

Corso di Laurea Triennale in
“SCIENZE BIOLOGICHE”

Anno Accademico 2023-2024

IGIENE

MICROCLIMA

Prof.ssa Valeria Di Onofrio

valeria.dionofrio@uniparthenope.it



SIS

Scuola Interdipartimentale
delle **Scienze**, dell'**Ingegneria**
e della **Salute**

DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE (DIST)

IL MICROCLIMA

Insieme dei componenti chimici e dei fattori fisici che caratterizzano l'aria degli ambienti confinati

Comfort individuale e collettivo:

condizione di equilibrio fra ambiente ed individuo tale per cui quest'ultimo non riceva alcun effetto molesto o dannoso

- permanenza prolungata
- presenza di utenze numerose
- scarsa possibilità di rimozione dei contaminanti



modifica delle caratteristiche dell'*aria indoor*:
stato di *inquinamento* (“*viziatura*”)
a livello biologico, fisico e chimico

COMPOSIZIONE CHIMICA

La composizione chimica dell'aria indoor non si discosta in modo sensibile da quella dell'aria atmosferica:

$$O_2 = \sim 21\%$$

$$N = \sim 78\%$$

Fattori che ne determinano la modificazione:

- *affollamento*
- *deficienza di igiene personale*
- *stati morbosi*
- *tipo di attività/lavorazione*

FATTORI FISICI

Fattori fisici che caratterizzano il microclima e che condizionano lo stato di benessere in ambiente confinato:

- *temperatura*
- *irraggiamento termico*
- *umidità*
- *movimento dell'aria (ventilazione)*



TEMPERATURA

Valori ottimali: 19-22°C d'inverno, 24-26°C d'estate

Minimizzazione dell'influenza delle variazioni termiche esterne:

- idonei criteri costruttivi
- impiego di materiali adeguati
- sistemi sussidiari di riscaldamento e di raffreddamento

Determinazione analitica della temperatura:

termometri (con aria in movimento,
 $v=2-4$ m/sec)



IRRAGGIAMENTO (CALORE RADIANTE)

Quota di calore che si trasmette mediante onde elettromagnetiche da un corpo più caldo ad uno più freddo, senza bisogno di mezzi intermedi, anche attraverso il vuoto.

Le radiazioni termiche subiscono fenomeni di riflessione e di assorbimento con intensità variabile a seconda delle caratteristiche dei corpi.

Determinazione analitica della temperatura radiante media:

globotermometro di Vernon
(con aria ferma)



BILANCIO TERMICO

Meccanismi termoregolatori necessari a mantenere l'omeotermia:

- termogenesi o termoproduzione
- termolisi o termodispersione
- termoregolazione

TERMOGENESI

Processi di ossidazione cellulare nei quali l'energia chimica proveniente dagli apporti alimentari viene trasformata in energia termica

TERMOLISI

Eliminazione del calore in eccesso:

✓ *Conduzione e convezione*

Passaggio di calore dal corpo agli strati d'aria con i quali si trova a stretto contatto

✓ *Irraggiamento*

Negativo: passaggio di calore dal corpo umano a corpi a $T <$ di quella corporea

Positivo: passaggio di calore da corpi a $T >$ di quella corporea al corpo umano (acquisizione di calore)

✓ *Evaporazione*

Perspiratio insensibilis: a riposo e a bassa temperatura

Perspiratio sensibilis: nel lavoro muscolare ed a temperature più elevate

Sudorazione: meccanismo di termodispersione di emergenza, con tasso di umidità non eccessivamente elevato e T sensibilmente elevate

BILANCIO TERMICO

$$B = M \pm C \pm R - E$$

B = bilancio termico

M = calore di produzione metabolica

C = convezione e conduzione

R = irraggiamento

E = evaporazione

***N.B.** = **M** è sempre positivo; **E** è sempre negativo; **C** ed **R** possono essere positivi o negativi a seconda delle varie condizioni ambientali*

UMIDITÀ

**UMIDITÀ RELATIVA: UMIDITÀ ASSOLUTA
UMIDITÀ MASSIMA**

Valori ottimali: 40-50% d'inverno, 50-60% d'estate

Determinata da:

- livello igrometrico esterno
- quota di umidità prodotta dalle persone
- umidità delle pareti

Imbibizione dal sottosuolo

Infiltrazione dall'esterno (acqua piovana) o dall'interno (tubazioni)

Igroscopticità del materiale usato nella costruzione

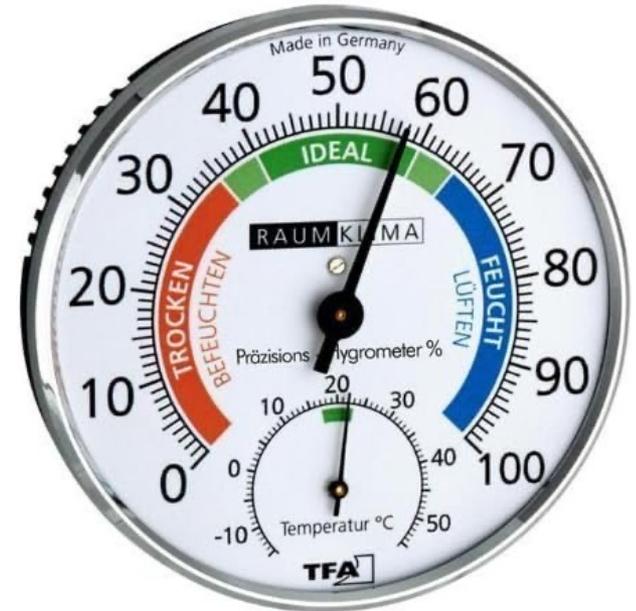
Condensazione dell'aria umida su superfici fredde

Insufficiente prosciugamento dei muri

Determinazione analitica dell'umidità:

igrometri: polimetro di Lambrecht (a capello), ad assorbimento

psicrometri: di Asmann, Igrist



VENTILAZIONE (MOVIMENTO DELL'ARIA)

Il raffreddamento di un corpo caldo è funzione della velocità del flusso di aria da cui viene investito.

Valori ottimali:

$\pm 0,10$ m/s (INVERNO)

$\pm 0,20$ m/s (ESTATE)

Determinazione analitica del movimento dell'aria:

anemometro a filo caldo

katatermometro a bulbo argentato



DETERMINAZIONI MICROCLIMATICHE

CENTRALINE

MICROCLIMATICHE/MULTIACQUISITORI:

- termometro
- globotermometro di Vernon
- psicrometro di Asmann
- anemometro a filo caldo



VIZIATURA DELL'ARIA INDOOR

Composizione media dell'aria inspirata:

O_2 : ~21%

CO_2 : 0,03%

tracce di vapore acqueo

Composizione media dell'aria espirata:

O_2 : ~17%

CO_2 : 3,5-4%

vapore acqueo in alta concentrazione

VIZIATURA DELL'ARIA INDOOR

- ❖ scarso o nullo movimento di aria
- ❖ aumento del tasso di umidità
- ❖ aumento della temperatura
- ❖ aumento CO₂ (→ 1/1000 ppm)
- ❖ fattore “odore”



VIZIATURA DELL'ARIA INDOOR



MALESSERI

CUBO D'ARIA

(quota di ventilazione)

“quantità d'aria necessaria per ogni ora ad una persona, perchè il tasso di CO₂ non superi il limite dell'1‰”

valore del cubo d'aria accertato per un individuo adulto medio, valido per abitazioni e uffici: 32 m³

per le scuole: 35 m³

per dormitori e refettori: 40 m³

per sale di degenza ospedaliera: 70 m³

CUBO D'ARIA

(quota di ventilazione)

$$C = K/m-q$$

C = cubo d'aria

K = CO₂ eliminata con la respirazione espressa in l/h (variabile con l'età e l'attività delle persone)

m = concentrazione di CO₂ da non superare (1‰; 0,7‰ per una particolare purezza dell'aria)

q = CO₂ contenuta nell'aria esterna (0,3‰ del tutto pura; 0,35-0,4‰ negli ambienti cittadini)

Calcolo della cubatura dei locali:

da considerare il **numero di ricambi d'aria all'ora**, *mediante*:

- a) *ricambio naturale o spontaneo*
- b) *ricambio naturale sussidiario*
- c) *ricambio artificiale*
- d) *condizionamento*

CONTROLLO DELLA VIZIATURA DELL'ARIA

- Rilievo dei parametri fisici (*T, U.R., calore radiante, movimento dell'aria*)
- Determinazione degli *indici di benessere*:
 - **Indice Katatermometrico**
valutazione degli scambi termici tra il *katatermometro di Hill* e l'ambiente
 - **Indice della temperatura effettiva (T.E.) ed altri indici correlati**

INQUINAMENTO DELL'ARIA INDOOR

- ✓ ambienti con diverse destinazioni d'uso
- ✓ grande variabilità di fonti di inquinamento
 - biologico
 - chimico
 - fisico
- ✓ danni alla collettività
 - immediati
 - a breve, medio e lungo termine

CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO FISICO

A livello indoor vengono più frequentemente campionati:

- ✓ radon, mediante sistemi di assorbimento
- ✓ grado di ionizzazione dell'aria, mediante sistemi di ionocromatografia e di conducibilità elettrica
- ✓ radiazioni non ionizzanti, mediante la misurazione della densità di potenza, del campo elettrico e del campo magnetico

IL RADON

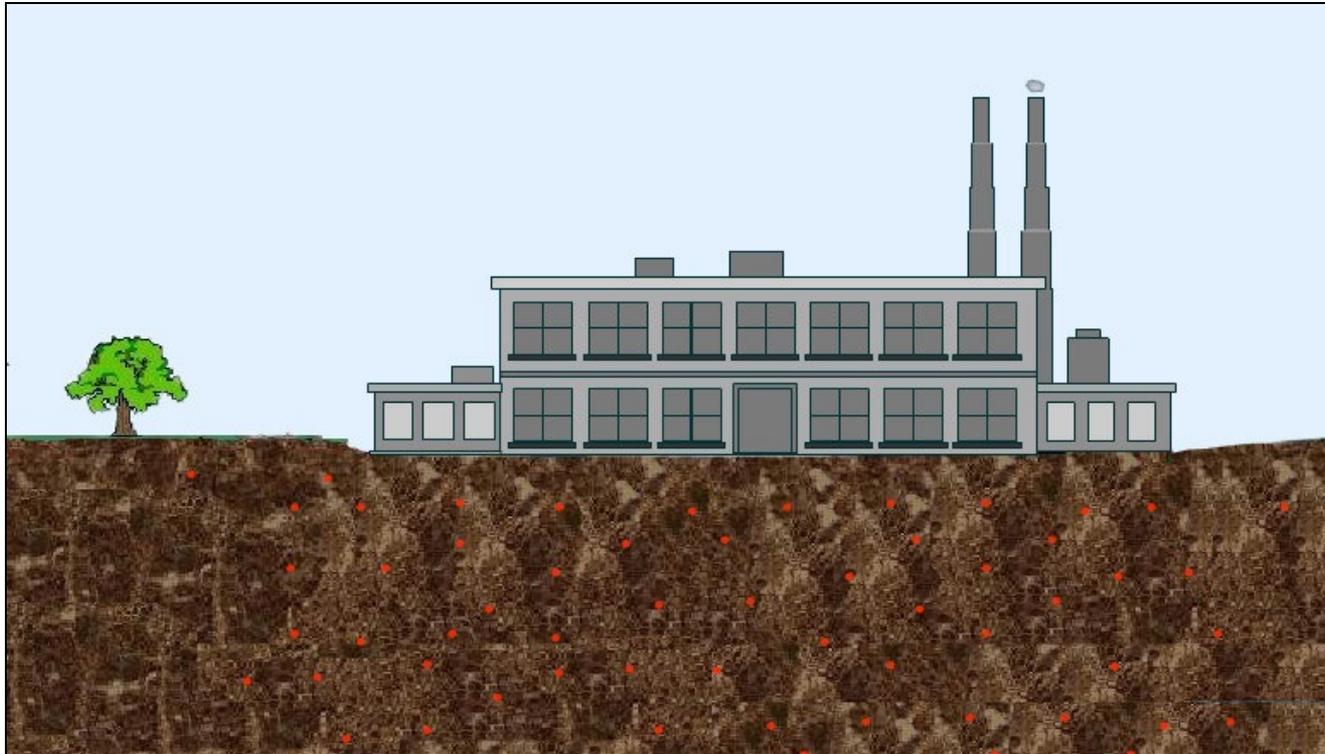
- ❑ è un gas nobile radioattivo naturale
- ❑ è distribuito in maniera non uniforme su tutto il pianeta
- ❑ può essere pericoloso per la salute ad elevate concentrazioni
- ❑ viene utilizzato come tracciante nelle attività di ricerca



IL COMPORTAMENTO DEL RADON

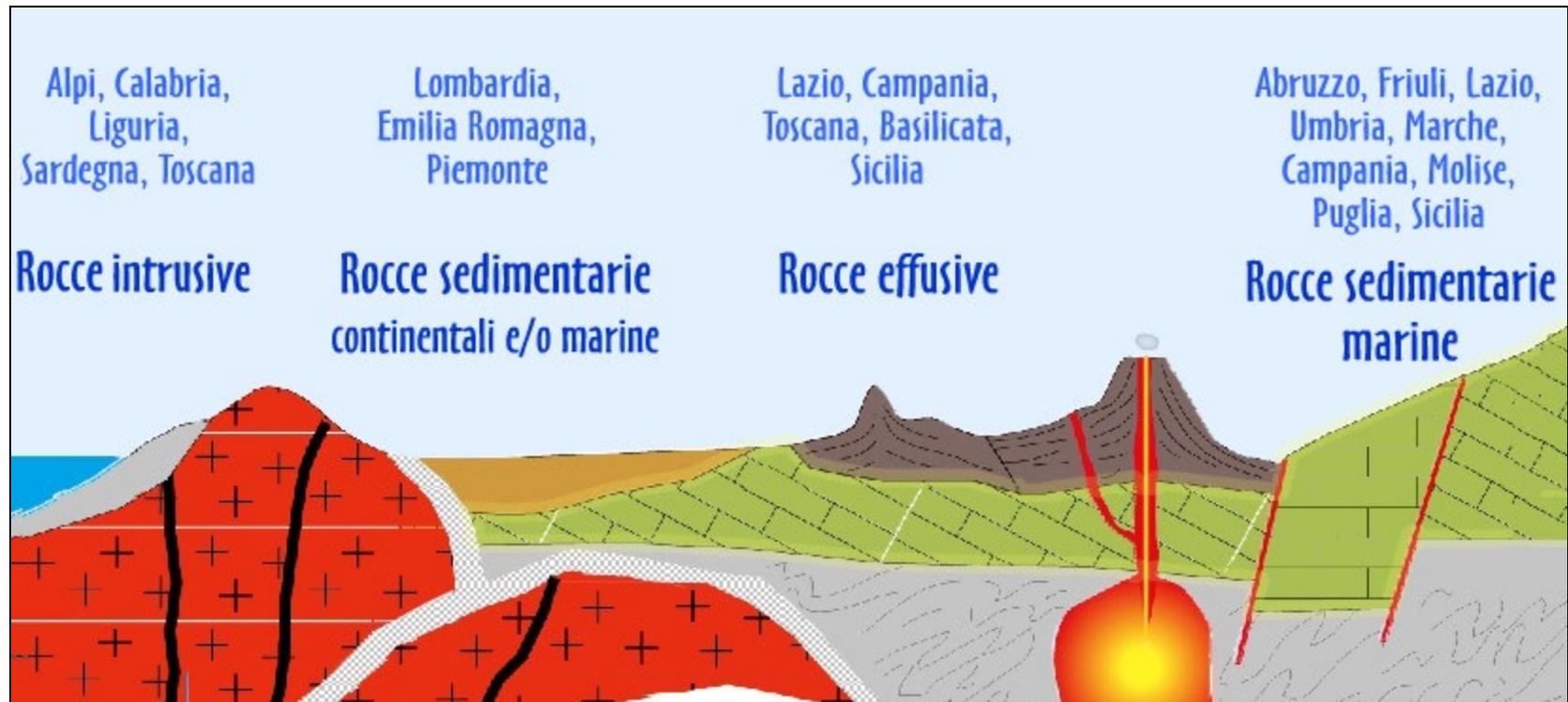
- a causa della sua natura gassosa e della sua inerzia chimica diffonde rapidamente dal luogo di formazione (in un materiale) fino a raggiungere lo spazio esterno
- nei luoghi aperti si disperde
- nei luoghi chiusi (case, uffici, etc.) si concentra e viene respirato (insieme ai radioisotopi figli)

LA CONCENTRAZIONE DEL RADON NEL SUOLO



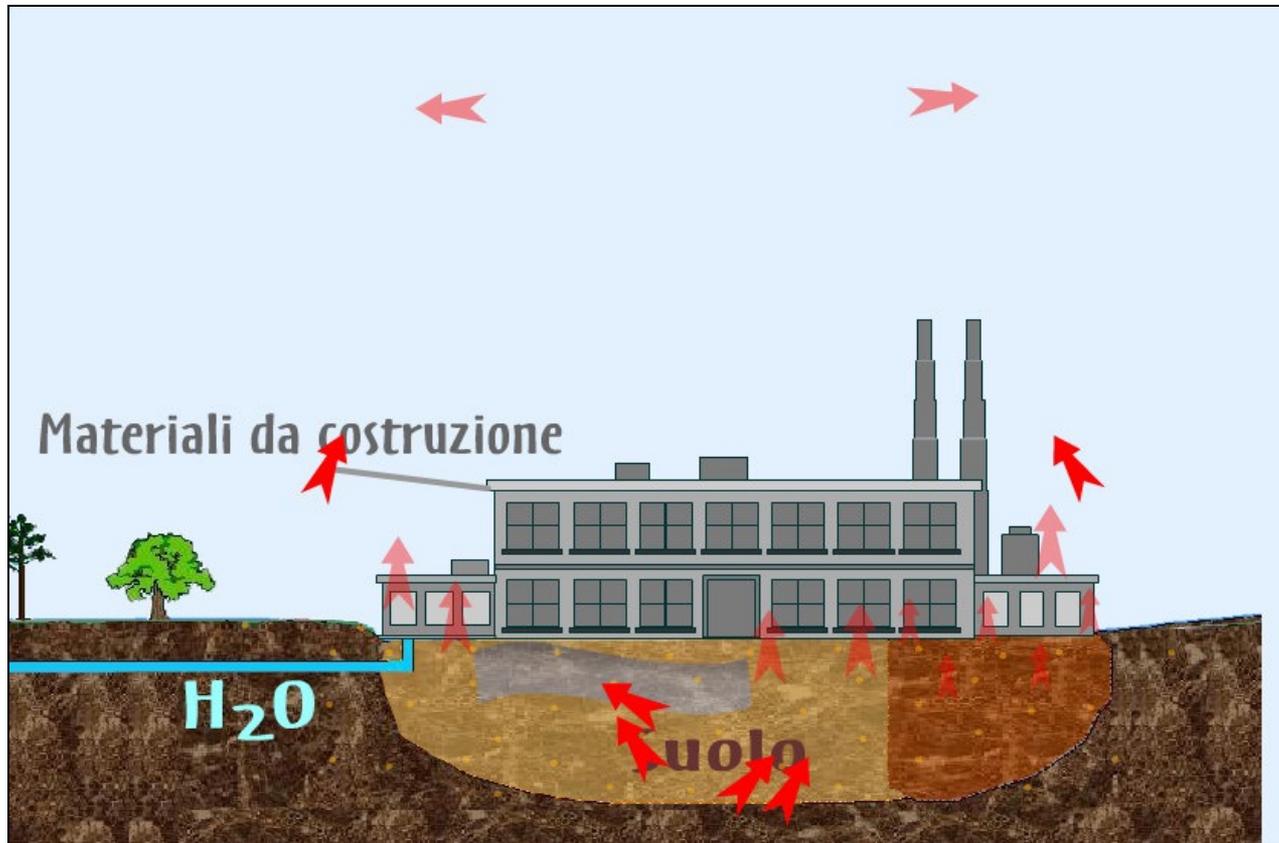
nel suolo la quantità di radon presente è proporzionale
alla quantità dei progenitori, quindi dipende dal tipo di suolo su cui
ci troviamo

IL RADON NELLE ROCCE



la distribuzione eterogenea dei progenitori del radon nei diversi tipi di rocce causa una produzione non uniforme di radon. Nei punti di risalita di materiale roccioso, dal mantello verso la crosta, si riscontrano le maggiori concentrazioni

LA CONCENTRAZIONE DEL RADON IN ARIA



Radon outdoor:
concentrazione del gas
fuori dagli ambienti
chiusi

Radon indoor:
concentrazione del gas
negli ambienti chiusi

in aria la quantità di radon presente è una funzione del processo di fuoriuscita del gas dal terreno in cui si è formato (*Emanazione-Esalazione*)

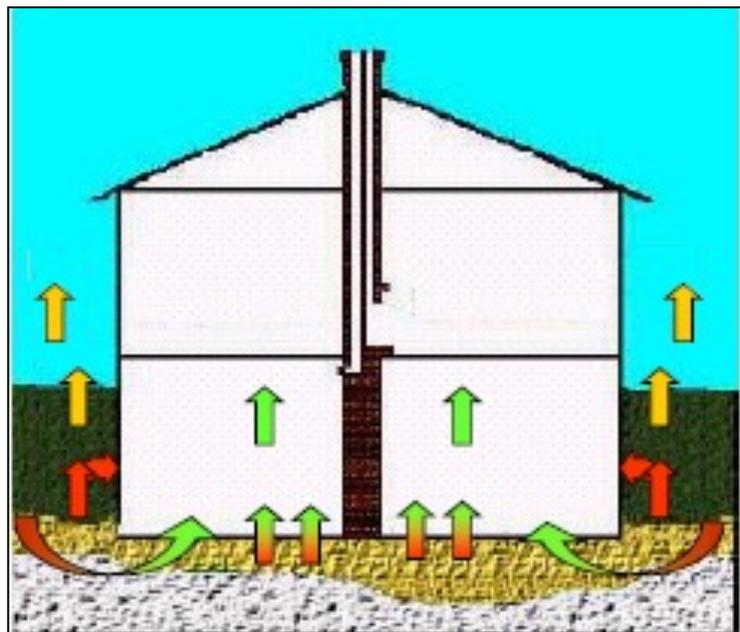
Fattori che influenzano la concentrazione di radon negli AMBIENTI CHIUSI

È un gas. Quindi dipende da ...

- concentrazione del radon nel suolo e nei materiali da costruzione (composizione)
- propagazione attraverso il suolo e i materiali (permeabilità, porosità) per convezione (differenza di pressione) e per diffusione (differenza di concentrazione)
- presenza di microfratture nei pavimenti e di tubature (acqua, gas)
- distanza dell'abitazione dal suolo
- tasso di ventilazione dell'ambiente

IL RADON INDOOR

la presenza di radon negli ambienti chiusi è legata a fattori fisico-chimici (tipo di suolo, materiali da costruzione, permeabilità e porosità delle rocce, veicoli di trasporto) e ambientali (clima, abitudini della popolazione)



Effetto camino

La presenza stessa dell'edificio provoca il richiamo del gas verso l'interno

- Radon emanato-esalato
- Radon indoor
- Radon outdoor

CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO CHIMICO

Apparecchi passivi, anche miniaturizzati (campionatori personali), per la definizione della esposizione globale (T.E.A.M. = Total Exposure Assessment Method) degli utenti di un particolare ambiente indoor

Tecniche analitiche prevalentemente usate:

gas-cromatografia

spettrofotometria

CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO BIOLOGICO

✓ Indagini di tipo “*quantitativo*”

- *carica batterica totale* espressa in CFU/m³
- *carica micotica totale* espressa in CFU/m³

✓ Indagini di tipo “*qualitativo*”

ricerca e identificazione delle specie batteriche e fungine

1. Sistemi di captazione “*ad impatto*” o a “*filtrazione*” dell'aria su piastre di Petri contenenti idonei terreni di coltura
2. Esposizione all'aria di piastre di Petri contenenti idonei terreni colturali per tempi prefissati

PREVENZIONE DELL'INQUINAMENTO INDOOR

Prevenzione primaria per l'eliminazione o la riduzione dei fattori di rischio:

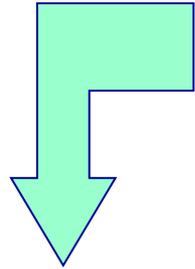
- ✓ controllo della “*qualità*” dell'edificio (nocività, sicurezza)
- ✓ adozione di precise normative a livello internazionale, nazionale e locale
- ✓ corretta gestione e manutenzione dell'edificio, soprattutto a livello degli impianti
- ✓ capillare diffusione delle conoscenze acquisite fra gli operatori del settore
- ✓ educazione delle collettività nei confronti del problema indoor

Monitoraggio Ambientale Microbico (MAM)

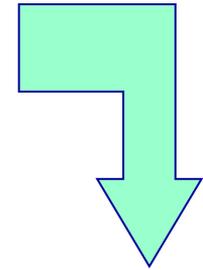
- ❑ valuta la quantità di microrganismi presenti nell'aria e che per gravità si depositano sulle superfici
- ❑ considera aria e superfici un binomio inscindibile, da monitorare contemporaneamente
- ❑ utilizza 3 fattori:
 - metodiche di campionamento standardizzate
 - scale di classi di contaminazione
 - livelli massimi accettabili

(Pitzurra ed al 1997)

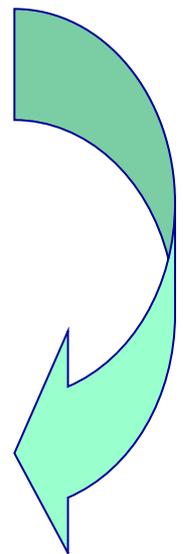
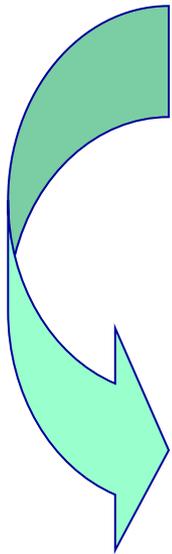
Monitoraggio Microbiologico Ambientale (MAM)



aria



superfici



Sala operatoria pronta
Sala operatoria in attività

MAM

Obiettivo: abbattimento della carica microbica tramite verifica e valutazione di:

SALA PRONTA

- funzionamento dell'impianto di VCCC (ventilazione e condizionamento a contaminazione controllata) e della filtrazione dell'aria
- efficacia delle procedure di sanificazione

SALA IN ATTIVITÀ

- organizzazione del lavoro in sala e applicazione delle norme comportamentali adottate dal personale sanitario

MAM

Parametri

QUANTITATIVI

- carica microbica totale (mesofila e psicrofila)
- carica micotica (mesofila e psicrofila)

QUALITATIVI

- Stafilococcus* spp.
- Enterobacteriaceae
- Pseudomonas* spp.

MAM

Carica microbica totale

Metodi per il campionamento

REQUISITI

- quantitativi
- semplici
- riproducibili
- affidabili
- di basso costo

ARIA

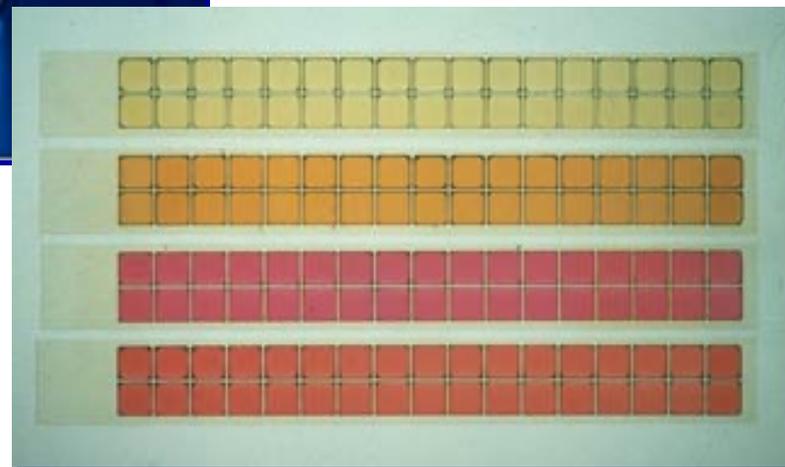
Campionamento

Indicazioni all'impiego

- ❑ **ATTIVO:** raccoglie informazioni sul numero di microrganismi sospesi nell'aria o responsabili di infezioni respiratorie
- ❑ **PASSIVO:** valuta la quantità di microrganismi che sedimentano



Surface Air System (SAS) Super 100



Altro tipo di campionatore



Sed-Unit

ARIA

Campionamento attivo

POSIZIONAMENTO

SALA PRONTA

- a 30 cm dalle bocchette
- a centro della sala

SALA IN ATTIVITÀ

- nell'area a rischio

Valori di riferimento per contaminazione microbiologica di aria e superfici in s.o.

☐ ARIA

a sala operatoria pronta

- nell'aria immessa dall'impianto di VCCC $< 1 \text{ ufc/m}^3$
- nell'aria ambiente in prossimità del tavolo operatorio $\leq 35 \text{ ufc/m}^3$

a sala operatoria in attività

- flusso turbolento $\leq 180 \text{ ufc/m}^3$
- flusso laminare $\leq 20 \text{ ufc/m}^3$

☐ SUPERFICI

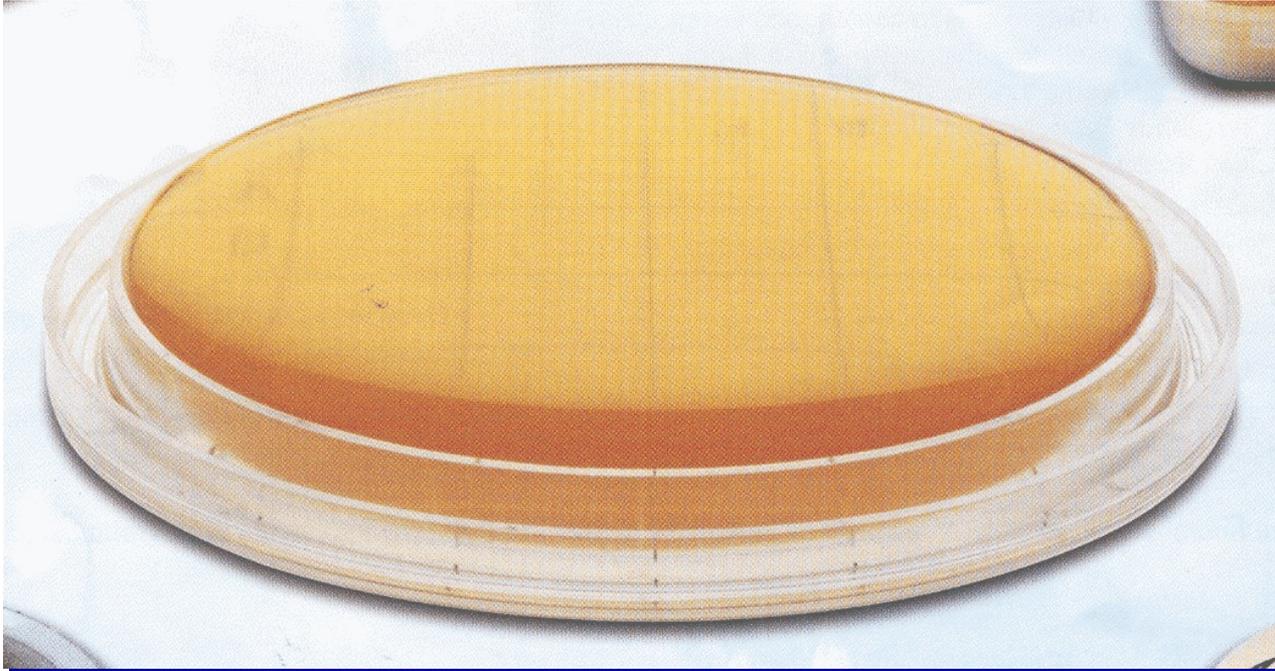
- pareti $0,5 \text{ ufc/cm}^2$
- piani di lavoro $0,5 \text{ ufc/cm}^2$

SUPERFICI

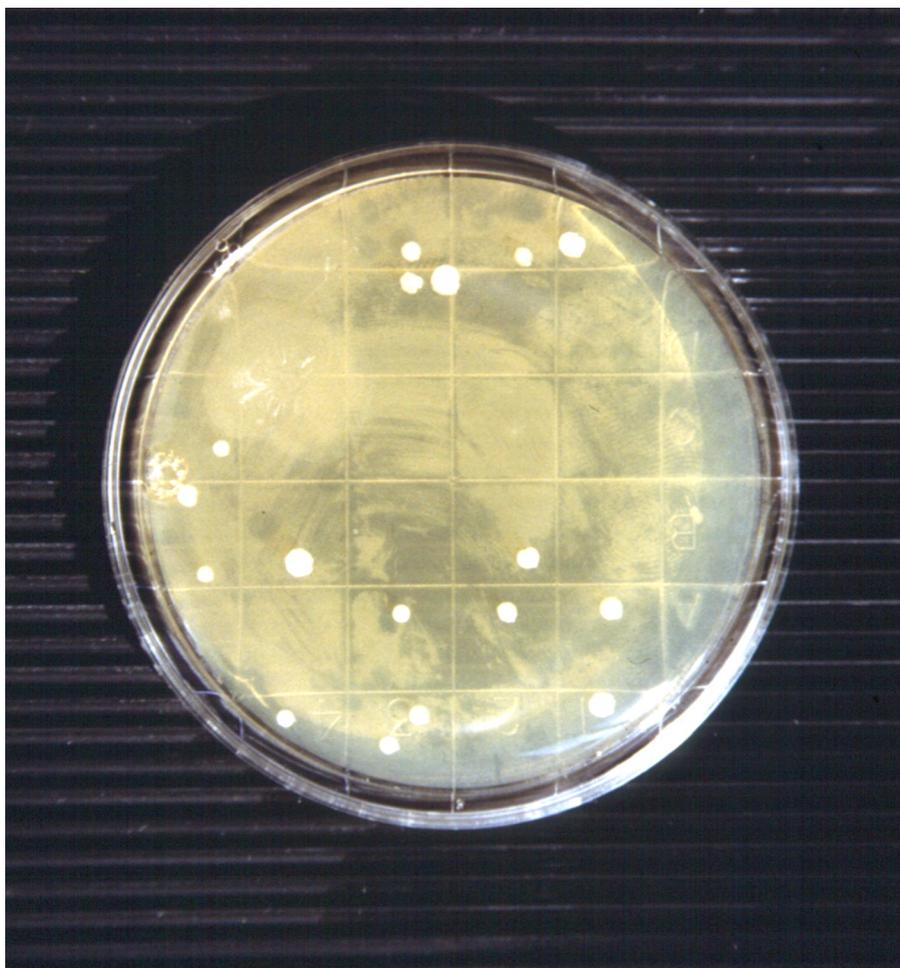
Campionamento

SISTEMI

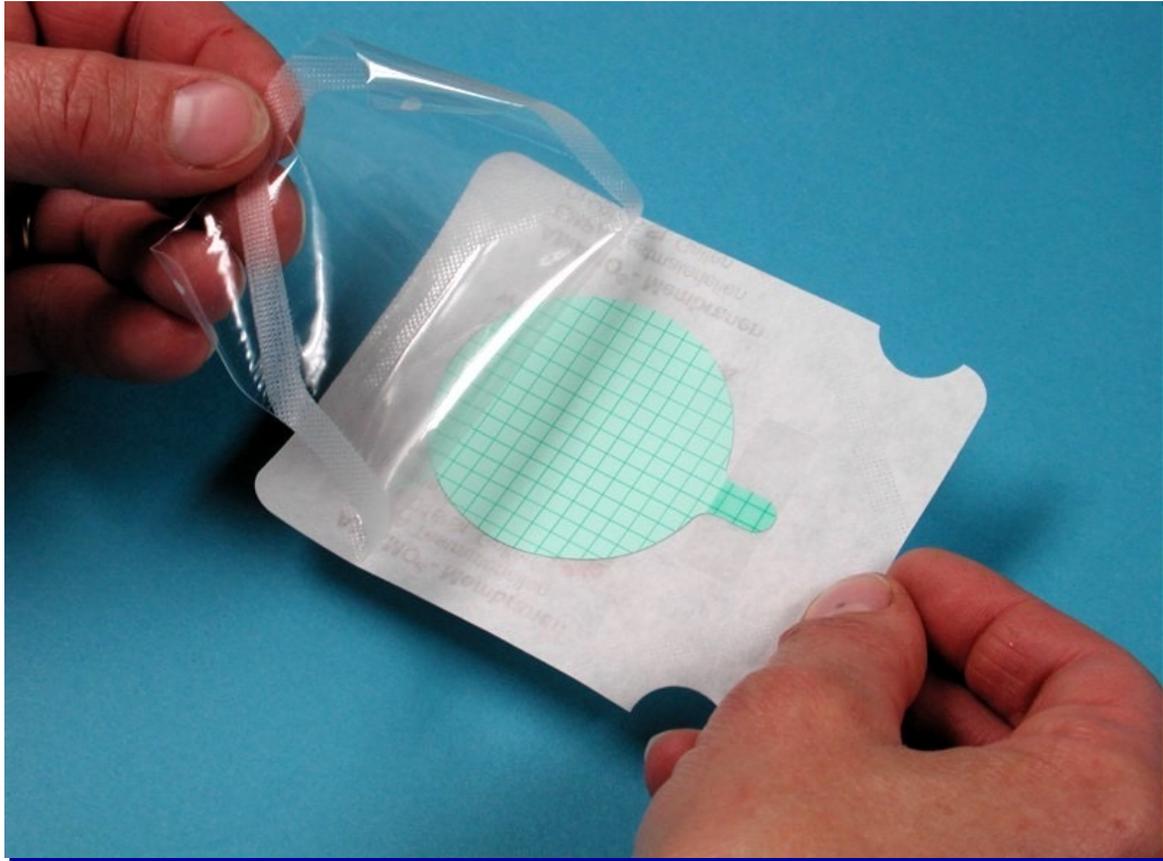
- piastre Rodac
- membrane di nitrocellulosa
- tampone (con e senza mascherina)
- spugne
- lavaggio
- bioluminometro



Piastra RODAC (Replicate Organism Detection and Count)



Esempio di contaminazione di superfici



Membrane di nitrocellulosa

SUPERFICI

Campionamento

SALE OPERATORIE

Per ciascuna tipologia individuare specifiche superfici

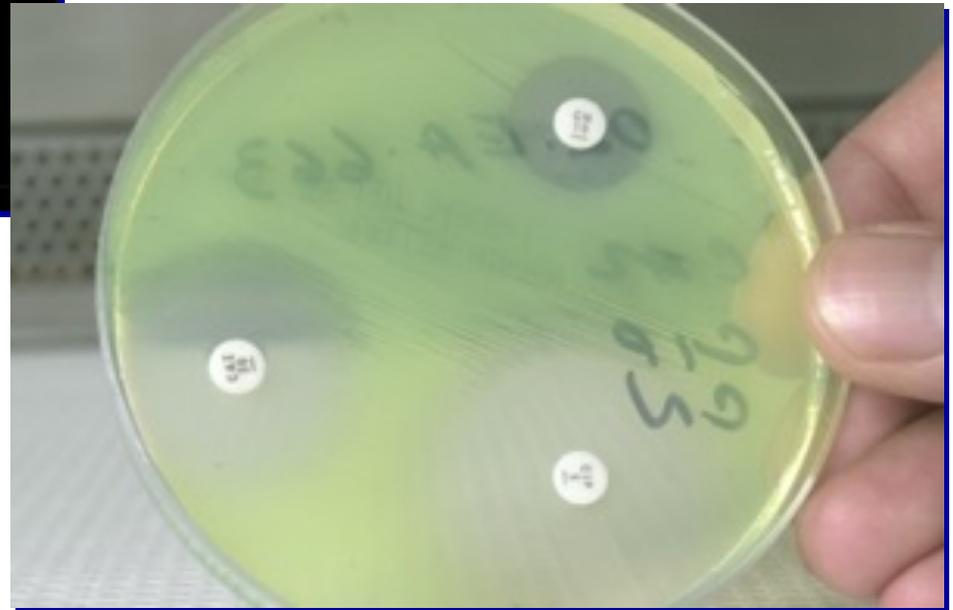
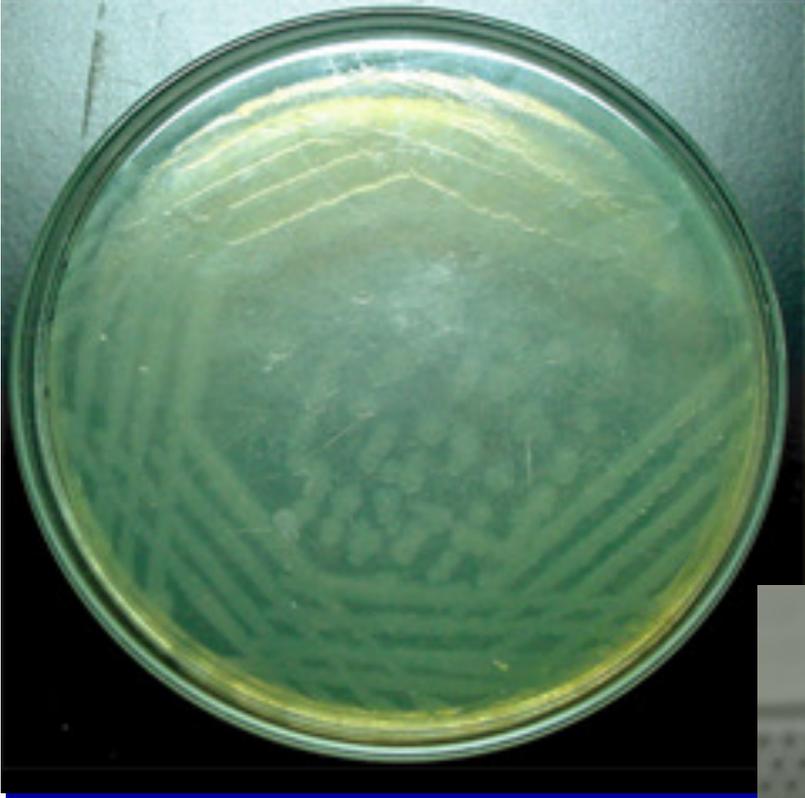
- lettino operatorio
- apparecchio anestesia
- pavimenti
- lampada scialitica
- lavabi

SUPERFICI

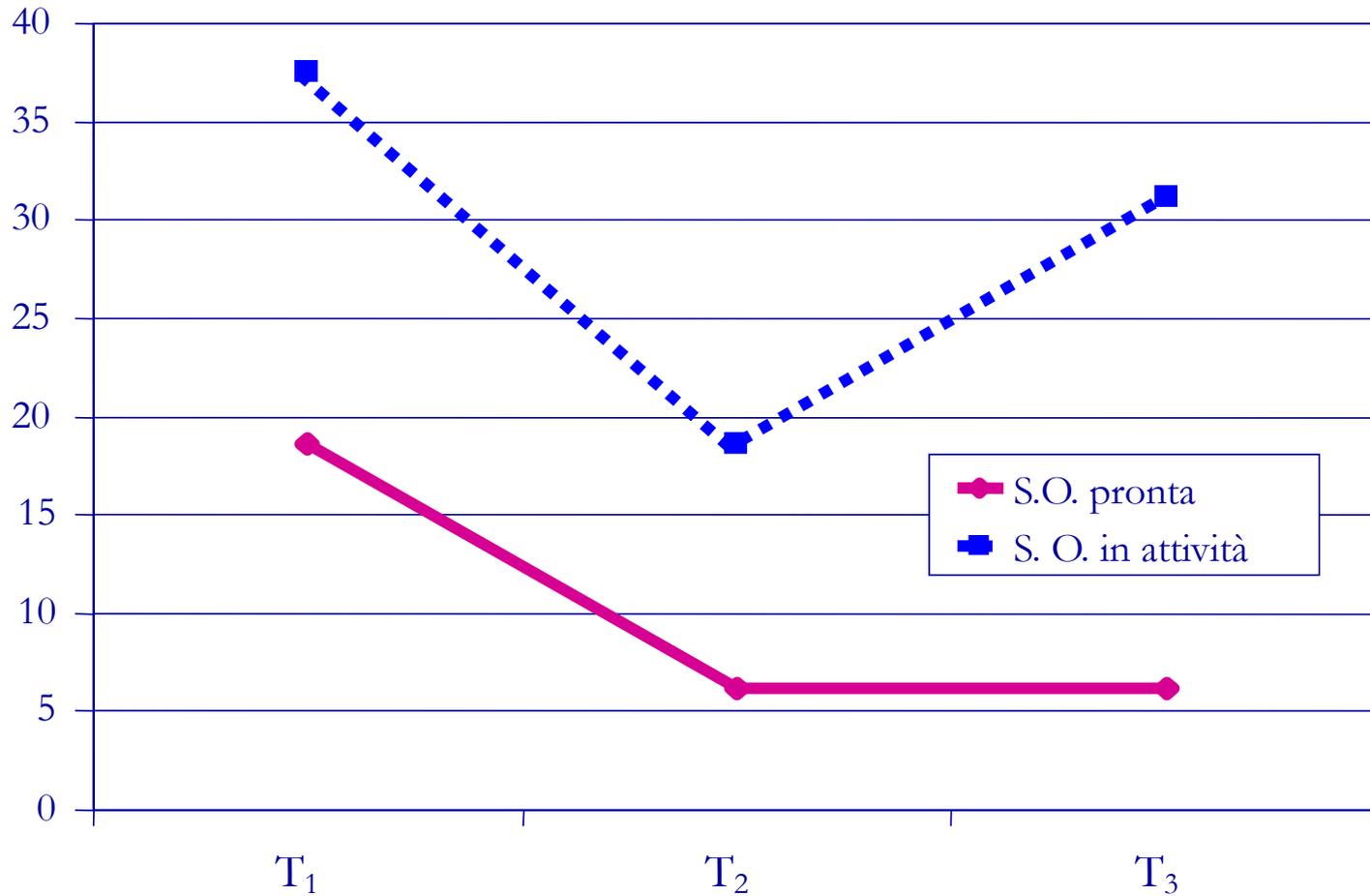
Campionamento

LAVABI

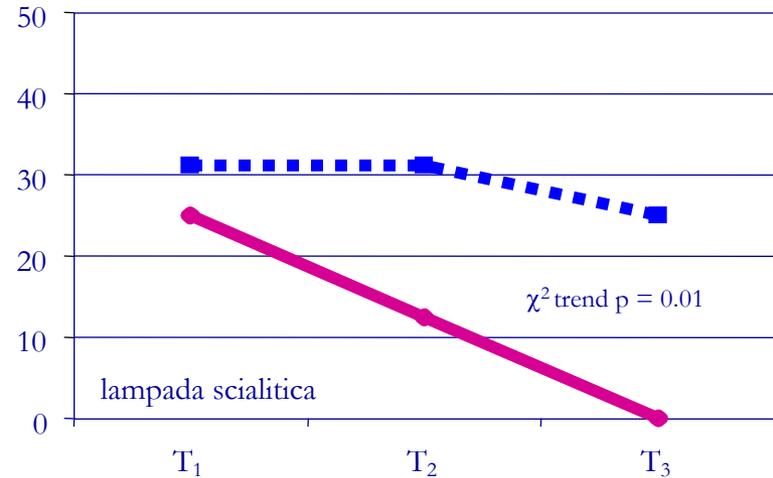
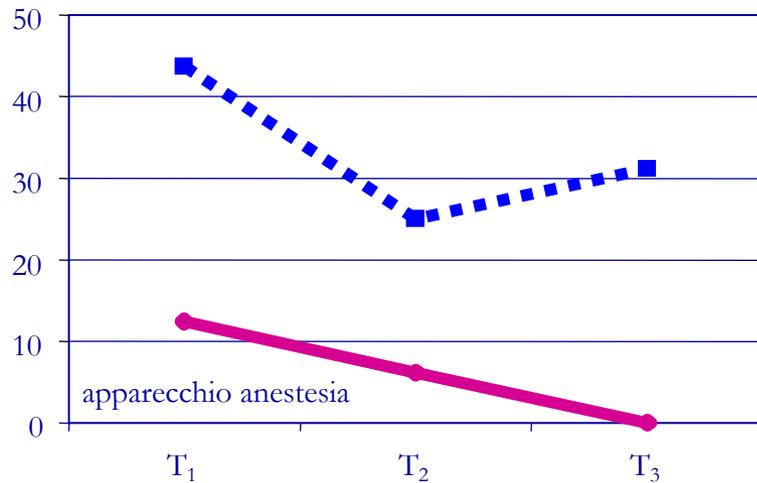
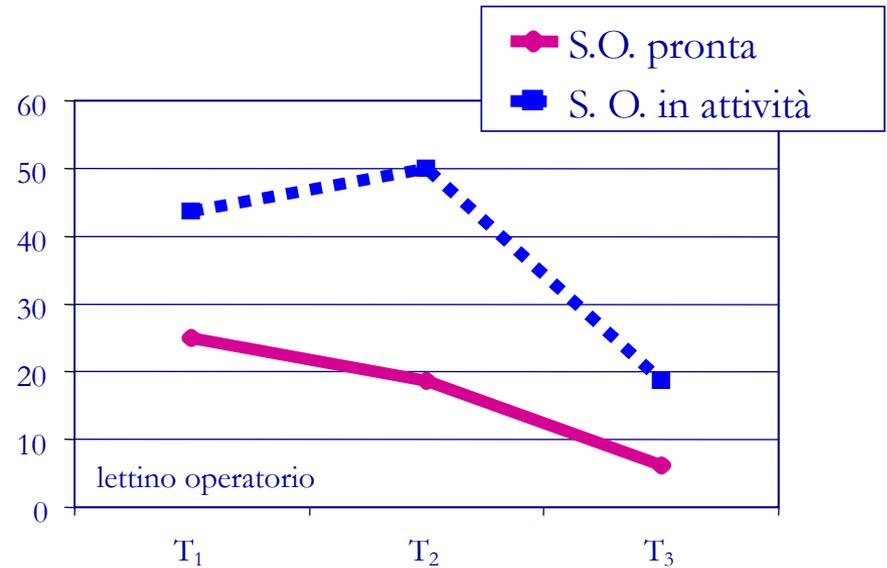
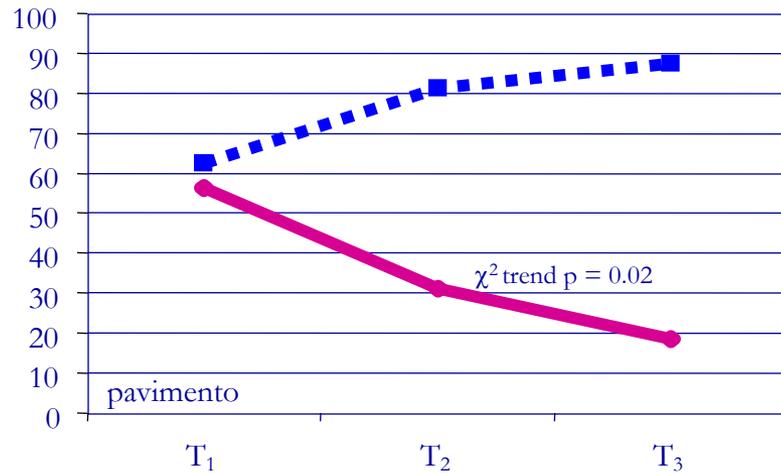
- ❑ **PRINCIPIO:** tamponi strisciati su superfici e sistemi di erogazione e poi trasferiti in provette con terreni di supporto
- ❑ **PARAMETRI:** agar selettivo per la ricerca di *Pseudomonas* spp.
- ❑ **RISULTATI:** espressi come presenza o assenza di *Pseudomonas* spp.



Pseudomonas spp.



ARIA: andamento temporale della percentuale dei campioni fuori norma per CT (ufc/m^3) rilevata con il SAS



SUPERFICI: andamento temporale della percentuale di campioni fuori norma per CT ($ufc/cm^2 > 0,5$) rilevata su ciascuna superficie

MONITORAGGIO MICROBIOLOGICO



- ❑ né soluzione né rimedio universale
- ❑ da utilizzare dove il rischio di contaminazione è reale
- ❑ primo presupposto verso una corretta bonifica degli ambienti e prezioso sistema di controllo della sua efficacia

Il **lavaggio delle mani** prima e dopo la medicazione della ferita chirurgica viene percepito come una misura importante da una proporzione elevata di infermieri (98%) e da una proporzione leggermente inferiore di chirurghi (84%)



NELLA PRATICA QUESTA MISURA NON VIENE ADOTTATA NÉ DAGLI INFERMIERI, NÉ DAI CHIRURGI (valore medio < 40%)