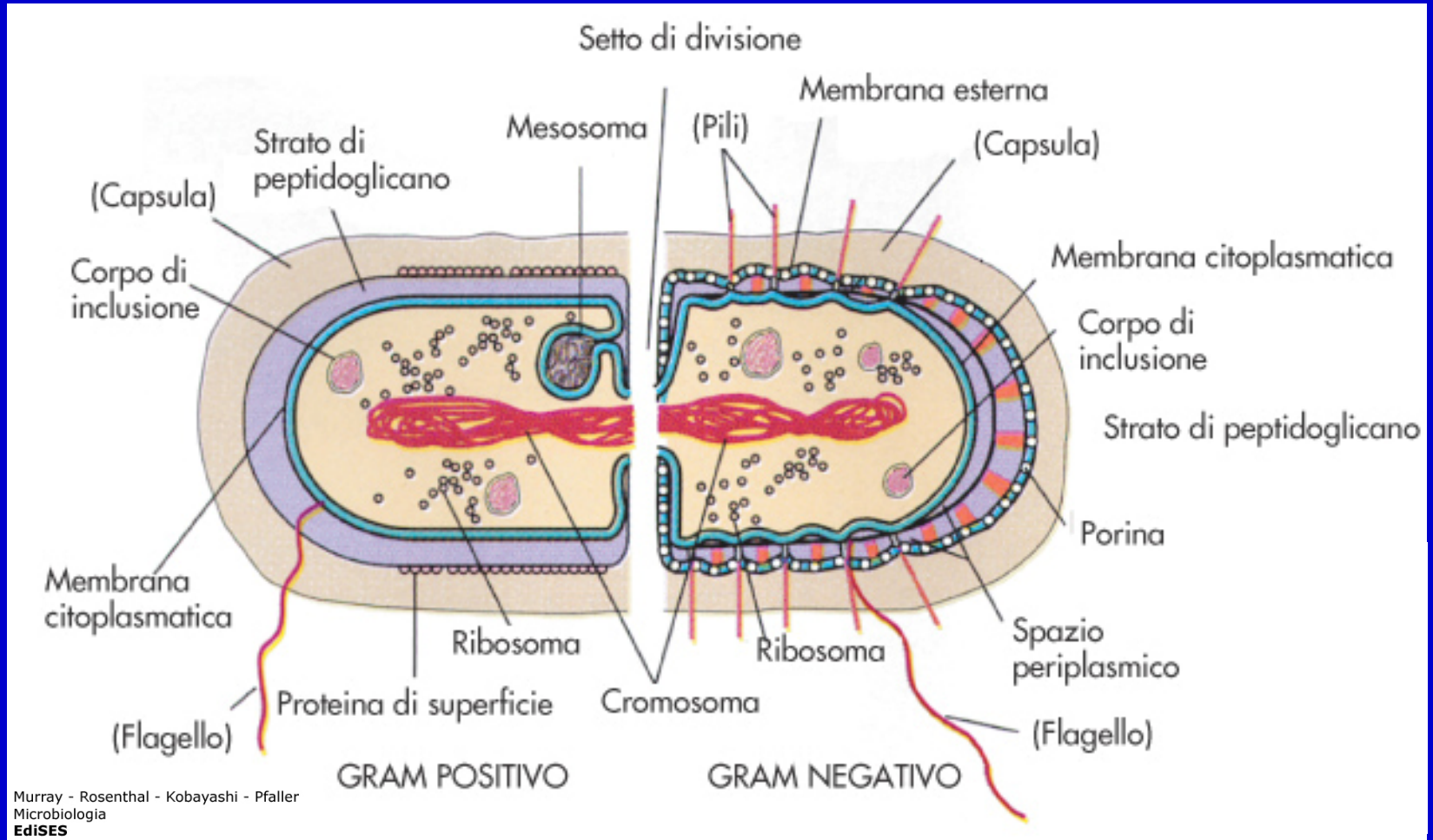


Composizione molecolare di una cellula batterica

Componente	Peso ($\times 10^{-7}$ μg)	% del peso totale	Peso molecolare	N° di molecole per cellula
Proteine				
ribosomiche	0,22	1,5	$4,5 \times 10^4$	$3,3 \times 10^5$
non ribosomiche	1,5	10	5×10^4	$1,8 \times 10^6$
Acido ribonucleico (RNA)				
RNA ribosomico (16S)	0,15	1	6×10^5	$1,5 \times 10^4$
RNA ribosomico (23S)	0,30	2	$1,2 \times 10^6$	$1,5 \times 10^4$
RNA-transfer	0,15	1	$2,5 \times 10^4$	$3,5 \times 10^4$
RNA-messaggero	0,15	1	1×10^6	9×10^3
Acido deossiribonucleico (DNA)	0,15	1	$4,5 \times 10^9$	2
Polisaccaridi	0,15	1	$1,8 \times 10^3$	5×10^7
Lipidi	0,15	1	1×10^3	9×10^6
Altre sostanze a basso peso molecolare	0,08	0,5	4×10^2	$1,2 \times 10^7$
Peso secco	3	20	–	–
Acqua	12	80	18	4×10^{10}
Totale (cellula intera)	15	100	–	–

(*) Modificata da W.R. Siström: *Microbial life*, Holt, Rinehart and Winston Inc., New York, 1969.

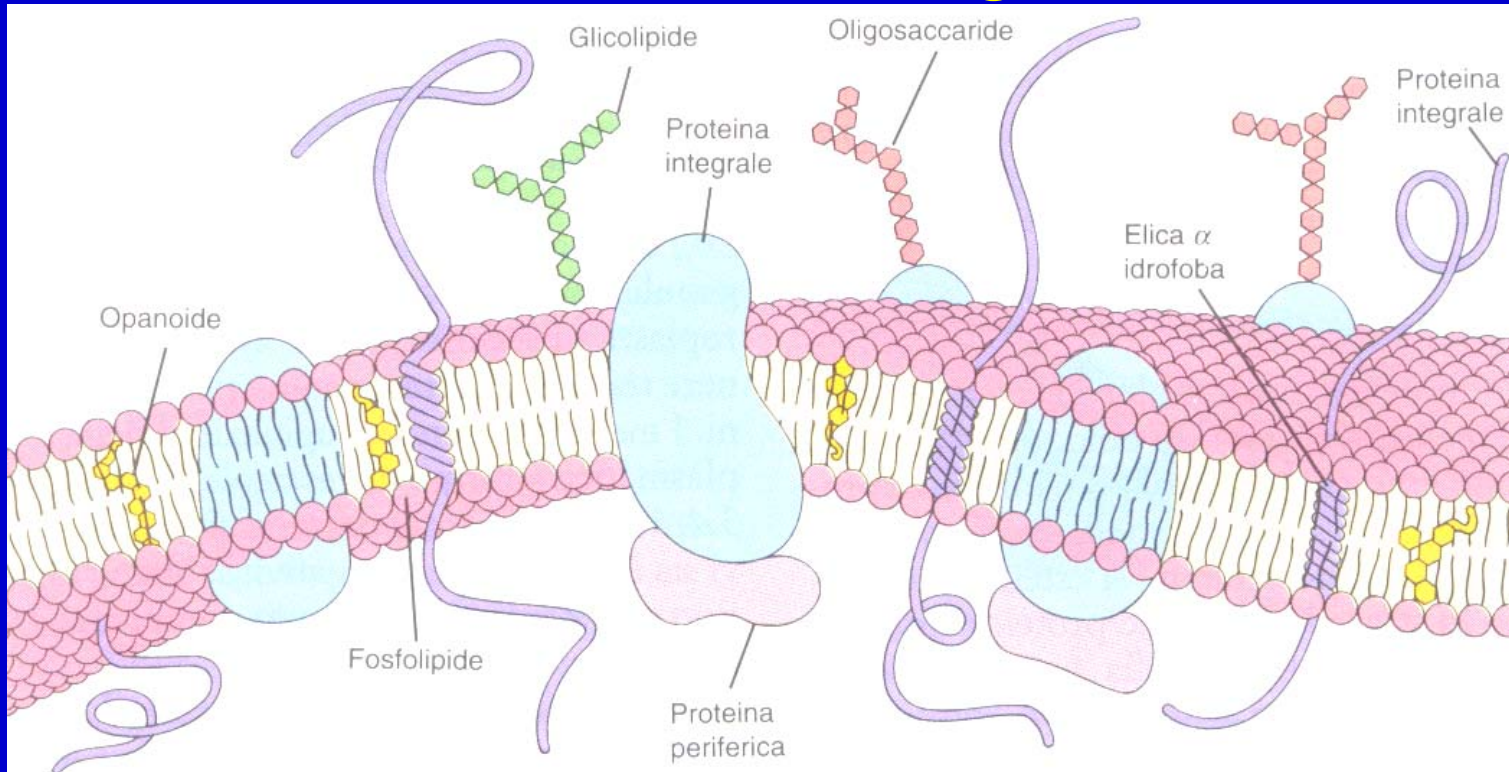
La cellula batterica



Cromosoma: molecola di DNA bicatenario circolare, raggomitolato (1100-1400 μm);
Assenza di compartimenti intracellulari e di citoscheletro; **Ribosomi:**70 S (30 e 50 S);
Gram +: presenza di Mesosomi (introflessioni della membrana coinvolti in: divisione cellulare, secrezione di enzimi, fosforilazione ossidativa)
Materiali di riserva: glicogeno, gocce lipidiche, polifosfati (granuli di volutina)

Struttura della membrana citoplasmatica

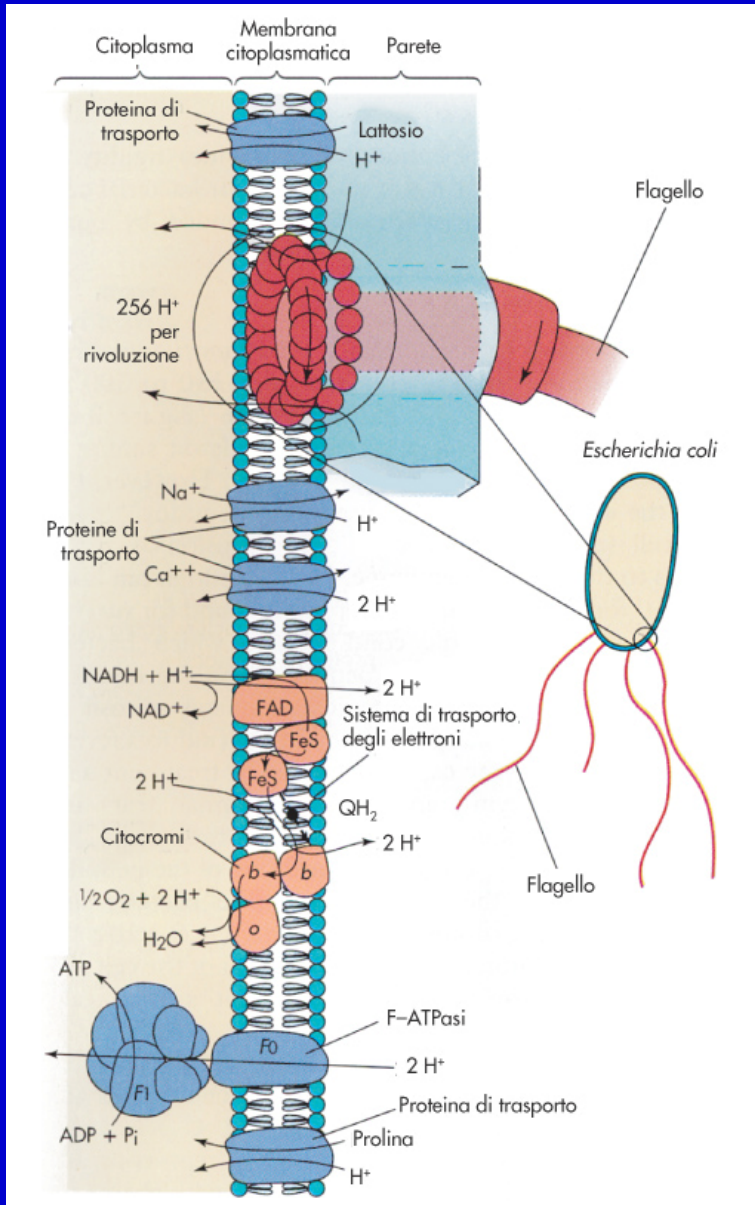
Modello a mosaico fluido di Singer e Nicholson



Struttura trilaterale fosfolipidica: estremità idrofile (sferule, doppio strato simmetrico interno ed esterno) e lamina centrale lipidica costituita dalle catene idrofobe degli acidi grassi (code ondulate); spessore circa 80 Å.

Proteine integrali anfipatiche sono inserite nel doppio strato lipidico; proteine periferiche sono debolmente associate alla superficie della membrana; sono presenti composti policiclici con funzioni simili agli steroli nelle cellule eucariotiche (opanoide).

La membrana citoplasmatica



Funzioni

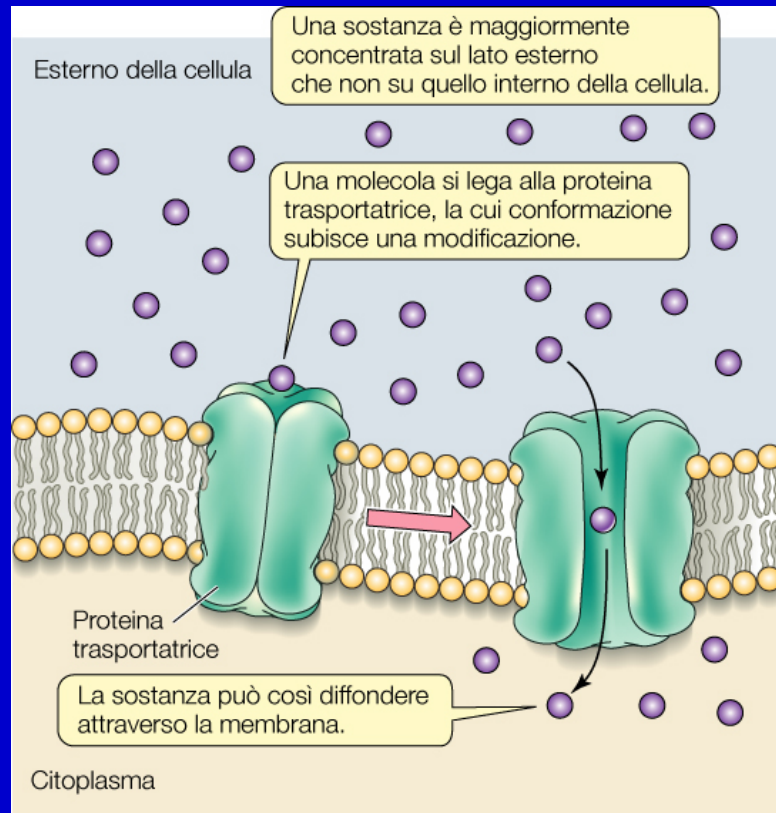
La membrana citoplasmatica è sede dell'apparato per la produzione di energia (sistema di trasporto di elettroni, citocromi, F-ATPasi). Sulla membrana sono presenti enzimi per la sintesi dei lipidi e dei costituenti della parete (peptidoglicano, ecc.), proteine che svolgono funzioni di trasporto (proteine carrier o permeasi) e pompe ioniche per il mantenimento del potenziale di membrana.

Nei Micoplasmi (batteri sempre privi di parete) e nelle Forme L (batteri solitamente con parete, che possono perderla reversibilmente) la membrana conferisce la forma sferica.

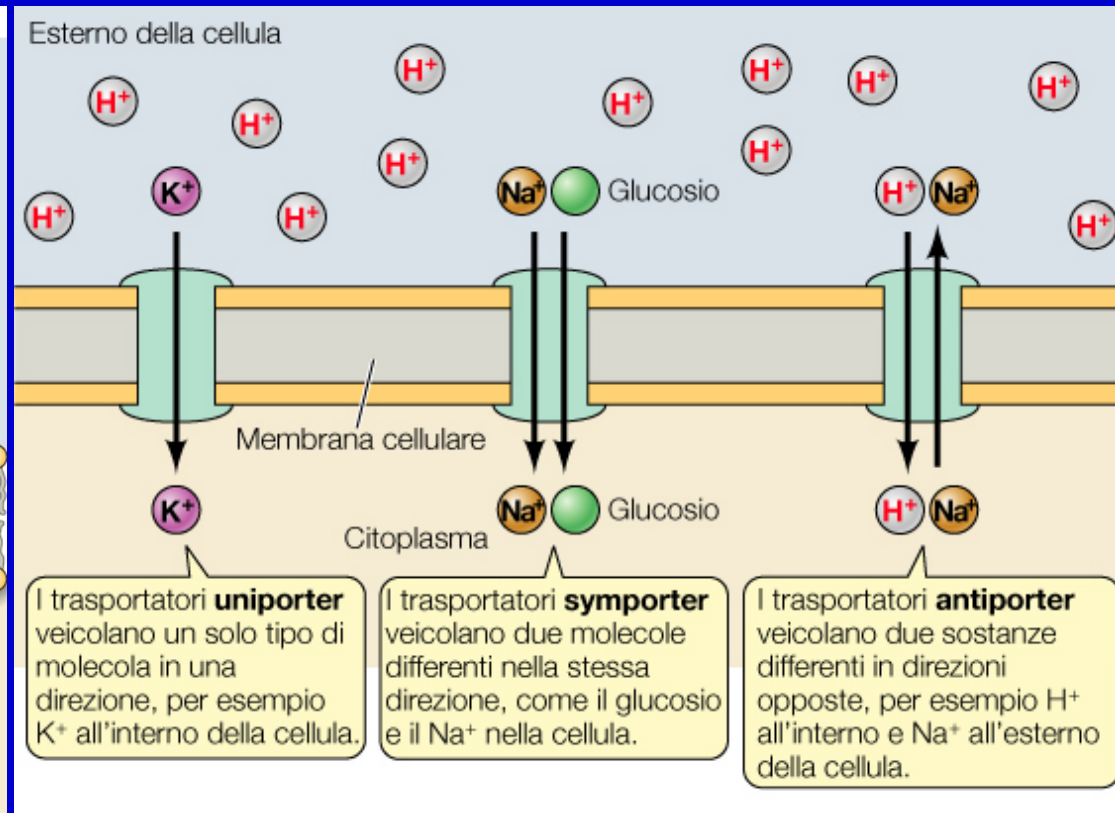
La membrana citoplasmatica

Meccanismi di trasporto intra-extracellulari

Diffusione passiva



Diffusione facilitata

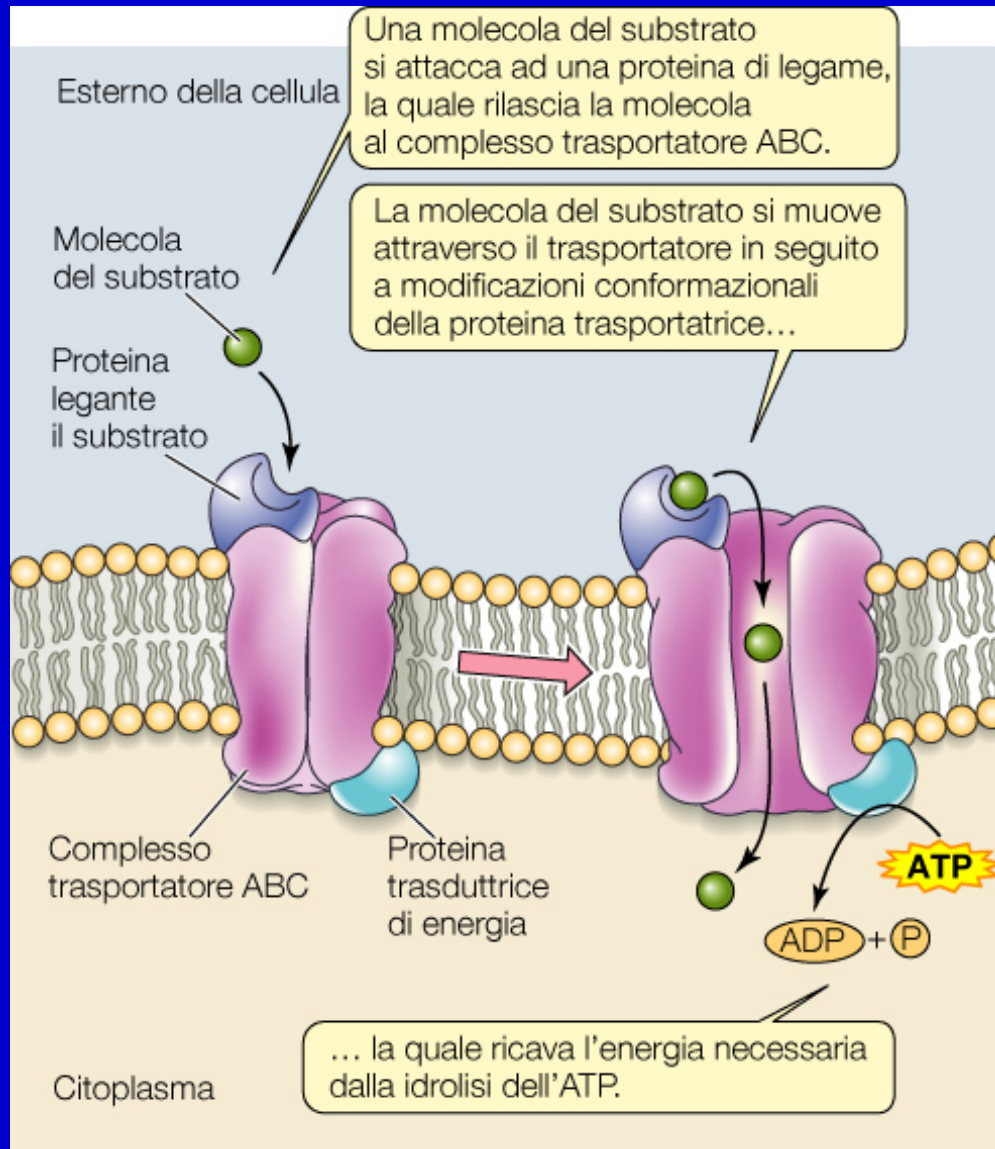


la sostanza passa attraverso una proteina trasportatrice (permeasi), senza consumo di energia

mediata da proteine carrier l'energia è fornita dal gradiente protonico fra le superfici della membrana

La membrana citoplasmatica

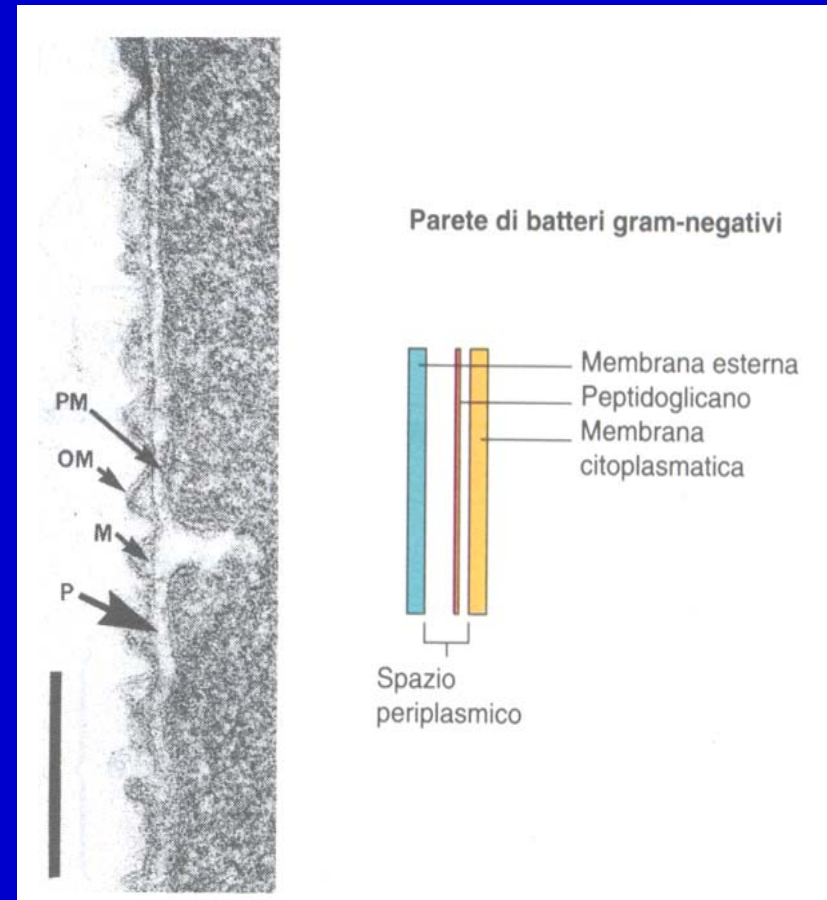
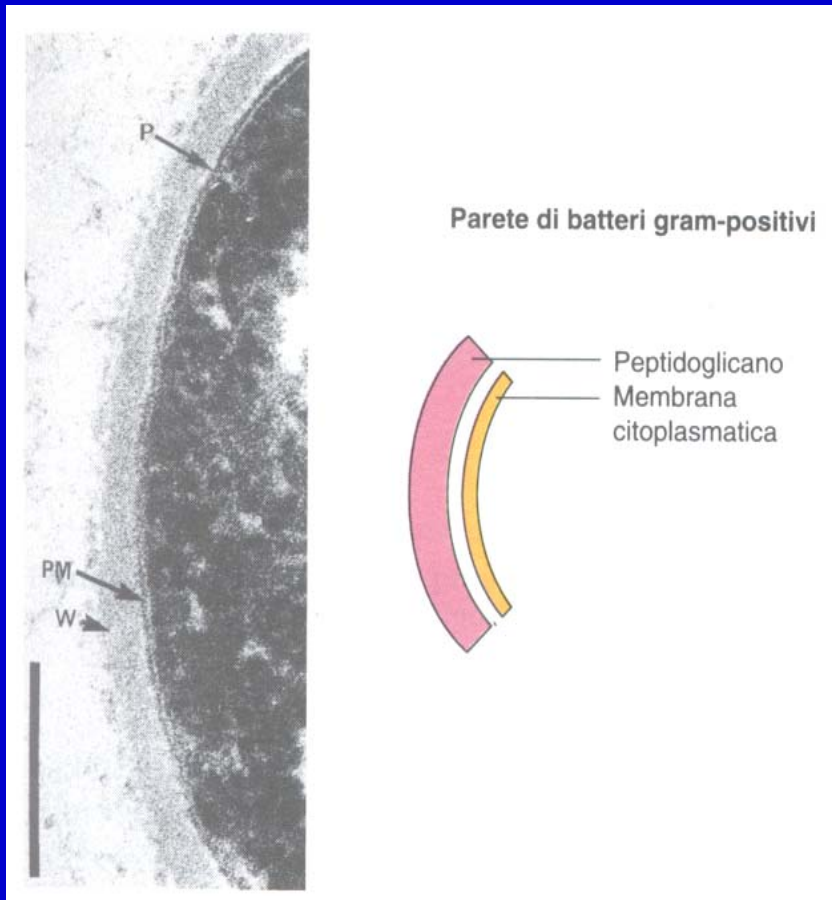
Meccanismi di trasporto intra-extracellulari



Trasporto attivo
trasportatore ABC
richiede energia
(consumo di ATP)

La parete cellulare

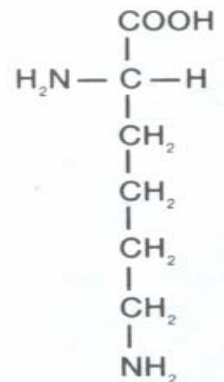
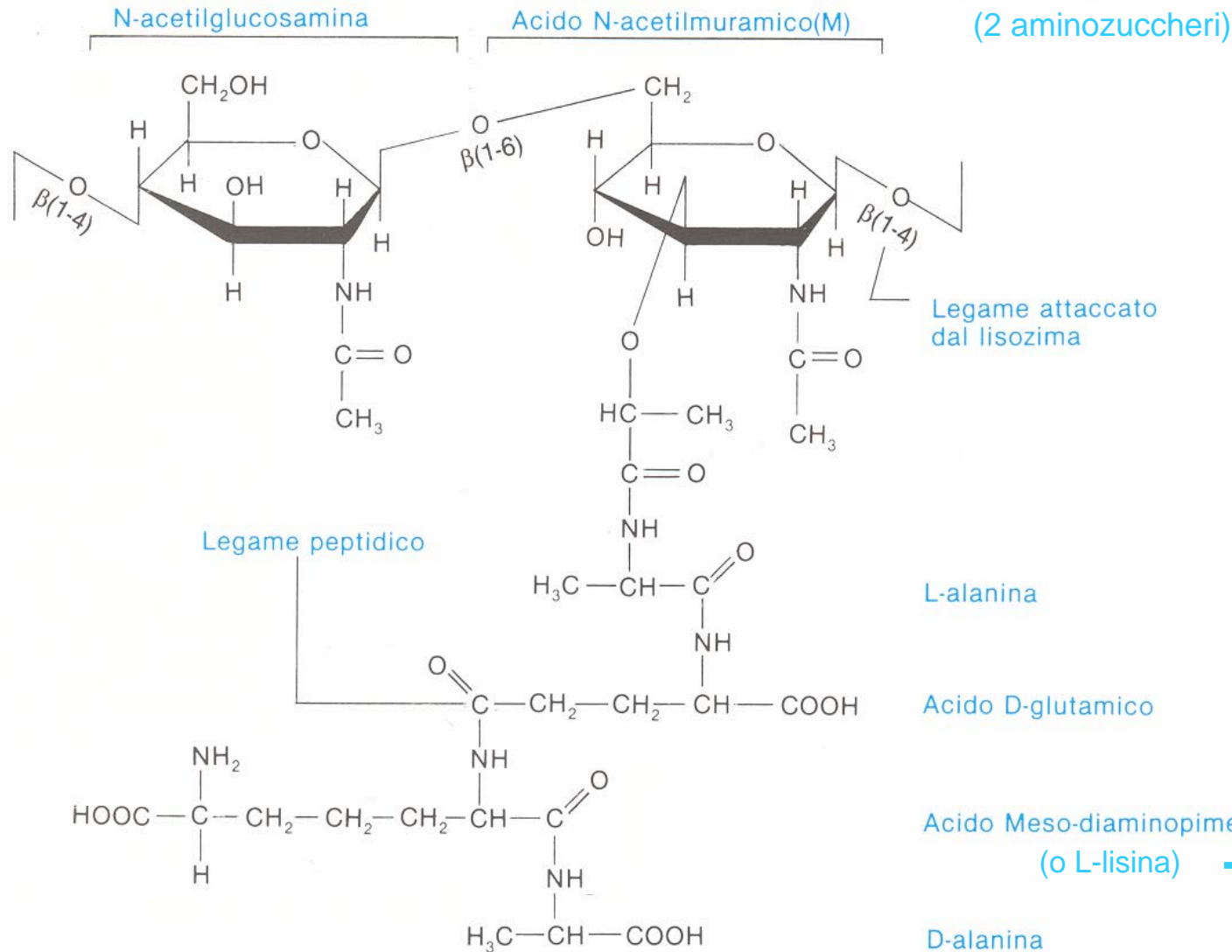
Conferisce alla cellula forma, integrità e porosità
resiste alla pressione osmotica (fino a 20 atmosfere)



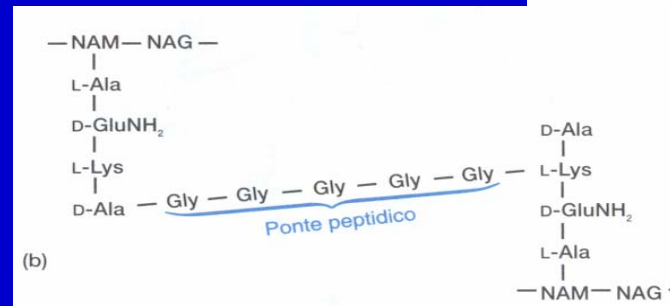
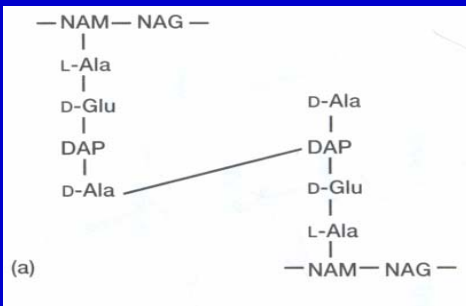
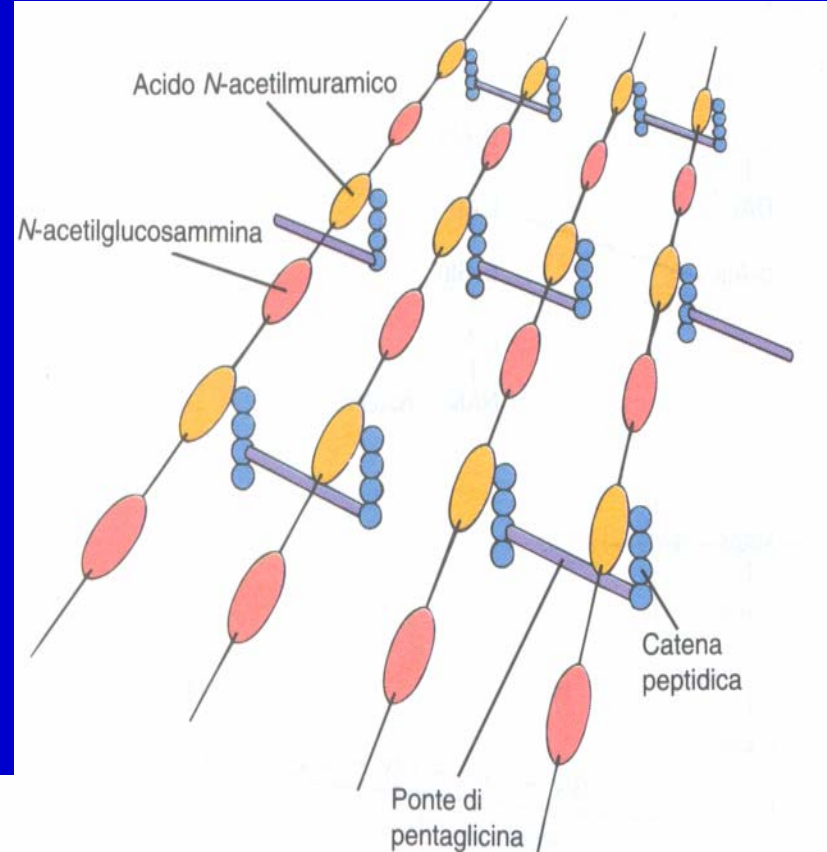
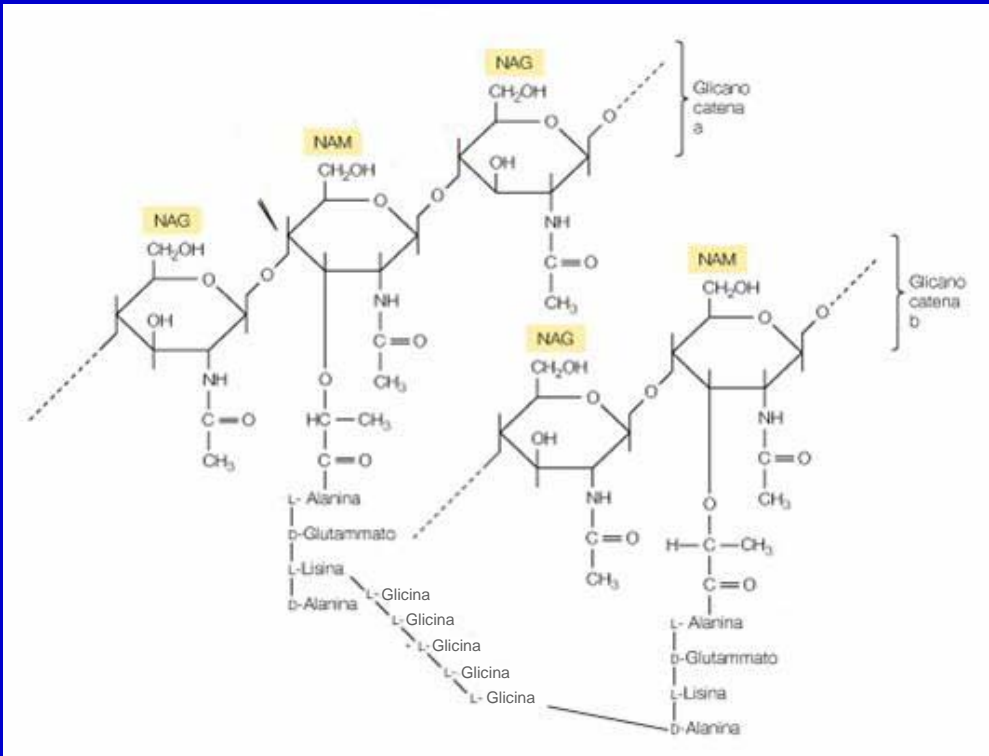
**W: parete (cell wall); PM: membrana citoplasmatica; P: spazio periplasmico;
M: peptidoglicano o mureina; OM: membrana esterna. La barra equivale a 100 nm.**

Parete cellulare batterica

Unità strutturale fondamentale del peptidoglicano

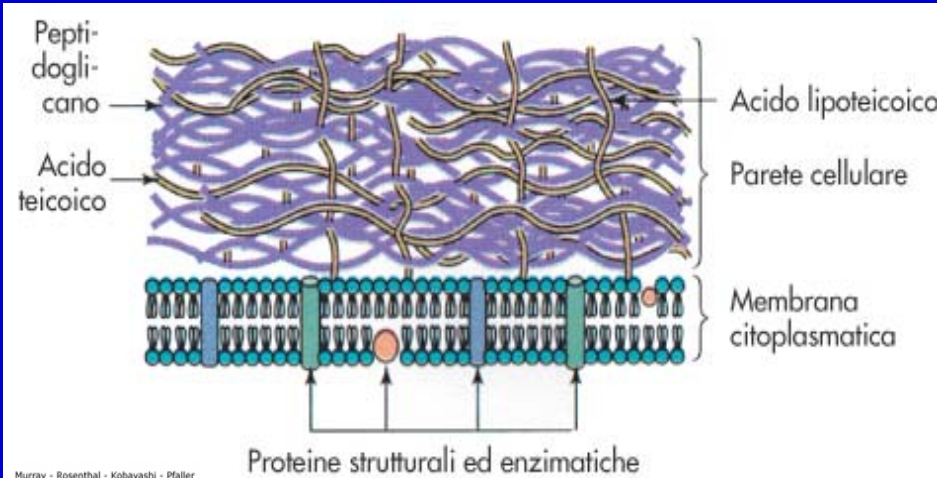


Struttura del peptidoglicano (mureina)



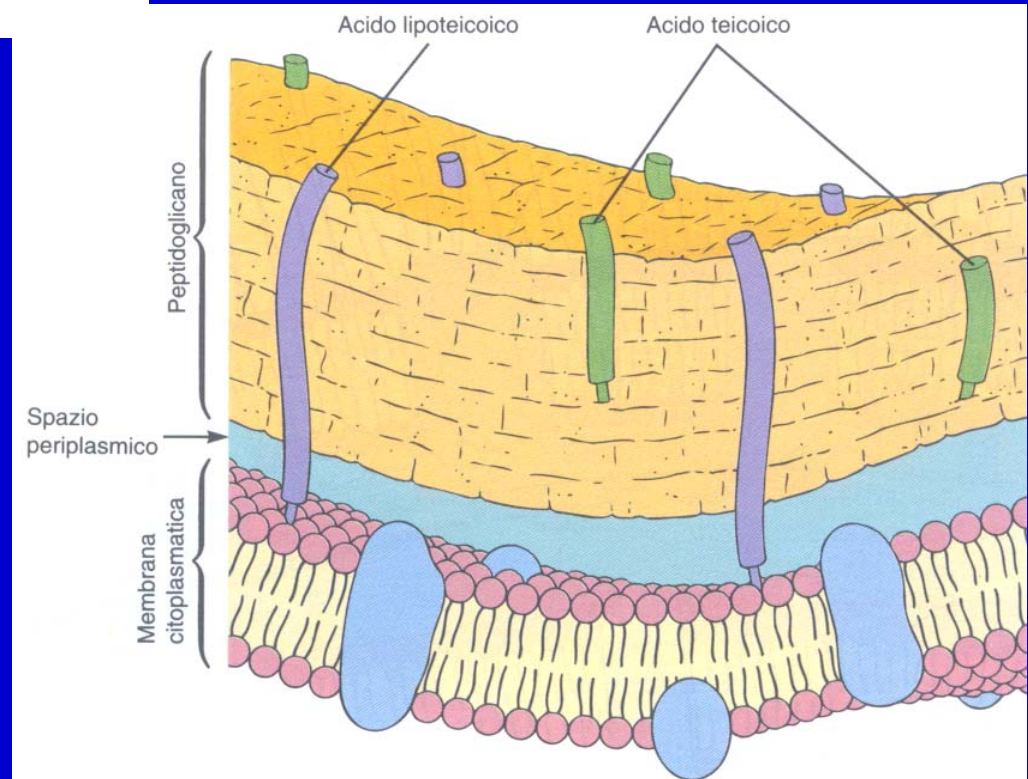
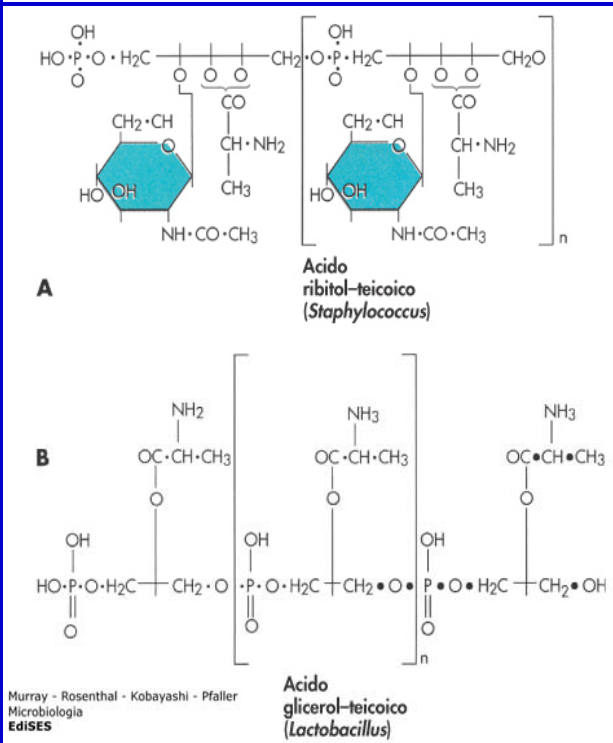
Legami crociati trasversali sono fondamentali per stabilizzare la struttura del peptidoglicano: (a) legame diretto in Gram- (b) ponte pentaglicinico in Gram+

Parete cellulare dei batteri Gram positivi

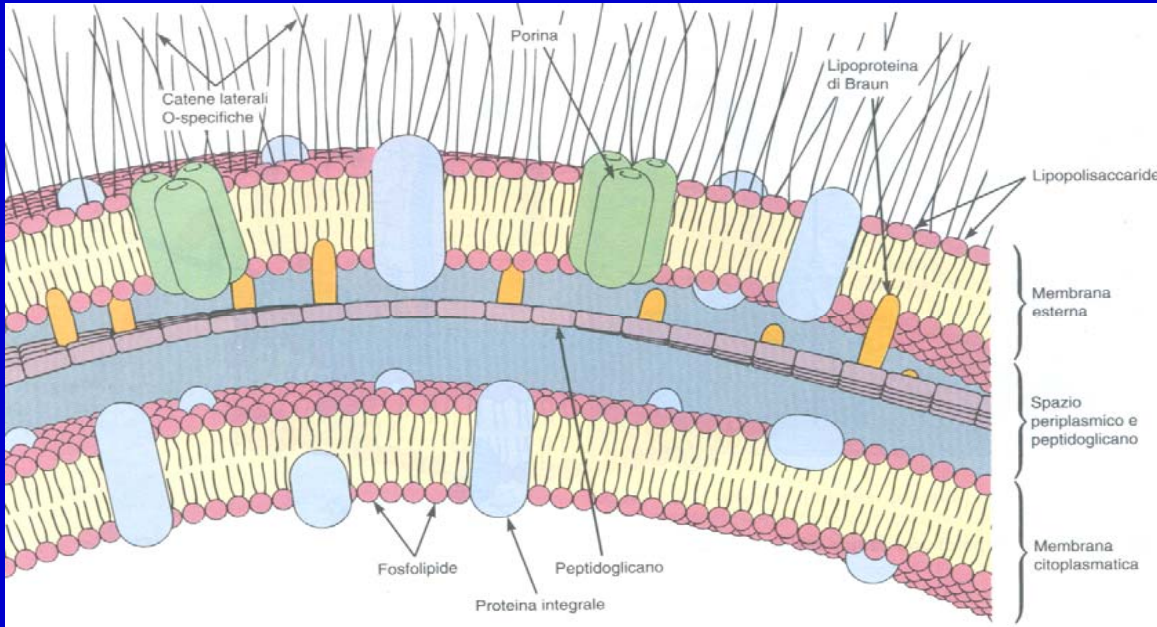


Murray - Rosenthal - Kobayashi - Pfaller
Microbiologia
Edises

Spesso strato di peptidoglicano (200-800 Å)
acidi teicoici e lipoteicoici: polimeri di ribitolo o glicerolo legati a fosfati. D-alanina, glucosio o altre molecole possono formare catene laterali e costituire determinanti antigenici specifici.



Parete cellulare dei batteri Gram negativi



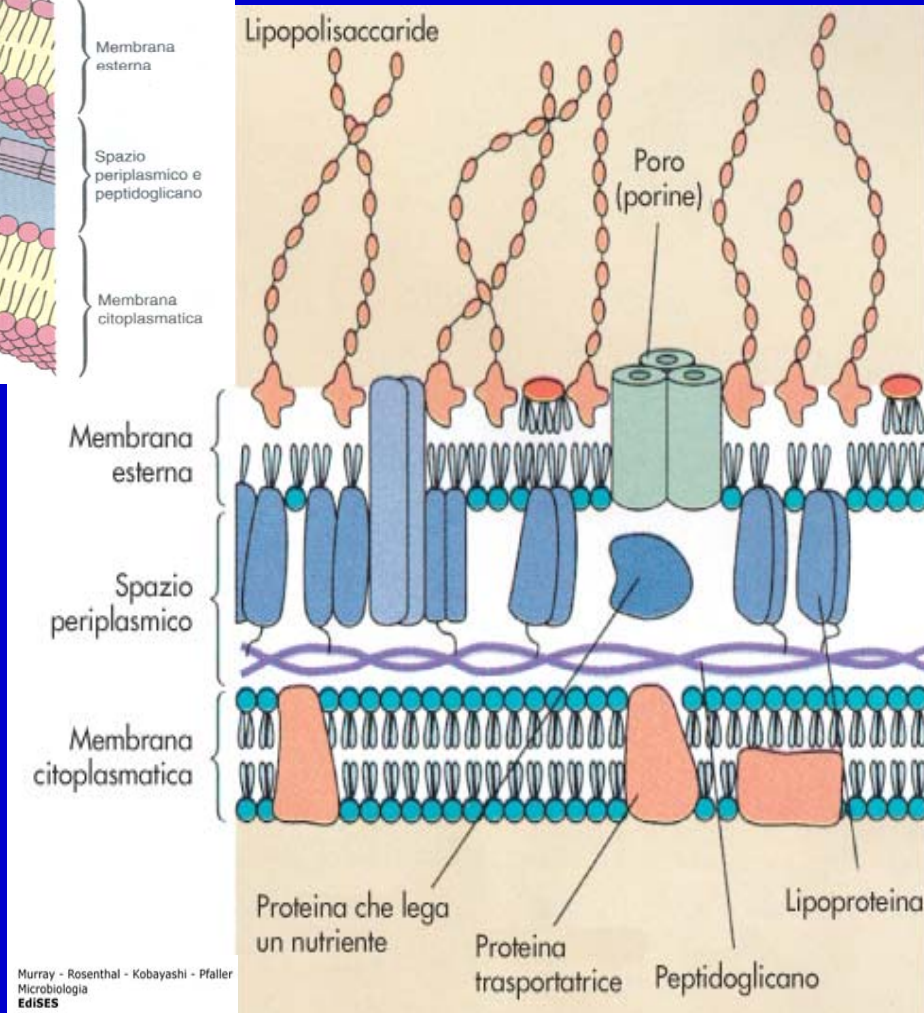
Sottile strato di peptidoglicano (20-30 Å)
spazio periplasmico
membrana esterna

Lipoproteine di Braun:
àncorano covalentemente la membrana esterna al peptidoglicano

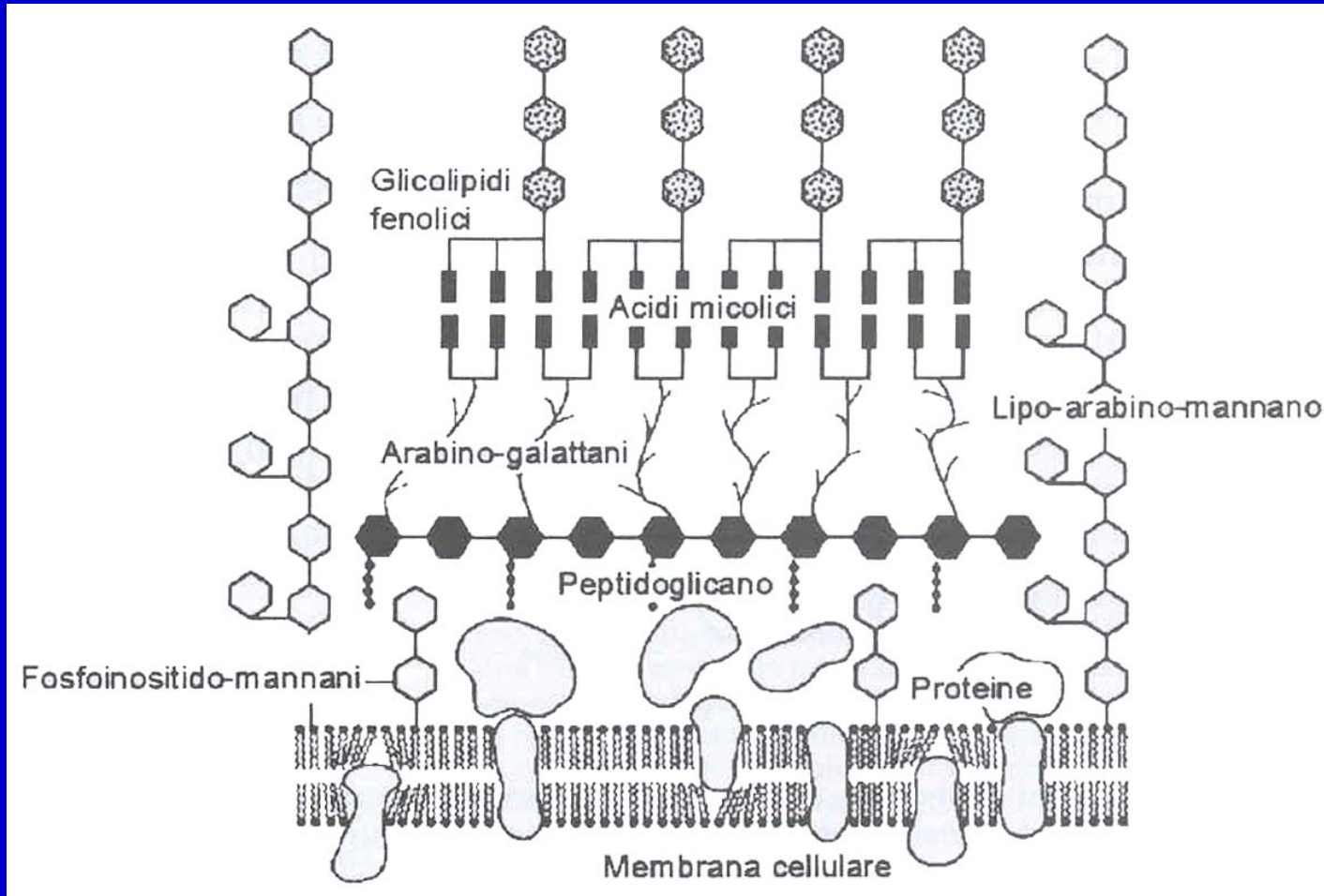
Porine: proteine aggregate a gruppi di 3, formano canali per il passaggio di molecole inferiori a 600-700 Da (glucosio, monosaccaridi, ecc.). Molecole di maggiori dimensioni richiedono proteine di trasporto.

La membrana esterna costituisce una barriera protettiva (rallenta l'ingresso di sostanze tossiche, es. antibiotici).

Il costituente principale è il lipopolisaccaride (LPS).



Parete cellulare dei micobatteri



I micobatteri sono caratterizzati da una parete cellulare con un elevato contenuto in lipidi. Il peptidoglicano è legato ad acidi micolici ed arabinogalattani; i lipidi superficiali (micosidi e fosfoglicolipidi) sono altamente antigenici; possono presentare il fattore cordale.

Strutture esterne alla parete cellulare

**Sostanze polimeriche extracellulari non indispensabili
per la crescita e la riproduzione**

capsula

strato di polimeri ben organizzati

strato mucoso

strato di polimeri non ben organizzati

glicocalice

rete di polisaccaridi che fuoriesce dalla parete (Gram +)

strato S

**strato di proteine o glicoproteine tipico
degli Archeobatteri**

Strutture esterne alla parete cellulare

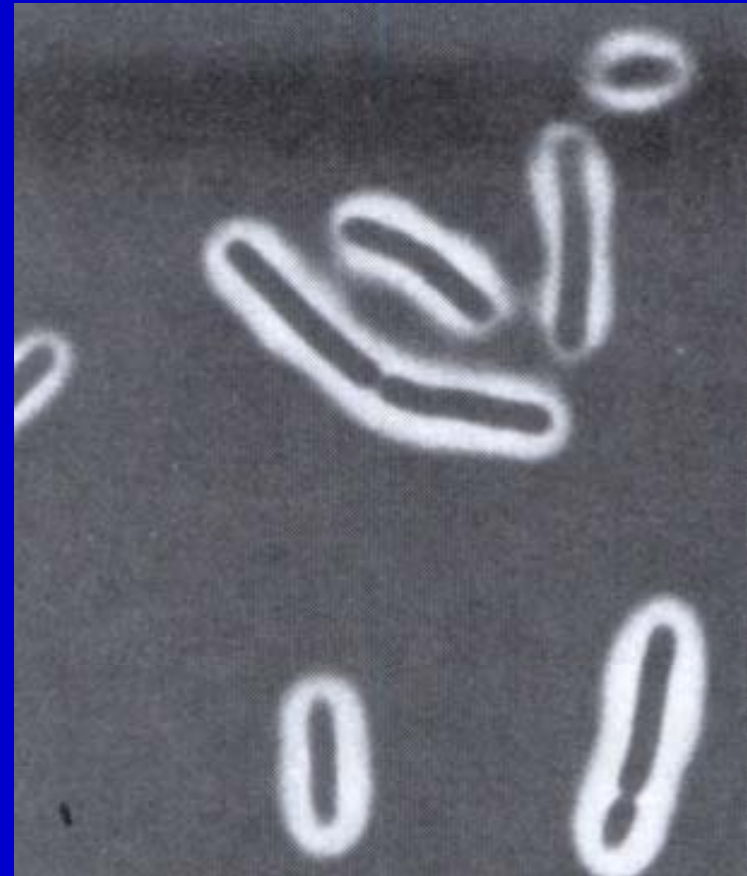
Funzioni e proprietà

Quando presenti queste strutture possono conferire

- **Adesività**
si tratta di materiale “appiccicoso” che favorisce l’adesione del batterio a superfici e la possibilità di colonizzare particolari nicchie ecologiche (formazione di “biofilm”)
- **Resistenza**
ad essiccamento (materiale ricco di acqua) e nei confronti di sostanze tossiche (materiale simile a resine a scambio ionico, che può assorbire antibiotici, metalli pesanti, batteriocine, o impedire l’infezione da parte di batteriofagi)
- **Virulenza**
attività antifagocitaria
attività antigenica (vaccini: vaccino anti-meningite da *Haemophilus influenzae* o da pneumococco)

Capsula

BATTERIO	COMPOSIZIONE CHIMICA
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	Glucosio + acido glicuronico
<i>Azotobacter vinelandii</i>	Alginato
<i>Bacillus anthracis</i>	Acido poliglutamico
<i>Erwinia amylovora</i>	Polisaccaride
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Destrano-destrano-saccarosio
<i>Rhizobium meliloti</i>	Glucosio + galattopiruvato
<i>Ruminococcus albus</i>	Glicoproteina
<i>Streptococcus mutans</i>	Destrano + altri glucani
<i>Streptococcus</i> (gruppo B)	Galattosio + N-acetilglucosamina o acido sialico + galattosio + eptosio + glucosio + glucosamina + mannosio
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Vari oligosaccaridi
<i>Yersinia pestis</i>	Proteina + glicoproteina contenente galattano oligomerico

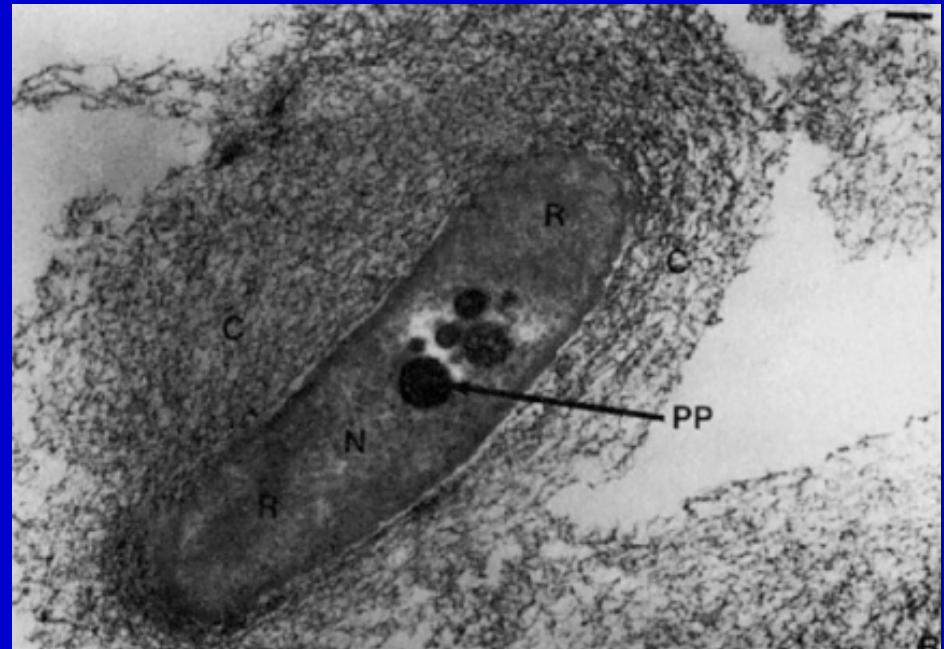


Capsula



Diplococchi Gram positivi
capsulati

leucocita polimorfonucleato



Pseudomonas aeruginosa al microscopio elettronico a trasmissione:

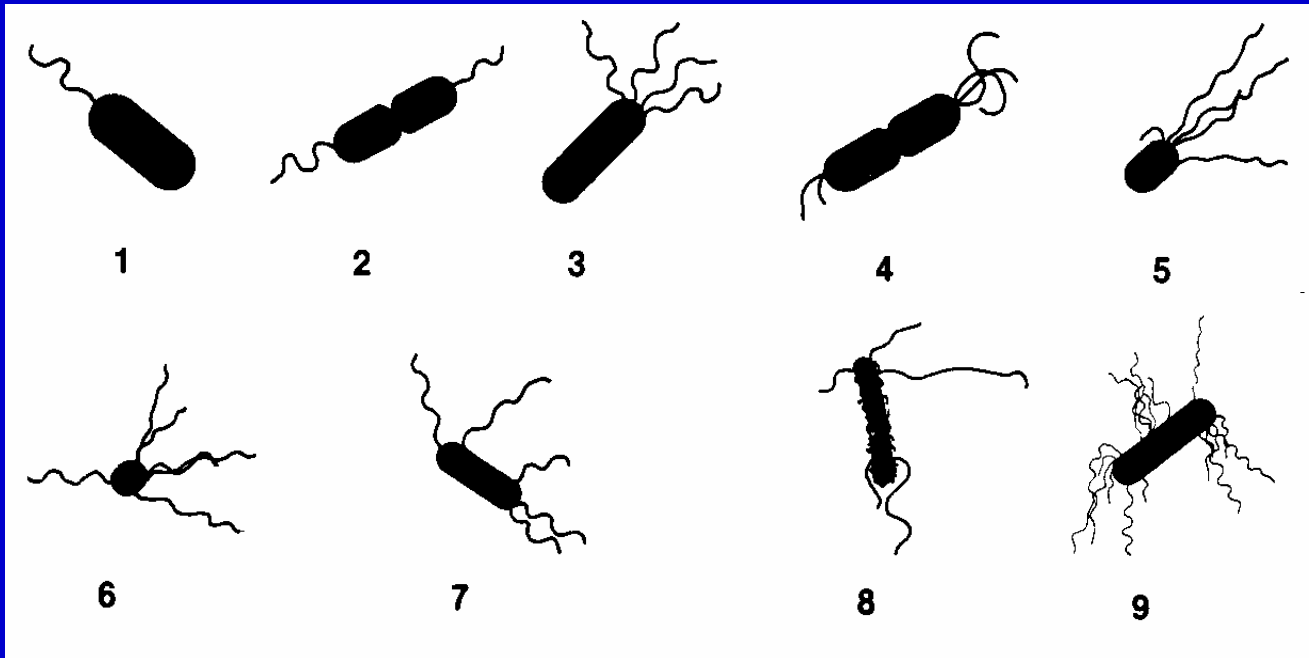
C: capsula; R: ribosoma; PP: polifosfato

scala: 0,1 micrometro

(da Slots J, Taubman MA, editors: *Contemporary Oral Microbiology and Immunology*, St. Louis, 1992, Mosby)

Flagelli

I flagelli sono organi di movimento, cioè conferiscono motilità ai batteri. Consentono un movimento orientato (chemiotassi positiva o negativa in risposta a stimoli fisici quali luce e calore e chimici quali nutrienti o sostanze dannose). Sono costituiti da flagellina, una proteina contrattile di 30-60 kDa. Sono formati da un unico filamento sprovvisto di membrana (diametro 20 nm, lunghezza 15-20 μm). Possono essere persi e rigenerati e la loro sintesi è regolata da almeno 20 geni. Costituiscono gli antigeni H.



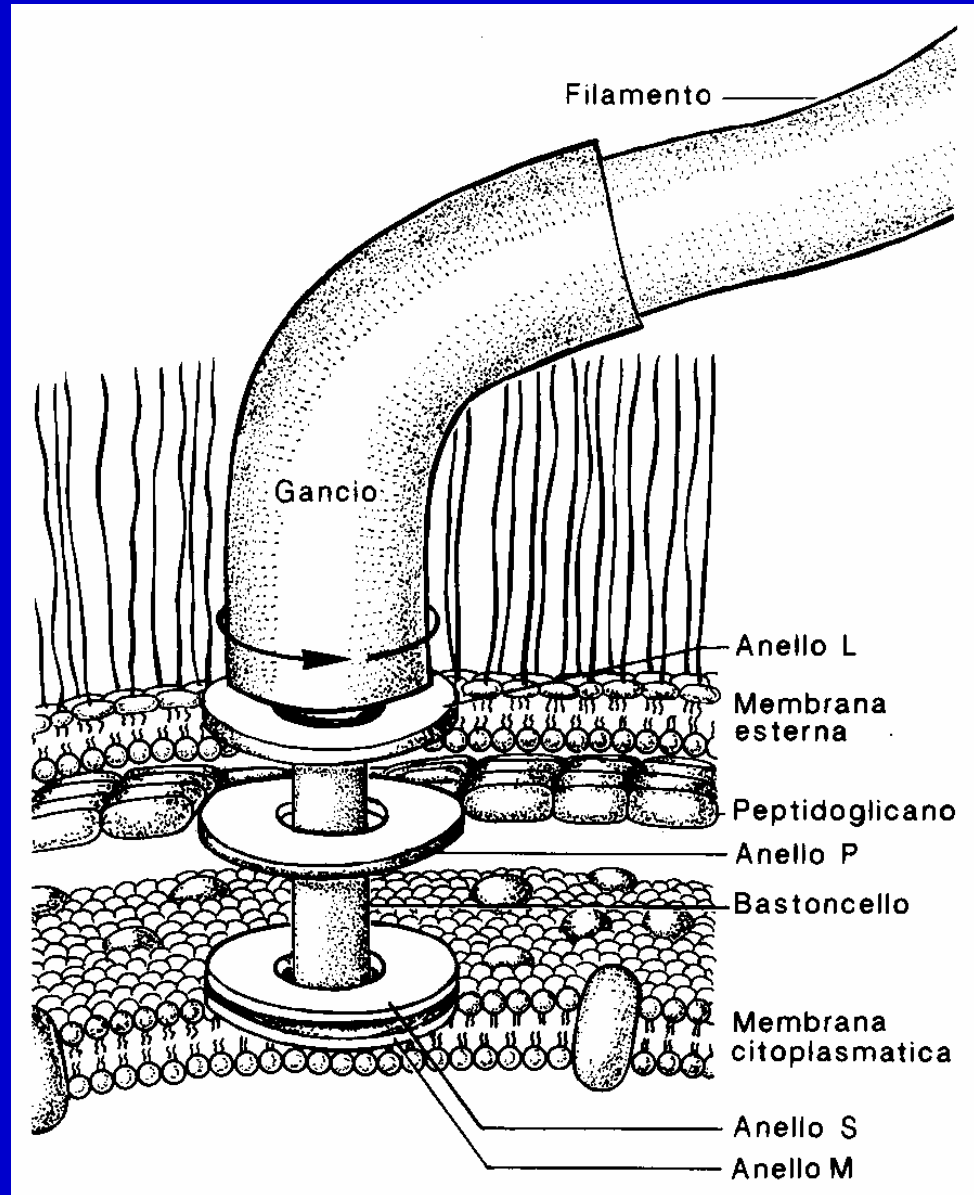
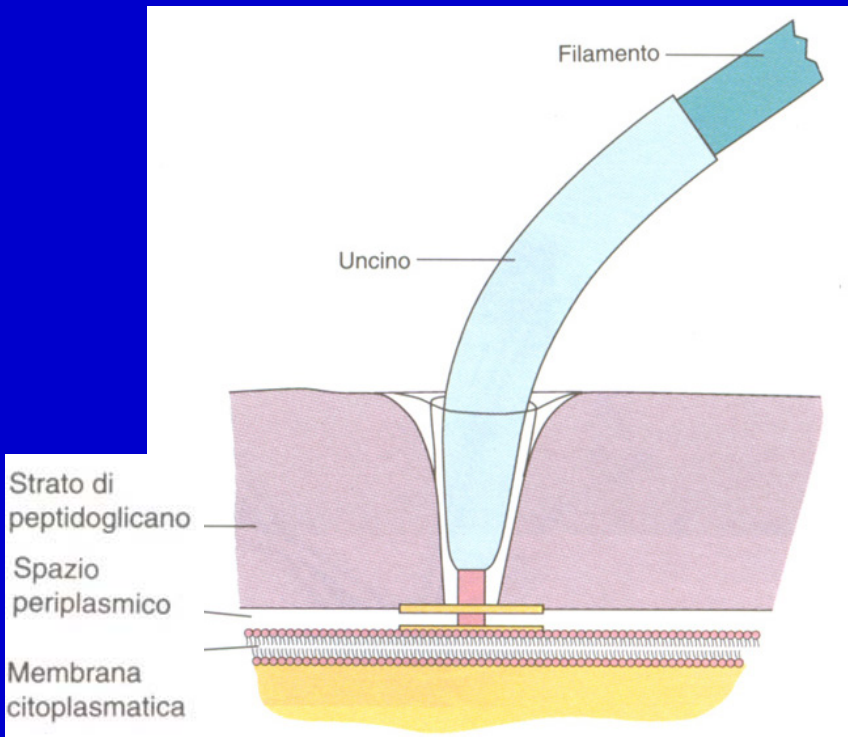
1-5: batteri con flagelli a inserzione polare; (1 e 2 monotrichi; 3, 4 e 5 lofotrichi) 6-9: batteri peritrichi



fotografia al M.E.
Proteus mirabilis
(flagelli peritrichi)

Flagelli

I flagelli sono ancorati alla membrana citoplasmatica. Sono costituiti dal filamento, dall'uncino (breve segmento ricurvo costituito da subunità proteiche) e dal corpo basale (ancorato alla membrana cellulare e costituito da anelli, più complessi nei Gram -)



Pili (fimbrie)



Immagine al M.E.
di *Escherichia coli*.

Sono strutture proteiche rigide (0,2-20 μm) presenti soprattutto nei Gram- sulla superficie esterna della cellula.

I pili comuni, spesso codificati da plasmidi, sono presenti in gran numero (anche fino a 1000 per cellula)

Mediano l'adesione e l'aggregazione batterica, quindi favoriscono la colonizzazione e la formazione di pellicole superficiali

Pili (fimbrie)

Un particolare tipo di pili (pili F o pili sessuali) permettono la coniugazione (ricombinazione genica).

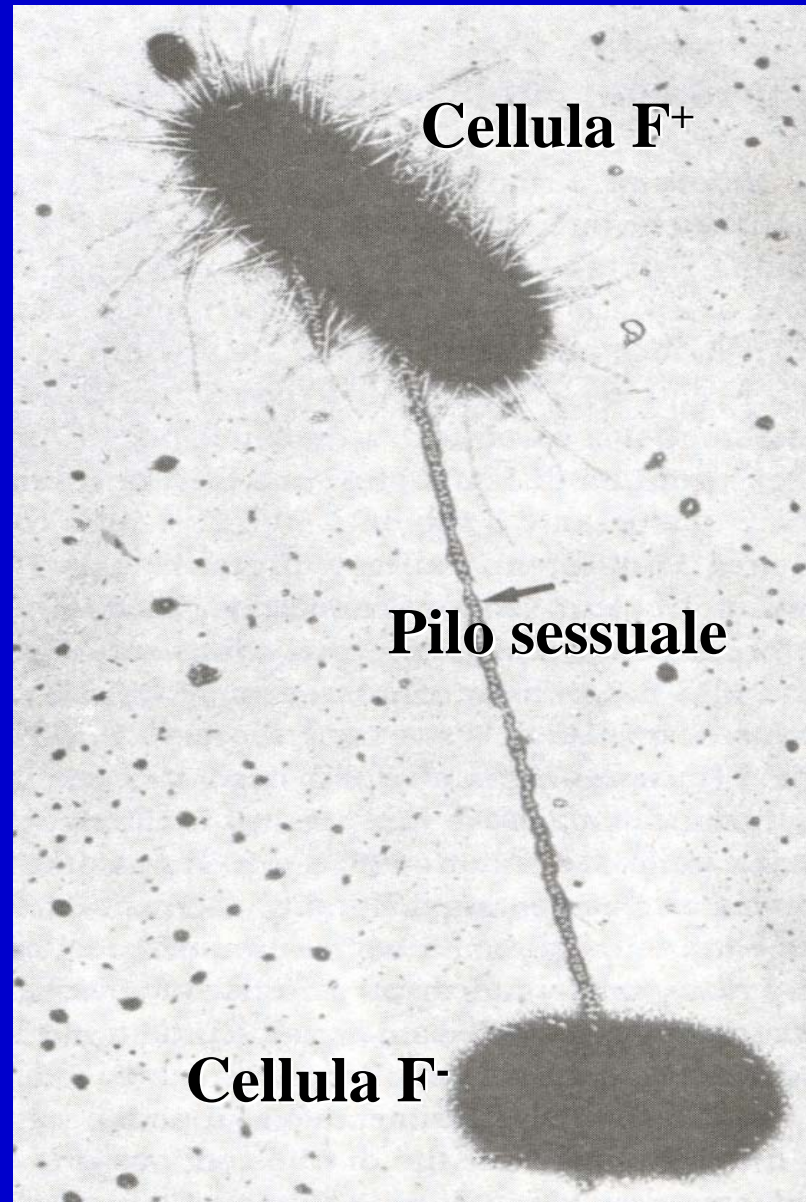
In genere sono molto più lunghi dei pili comuni.

Pilo sessuale

Cilindro cavo (1-3 μm)

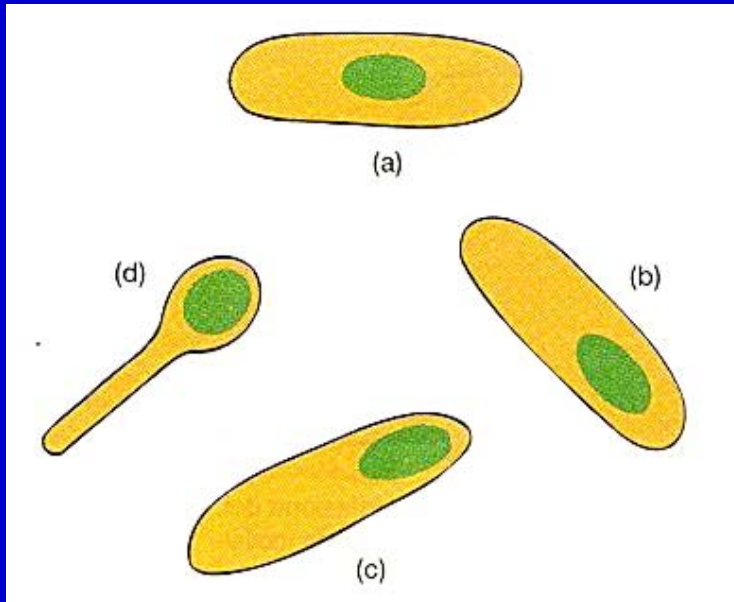
1 per cellula

**Codificato dal plasmide F
(fattore F)**



La spora batterica

Alcuni batteri Gram positivi come *Bacillus* spp. (bacilli aerobi) e *Clostridium* spp. (bacilli anaerobi), sono capaci, in particolari condizioni ambientali, di sviluppare una forma di resistenza, metabolicamente inattiva, la SPORA, contenente acido dipicolinico. La produzione della spora non è una modalità di riproduzione batterica, ma potrebbe essere definita una riproduzione asimmetrica: 1 cellula \rightarrow 1 spora.



Esempi di disposizione dell'endospora

- a) spora centrale; b) spora subterminale; c) spora terminale
- d) spora terminale con rigonfiamento dello sporangio

Clostridium tetani

Struttura della spora batterica

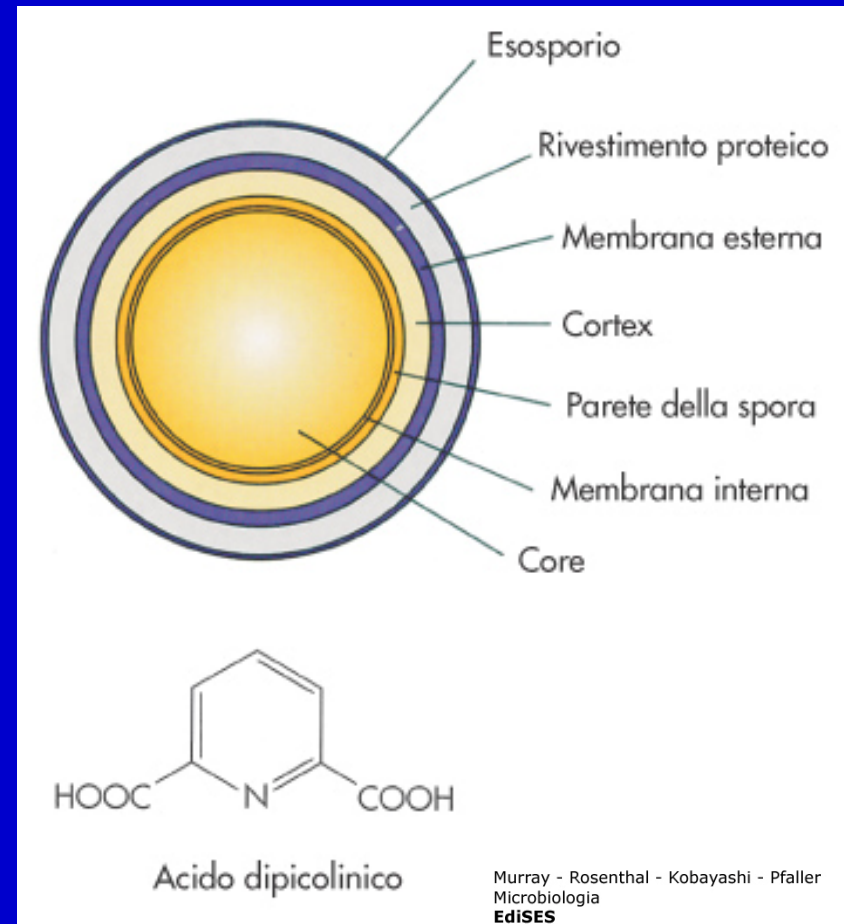
Esosporio: di natura fosfolipo-proteica simile alla membrana citoplasmatica residuo dello sporangio

Mantello: distinto in interno ed esterno, ricco di proteine con legami disulfidrilici, lipidi ed una piccola porzione di peptidoglicano

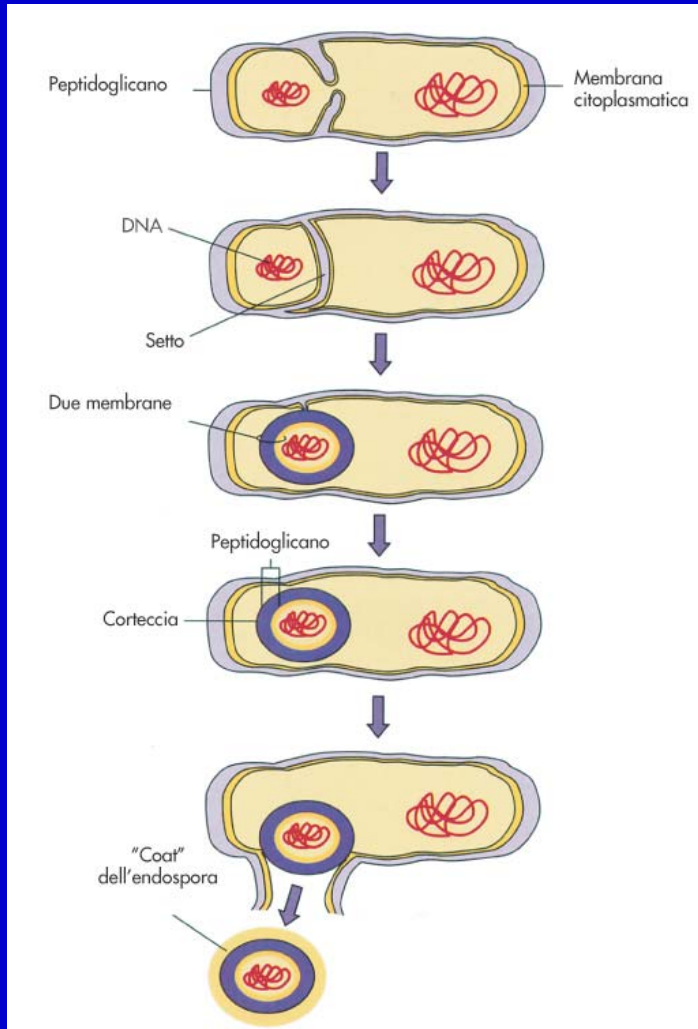
Corteccia: formata essenzialmente da peptidoglicani non identici a quelli della forma vegetativae dipicolinato di calcio

Parete rudimentale simile a quella della cellula vegetativa costituita essenzialmente da peptidoglicano

Cellula sporale costituita da membrana citoplasmatica, nucleotide, citoplasma con scarsissima componente acquosa

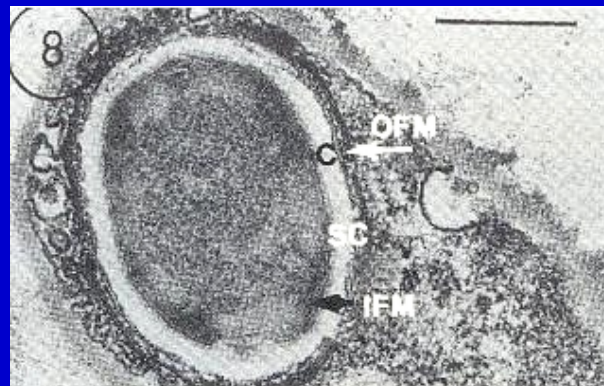


Sporogenesi



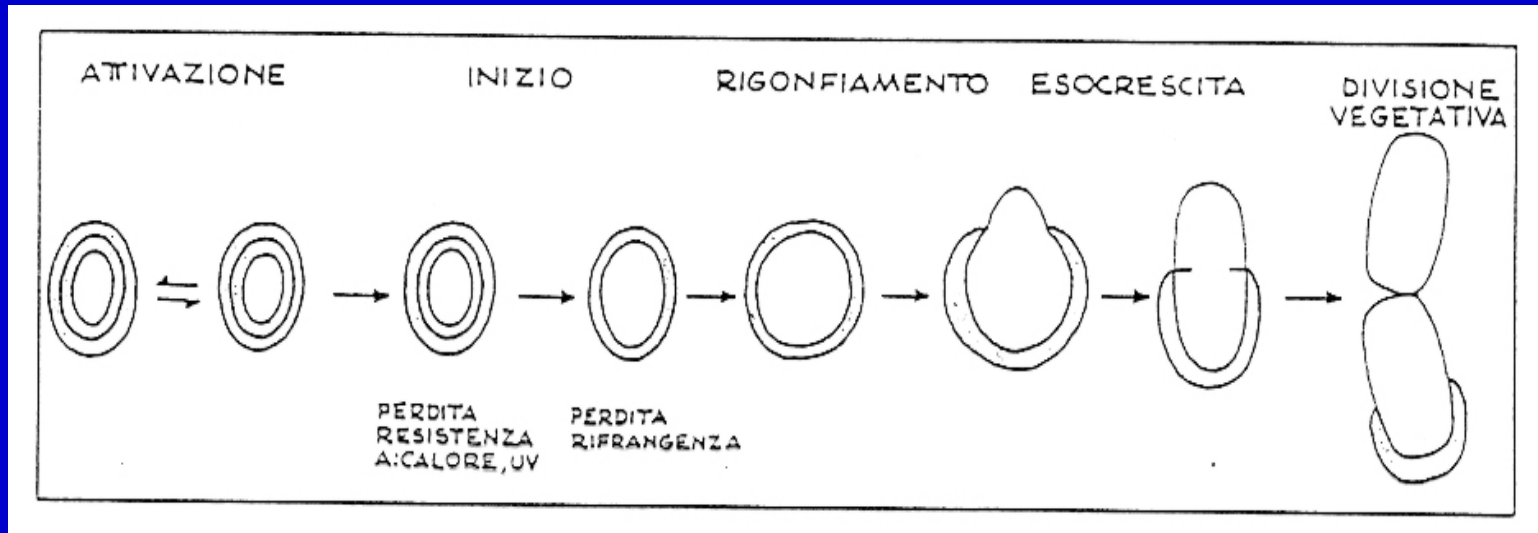
Murray - Rosenthal - Kobayashi - Pfaller
Microbiologia
EdiSES

Durata del processo di sporogenesi: 6-8 ore
Il DNA si dispone a sbarra e si replica;
la membrana cellulare si ripiega all'interno,
formando un setto che divide lo sporangio in
due compartimenti asimmetrici ognuno con
una molecola di DNA;
la prespora viene inglobata in una seconda
membrana e tra le 2 membrane della prespora
si depositano peptidoglicano modificato e
dipicolinato di calcio (sintesi della corteccia);
si realizza l'assemblaggio del rivestimento
proteico esterno con successiva lisi della cellula
madre (sporangio) e rilascio della spora



Fotografia al M.E. di
una endospora
C, corteccia.
SC, tuniche della spora.
IFM e OFM:
membrana interna ed
esterna.

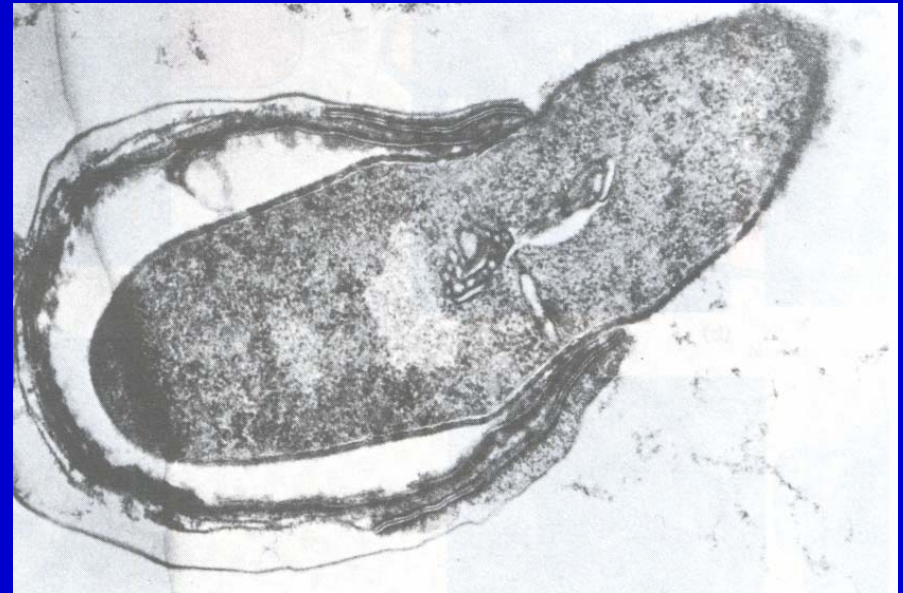
Germinazione della spora



Durata del processo di germinazione della spora: 90 minuti.

E' il processo inverso alla sporogenesi e inizia con l'attivazione che comporta la distruzione del rivestimento esterno (in seguito a sollecitazione meccanica, variazioni di pH, calore o altri fattori).

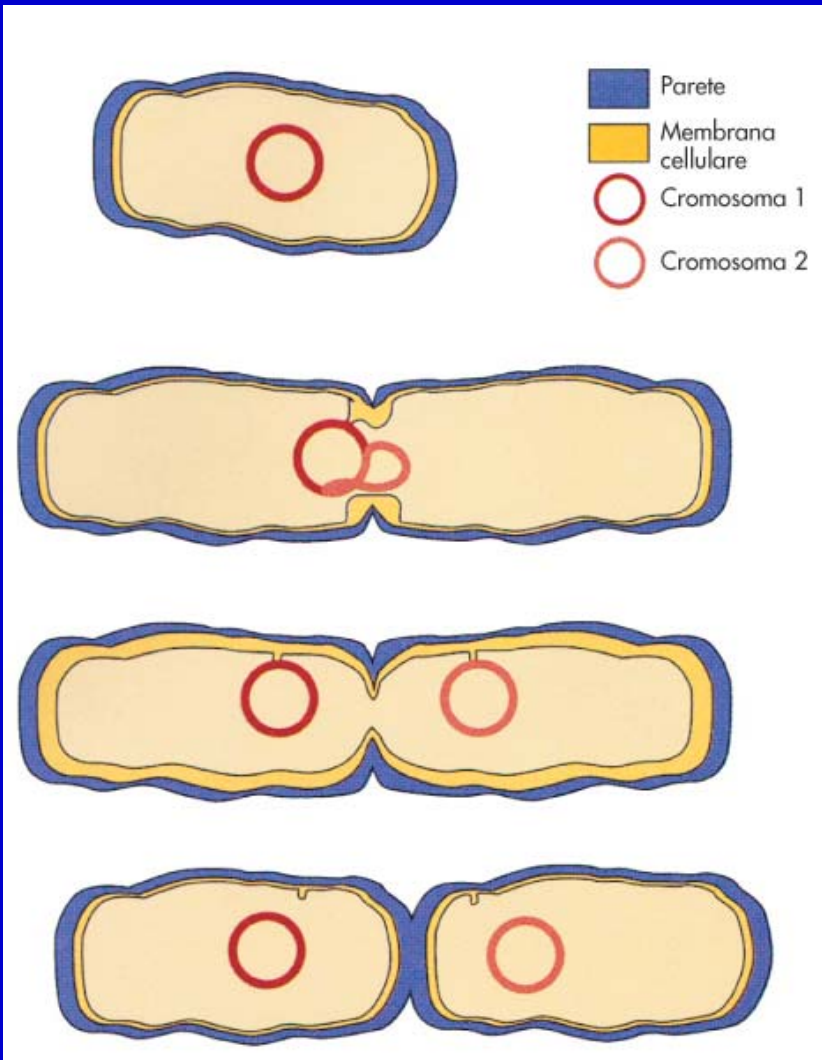
Richiede presenza di acqua e fattori nutritivi ed una certa temperatura.



Fotografia al M.E. di esocrescita sporale

Riproduzione Batterica

Divisione (o fissione) binaria

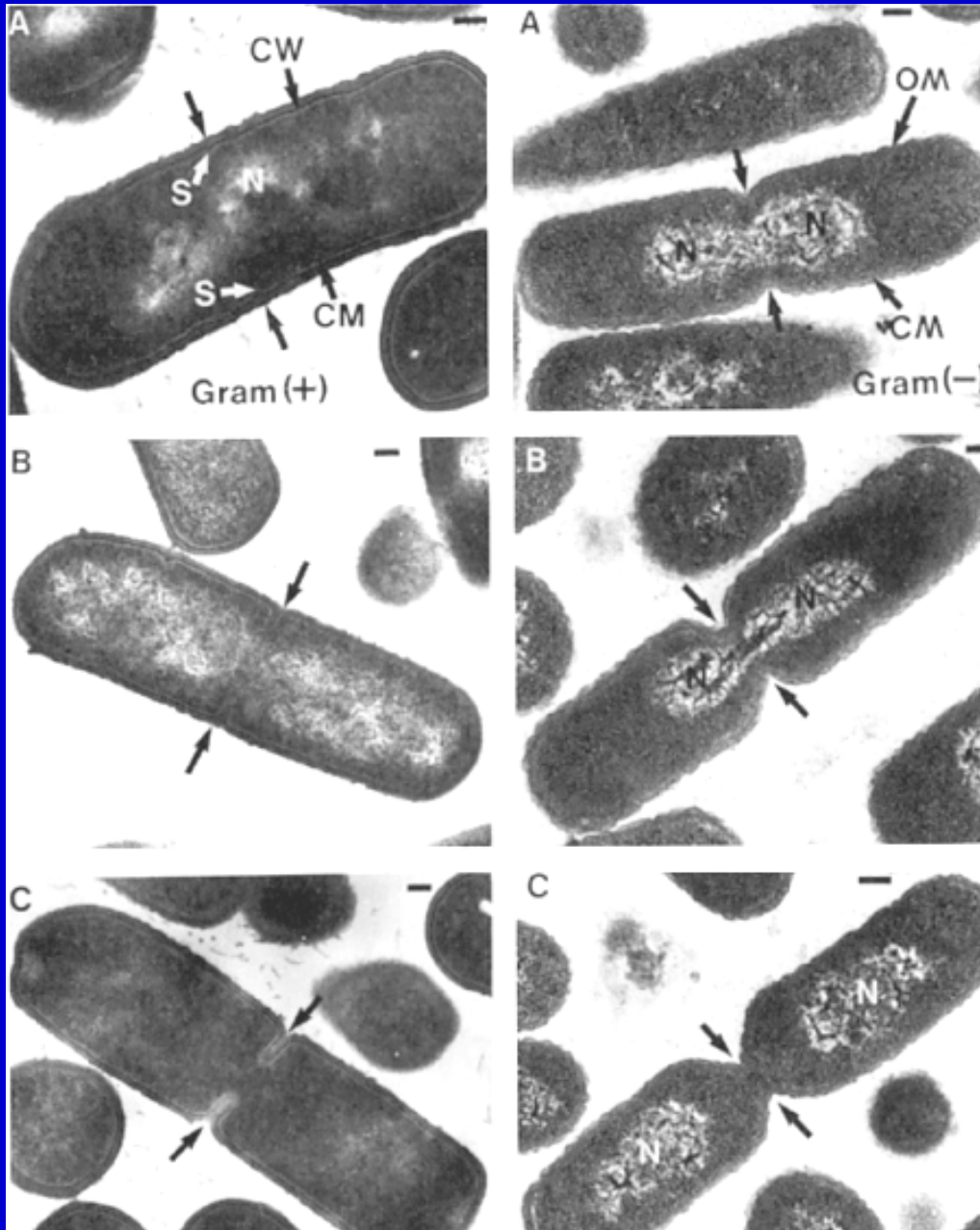


La riproduzione inizia con la replicazione del DNA; le 2 nuove molecole vengono separate dal setto (2 membrane separate da 2 strati di peptidoglicano, neo-sintetizzati), che inizia a formarsi dall'esterno verso il centro, separando le 2 cellule figlie.

L'ancoraggio del DNA alla membrana trascina il cromosoma duplicato nella nuova cellula.

Il tempo di divisione (tempo di generazione) varia a seconda dei batteri, da 20 minuti (*Escherichia coli*) a diverse ore (Micobatteri).

Divisione cellulare



Fasi progressive della
divisione cellulare di
Bacillus subtilis
(sinistra) ed *Escherichia coli* (destra) al
microscopio elettronico
a trasmissione:
CW: parete cellulare;
CM: membrana
citoplasmatica;
S: setto; N: nucleoide;
OM: membrana esterna
scala: 0,2 micrometri