosferico, quali mezzi per veicolare, trasportare e diffondere il virus, dall'altro l'effetto *boost*, che possiamo definire come un impulso alla diffusione virulenta dovuto agli effetti sulle condizioni di salute del sistema respiratorio dei soggetti esposti. La trasmissione *airborne* avviene in maniera più o meno efficiente, ma - secondo alcuni componenti del tavolo - non è stata ancora del tutto chiarita la probabilità ed il suo peso relativo rispetto ad altre forme di trasmissione (per contatto diretto o indiretto). La trasmissione *airborne* è legata a due strade: la prima tramite goccioline di grandi dimensioni (maggiori di 5 micron) che sono emesse in tosse e starnuti e che si depositano rapidamente in un raggio di 1-2 metri, mentre la seconda riguarda le goccioline più piccole emesse nella respirazione che restano sospese in aria più a lungo. Per valutare le probabilità di questo meccanismo è però necessario avere informazioni sulle concentrazioni del virus in aria e sul suo tempo di vita, informazioni che sono piuttosto carenti e molto diverse fra indoor ed outdoor.

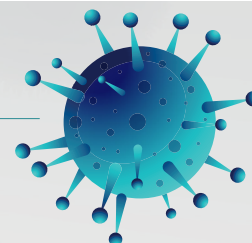
Indoor e outdoor

Il tempo di vita di circa un'ora è relativo a condizioni controllate in laboratorio, ma potrebbe essere diverso in outdoor per gli effetti di temperatura, umidità e irraggiamento ultravioletto sul virus. Le misure di concentrazione per ora disponibili sono quelle di Wuhan, che indicano nelle aree pubbliche outdoor nel febbraio scorso valori al di sotto dei limiti di rivelabilità, mentre leggermente superiori in indoor (in particolare all'interno degli ospedali dove sono curati i pazienti Covid-19). La probabilità sembra essere quindi molto bassa in outdoor mentre potrebbe essere più rilevante in specifici ambienti indoor. Tuttavia sono ancora necessari molti studi. L'esposizione ad alto inquinamento può portare ad un'eventuale maggiore vulnerabilità

a contrarre forme importanti del virus, una volta contagiati e, quindi, a prognosi più critiche. Questo appare particolarmente plausibile per esposizioni a lungo termine, anche se, a giudicare dalla bibliografia, ci sono molti fattori confondenti che andrebbero analizzati per avere risposte affidabili; infatti i dati di mortalità e/o ricoveri per sintomi gravi (seppure incerti e dipendenti dai metodi di conteggio) variano significativamente da un'area all'altra e sono rilevanti anche in zone caratterizzate da livelli di inquinamento molto diversi. Questo effetto di incremento di casi gravi può essere presente anche per esposizioni a breve termine? In caso, quali parametri più dettagliati delle metriche tradizionali PM_{2,5} e PM₁₀ possono essere utilizzabili? Al momento non si hanno risposte a queste domande. Tutto questo significa differenziare l'ipotesi di un trasporto facilitato del virus ancorato alle particelle da quella di una maggiore suscettibilità all'infezione da parte dei polmoni di chi vive in aree ad elevato tasso di inquinamento. C'è poi da tenere presente la composizione del particolato all'interno del quale sono stati individuati oltre 2000 composti, variabilità di composizione che di certo incide sia sulla possibile azione di carrier che su quella di booster. Parlare, come avviene, di concentrazione limite di PM per un effetto sulla % di morti da coronavirus senza alcun riferimento alle caratteristiche composizionali del PM, lascia perplessi e richiama l'impegno passato e presente della comunità chimica in favore di norme europee sui limiti di PM che non siano solo di concentrazione, ma anche di qualità. Infine, una caratteristica del virus che potrebbe essere influenzata dall'inquinamento e che pertanto va investigata in condizioni ambientali diverse e la sua vitalità, in particolare con riferimento agli ambienti confinati, tenuto anche conto che le zone maggiormente colpite dal Covid-19 sono le più industrializzate, dove il lavoro non è stato sospeso.

Meccanismi di aggressione virale

Un altro tema discusso si riferisce alla mutazione del genoma virale che avviene variando sequenza genetica e forma a seguito di perturbazione indotta dal cambiamento climatico/ambientale e, dato che il virus per riprodursi necessita di utilizzare il DNA



di un ospite capace di elevata mobilità, le strategie che utilizza sono quelle che gli permettano di passare fra le diverse forme viventi fino ad infettare il DNA umano per ottenere la massima diffusione possibile. A questo proposito dal Tavolo è emersa un'interessante proposta scientifica: visto che il bersaglio molecolare attraverso cui il virus infetta la cellula polmonare umana sembra essere l'enzima ACE 2, perché non indagare circa la possibile influenza da parte dell'inquinamento atmosferico sull'espressione dell'ACE 2 per verificare la suscettibilità individuale al virus? Correlato a questo è poi il problema del trasferimento e della diffusione del virus attraverso i materiali (plastica, legno, carta, metalli) con cui si viene a contatto che precedentemente sono stati infettati, realizzando così una sorta di classificazione dei materiali per distinguere quelli ove il virus sopravvive di più, tenuto anche conto della radiazione UV solare e della sua azione disinfettante. Ciò premesso l'azione di infezione del coronavirus va compresa compiutamente nelle sue due attività: la prima è correlata al tasso di mutazione causato dallo stress ambientale, la seconda alla diffusione per contagio della mutazione del virus. Per quanto sia più evidente l'importanza di bloccare la diffusione del contagio tra persone, è necessario non dimenticare l'origine della mutazione in risposta all'inquinamento ambientale, in particolare dell'aria della quale respiriamo 8 litri al minuto per assorbire mediamente 50 litri di ossigeno al giorno.

Un aspetto completamente diverso, ma sempre riconducibile a problemi ambientali correlati alla pandemia riguarda la presenza del virus nelle feci dei malati di Covid-19. Silvio Garattini in una sua dichiarazione ha ricordato l'importanza di questo tipo di controlli per la ricaduta che può avere, ove trascurato, ed ha richiamato l'attenzione alla qualità del sistema fognario ed alle procedure di smaltimento dei rifiuti ospedalieri come protezione secondaria contro il virus.

Sul piano delle difese di cui la natura ha dotato l'essere umano, oltre alle immunologiche stressate dalle condizioni ambientali, ci sono quelle antiossidanti affidate a enzimi, vitamine e composti naturali. Alcuni di questi antiossidanti sono anche dotati di proprietà antiinfiammatorie (si pensi agli

omega 3, al resveratrolo). Tenuto conto dell'azione infiammatoria del virus la ridotta capacità antiossidante per interazione con inquinanti ambientali può risultare importante nelle capacità di difesa delle cellule dal virus. Questa specifica considerazione si colloca all'interno di una più generale: perché lo stesso virus in alcuni casi produce effetti letali ed in altri modesti disturbi influenzali? Come e perché agisce la differenza fra organismi diversi? È sì un problema di statistica epidemiologica, ma probabilmente anche di differenze cellulari e di dotazione enzimatica.

Tra le direttrici scientifiche da percorrere per contribuire non può mancare quella relativa ai dispositivi di protezione individuale, fondamentali sempre, ma ancor di più man mano che si cerca di mantenere in piedi alcune normali attività del vivere civile

Conclusioni

La Società Chimica Italiana attraverso il dibattito all'interno del Tavolo Tecnico dedicato alla discussione sulle possibili relazioni fra diffusione del coronavirus ed inquinamento ambientale, con particolare riferimento agli aspetti chimici, intende offrire alla comunità scientifica, *in primis* medica, ed a quella sociale proposte di misure di difesa e di indagine scientifica che possano contribuire ad accrescere il livello di conoscenza su alcuni aspetti dell'attuale pandemia.

Le mascherine si avviano ad essere un prodotto di grande consumo: ne vanno, di conseguenza, considerati oltre agli aspetti tecnici di filtro anche quelli di gestione come rifiuto a fine ciclo di vita.

I guanti, se ancora ritenuti utili, possono essere realizzati in materiali innovativi che li preservino da infezione dal virus e quindi da agire come veicoli di trasmissione.

Per la misura del possibile trasporto del virus su *microdroplets* di acqua rispetto alle particelle di PM, utilizzando campionatori opportuni, ad esempio elettrostatici, è possibile la discriminazione.

Si suggeriscono studi sull'azione booster del particolato con riferimento anche alla compromissione delle capacità antiossidanti, all'indebolimento delle difese immunitarie ed all'alterazione della dotazione enzimatica. Anche importante è il ruolo degli ossidi di azoto fra gli inquinanti e dei loro derivati

secondari: quanto agiscono nell'aggravare gli effetti del virus sull'organismo tenuto conto del loro effetto depressivo sul sistema immunitario? Con riferimento agli ambienti indoor, più esposti degli outdoor alla diffusione del virus, le proposte sono due:

- impiego di malte/vernici fotocatalitiche commerciali, riportate attive su batteri ed in parte anche su virus;
- riciclo continuo forzato dell'aria attraverso filtri ossidanti capaci di uccidere il virus e di rendere il PM meno recettivo rispetto al virus.

Coordiatore: Vito Di Noto

Sezione di Chimica per le Tecnologie (ChemTech), Università degli Studi di Padova,
Dipartimento di Ingegneria Industriale
vito.dinoto@unipd.it
in collaborazione con Ketì Vezzù, Gioele Pagot, Enrico Negro

TAVOLO TECNICO: DISPOSITIVI INNOVATIVI PER FORNITURA DI OSSIGENO

Di fronte ai drammatici problemi causati dalla pandemia da Covid-19, la Società Chimica Italiana ha sentito il dovere di mettersi a disposizione dell'intera popolazione per contribuire a fronteggiare l'emergenza in atto e le sue possibili eventuali ricadute nel prossimo futuro sulla nostra società. Il Tavolo Tecnico che viene qui presentato riguarda i dispositivi innovativi per la fornitura di ossigeno (O_2). È ben noto, purtroppo, che la letalità dell'infezione da coronavirus è soprattutto conseguenza dei gravi problemi respiratori che essa determina. Di conseguenza, per mitigare tali effetti è di cruciale importanza poter trattare i pazienti con aria arricchita in O_2 o con ossigeno puro.

Pertanto, il poter disporre di rilevanti quantitativi di O_2 puro è strategico per fronteggiare le situazioni di emergenza sia a livello domiciliare sia su larga scala in reparti ospedalieri di terapia intensiva.

Dunque, lo scopo di questo Tavolo Tecnico SCI è quello di individuare e coordinare competenze professionali accademiche e non e realtà industriali, che già producono dispositivi atti a ottenere O_2 per altre applicazioni, così da mettere in campo apparecchiature capaci di produrre O_2 puro medicale in rilevati

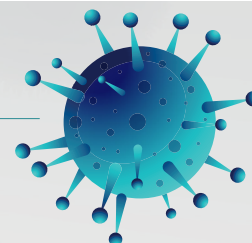
quantità e con una buona distribuzione nel territorio nazionale. Esso è costituito da un gruppo di docenti e ricercatori della SCI e da industriali e ha come obiettivo il coordinamento delle attività riguardanti i dispositivi che producono O_2 medicale partendo da:
a) aria (O_2 21% mol/mol, N_2 78% mol/mol);
e da
b) acqua (H_2O).

Basti pensare che alcuni di tali dispositivi di media dimensione sono in grado di produrre ca. 100 Nm³/h di O_2 puro, permettendo così di alimentare ospedali da campo con ca. 120-130 posti letto in terapia intensiva. Per completezza, di seguito si vuole dare una breve descrizione tecnico-scientifica dei metodi e dei dispositivi presi in considerazione all'interno delle attività del Tavolo Tecnico.

Sommario dei metodi di produzione dell'ossigeno

L'ossigeno (O_2) tipicamente è prodotto avvalendosi delle seguenti procedure che si basano su due metodi principali:

- *metodi chimico-fisici* (distillazione dell'aria, separazione di O_2 dall'aria mediante l'utilizzo di mem-



brane; adsorbimento a pressione oscillante, Pressure Swing Adsorption, PSA).

- *metodi elettrochimici* (Elettrolizzatori in ambiente acido; Elettrolizzatori in ambiente alcalino).

Distillazione dell'aria

L'aria comprende circa il 78% mol/mol di N_2 , il 21% mol/mol di O_2 e l'1% mol/mol di Ar. Sono anche presenti altri gas in minore quantità (ad esempio, lo 0,04% mol/mol di CO_2).

L'ossigeno viene ottenuto dapprima facendo liquefare l'aria a bassa temperatura, e poi mettendo in atto un processo di distillazione (Fig. 1) che dà luogo alla separazione di O_2 ($T_{eb} = -183,0\text{ }^\circ\text{C}$), N_2 ($T_{eb} = -195,8\text{ }^\circ\text{C}$) ed Ar ($T_{eb} = -185,8\text{ }^\circ\text{C}$). L'ossigeno ottenuto mediante questo processo presenta una purezza pari circa al 99%.

L'ossigeno prodotto può anche essere immagazzinato e poi distribuito sotto forma liquida. In tal caso, si ha che da 1 L di O_2 liquido è possibile ottenere 860 L di O_2 gassoso in condizioni STP ($T = 0\text{ }^\circ\text{C}$, $p = 101,325\text{ kPa}$).

Separazione di O_2 dall'aria mediante utilizzo di membrane

In questo sistema, che è particolarmente adatto alla produzione su media e larga scala di O_2 , l'aria si fa passare attraverso delle membrane che presentano una permeabilità diversa a seconda del tipo di gas (O_2 , N_2 , Ar). L'uso di opportune membrane consente pertanto di separare O_2 ed Ar da N_2 (Fig. 2).

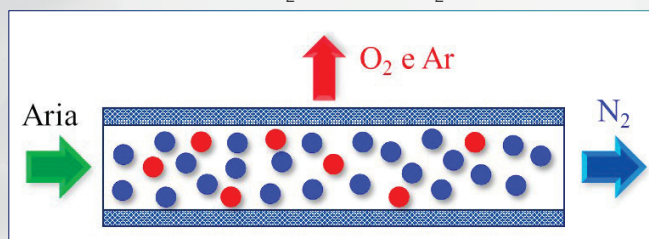


Fig. 2 - Principio di funzionamento delle membrane per la separazione dell'aria. Questo processo permette di ottenere O_2 puro al 95-96%

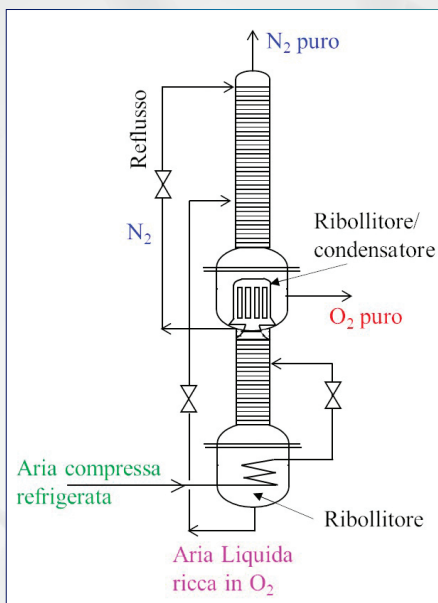


Fig. 1 - Schema di distillazione dell'aria per la produzione di O_2 puro al 95-99,5%

Tuttavia, per l'utilizzo biomedicale, tale metodo presenta le seguenti importanti criticità: i) l'ottenimento di grandi flussi di O_2 richiede l'impiego di membrane con elevata superficie e ii) l' O_2 ottenuto non è molto puro, poiché la sua permeabilità è assai simile a quella dell'Ar; nello specifico, la selettività O_2/Ar è circa pari a 2,5. Per tali ragioni, l' O_2 ottenuto mediante separazione attraverso membrane non sembra essere idoneo per l'utilizzo in ambito ospedaliero.

Adsorbimento a pressione oscillante (Pressure Swing Adsorption, PSA)

Secondo questo metodo, l' O_2 si produce facendo fluire aria alla

pressione di ca. 7 bar su opportuni sistemi che sono solitamente a base di setacci molecolari (Fig. 3). In questo modo si adsorbe selettivamente l' N_2 dell'aria (selettività di produzione $O_2/N_2 = 100:1$), lasciando passare solo l' O_2 , che quindi è immediatamente utilizzabile. Una volta che i setacci molecolari sono saturati con N_2 è possibile rigenerarli rilasciando la pressione a 1 atm. In questo modo l' N_2 adsorbito viene rimosso ed i setacci molecolari ritornano nelle condizioni iniziali, diventando nuovamente in grado di lasciare passare selettivamente solo l' O_2 . È possibile ottenere una produzione continua di O_2 mettendo in parallelo due sistemi contenenti setacci molecolari, funzionanti alternativamente: mentre il primo sistema adsorbe l' N_2 e produce l' O_2 , nel secondo sistema la pressione viene rilasciata ed i setacci vengono rigenerati.

Attualmente, esistono sistemi PSA in grado di produrre da 0,5 a 352 Nm^3/h di O_2 con una purezza del 95% o superiore.

Elettrolizzatori

Tali dispositivi sono in grado di produrre O_2 a seguito di processo di elettrolisi dell'acqua. L' O_2 così prodotto presenta una purezza pari o superiore al 99%. Vi sono due processi principali di elettrolisi: quello condotto in ambiente acido e quello condotto in ambien-

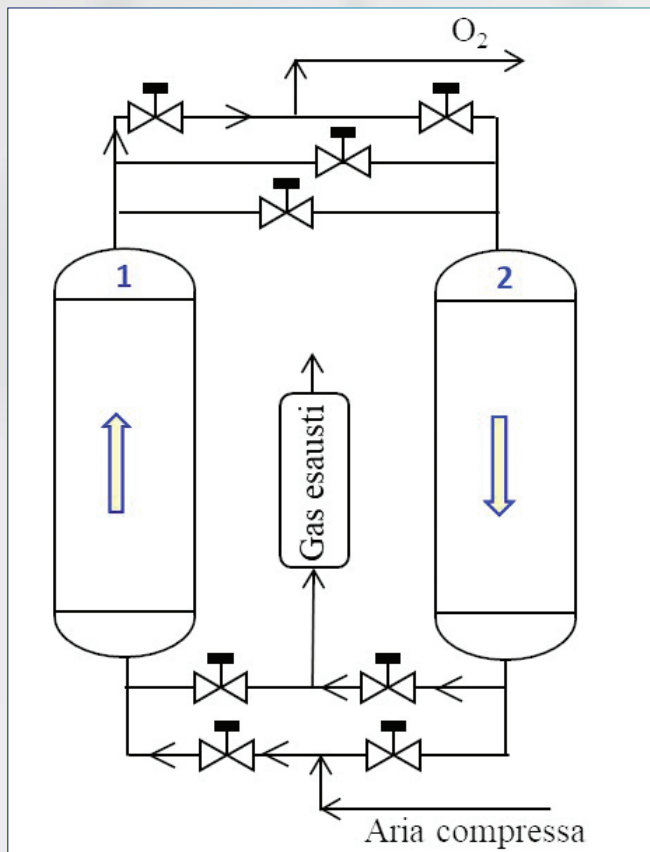
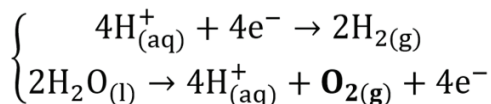


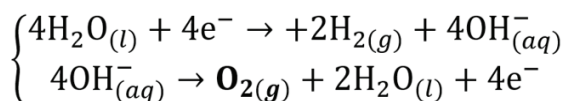
Fig. 3 - Schema di adsorbimento selettivo di N₂ dell'aria mediante metodo della pressione oscillante (PSA). L'O₂ prodotto con questo sistema può arrivare ad una purezza maggiore del 95%; 1) sistema in uso (adsorbe N₂ e produce O₂), 2) sistema in fase di rigenerazione

te basico, che sono regolati dalle seguenti equazioni chimiche:

- Ambiente acido



- Ambiente basico



In linea teorica, dall'elettrolisi di 1 L di acqua è possibile ottenere 0,62 Nm³ di O₂ ed 1,24 Nm³ di H₂; il rendimento del processo è pari circa all'85-95%.

È importante sottolineare che l'elettrolizzatore deve

essere alimentato con acqua distillata. Infatti, le impurezze ioniche contenute nella normale acqua potabile danneggiano la cella elettrolitica. L'H₂ prodotto dal processo di elettrolisi può essere bruciato con aria, producendo H₂O e calore (11,69 MJ/Nm³_{H₂}, T_{adiab} ~ 2200 °C). Il calore così ottenuto può essere utilizzato per distillare l'acqua potabile, ottenendo in tal modo l'acqua distillata con cui alimentare la cella elettrolitica. Per ogni 0,6-0,8 L di acqua ottenuti dalla combustione di H₂, è possibile quindi ottenere abbastanza energia da distillare 2 L di acqua potabile (Fig. 4).

Ad oggi esistono elettrolizzatori capaci di produrre sino a 100 Nm³/h di O₂, con una purezza maggiore del 99,5%.

Implementazione dei generatori di ossigeno nei dispositivi per uso sanitario

I sistemi di produzione di O₂ si suddividono in 3 macrocategorie:

- Stazionari (Ospedali): sistemi di autoproduzione che funzionano mediante alimentazione elettrica di rete. Erogano un flusso continuo di O₂;
- Trasportabili (Ospedali da campo): sistemi di autoproduzione che funzionano mediante alimentazione elettrica di rete a corrente alternata/continua o a batteria. Erogano O₂ sia in flusso continuo che in flusso pulsato;
- Portatili (per terapia domiciliare): sistemi di autoproduzione che funzionano mediante alimentazione elettrica di rete a corrente alternata/continua o a batteria. Erogano O₂ solamente in flusso pulsato.

Concentratori di O₂ portatili

I concentratori di O₂ qui discussi si basano sul principio dell'adsorbimento a pressione oscillante (*Pressure Swing Adsorption*, PSA) descritto sopra. I concentratori di O₂ portatili risultano particolarmente efficaci nella terapia domiciliare per pazienti affetti da insufficienza respiratoria cronica. Infatti tali sistemi sono piccoli e compatti; inoltre, possono essere alimentati a batteria od utilizzando una normale sorgente di alimentazione elettrica di rete. I dispositivi più recenti sono capaci di erogare aria arricchita in O₂ fino al 90-95%, con variazioni non superiori a ±3% a seconda dell'entità del flusso.

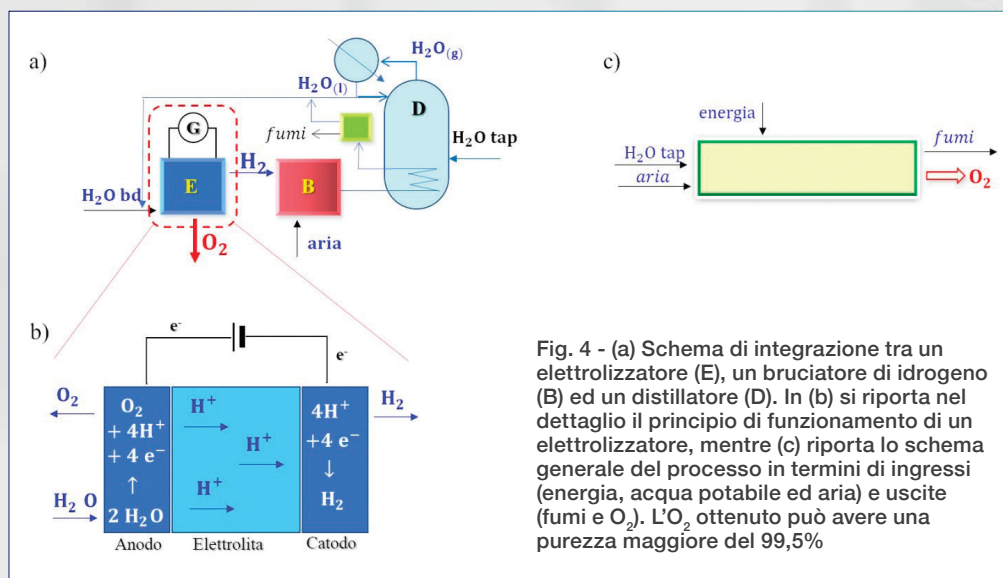
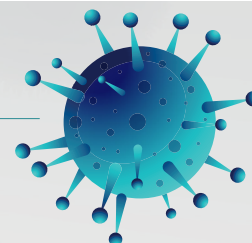


Fig. 4 - (a) Schema di integrazione tra un elettrolizzatore (E), un bruciatore di idrogeno (B) ed un distillatore (D). In (b) si riporta nel dettaglio il principio di funzionamento di un elettrolizzatore, mentre (c) riporta lo schema generale del processo in termini di ingressi (energia, acqua potabile ed aria) e uscite (fumi e O_2). L' O_2 ottenuto può avere una purezza maggiore del 99,5%

liquido criogenico, sollevando notevoli problematiche in termini di logistica e sicurezza. All'estremo opposto, i concentratori di O_2 che funzionano mediante approccio PSA sono ideali per la produzione decentralizzata presso il singolo paziente. Tali sistemi possono quindi dare un contributo rilevante per l'assistenza domestica dei malati, evitando il sovraccarico delle strutture sanitarie. Si sottolinea

Impieghi in ambito ospedaliero

Una persona consuma in media 7-8 mL di aria per kg di peso corporeo per ogni atto respiratorio, ed effettua 12-20 atti respiratori al minuto. Dunque, una persona di 80 kg di peso consuma 12,8 L/min. di aria, che corrispondono a 768 L/h ad una pressione che si può considerare pari a quella atmosferica. Infatti, l'atto respiratorio richiede un picco di pressione respiratoria (PIP) pari circa a 0,04 atm. Supponendo che il consumo orario di O_2 di una persona di 80 kg sia pari al valore del suo consumo d'aria (768 L), si nota come un elettrolizzatore o un sistema tipo PSA, che sono capaci in media di produrre 100 Nm³/h di O_2 puro, possano soddisfare le necessità respiratorie di ca. 130 pazienti. In ultima analisi, tenendo conto che una tenda ospedaliera da 100 m² può ospitare agevolmente 10 pazienti, un elettrolizzatore o un sistema tipo PSA, producendo ca. 100 Nm³/h di O_2 puro, può alimentare con ossigeno sino a 12-13 tende di terapia intensiva (Fig. 5).

Conclusioni

Come mostrato sopra, i metodi atti a produrre O_2 sono molteplici e complessi; ciascuno di essi presenta caratteristiche specifiche che lo rendono adatto a uno o più contesti di applicazione. Ad esempio, la produzione di O_2 mediante distillazione o membrane è idonea per sistemi centralizzati stazionari di grande capacità. Tuttavia, l' O_2 così prodotto deve essere poi distribuito sotto forma di bombole o

anche che la produzione "on demand" garantita dai concentratori evita le problematiche di sicurezza associate allo stoccaggio di notevoli quantità di O_2 . Infine, la generazione di O_2 mediante elettrolisi, sebbene consista di un dispositivo più complesso, garantisce notevoli vantaggi per il livello di purezza del gas prodotto e per la capacità di produzione "on demand". Per di più, l' O_2 così ottenuto presenta caratteristiche di temperatura e completa umidificazione particolarmente adatte all'impiego diretto in ambito medico. Al contrario, l' O_2 prodotto con tutte le altre metodologie è invece secco e richiede quindi un successivo processo di umidificazione, talora piuttosto

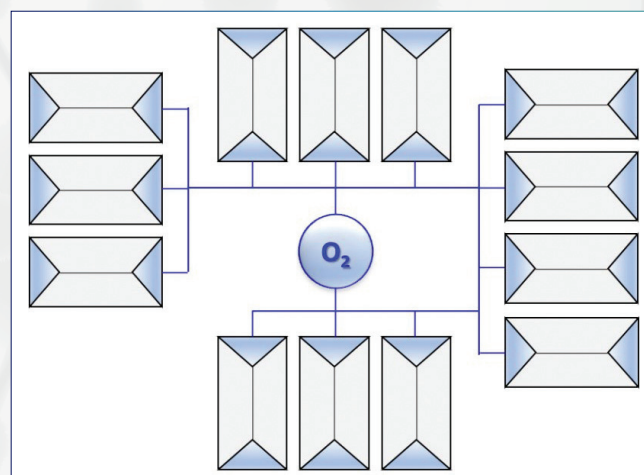


Fig. 5 - Schema di distribuzione di O_2 in un campo ospedaliero costituito da 13 unità di tende contenenti 10 posti letto ciascuna

sto oneroso in termini di complessità ed ingombri, prima di poter essere inalato dal paziente. L'energia recuperata bruciando l'idrogeno ottenuto come sottoprodotto del processo di elettrolisi può infine essere utilmente impiegata per purificare l'acqua con cui alimentare il sistema e per riscaldare gli ambienti in cui esso è installato. Si evince dunque che la generazione di O_2 mediante elettrolisi risulta particolarmente adatta ad applicazioni "trasportabili", tra cui spicca l'allestimento di ospedali mobili da campo.

In conclusione il presente Tavolo Tecnico SCI sull' O_2 : 1) è in grado di fornire competenze e *know-how* sui vari ed articolati approcci di produzione dell'ossigeno; 2) coordina i vari partner istituzionali, accademici ed industriali nello sviluppo di sistemi integrati per la produzione e distribuzione di O_2 sull'intero territorio nazionale. Tale coordinamento è essenziale per poter rispondere nella maniera più efficiente ed economica alle mutevoli e variegate esigenze assistenziali causate dal quotidiano evolversi della pandemia fino al suo contenimento e conclusione.

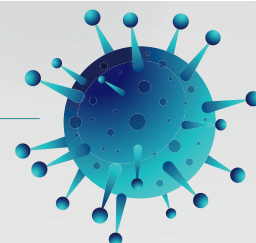
Coordinatrice: Margherita Venturi
 Presidente della Divisione di Didattica
margherita.venturi@unibo.it

TAVOLO TECNICO: INSEGNARE DURANTE L'EMERGENZA COVID-19: UNA GRANDE SFIDA PER I DOCENTI



Abbiamo attraversato un momento drammatico, e ancora non è finito, che nel nostro Paese ha messo a nudo le enormi difficoltà del sistema sanitario, impreparato di fronte all'emergenza per i continui tagli nei finanziamenti. Il mio pensiero però, proprio per la posizione che ricopro, è andato anche

alla situazione di grande difficoltà in cui si è trovata la nostra scuola, provata, come la sanità pubblica, da anni di restrizioni finanziarie; i governi che si sono succeduti hanno dato l'impressione di considerare l'istruzione un qualche cosa di superfluo, che costa eccessivamente e di cui si potrebbe fare a meno. Verrebbe allora voglia di rispondere a questo miope atteggiamento con una frase detta da Derek Bok, ex Presidente dell'Università di Harvard: se ritieni che l'istruzione sia troppo costosa, prova con la strada dell'ignoranza. È sicuramente una forte provocazione, un atteggiamento da non seguire perché sarebbe la fine; l'istruzione e la cultura sono i fiori all'occhiello di una nazione, rappresentano il volano che permette di uscire dalle crisi più nere e, quindi, più una nazione è in difficoltà più l'istruzione dovrebbe essere potenziata. Spero che i nostri politici abbiano imparato da quanto si è verificato in questi mesi! Il 27 febbraio 2020 gli studenti italiani, grandi e piccoli, si sono trovati senza scuola. Per i giovani restare senza scuola significa venir privati della crescita intellettuale e dei rapporti umani che una nazione



dovrebbe garantire sempre; restare senza scuola è, quindi, una faccenda davvero seria. I nostri insegnanti, allora, consci della loro funzione educativa insostituibile, si sono attrezzati per l'emergenza e hanno cominciato a fare lezione a distanza, sfruttando le varie tecnologie a disposizione.

Tutto ciò, però, non si improvvisa; la buona volontà non basta ed è questo il motivo per cui la Divisione di Didattica della SCI ha sentito il dovere di essere vicina ai docenti in questa grande emergenza educativa, istituendo un Tavolo Tecnico dedicato alla Didattica a Distanza (DAD).

Lo scopo del Tavolo è quello di aiutare fattivamente i docenti di materie scientifiche, ascoltando le loro difficoltà e trovando soluzioni condivise di qualità; ovviamente, trattandosi di un Tavolo Tecnico della Società Chimica Italiana, è inevitabile avere un occhio di riguardo per i docenti di Chimica che, oltre a dover preparare lezioni a distanza efficaci e coinvolgenti, hanno il grosso problema delle attività di laboratorio, ancora proibite o limitate in molti istituti (e questa ripresa dei contagi non fa sperare nulla di buono). Come chimici, infatti, sappiamo bene che non riuscire a portare gli studenti in laboratorio, dove si assapora il fascino della scoperta, è veramente penalizzante e sappiamo anche bene che non è banale trovare soluzioni alternative adeguate. Cosa abbiamo fatto finora? Abbiamo creato nel sito della Divisione di Didattica, specificatamente nella sezione Materiale Didattico, una nuova voce chiamata Didattica a Distanza (DAD) (<http://www.soc.chim.it/it/node/2557>). Qui, dopo un'accurata selezione dal *mare magnum* che si trova in rete, abbiamo caricato materiali di vario tipo che riteniamo culturalmente e didatticamente validi: presentazioni power-point, articoli, schede e video di laboratori, link a siti utili e collegamenti a videoconferenze.

I materiali sono suddivisi per i diversi livelli scolastici, dalla primaria all'università, sono a libero accesso e, quindi, visionabili e scaricabili da tutti, indipendentemente dal fatto di essere o no Soci della SCI e/o della Divisione di Didattica. Naturalmente quanto finora fatto non può essere considerato un lavoro definitivo; continueremo infatti ad aggiornare i materiali, consapevoli che molto difficilmente le normali modalità didattiche potranno riprendere in questo anno scolastico e universitario.

All'interno delle attività di questo Tavolo Tecnico si colloca perfettamente la Scuola Nazionale di Didattica della Chimica "Giuseppe Del Re" che quest'anno ha appunto come tema *La Didattica a Distanza (DAD) e la Chimica* e che ha visto la partecipazione di oltre 100 docenti di scuola superiore (https://www.soc.chim.it/sites/default/files/users/sci_didattica/LOCANDINA%20Del%20RE%202020-aggiornata.pdf).

In accordo con il suo tema la Scuola si svolge rigorosamente on-line, cosa che offre non solo un'ulteriore occasione per verificare "sul campo" le potenzialità e i problemi legati alla DAD, ma che ha anche permesso di cambiare l'organizzazione della Scuola stessa; infatti, invece dei canonici tre o quattro giorni, quest'anno essa è suddivisa in tre fasi distinte temporalmente.

Per quanto riguarda la fase iniziale sono stati previsti tre incontri pomeridiani dalle 15 alle 18 nei giorni 12, 16 e 18 novembre 2020. Il primo incontro ha visto la presenza di quattro relatori universitari che hanno affrontato gli aspetti più progettuali e pedagogici della Didattica a Distanza e l'analisi di alcuni dati statistici raccolti a livello nazionale per verificare l'efficacia o meno di questa modalità didattica.

Nel secondo e nel terzo incontro ci si è, invece, focalizzati su esempi di laboratori a distanza che la Divisione di Didattica ha selezionato non solo per il grande coinvolgimento mostrato dagli studenti, ma anche per aver affrontato temi legati alla sostenibilità e/o al territorio.

Dopo questa prima fase la Scuola prosegue con un'attività in cui sono coinvolti i partecipanti che, singolarmente o in gruppo, dovranno elaborare proposte di laboratori a distanza; queste proposte potranno prendere spunto dagli esempi presentati nei due pomeriggi della Scuola, ma potranno anche essere un'implementazione e/o una rielaborazione di ciò che ciascun partecipante ha sviluppato/sperimentato nella sua scuola durante l'emergenza Covid-19. Per facilitare questo lavoro, che dovrebbe completarsi nella prima o seconda settimana di dicembre, i partecipanti avranno la possibilità di contattare alcuni docenti formatori messi a disposizione dalla Divisione di Didattica.

L'ultima fase della Scuola di quest'anno prevede che i partecipanti sperimentino con i loro studenti il la-

laboratorio elaborato personalmente e che lo presentino a tutti, nella forma che meglio credono, in uno o due pomeriggi di chiusura della Scuola. Poiché occorre tempo soprattutto per la sperimentazione in classe che potrà essere “virtuale”, ma anche in presenza se ci sarà la possibilità di farlo, prevediamo di concludere la Scuola entro il 15 febbraio 2021.

Desidero chiudere questo mio contributo con due considerazioni, una è strettamente connessa al tema della DAD, mentre l'altra è di carattere più generale.

Durante l'emergenza Covid-19 e la chiusura della scuola, i nostri studenti sono stati stimolati ad imparare la chimica facendo esperimenti a casa. È una sollecitazione giusta, in linea di principio, perché stare tutto il giorno davanti al computer ascoltando i docenti può diventare noioso: “toccare con mano” i fatti della chimica è sicuramente molto più stimolante. Però, sono molte le raccomandazioni da dare e le cautele da prendere, tenuto conto che questi ragazzi non sono sotto gli occhi dei docenti.

Per esempio, è sbagliato dire agli studenti di provare a fare esperimenti a casa, giusto per fare qualcosa di manuale: gli esperimenti devono avere un fine educativo e, quindi, vanno pianificati e discussi con il docente in ogni dettaglio prima della loro esecuzione. Inoltre, visto che non si può andare in laboratorio, è corretto far riferimento a quello che si può trovare in casa, ma anche in questo caso è fondamentale chiedere ai ragazzi di leggere prima le etichette dei prodotti eventualmente da usare e prevedere ciò che può succedere con un loro possibile mescolamento: in fin dei conti l'ipotesi è il primo passo del metodo scientifico!

In internet si trova di tutto e di più e i nostri studenti sono dei famelici consumatori della rete: uno dei compiti fondamentali dei docenti è quello di sviluppare nei ragazzi un senso critico nei confronti di quello che trovano e leggono e, quindi, a monte, bisognerebbe consigliare siti affidabili, magari mostrando quante notizie false o informazioni sbagliate e pericolose circolano in internet.

Ci tengo, comunque, a sottolineare che io ho una grande stima dei nostri docenti e sono sicura che il loro comportamento è ineccepibile e perfettamente in linea con quanto ho appena scritto. Mi preoccupano, invece, gli studenti che potrebbero farsi pren-

dere la mano e incorrere in gravi incidenti, come ha riportato la cronaca dei mesi scorsi. A questo proposito consiglio di ascoltare il video del Prof. Giorgio Cevasco “Chimica al tempo del Covid-19” sul Canale YouTube della SCI (<https://www.youtube.com/watch?v=RTZ39F4cPlw>).

Quindi, una raccomandazione che mi sento di fare ai docenti è: state “addosso” agli studenti, soprattutto quando non sono a scuola sotto i vostri occhi vigili. E ora vengo alla seconda considerazione che, come dicevo prima, è di carattere più generale, ma sempre connessa al problema della didattica. La pandemia Covid-19 ci ha dato una lezione che è importante condividere con i nostri studenti. Lasciando perdere le tante *fake news* che sono circolate e circolano in questo periodo, fra le quali che il virus sia stato creato in laboratorio, tutto è nato dal fatto che esso è passato dagli animali selvatici all'uomo a causa del nostro attuale e dissennato comportamento nei confronti del pianeta: degradazione dell'ambiente, esagerata antropizzazione del suolo, inquinamento, perdita di biodiversità, cambiamento climatico, etc. Il virus è in qualche modo profugo della distruzione ambientale causata dalla nostra aggressività; stava bene nelle foreste e nei corpi degli animali, ma noi, creandogli terra bruciata attorno, gli abbiamo offerto l'occasione di fare il salto animale-uomo e di moltiplicarsi.

Sono proprio queste le considerazioni che dobbiamo condividere con gli studenti; dobbiamo parlare con loro di rispetto per l'ambiente e di sostenibilità e lo possiamo fare benissimo insegnando la chimica. La chimica, infatti, ha un ruolo fondamentale per attuare uno sviluppo sostenibile e salvaguardare il nostro pianeta, ma in questo periodo ha anche dimostrato di essere estremamente importante nell'offrire le “armi” necessarie per limitare la diffusione del Covid-19 e per combatterlo.

Quindi è giustissimo insegnare i fondamenti della chimica, ma non ci si deve limitare ad essi; dobbiamo insegnare una chimica “viva”, quella che permea ogni momento della nostra quotidianità. Così facendo prendiamo due piccioni con una fava: motiviamo gli studenti a studiare la nostra disciplina e formiamo futuri cittadini responsabili, maturi e consapevoli, perseguendo quello che è l'obiettivo prioritario della scuola.

