

VERSO IL 2050

Con le scuole per un futuro sostenibile

04 Maggio 2022

ECONOMIA CIRCOLARE

minimizzare gli sprechi alimentari con i cristalli fotonici

04 Maggio 2022

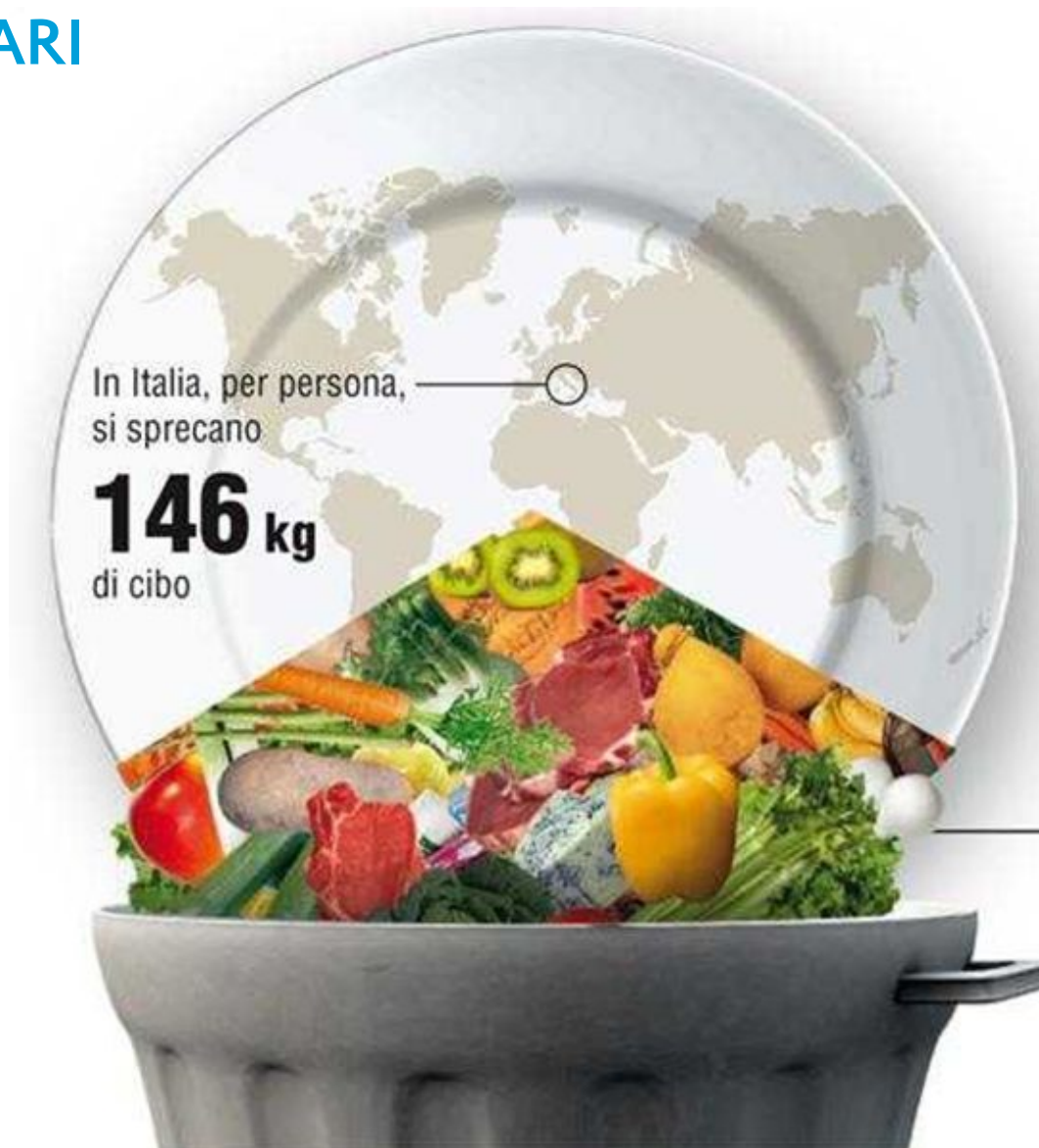
Indice

01	Economia Circolare & Sprechi alimentari	4
02	Contaminazioni batteriche nel cibo	10
03	Cristalli fotonici	17
04	Cristalli fotonici batterio-sensibili	31
05	Rivelazione di batteri patogeni	38
06	Attività didattica	47

Economia circolare & Sprechi alimentari

SPRECHI ALIMENTARI

Rapporto FAO 2021



1/3

della produzione
annua mondiale
di cibo finisce
nella spazzatura

1,3 mld
di tonnellate

<https://www.barillacfn.com/m/publications/spreco-alimentare-cause-impatti-proposte.pdf>

GLI IMPATTI



- Emissione gas serra
- Degrado del suolo
- Spreco di risorse idriche
- Consumo di energia



In Italia, la frutta e verdura gettati via nei punti vendita comportano il consumo di > 73 M di m³ di acqua:
36,5 mld di bottiglie d'acqua



- Costo/Valore cibo sprecato
- Valore externalità negative prodotte
- Costo-opportunità superficie agricola



In USA, in media una famiglia di 4 persone spreca cibo per un valore di 1.600 dollari l'anno: **soldi sufficienti a sfamare una famiglia di un paese in via di sviluppo**



- Spreco di cibo
→ difficoltà di accesso al cibo
- Eccesso di cibo
→ denutrizione
- Spreco di nutrienti
→ carenze nutrizionali

<https://www.barillacfn.com/m/publications/spreco-alimentare-cause-impatti-proposte.pdf>

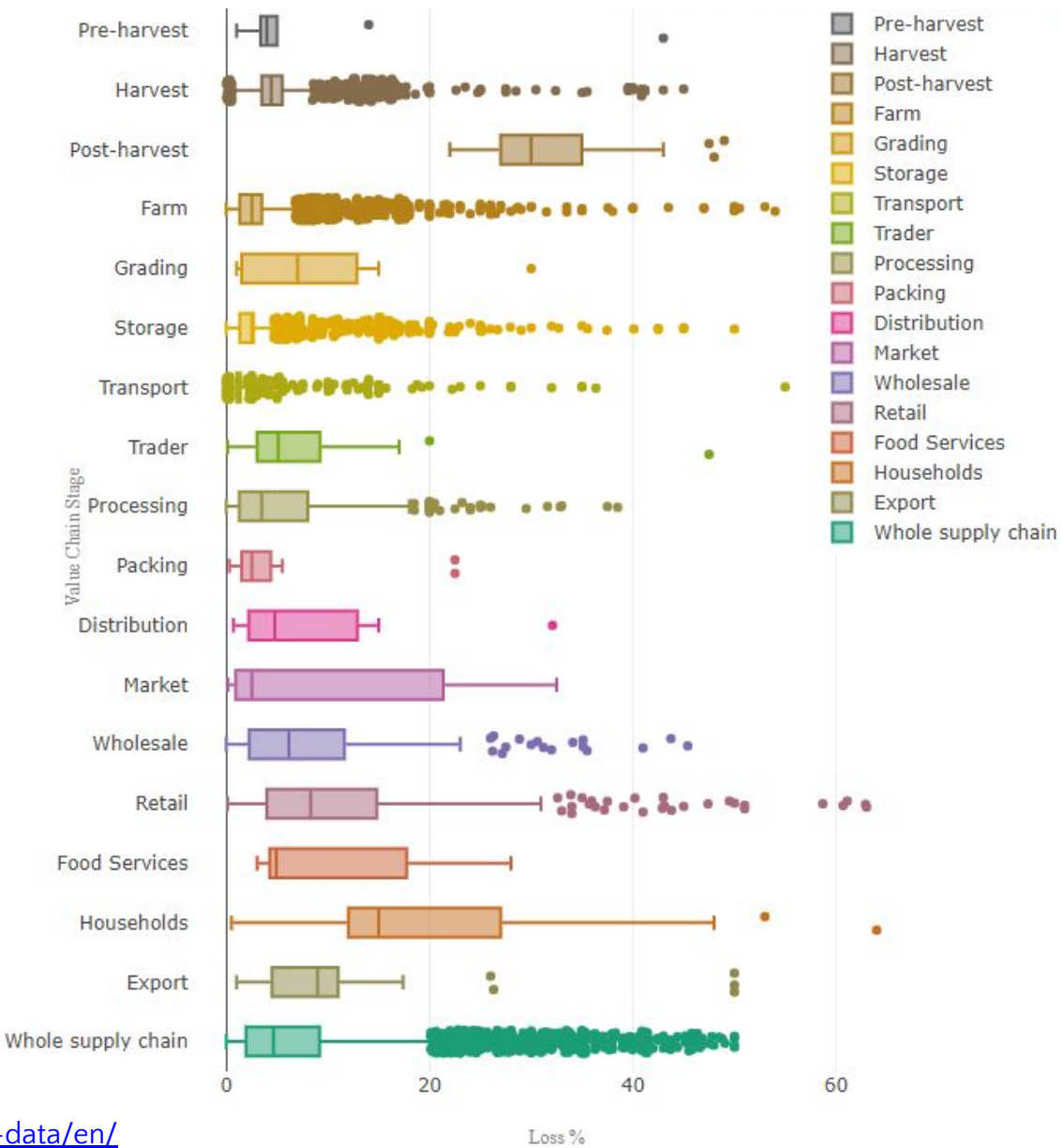
LE CAUSE – DIFFERENZE FRA SPRECHI E PERDITE



<https://www.barillacfn.com/m/publications/spreco-alimentare-cause-impatti-proposte.pdf>

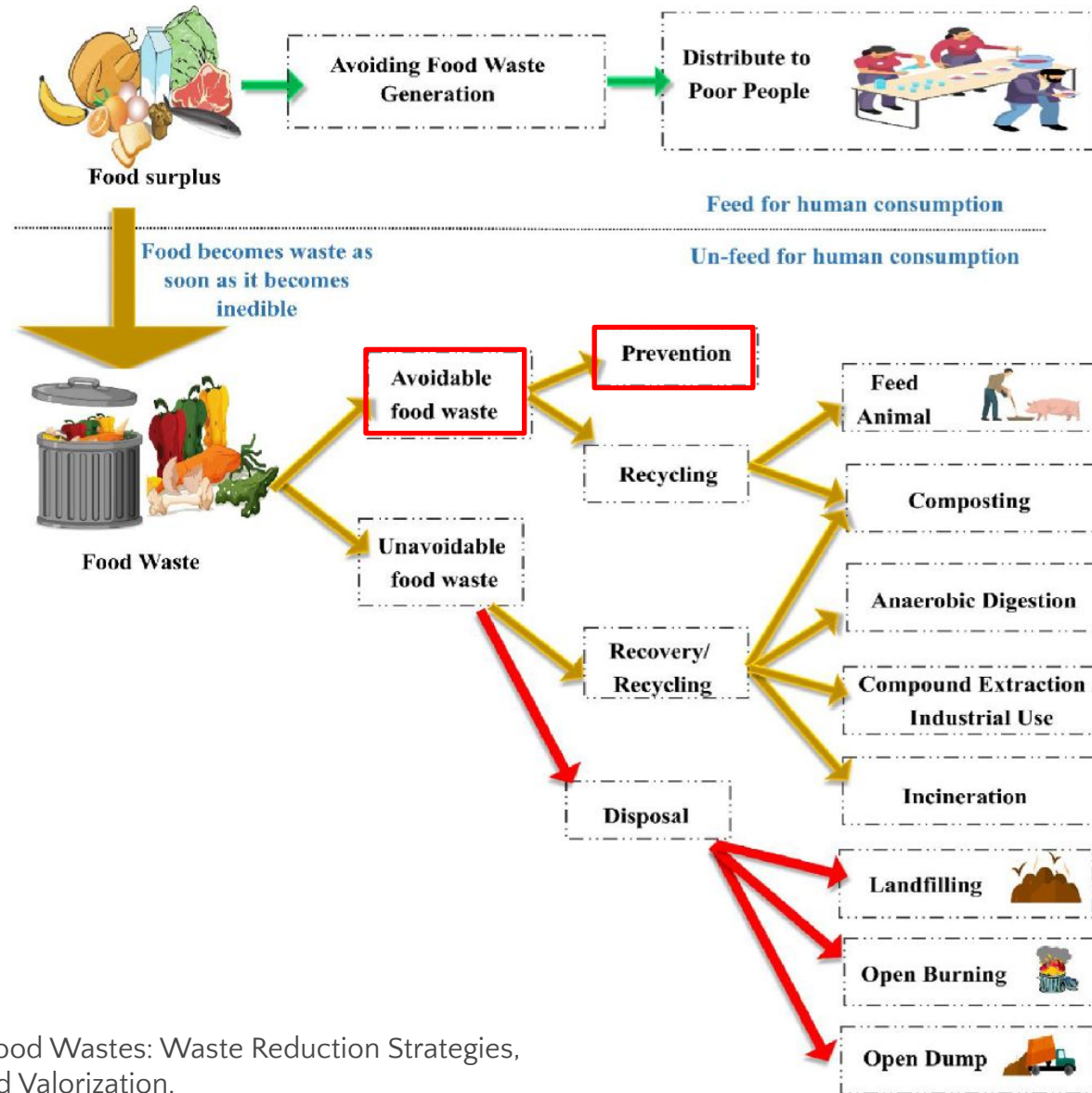
LE CAUSE

Rapporto FAO 2021



<https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/flw-data/en/>

ECONOMIA CIRCOLARE & SPRECHI ALIMENTARI



Sustainability and Circular Economy of Food Wastes: Waste Reduction Strategies, Higher Recycling Methods, and Improved Valorization.

<https://doi.org/10.1007/s42824-021-00017-3>

Contaminazioni batteriche nel cibo

CONTAMINAZIONI ALIMENTARI E SPRECO

UNO SPRECO EVITABILE

Metalli Pesanti

- Arsenico
- Cadmio
- Cromo
- Piombo
- Mercurio
- Nickel

Inquinanti Organici

- Pesticidi
- Fertilizzanti
- Furani
- Diossine
- Composti fluorinati
- Idrocarburi

Organismi Patogeni

?

A scenic mountain landscape with a large blue circle containing text. The background shows a grassy hillside in the foreground, leading up to a range of rugged, snow-capped mountains under a sky filled with white, fluffy clouds. Two hikers are visible on the right side of the hill, walking away from the viewer. A large, solid blue circle is centered in the image, containing white text.

QUALI SONO
I MAGGIORI
ORGANISMI PATOGENI
PRESENTI NEL CIBO?

CONTAMINANTI BATTERICI NEL CIBO

Outbreak data due to foodborne pathogens in US in 2017.

Pathogens	Outbreaks	Illness	Hospitalized	Death
<i>Bacillus</i>	25	704	56	2
<i>Campylobacter</i>	27	770	117	1
<i>Clostridium</i>	57	1480	64	3
<i>E. coli</i>	27	770	117	1
<i>Listeria</i>	7	28	27	3
<i>Norovirus</i>	318	6389	54	4
<i>Salmonella</i>	125	3228	528	9
<i>Shigella</i>	4	54	10	0
<i>Staphylococcus</i>	22	559	56	2
<i>Streptococcus</i>	1	62	0	0
<i>Vibrio</i>	20	91	5	0

(NORS, CDC, 2019)

A review of chemical and microbial contamination in food: What are the threats to a circular food system? <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110635>

RECAP

“To maintain a sustainable circular food system, careful management of the system is needed to reduce the level and frequency of contamination of food, and research into the fate of contaminants during treatment, methods for simple, inexpensive and accurate monitoring, and policy options to protect the system are needed.”

Ridurre le
contaminazioni

Studiare il
percorso dei
contaminanti
(per cercarli
meglio!)

TROVARE I
CONTAMINANTI
IN MANIERA
ACCURATA,
SEMPLICE E POCO
COSTOSA

A review of chemical and microbial contamination in food: What are the threats to a circular food system? <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110635>

RIVELAZIONE DI CONTAMINANTI BATTERICI

LO STATO DELL'ARTE

Metodi convenzionali

- Conta delle colonie
- Metodi immunologici
- PCR

Vantaggi:

- Metodi standardizzati
- Alta sensibilità

Svantaggi:

- Strumenti complessi
- Personale specializzato
- Processo lungo e laborioso

Biosensori (soprattutto elettrici ed elettrochimici)

- Recettori di anticorpi
- Recettori di acidi nucleici
- Recettori di cellule

Vantaggi:

- Velocità di risposta
- Alta sensibilità

Svantaggi:

- Processo di funzionalizzazione complesso

Metodi ottici

- Spettroscopia IR
- Scattering Raman
- Plasmoni di superficie

Vantaggi:

- Velocità di risposta
- No funzionalizzazioni

Svantaggi:

- Bassa specificità
- Personale specializzato

RIVELAZIONE DI CONTAMINANTI

Rivelazione colorimetrica: Perché?



- Velocità di rivelazione
- Semplicità (no personale specializzato)
- No catene del freddo
- No strumenti complessi

Cristalli fotonici

AVETE MAI SENTITO
PARLARE DI CRISTALLI
FOTONICI?

- No
- Sì, ma non so cosa sono
- Sì e so cosa sono

ORIGINE DEI COLORI

Colori «standard»

Clorofilla



ORIGINE DEI COLORI

Colori «standard»

Carotene



ORIGINE DEI COLORI

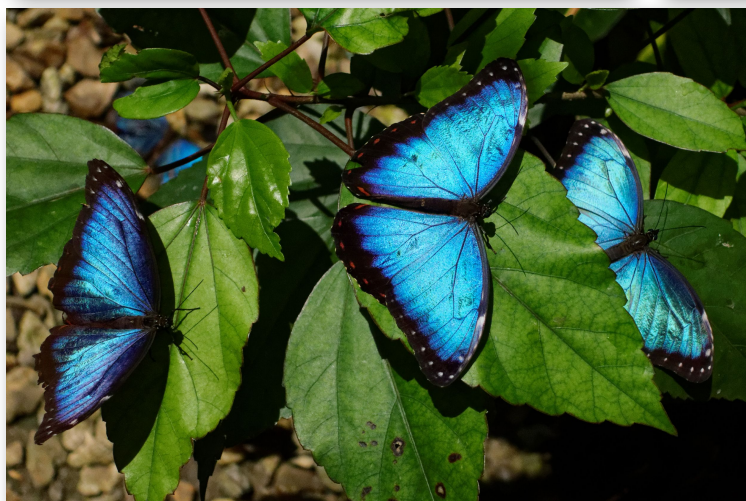
Colori «standard»

Cromato di piombo



ORIGINE DEI COLORI

Colori «non-standard»



COLORI STANDARD VS. COLORI NON-STANDARD

COLORI STANDARD

- Il colore dipende dall'assorbimento della luce da parte di pigmenti o coloranti
- La parte non assorbita viene riflessa e viene percepita come colore
- La colorazione non dipende dall'angolo di osservazione

COLORI NON-STANDARD

- Il colore non dipende dall'assorbimento della luce da parte di pigmenti o coloranti
- Il colore dipende puramente dalla riflessione
- La colorazione dipende dall'angolo di osservazione

COLORI STANDARD VS. COLORI NON-STANDARD

STANDARD



NON-STANDARD

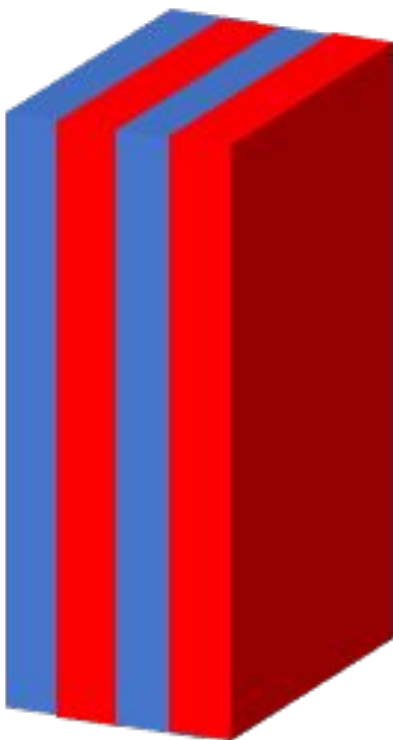


Credit: Ariel Garcia Fleitas

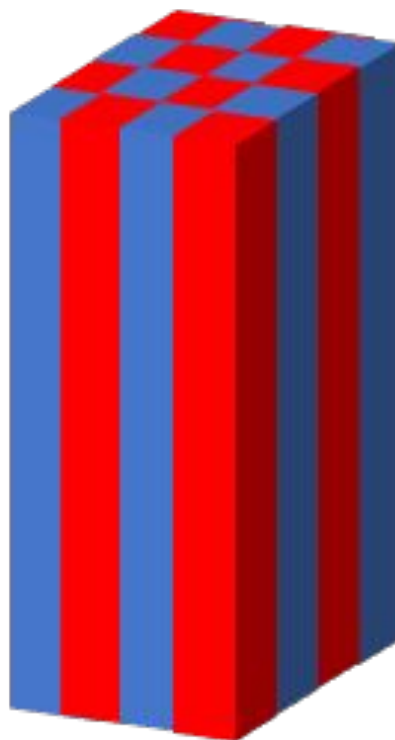
COLORI STRUTTURALI – CRISTALLI FOTONICI

Un indizio dalla parola «cristallo»

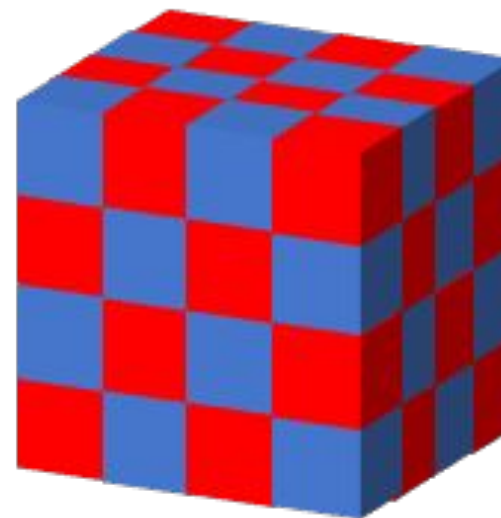
1-D



2-D



3-D

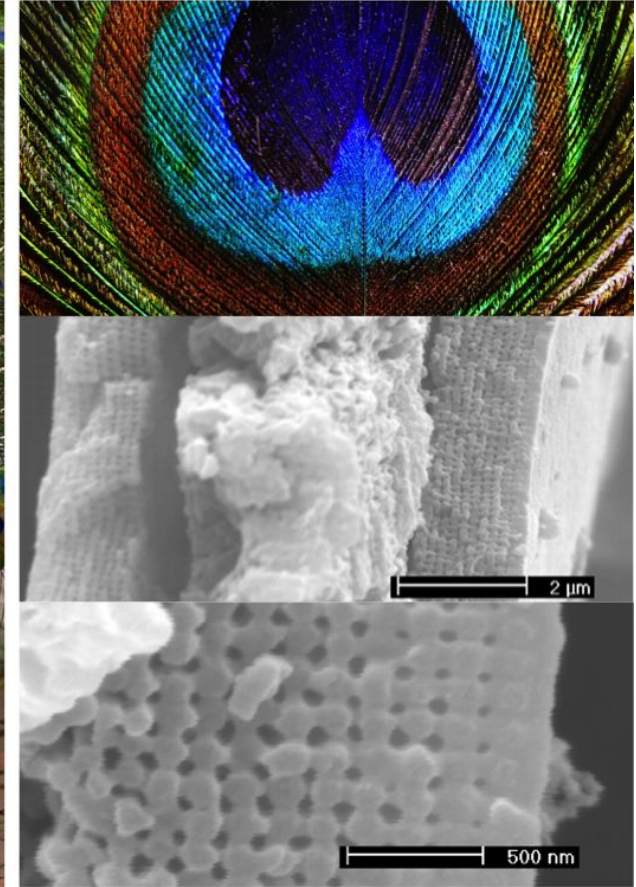


CRISTALLI FOTONICI

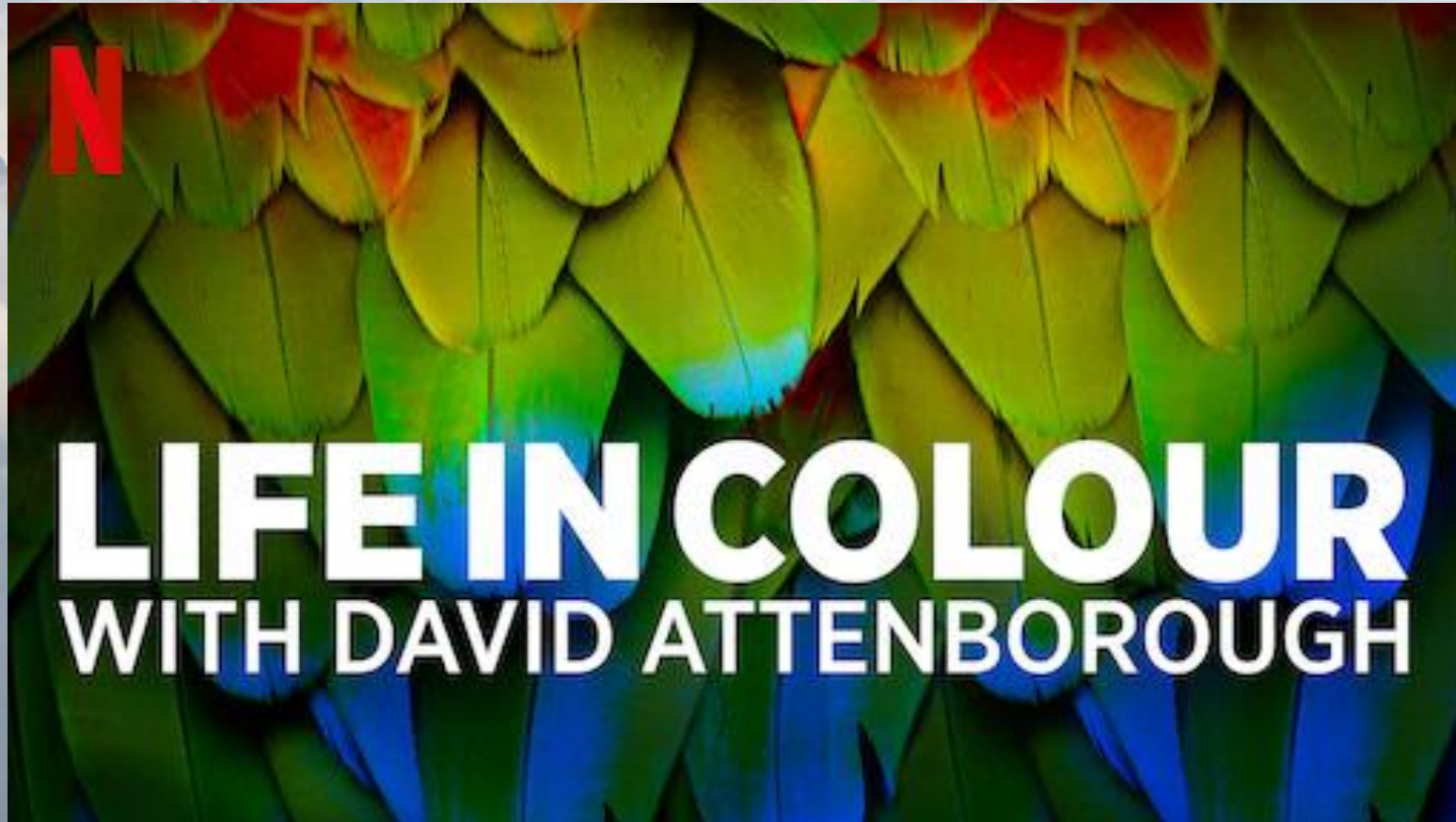
Più comuni del previsto...

- Sono materiali nei quali il colore è dovuto alla strutturazione ORDINATA a livello micro/nanometrico che porta a fenomeni di interferenza ottica
- Non sono presenti pigmenti o coloranti
- La natura sfrutta ampiamente queste colorazioni «strutturali»: collo dei piccioni, piumaggio dei pavoni, ali delle farfalle...

Eli Yablonovitch, Photonic Crystals:
Semiconductors of Light, Scientific American (2001)
http://optoelectronics.eecs.berkeley.edu/eliy_SCIAM.pdf



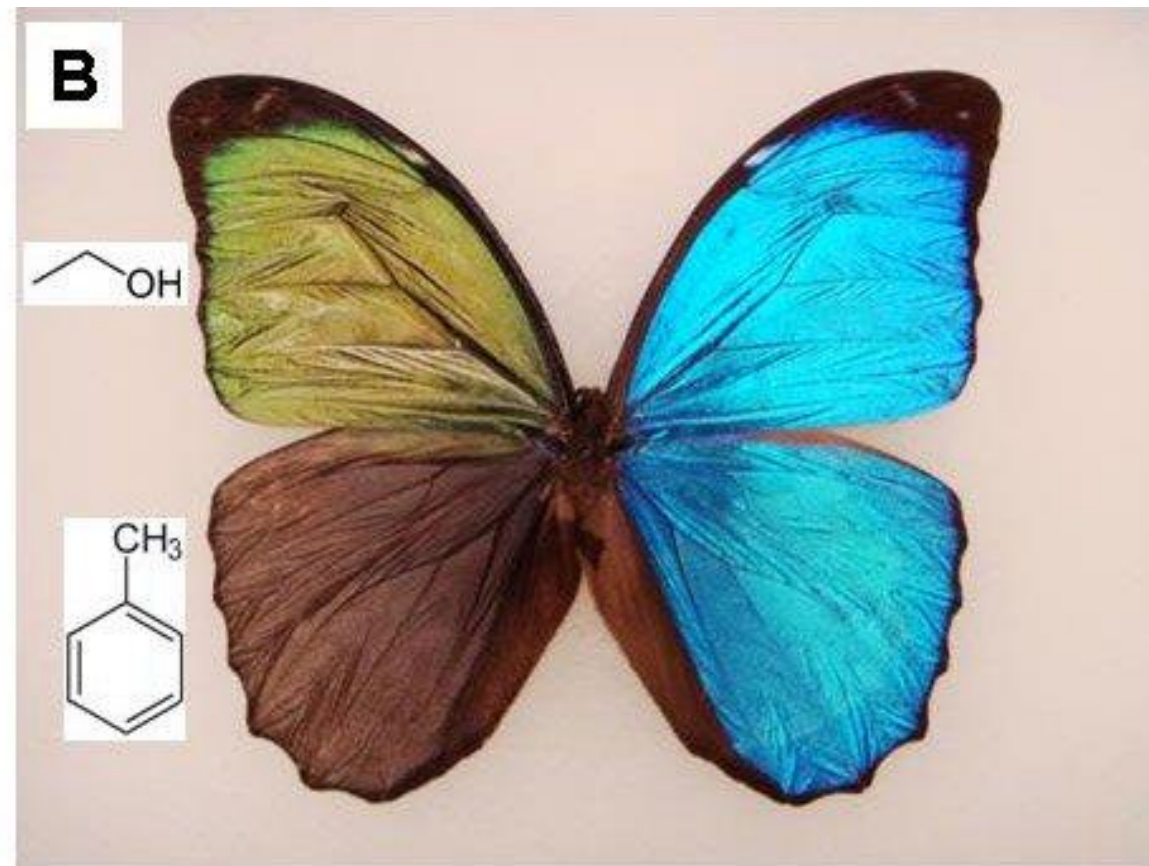
POSSIBILE ATTIVITÀ



VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=02zmDp67tLI>

CRISTALLI FOTONICI

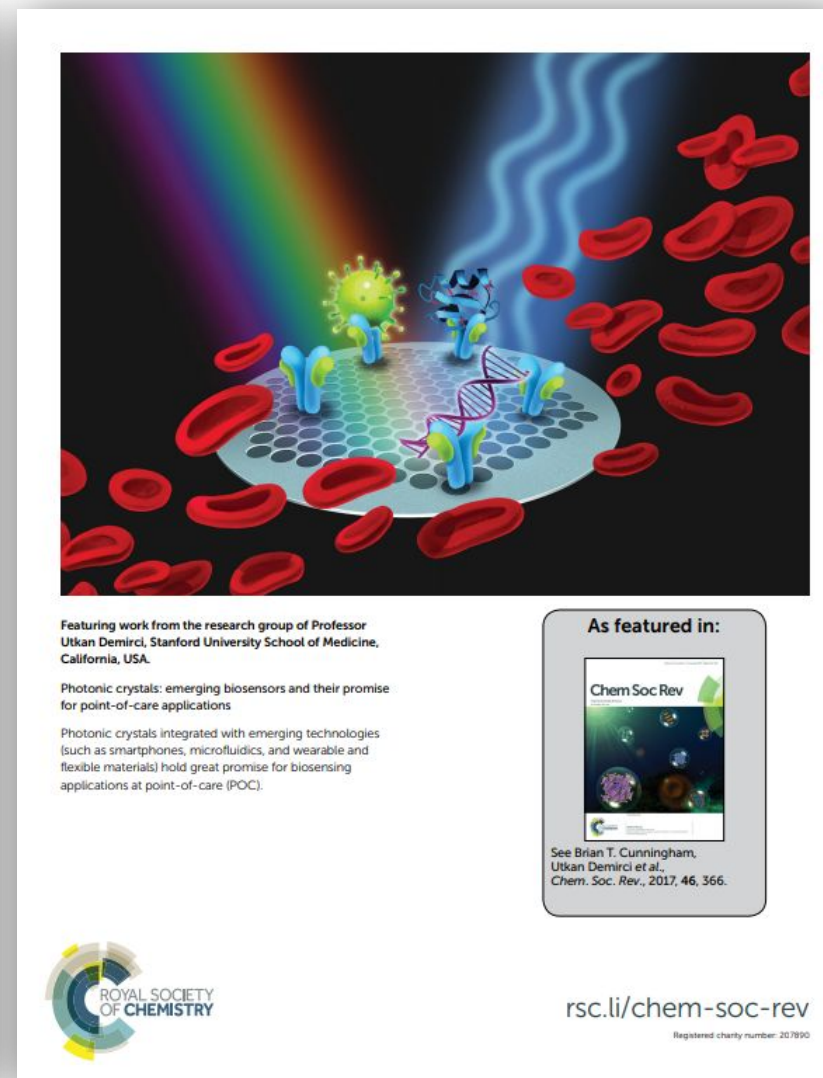
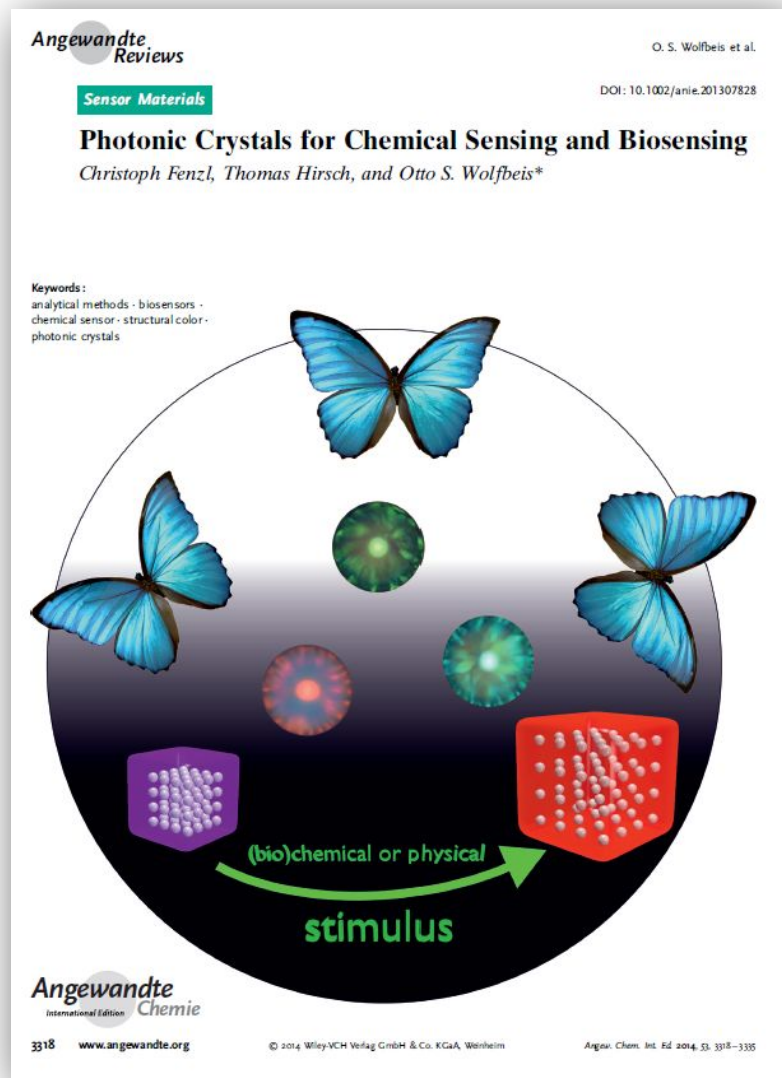
... e rivelazione colorimetrica. Un esempio dalla Natura



Nature Photonics, 2007, 1(2), 123–128.

CRISTALLI FOTONICI

Biosensori



CRISTALLI FOTONICI PER LA RIVELAZIONE DI CONTAMINANTI

- Velocità di rivelazione
- Semplicità
(no personale specializzato)
- Stabilità
(no coloranti o pigmenti)
- No strumenti complessi

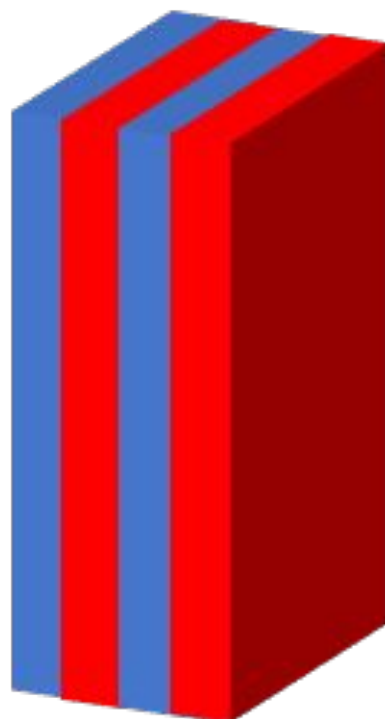


Cristalli fotonici batterio-sensibili

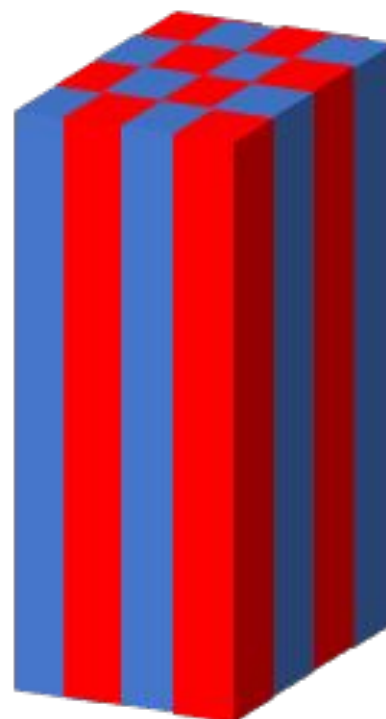
COSTRUIAMO UN CRISTALLO FOTONICO RESPONSIVO AI BATTERI

Tipi di cristalli fotonici

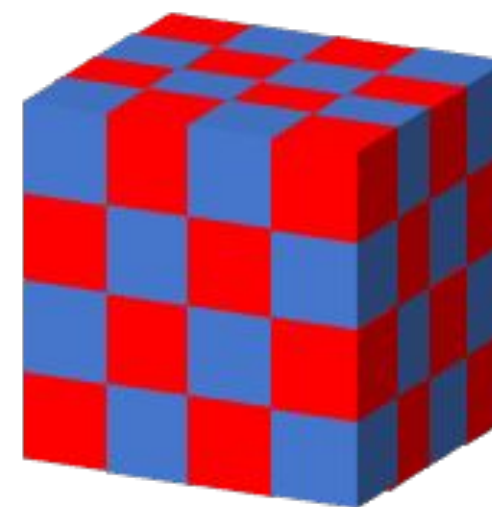
1-D



2-D



3-D

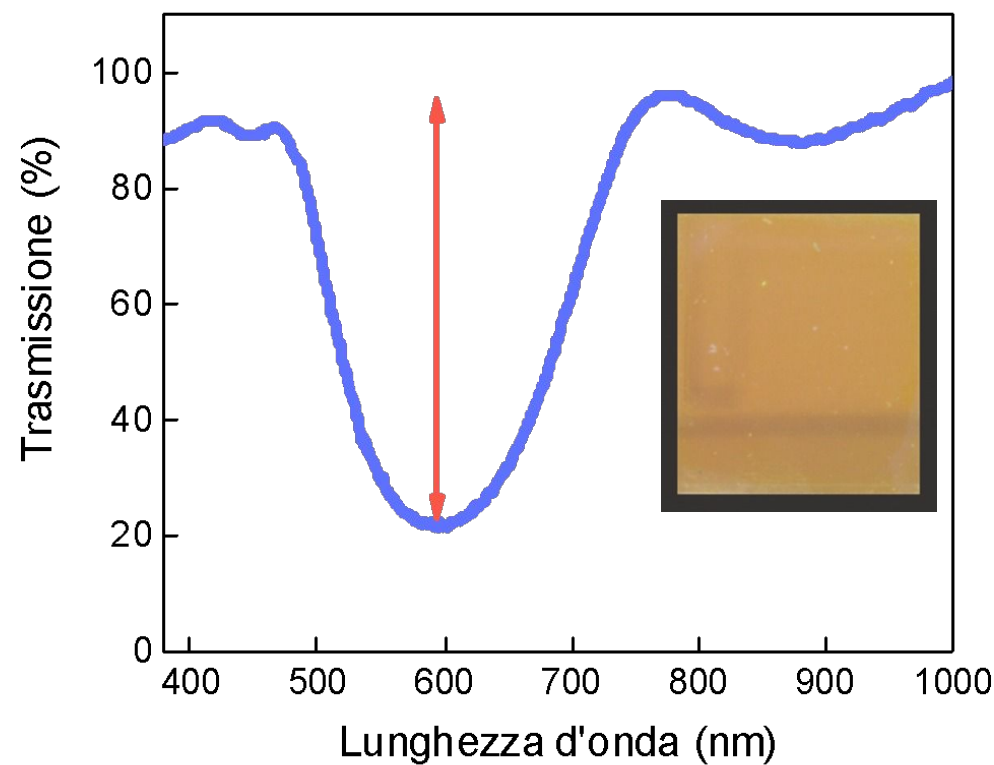
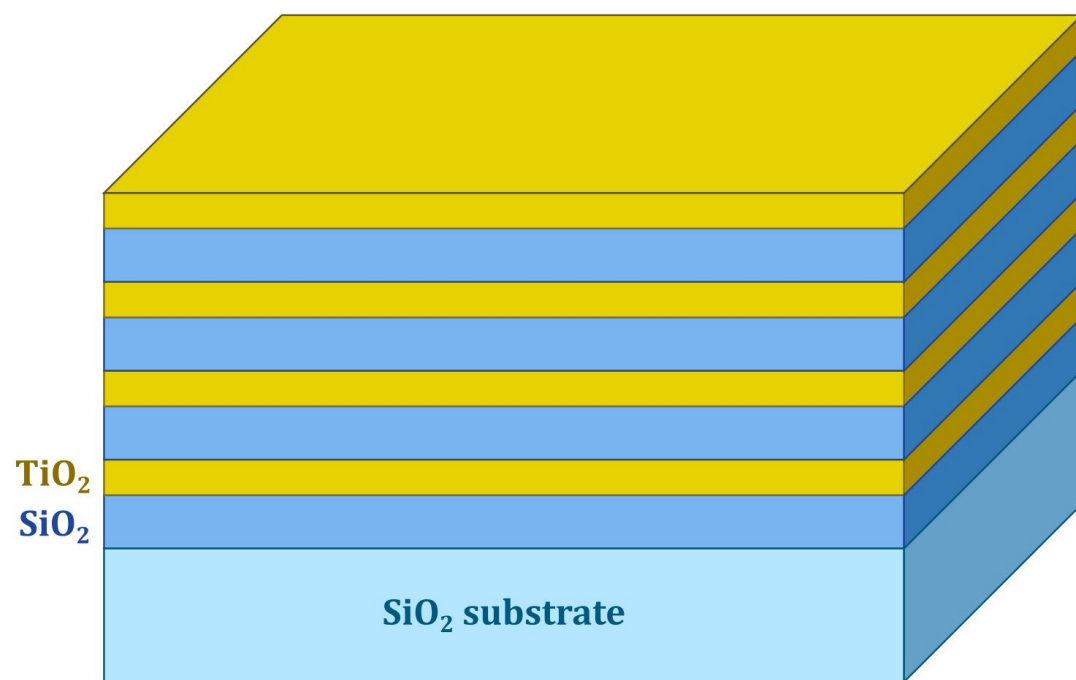


PERIODICITÀ IN 1, 2 O 3
DIMENSIONI DI MATERIALI
CON DIVERSE PROPRIETÀ
OTTICHE □ INDICE DI
RIFRAZIONE

COSTRUIAMO UN CRISTALLO FOTONICO RESPONSIVO AI BATTERI

Un modello semplice

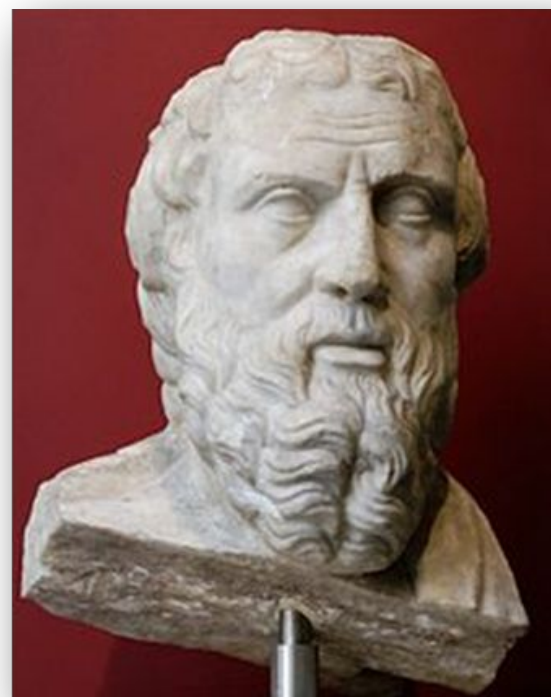
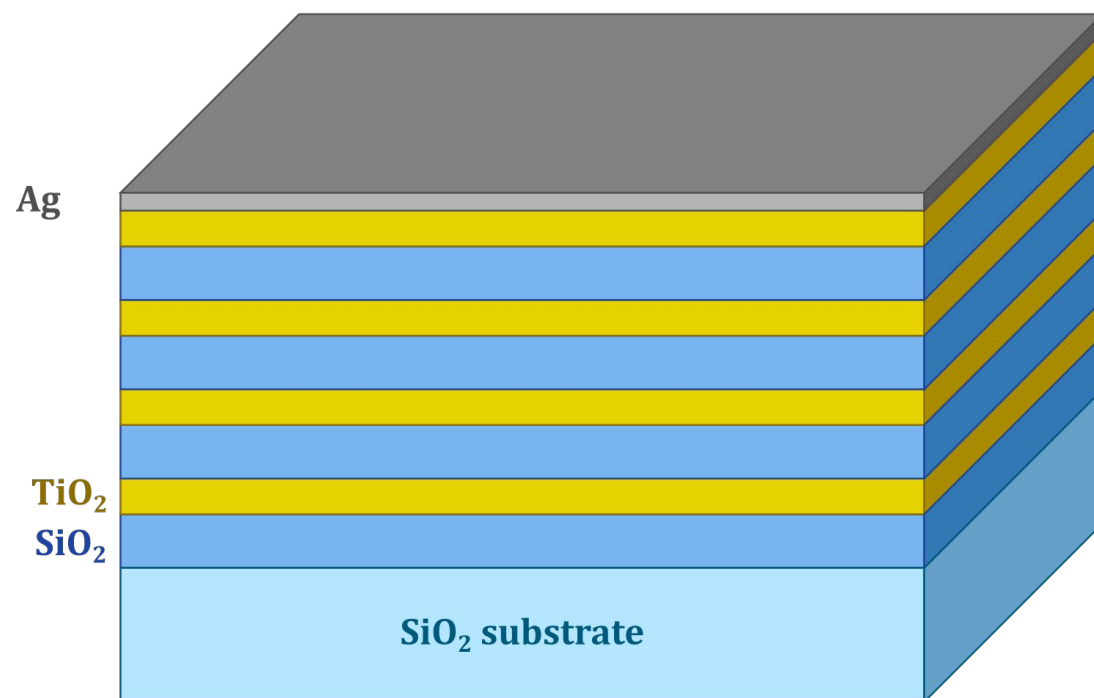
ALTERNIAMO STRATI DI MATERIALI A BASSO COSTO CON
DIVERSI INDICI DI RIFRAZIONE (ossido di silicio e ossido di titanio)



COSTRUIAMO UN CRISTALLO FOTONICO RESPONSIVO AI BATTERI

Un modello semplice

INSERIAMO UN ELEMENTO RESPONSIVO VERSO I BATTERI:
L'ARGENTO!

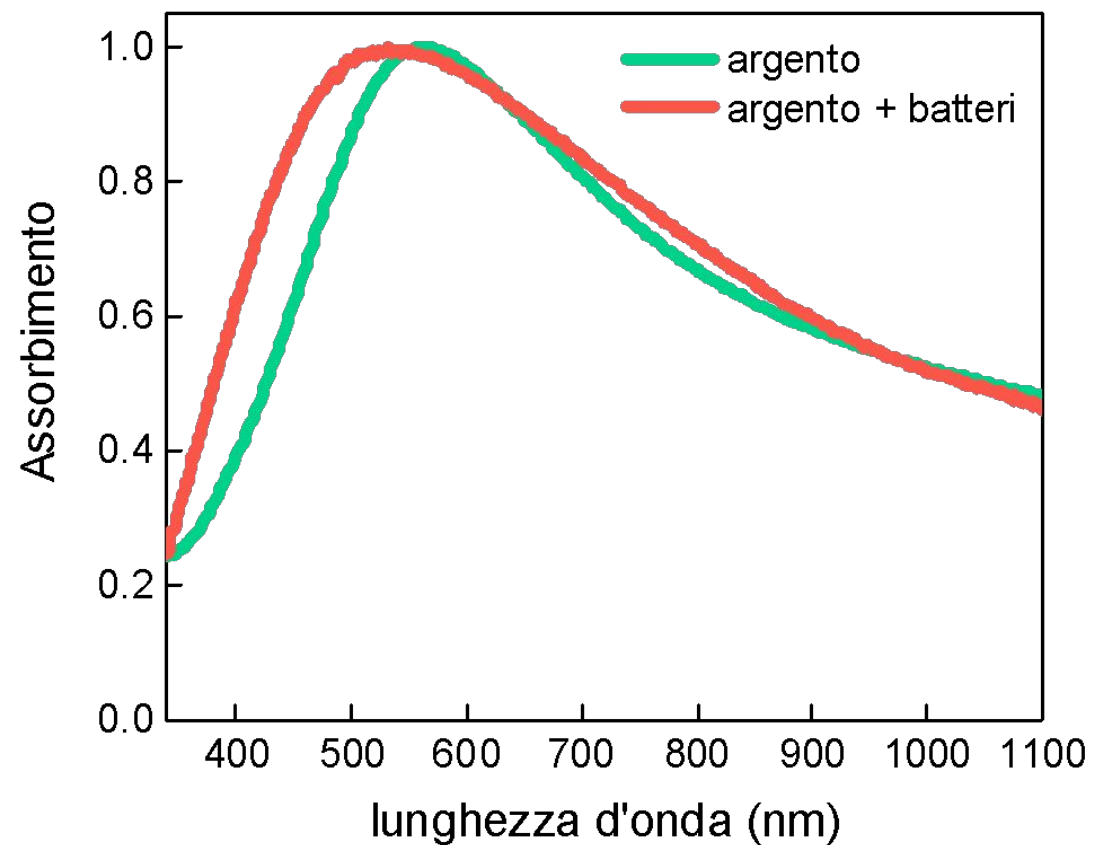
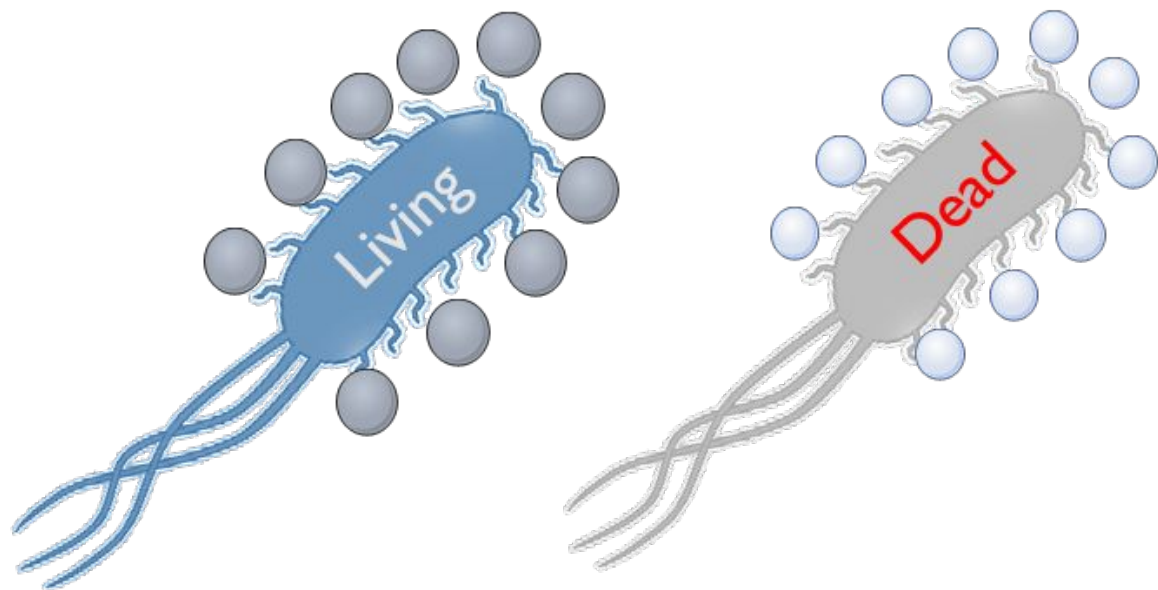


Erodoto:
“...nessun Re Persiano
avrebbe bevuto acqua
che non fosse contenuta in
contenitori di Argento...”

<https://www.radio24.ilsole24ore.com/programmi/smart-city/puntata/puntata-23-ottobre-2019-120313-ACa5KDu>

COSTRUIAMO UN CRISTALLO FOTONICO RESPONSIVO AI BATTERI

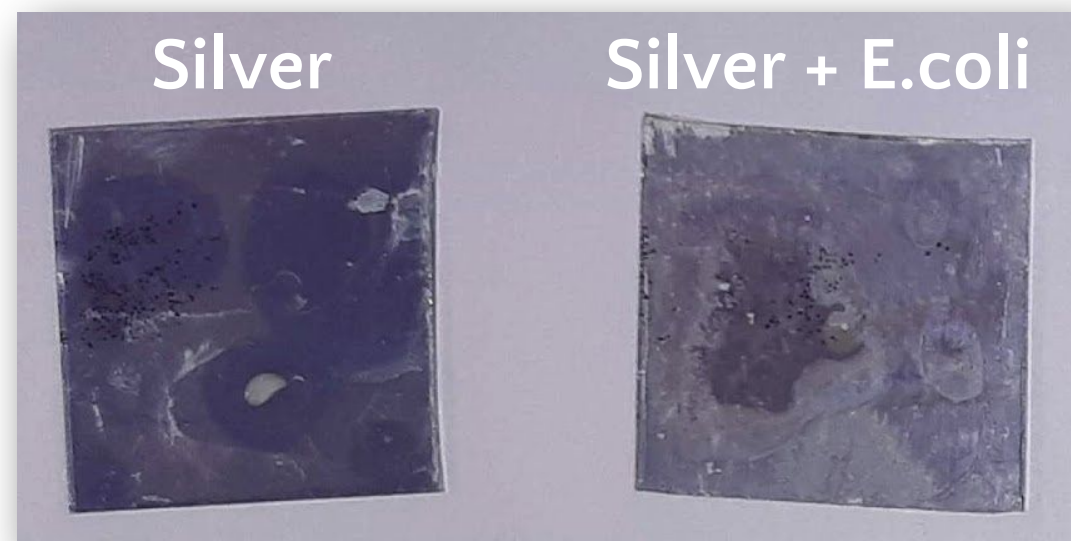
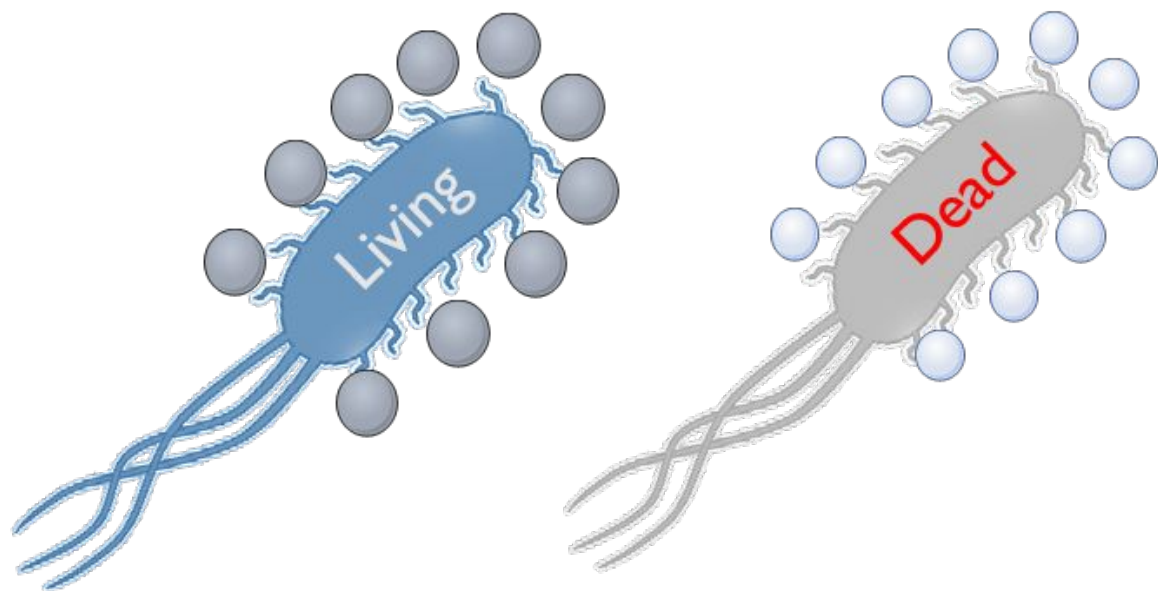
Anche l'argento nel suo piccolo cambia!



The impact of bacteria exposure on the plasmonic response of silver nanostructured surfaces,
<https://doi.org/10.1063/5.0042547>

COSTRUIAMO UN CRISTALLO FOTONICO RESPONSIVO AI BATTERI

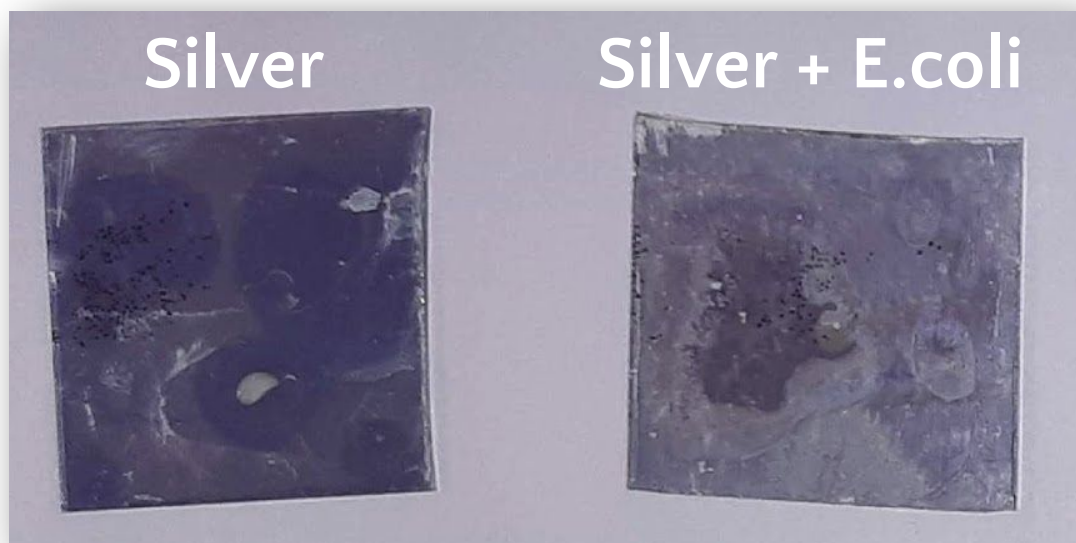
Anche l'argento nel suo piccolo cambia!



The impact of bacteria exposure on the plasmonic response of silver nanostructured surfaces,
<https://doi.org/10.1063/5.0042547>

COLORE STANDARD + NON-STANDARD

Standard



Non-Standard (fotonico)



Rivelazione di batteri patogeni

RIVELAZIONE DI ESCHERICHIA COLI

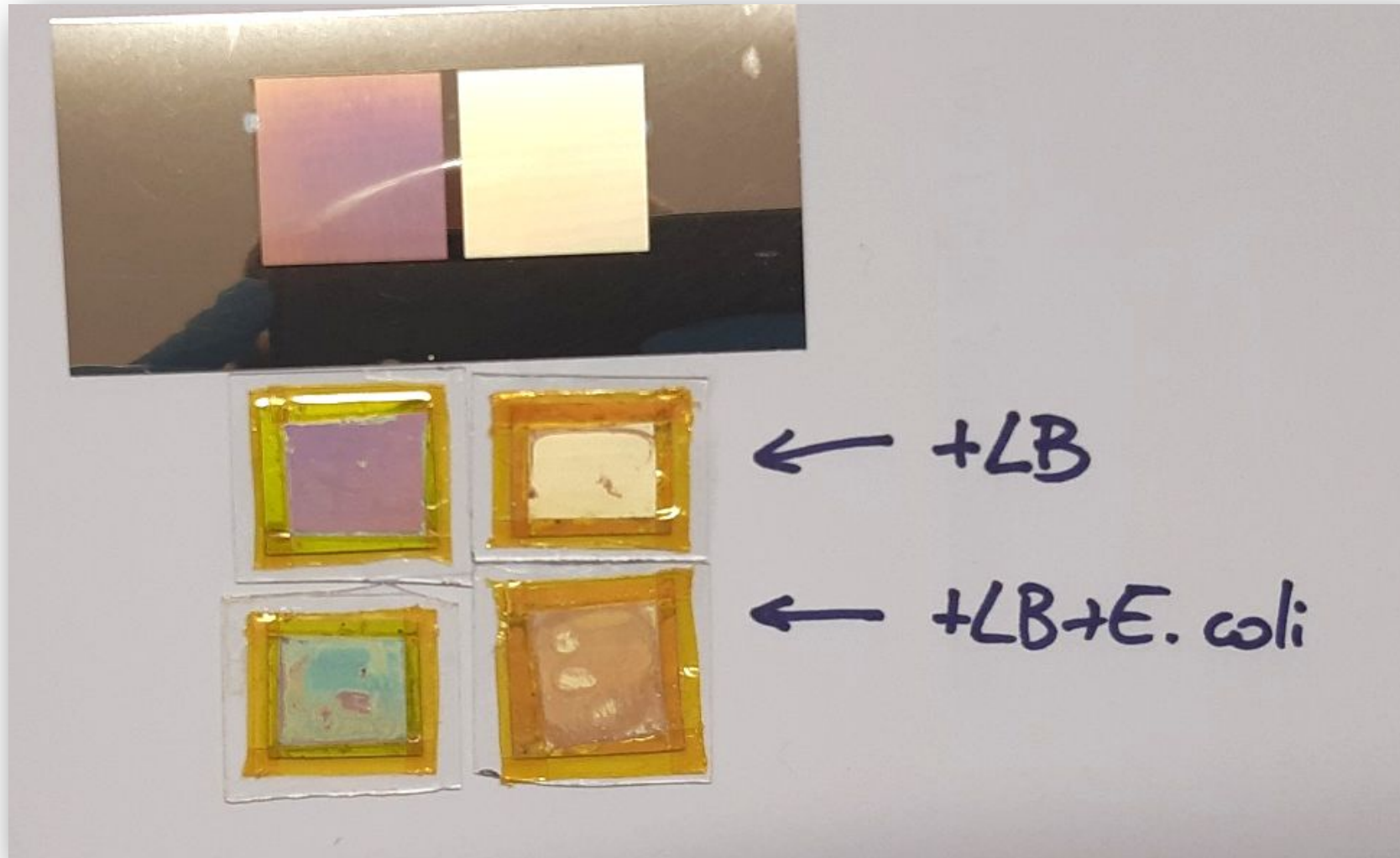
Outbreak data due to foodborne pathogens in US in 2017.

Pathogens	Outbreaks	Illness	Hospitalized	Death
<i>Bacillus</i>	25	704	56	2
<i>Campylobacter</i>	27	770	117	1
<i>Clostridium</i>	57	1480	64	3
<i>E. coli</i>	27	770	117	1
<i>Listeria</i>	7	28	27	3
<i>Norovirus</i>	318	6389	54	4
<i>Salmonella</i>	125	3228	528	9
<i>Shigella</i>	4	54	10	0
<i>Staphylococcus</i>	22	559	56	2
<i>Streptococcus</i>	1	62	0	0
<i>Vibrio</i>	20	91	5	0

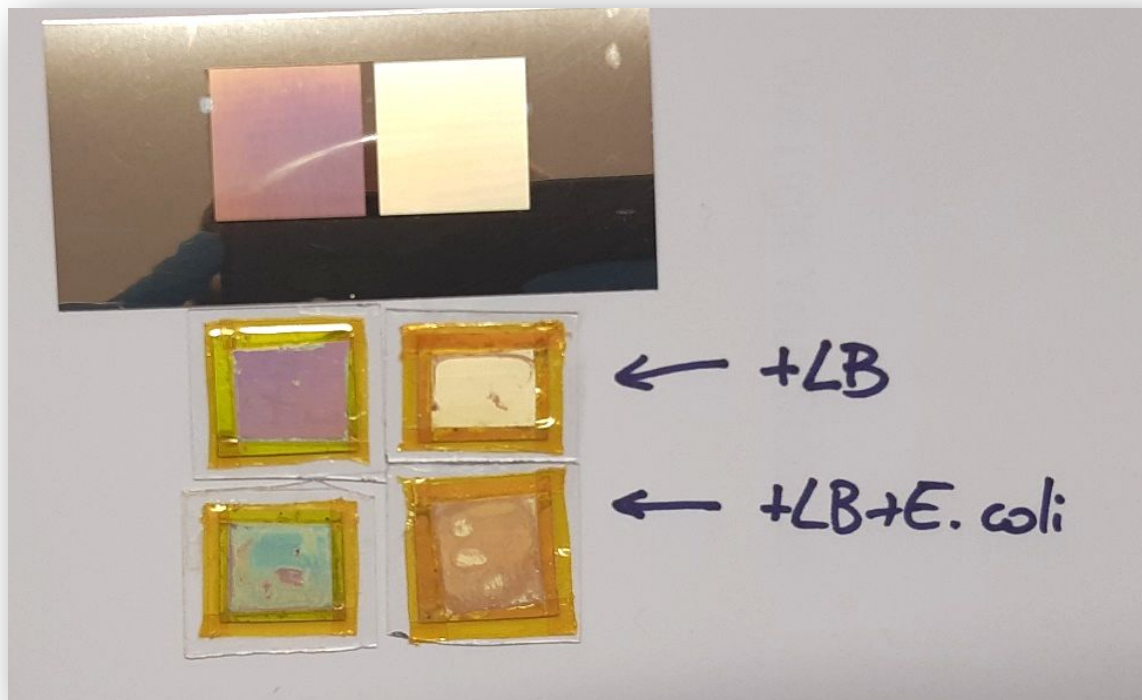
(NORS, CDC, 2019)



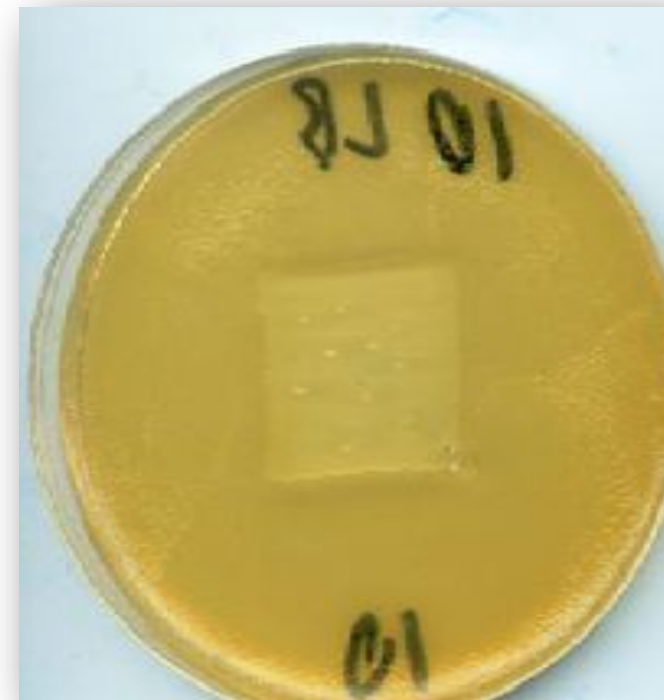
RIVELAZIONE DI ESCHERICHIA COLI



RELAZIONE CON ECONOMIA CIRCOLARE

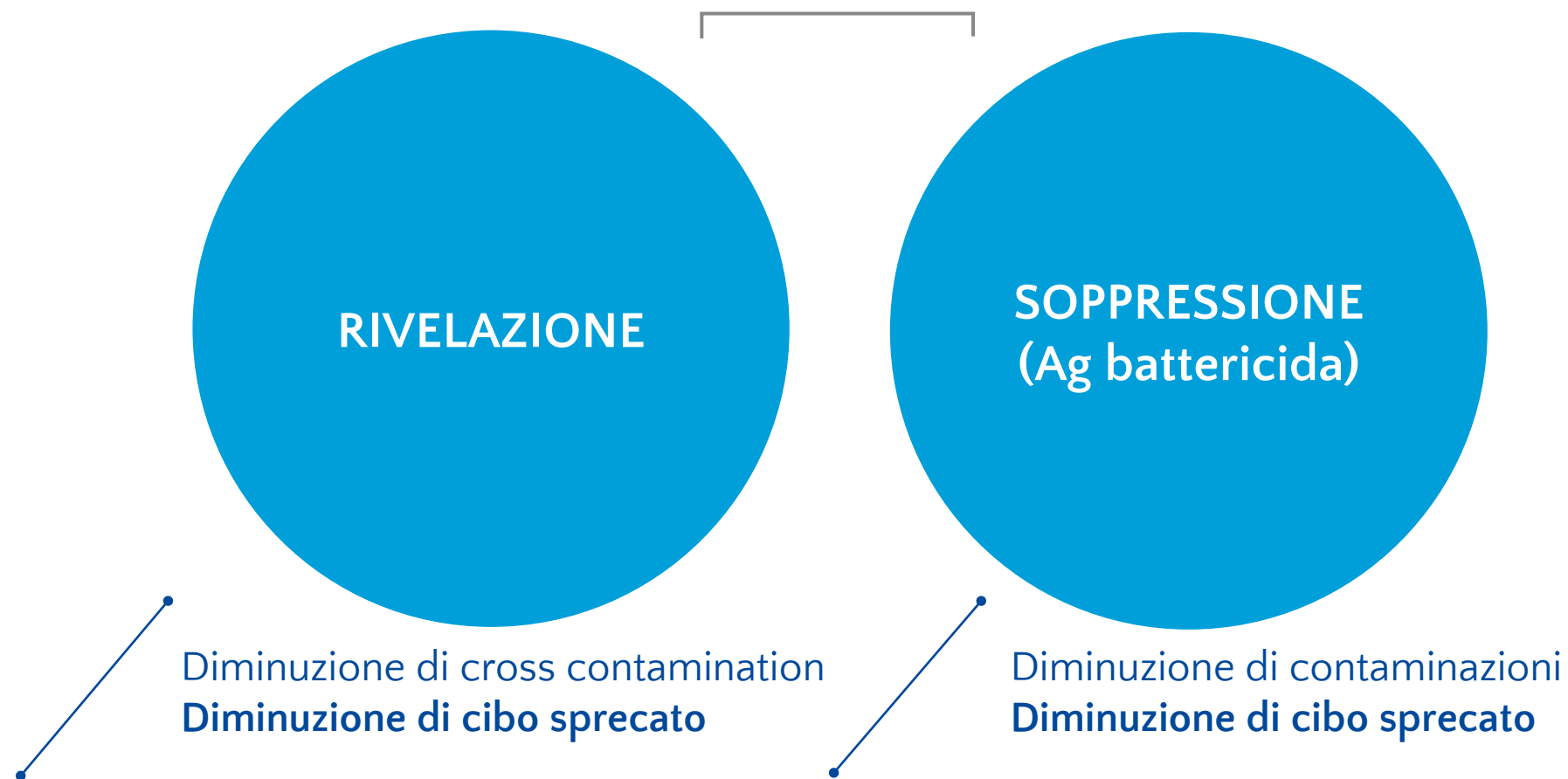


RIVELAZIONE



SOPPRESSIONE

RELAZIONE CON ECONOMIA CIRCOLARE



RIVELAZIONE DI ESCHERICHIA COLI

Stato del progetto

Fabbricazione di
cristalli fotonici
batterio-sensibili



2019-2021

Prove di concetto
su batteri patogeni



2021-2022

Prove su campioni
di cibo reali



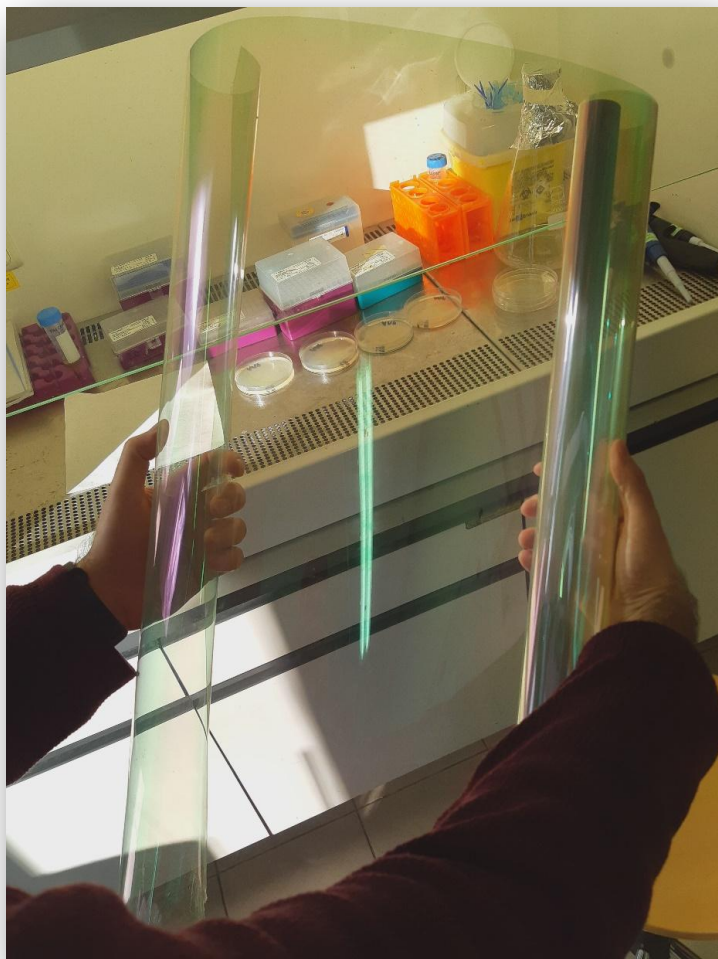
2021-2022

Prove con packaging
batterio-sensibile



2022

SVILUPPI FUTURI



By courtesy of Centro Grafico dg S.p.A



**POLITECNICO
MILANO 1863**

DIPARTIMENTO DI FISICA



Center for Nano Science and Technology



centro grafico dg
a better point of view

Fondazione
CARIPOLO



Low-cost and reusable photonic crystals
for optical detection of bacterial contaminants
Cariplo grant n° 2018-0979



MULTIDISCIPLINARITÀ

Fisici

Chimici

Ingegneri dei Materiali

Biotecnologi

Biologi

Ingegneri Fisici





Domande?

Grazie per l'attenzione

Attività didattica

47

COSA POSSIAMO FARE PER MINIMIZZARE LO SPRECO?

MATERIALE DIDATTICO ON-LINE

- Documento del «Barilla center for food and nutrition»
<https://www.barillacfn.com/m/publications/spreco-alimentare-cause-impatti-proposte.pdf>
- Rapporto UNEP – FAO spreco alimentare (2021)
<https://www.unep.org/resources/report/unep-food-waste-index-report-2021>
- Food Loss and Waste Database (Interattivo)
<https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/flw-data/en/>



OBIETTIVI

- Analisi del problema spreco alimentare
- Individuare a che livello della catena dello spreco possiamo agire come individui e gruppi familiari
- Individuare dei comportamenti e delle soluzioni per minimizzare gli sprechi