



l'ufficio liquido

nuovi scenari acustici bioispirati

Abstract

"La natura come modello,

La natura come misura

La natura come mentore

La natura va con la luce del sole

La natura utilizza solo l'energia di cui ha bisogno

La natura adatta la forma alla funzione

La natura ricicla tutto

La natura ricompensa la cooperazione

La natura conta sulla diversità

La natura richiede perizia locale

La natura limita gli eccessi dall'interno

La natura limita gli eccessi dall'interno

, Janine Benyus

>> **L'ufficio liquido**

> **Nuovi scenari acustici bioispirati**

La tesi nasce con l'interesse di spiegare come la metodologia bionica possa essere utilizzata per la creazione di artefatti innovativi e quindi di mostrare tale metodologia applicata ad un ambito di riferimento dove, emerse delle problematiche ci si chiede: "In che modo la natura troverebbe delle soluzioni?". Da questo interesse grazie all'aiuto ed al supporto dello studio Design Innovation, dove il Professore Carmelo Di Bartolo studia gli organismi naturali da anni come stimolo creativo per concepire artefatti innovativi, si è sviluppato un percorso di ricerca. Il risultato è quindi un contributo che offre una serie di strumenti metodologici suggerendo un iter progettuale per la realizzazione di prodotti bio-ispirati.

Quindi, la biologia come riferimento progettuale. Perché?

Se gli stili di vita e le esigenze dell'uomo contemporaneo diventano sempre più complessi e mutevoli, il ruolo del design consiste nel proporre nuove soluzioni progettuali adeguate a tale complessità. Infatti, nel corso della sua evoluzione il design ha esteso sempre più il proprio ambito di intervento dal singolo prodotto, a sistemi innovativi e complessi di prodotti e servizi. In questo scenario occorre che il design proponga alle tematiche del vivere contemporaneo soluzioni complesse, integrate e coerenti. Proprio la natura, basata sulla complessità insita nelle sue logiche, nei codici e nei principi del mondo biologico può essere usata come spunto.

Nella storia dell'uomo la natura ha sempre costituito un'inesauribile fonte di ispirazione per il progetto di artefatti. E oggi più che mai le straordinarie conoscenze conquistate nell'ambito delle scienze biologiche offrono nuove ed incredibili opportunità di esplorare e comprendere a fondo le logiche e i principi su cui si basa il design della natura, grazie anche agli avanzati strumenti tecnologici a disposizione della scienza, che riesce a conoscere ogni giorno più profondamente la complessità su cui si fonda il successo evolutivo di ogni specie vivente. Una complessità appunto che caratterizza anche lo scenario contemporaneo dei prodotti industriali. La comprensione dei linguaggi attraverso i quali avvengono gli scambi di informazioni, dei processi e delle logiche che consentono alla natura di realizzare e mantenere in vita i suoi sistemi, offre pertanto al design nuovi ed efficaci strumenti progettuali.

Il tema affrontato riguarda l'acustica, in particolare mira alla creazione di soluzioni innovative per risolvere problematiche di rumore all'interno dell'ufficio, scenario preso come riferimento.

L'idea è stata quella di pensare a dei nuovi scenari dove poter agire, quindi non intervenendo sulla tipologia di ufficio in senso tradizionale, ma

creando dei nuovi spazi in linea con il nuovo modo di intendere il lavoro e soprattutto in linea con le nuove necessità ed esigenze dei lavoratori, ponendo il focus sul comfort acustico. Intervenire quindi in scenari non ancora presi in considerazione, quasi prevenendo ciò che accadrà.

Gli scenari individuati si basano sul nuovo modo di vivere fluido della società contemporanea, dove anche il lavoro e lo spazio vengono rivisti. Tutto è basato sul concetto di liquidità/ fluidità (Z. Bauman). La fluidità è diventata un carattere identificativo della civiltà e del design contemporanei che si pone in contrapposizione con "la solidità" della cultura moderna.

Il design bio-ispirato può costituire una risposta a questo scenario essenziale del vivere fluido, proponendo prodotti che possano sopravvivere alla frastornante fluidità del vivere contemporaneo. La natura infatti è controllata e regolata, non per produrre strutture rigide ed esatte, ma configurazioni flessibili, adattabili che le consentono di rispondere al modificarsi delle condizioni. Creare prodotti sempre più simili ai sistemi biologici.

Una volta individuato lo scenario e quindi le problematiche acustiche ad esso legate e gli obiettivi da raggiungere, sono emersi dei punti su cui poter lavorare per migliorare il comfort ambientale dei lavoratori grazie ad uno studio delle regole acustiche.

Da qui è subentrato l'utilizzo della metodologia bionica come stimolo per sviluppare dei concept di progetto. Un'approfondita indagine su alcuni elementi presenti in natura che risolvono problemi simili, ha permesso, attraverso una trasposizione progettuale, di raggiungere dei risultati innovativi, portando allo sviluppo di un prodotto, come esempio applicativo della metodologia. La scelta è stata quella di proporre un concept di prodotto anch'esso fluido adatto a vivere in uno spazio fluido. Il prodotto è stato sviluppato ma lasciato per lo più a livello concettuale per seguire lo scopo della tesi, di porre il focus nella metodologia e nel percorso effettuato piuttosto che nel prodotto finale.

La tesi è strutturata in 3 parti che seguono il percorso effettuato nei mesi di lavoro presso lo studio Design Innovation.

La prima parte è una raccolta di informazioni riguardanti l'ambito di ricerca, le regole acustiche, il concetto di comfort, le tendenze dello scenario ufficio, le regole ergonomiche e un capitolo che spiega il concetto di metodologia bionica.

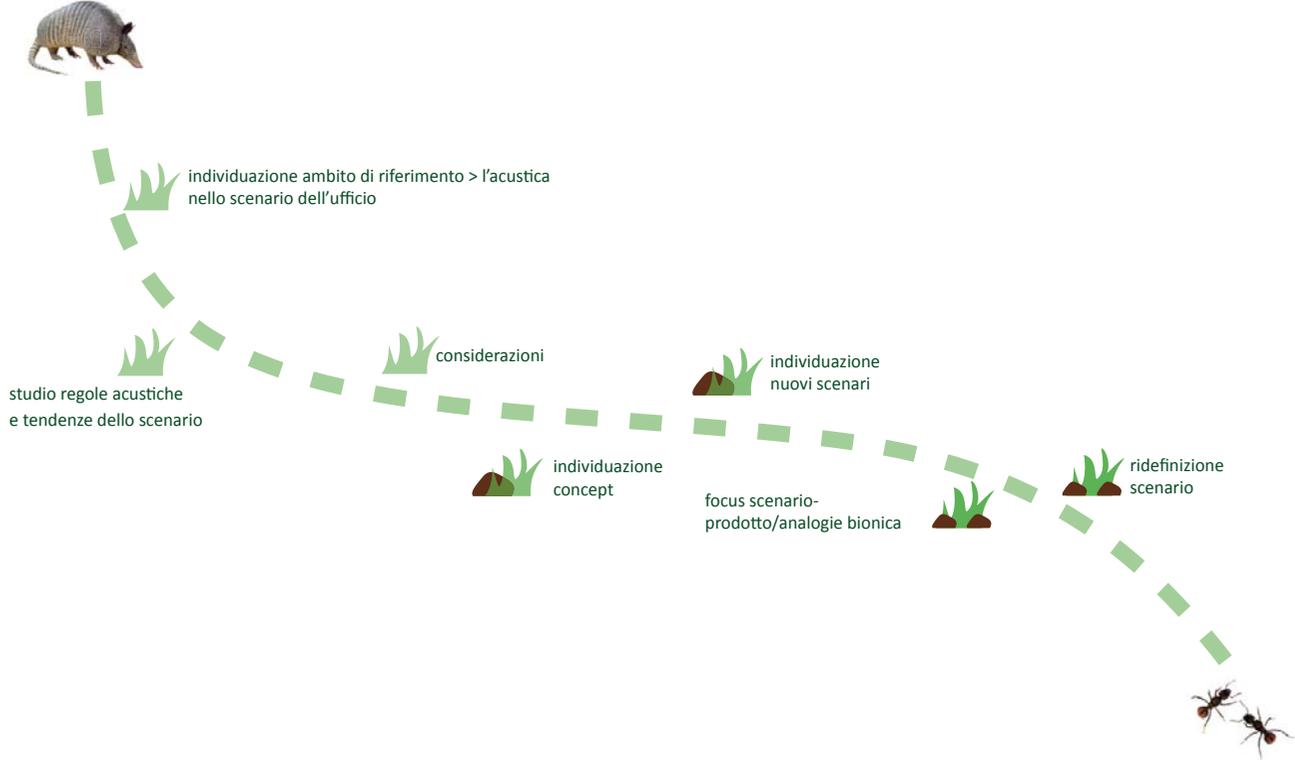
La seconda parte riguarda la definizione e lo sviluppo dei concept. L'ufficio liquido come spazio su cui intervenire.

La terza parte infine, mostra una possibile applicazione della metodologia attraverso lo sviluppo di un prodotto acustico da inserire nello scenario scelto.

Collaborazioni:

Studio Design Innovation: Prof. Carmelo di Bartolo.

Percorso di ricerca > tappe di lavoro



Indice generale

I PARTE - Analisi e ricerca

Capitolo 1/ Il suono - cenni	1
Introduzione	3
>> La natura fisica del suono	3
> La propagazione del suono	6
> Assorbimento, riflessione e trasformazione di onde sonore	7
> Suono e rumore	7
> La sensazione sonora	8
>> La natura psicofisica del suono	8
> L'orecchio	8
> Limiti della percezione uditiva	9
> Effetti di mascheramento	9
> Effetti del rumore	10
>> Il suono in natura (vedi paesaggio sonoro)	10
Capitolo 2/ Acustica- ambienti interni	13
Introduzione	15

>> Acustica architettonica	15	> Legge della massa- potere fonoisolante	30
		> Alcuni materiali isolanti	31
>> Il rumore	15	Capitolo 3/ Comfort acustico - uffici	36
> Normativa italiana sull'inquinamento acustico	16	Introduzione	38
>> Come ottenere un buon comfort acustico	17	>> L'inquinamento acustico nei luoghi di lavoro	38
>> Fattori acustici di una stanza	18	>> Comfort ambientale	40
> Tempo di riverbero	19	> Definizione	40
> Indice di intelligibilità della parola	20	> Il benessere termoigrometrico	40
> Decadimento spaziale	20	> Il benessere luminoso	41
> Potere fonoisolante	20	> Il benessere acustico	41
>> Correzione acustica	20	>> Comfort Acustico in Ufficio	41
> Geometria degli spazi e materiali assorbenti e diffondenti	20	> Il rumore negli uffici, requisiti	42
>> Fonoassorbimento	23	> Uffici Open space	45
> Assorbimento per porosità	24	> Approccio acustico	45
> Assorbimento per risonanza di cavità	25	>> Arredo ufficio e pannelli fonoassorbenti : Territorialità e privacy acustica negli ambienti ufficio	47
> Assorbimento per risonanza di membrana	25	> Introduzione su territorialità e privacy	47
> Sistemi misti - pannelli fonoassorbenti perforati	26	> La privacy fisica ed i confini territoriali	47
> Materiali fonoassorbenti	26	> Privacy visiva e le schermature	48
> Materiali porosi	27	> La privacy acustica	48
> Alcuni materiali assorbenti	28		
>> Fonoisolamento	29		

>> Fonoisolamento, fonoassorbenza e materiali	51	>> Le tendenze	71
> Le pavimentazioni	51	> L'ufficio del futuro sarà aperto e flessibile	71
> I controsoffitti	51		
> Le pareti mobili	52	>> L'ufficio tra comfort e mobilità	73
> Mobili e sistemi di arredo	52	> La mobilità	73
> Sound masking	53		
Capitolo 4/ Scenario ufficio - tendenze	58	>> Concept office	73
I nuovi scenari dell'ufficio	60	>> Coworking	82
>> L'ufficio	60	> Storia	83
> I cambiamenti	61	> Effetti positivi	83
		> Problemi	84
		> Caso studio - The Hube Milano	84
>> Lo spazio di lavoro	62	Capitolo 5/ Ergonomia- luoghi di lavoro	86
>> Gli spazi, il contesto e le relazioni in cui si genera l'innovazione	63	Premessa	88
> L'economia della conoscenza	65	>> Ergonomia in ufficio	88
> I knowledge workers	65	>> L'approccio ergonomico dell'uomo al lavoro	89
> Il contesto conta?	65	>> L'ergonomia oggi: evoluzione dell'approccio ergonomico	91
> I Knowledge workers e i sistemi di relazione	68	>> Il sistema uomo - macchina - ambiente	91
> Spazi ufficio e la produttività del lavoro intellettuale	68		
> Il comfort dei luoghi di lavoro	68	>> Il progetto centrato sull'uomo	97
> La comunicazione oltre il muro	68		
> Bisogni materiali e psicosociali	71		

>> Ergonomia ed emozioni	99	Capitolo 8/ L'ufficio liquido - sviluppo	141
Capitolo 6/ Bionica- metodologia	101	>> Microscenari liquidi: l'ufficio in affitto	143
Introduzione	103	> Step	143
>> Definizione della disciplina	104	>> La problematica acustica	149
>> Metodologia progettuale	106	>> Concept di prodotto	149
> Fase metaprogettuale	106	>> La parete liquida	157
> Fase progettuale	106	> Requisiti acustici	157
> Step	107	> Concept di progetto	158
II PARTE - Definizione concept	123	>> Utilizzo della bionica	158
Capitolo 7/ Scenario - l'ufficio liquido	123	III PARTE - Sviluppo prodotto	162
Introduzione, tappe di lavoro	125	Capitolo 9/ Liquidwall - prodotto	162
>> Scenario ufficio	125	Scelte progettuali	164
>> Lo spazio liquido	125	>> Privacy per scelta	164
> La fluidità	125	> Caratteristiche del prodotto	165
> Concept, l'ufficio liquido	127	>> Bioispirazione	173
> Microscenari dell'ufficio liquido	130		

> Concetti	173	> Arrotolamento	220
>> La parete diventa intelligente	189		
>> Nanotecnologie	194	>> Autonomia, auto-organizzazione, adattamento	221
> Il mantello del silenzio	194	>> L'intelligenza delle cose	222
> Energia dal rumore	195		
Capitolo 10/ Bionica - ricerca	196	>> Recettori sensoriali	223
Osservazione della natura	198	Capitolo 11/ Liquidwall - rendering	236
>> Porosità	198		
> I poriferi	198		
> Sezione di foglia	201		
> Il sughero	201		
> Guscio delle uova	209		
>> Simbiosi	211		
>> Stratificazione differenziata	213		
> Apparato tegumentario	214		
>> Flessibilità strutturale	216		
> Esoscheletro degli artropodi	217		
> Articolazioni mano	218		
> Vertebræ	218		
>> Sistemi di difesa	220		

Indice figure

Figura 1 onda sonora	3
Figura 2 oscillazione dell'onda sonora	3
Figura 3 intensità sonora	4
Figura 4 frequenza	4
Figura 5 campo uditivo umano	5
Figura 6 ampiezza delle onde sonore	5
Figura 7 ampiezza dell'onda	6
Figura 8 il fenomeno sonoro	6
Figura 9 comportamento del suono con un ostacolo	7
Figura 10 orecchio esterno, medio, interno	8
Figura 11 pipistrello	11
Figura 12 cristallo di neve	11
Figura 13 delfino	11
Figura 14 grillo	11
Figura 15 onde del mare	12
Figura 16 somma dei rumori in dB	16
Figura 17 tipologie di rumore in un edificio	16
Figura 18 riflessioni dell'onda sonora nella stanza	19
Figura 19 abbattimento del riverbero	19
Figura 20 pannelli sfaccettati	25
Figura 21 assorbimento per risonanza di cavità	25
Figura 22 assorbimento per vibrazione di membrana	26
Figura 23 sistema misto	26
Figura 24 assorbimento per diversi gradi di porosità	27
Figura 25 rotoli di lana di vetro e di roccia	28
Figura 26 sughero	28
Figura 27 truciolato di legno	28

Figura 28 poliuretano espanso	29	Figura 53 concetto di fluidità	128
Figura 29 isolamento acustico	29	Figura 54 caratteristiche dell'ufficio liquido	129
Figura 30 comportamento dell' onda sonora	30	Figura 55 elementi necessari al knowledge worker per sviluppare valore immateriale	129
Figura 31 sistema massa - molla - massa	30	Figura 56 caratteristiche dell'ufficio liquido	130
Figura 32 piombo	31	Figura 57 microscenari dell'ufficio liquido	131
Figura 33 gomma	32	Figura 58 immagini rappresentative dell'ufficio minimo	132
Figura 34 comfort ambientale	38	Figura 59 immagini rappresentative dell'ufficio in casa	133
Figura 35 traiettorie del suono	40	Figura 60 immagini rappresentative dell'ufficio in affitto	134
Figura 36 fattori acustici da considerare in uffici open space	46	Figura 61 immagini rappresentative dell'ufficio in viaggio	135
Figura 37 rapporto seganle/rumore	47	Figura 62 immagini rappresentative dell'ufficio mobile	136
Figura 38 pareti divisorie tra postazioni	48	Figura 63 immagini rappresentative dell'ufficio pubblico	137
Figura 39 percentuali di riflessione delle superfici	49	Figura 64 immagini rappresentative dell'ufficio virtuale	138
Figura 40 parete divisoria mobile	52	Figura 65 lo scenario identificato	143
Figura 41 esempi di controsoffitti e pareti divisorie	53	Figura 66 macroaree del percorso progettuale	143
Figura 42 cambiamenti dell'ufficio nel tempo	61	Figura 67 schizzi concept - parete	152
Figura 43 spazio di lavoro informale	62	Figura 68 schizzi concept - rifugio	153
Figura 44 spazi per il singolo, il gruppo, e ricreativi	63	Figura 69 schizzi concept - supporto	154
Figura 45 la macchina del caffè come nuovo luogo di incontro creativo	64	Figura 70 elementi divisorii negli uffici	156
Figura 46 spazio co-working	82	Figura 71 caratteristiche della parete	157
Figura 47 spazio The Hube Milano	85	Figura 72 requisiti acustici	157
Figura 48 i cinque sensi	99	Figura 73 frequenze della voce umana	158
Figura 49 fiore di loto, ispirazione biologica delle superfici autopulenti	103	Figura 74 sistemi di fonoassorbimento	158
Figura 50 ragnatela utilizzata come ispiazione in diversi ambiti	105	Figura 75 bionica e design, processo	161
Figura 51 metamorfosi dell'ufficio. Oggi > parole chiave	126	Figura 76 ambiente informale	164
Figura 52 acqua allo stato liquido	127	Figura 77 spazio fluido, privacy personalizzata	164
		Figura 78 privacy per singolo e per gruppo	165

Figura 79 caratteristiche del prodotto	165	Figura 105 flessibilita' di un artropodo di terra	218
Figura 80 elementi fonoassorbenti all'interno di un ufficio	166	Figura 106 flessibilità delle arti colazioni di un dito	218
Figura 81 dati biometrici dei lavoratori europei seduti al posto di lavoro	167	Figura 107 colonna vertebrale dell'uomo	218
Figura 82 schermo acustico	194	Figura 108 sequenza di vertebre caudali	219
Figura 83 onda sonora	195	Figura 109 sistemi di difesa	220
Figura 84 porifero	198	Figura 110 armadillo	220
Figura 85 rappresentazione schematica di una spugna	199	Figura 111 armadillo che si arrotola su se stesso	221
Figura 86 schema della parete di una spugna	199	Figura 112 istrice e lucertola armadillo	221
Figura 87 i tre gradi di organizzazione delle spugne	200	Figura 113 recettori sensoriali	224
Figura 88 demosponge coralline	200		
Figura 89 sughero al microscopio	201		
Figura 90 uova di diversi organismi	209		
Figura 91 esempi di simbiosi vegetali	211		
Figura 92 pesce pagliaccio all'interno di un anemone di mare	211		
Figura 93 gambero trasportato da una murena	212		
Figura 94 esempio di inquinamento e di parassiti smo (da sinistra)	213		
Figura 95 stratificazione nel mondo vegetale	213		
Figura 96 esempio di tegumento umano	214		
Figura 97 squame di un serpente	215		
Figura 98 squame, sezione della pelle di un serpente	215		
Figura 99 pelle di coccodrillo e guscio di tartaruga	215		
Figura 100 diagramma degli strati della cuticola dei nematodi	216		
Figura 101 scolopendra (artropodo), alcuni ti pi di arti colazioni	216		
Figura 102 trilobita (artropodo)	217		
Figura 103 corpo di un crostaceo	217		
Figura 104 esoscheletro di un artropodo	217		

Indice tabelle

Tabella 1 la propagazione del suono nei materiali	6
Tabella 2 livelli di pressione sonora ed effetti sull'uomo	15
Tabella 3 classificazione degli ambienti abitativi	18
Tabella 4 livelli di intelligibilità della parola	20
Tabella 5 coefficienti di assorbimento di alcuni materiali	24

Indice grafici

Grafico 1 livelli di pressione sonora

Grafico 2 coefficiente di assorbimento

Grafico 3 rapporto isolamento/assorbimento e frequenze

Grafico 4 indice di intelligibilità

Grafico 5 indice di intelligibilità

Grafico 6 frequenze da assorbire

Indice schede

Scheda 1 soluzioni acustiche	21
Scheda 2 interventi acustici sugli spazi interni	22
Scheda 3 parete fonoassorbente (sistema misto)	33
Scheda 4 forme e textures	35
Scheda 5 forme e textures	36
Scheda 6 sorgenti (interne/esterne) sonore causa di disturbo	43
Scheda 7 fonti acustiche interne di disturbo in ufficio	44
Scheda 8 problematiche del rumore	49
Scheda 9 interventi acustici sulle superfici	50
Scheda 10 prodotti acustici per uffici	54
Scheda 11 climacoustic > azienda Fantoni	55
Scheda 12 structurelab > azienda Waldmann	56
Scheda 13 eclipse	57
Scheda 14 uffici oggi	66
Scheda 15 relazione comfort/produttività	67
Scheda 16 l'ufficio oggi	69
Scheda 17 ufficio flessibile	70
Scheda 18 uffici e comfort > luoghi informali	72
Scheda 19 kruikantoor > ministation portatile	74
Scheda 20 kruikantoor > ministation portatile	75
Scheda 21 globus workstation	76
Scheda 22 H2Office	77
Scheda 23 archipod	78
Scheda 24 pop up office	79
Scheda 25 volkswagen T6 Mobile Office	80
Scheda 26 emperor 1510	81
Scheda 27 progetto ergonomico	90

Scheda 28 obiettivi ergonomici	92	Schema 54 sistemi di difesa > arrotolarsi	179
Scheda 29 fattore macchina,uomo,ambiente	93	Scheda 55 stratificazione	180
Scheda 30 fattore ambiente	94	Scheda 56 stratificazione	181
Scheda 31 ergonomia dell'ambiente	95	Scheda 57 rigidità + flessibilità	182
Scheda 32 ergonomia: concezione,correzione	96	Scheda 58 concetto di liquidità	190
Scheda 33 parametri di gradevolezza	98	Scheda 59 varianti di prodotto	191
Scheda 34 bionica- casistica	108/9	Scheda 60 superficie reattiva	192
Scheda 35 bionica- casistica	110/11	Scheda 61 superficie reattiva	193
Scheda 36 bionica- casistica	112/13	Scheda 62 porosità non uniforme - stratificazione	202
Scheda 37 concept generati dagli scenari	139	Scheda 63 porosità non uniforme - stratificazione	203
Scheda 38 caratteristiche dell'ufficio in affitto	144	Scheda 64 porosità' e stratificazione	204
Scheda 39 riepilogo percorso progettuale	145	Scheda 65 autoadattamento - autoregolazione	205
Scheda 40 riepilogo percorso progettuale	146	Scheda 66 autoadattamento - autoregolazione	206
Scheda 41 riepilogo percorso progettuale	147	Scheda 67 porosità non uniforme - stratificazione	207
Scheda 42 riepilogo percorso progettuale	148	Scheda 68 autoadattamento e autoregolazione	208
Scheda 43 spazio liquido	150	Scheda 69 porosità non uniforme - stratificazione	210
Scheda 44 ispirazioni concept > prime analogie con la natura	155	Schema 70 sistemi interattivi sensoriali > superficie intelligente	225
Scheda 45 parete mobile	159	Scheda 71 sistemi interattivi sensoriali	226
Scheda 46 sistema misto	168	Scheda 72 sistemi interattivi sensoriali > assorbimento acqua	227
Scheda 47 sistemi misti esistenti	169	Scheda 73 sistemi interattivi sensoriali > assorbimento acqua	228
Scheda 48 funzionamento del sistema	170	Scheda 74 sistemi interattivi sensoriali > assorbimento acqua	229
Scheda 49 tre varianti di fori	171	Scheda 75 sistemi interattivi sensoriali > assorbimento acqua	230
Scheda 49 valori di fonoassorbenza	172	Scheda 76 sistemi interattivi sensoriali > superficie sensibile	231
Scheda 50 pannello in legno forato	174	Scheda 77 sistemi interattivi sensoriali > superficie sensibile	232
Scheda 51 superficie che si sfoglia	176	Scheda 78 sistemi interattivi sensoriali > superficie sensibile	233
Scheda 52 commensalismo	177	Scheda 79 superficie sensibile > abbronzatura delle piante	234
Scheda 53 porosità	178	Scheda 80 sistemi interattivi sensoriali > superficie sensibile	235

I Parte - Analisi e ricerca

Capitolo 1 - Il suono/ cenni

Il silenzio non esiste

c'è sempre qualcosa

che produce

un suono.



Introduzione

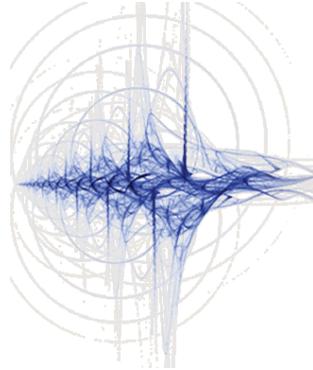


Figura 1 onda sonora

Parlare di acustica significa prendere in considerazione sia gli aspetti fisici del suono sia gli aspetti psicofisici riguardanti la sua percezione. Se si considera il suono in relazione a ciò che sentiamo si deve considerare sempre questi due aspetti in continua relazione tra loro. Questo capitolo ha lo scopo limitato di introdurre alcuni elementi basilari di acustica per spiegare le scelte e il percorso seguito per arrivare al progetto.

Il *suono* è vibrazione. Questa vibrazione è prodotta dallo spostamento oscillatorio delle molecole del mezzo. Il mezzo, sia esso fluido, solido o gassoso è indispensabile affinché vi sia oscillazione e propagazione. Il mezzo con cui si ha a che fare quotidianamente nella produzione e propagazione del suono è principalmente l'aria.

>> La natura fisica del suono

L'acustica è quella branca della fisica che studia il suono.

Dal punto di vista applicativo, può essere suddivisa in numerosi settori tra cui, di interesse l'*acustica architettonica*, che si occupa della qualità acustica all'interno degli ambienti chiusi, e l'*acustica ambientale*, che si occupa dei problemi collegati al rumore. Gli aspetti percettivi sono poi oggetto di settori di studio specifici come la *psicoacustica*, che studia la psicologia della percezione del suono negli esseri umani.

Il suono è definito come una variazione della pressione atmosferica percepibile dall'orecchio umano.

È un'onda elastica longitudinale che necessita di un mezzo per propagarsi, la cui perturbazione avviene parallelamente alla direzione di propagazione. Per la sua esistenza sono necessari una sorgente (corpo vibrante) ed un mezzo elastico di propagazione come aria, acqua, legno, metallo etc. (Nel vuoto non vi è propagazione sonora).



Figura 2 oscillazione dell'onda sonora



Il suono produce trasmissione di energia meccanica che, irradiandosi dalla sorgente attraverso il mezzo di propagazione, arriva ai corpi riceventi. La perturbazione che viaggia sul mezzo consiste, fisicamente, in un susseguirsi di pressioni e depressioni e quindi in un'oscillazione di ogni particella in vibrazione attorno ad una sua posizione media fissa. (fig. 2)

Come tutte le onde, anche quelle sonore sono caratterizzate da una *frequenza* e un'*intensità*. Inoltre, caratteristica saliente delle onde sonore è la forma d'onda stessa, che rende in gran parte ragione delle differenze cosiddette di *timbro* che si percepiscono tra diverse tipologie di suono.

L'*intensità* del suono è la grandezza che permette di distinguere i suoni deboli da quelli forti.



Figura 3 intensità sonora

Un suono è tanto più forte quanto maggiore è l'ampiezza delle oscillazioni della sorgente che lo genera. L'intensità è definita come il flusso medio di energia che, nell'unità di tempo, attraversa una superficie disposta perpendicolarmente alla direzione di propagazione (fig. 3)

L'unità di misura dell'intensità sonora è il *decibel* (dB). Il Decibel impiega una scala logaritmica normalmente compresa tra 20 dB e 140 dB. L'esposizione prolungata a intensità sonore molto forti determina un affaticamento uditivo che sa diminuire la sensibilità rispetto a tutti i parametri del suono. Se l'esposizione a fortissime intensità sonore è quotidiana e prolungata, o se si tratta di un trauma acustico rilevante, il soggetto può riportare sordità transitorie e persino permanenti. Altro effetto dovuto alla fatica uditiva è il mascheramento dei suoni. E' noto a tutti che quando si parla di un ambiente molto rumoroso bisogna alzare la voce per farsi udire. Ciò dipende dal fatto che il "disturbo" produce un innalzamento della soglia di udibilità: è come se l'orecchio diventasse improvvisamente meno sensibile.

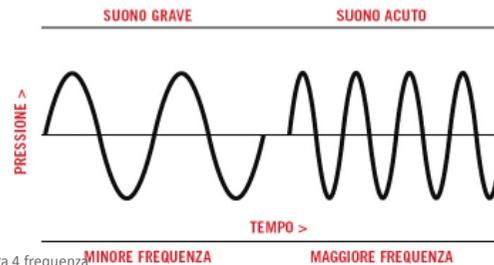


Figura 4 frequenza



La *frequenza* del suono è il numero di variazioni di pressione nell'unità di tempo (secondo). Viene misurata in cicli per secondo ossia in Hertz (Hz).

Il campo uditivo dell'uomo è normalmente compreso tra 20 Hz - 20.000 Hz ovvero tra 20 e 20.000 cicli/sec. 1 Hertz = 1 ciclo/sec (fig. 5)

L'udibilità dell'orecchio umano è limitata da due soglie che esprimono i livelli [minimo e massimo] che possono essere percepiti dal nostro apparato uditivo.



Figura 5 campo uditivo umano

Il *timbro* è la qualità che distingue un suono da un altro. Nella realtà un suono o un rumore sono costituiti da una serie più o meno complessa di componenti parziali o armoniche che costituiscono la forma d'onda

caratteristica. Tali componenti determinano il timbro che rappresenta una sorta di DNA di questo suono o di quel rumore. L'onda sonora più semplice che possiamo immaginare è l'onda armonica, che ha la forma di una sinusoide.

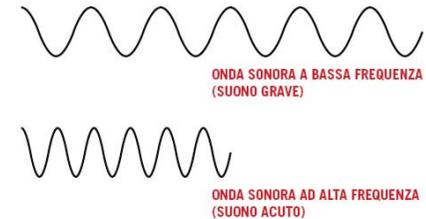


Figura 6 ampiezza delle onde sonore in relazione alla frequenza

Come si può vedere si tratta di una serie ininterrotta di onde che salgono e scendono (fig. 6). Un'onda armonica possiede alcune caratteristiche che la rendono unica. Esse sono la frequenza e l'ampiezza. Nella prima vediamo che le onde sono più diradate rispetto alla seconda. Questo significa che la prima onda possiede una frequenza più bassa rispetto alla seconda, con una conseguente variazione della nota riprodotta: la prima sarà più grave rispetto all'altra. Abbiamo anche detto che la frequenza si misura in Hertz (Hz) e pertanto, all'aumentare degli Hertz, corrisponde una nota progressivamente più alta od acuta. La seconda caratteristica, l'ampiezza, rappresenta l'altezza che le singole onde posseggono: ad una maggiore ampiezza corrisponderà dunque un maggiore volume della singola onda (figura 7).

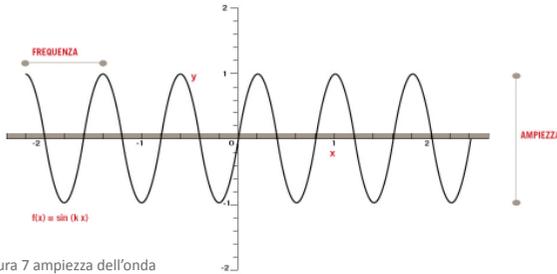
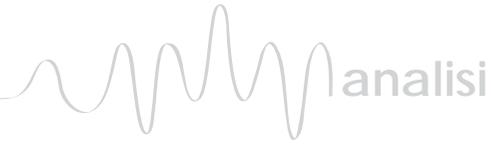


Figura 7 ampiezza dell'onda

> La propagazione del suono

L'energia acustica si propaga con la medesima norma in ogni direzione, per cui l'onda può considerarsi sferica e l'intensità del suono varia in ragione inversa al quadrato della distanza. Durante la propagazione del suono si ha trasporto di energia, ma non di materia. La velocità del suono è la velocità con cui un suono si propaga in una certa sostanza, detta mezzo e varia a seconda del mezzo (ad esempio, il suono si propaga più velocemente nell'acqua che non nell'aria), e varia anche al variare delle proprietà del mezzo, specialmente con la sua temperatura.



Figura 9 il fenomeno sonoro

Il suono si propaga in modi diversi a seconda che sia in un solido, in cui tutti gli atomi sono collegati solidalmente fra loro, oppure in un fluido (liquido o gas), che invece è incoerente.

Il suono si propaga attraverso aria, acqua, legno, metallo od altri materiali con diverse velocità di propagazione. Tale velocità si esprime in metri/sec. Ad esempio nell'aria il suono si propaga a circa 344 m/s, nell'acqua a circa 1441 m/s mentre nell'acciaio a circa 5000 m/sec.

PROPAGAZIONE DEL SUONO NEI DIVERSI MATERIALI

MATERIALE	M/s	Kg/m ³
Acciaio	5000	7800
Alluminio	5100	2700
Ottone	3500	8400
Piombo	1220	11400
Ardesia	4500	3000
Granito	3950	2700
Mattone	3650	1800
Marmo	3810	2700
Vetro	5500	2600
Abete	4640	450
Faggio	3340	750
Frassino	4670	700
Pino	3320	500
Pioppo	4280	370
Quercia	3850	800
Sughero	500	240
Aria	344	1,21
Acqua	1441	1000

Tabella 1 la propagazione del suono nei materiali

Dalla tabella 1, si ricava che nei materiali aventi strutture molecolari



più compatte (acciaio, alluminio, vetro ecc.) la velocità di propagazione sonora è più elevata. Al contrario, nei materiali meno compatti e più leggeri (aria e sughero), la velocità diminuisce sensibilmente.

> Assorbimento, riflessione e trasformazione di onde sonore

La Legge di Conservazione afferma che l'energia non può essere né creata né distrutta, ma soltanto trasformata da una forma in un'altra. In acustica, l'energia vibratoria delle particelle d'aria in movimento può essere dissipata sotto forma di calore. Cosa succede all'energia quando incontra un ostacolo? Al momento dell'impatto, parte dell'energia sonora verrà riflessa, parte verrà assorbita trasformandosi per attrito in calore e parte verrà trasmessa al di là della parete.

$$E_i = E_r + E_a + E_t$$

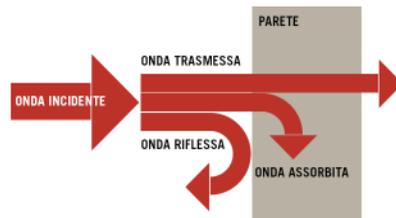


Figura 9 comportamento del suono all'incontro con un ostacolo

E_i = energia sonora incidente

E_r = energia riflessa

E_a = energia assorbita

E_t = energia trasmessa

Il rapporto tra queste tre componenti varia con la frequenza del suono incidente e regola il fenomeno della trasmissione e diffusione del suono.

Il rapporto tra energia assorbita ed energia incidente da origine ad uno dei valori più importanti nel campo dell'acustica applicata, il coefficiente di assorbimento α . Il coefficiente di assorbimento, esprime il rapporto esistente tra l'energia sonora assorbita e l'energia sonora riflessa di un suono incidente un determinato materiale. Così se un certo materiale o una determinata superficie presenta un coefficiente di assorbimento di 0,9, assorbe il 90% di energia sonora che lo investe e ne riflette il 10%. La capacità di assorbimento è diversa quindi per ogni materiale.

> Suono e rumore

Si può definire il *rumore* come qualunque suono in grado di disturbare, infastidire o addirittura intaccare l'integrità dell'individuo, sia dal punto di vista fisiologico che psicologico.

Il suono prodotto da uno strumento musicale, genera onde acustiche di carattere regolare e periodico in grado di provocare sensazioni uditive gradevoli.

Il rumore prodotto da un'attrezzatura, genera onde acustiche di carattere irregolare e non periodico in grado di provocare sensazioni uditive sgradevoli. Il rumore è considerato un inquinante, un prodotto di rifiuto generato nel corso delle varie attività umane. L'esposizione al rumore dei lavoratori rappresenta certamente uno dei rischi più diffusi

del mondo industrializzato la cui entità è variabile a seconda della tipologia produttiva, dei reparti e delle mansioni svolte dal lavoratore. In ambito lavorativo gli effetti uditivi del rumore sono di tipo diverso e sono rappresentati essenzialmente dall'ipoacusia da rumore (perdita parziale della capacità uditiva), patologia determinata dall'esposizione ad elevate intensità di rumore. Il rumore è ritenuto lesivo per l'udito sopra gli 85 dB. Sotto gli 80 dB sono possibili effetti extrauditivi se esiste una suscettibilità individuale.

L'esposizione continuata a rumori oltre una certa intensità provoca nell'organismo umano danni sia fisici, sia psichici che possono essere:

- temporanei, ossia di durata limitata nel tempo;
- irreversibili, ossia che non spariscono più e rimarranno per sempre.

> La sensazione sonora

La risposta del nostro sistema uditivo non è "lineare", ovvero non è uguale a tutte le frequenze: possiamo dire che due suoni a frequenze diverse possono avere la stessa intensità ma dare un livello di sensazione (o di disturbo) diversa.

>> La natura psicofisica del suono

La *psicoacustica* è lo studio della percezione soggettiva umana dei suoni. Più precisamente è lo studio della psicologia della percezione acustica. In molte applicazioni dell'acustica e dell'elaborazione del segnale sonoro diventa strettamente necessario conoscere come il suono viene percepito da un essere umano. È importante sottolineare, inoltre,

che ciò che "si sente" non è solamente una conseguenza di carattere fisiologico legata alla conformazione del nostro orecchio, ma comporta anche implicazioni psicologiche.

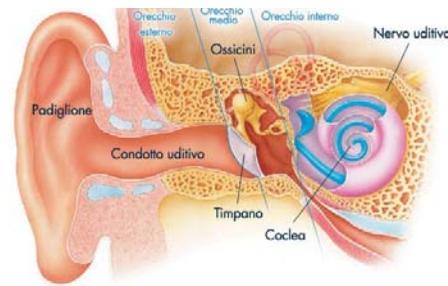


Figura 10 orecchio esterno, medio, interno

> L'orecchio

L'orecchio può essere suddiviso dal punto di vista funzionale in tre parti, denominate *orecchio esterno*, *orecchio medio* e *orecchio interno* (figura 8).

L'*orecchio esterno* è costituito dal padiglione auricolare e dal meato acustico esterno, ha la funzione di convogliare e di trasmettere le vibrazioni dell'aria all'orecchio medio attraverso la membrana del timpano. Mentre il padiglione auricolare possiede la funzione sia di localizzare nello spazio la sorgente sonora sia di esercitare un'azione di rinforzo



del suono stesso, con quanto concentra su di un'area inferiore l'energia meccanica vibratoria emessa dalla sorgente, il meato acustico, oltre a proteggere la membrana del timpano, funziona come risonatore acustico selettivo per determinate frequenze causando un incremento della pressione sonora in prossimità della membrana del timpano.

L'*orecchio medio*, costituito dalla catena di ossicini (martello, incudine, staffa), il primo dei quali – il martello- è collegato al timpano, ha la funzione di trasformare e trasmettere i moti vibratorii del timpano ai liquidi che sono contenuti dell'orecchio interno.

L'*orecchio interno*, costituito da una cavità avvolta a chiocciola, la colea, collegata ai canali semicircolari, ha la funzione di trasformare in impulsi nervosi e quindi in percezione sonora, le vibrazioni trasmesse dalla catena di ossicini.

> Limiti della percezione uditiva

La *frequenza*: L'orecchio umano può udire i suoni nell'intervallo dai 20 Hz ai 20.000 Hz (valori detti limiti di udibilità). Questo limite superiore tende ad abbassarsi con l'avanzare degli anni: molti adulti non sono in grado di udire frequenze oltre i 16 kHz. L'orecchio di per sé non è in grado di rispondere alle frequenze superiori o inferiori all'intervallo indicato, ma queste ultime possono essere percepite col corpo attraverso il senso del tatto sotto forma di vibrazioni.

Nel tratto di massima sensibilità dell'intervallo delle frequenze udibili (intorno ai 2-3 kHz) l'orecchio ha una risoluzione di circa 2 Hz mentre

via via che ci si allontana da questa zona la risoluzione va diminuendo di pari passo.

0 soglia di udibilità
140 soglia del dolore

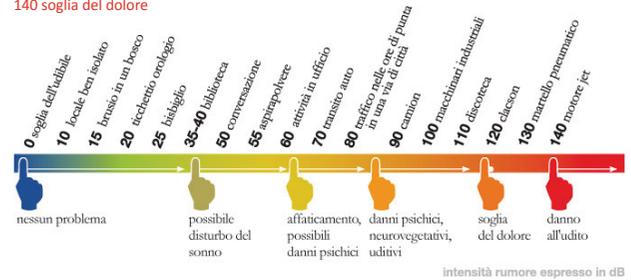


Grafico 1 livelli di pressione sonora

L'*intensità* : Se si prende in considerazione l'intensità del suono, l'intervallo udibile è enorme: il limite inferiore è definito a 0 db, mentre il limite superiore attualmente non è fissato. È possibile individuare un limite superiore approssimativo considerando il punto in cui l'intensità del suono è tale da danneggiare l'orecchio. Il limite dipende dalla durata del suono, poiché se è vero che l'orecchio può sopportare 120 dB per un breve periodo è vero anche che può subire sordità permanente se esposto per lungo tempo a un suono oltre gli 80 dB (grafico 1).

> Effetti di mascheramento

In alcune situazioni, un suono normalmente udibile può essere mascher-



ato da un altro suono. Ad esempio, la conversazione a una fermata di autobus può diventare completamente impossibile se si sta avvicinando un rumoroso autobus. Questo fenomeno è chiamato “*mascheramento*”. Un suono più debole è detto “mascherato” se è reso inudibile dalla presenza di un suono più forte. Se due suoni vengono prodotti simultaneamente e uno è mascherato dall’altro, si parla di mascheramento simultaneo. Un suono di frequenza prossima a quella del suono più forte è mascherato più facilmente rispetto a uno di frequenza molto diversa. Per questo motivo, il mascheramento simultaneo è anche chiamato “mascheramento di frequenza”. La tonalità di un suono è parzialmente determinata da questa abilità di mascherare gli altri suoni. Allo stesso modo, un suono leggero emesso appena dopo la fine del suono alto è mascherato da quest’ultimo. Persino un suono leggero appena prima di un suono alto può essere mascherato da un suono alto. Questi due effetti sono chiamati rispettivamente anticipo e ritardo del temporal-masking (mascheramento temporale).

> Effetti del rumore

Con il termine rumore si definisce in generale qualsiasi suono che abbia effetti negativi sulle persone ad esso esposte. La gamma degli effetti che il rumore può determinare sulle persone spazia dal semplice fastidio, ovvero da una più o meno indefinita sensazione di scontentezza (fortemente influenzata da fattori soggettivi, psicologici o culturali) fino alle conseguenze di carattere sanitario. Nella letteratura medico-igienistica gli effetti del rumore sono principalmente classificati nelle due categorie del danno e del disturbo. Per danno da rumore si intende qualsiasi

effetto sulla salute che sia almeno parzialmente irreversibile e che sia oggettivamente attribuibile all’esposizione al rumore. L’esempio tipico di danno specifico è la cosiddetta ipoacusia professionale, ovvero la riduzione della capacità uditiva che un lavoratore, esposto a situazioni che superino determinate soglie di rumorosità, può sviluppare nel corso degli anni di attività lavorativa. Va comunque sottolineato che il rumore può determinare anche danni non specifici, ovvero che riguardano altri aspetti della salute, quali l’ipertensione, l’alterazione del metabolismo, ecc. Con il termine disturbo da rumore si identifica invece quel complesso di effetti, oggettivamente ascrivibili al rumore ma di natura prettamente transitoria, di cui sono esempi tipici l’interferenza con la comprensione del parlato, la difficoltà di concentrazione nello svolgimento di attività intellettualmente impegnative, l’interferenza con il sonno, ecc. Mentre il danno da rumore interessa principalmente l’ambito del rischio professionale, il disturbo è associato a qualsiasi fenomeno di rumore ambientale e riguarda quindi non solo i lavoratori ma la popolazione in senso lato.

>> Il suono in natura

La teoria che fa risalire le origini dell’uomo dagli oceani, dice che il primo suono che mai abbiamo udito è quello dell’acqua; così come avviene nel grembo materno, dove, immersi nel liquido amniotico, ricreiamo quell’atmosfera primitiva. A sostenere questa teoria è la composizione chimica del liquido stesso che è molto simile a quella marina. L’acqua non si trova solo sottoforma di mare e oceani, ma per quanto evaporata, si riforma nella pioggia, nei ruscelli, nelle fontane e cascate e la troviamo,

con sembianze un po' diverse, sottoforma di neve. La geografia e il clima hanno dato al mondo un aspetto vario, e vario è anche il suono della natura: In Italia il suono della neve è diverso da quello della Siberia in cui si vive a 30° sotto lo zero; camminando sulla neve il passo soffice e ovattato può diventare stridente e scivoloso. Gli eschimesi, che vivono costantemente a contatto con la neve, hanno coniato tantissimi termini per definirla, instaurando un rapporto più profondo con essa. Così anche la voce del vento è varia, essa cattura l'orecchio in una percezione che è insieme acustica e tattile e si differenzia e riconosce a seconda del luogo. Ogni albero del bosco possiede una voce propria: l'agrifoglio sibila, il frassino fischia e il faggio stormisce, così che ogni foresta diventa caratteristica per la sua tonica. Il mondo animali è ricco di linguaggi diversi che ce n'è per ogni specie, inoltre molti animali sentono e comunicano a frequenze più alte o più



Figura 12 cristallo di neve



Figura 11 pipistrello

basse rispetto il nostro limite uditivo così possiamo pensare che l'oceano sia in silenzio senza accorgerci che la maggior parte dei pesci produce suoni e rumori in continuazione. I pesci infatti sono privi di orecchio esterno, sono in grado di percepire le vibrazioni che si formano nell'acqua; inoltre alcuni pesci emettono suoni dalla vescica natatoria, le balene boreali per esempio fanno le fusa, altri pesci si riuniscono per cantare. I gufi sono abili a capire l'esatta provenienza dei rumori con la precisione di un grado, grazie alla posizione delle loro diverse digli elefanti afri-maggiormente provengono dal le loro grandi orecchie flosce,



Figura 13 delfino

e comunicano producendo infrasuoni. La posizione delle orecchie per alcuni insetti è molto strana: possono sentire attraverso le zampe oppure sotto le ali. Non sempre, però il suono viene usato dagli animali per comunicare, infatti a volte è un'arma che serve per stordire le prede, come fanno i capodogli, le loro vibrazioni possono provocare delle emor-



Figura 14 grillo



Figura 15 onde del mare

ragie interne nei piccoli pesci.

Il suono che i grilli producono è generato dallo sfregamento delle loro ali ed è solo un caso se ci sembra di sentirli dialogare uno con l'altro attraverso questo rumore, perché in realtà loro comunicano con

ultrasuoni senza che ce ne rendiamo conto.

I pipistrelli, anch'essi comunicano e soprattutto cacciano attraverso gli ultrasuoni: man mano che si avvicinano alla preda i loro suoni, che la colpiscono, tornano indietro come un'eco e scandiscono la sua distanza e le sue dimensioni, così come funziona l'ecografia.

Il mondo è quindi pieno di suoni e rumori più o meno piacevoli, così come lo chiama R. Murray Schafer, ogni "paesaggio sonoro" naturale produce toni propri, talvolta così distintivi da trasformarsi in impronte sonore.

I Parte - Analisi e ricerca

Capitolo 2 - Acustica/ ambienti interni

"I suoni dell'esterno sono diversi dai suoni dell'interno.

Anche lo stesso
suono

si modifica

con il mutare

dello spazio. M.S Schafer



Introduzione

La stanza e la sua acustica dovrebbero essere un supporto per le persone e per le attività che esse svolgono. Creare delle condizioni acustiche corrette significa creare un buon comfort acustico, l'obiettivo ricercato nel percorso progettuale.

>> Acustica architettonica

L'acustica architettonica è quella disciplina dell'acustica che tratta della produzione, propagazione e ricezione del suono all'interno degli ambienti chiusi. Tratta sostanzialmente del controllo della riverberazione, dell'isolamento, della distribuzione e dell'assorbimento del suono. Essa mira alla intelligibilità del parlato, alla libertà da rumori esterni indesiderati, include anche il modo in cui noi umani percepiamo i diversi fenomeni acustici.

La forma, la dimensione, le rifiniture delle superfici e l'arredamento di una stanza nell'insieme ne determinano le proprietà acustiche. La progettazione acustica della stanza riguarda il controllo di questi fattori, per permettere lo svolgimento di determinate funzioni o attività.

>> Il rumore

Da un po' di anni a questa parte, il rumore è diventato una delle prime fonti di inquinamento: l'uomo, che non ha la capacità fisiologica di isolarsi dal rumore come si isola dalla luce chiudendo gli occhi, ha sentito il bisogno di proteggersi dai suoni. I primi mezzi che permettono di

poter gestire meglio il rumore all'interno degli edifici sono legati alle seguenti regole:

- realizzazione della costruzione,
- caratteristiche acustiche della costruzione e dei materiali che lo compongono.

Un rumore rappresenta un insieme di vibrazioni sonore che corrispondono a delle variazioni della pressione dell'aria udibili da parte dell'uomo.

Il livello sonoro, espresso in Decibel (dB), indica l'intensità di un rumore o di un suono in rapporto ad una scala di riferimento. Da 10 a 120 dB, la pressione acustica corrisponde a fonti di rumore di natura differente e genera percezioni che vanno dalla calma (10 dB) alla soglia del dolore (120 dB). Questa valutazione o misura del rumore permette, a partire da un suono identificato, di definire un obiettivo per un livello sonoro che si desidera ottenere.

Livello sonoro (in dB)	Impressione soggettiva	Conversazione	Natura del rumore
200	Rottura del timpano	Impossibile	Vicino a fonti di rumore elevatissimo (aereo a reazione)
140			
120	Rumore sopportabile solo per un breve periodo	Possibile solo gridando	Officine, stabilimenti e luoghi molto rumorosi
110			
100	Rumori molto fastidiosi	Difficile	Televisione
90			
80	Rumori sopportabili	Ad alta voce	Traffico stradale
70			
60	Rumori normali	A voce normale	Appartamento in città
50			
40	Calma	A bassa voce	Residenza in campagna
30			
20	Calma assoluta	A bassa voce	Studio di registrazione
10			
	Silenzio anomalo		Laboratorio d'acustica

Tabella 2 Livelli di pressione sonora ed effetti sull'uomo



Per essere percepibile, ogni miglioramento acustico deve essere superiore a 1 dB minimo.

Se vi sono rumori emessi simultaneamente della stessa intensità o di intensità sonore differenti, i livelli di rumore si sommano. In particolare, due rumori di eguale intensità produrranno un rumore superiore di 3 dB (esempio, 60 dB + 60 dB = 63 dB) e due rumori di intensità differente produrranno un rumore di valore uguale al valore più forte (60 dB + 80 dB = 80 dB) [fig. 16].

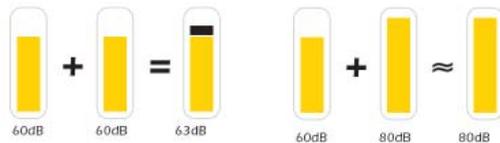


Figura 16 somma dei rumori in dB

Ci sono diversi tipi di trasmissione di rumore:

- per via aerea
- per via strutturale

Il suono che si trasmette per via aerea, descrive il suono che si propaga direttamente da una sorgente attraverso l'aria. Al contrario il secondo tipo di suono, che comprende in particolare il rumore dei passi, si trasmette attraverso le strutture dell'edificio stesso e quindi viene nominato suono di origine strutturale.

In ambito edile si possono distinguere tre tipi di rumori, ognuno ha caratteristiche proprie e va affrontato con metodologie diverse:

- rumori aerei (che usano l'aria come veicolo di propagazione), trattati

con pareti fonoisolanti e fonoassorbenti;

- rumori di impatto (generati dall'impatto di un oggetto su una parete o su di un solaio), trattati con pavimenti.
- rumori da impianti continui e discontinui (provocati da apparecchiature come: ascensori, aria condizionata, tubazioni etc.) trattati agendo sulla sorgente oppure usando materiali isolanti le apparecchiature.

> Normativa italiana sull'inquinamento acustico

I tre documenti principali che delineano il quadro normativo di riferimento degli aspetti legati all'acustica sono:

Legge Quadro n° 447 del 26 Ottobre 1995

D.P.C.M. 5 Dicembre 1997

D.P.C.M. 14 Novembre 1997

LEGGE QUADRO 447/95:

In data 30 Ottobre 1995, sul supplemento ordinario della Gazzetta ufficiale n° 254, è stata pubblicata la "Legge quadro sull'inquinamento acustico" – Legge 26 Ottobre 1995 n° 447 – che stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dal rumore prodotto dall'ambiente

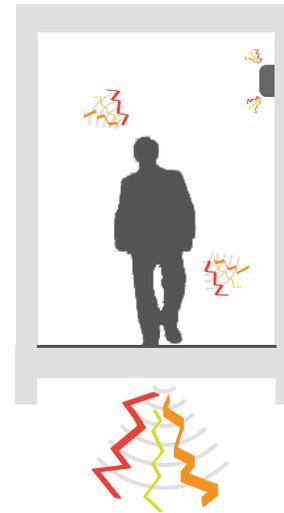


Figura 17 tipologie di rumore in un edificio

esterno e dall'ambiente abitativo, ai sensi e per gli effetti dell'art. 117 della Costituzione.

L'articolo 3 della suddetta legge fissa le competenze dello Stato e in particolare, al comma 1 lettera e), al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore, affida al Ministero dell'Ambiente, insieme al Ministero della Sanità e a quelli dei Lavori Pubblici e dell'Industria, l'incarico di stabilire, tramite decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici e i requisiti acustici passivi degli edifici stessi e dei loro componenti in opera.

In ottemperanza a quanto disposto, il giorno 22 Dicembre 1997 sulla Gazzetta Ufficiale n° 297 è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 Dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici".

SINTESI DPCM 5/12/97:

"Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"

Art. 1 – Campo di applicazione

In attuazione dell'art. 3 comma 1) lettera e) della Legge 447/95, il decreto determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici e i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, con lo scopo di ridurre l'esposizione umana al rumore.

I requisiti acustici di sorgenti sonore diverse da quelle sopra indicate sono invece determinati da altri provvedimenti attuativi della legge 447/95.

Art. 2 – Definizioni

Ai fini applicativi del decreto, gli ambienti sono distinti nelle categorie indicate nella tabella A (tabella 3).

Al comma 2) di questo articolo sono definiti "componenti" degli edifici sia le partizioni orizzontali che quelle verticali.

Il comma 3) definisce servizi a funzionamento discontinuo gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria.

Il comma 4) definisce servizi a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, areazione e condizionamento.

Il comma 5) rimanda all'allegato A del decreto la definizione delle grandezze acustiche a cui fare riferimento.

Art. 3 - Valori limite

Al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore sono indicati nella Tabella B i valori limite delle grandezze che determinano i requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici e delle sorgenti sonore interne, definiti nell'Allegato A del DPCM.

Le grandezze di riferimento, che caratterizzano i requisiti acustici degli edifici, da determinare con misure in opera, sono:

- Il tempo di riverberazione (T)
- Il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione tra ambienti (R').
- Il livello di rumore di calpestio di solai normalizzato (L'n)

>> Come ottenere un buon comfort acustico

La buona acustica di una stanza chiama in causa l'adattamento dell'acustica alle attività che vi si svolgono. Ciò potrebbe coinvolgere i livelli bassi di rumore, facilità di ascoltare i discorsi e, in aule musicali, l'acustica deve favorire una buona riproduzione. A volte si richiede una propagazione limitata, per esempio nel caso di un ufficio senza



Tabella A
Classificazione degli ambienti abitativi (art. 2)

Categ.	Tipo di edificio
A	Edifici adibiti a residenza o assimilabili
B	Edifici adibiti a uffici e assimilabili
C	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili
D	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
F	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili
G	Edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

Tabella B
Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici (art. 3) - valori limite

Categ. di cui alla Tab. A	R'_w (*)	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35
	Più grande è R'_w : migliore è la prestazione	Più grande è $D_{2m,nT,w}$: migliore è la prestazione	Più grande è $\Delta L'_{n,w}$ e più ridotto è $L'_{n,w}$: migliore è la prestazione		

(*) Valori di R'_w riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

Tabella 3 DPCM 5/12/97 - classificazione degli ambienti abitativi

pareti divisorie, mentre al contrario in una sala per concerti la musica si deve sentire nitidamente da ogni poltrona.

Per creare il giusto comfort acustico di una stanza, bisogna capire che diversi fattori agiscono sull'esperienza uditiva. Se si vuole proporre fe-

delmente l'esperienza uditiva, la valutazione acustica complessiva di una stanza richiede la misurazione di diversi parametri. È bene dare priorità alle diverse proprietà acustiche, quali il riverbero, la chiarezza delle parole enunciate ed il livello acustico, a seconda dell'utilizzo cui la stanza è destinata.

Per esempio, in una situazione di ufficio senza pareti divisorie, è fondamentale che la propagazione del suono sia limitata, in modo da ridurre al minimo il disturbo, soprattutto tra diversi gruppi di lavoro. È importante che il livello acustico diminuisca velocemente all'aumentare della distanza.

I fattori acustici di una stanza sono linee guida utili per ottenere la funzione acustica desiderata e per assicurare il giusto comfort acustico di una stanza in cui le persone, e quello che svolgono, sono al centro dell'attenzione.

>> Fattori acustici di una stanza

Per quanto concerne la progettazione acustica, la possibilità di valutare oggettivamente diversi progetti e procedure può costituire un vantaggio. A questo scopo, sono stati definiti diversi fattori acustici di una stanza che possono essere misurati. Tali fattori possono essere usati per formulare le specifiche acustiche di un locale e per controllare l'effetto delle diverse procedure adottate.

Bisogna però considerare che l'ascolto è multidimensionale, e per questo sono necessari diversi fattori.

Diversi fattori acustici della stanza definiscono la qualità acustica di un ambiente confinato.

> Tempo di riverbero

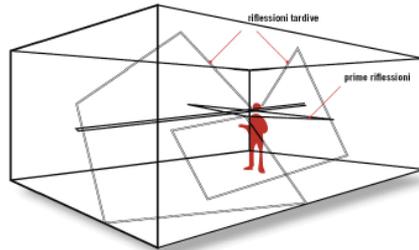


Figura 18 riflessioni dell'onda sonora all'interno di una stanza

In un ambiente chiuso, in cui sia in funzione una sorgente sonora, l'influenza del suono riflesso dalle pareti è fondamentale. Un ascoltatore posto in una sala sarà sottoposto a due tipi di energie sonore: l'energia sonora emessa direttamente dalla sorgente e l'energia sonora riflessa dalle pareti, che dipenderà dalle dimensioni, dalla geometria e dalle caratteristiche di assorbimento acustico della sala. L'ascoltatore sarà prima investito dal suono diretto, poi dalle prime riflessioni dovute alle superfici vicine alla sorgente e infine dalle riflessioni successive, il cui livello andrà via via diminuendo per effetto delle superfici assorbenti. Ma mentre le prime daranno luogo ad un livello di pressione sonora che diminuisce con la distanza, le seconde daranno origine a un livello sonoro che rimane pressochè costante in tutti i punti dell'ambiente. Saranno proprio le riflessioni multiple a dare luogo a due importanti fenomeni: la *riverberazione* e la *risonanza*. È possibile valutare la riverberazione di un ambiente proprio quando

la sorgente sonora cessa di emettere, misurando il tempo che intercorre tra silenzamento della sorgente e l'esaurimento dell'energia sonora. È infatti definito *tempo di riverberazione* il tempo necessario affinché, in un ambiente, il livello sonoro diminuisca di 60dB dopo il silenzamento della sorgente. Ogni ambiente, in relazione al suo utilizzo, necessita di un tempo di riverbero ottimale e, come ovvio, per poter adeguare lo spazio al tipo di suono emesso si dovrà lavorare sul volume dell'ambiente e sui materiali presenti. Esistono dei tempi di riverberazione ottimali per luoghi in cui il controllo del suono è un aspetto rilevante: ad esempio per quanto riguarda gli uffici open space il tempo è fissato tra 0,3 e 0,6 secondi in modo da ottenere una buona privacy.

FONOASSORBIMENTO ELEVATO > ABBATTIMENTO DEL RIVERBERO

Comfort Acustico



Figura 19 abbattimento del riverbero con l'utilizzo di un controsoffitto



Figura 19 abbattimento del riverbero con l'utilizzo di un controsoffitto

> Indice di intelligibilità della parola (STI)

Un altro fattore, piuttosto importante nell'ambito di sale congressuali, luoghi di culto, scuole ed uffici, è rappresentato dall'indice STI [Speech Transmission Index] che descrive l'intelligibilità della parola, ovvero il grado di qualità nella percezione dell'articolazione del parlato e della comprensione di un testo.



Tabella 4 livelli di intelligibilità della parola - dalla tabella si evince che sono ritenuti buoni i valori di STI superiori a 0,6

> Decadimento spaziale

Il livello acustico diminuisce all'aumentare della distanza dalla fonte acustica. La progettazione della stanza (forma, mobili, finiture di superficie) influenza la misura in cui il livello acustico diminuisce in proporzione della distanza. Al raddoppio della distanza l'intensità sonora si riduce di 1/4. Quindi si avrà una diminuzione del livello di pressione sonora di 3/4 dB ad ogni raddoppio della distanza dalla sorgente.

> Potere fonoisolante

L'effetto barriera realizzato da pareti acustiche alla propagazione del

suono viene definito potere fonoisolante R e rappresenta il numero di decibel di riduzione del valore dell'energia incidente sulla parete nel passaggio attraverso una struttura. Questo potere è una caratteristica propria della parete e varia a seconda della frequenza dell'energia incidente e delle proprietà strutturali della parete stessa.

>> Correzione acustica

Riguarda gli interventi per migliorare l'acustica dell'ambiente. Gli interventi possono essere di acustica passiva (barriere) o attiva (mascheramento sonoro).

Le superfici intese come soffitto, pavimento e pareti, sono la parte della stanza che incide di più a livello di acustica, quindi gli interventi avvengono soprattutto in questo senso. Poi esistono altri elementi della stanza che se pur non nascono con scopo di ridurre il rumore, contribuiscono a migliorare la riflessione e l'assorbimento del suono, come ad esempio le persone e le piante.

Si tratta comunque di interventi o per riprodurre meglio il suono o per abbassare i livelli di pressione sonora.

Come si correggono i fenomeni acustici negativi che si possono verificare all'interno di un locale e con quali tecniche e materiali si dovrebbe intervenire?

> Geometria degli spazi e materiali assorbenti e diffondenti

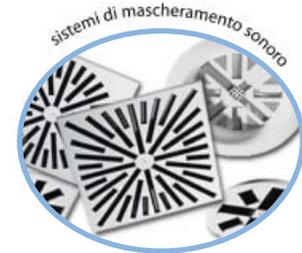
Il primo aspetto da tenere in considerazione e su cui lavorare in fase progettuale è la geometria dello spazio.

scheda 1

soluzioni acustiche >

ACUSTICA PASSIVA >

per assorbire il suono all'interno di uno spazio chiuso e bloccare la trasmissione del suono tra due spazi diversi o dall'esterno di un edificio.



ACUSTICA ATTIVA >

per coprire i rimanenti rumori indesiderati





scheda 2

interventi acustici sugli spazi interni >

IN CHE MODO



Geometria degli spazi

- da evitare:
- piante circolari
- soffitti concavi
- pareti riflettenti
- angoli fra pareti riflettenti
- sproporzionamento tra le dimensioni della sala

Tecniche di fonoisolamento/ fonoassorbimento

- attenzione alle tecniche di assorbimento e isolamento
- scelta dei materiali

Es: correzione in uffici open space

PROBLEMA: portare il RUMORE DI FONDO entro i limiti accettabili di trasmissione o riflessione sonora (giusto livello di ASSORBIMENTO acustico ed un elevato grado di ISOLAMENTO con i locali attigui) = PRIVACY ACUSTICA

SOLUZIONE: materiali usati come CORRETTIVI ACUSTICI

assorbimento > - uso di materiali FONOASSORBENTI
coefficiente di assorbimento acustico elevato

riflessione > - uso di materiali FONOISOLANTI
potere fonoisolante elevato

soglia di rumore accettabile: 48- 52 dB



Progettata la forma del locale è necessario rivolgere l'attenzione ai materiali e alle tecniche di assorbimento e diffusione del suono.

>> Fonoassorbimento

L'assorbimento di una parete dipende dal prodotto fra la sua superficie e il coefficiente di assorbimento acustico. È importante analizzare i parametri che determinano il valore di tale coefficiente.

Esso dipende sostanzialmente

- dal materiale costituente la parete;
- dalla frequenza del suono incidente;
- dallo spessore del materiale o dalla composizione della struttura;
- dall'angolo di incidenza del suono sulla parete.

Il coefficiente di assorbimento α è il rapporto tra l'energia assorbita e l'energia incidente sulla superficie di un materiale, ne consegue che $0 < \alpha < 1$: più alto è il valore che ne deriva, maggiore sarà la capacità fonoassorbente del materiale ossia il suo potere fonoassorbente. Se il coefficiente di assorbimento è pari a 0 l'energia sonora incidente sarà totalmente riflessa, se pari a 1 verrà del tutto assorbita.

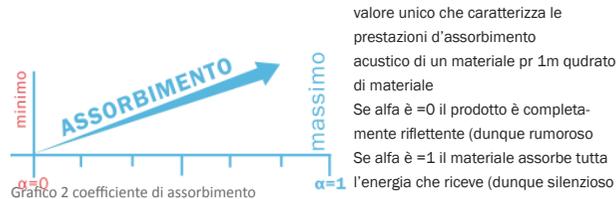


Gráfico 2 coefficiente di assorbimento

Il coefficiente di assorbimento varia, e anche sensibilmente, al variare dell'angolo di incidenza dell'onda sonora e a seconda della frequenza del suono. Per ragioni tecnico pratiche nella risoluzione delle problematiche di acustica ambientale e architettonica è importante calcolare il coefficiente di assorbimento in campo diffuso tenendo conto quindi di una incidenza casuale del flusso sonoro. In questo caso si utilizza il coefficiente di Sabine (dal nome dell'omonimo fisico), che è quindi quello solitamente indicato nella scheda tecnica che contraddistingue ogni materiale fonoassorbente. Ad un alta capacità fonoassorbente del materiali corrisponde una blanda capacità fonoisolante degli stessi, visto il loro basso peso specifico. Pertanto un buon materiale fonoassorbente solitamente ha uno scarso potere fonoisolante e viceversa. I materiali, rigidi, compatti e a superficie liscia (metalli, vetro, cemento, ecc) sono fortemente riflettenti e quindi risulta notevolmente ridotta l'energia sonora assorbita rispetto a quella riflessa; si ha cioè un coefficiente estremamente piccolo, mai superiore a 0,2.

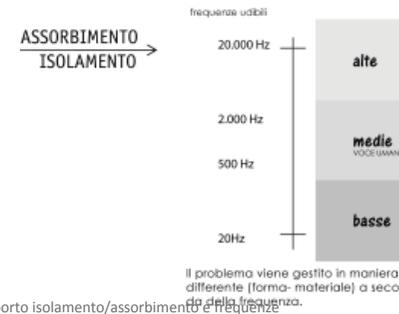


Gráfico 3 rapporto isolamento/assorbimento e frequenze

I materiali assorbenti sono porosi, fibrosi, soffici e di basso peso specifico (lana di vetro, stoffe, feltri, ecc) caratterizzati dalla proprietà di assorbire un'alta percentuale dell'energia sonora che li colpisce ed di rifletterne, quindi, una percentuale minima. Tale fenomeno è dovuto essenzialmente all'attrito che l'onda incontra attraversando gli alveoli e gli interstizi di questi tipi di materiali. Infatti essi hanno piccoli fori intercomunicanti fra di loro nei quali le onde sonore incidenti possono propagarsi trovando ovviamente un ostacolo alla propagazione stessa. In conseguenza a ciò parte dell'energia acustica viene trasformata in calore per attrito e quindi si ha assorbimento. L'assorbimento dei materiali è estremamente variabile in funzione della frequenza. È necessario pertanto rilevare sempre il coefficiente di assorbimento in funzione della frequenza. (tabella 5)

Assorbimento [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Materiali a parete e/o soffitto						
Controsoffitto in fibra minerale (25 mm su plenum 300 mm)	0,25	0,8	0,8	0,9	0,9	0,99
Melamina espansa (50 mm)	0,23	0,19	0,49	0,83	0,97	0,92
Cartongesso	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09
Fibra di legno mineralizzata (50 mm) in aderenza	0,17	0,22	0,42	0,78	0,65	0,95
Fibra di poliestere (50 mm)	0,27	0,49	0,70	0,80	0,83	0,81
Intonaco liscio	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03
Intonaco grezzo	0,02	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03
Lana di vetro 50 Kg/m ³ 50 mm	0,17	0,86	1,00	1,00	1,00	0,98
Lana di vetro 50 Kg/m ³ 100 mm	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97
Lana di vetro 100 Kg/m ³ 50 mm	0,16	0,71	1,00	1,00	0,99	0,99
Poliuretano espanso (piramide 50 mm)	0,10	0,24	0,37	0,72	0,66	0,64
Pannellatura in legno	0,30	0,25	0,20	0,17	0,15	0,10
Perline	0,24	0,19	0,14	0,08	0,13	0,10
Portauova dritti sul muro	0,01	0,07	0,43	0,62	0,51	0,70
Sughero biondo (40 mm)	0,22	0,38	0,50	0,45	0,53	0,68
Tenda velluto 0,47 Kg/mq 1/2 area	0,07	0,31	0,49	0,75	0,70	0,60
Vetro	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02

Tabella 5 coefficienti di assorbimento di alcuni materiali

Adesso considereremo in concreto le modalità attraverso cui è possibile conseguire significativi valori di fonoassorbimento.

> Assorbimento per porosità

In questo caso l'assorbimento acustico è dovuto al fenomeno della viscosità: la dissipazione dell'onda sonora avviene per trasformazione del suono in energia cinetica allorchè lo stesso attraversa il materiale e la capacità fonoassorbente è influenzata da densità e spessore di quest'ultimo.

I materiali assorbenti per porosità si possono a loro volta distinguere in:

- materiali fibrosi (lana di vetro, lana di roccia, truciolati di legno, sughero, fibre di poliestere, gesso, cartongesso, moquette, linoleum, tendaggi, tessuti naturali e artificiali di vario tipo)

- materiali a cellule aperte (schiume poliuretaniche, poliuretano espanso, foam melamminico)

L'assorbimento per porosità risulta generalmente elevato alle frequenze medie e medio-alte mentre per ottenere un significativo smorzamento delle basse frequenze si richiede l'utilizzo di spessori elevati di materiale. Per un'efficace impiego del materiale fonoassorbente occorre discostarlo di qualche centimetro (minimo 5 cm fino ad oltre 30 cm) dagli elementi strutturali piani (si pensi al caso dei controsoffitti in cartongesso con eventuale aggiunta di lana minerale). Per aumentare il potere fonoassorbente dei materiali porosi piuttosto che utilizzare quelli di tipo liscio è possibile conformarli con sagomature tali da au-

mentarne la superficie totale di contatto con l'onda sonora, per una migliore dissipazione cinetica come nel caso dei materiali fonoassorbenti piramidali, bugnati o dei baffles sfaccettati (fig. 20).



Figura 20 pannelli sfaccettati

> Assorbimento per risonanza di cavità

È noto che soffiando dell'aria attraverso il collo di una bottiglia vuota si può udire un suono: la bottiglia agisce da risonatore. Ci sono prove storiche circa l'impiego di vasi ceramici, giare e cavità in pietra con aperture esposte al suono, collocati al di sotto delle gradinate dei teatri antichi o nelle pareti di alcune chiese medievali per scopi acustici. Più tardi questi risonatori semplici furono chiamati: risonatori di Helmholtz, dal nome dello studioso tedesco che per primo ne descrisse le caratteristiche fisiche. Tali strutture sono costituite da un volume, contenente aria, connesso alla cavità attraverso un collo ristretto ed un'apertura. L'energia del suono incidente fa vibrare l'aria contenuta

nel collo del risonatore che, a causa del suo volume, si comporta come una massa collegata ad una molla: in breve è una sorta di "trappola" sonora.

Questo sistema - con aperture del collo molto più ampie - era spesso impiegato nei teatri antichi per amplificare la voce degli attori ed è citato nel trattato De Architettura di Vitruvio, un



Figura 21 assorbimento per risonanza di cavità

architetto romano vissuto nel I° secolo D.C. In questo caso parliamo di risonatore attivo perché il sistema amplifica il suono che lo investe, come d'altronde accade in qualunque cavità rigida. Tuttavia, se collochiamo del materiale fonoassorbente all'interno della medesima cavità, il sistema "intrappola" il suono che però viene immediatamente smorzato dal materiale fibroso; in questo caso parliamo di risonatore passivo [o reattivo], ovvero fonoassorbente.

> Assorbimento per risonanza di membrana

Se un materiale ermetico, relativamente sottile, viene fissato ad una certa distanza da una superficie rigida, esso si comporterà come un sistema massa-molla e mostrerà risonanze caratteristiche, ovvero frequenze preferenziali di vibrazione. Quando un'onda sonora colpisce

questi pannelli, tenderà a forzare il sistema in vibrazione; se la frequenza del suono incidente corrisponde ad una delle frequenze di risonanza del sistema, il trasferimento di energia che ha luogo è massimo. Poiché i pannelli sottili hanno un'inerzia e sono inoltre smorzati dal fissaggio alle estremità, parte dell'energia so-

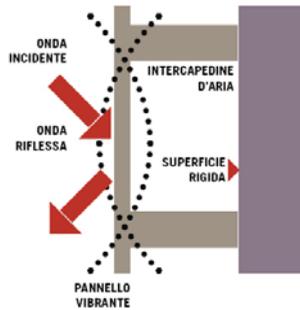


Figura 22 assorbimento per vibrazione di membrana

nora che li investe viene convertita in energia meccanica e quindi "assorbita". D'altra parte, essendo il pannello stesso posto in vibrazione, esso irradierà nuovamente energia nella stanza e pertanto la sua efficienza come materiale fonoassorbente risulterà limitata. I pannelli vibranti tendono ad essere più efficaci alle basse frequenze, con un picco di assorbimento massimo alla frequenza di risonanza; in generale, all'aumentare della densità superficiale del pannello e/o della profondità dell'intercapedine d'aria tra pannello e superficie rigida, la frequenza di assorbimento massimo diminuisce. Anche in questo caso per una maggiore efficacia acustica, è necessario inserire nell'intercapedine d'aria un materiale assorbente poroso.

> Sistemi misti - pannelli fonoassorbenti perforati

Un meccanismo fonoassorbente, simile ai risonatori di Helmholtz,

si ottiene con pannelli perforati in legno, gesso o metallo, montati ad una certa distanza da una superficie rigida. I fori nel pannello agiscono come una serie di "colli" che condividono lo stesso volume d'aria retrostante [cavità]. Analogamente al risonatore di Helmholtz, il pannello si comporta come una "trappola" sonora di grandi dimensioni che - quando dotata di materiale fibroso retrostante - è in grado di fornire elevati valori di assorbimento acustico. Questo sistema è ampiamente impiegato per la correzione acustica di ambienti di ogni tipo: i controsoffitti perforati in gesso, cartongesso od alluminio, altro non sono che l'applicazione pratica del risonatore di Helmholtz.

Questi sistemi sono i più utilizzati, in quanto in grado di coprire una quantità maggiore di frequenze.



Figura 23 sistema misto

> Materiali fonoassorbenti

La natura del materiale costituente la superficie di riflessione influenza le modalità e l'entità dell'assorbimento del suono. Quanto più un materiale è impermeabile all'aria e rigido, tanto più si avvicina al comportamento di un riflettore perfetto. All'aumentare della porosità e flessibilità del materiale aumenta pure la capacità assorbente.

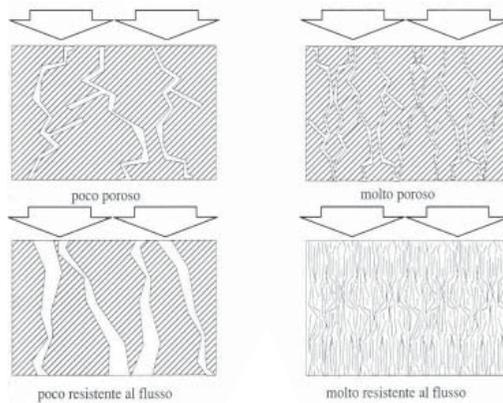


Figura 24 assorbimento per diversi gradi di porosità

I materiali fonoassorbenti vengono utilizzati in ambito architettonico ed edilizio per correggere le caratteristiche dell'onda sonora soprattutto in termini di riverbero ossia per modulare la velocità e qualità di risposta sonora dell'onda acustica allorchè questa viene a contatto con una determinata superficie con caratteristiche intrinseche di assorbimento e riflessione sonora. Inoltre l'utilizzo di materiali fonoassorbenti in concomitanza con elementi fonoisolanti risponde alle esigenze tipiche dell'insonorizzazione di macchinari e locali e di controllo del rumore.

Come già visto, questo si realizza attraverso differenti modalità: assorbimento acustico per porosità, per risonanza di membrana, per

risonanza di cavità. Nella maggior parte dei casi i materiali fonoassorbenti in senso stretto agiscono soprattutto attraverso il principio dell'assorbimento per porosità, mentre l'assorbimento per risonanza di membrana e/o di cavità si realizza attraverso elementi strutturali complessi.

> Materiali porosi

L'assorbimento acustico di questi materiali è più elevato alle alte frequenze che non alle basse. Inoltre l'assorbimento alle alte frequenze è praticamente indipendente dal suo spessore, mentre quello sulle basse frequenze aumenta sensibilmente con lo spessore del materiale.

Il coefficiente di assorbimento di questi materiali dipende pertanto essenzialmente da tre parametri: per medie frequenze

- *porosità*: intesa come rapporto fra lo spazio vuoto e il volume totale del materiale;

- *resistenza al flusso*: data dalla percentuale di porosità del materiale;
- *disposizione dei pori*: quando i pori sono disposti per lo più parallelamente alla direzione di flusso dell'aria, l'assorbimento è minore, esso aumenta per disposizione dei pori meno regolare e, in linea di principio, è massimo quando tutti i pori del materiale sono disposti normalmente al flusso.

Affinchè l'elemento considerato possieda buone qualità di assorbimento, deve avere un'elevata resistenza acustica. Con ciò si intende che l'aria in vibrazione non deve trovare grande difficoltà a penetrare nel materiale.

> Alcuni materiali assorbenti

Materiali fibrosi:

Lana di vetro: È un silicato amorfo, derivato dal vetro, che è commercializzato sotto forma di rotoli, materassini e pannelli fonoassorbenti, possiede un'alta capacità di inglobare aria attraverso una corposa struttura lanuginosa e pertanto di disperdere in calore l'onda sonora. Certamente tra i migliori materiali fonoassorbenti. Ottima anche come isolante termico. Un prodotto relativamente economico ed altamente efficiente nella riduzione del rumore (fig. 25).



Figura 25 rotoli di lana di vetro e di roccia

Lana di Roccia: Possiede caratteristiche simili alla lana di vetro e deriva da uno speciale procedimento estrattivo che riguarda la roccia vulcanica. Ha caratteristiche ignifughe superiori a quelle della lana di vetro. Si rinviene sotto forma di pannelli e rotoli (fig. 25).

Sughero: Certamente il miglior materiale assorbente acustico esistente in natura. Da preferire alla lana di vetro e a quella di roccia

tutte le volte in cui si intendono assecondare esigenze di natura ecologica e salustica senza badare a spese. Acquistabile sotto forma di materassini o di pannelli fonoassorbenti (fig. 27).



Figura 26 sughero

Truciolo di legno: Il legno truciolare è realizzato attraverso l'accorpamento di fibre legnose derivanti dagli scarti della lavorazione del legno che vengono pressate e incollate tra loro fino a formare pannelli rigidi e resistenti. Si ottiene un prodotto con discrete doti fonoassorbenti e fonoisolanti.



Figura 27 truciolo di legno

Moquette e tappeti: Trattasi di manufatti in tessuto naturale (lana, linoleum, canapa, juta, fibra di cocco) ovvero realizzati su base acrilica, soprattutto nel caso della moquette. Tappeti e moquettes sono comunemente utilizzati per l'arredamento di case e spazi commerciali e contribuiscono significativamente nel conseguimento di determinati standard di comfort acustico.

Tendaggi: Le tende realizzate in stoffa o in altri tessuti naturali o sintetici contribuiscono a schermare l'onda sonora migliorando le caratteristiche riverberanti del suono al fine di una migliore fruizione degli spazi.

Materiali a celle aperte:

Poliuretano espanso: E' un polimero che ha ottime caratteristiche di materiale assorbente acustico da impiegare sia nel riempimento di intercapedini per aumentare la prestazione fonoisolante delle pareti, sia a vista per rispondere ad esigenze di miglioramento del comfort acustico di ambienti abitativi ed insediamenti umani civili e commerciali. Si presta ad applicazioni tecniche differenziate a seconda delle sue versioni produttive (liscio,bugnato,piramidale). Prodotto in materassini morbidi, il poliuretano può essere insufflato per riempire intercapedini e facilmente lavorato se usato sotto forma di schiuma poliuretanic, rispondendo a molteplici esigenze di fonoassorbimento (fig. 28).



Figura 28 poliuretano espanso

Melammina espansa: Materiale fonoassorbente leggero e flessibile, originato da resine o foamacrilici, che rispetto al poliuretano espanso risponde meglio ad esigenze antincendio essendo un prodotto ignifugo ad alta classificazione.

Vermiculite espansa: E' un minerale che sottoposto a cottura si espande notevolmente acquisendo notevoli proprietà isolanti. Da utilizzare per insufflaggi ovvero per la realizzazione di intonaci fonoas-

sorbenti.

Perlite espansa: Silicato di origine vulcanica che al pari della vermiculita può essere utilizzato come coibente acustico per riempire intercapedini o costituire intonaci fonoassorbenti.

Argilla espansa: prodotto naturale sottoposto a cottura ad alta temperatura ottimo sia per la realizzazione di intonaci che per la creazione di blocchi dalle spiccate caratteristiche di fonoassorbenza.

Altri assorbenti acustici secondari: polietilene espanso, polistirene espanso (polistirolo)

>> Fonoisolamento

La regola generale dell'isolamento acustico è la legge della massa. Quanto più è pesante la parete, tanto più isola dal rumore esterno: quanto più è massiccio il muro, tanto più difficilmente le onde sonore potranno attraversarlo.

L'isolamento acustico (detto anche fonoisolamento) è una tecnica che consente di ostacolare la trasmissione di energia sonora da un ambiente ad un altro interponendo tra i due un mezzo fisico di separazione. Pertanto la finalità dell'isolamento acustico consiste nel proteggere l'uomo dai rumori attenuandone o eliminandone la



Figura 29 isolamento acustico



percezione sonora attraverso la dissipazione dell'energia sonora. La difesa dai rumori mediante isolamento acustico riguarda sia i rumori che si propagano per aria (rumori aerei), sia quelli che si trasmettono attraverso percussioni, vibrazioni, trascinamento (rumori impattivi o rumori d'urto)

Se si considera un divisorio rigido omogeneo (es: parete, pannello), che separa l'ambiente che contiene la sorgente disturbante da un ambiente che si vuole isolare acusticamente, si potrà osservare che l'energia sonora (E_i) che incide sulla superficie del divisorio si divide in tre componenti fondamentali: una frazione (E_r) viene riflessa, una (E_d) assorbita e un'altra (E_t) oltrepassa il divisorio secondo la formula $E_i = E_r + E_d + E_t$ ne consegue che $r + d + t = 1$

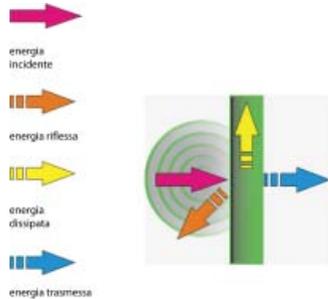


Figura 30 comportamento dell'onda sonora

Il parametro t prende il nome di coefficiente di trasmissione è caratterizza le proprietà di isolamento acustico (fonoisolanti o fonoimpedenti) del divisorio ovvero il suo potere fonoisolante che si esprime

usualmente nella formula logaritmica $R = 10 \log(1/t)$ dove R è una grandezza misurata in decibel. Per un divisorio semplice e omogeneo inoltre vale la regola generale secondo cui il potere fonoisolante aumenta all'aumentare della massa dell'isolante stesso ma anche all'aumentare della frequenza dell'onda sonora incidente.

> Legge della massa- potere fonoisolante

Il principio massa-molla-massa riguarda due strati divisorii costituiti per esempio da lastre in gesso rivestito con una intercapedine in mezzo. Questa intercapedine contiene dell'aria in funzione di molla. Un materiale particolarmente fonoisolante come la lana di vetro, inserito nell'intercapedine in funzione di ammortizzatore che integra la molla rappresentata dall'aria, aumenta in modo considerevole l'isolamento acustico. Un sistema massa-molla-massa è caratterizzato da una grande leggerezza, flessibilità e massima efficacia; inoltre grazie alle sue straordinarie proprietà, raggiunge anche valori di isolamento termico molto più elevati rispetto ai tradizionali metodi di edilizia massivi.

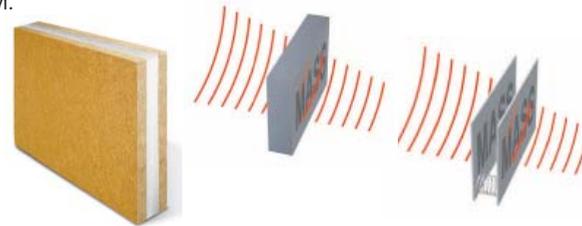


Figura 31 sistema massa (materile fibroso)-molla (lana di vetro)-massa (materiale fibroso)



Il potere fonoisolante varia, come già detto a seconda della frequenza del suono incidente, ma varia anche rispetto alla massa per unità di superficie dell'elemento. Il legame tra il potere fonoisolante e questi due parametri è conosciuto come legge della massa (per pareti)

R = potere fonoisolante, in dB

m = massa del divisorio per unità di superficie, in Kg/m^2

f = frequenza, in Hz

Essendo il potere fonoisolante dipendente dalla massa e dalla frequenza si può aggiungere che, con l'aumentare della lunghezza d'onda aumentano le capacità fonoisolanti della parete stessa.

Ad ogni raddoppio della massa della parete si avrà un aumento del potere fonoisolante di 6 dB; ad ogni raddoppio della frequenza del suono incidente si avrà un aumento del potere fonosolante di 6 dB. L'aumento del potere fonoisolante di un elemento, seguendo la legge della massa, è al massimo di 5-6 dB ad ogni raddoppio della massa. Per ottenere aumenti considerevoli del potere fonoisolante, senza aumentare troppo la massa dei divisori, sarà dunque necessario ricorrere a pareti multiple, capaci di fornire orestazioni superiori a parità di peso.

> Alcuni materiali isolanti

Buoni materiali fonoisolanti sono ad esempio: il piombo, l'acciaio, il marmo, il legno massiccio, il truciolare ad alta densità, il vetro etc. Tuttavia va chiarito che in ambito edilizio soprattutto al fine di non appesantire le strutture edili, ma talora anche per ragioni di costi, l'effetto del fonoisolamento è ottenuto in termini più efficaci e vantag-

giosi attraverso la giustapposizione di materiali fonoisolanti e materiali fonoassorbenti nell'ambito di composizioni prefabbricate ovvero realizzate in loco. In tal modo si consegue l'effetto di isolare acusticamente un'ambiente combinando l'intrinseca capacità di ostacolare il rumore di alcuni materiali con l'effetto dissipativo (assorbente) del rumore di altri materiali dal peso specifico inferiore con spiccata capacità di inglobare aria e/o di dissolvere il rumore. L'utilizzo di materiali fonoisolanti e fonoassorbenti combinati insieme al fine di isolare acusticamente un ambiente rientra nelle cosiddette tecniche di insonorizzazione.

Piombo: Il piombo è il materiale fonoisolante naturale per antonomasia, grazie alla sua alta densità infatti consente di ottenere importanti risultati in termini di abbattimento sonoro. Non di meno le sue caratteristiche di malleabilità e plasmabilità ne consentono un



Figura 32 piombo

utilizzo proficuo per risolvere le più importanti problematiche di insonorizzazione. Lo si può utilizzare in foglio lastre preformate di facile reperibilità.

Gomma: La gomma naturale che si ricava dalla resina delle cortecce di alcune piante, possiede una densità cellulare consistente e può essere impiegata proficuamente come isolante acustico in alternativa al piombo. Apprezzabile soprattutto in un'ottica "ecologica" in quanto non presenta le controindicazioni del piombo talora considerato come

materiale inquinante. Di norma, viene commercializzata in lastre o in materassini. Solitamente i maggiori produttori di materiali fonoisolanti combinano il piombo con la gomma naturale o sintetica al fine di ottenere migliori risultati in termini di abbattimento sonoro; non di rado sia il piombo che la gomma vengono utilizzati assieme a materiali fonoassorbenti quali fibre naturali e sintetiche, sughero, polistirene etc, per la produzione di pannelli sandwich o di materassini dall'elevato potere fonoisolante che sfruttano l'effetto dissipativo proprio dei predetti materiali.

Mattoni in laterizio o cotto: Sono normalmente utilizzati per la realizzazione di pareti perimetrali e interne degli edifici per civile abitazione.

Cemento armato: Il calcestruzzo armato (cemento con la presenza di anelli in acciaio al suo interno) utilizzato principalmente per la realizzazione delle strutture portanti degli edifici.

Cartongesso: Il cartongesso utilizzato principalmente per la creazione di controsoffitti (tetti falsi) ma anche per la realizzazione di pareti divisorie leggere, presenta più caratteristiche fonoassorbenti che fonoimpedenti, tuttavia il suo utilizzo combinato a quello di altri materiali contribuisce all'ottenimento di alti valori di fonoisolamento.

Pannelli in alluminio: Trovano utilizzo soprattutto nella realizzazione



Figura 33 gomma

di capannoni industriali relativamente alle coperture e alle tampezature.

Vetri semplici: Il vetro nell'ambito delle costruzioni civili rappresenta certamente l'anello debole della protezione sonora dell'edificio, sia per l'impossibilità di utilizzare spessori esagerati sia per ragioni connesse alla frequenza di risonanza dei cristalli. Indicativamente di seguito alcuni valori dell'indice R_w in ragione dello spessore del vetro: 3 mm/26 db, 4 mm/28 db 6 mm/30, db 8 mm/32 db 10 mm/34 db.

Vetri stratificati: L'operazione di stratificazione ossia l'interposizione tra i vetri di uno o più lamine di PVC o altri materiali plastici migliora le caratteristiche fonoisolanti del vetro in quanto fa abbassare la frequenza di risonanza posizionandola al di sotto del range di frequenza critica nel quale arrecherebbe maggiormente fastidio (100-3500 Hz)

Infissi e serramenti: Sebbene nell'isolamento acustico di una porta/finestra l'elemento più rilevante sia costituito dal vetro, bisogna tuttavia prestare attenzione anche all'utilizzo di serramenti di qualità e spessore congrui, al fine di non vanificare l'effetto fonoisolante dei cristalli. I serramenti di utilizzo più comune sono costruiti in legno, PVC, alluminio o legno-alluminio. Di significativa importanza è l'utilizzo delle guarnizioni di tenuta che contribuiscono a stabilizzare la prestazione fonoisolante dell'intero serramento realizzate in gomma, silicone o EPDM. Punto debole del sistema finestra talora è il cassonetto, nel qual caso sarà necessario apposito intervento insonorizzante.

scheda 3

>> Parete fonoassorbente (sistema misto)

Esempio : Topakustik - azienda Patt (Fantoni Group)

Pannello fonoassorbente realizzato in MDF fresato e dotato di risuonatori interni a cui è aggiunto un materiale assorbente. Ha quindi una funzione combinata, utilizzando i sistemi fonoassorbenti visti, in un unico prodotto.

I pannelli si presentano con fresature orizzontali a vista e fori passanti. Il retro è costituito da uno strato di materiale

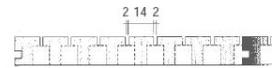
diverse forature e fresature, per ottenere una qualità sonora ideale su tutta la gamma di frequenze.



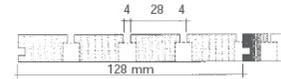
9/2 M (6%)



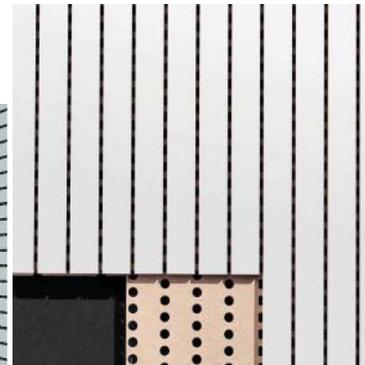
13/3 M (12%)



14/2 M (7%)

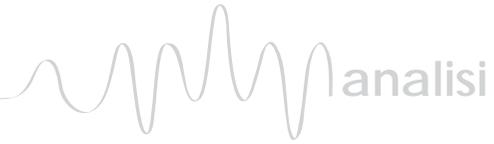


28/4 M (7.5%)



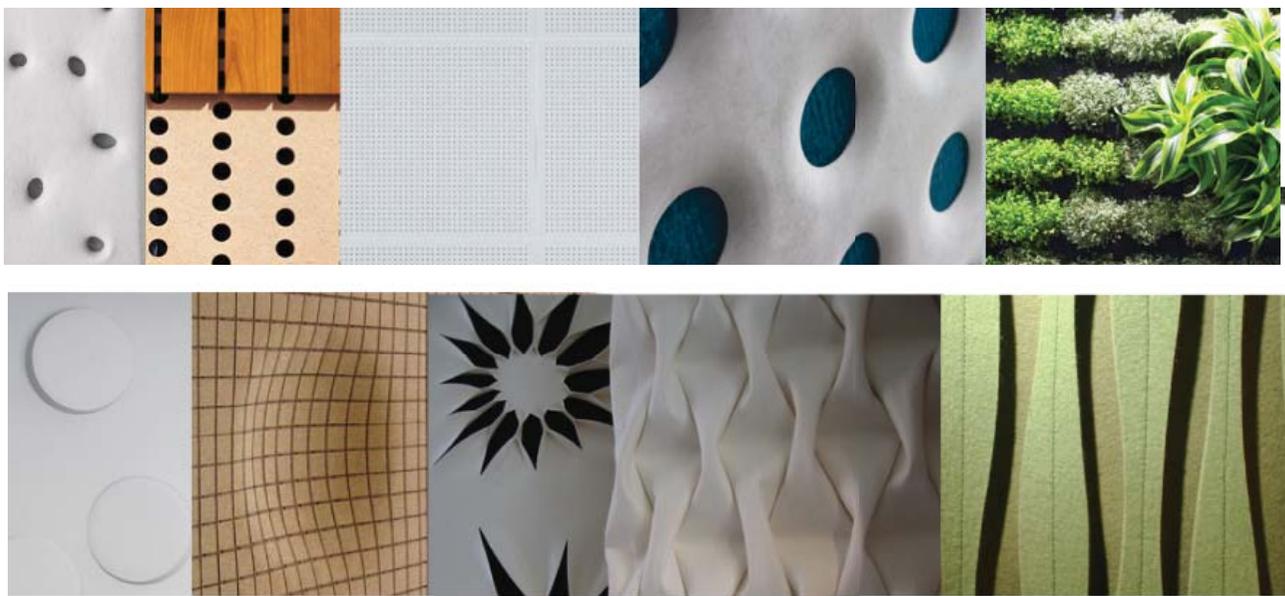
materiale fonoassorbente

fresature e fori comunicanti di diverse dimensioni



scheda 4

Acustica > forme e textures



scheda 5

Acustica > forme e textures



I Parte - Analisi e ricerca

Capitolo 3 - Comfort acustico/ uffici

“The interaction between the person,

the room and the activity

decides
the room acoustic comfort

which

contributes to the

human well-being”

Introduzione

In molti ambienti in cui ci sono persone che comunicano, situazioni con alti livelli acustici vengono considerate uno dei maggiori fattori di disturbo. Livelli acustici elevati hanno sulle persone un effetto negativo ed influiscono sulla salute, sicurezza, economia (dal punto di vista della produttività e dell'efficacia), sull'apprendimento e sul benessere. Nei luoghi di lavoro in particolare è necessario creare le condizioni di giusto benessere per stimolare la creatività dei lavoratori e quindi la produttività.

>> L'inquinamento acustico nei luoghi di lavoro

Illuminazione, condizionamento e soprattutto acustica influiscono sulla soddisfazione al lavoro. In particolare negli open space, tipologia molto diffusa.

L'ufficio come luogo aperto è divenuto il luogo di lavoro più ricorrente per la sua versatilità; le persone che vi lavorano vi passano la maggior parte della loro giornata, e non sempre apprezzano particolarmente l'esperienza. Risultati delle ultime ricerche indicano degli stretti legami tra il luogo dove si lavora e la soddisfazione per il proprio lavoro, e dunque il benessere psicofisico dei lavoratori. Viene rilevata negli ultimi tempi una tendenza a ridurre la dimensione delle postazioni di lavoro, tendenza motivata principalmente dalla necessità di contenere i costi immobiliari. Ciononostante, diminuire la dimensione delle postazioni, senza ripensare la concezione globale degli uffici open space, rischia di tradursi in un aumento dei problemi ambientali

di comfort, quali ad esempio il consistente aumento di rumore e la diminuzione della privacy.

L'IRC Canadese (Institut de Recherche et Construction) ha intrapreso e pubblicato nel 2003 un progetto di ricerca a largo spettro avente lo scopo di verificare la correlazione tra ambiente e qualità della postazione di lavoro: sia dal settore pubblico che privato, le risposte degli impiegati, che lavorano in edifici di nuova costruzione in Canada e negli Stati Uniti, hanno permesso di stabilire il modello delle correlazioni illustrato qui sotto (figura 34).



Figura 34 comfort ambientale

Come previsto, i livelli più alti di soddisfazione al lavoro sono legati ai livelli più alti di soddisfazione del proprio ambiente di lavoro; la soddisfazione globale dell'ambiente si fonda su tre aspetti: l'illuminazione, il comfort acustico e quello termico. Sono vari gli studi che hanno dimostrato che il rumore generato dalle conversazioni provenienti dai vicini di postazione è uno dei fattori principali di irritazione per gli



occupanti di un ufficio.

L'espressione "riservatezza delle conversazioni" è motivata dal fatto che i rumori da conversazione sono generalmente i più fastidiosi, soprattutto per il loro contenuto semantico che distrae dalla propria occupazione più ancora del loro volume. L'intimità delle conversazioni è legata alla variazione indesiderabile del livello del parlato che proviene dalle postazioni adiacenti, rispetto al rumore di fondo più costante.

La misura principale della qualità della privacy in un ufficio è l'indice di intelligibilità del parlato (STI, Speech Transmission Index), che dipende dal rapporto tra il livello di rumore provocato dalla conversazione e il livello del rumore di fondo. Lo STI va da 0 a 1, dove 1 corrisponde al 100% di intelligibilità della conversazione con il vicino di postazione e 0 corrisponde all'intelligibilità completa. La relazione tra l'indice STI e l'intelligibilità della conversazione non è lineare, e vengono considerati accettabili i valori d'insonorizzazione di un open space inferiori a 0,2.

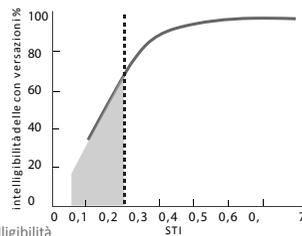


Grafico 4 indice di intelligibilità

PRIVACY ACUSTICA >

INDICE DI INTELLIGIBILITÀ DEL PARLATO STI

- misura principale della qualità della privacy in ufficio
- dipende dal rapporto tra il livello di rumore provocato dalla conversazione e il livello del rumore di fondo
- STI tra 0 e 1 dove 1 corrisponde al 100% di intelligibilità del parlato con il vicino di postazione e 0 corrisponde all'intelligibilità completa
- vengono accettati i valori di insonorizzazione di un open space inferiori a 0,2

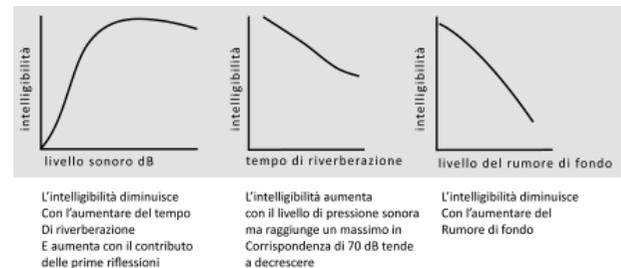


Grafico 5 indice di intelligibilità

Studi condotti su uffici open space di nuova costruzione hanno dimostrato che anche se le separazioni tra postazioni diverse sono sufficientemente alte da bloccare la traiettoria acustica diretta dalla sorgente (la bocca di chi parla) al ricettore (l'orecchio di chi ascolta), la seconda traiettoria, che permette la propagazione della conversazione tra le postazioni, è la riflessione del suono sul soffitto; dunque per attenuare il rumore di fondo dovuto alla conversazione occorrono dei controsoffitti ad alto assorbimento acustico. L'assorbimento acustico sulle alzate di separazione riveste un'importanza minore, mentre il tipo di pavimentazione riveste un ruolo quasi trascurabile (figura 35).

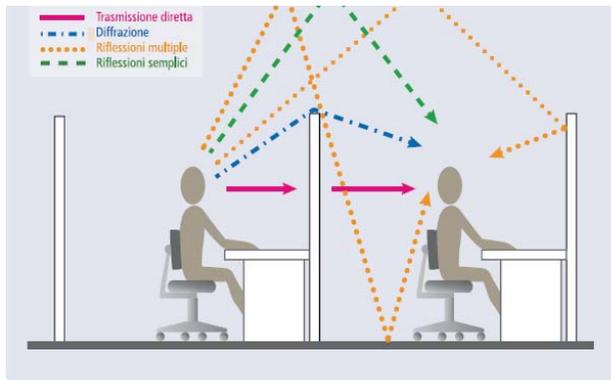


Figura 35 traiettorie del suono - le traiettorie più importanti sono quelle dei suoni riflessi dal soffitto e dal suono diffratto dal bordo delle alzate divisorie tra le differenti postazioni

>> Comfort ambientale

> Definizione

Si definisce comfort ambientale quella particolare condizione di benessere determinata, in funzione delle percezioni sensoriali di un individuo inserito in un ambiente, da temperatura, umidità dell'aria e livello di rumorosità e luminosità rilevati all'interno dell'ambiente.

Da tale definizione si ha una distinzione tra benessere termo-igrometrico, benessere acustico e benessere luminoso.

Il comfort ambientale si identifica con il benessere psicofisico delle persone che vivono un ambiente (casa, ufficio) ed è una sensazione dipendente da determinate condizioni ambientali che sono in gran parte pianificabili e quindi rientranti nella responsabilità del progettista nelle fasi di progettazione.

Da tale definizione si ha una distinzione tra:

- benessere termoigrometrico;
- benessere luminoso;
- benessere acustico.

> Il benessere termoigrometrico

Per benessere termoigrometrico si intende la sensazione di soddisfazione che le persone provano all'interno di un ambiente circa la sensazione termica (sentire caldo/freddo). In condizioni stazionarie, il benessere termoigrometrico delle persone dipende da sei grandezze, quattro caratterizzanti le condizioni ambientali:



- temperatura dell'aria;
 - temperatura media radiante delle superfici che delimitano l'ambiente;
 - umidità relativa dell'aria;
 - velocità dell'aria;
- e due caratterizzanti gli individui:
- attività fisica svolta
 - resistenza termica dell'abbigliamento

> Il benessere luminoso

Condizioni di benessere luminoso in un ambiente si ottengono con una giusta quantità di luce, sia di giorno che di notte. Di giorno occorre permettere che un'adeguata quantità di luce esterna possa entrare nell'ambiente. È quindi opportuna avere un'adeguata superficie finestrata. Per la notte e per i giorni non soleggiati, l'ambiente dovrà essere dotato di opportuna illuminazione artificiale.

> Il benessere acustico

Il benessere acustico risulta essere quella condizione in cui un soggetto non sia disturbato nella sua attività dalla presenza di altri suoni e non subisca danni all'apparato uditivo provocati da una esposizione più o meno prolungata a fonti di rumore.

La difesa dal rumore è una esigenza primaria; l'esposizione al rumore, infatti, provoca disturbo psicologico e ostacola lo svolgimento delle normali attività di un essere umano, riducendone il rendimento e la

capacità di concentrazione.

Il criterio di valutazione del comfort acustico fa riferimento al concetto di livello sonoro. Il livello della pressione sonora rappresenta l'incremento in scala logaritmica della pressione dell'aria rispetto ad una situazione di quiete dell'aria stessa. In relazione al tipo di ambiente e all'attività svolta in tale ambiente viene definito un livello sonoro di normale tollerabilità, ovvero una soglia massima di rumore ritenuta accettabile perché non provoca disagio sull'utente. Il superamento di tale soglia porta alla perdita della condizione di benessere. Nei confronti della rumorosità all'interno degli organismi edili la progettazione deve prospettare le soluzioni tecnologiche ed architettoniche capaci di realizzare le condizioni per il benessere acustico degli individui.

>> Comfort Acustico in Ufficio

L'ambiente di lavoro è fondamentale per ottenere buona produttività e alti profitti. In ogni area, dagli open space agli uffici privati, dalle sale conferenze alle mense, le soffittature, le pareti e i pavimenti sono un elemento chiave per migliorare il comfort acustico.

Se in un ambiente la quantità di superficie in grado di riflettere le onde sonore è elevata, l'ambiente risulta molto riverberante fino a risultare fastidioso per l'ascolto di qualsiasi suono. Spesso, per mancanza di informazione, ci si rassegna a lavorare in ambienti dove il comfort acustico è del tutto assente. Questi ambienti accentuano notevolmente l'affaticamento, lo stress, il malumore.

I pannelli fonoassorbenti oltre a consentire un alto assorbimento so-



noro garantendo un'acustica di elevato livello, hanno una struttura caratterizzata da un'estetica pregevole.

Il comfort acustico può essere un elemento importante di giudizio da parte dei lavoratori di un ufficio.

L'eccesso di confusione provoca per chi lavora:

- riduzione della produttività
- maggiore affaticamento
- più stress
- malumore
- perdita di clientela

Più spesso di quanto si creda, un intervento di correzione acustica può migliorare incredibilmente la vivibilità di un ambiente chiuso, trasformandolo in un luogo estremamente confortevole dal punto di vista acustico.

> Il rumore negli uffici, requisiti

Non esistono livelli di rumorosità fissati per questo tipo di ambienti perché non causano deficit uditivi ma solo affaticamento mentale e sensoriale, di stanchezza precoce (annoyance) ed effetti extra-uditivi.

I disturbi per la salute che si possono infatti presentare già a livelli di esposizione intorno a 60 dBA sono i seguenti:

Affaticamento percettivo, con spostamento temporaneo della soglia uditiva, costituito dalla sensazione comune provata in ambienti sovraffollati: tipico esempio la metropolitana, stazioni ferroviarie.

Annoyance o disturbo che si può manifestare con i seguenti sintomi difficoltà alla concentrazione, stanchezza precoce, diminuzione del

rendimento, scontentezza.

Effetti extrauditivi che si possono manifestare già per livelli di 65-70 dBA. Sono effetti dovuti alle connessioni che il sistema di ricezione sonoro ha a vari livelli del sistema nervoso centrale: si tratta, ad esempio, di variazioni della pressione arteriosa in soggetti predisposti, facilità a gastrite e diminuzione della acuità visiva.

Affinchè il rumore non interferisca con l'attività svolta si deve perseguire il raggiungimento delle seguenti condizioni:

- livello equivalente ambientale: la UNI EN ISO 11690-1:1998 indica che non debba essere superiore a 45 dB per compiti che richiedono concentrazione, non superiore a 55 dB in uffici singoli e per compiti di routine, e non superiori a 65 dB per uffici open-space;
- rumore di fondo non superiore a 40 dB per uffici singoli, non superiore a 45 dB per quelli open-space;
- livello corretto del rumore di impianto non superiore a 35 dB per uffici singoli ad attività progettuale, non superiore a 40 dB per uffici singoli ad attività di routine e non superiori a 45 dB per quelli open space
- tempo di riverberazione compreso tra 0,5 e 1 nella gamma di frequenza da 250 Hz a 4 kHz.

scheda 6

Sorgenti (interne/esterne) sonore causa di disturbo >

attività antropiche



tra le quali la più ricorrente è la voce umana, ma anche gli urti e i rumori impattivi legati alle attività dell'uomo.

quali impianti di climatizzazione dell'aria e ventilazione, ascensori, condutture idrauliche, ecc,



impianti tecnici dell'edificio



sorgenti esterne

il cui rumore si trasmette attraverso le pareti delimitanti l'edificio o l'ambiente. Frequente è il rumore proveniente dal traffico stradale o ferroviario, ecc. (clima acustico), ma può risultare rilevante anche quello di altre sorgenti sonore all'interno dell'edificio stesso (ad esempio quello derivante dai processi di lavorazione per uffici adiacenti alla produzione).





scheda 7

Fonti acustiche interne di disturbo in ufficio >

principale fonte acustica di disturbo: la **PAROLA**

bla
bla bla
bla bla
bla bla bla
bla bla
bla bla
bla
bla
bla
bla



voce sussurrata	20 dBA
ventola di raffreddamento del computer	30 dBA
stampante laser	30 dBA
conversazione telefonica	40 dBA
fotocopiatrice	50 dBA
voce parlata	50 dBA
tastiera del computer	60 dBA
tono di voce alta	60 dBA
suoneria del telefono	75 dBA



> Uffici Open space

Spazi concepiti per accogliere più di 5 persone senza separazione tra le stazioni di lavoro. Le attività che si svolgono in questi ambienti possono essere: chiamate telefoniche, lavori amministrativi, ecc.

Per questo tipo di spazi, l'obiettivo principale è garantire l'assenza di disturbo e la privacy delle conversazioni tra le stazioni di lavoro vicine, nonché il comfort delle conversazioni a breve distanza.

Vincoli :

- Un'alta densità di soggetti negli open space significa minore distanza tra le persone e quindi minore riservatezza. Le conversazioni possono causare disturbo alle altre stazioni di lavoro. Rischio di "effetto cocktail": ossia il rumore aumenta progressivamente nell'ambiente poiché ogni occupante deve alzare la voce per essere sentito.

- Diverse attività nello stesso ambiente: gli occupanti sono esposti a molteplici sorgenti di rumore, di natura differente: chiamate telefoniche, conversazioni, rumori derivanti dall'attrezzatura (PC...), aria condizionata e rumori esterni. L'ambiente acustico di ogni stazione di lavoro può essere peggiorato da attività che si svolgono nello stesso spazio, in ambienti adiacenti o all'esterno. Le diverse sorgenti sonore esterne ed interne, insieme al rumore di sottofondo possono provocare stanchezza dopo una prolungata esposizione.

Soluzioni:

In grandi spazi aperti è consigliabile una soffittatura ad alta fonoassorbimento (bassa densità) per limitare la propagazione di rumore all'interno di un ambiente, per fornire concentrazione e riservatezza e livelli sonori più bassi all'interno dell'area. L'aggiunta di strutture as-

sorbenti localizzate come tendaggi acustici posizionati al di sopra delle stazioni di lavoro può permettere un ulteriore controllo acustico. L'uso di divisori a livello delle postazioni, con materiali fonoassorbenti per bloccare il suono diretto tra i lavoratori, è di aiuto. Inoltre, i sistemi acustici attivi (mascheramento sonoro) possono essere usati per coprire i disturbi acustici residui ed aumentare i livelli di privacy e concentrazione.

> Approccio acustico

Per conformarsi alle disposizioni di legge relative all'acustica è di solito sufficiente che vengano rispettate alcune precauzioni in spazi non occupati e senza che i dispositivi presenti siano accesi. Le disposizioni relative all'acustica raccomandano generalmente il rispetto di alcuni valori riguardo i tempi di riverbero (entro un dato spazio) e l'isolamento acustico (tra spazi diversi o dall'esterno dell'edificio). Questo approccio non soddisfa più le aspettative degli occupanti, particolarmente in seguito al numero crescente di uffici open space. Prendendo ad esempio le azioni giornaliere, l'equilibrio acustico iniziale viene disturbato da numerose attività, come le discussioni di gruppo, lo squillo del telefono, il rumore della fotocopiatrice, la musica, le finestre aperte o il rumore del traffico. Chi occupa un ufficio, o un qualsiasi altro spazio ha bisogno di un ambiente confortevole e salutare per condurre la propria attività nelle migliori condizioni. Il giusto ambiente acustico è essenziale e si può raggiungere focalizzando l'attenzione sul trattamento acustico da applicare:

- Intelligibilità (voglio essere capito)



- Privacy (non voglio essere ascoltato da estranei)
- Concentrazione (non voglio essere disturbato)

“ ” INTELLIGIBILITÀ
voglio essere capito

() PRIVACY
non voglio essere ascoltato da estranei

[] CONCENTRAZIONE
non voglio essere disturbato

“ ” + []

COMFORT ACUSTICO NEGLI UFFICI OPEN SPACE



Figura 36 fattori acustici da considerare in uffici open space

Ricezione di un suono:

La persona che percepisce un suono, lo considera necessario o indesiderato secondo l'attività che sta svolgendo in quel momento:

-Quando una persona ha bisogno di capire qualcuno che parla in un'aula, un teatro, una sala conferenze, oppure di sentire musica o un annuncio per scopi di sicurezza, ci deve essere un buon livello di Intelligibilità. Il segnale deve essere molto più forte del rumore di sottofondo.

- Quando una persona ha bisogno di lavorare o studiare da sola, non vuole essere disturbata da suoni che la distraggano in modo da garantirsi una buona concentrazione. Il rumore di sottofondo non deve importunare.

Emissione di un suono:

La persona che emette un suono vuole essere compresa chiaramente oppure desidera un certo grado di discrezione, a secondo della sua attività:

- Un professore o un relatore di fronte ad un pubblico numeroso desidera essere compreso chiaramente in tutte le direzioni del locale e ha bisogno quindi di una buona Intelligibilità. Il segnale deve essere molto più forte del rumore di sottofondo.

- Nel corso di una discussione con il proprio banchiere o durante una riunione "top secret", le persone non vogliono essere udite da estranei ed è quindi fondamentale un buon grado di privacy. Il segnale non dovrebbe essere più forte del rumore di sottofondo.

- Quando viene usato un sistema audio per diffondere le istruzioni per l'evacuazione di un edificio o di un mezzo pubblico, oppure messaggi

pubblicitari o musica, tali segnali devono essere chiaramente comprensibili, il che non sempre succede. Il segnale deve essere molto più forte del rumore di sottofondo.



Figura 37 rapporto segnale/rumore

La ricerca delle condizioni acustiche ottimali si può riassumere in tre parole: intelligibilità, privacy e concentrazione.

L'obiettivo è di trovare la giusta differenza tra il segnale e il rumore di sottofondo, il cosiddetto rapporto segnale/rumore.

>> **Arredo ufficio e pannelli fonoassorbenti : Territorialità e privacy acustica negli ambienti ufficio**

> **Introduzione su territorialità e privacy**

La prossemica, indica i comportamenti sociali che si vengono a generare con il variare delle distanze spaziali fra persone appartenenti alla stessa cultura, o appartenenti a culture differenti.

Questi differenti modelli e comportamenti culturali ci spiegano abbastanza chiaramente perchè gli americani hanno sempre accettato ed usato in modo estensivo gli uffici a spazi aperti, e perchè gli europei hanno sempre amato lavorare in uffici a stanze fanno fatica ad abituarsi gli open-space.

Se sotto il profilo organizzativo, l'ufficio a stanze è un insieme di spazi chiusi, poco duttili alle trasformazioni, poco articolabili sotto il profilo del lay-out, dal punto di vista prossemico è un insieme di ambienti gradevoli per la sensazione di protezione fisica, visiva ed acustica che offrono, ambiti perchè comunicano status symbol e perchè consentono la fruizione esclusiva di uno spazio. Sempre sotto il profilo organizzativo, lo spazio aperto è invece un luogo flessibile, capace di restringersi o dilatarsi secondo le necessità, la sua trasparenza consente di avere un controllo visivo dell'ambiente, stimola e facilita l'incontro e la comunicazione ma, dal punto di vista prossemico, per molti è uno spazio eccessivamente permeabile, privo di territorialità e privacy.

> **La privacy fisica ed i confini territoriali**

L'idea di territorialità, di privacy fisica, può essere associata, in senso stretto, alla fruizione esclusiva della sedia, delle attrezzature, degli oggetti e dei documenti presenti intorno e sopra la propria scrivania (lo spazio intimo): poi la percezione di territorialità si estende all'area immediatamente adiacente il posto di lavoro (l'area dei rapporti personali), ed alla stanza o l'open-space che ci ospita (cioè l'area dei rapporti pubblici).

Negli uffici a stanze l'idea di intrusione fisica è associata all'invasione

di estranei nel proprio ufficio - come dire aprire la porta, entrare nella stanza e sedere di fronte ad una scrivania senza essere invitati a farlo. Il confine fisico è realizzato sia con porte e pareti divisorie a tutta altezza, sia da un lay-out atto a comunicare con chiarezza quale è lo spazio personale - cioè l'angolo dietro la scrivania ed opposto alla porta - e quale è lo spazio per gli ospiti - cioè l'area antistante la scrivania. Il fatto che tali confini siano poi permeabili alla vista o al rumore diviene influente ai fini della pura e semplice territorialità fisica: ad esempio le pareti divisorie, anche se totalmente vetrate, materializzano un confine.

Negli spazi aperti, invece, l'idea di intrusione è fortemente associata alla condivisione promiscua delle superfici di lavoro, al fatto che oggetti, documenti ed attrezzature appartenenti ai colleghi confinanti debordino sulla nostra scrivania: in questo caso l'idea di confine fisico è realizzato mediante piccoli schermi, o pannelli divisori. In ogni caso alti al massimo 100-110 cm.

> Privacy visiva e le schermature

L'idea di privacy visiva è associata in parte all'escludersi dalla vista altrui, in parte all'escludere dal proprio campo visivo la vista di persone e di oggetti in movimento. Negli uffici a stanze, quando la



Figura 38 pareti divisorie tra

mansioni che si ricopre richiede una forte concentrazione mentale, oppure un discreto livello di discrezionalità e segretezza, l'adozione di pareti divisorie cieche è l'unica soluzione possibile ai fini della privacy visiva.

Negli spazi aperti, invece, sia i divisori trasparenti, sia quelli ciechi, forniscono un minimo di separazione, marcando visivamente un confine tra la cella e l'ambiente che l'ospita, realizzando un livello intermedio di privacy: la scelta relativa alla trasparenza, all'opacità ed all'altezza del pannello, quest'ultima in ogni caso tra i 150 e 200 cm, in pratica è una scelta legata ad esigenze di controllo, di illuminazione e di eventuali personali percezioni fobiche.

Ad esempio, il livello di privacy visiva realizzabile con pannelli alti 150 cm è tale da far vedere ben poco di quello che avviene nei posti di lavoro adiacenti, quando si è in piedi, certamente nulla quando si è in posizione seduta.

> La privacy acustica

L'idea di privacy acustica è associata sia alla certezza che i discorsi privati non siano ascoltati, sia all'assenza di rumori di sottofondo.

L'intensità delle sensazioni sonore percepite dipende in parte dalla distanza della sorgente, in parte dall'intensità del suono: il livello sonoro del rumore di fondo può variare dai 20 dB di una stanza molto silenziosa agli 80-90 dB di un ufficio pieno di macchine elettromeccaniche, mentre il campo sonoro delle conversazioni di lavoro va dai 40-45 dB della comunicazione confidenziale ai 93 dB della comunicazione urlata.

scheda 8

Il livello-soglia del rumore ritenuto fisiologicamente accettabile sotto il profilo ergonomico si situa intorno ai 48-52 dB, quello psicologicamente piacevole per la tranquillità intorno a 35 dB. Negli uffici a stanze il problema prevalente è la trasmissione del rumore da un ambiente all'altro. Problema che può essere risolto attraverso l'uso di materiali fonoisolanti, mentre negli uffici a spazi aperti il problema prevalente è rappresentato dal rumore riflesso dalle pareti (25%), dal soffitto (circa 50%), dai pavimenti (12,5%) e dagli arredi (12,5%), problema risolvibile mediante l'uso di materiali fonoassorbenti.

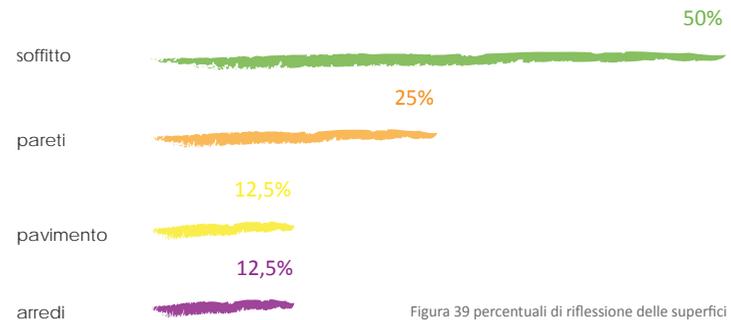
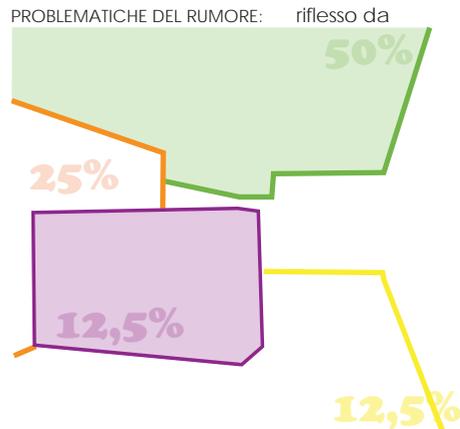
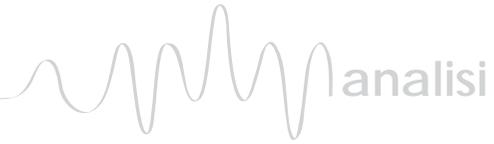


Figura 39 percentuali di riflessione delle superfici



scheda 9

Il suono è influenzato dalla **stanza** (forma, dimensioni, finiture in superficie) e dall' **arredamento** >

Interventi acustici sulle superfici : IN CHE MODO

-  pareti
 -  pavimento
 -  soffitto
- controsoffitti acustici
 - pavimenti acustici
 - contropareti acustiche



-  arredi (pareti divisorie)

GRANDI SUPERFICI
stanza



-  pareti
-  pavimento
-  soffitto

PICCOLE SUPERFICI
arredamento



-  arredi



>> Fonoisolamento, fonoassorbenza e materiali

Il suono, quando incontra un ostacolo, in parte è riflesso secondo le leggi dell'ottica, in parte è trasformato per attrito in calore, in parte è trasmesso nell'ostacolo per riemergere dalla parte opposta, per riportare il rumore di fondo entro limiti accettabili di trasmissione o riflessione sonora, è necessario utilizzare materiali che fungano da correttivi acustici. Il fenomeno della riflessione del rumore può essere attenuato mediante l'uso di rivestimenti fonoassorbenti, cioè materiali porosi, o fibrosi, capaci di dissipare parte dell'energia sonora nei loro interstizi: infatti, i materiali porosi come gli espansi a celle aperte - tipo poliuretano - o fibrosi come i tessuti pesanti ed i feltri, sono dotati di coefficiente di assorbimento il cui livello è medio alto.

Materiali duri e compatti come i marmi, il vetro, il cemento e così via hanno un bassissimo coefficiente di assorbimento. Il fenomeno della trasmissione, invece, può essere ridotto mediante l'uso di materiali densi, compatti e di elevato peso specifico - in genere molto riflettenti - oppure mediante sandwich di materiali eterogenei capaci di sfruttare sia il contrasto di risonanza, sia il potere di assorbimento e di riflettanza dei vari componenti architettonici.

> Le pavimentazioni

I materiali duri, come ad esempio il marmo e le piastrelle ceramiche, sono decisamente trasmettenti, hanno un coefficiente di assorbimento acustico molto basso e propagano facilmente i rumori di calpestio: sotto il profilo della privacy acustica sono materiali da evitare negli

ambienti di lavoro mentre sotto il profilo dell'immagine e del prestigio, sono praticamente utilizzabili solo negli ambienti di rappresentanza. I materiali resilienti come le gomme ed i linoleum, pur avendo un coefficiente di assorbimento acustico basso, contribuiscono notevolmente a smorzare il rumore di calpestio e realizzano condizioni acustiche accettabili in uffici di piccole dimensioni.

I tipi di pavimentazioni più adatti ai fini dell'assorbimento dei rumori che eccedono la soglia di accettabilità, specialmente negli uffici a spazi aperti, sono quelli realizzati con materiali feltrosi, come ad esempio le moquettes agugliate, e con filati tessuti, come le moquettes bouclé: le moquettes assorbono non solo i rumori di calpestio, ma anche parte del rumore ambientale.

> I controsoffitti

Negli uffici a stanze, le dimensioni contenute degli ambienti (che in ogni modo non dovrebbero superare i 50 mq), ed il rumore contenuto che presumibilmente vi si produce, consente l'uso di controsoffittature piane. Gli intonaci fonoassorbenti o, meglio ancora, le doghe in fibre minerali compresse e le doghe in alluminio microforate abbinate ad un materassino fonoassorbente, sono dotate di un ottimo coefficiente di assorbimento acustico. L'elevata esigenza di privacy acustica (l'esigenza di non essere ascoltato, e la necessità di non essere sovrastato dal rumore di fondo) richiede non solo l'uso di materiali dotati di coefficiente di assorbimento elevato, esteso a tutto il campo delle frequenze, come ad esempio le fibre minerali compresse, ma anche l'adozione di strutture assorbenti tridimensionali - tipo cassettonati

o grigliati - tali da aumentare due o tre volte la superficie fonoassorbente.

> Le pareti mobili

Come già detto in precedenza, le pareti divisorie mobili sono elementi di arredo che contribuiscono in modo determinante alla privacy acustica degli uffici a stanze.

Negli uffici a stanze, una parete divisoria che ha un abbattimento sonoro fra due ambienti contigui di 20-30 dB risulta essere adatta solo a dividere lo spazio: per conseguire un livello di riservatezza e privacy appena discreto una parete divisoria deve assicurare un abbattimento sonoro di almeno

35 dB, e per raggiungere livelli ottimali di privacy un abbattimento di circa 45-50 dB. Negli spazi aperti le pareti divisorie mobili, benché presenti solo sul confine dell'ambiente, devono essere rivestite di materiali fonoassorbenti - come feltri o tessuti mediamente pesanti - per contribuire ad abbattere il rumore riflesso e quindi il livello di rumore di fondo.



Figura 40 parete divisoria mobile

> Mobili e sistemi di arredo

Da sempre negli uffici a stanze l'arredo è intervenuto marginalmente alla definizione della privacy: in genere solo lo scrittoio è capace di suggerire un territorio privato dalla parte dei cassetti, ed un territorio per gli ospiti dall'altra: se si pensa all'arredamento nel suo insieme, più che altro è il lay-out di una stanza a suggerire se c'è in essa un angolo privato o un'area d'uso pubblico o collettivo. Negli open-space le pareti dell'ambiente sono lontane fra di loro, ed i pavimenti sono nascosti sotto un'enorme quantità di arredi: sia la percezione dello spazio, che la sensazione di privacy, per tradizione concretizzate con elementi di tipo architettonico, negli open-space sono realizzate mediante elementi di sistemi di arredo. Per questa ragione negli ultimi 20 anni l'arredo si è trasformato sempre più in un sistema d'architettura degli interni dove i divisori, integrati alle superfici di lavoro ed all'archivio, separano ed articolano gli spazi, creano recinti ed anse, riducono la trasparenza e l'esposizione visiva, creano nuove modalità di privacy in un ambiente pubblico.

Quando poi l'arredo è divenuto anche un sistema per risolvere problemi impiantistici e tecnologici, il suo spessore, le sue camere d'aria interne ed il suo rivestimento fonoassorbente lo rende capace di contribuire anche alla realizzazione della privacy acustica.

Negli uffici a spazi aperti la fonte sonora può essere schermata da un divisorio fonoassorbente la cui altezza varia tra 150 e 200 cm; tali tipi di divisori creano una specie d'ombra sonora, di ampiezza limitata, il cui abbattimento varia da 5 a 10 dB. Questa ombra sonora è un utile contributo alla privacy acustica, ma comunque marginale ris-

petto a quello realizzato mediante pavimenti, pareti e soffitti: negli open-space queste tre superfici dovrebbero essere sempre rivestite con materiali dotati di un buon coefficiente di assorbimento acustico (0,4-0,8).

> Sound masking

I sistemi elettronici di mascheramento del suono (sound masking) possono fornire livelli di rumore molto vicini all'ideale per mascherare i suoni del parlato e migliorare la riservatezza senza disturbare. Il suono mascherante, è emesso tramite altoparlanti installati so-

pra il controsoffitto e viene regolato in modo da essere diffuso uniformemente in tutto l'ufficio. Studi specifici hanno dimostrato che la riduzione dell'indice STI tramite il mascheramento ha aumentato la soddisfazione acustica del locale. C'è però da sottolineare il fatto che il mascheramento deve essere effettuato dopo un attento studio acustico specifico, poiché se calibrato troppo forte può divenire esso stesso una fonte di disturbo; inoltre lo studio delle frequenze di cui il suono mascherante deve essere composto necessita di molta cura: uno spettro la cui energia si situa nelle frequenze più alte generalmente maschera meglio il rumore delle conversazioni.

Figura 41 esempi di controsoffitti e pareti divisorie



scheda 10

>> Prodotti acustici per uffici



Resolve system > azienda Herman Miller

Herman Miller e la designer Ayse Birsel hanno rivisitato l'ambiente di lavoro armonizzandolo con i cambiamenti. Resolve reinventa la forma dei mobili a sistema. Non più uffici a cabina racchiusi da pannelli ad angolo retto ma stazioni di lavoro versatili ad angoli di 120 gradi. Lo spazio si apre. L'aria e la luce si muovono. Le persone riescono a vedersi e a stabilire contatti.

struttura basata su colonne con schermi fissati a 120°

- colonne che consentono di agganciare accessori e componenti
- gli angoli a 120 gradi consentono flessibilità agli ambienti in cui si lavora in collaborazione

assenza di pannelli

- spazio e privacy definiti da schermi in tessuto e coperture senza usare pareti solide
- inserti acustici assorbono e bloccano il suono
- tecnologia Qt Quiet (sistemi audio usati come marciatura sonora) che riduce le distrazioni da rumore

NATURAL APPROACH

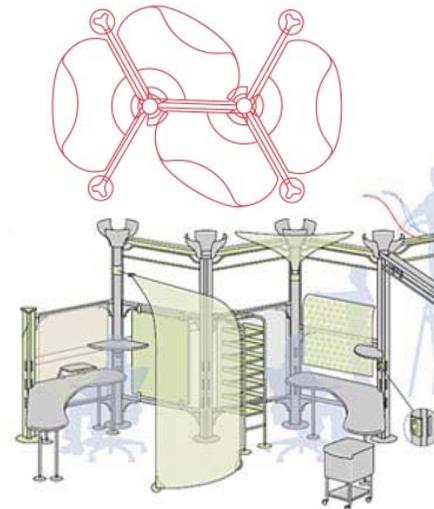
angolo di 120 gradi, il più comune in natura (struttura a nido d'ape)

HUMAN CENTERED

spazi di lavoro human-centered

HEARTH-FRIENDLY

peso di un terzo in meno di una postazione tradizionale, maggior rapporto resistenza peso



scheda 11

Climacoustic > azienda Fantoni

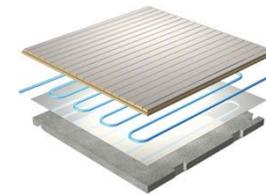
È un sistema progettato per riscaldare, rinfrescare e assorbire i rumori. È composto da un pannello fonoassorbente e da una parte radiante a circolazione di fluido situata sul retro del pannello. Il fluido circola attraverso un tubo e, per impedire la dispersione di calore verso l'alto, al pannello in MDF viene accoppiato uno strato isolante in polistirene, mentre un foglio di alluminio tra le due parti rende uniforme la distribuzione della temperatura su tutta la superficie del modulo. Tale impianto di climatizzazione garantisce il miglior livello di



benessere determinando un doppio comfort, acustico e ambientale, ma soprattutto riducendo i consumi di energia di oltre il 30% rispetto ai sistemi tradizionali.



MODULO RADIANTE
+
MODULO FONOASSORBENTE.





scheda 12

Structurelab > azienda Waldmann

PRODOTTO

sistema modulare di vele riflettenti della luce e dell'acustica, per l'impiego professionale in locali interni.

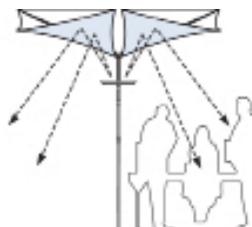
Le caratteristiche principali del sistema sono:

Riflessione (luminosità) | Acustica (fonoassorbenza) | Atmosfera (senso di intimità)

APPLICAZIONE

possibilità di applicazione in ogni tipo di ufficio e di lavoro, dall'open space, fino alla reception nell'atrio, in particolare nei locali con soffitti alti.

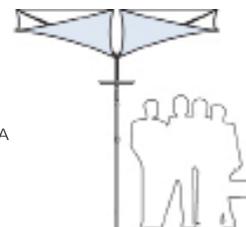
RIFLESSIONE DELLA LUCE



ACUSTICA



ATMOSFERA

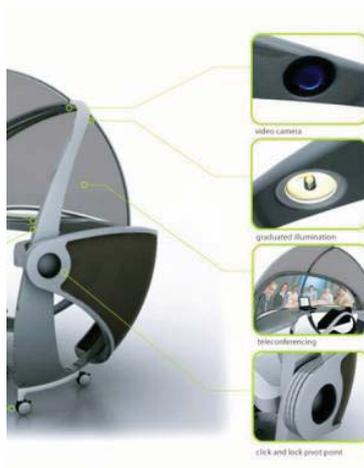


scheda 13



Eclipse >

Progettato dal designer Marcus Ward Curran, il concept di Eclipse risulta molto interessante per tutti gli uffici e open space. Si tratta di una postazione di lavoro con una copertura che può renderla completamente isolabile per dar modo di lavorare senza distrazioni. Eclipse è munita di rotelle, quindi può essere spostata a piacimento o aggiunta ad altri moduli in caso di necessità di lavori di gruppo. All'interno si



trova un ripiano per il computer, gli speaker integrati nella struttura, una videocamera che può essere utilizzata durante le videoconferenze, un sistema di illuminazione e un meccanismo che consente di ampliare o ridurre lo spazio di lavoro. Secondo il progetto, inoltre, i pannelli che isolano dall'esterno dovrebbero funzionare anche da schermo.



I Parte - Analisi e ricerca

Capitolo 4 - Scenario ufficio/ tendenze

The office is where you are

coworking
mobilità

condivisione

comfort
knowledge worker

privacy
flessibilità

I nuovi scenari dell'ufficio

Da quando la tecnologia ha permesso di lavorare a distanza, e ha diminuito l'hardware necessario per la trasformazione delle "carte", da quando è possibile lavorare da casa, e anche i tempi di lavoro non sono più deterministicamente scanditi, la progettazione dei nuovi spazi del lavoro assume un significato diverso.

I parametri ambientali diventano fondamentali nella configurazione degli spazi: il progetto della luce naturale e artificiale, della ventilazione naturale, del controllo acustico, la protezione solare, il controllo della temperatura, la verifica del rapporto visivo interno-esterno, l'integrazione del verde, sono tutti elementi di progetto, che oggi vengono compresi e posti in equilibrio.

Si deve tenere conto del veloce evolversi dei modi di lavorare e quindi delle conseguenti configurazioni spaziali: open space e cellule di diverse dimensioni devono essere concepiti in modo da permettere la massima flessibilità: lo studio delle pareti divisorie, degli impianti e degli arredi diventa fondamentale per una armoniosa gestione dello spazio del lavoro. Dall'ufficio nomade, all'ufficio che propone un modello di vita-lavoro onnicomprensivo, alla dislocazione del lavoro in luoghi altri, sono situazioni che prefigurano l'articolazione di diverse e mutevoli tipologie organizzative.

Un ufficio flessibile può incoraggiare un pensiero flessibile, e in questo modo i lavoratori possono essere maggiormente creativi.

I luoghi di lavoro oggi stanno cambiando, ma sta cambiando soprattutto il modo di pensarli, sia per chi ci lavora sia per chi si occupa di progettarli. Oggi non si dice più "vado in ufficio" ma "vado a lavorare".

L'ufficio non è l'unico luogo di lavoro, si lavora ovunque: perché si lavora tramite connessioni, fatte di tecnologie avanzate che permettono la comunicazione, e fatte anche di reti di persone che collaborano per team alla realizzazione di progetti. Si può quindi dire che l'ufficio di oggi non è più costruito per durare, ma strutturato per cambiare.

Nel nuovo paesaggio dell'ufficio esistono spazi per pensare e spazi per riunirsi, zone di pausa e di relax, e aree per collegarsi brevemente in rete, anche per chi solitamente lavora altrove ed è in quel momento un ospite di passaggio. Non è da dimenticare che sono sempre di più i liberi professionisti, i consulenti, ma anche i dipendenti che approfittano del flex-time. Si è più liberi di lavorare "altrove", ma si converge poi in ufficio per uno scambio, per condividere.

>> L'ufficio

Gli uffici, più ancora delle abitazioni o delle città, rispecchiano il modo di pensare di una società, la sua concezione del futuro e la sua inventiva. Le persone trascorrono la maggior parte della propria giornata nel luogo di lavoro che, riflette la personalità e ha il potere di agire od ostacolare la produttività di ciascuno. La qualità dell'ambiente di lavoro è l'aspetto fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi e il massimo rendimento delle risorse umane che rappresentano il valore principale di ogni azienda. Non bisogna dimenticare la complessità dell'individuo, l'importanza del suo benessere e del suo coinvolgimento emotivo. Le tecnologie si evolvono di continuo, e l'ufficio, di conseguenza, sta vivendo un momento di profonda metamorfosi. Oggi appare come una mescolanza tra virtuale e reale che ne modifica

fortemente i connotati fisici.

L'ufficio virtuale per ora non può esistere, perchè è sempre più importante il confronto tra le persone e il lavoro di squadra e quindi risulta sempre più fondamentale pensare alla comunicazione e all'interazione, in modo da creare ambienti di lavoro adatti a rispondere alle esigenze. La tendenza è quella di uffici non più gerarchizzati e in termini di spazio formati da barriere e muri tra chi è al comando e lo staff, ma fatti di squadre di lavoro a confronto per poter interagire creativamente.

L'ufficio del futuro pone al centro dello spazio l'uomo che, solo se a proprio agio e ben sollecitato, può svolgere a meglio le proprie mansioni. Un uomo diverso, che superata la visione di lavoro statico e coinvolto in visioni allargate, cambia per adattarsi ad un lavoro mutevole e fluido, un nuovo modo di lavorare che necessita di soluzioni flessibili.

> I cambiamenti

Negli uffici la presenza del computer ha consentito di modificare totalmente lo scambio e l'archiviazione delle informazioni, e l'aspetto tipologico è destinato ad una rapida evoluzione.

Il classico schema planimetrico che prevedeva una compartimentazione delle attività, lascia ora il posto ad una articolazione dello spazio che è volta all'integrazione ed alla compresenza dei colleghi di lavoro (fig. 42). L'ultima novità in tema di lavoro riguarda la possibilità di trasferire la propria postazione e il proprio computer in casa, senza orari, senza macchina, senza problemi di traffico, barriere architettoniche e incompatibilità caratteriale con i colleghi.

Figura 42. cambiamenti dell'ufficio nel tempo



>> Lo spazio di lavoro

Oggi, chi lavora in un ufficio viene definito sempre più spesso un “knowledge worker”: un lavoratore che gestisce una quantità enorme di informazioni di importanza cruciale e strategica per l’azienda per cui lavora. Quando innovare e migliorare, anche di pochissimo, può essere una chiave di successo, la creatività non è un aggettivo da associare solo a pubblicitari e designer, ma ha il suo spazio di diritto rispetto alle mansioni di chiunque. Per questo, nell’impresa di oggi, le risorse umane sono più importanti dei capitali materiali. Ed è qui che entrano in gioco l’atmosfera dei luoghi di lavoro, l’organizzazione degli spazi e degli arredi.

Osservando un ufficio oggi: non è un caso se i top manager non si nascondono più nei piani alti, ma sono organicamente inseriti nel network degli impiegati; non è un caso che le porte chiuse, spesso vuote, del potere, siano state sostituite da ampie vetrate. E non è un caso che in molte aziende la nuova protagonista sia divenuta la macchina del caffè, generatrice di decisioni strategiche, spesso al centro dell’ufficio e non isolata in un angolo, come un tempo.

Un’atmosfera creativa, dunque, non solo è perfettamente progettabile, ma è assolutamente auspicabile sia per far lievitare le capacità dei singoli che per stimolare una positiva sinergia di gruppo. Certo, non si possono dare soluzioni schematiche adatte ad ogni situazione e ad ogni team: persone diverse rispondono a dinamiche diverse e vanno gestite con sensibilità adatte alle circostanze particolari.

Tuttavia, ci sono dei punti di partenza comuni: proprio perché “atmosfera”, prima di essere una dinamica di gruppo è molto concretamente

aria che si respira, colori che si guardano, rumori che si ascoltano, sensazioni del quotidiano che influenzano silenziosamente gli umori e le azioni: scenari, nei quale ci si muove come attori protagonisti di una recita a soggetto. Un ambiente di lavoro che sappia ispirare qualità, che sia progettato e realizzato per tutelare e potenziare la creatività di chi vi lavora è contemporaneamente un traguardo e il migliore avvio per garantire i risultati auspicati. Un ufficio strutturato fisicamente e progettato per essere una “fabbrica delle idee” ha un impatto concretamente individuabile lungo quattro direttrici: la produttività dei singoli, la produttività di gruppo, il rapporto azienda/dipendenti, e il rapporto azienda/clienti.



Figura 43 spazio di lavoro

Una positiva influenza sulla produttività delle singole persone viene ottenuta valorizzando le risorse umane, ma anche ammorbidendo l'impatto di fattori negativi.

Parallelamente, la produttività di gruppo viene incentivata in modo diretto già con l'individuazione di spazi idonei al suo corretto esplicarsi, ambienti attentamente studiati per migliorare la produzione di nuove idee complesse, nuovi contenuti e nuovi prodotti.

Ambienti di lavoro coerenti con la mission aziendale e che riescono ad interpretare in pieno i valori di impresa hanno un grande effetto sul senso di appartenenza dei dipendenti, sulla loro identificazione con l'azienda e sulla loro collaborazione per il raggiungimento degli obiettivi comuni.

Ma quale evoluzione hanno avuto, nel corso degli anni, le così dette "superfici utili"? Lo spazio del lavoro può essere genericamente suddiviso in tre grandi tipologie: gli spazi per il lavoro individuale, quelli per il lavoro di gruppo, e altre aree di lavoro, come sale d'attesa, archivi, aree per conferenze, sale meeting, coffee area e club (fig.44).

"Le superfici utili" >



Figura 44 spazi per il singolo, il gruppo, e ricreativi

Ciò che è mutato significativamente nel corso degli anni è il peso relativo dei singoli spazi: se dagli anni Sessanta ai Novanta, oltre agli uffici per il lavoro individuale, si individuavano aree per il lavoro di gruppo e open space, con una crescita maggiore nel corso del tempo dei primi rispetto ai secondi, col nuovo millennio si è notato che, a fronte di una sostanziale stabilità della quota di spazi riservata agli uffici individuali, le aree open space e per il lavoro di gruppo si sono ridotte a vantaggio delle cosiddette "coffee area" (fig. 45). Luoghi, come dicevamo poco prima, dove socializzazione e scambi di opinioni si fanno meno formali e spesso sono più efficaci che altrove. È inoltre emersa una significativa voce relativa alle attività extra ufficio, segno dei tempi e di un lavoro "mobile" gestito in tempo reale un po' dovunque con gli smart phone e i laptop connessi via etere alla rete.

Un recente studio della Assoufficio ha stabilito che "lo spazio ufficio, durante la giornata, presenta raramente una occupazione totale da parte dei lavoratori. Al contrario, a seconda dei settori, la presenza reale al proprio posto di lavoro, varia dal 25 al 75%". Un nuovo ufficio si deve dunque articolare in nuove strutture, nuovi metodi lavorativi, nuovi spazi di lavoro, ma deve anche considerare l'esigenza che ogni componente sia tanto stimolante, funzionale e sicura, quanto dinamica e flessibile, con l'obiettivo di migliorare la comunicazione, la concentrazione e quindi il benessere del lavoratore.

>> **Gli spazi, il contesto e le relazioni in cui si genera l'innovazione**

In una recente pubblicazione del Commission for Architecture and the Built Environment (CABE,2005), ente governativo inglese, si sot-

tolinea il risultato di alcune ricerche sulla soddisfazione dei lavoratori: lo spazio di lavoro è responsabile, secondo questi dati, per il 25% della soddisfazione e per il 5% della performance del lavoratore e per circa l'11% della performance del gruppo di lavoro. L'economia e la società sono sempre più influenzate dalla creatività, dalla capacità di produrre idee, conoscenze e innovazione. Questa capacità, che è sempre stata rilevante, è oggi essenziale al punto che la creatività umana è considerata la fonte del vantaggio competitivo, quindi un fattore da alimentare e rafforzare. Scienziati, ingegneri, docenti universitari, artisti, architetti ma anche medici, avvocati e dirigenti; la classe creativa è costituita da un insieme di professionisti che producono qualcosa di nuovo e utile nel normale svolgimento del proprio lavoro. In questa accezione la "creatività" svolge un ruolo centrale nel definire la capacità competitiva di un paese perché non coinvolge unicamente il settore più avanzato dei servizi, ma interessa allo stesso modo l'industria manifatturiera più tradizionale. La trasformazione fisica della materia prima in un prodotto finito non basta più. Il prodotto diventa un semilavorato, perché una volta fuori dalla fabbrica bisogna dargli un significato riconoscibile che lo renda unico rispetto ai prodotti concorrenti. Il peso delle funzioni intellettuali, quelle non strettamente legate alla produzione materiale, sta crescendo progressivamente nella catena del valore. L'economia della conoscenza, ovvero questo progressivo processo di immaterializzazione del valore di un prodotto non riguarda più solo, i servizi, ma si propaga attraverso più impegni e competenze ad elevato contenuto di conoscenza e creatività in tutti i settori, dai servizi, al commercio, all'agricoltura, alla manifattura. Dalla smaterializzazione dell'economia discende uno spostamento del bari-



Figura 45 La macchina del caffè come nuovo luogo di incontro creativo

centro produttivo dall'impianto industriale all'ufficio, dalla fabbrica manifatturiera alla fabbrica creativa, cioè allo spazio in cui si produce valore immateriale. Ragion per cui risulta importante considerare i luoghi in cui si realizza la produzione intellettuale.

Fino ad oggi, il modo di progettare e realizzare gli uffici sembra del tutto indipendente dal tipo di evoluzione che è avvenuta nel modo di lavorare e di intendere il lavoro. Alla progettazione degli uffici si da spesso solo una valenza estetica e il compito di mettere il numero massimo possibile di postazioni. I cambiamenti significativi nel modo di progettare gli spazi di lavoro sono invece più legati alle nuove tec-

nologie informatiche che ad un'analisi dei processi produttivi e degli individui.

In generale l'analisi degli spazi e delle dotazioni dell'ufficio ha ovviamente ricadute importanti sulla produttività degli individui, dei team e delle organizzazioni. Questo tipo di relazione è invece poco studiata.

> L'economia della conoscenza

L'ascesa e l'importanza del lavoratore della conoscenza nell'ultimo decennio sta crescendo sempre di più e l'economia dipende in modo cruciale da questa classe di lavoratori.

Chi è il lavoratore della conoscenza? Si possono definire lavoratori della conoscenza tutti coloro che attraverso la loro istruzione, le loro competenze e la loro esperienza professionale, creano, distribuiscono e applicano sapere; sono coloro cioè che prevalentemente non fanno un lavoro fisico ma intellettuale.

> I Knowledge workers

Il knowledge worker maneggia informazione e conoscenza; il suo lavoro è quindi meno strutturato e prevedibile rispetto a quello dei lavoratori manuali. Una delle caratteristiche quindi che si possono attribuire ai knowledge worker è un grado di autonomia maggiore rispetto agli altri lavoratori data dal fatto che utilizzano mezzi di produzione propri (il proprio cervello e le proprie competenze). La creatività o la capacità innovativa o ancora più in generale la competenza nel produrre valore immateriale risiede nella persona e nel suo poten-

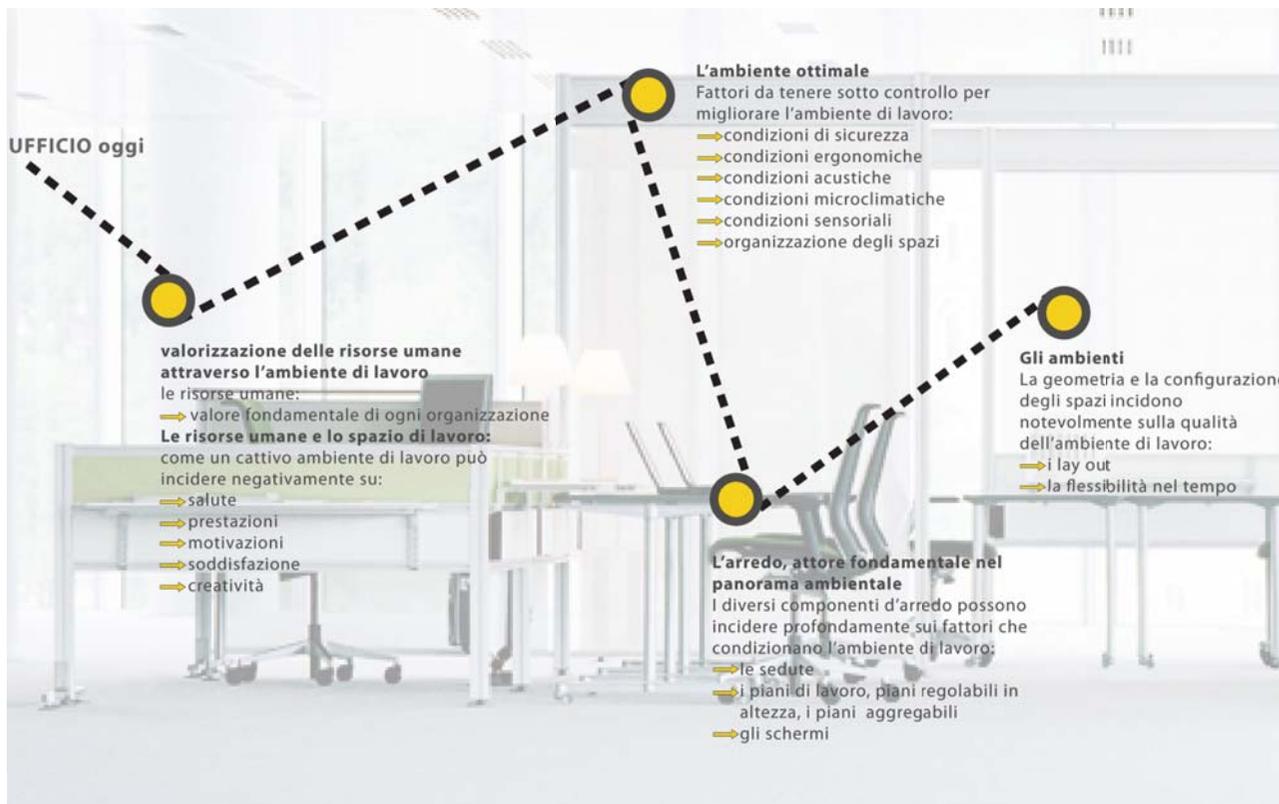
ziale. Ma la possibilità che quel potenziale si realizzi sta negli scambi di conoscenza tra le persone e nella rete in cui queste sono inserite.

> Il contesto conta?

Da quando la creatività e più in generale la produzione di conoscenza è diventata determinante, il modo con cui si realizza l'innovazione è diventato un campo di analisi. Si sono analizzati prima di tutto le metodologie di lavoro degli innovatori di successo e le loro caratteristiche professionali e personali. In misura minore, ma in modo crescente si sono analizzati i contesti in cui gli innovatori operano. Sta crescendo la convinzione che riproducendo certe condizioni favorevoli si migliori la capacità di innovazione del gruppo e del singolo. Il contesto è determinante per stimolare le idee dei singoli e potenziare le capacità innovative di un gruppo. Le rivoluzioni tecnologiche, artistiche, culturali, come le piccole/ grandi innovazioni, sono il risultato di tecnica, disciplina e lavoro personale, ma spesso anche del lavoro di gruppo. La creatività può essere sviluppata e potenziata, ma è anche soggetta a distrazioni e ostacoli che dirottano l'attività della mente.

Il luogo dove si lavora e si passa gran parte della giornata, incide direttamente sulla capacità creativa: spazi senza stimoli e influenzati negativamente da frastuono, illuminazione inadeguata, con strumenti scomodi e posizionati scorrettamente, o più semplicemente luoghi non belli, influiscono su produttività e concentrazione. Invece è possibile pensare ad ambienti di lavoro in grado di stimolare la produzione di idee e, più in generale, il rendimento dei knowledge workers, di tutti coloro cioè che contribuiscono, con le loro competenze ad elevato

scheda 14



scheda 15

Relazione comfort/produttività

Elementi di comfort in ufficio e il loro costo in termini di produttività del lavoro

DETERMINANTE	COSTO IN TERMINI DI PRODUTTIVITÀ DEL LAVORO
 comfort generale	uno spazio non confortevole può comportare la perdita fino al 25% della produttività del lavoro intellettuale
 qualità dell'aria	circa il 20% del tempo perso per "assenze per malattia" può essere ridotto grazie ad una migliore circolazione dell'aria in ufficio
 temperatura	sono state registrate perdite di produttività anche del 30% in ambienti in cui la temperatura ambientale risultava particolarmente disagiata
 rumore	miglioramenti nelle performance sono attribuiti alla migliore insonorizzazione degli uffici. Circa il 30% sono i miglioramenti osservati in un ambiente con una migliore insonorizzazione
 luce	un buon design per l'illuminazione artificiale e un'adeguata luce solare possono comportare significativi aumenti di produttività tra il 3% e il 20%

fonte: elaborazioni Diomedea su dati CABE 2005

contenuto di conoscenza e creatività, a generare valore in tutti i settori dell'economia.

> I knowledge workers e i sistemi di relazione

Interessante è capire che tipo di relazione esiste tra il lavoro di questa classe di lavoratori e il contesto in cui sfruttano le loro competenze. Da una recente ricerca condotta da Xing per Assolombardia emerge una caratteristica comune a tutti i knowledge worker: la necessità di aver bisogno di altri, di altre competenze, di una rete fatta di professionisti e di relazioni che sono parte integrante del suo lavoro. Il lavoratore di oggi, sia quando è un libero professionista, sia quando appartiene ad una organizzazione aziendale, è un "unicuum" che ha bisogno degli altri. Inoltre anche quando il lavoratore è massimamente mobile e la sua presenza in ufficio è bassa, il rapporto con lo spazio e con le relazioni fisiche rimangono essenziali.

Il contesto, ma soprattutto lo spazio fisico in cui si lavora, conta per la produttività del lavoro.

In quale modo però il contesto attira? In che modo, modifiche al contesto di lavoro, possono rappresentare miglioramenti nella produttività di un'organizzazione?

> Spazio ufficio e la produttività del lavoro intellettuale

Il contesto ha quindi un impatto sulla produttività del lavoro e sulla capacità dell'individuo di essere innovatore. Spazio di lavoro e ambiente, ufficio e città hanno molto in comune: in entrambi i casi le

relazioni, gli scambi, la presenza di una rete di competenze specifica può rendere più o meno attrattivo un contesto rispetto ad un altro. Ma anche a prescindere dalla capacità attrattiva di un'azienda, il design e le dotazioni dell'ufficio possono avere un impatto sul comfort e quindi sulla produttività del lavoro

> Il comfort dei luoghi di lavoro

Il comfort dell'ambiente spaziale lavorativo è un aspetto da considerare nel cercare l'impatto del contesto sulla produttività del lavoro. Qualità dell'aria, temperatura ambientale, rumore, qualità della luce, ma anche ergonomia delle postazioni incidono, secondo diverse ricerche, in misura significativa sulla produttività del lavoro. Alcuni studi inoltre mettono in relazione la produttività del knowledge worker, con la possibilità di incidere attivamente sul comfort in ufficio; ad un maggior grado di controllo da parte dei singoli lavoratori sulla temperatura, sulla qualità dell'aria, sulla luce e in generale sulle variabili che influiscono sul comfort complessivo, corrispondono più alti livelli di produttività percepita dagli stessi lavoratori.

> La comunicazione oltre il muro

È meglio lavorare in un open space o in uffici isolati visivamente e acusticamente? Il dibattito è aperto e una soluzione non è ancora stata trovata. Molti suggeriscono che in realtà una soluzione non ci sia, perchè il bilanciamento tra comunicazione in un lavoro di squadra e possibilità di concentrazione in una postazione isolata dipende ov-

scheda 16

L'ufficio oggi > esigenze: riservatezza e individualità + comunicazione e relazioni

ufficio cellulare

ufficio open space

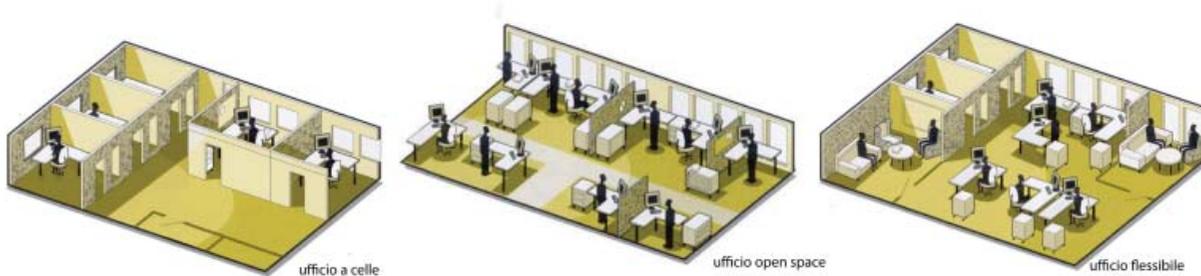
> soluzioni: equilibrio tra uffici cellulari e spazi open space

ufficio flessibile

in relazione del tipo di attività svolta nell'ufficio

L'ufficio a celle garantisce riservatezza e individualità ma favorisce alienazione e carenza di comunicazione, mentre l'ufficio open space esalta le relazioni interpersonali trascurando le esigenze individuali e favorendo la spersonalizzazione degli ambienti, sempre in relazione del tipo di attività svolta nell'ufficio. Nell'ufficio open space la flessibilità è uno dei caratteri distintivi, ma non sempre è possibile modellare gli spazi sulle esigenze di singoli lavoratori, perché è più difficile che queste convergano.

Obiettivo: realizzazione di un ambiente familiare, ospitale ed accogliente, prima di tutto nei confronti dell'individualità del lavoratore e poi per consentire ed assicurare un'alta produttività



scheda 17



ufficio flessibile
compresenza diversificata di spazi



zona con uffici a
tipologia tradizionale



zona con spazi
di ricreazione

INTERRELAZIONE
DEGLI SPAZI



zona con uffici
continui

viamente dal tipo di attività svolta.

Di fatto, il lavoro in un open space ha il grosso vantaggio di costituire un forte stimolo alla comunicazione tra i knowledge workers. Come già detto, il sistema di relazioni all'interno di un contesto lavorativo, così come gli scambi informali di informazioni sono caratteristiche fondanti del lavoro intellettuale. L'altra faccia della medaglia è rappresentata dal fatto che il knowledge worker in molti casi ha necessità di concentrarsi cioè di operare in un ambiente silenzioso e privo di elementi di disturbo: soprattutto per quelle figure professionali che svolgono attività creative è essenziale poter operare mantenendo la concentrazione sufficiente per rendere "il flusso creativo" efficace. Nella progettazione dell'ufficio per produttori di creatività è centrale la ricerca di un equilibrio tra comunicazione e privacy.

> **Bisogni materiali e psicosociali del Knowledge worker**

Il lavoratore nella sua attività necessita di interazione per stimolare la creatività, ma anche di privacy quando necessario.

I bisogni relativi ad una determinata attività sono dettati in parte dalle apparecchiature necessarie ma, soprattutto, dalle esigenze di carattere umano presentate da coloro che svolgono l'attività. Tali bisogni sono sia materiali sia psicosociali, quelli cioè che si riferiscono tanto alle emozioni della singola persona quanto ai suoi rapporti con gli altri, strettamente intrecciati.

Bisogni materiali: luce, temperatura, aria, suono...

Bisogni psicosociali: interazione (l'interazione tra i singoli individui e tra i gruppi è molto importante. A livello operativo, grazie

all'interazione, le varie attività si integrano reciprocamente, a livello creativo, dall'interazione nascono le innovazioni), stimoli, distrazioni, quiete, privacy (la privacy è un fatto personale e ha a che fare solitamente con la comunicazione, o piuttosto con l'impedirla. Può essere di tipo acustico, come impedire che vengano ascoltate le conversazioni, riunioni o telefonate, oppure visivo, per quanto riguarda documenti, e pc).

>> **Le tendenze**

> **L'ufficio del futuro sarà aperto e flessibile**

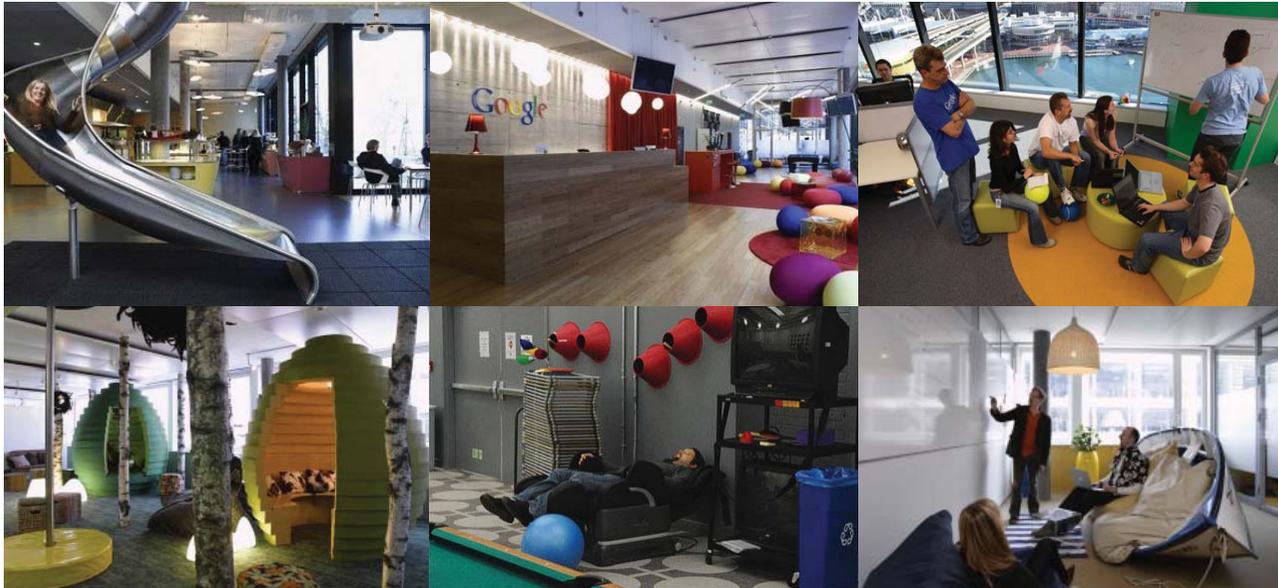
Secondo diverse ricerche, le aspettative dei lavoratori in termini di soluzioni organizzative per lavorare bene in ufficio si traducono in una maggiore richiesta di workstation multifunzionali, spazi appositi per il riposo e il relax per combattere lo stress e soluzioni componibili che garantiscano la personalizzazione del posto di lavoro con la possibilità di lavorare in piedi, seduti e persino distesi per aumentare l'attività cerebrale. È stato espresso in modo particolare il desiderio di spazi aperti con zone di comunicazione e aree per la pausa caffè, per attività sportive o persino per dormire.

In cima alla lista di richieste sono gli uffici allestiti con molte piante, il collegamento con la natura e zone esterne per lavorare all'aria aperta, nonché uffici sostenibili e salutari. Sono gradite anche un'atmosfera domestica e un ufficio dove sia possibile comunicare in modo intenso ma anche ritirarsi nella propria sfera privata quando necessario.

I punti chiave dell'ufficio di oggi

scheda 18

Uffici e comfort > luoghi informali e divertenti per stimolare il pensiero



- Oltre al benessere fisico, l'ufficio del futuro prende sempre più in considerazione la salute mentale;
- Ambienti per la comunicazione, la collaborazione e lo scambio di idee;
- Uffici più neutri e dai confini meno definiti;
- L'ufficio eco-sostenibile (utilizza materiali riciclabili ed è riciclabile al 100%);
- Ufficio creato sulla base di modelli culturali e organizzativi aziendali che valorizzano la creatività, la collaborazione e la capacità imprenditoriale del singolo nell'attuazione delle proprie idee.

>> L'ufficio tra comfort e mobilità

Il concetto di luogo di lavoro è in costante evoluzione e le parole d'ordine sono: comfort e mobilità.

Tra i temi centrali quello del rapporto tra il lavoratore e l'ambiente di lavoro. La gente, deve sia poter riflettere che generare idee.

L'ufficio diventa sempre più mobile, lo stesso spazio deve essere progettato per ospitare le più differenti esigenze e il maggior numero di persone che magari si alternano in un medesimo progetto. La mobilità è il comun denominatore, tema chiave della dinamica sociale. La direzione è quella di progettare l'ambiente lavorativo, esteso anche a luoghi non convenzionali (aeroporti, hall, stazioni).

L'ultima frontiera è l'"hotelling", una risposta al nomadismo sempre più frequente, a modi di lavorare più mobili e dinamici all'interno del territorio aziendale. L'ufficio si avvicina sempre di più ad un hotel dove si staziona quando e come se ne ha bisogno.

> La mobilità

Il lavoro in mobilità si sta gradualmente trasformando in bisogno di onnipresenza. Tempo fa essere reperibile anche fuori ufficio o lavorare in qualsiasi posto era un lusso riservato ai manager. Oggi, invece, l'essere raggiungibili 24 ore su 24 è diventato un desiderio comune realizzabile da tutti. Sotto molti punti di vista è diventato uno stile di vita, oltre che una scelta professionale. La gente ha un forte bisogno di tenersi in contatto, sia per lavoro che per interesse personale, e vuole poter utilizzare email o sms, scambiarsi documenti e ricevere telefonate, pubblicare una notizia su Twitter o stare in contatto con gli amici su Facebook. Naturalmente è anche interesse delle imprese promuovere la possibilità di accedere al lavoro in mobilità quale innovazione per lo staff. Dotati degli strumenti giusti, i dipendenti riescono a lavorare ovunque e fornire all'azienda un valore aggiunto rispetto a chi è costretto in ufficio, ottenendo anche maggiori soddisfazioni dal lavoro. In questo modo è inoltre possibile prendere decisioni per conto proprio dovunque ci si trovi, oltre che gestire progetti a distanza.

>> Concept office

Pur non essendo ancora la consuetudine, lavorare in mobilità con l'utilizzo di telefoni cellulari, smartphone e computer portatili sta diventando sempre più sofisticato, anche se spesso gli utenti lamentano una situazione disomogenea per quanto riguarda strumenti e soluzioni per la mobilità. Per questo il design sta cercando di trovare soluzioni innovative per risolvere queste problematiche.

scheda 19

Kruikantoor > ministation portatile



Ideato per chi “lavora da casa” e preferirebbe farlo in mezzo al verde del proprio giardino, per chi ha bisogno di concentrazione quando lavora o studia, per chi ha una casa piccola con un giardino e sente il bisogno di crearsi un “angolo studio”, per chi vuole che il “luogo di lavoro” sia distinto dai propri “spazi privati”, ma anche come modulo che le aziende possono utilizzare come ufficio temporaneo o “a tempo”.

OfficePOD è stato progettato per essere costruito/montato agevolmente anche in poco spazio grazie al suo design modulare.

Per concepire il design di questo mini-ufficio, si sono utilizzati materiali riciclati e riciclabili o elementi naturali al fine di rendere tale struttura

ecompatibile e in modo che riesca a mantenere bassi consumi energetici e alto grado di isolamento utilizzando un innovativo sistema di mantenimento della temperatura interna.

Oltre a ciò uno studio certifica che le emissioni di CO2 diminuirebbero tra il 46% e il 67% per ogni dipendente che lo utilizzasse e che quindi fosse impiegato in “modalità telelavoro”.

OfficePOD è stato concepito in modo che abbia le dimensioni adatte ad essere posizionato in qualsiasi giardino, anche piccolo (2,10 x 2,10 metri di ingombro), senza sacrificare il comfort e la comodità della persona che lo utilizza come postazione di lavoro: al suo interno è completo di seduta ergonomica e di una serie di mobili-contenitore.



scheda 20



Kruikantoor > ministration portatile



Presentato con la giusta dose di ironia, questo “Kruikantoor” (gioco di parole tra ‘kantoor’ -ufficio- e ‘kruiwagen’ -carriola-..) è un lavoro di incastro che, quando i vari pezzi sono sistemati, offre una vera e propria postazione lavorativa: una sorta di ‘cubicolo’ di quelli che siamo abituati a vedere in alcuni open space.

La somiglianza con gli spazi tradizionali in realtà è relativa, anche perché “Kruikantoor” è realizzato in polistirene irrobustito e protetto dalla poliurea. Da qui il colore, la leggerezza e l’effetto quasi roccioso del tutto. Quando è assemblato, lo schienale della sedia diventa un manubrio con cui spostarlo grazie alle ruote posizionate sul fondo.

scheda 21

Globus Workstation > multifunzione, salvaspazio, portatile

Postazione di lavoro mobile e salvaspazio ideata dal designer Michiel van der Kley.

Pensata per le case con metrature ridotte e per luoghi di transito, come sale d'aspetto o aeroporti.

La postazione si apre soltanto quando serve, offrendo una sedia girevole e un piano dove appoggiare un pc portatile o l'occorrente per scrivere; chiuso, il Globus Workstation ha forma tondeggiante e occupa meno spazio, oltre a poter essere trasportato grazie a una maniglia e alle ruote di cui è provvisto.



scheda 22

H2Office > ufficio galleggiante

L'inglese Water Space ha ideato un ufficio galleggiante per rendere più rilassante e accogliente l'ambiente lavorativo: dall'evocativo nome di H2Office, l'ufficio galleggiante di WaterSpace si presenta confortevole e raffinato, oltre che personalizzabile.

H2Office offre due scrivanie, un letto pieghevole, un salotto e un angolo cottura, corrente elettrica e aria condizionata, nonchè finiture raffinate, come il pavimento in teak.

H2Office



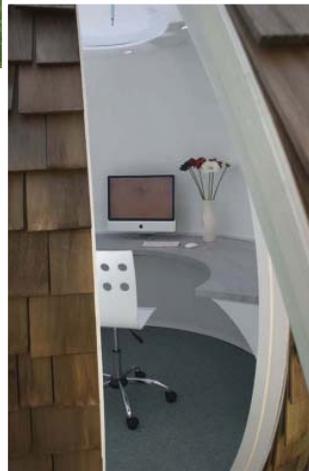
scheda 23



Archipod > multifunzione, salvaspazio, portatile

Idea innovativa realizzata da una ditta inglese, chiamando il progetto Archipod Garden Office.

Archipod Garden Office, rappresenta un vero e proprio ufficio relax, con tanto di connessione ad internet, illuminazione e telefono.



Dove è sicuramente un qualcosa di importante per chi ha del lavoro arretrato e vuole immergersi completamente in esso, dimenticando problemi e stress correlati.

Al suo interno infatti è stata disposta una scrivania molto ergonomica, con un rivestimento dell'intera sfera di una guaina isolante, per non essere disturbati da rumori esterni.

scheda 24

Pop up office > ufficio portatile

L'ufficio portatile in cartone ideato come i libri pop-up dai designer Liddy Scheffknecht and Armin B Wagner.



scheda 25

Volkswagen T6 Mobile Office > ufficio mobile

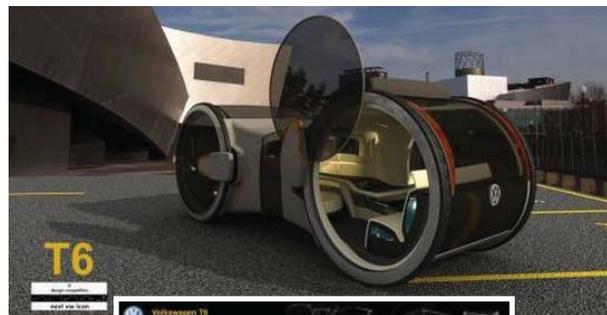
Obiettivo di Alexander Zhukovski, studente in Architettura e Arte presso la Urals State University di Ekaterinburg, in Russia, è stato proprio quello di immaginare un ipotetico “T1” destinato alle generazioni future: il progetto da lui realizzato ha il nome di Volkswagen T6.

Il “T6” nasce ancora come veicolo funzionale, ma pensando ad un’attività lavorativa moderna, che unisce freneticamente i concetti di mobilità e produttività.



Il nuovo Transporter diventa, dunque, un vero “ufficio mobile”, in grado di garantire massima produttività, con un grande comfort, nei viaggi aziendali del futuro.

Seguendo il principio delle forme semplici e funzionali che hanno caratterizzato da sempre le Volkswagen più celebri, il disegno parte



dall’unione di due elementi cilindrici mediante una sezione che agisce come un “perno” centrale durante le curve.

Particolari anche le enormi ruote periferiche, alle estremità delle due zone abitabili cilindriche, che sono così circondate da “pareti” trasparenti: quelle circolari ai due lati di ogni cilindro, che fungono da “finestra” sulla strada, sono anche in grado di sollevarsi, permettendo l’accesso nell’abitacolo.

scheda 26



Emperor 1510 > workstation

Novel Quest presenta una postazione di lavoro estremamente ergonomica: si tratta della Emperor 1510, una seduta con pc e accessori integrati.

Emperor 1510 include una tastiera regolabile, un poggiatesta, sistema audio, illuminazione a LED, ergonomici sostegni per le braccia e schermi posizionati all'altezza ideale per avere la postura migliore per il corpo.



>> Co-working

Il Co-Working è una realtà che si sta diffondendo in tutto il mondo. Nasce dalle esigenze di chi ha bisogno di un collegamento Wi-Fi, una semplice scrivania, uno spazio più isolato per perdersi in conversazioni telefoniche e la possibilità di condividere la propria esperienza di lavoro con gli altri.

Molti liberi professionisti avvertono la pesantezza del lavoro da casa dove i contatti umani si riducono a conversazioni telefoniche e via mail, preferendo svolgere il proprio lavoro in luoghi più affollati pur di aumentare le occasioni di interagire con il mondo esterno. Gli stimoli creativi arrivano spesso dal confronto con gli altri e quando questo confronto avviene tra persone che fanno della libera professione, il proprio mestiere, può accadere che da esso nascano nuovi progetti da sviluppare insieme.

I Co-Work sono essenzialmente dei locali, veri e propri appartamenti o grandi e piccoli loft, con molte postazioni lavoro, i più interessanti non hanno dei divisori tra una scrivania e l'altra ma sono arredati con grandi tavoli dove le persone siedono le une accanto alle altre; c'è uno spazio adibito a cucina, una sala appartata per riunioni e, a seconda dell'idea dei proprietari, vari luoghi per il relax dove la chiacchierata informale e il confronto vengono stimolati; naturalmente un collegamento Wi-Fi, stampante, fax e fotocopiatrice a disposizione.

L'idea di lavorare insieme in un unico spazio, ognuno dietro alle proprie attività, è frutto di un sentire sempre più diffuso, soprattutto tra i creativi, di concepire il lavoro in modo orizzontale ovvero lontano dai concetti gerarchicamente piramidali. Nessuna competizione, nes-

sun sgambetto tra colleghi per ricevere le attenzioni del capo, niente raccomandazioni, niente di tutto questo visto che il co-working è l'antitesi del lavoro in azienda. I progetti si sviluppano per affinità, non c'è una decisione dall'alto, anche perché non esiste nessun capo, e la cooperazione ha come prerogativa la meritocrazia, concetto spesso sconosciuto nelle realtà lavorative italiane.



Figura 46 spazio co-working

Molti spazi infatti favoriscono la rotazione, non c'è un'assegnazione ben precisa, ogni giorno chi affitta un posto si siede dove capita; anche questo favorisce il movimento fisico e delle menti. Molti sono, i Co-Work a tema, dove viene stimolato il confronto tra professioni simili per dare maggiore possibilità di collaborazione. Soprattutto chi

fa un lavoro creativo sa bene come l'interazione tra realtà complementari sia spesso una condizione indispensabile per la concretizzazione di progetti. Ma i Co-Work non sono solo utilizzati da individui, spesso le stesse start-up affittano spazi per cominciare le loro attività e ridurre notevolmente i costi di mantenimento di un ufficio.

Diverse sono le motivazioni che spingono i liberi professionisti a vivere la propria giornata lavorativa in simili strutture. Chi viaggia molto per lavoro trova conveniente e comodo affittare questi spazi per tutto il tempo di permanenza in una determinata città, alcuni lo fanno semplicemente per uscire dall'isolamento della propria casa, altri per aumentare le opportunità di lavoro, tutti perché uniti dallo spirito di condivisione che permea l'atmosfera di questi luoghi. Grazie alle nuove tecnologie il lavoro sta cambiando, aumentano in modo esponenziale le persone che decidono di crearsi una propria attività e uscire dalla staticità che il lavoro in grosse aziende spesso comporta. Se prima i costi per intraprendere un business proprio erano proibitivi per molti, ora grazie ai servizi che la rete ci offre e a idee come il CoWorking è molto più alla portata di tutte le tasche. L'importante è avere delle buone intuizioni, molta professionalità e una mente libera dai limiti che una visione verticale del lavoro comporta.

> Storia

Il primo spazio di coworking fu creato nel 2005 nella Bay Area californiana dal programmatore informatico Brad Neuberg. Neuberg, a un certo punto della sua vita professionale, si era trovato di fronte a un dilemma: scegliere un lavoro fisso in una struttura aziendale o dedi-

carsi in modo indipendente alla propria professione come freelance? Davanti a questa domanda scelse una terza soluzione che contemplasse gli aspetti positivi di entrambe: affittò alcune stanze in una ex fabbrica di cappelli e condivise questo spazio di lavoro, la "Hat Factory", con altri professionisti "nomadi".

Il coworking si è poi diffuso in tutto il mondo ed esiste persino un CoWorking Institute, fondato da Bernie Dekoven per promuovere la collaborazione tra menti creative. Il fenomeno sta facendo capolino anche in Italia dove sono nati spazi per il coworking a Milano, Roma e Bologna.

> Gli effetti positivi

E gli effetti? Da recenti studi, è emerso nella maggioranza degli intervistati un miglioramento della propria vita privata, dovuto a diverse cause come il riuscire a separare la vita professionale da quella privata, minor stress, la capacità di gestire in modo elastico e autonomo la propria attività e il far parte di una comunità che non di rado sostiene i propri membri. Per quanto riguarda la vita professionale, nella totalità delle risposte pervenute, si è verificata un'evoluzione in positivo della propria condizione grazie alla maggiore visibilità nel mercato, la flessibilità di utilizzo degli spazi in base alle proprie esigenze, l'economicità, l'opportunità di ricevere in tempo reale feedback da punti di vista professionali più diversi e le occasioni di scambio e sviluppo di nuove idee.

> I problemi

Gli aspetti lamentati dagli intervistati sono il troppo rumore, la mancanza di privacy, preceduta dalla possibilità di essere distratti, da fattori come il via vai di gente, qualche coworker indisciplinato o più in generale dal brusio che può esserci in uno spazio aperto (non bisogna dimenticare che si tratta anche di un ritrovo sociale). Dai suggerimenti dati dai lavoratori nomadi che hanno risposto al sondaggio, si possono tracciare gli elementi essenziali di un coworking ideale, che deve essere composto da un'area aperta in cui lavorare arredata con materiali di qualità, sale riunioni private, area relax dove pranzare e socializzare e infine, zone più riservate dove poter accogliere clienti e fare telefonate senza disturbare o essere disturbati.

> Caso studio: The Hube Milano

Fare incontrare idee e professionalità diverse, ma tutte con una finalità etica è, in sintesi, lo scopo di "The Hub", un network di cinquemila persone in 20 città sparse per il mondo e attivo anche a Milano.

A prima vista potrebbe sembrare un progetto di co-working e condivisione degli spazi lavorativi, ma in realtà è qualcosa di diverso. «"The Hub" è una realtà dove chiunque abbia un progetto con finalità etiche o competenze da mettere a disposizione può confrontarsi o collaborare con persone accomunate dallo stesso desiderio di fare social business. L'interesse dei fondatori è incentivare e sostenere imprese che hanno obiettivi etici ma che generano profitto. Un sostegno che si traduce in possibilità di incontro, un network che mette a disposizioni

competenze e conoscenze nei diversi settori, la valutazione di progetti già esistenti o di idee da sviluppare. Il sistema è nato a Londra quattro anni fa e da allora è cresciuto: Alberto Masetti-Zannini, Federica Scaringella e Nicolò Borghi hanno deciso di importarlo anche in Italia.

"Abbiamo mescolato gli elementi costitutivi di un ufficio professionale, di un acceleratore d'innovazione, di un incubatore d'impresa, di un club privato, di un cinema indipendente e di un salotto di casa, creando uno spazio di lavoro e d'incontro radicalmente nuovo".

Durante l'orario di lavoro, è uno spazio di co-working aperto alle imprese innovative nel campo sociale e che offre le condizioni ideali affinché nelle aree comuni si possa dare spazio alla creatività e al confronto tra idee e competenze diverse fuori dell'orario di lavoro, The Hub diventa un luogo in cui organizzare eventi (workshop, stage, seminari, aperitivi, corsi, attività per i bambini e altro).

Ma cosa si intende esattamente per imprese innovative nel campo sociale? Sono quelle aziende e startup che, oltre che costruire business intorno ad idee nuove, agiscono con finalità che hanno una ricaduta sul territorio, ad esempio svolgendo attività di commercio equo e solidale, o ancora operando nel settore delle energie alternative. Sono imprenditori che vogliono fare impresa avendo sia un occhio ai ritorni economici, sia all'innovazione e le finalità d'impatto sociale.

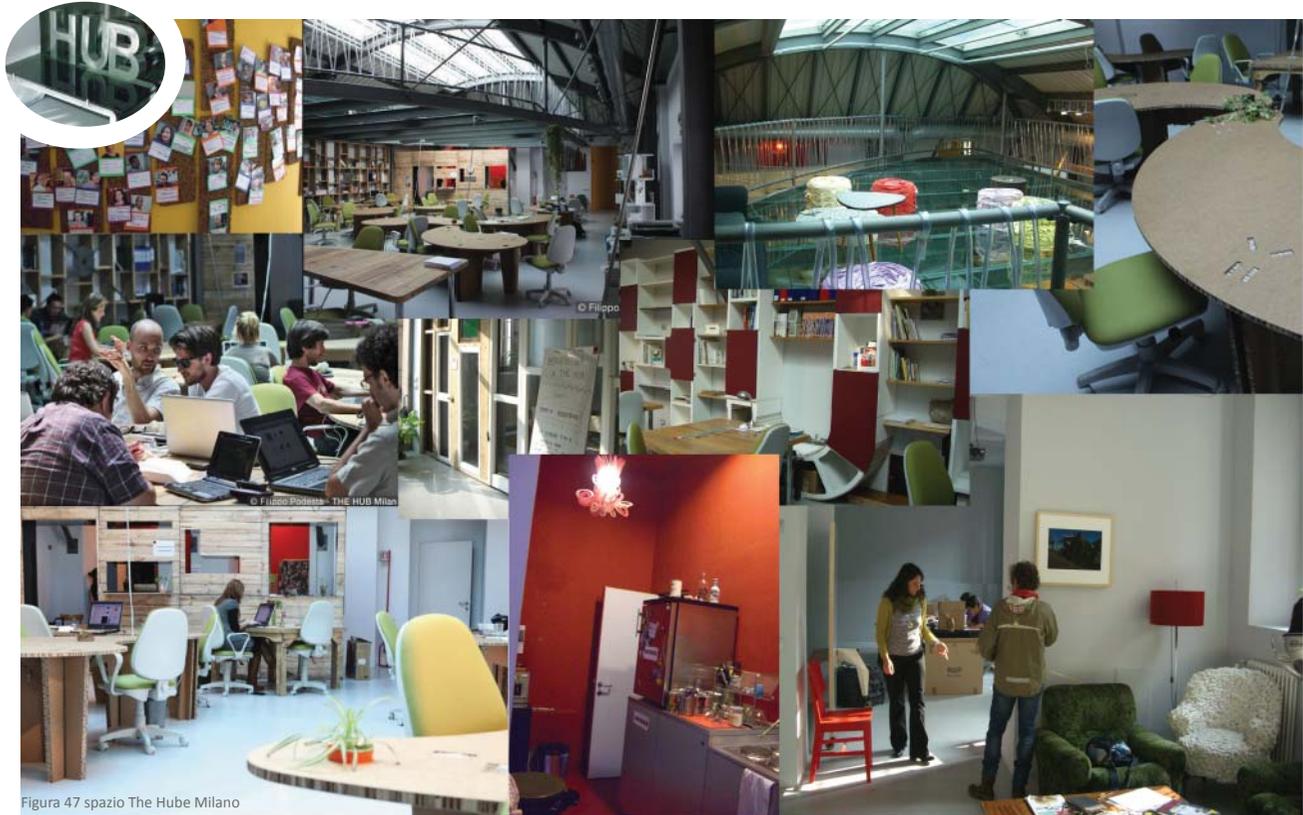


Figura 47 spazio The Hubs Milano

I Parte - Analisi e ricerca

Capitolo 5 - Ergonomia/ luoghi di lavoro

"To fit the job to workers" Hywel Murrell



Premessa

Dire che cosa è l'ergonomia è al tempo stesso facile e difficile: per molti aspetti l'ergonomia è un concetto, un'idea, un modo di vedere il mondo, di pensare alle persone che lavorano, di qualunque lavoro si tratti, e a come esse interagiscono con il loro lavoro. Di fatto l'uomo si è occupato di ergonomia da quando ha cominciato a costruire utensili ed attrezzi facendo in modo che gli stessi potessero essere utilizzati comodamente ed efficacemente per compiere una certa attività.

La storia del progresso umano è in fondo anche la storia dei tentativi operati dall'uomo di trasformare gli oggetti e l'ambiente per adattarli alle sue esigenze. Fondamentalmente dietro allo sviluppo degli utensili e delle macchine vi è il tentativo di modificare l'ambiente in modo da rafforzare e sostenere l'organismo umano, riducendo la fatica ed aumentandone il benessere.

Il principale e più importante obiettivo dell'ergonomia è quello di adattare maggiormente il luogo di lavoro alla natura dell'uomo.

Questo fondamentale concetto viene generalmente dimenticato con la conseguenza che sono le persone a doversi adattare all'ambiente di lavoro e non viceversa.

>> Ergonomia in ufficio

Ergonomia o Ergonomica (gr.lat. e ingl.): scienza che studia le possibilità e i limiti di rendimento di una persona al lavoro, nonché il migliore adattamento reciproco tra la persona e l'ambiente in cui lavora.

È il lavoro quotidiano che spesso richiede al corpo più di quanto esso

non possa dare. È stato dimostrato che proprio l'attività sedentaria del lavoro d'ufficio è un lavoro tra i più duri, che provoca frequentemente danni lenti ma irreparabili.

Il complesso tema dell'ergonomia ha a che fare con un mondo del lavoro in continuo mutamento.

Gli esseri umani sono la più piccola unità economica, la cui produttività dipende dalla propria intelligenza, conoscenza, motivazione, flessibilità, ambiente circostante, benessere fisico e mentale. Il successo professionale, sia come singoli che come parte di un'organizzazione, azienda od economia, è legato all'ambiente nel quale si lavora, in grado di stimolare o, al contrario, frenare lo sviluppo. Il 50% circa degli impiegati oggi lavora in ufficio e svolge attività di concetto. I limiti delle capacità umane professionali sono definiti dalle debolezze fisiche e mentali. Appena l'uomo avverte fastidio in qualsiasi parte del corpo compresa tra la testa e i piedi, l'intero sistema viene sbilanciato.

Per questo sono necessari uffici integrali e postazioni di lavoro che rispondano ad idonei criteri ergonomici, capaci di servire correttamente e con rispetto gli individui che lavorano al servizio dell'economia. Le nuove modalità di lavoro, che spesso prevedono la condivisione e la disponibilità temporanea di scrivanie, richiedono sempre più arredi estremamente adattabili, che consentano a lavoratori con caratteristiche fisiche completamente diverse di condividere flessibilmente più postazioni di lavoro. Occorre che tutte le componenti vengano coordinate allo scopo di supportare ciascuna persona nello svolgimento della propria attività. L'interazione tra lavoro, risorse umane e mezzi a loro disposizione deve essere costantemente esaminata, corretta e, ove necessario, ottimizzata.

>> L'approccio ergonomico dell'uomo al lavoro

Murrell definì (uno psicologo britannico esperto di ergonomia) l'ergonomia "adattamento del lavoro all'uomo". Per esso lo scopo dell'ergonomia era quello di aumentare l'efficienza dell'attività umana fornendo dati che dessero la possibilità di prendere decisioni a ragion veduta. "Essa dovrebbe permettere di minimizzare il costo per il lavoratore, in particolare togliendo quelle caratteristiche della progettazione che, probabilmente a lungo termine, sono causa di inefficienza o di inabilità fisica. Attraverso l'analisi economica dovrebbe crearsi nell'industria la consapevolezza dell'importanza di considerare i fattori umani nella progettazione del lavoro, rendendo perciò un contributo al benessere umano, ma anche all'economia nazionale nel suo complesso". Le parole di Murrell delineano un primo aspetto teorico concettuale dell'approccio ergonomico, rappresentato dalla ricerca del benessere umano.

Gli obiettivi dell'ergonomia sono andati progressivamente ampliandosi parallelamente al consolidarsi delle conoscenze in ambito psicologico e allo svilupparsi dei suoi campi di interesse a seguito dello sviluppo della tecnologia. Un secondo aspetto che caratterizza l'approccio ergonomico è la sua natura scientifico applicativa: l'ergonomia nasce con lo scopo di affrontare e risolvere problemi concreti, per migliorare in modo significativo la salute ed il benessere degli individui. La collaborazione tra esperti di discipline diverse che studiano l'uomo e il lavoro nelle sue diverse componenti, rafforza la natura scientifico applicativa dell'approccio, conferendogli un valore sistemico, con l'obiettivo concreto di trovare risposta razionale alla complessità. L'intervento

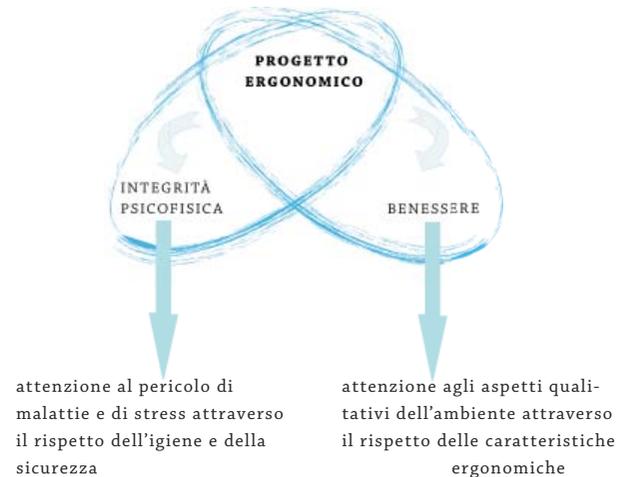
ergonomico non si limita, infatti, alla meccanicistica individuazione e correzione di una disfunzione, ma l'analisi si spinge sempre dalla dimensione macro fino al particolare, inserendo il fattore umano tra gli elementi che interagiscono nel determinare le caratteristiche e il funzionamento dell'organizzazione. L'intervento ergonomico si sviluppa in una prospettiva sistemica in quanto la conoscenza di un sistema di lavoro non è dunque possibile se non attraverso lo studio delle interazioni tra le parti che lo costituiscono. I contenuti e l'evoluzione dell'approccio ergonomico sono bene rappresentati da tre concetti chiave:

- 1) *interdisciplinarietà*, che rappresenta il carattere distintivo dell'ergonomia sin dalla sua formazione. L'ergonomia non nasce infatti come "disciplina", ossia come settore di ricerca definito dalla specificità dell'approccio scientifico e dalla identificabilità dell'oggetto di studio, ma come "corpus di conoscenze", ossia ambito di studio e di intervento nel quale si integrano conoscenze e strumenti metodologici provenienti da differenti settori disciplinari;
- 2) *lavoro*, oggi inteso come insieme delle attività dell'uomo. Dall'originaria visione dell'ergonomia circoscritta alla valutazione e alla progettazione della postazione e del microambiente di lavoro, i suoi campi di ricerca e di intervento si estendono progressivamente allo studio dei sistemi uomo-ambiente-prodotto tutti gli ambiti in cui si svolgono le attività umane;
- 3) *adattamento del lavoro all'uomo*, che sottolinea un ribaltamento di prospettiva nello studio del rapporto uomo-lavoro e che parte dal presupposto di spostare l'interesse dalle caratteristiche e dalle prestazioni dell'oggetto, all'effetto sull'uomo che queste provocano.

scheda 27

Atti necessari ad indirizzare e coordinare le risorse in vista della realizzazione di ambienti e prodotti adatti alle caratteristiche e ai bisogni degli utilizzatori.

Un progetto per essere ergonomico deve rispettare sia l'integrità psicofisica che il benessere di tutti coloro che vengono in contatto con le strutture, l'organizzazione, gli oggetti.



>> L'ergonomia oggi: evoluzione dell'approccio ergonomico

Nell'arco di circa 50 anni l'ergonomia ha subito una evoluzione che ha attraversato diverse fasi. Nella sua prima applicazione si è posta come tentativo di adattare la macchina e il lavoro all'uomo, avendo al centro della sua attenzione il microcosmo della postazione di lavoro, distinguendosi in due ambiti d'azione:

- 1) ergonomia di concezione, il cui scopo era la progettazione di nuovi sistemi di lavoro e di sistemi uomo-macchina;
 - 2) ergonomia di correzione, il cui scopo era quello di modificare sistemi di lavoro e macchine già funzionanti, per renderle più adatte all'uomo.
- Verso la metà degli anni '70 l'oggetto del suo studio si sposta dalla prestazione dell'individuo nella sua postazione di lavoro, alla relazione tra gli individui e il contenuto definito dalle attrezzature di lavoro, dall'ambiente circostante e dalle caratteristiche organizzative del lavoro. L'ambito di riferimento diviene il sistema uomo-macchina-ambiente.

A partire dagli anni '80 l'interesse si estende agli aspetti ambientali dei luoghi di lavoro, comprendendo tutte le aree produttive e il lavoro d'ufficio.

Negli anni '90, con la scomparsa di gran parte dei lavori manuali, sostituiti da mansioni di controllo di apparecchiature automatizzate operanti nelle linee di produzione, l'informatizzazione diffusa del lavoro d'ufficio, la comparsa di nuove forme di organizzazione e gestione della produzione e dei rapporti interni alle aziende, spostano l'attenzione dell'ergonomia sullo studio delle interfacce, sull'usabilità dei sistemi uomo-macchina nei quali la macchina non è più intesa come macchina meccanica, ma come insieme dei dispositivi controllati dall'operatore.

Parallelamente il campo di ricerca e di intervento si estende allo studio dell'uomo nell'interazione con l'ambiente e con gli oggetti di uso quotidiano. Gli interventi ergonomici tendono sempre più a spostarsi sul fronte del progetto, nella convinzione che la vera prevenzione si ottiene intervenendo in sede di progetto, prima che l'evento dannoso si manifesti, elaborando idonee metodologie revisionali.

Oggi gli obiettivi dell'ergonomia sono l'usabilità e la sicurezza dei sistemi dei quali l'uomo si serve, in quanto utente, in qualità di operatore, fruitore, acquirente o nei quali è parte integrante del sistema stesso. I campi di ricerca e di intervento oggi privilegiati sono le verifiche di usabilità e di sicurezza delle attrezzature e dei dispositivi utilizzati nell'ambito dei processi produttivi e di lavoro organizzato e applicate anche nel settore dei prodotti di uso quotidiano.

>> Il sistema uomo-macchina-ambiente

Al centro dell'interesse dell'ergonomia vi è il sistema uomo-macchina-ambiente (U-M-A), un'entità che contiene tutti gli aspetti che interessano i processi di interazione del lavoratore con gli strumenti e le tecnologie che esso impiega per eseguire il compito o l'attività lavorativa. Il sistema U-M-A racchiude al suo interno tre sottosistemi attraverso i quali è possibile organizzare in modo sistematico le variabili di interesse ergonomico, ovvero l'insieme di relazioni che si instaurano tra l'uomo e la macchina (U-M), tra l'uomo e l'ambiente in cui opera (U-A) e tra l'individuo e gli altri membri della struttura organizzativa (U-U).

Ergonomia / luoghi di lavoro _____ analisi



scheda 28

ergonomia

OBIETTIVI:

Realizzazione delle condizioni di

- Massima sicurezza**
- Massimo benessere**
- Massimo rendimento**

attraverso l'armonizzazione del sistema composto dai fattori

- Uomo**
- Macchina**
- Ambiente**

nell'ambito dell'ambiente di lavoro.



FATTORE UOMO

FATTORE MACCHINA

FATTORE AMBIENTE

SISTEMA uomo-macchina-ambiente U-M-A

-  **FATTORE UOMO** - antropometria, lavoro e fatica, alimentazione, componenti psico-sensoriali
-  **FATTORE MACCHINA** - layout spazi, comandi e attrezzi, automazione, comandi
-  **FATTORE AMBIENTE** - INQUINAMENTO DA agenti chimici, rumore, vibrazioni, CONDIZIONI MICROCLIMATICHE, ILLUMINAMENTO

scheda 29



FATTORE UOMO

FATTORE MACCHINA

FATTORE AMBIENTE

Lo sviluppo di un prodotto o di un sistema richiede di conoscere **chi** userà, **cosa** verrà usato e **dove** verrà usato

 **Chi?** - è l'analisi del probabile utente, dei suoi limiti, dei bisogni

 **Cosa?** - è l'oggetto che deve essere indagato rispetto al suo uso

 **Dove?** - è l'ambiente di destinazione che deve essere analizzato che condiziona le interazioni fra l'uomo e l'oggetto



scheda 30



FATTORE AMBIENTE

SISTEMA uomo-ambiente U-A

riguarda il **contesto nel quale il lavoratore opera** e concerne il complesso delle influenze che l'ambiente, inteso sia sotto l'aspetto fisico che sotto quello psicologico, esercita sull'attività umana.

Racchiude una vasta gamma di fattori ed in particolare:

- le variabili proprie dell'ambiente quali il microclima, l'illuminazione, il **rumore**, le vibrazioni;
- i fattori di rischio derivanti dalla tipologia dell'attività svolta, quali: gas, fumi, polveri, radiazioni
- le condizioni derivanti dall'organizzazione del lavoro e dalla strutturazione dei compiti, quali: fatica fisica, fatica mentale, monotonia, noia, ripetitività del lavoro, posture scorrette, il sovraccarico biomeccanico, lo stress;
- i vincoli socio culturali che possono interessare particolari aree geografiche.

scheda 31



ERGONOMIA DELL' AMBIENTE

- SPAZIO

Il posto di lavoro deve essere ben dimensionato e allestito in modo che vi sia spazio sufficiente per permettere i cambiamenti di posizione e di movimenti operativi.

- ILLUMINAZIONE

L'illuminazione generale deve garantire un'illuminazione sufficiente ed un contrasto appropriato tra lo schermo e l'ambiente, tenuto conto delle caratteristiche del lavoro delle esigenze visive dell'utilizzatore.

- RIFLESSI E ABBAGLIAMENTI

I posti di lavoro devono essere sistemati in modo che fonti luminose quali le finestre e le altre aperture, le pareti trasparenti, nonché le attrezzature e le pareti di colore chiaro non producano riflessi sullo schermo.

- RUMORE

Il rumore emesso dalle attrezzature appartenenti al posto di lavoro deve essere preso in considerazione al momento della sistemazione del posto di lavoro, in particolare al fine di non perturbare l'attenzione e la comunicazione verbale.

- CALORE

Le attrezzature appartenenti al posto di lavoro non devono produrre un eccessivo calore che possa essere fonte di disturbo per i lavoratori.

- RADIAZIONI

Tutte le radiazioni, devono essere ridotte a livelli trascurabili per la sicurezza e salute dei lavoratori.

- UMIDITÀ

Si deve fare in modo da ottenere e mantenere un'umidità soddisfacente.



scheda 32

CORREZIONE

ambienti:

 AMBIENTI ESISTENTI PROGETTATI SU SPECIFICHE TECNOLOGICHE

risultati:

 OBIETTIVI ERGONOMICI DIFFICILI DA RAGGIUNGERE PER I COMPROMESSI CON L'ESISTENTE

CONCEZIONE

 AMBIENTI DA PROGETTARE

 PROGETTO SU SPECIFICHE ERGONOMICHE

 OBIETTIVI RAGGIUNGIBILI COMPATIBILMENTE

OBIETTIVO

salvaguardare: - l'integrità psicofisica degli addetti (assenza di pericolo di malattie professionali o di stress) , con particolare attenzione agli agenti di disturbo non percepibile dagli organi di senso dei lavoratori

- il benessere degli addetti con particolare attenzione agli aspetti qualitativi dell'ambiente



>> Il progetto centrato sull'uomo

Il grande insieme nel quale gli uomini e le macchine operano in sinergia per raggiungere, mediante attività più o meno complesse progettate per essere svolte in un certo spazio, in un certo ambiente e alle condizioni imposte dall'organizzazione del lavoro, è il "sistema di lavoro". Esso comprende vari stati che definiscono la complessità del rapporto tra l'uomo, le macchine e le attrezzature ed il contesto lavorativo. Lo studio di queste interazioni chiama in causa varie discipline ognuna delle quali offre un contributo importante, ma non esaustivo alla soluzione del problema. La soluzione va infatti ricercata nell'insieme dei contributi che ciascuna disciplina offre. Pertanto nel modello di lavoro ergonomico non vi possono essere discipline sovraordinate rispetto ad altre.

Una caratteristica che distingue l'ergonomia dalle discipline che la compongono è la sua impostazione antropocentrica, prospettiva con la quale si vuole dare risalto al fatto che l'uomo è al tempo stesso beneficiario e modello di riferimento del progetto ergonomico. Questo fatto può creare delle perplessità se si ragiona nell'ottica di individuare soluzioni adatte a tutti. Per sciogliere eventuali dubbi è importante chiarire cosa si intende per "uomo" nella prospettiva ergonomica.

In primo luogo va detto che data la elevata variabilità inter e intra soggettiva in una progettazione ergonomica corretta è necessario individuare i destinatari, reali e presunti dell'intervento. Una soluzione che permette di semplificare tale operazione è quella di ragionare per immagini operative, riconoscendo quattro dimensioni di analisi dell'uomo:

a) antropometrica: descrive la morfologia del corpo umano e la sua capacità di esplorazione dello spazio, evidenziando le sue esigenze dal

Caratteristiche dell'uomo



- le dimensioni -** antropometria
- la macchina -** fisiologia
- le patologie -** medicina
- la mente -** psicologia cognitiva
- la percezione -** organi sensoriali

scheda 33

Ergonomia - l'attenzione al piacere estetico e d'uso che ambienti ed oggetti producono sull'utente

PARAMETRI DI GRADEVOLEZZA

La gradevolezza di oggetti e ambienti è funzione degli aspetti sensoriali:

TATTILI	SUPERFICIE MORBIDEZZA
VISIVI	FORMA DIMENSIONE
FUNZIONALI	TIPOLOGIE AZIONAMENTO
CROMATICI	DELL'OGGETTO COLORI
ACUSTICI	SONORITA' RUMORE
TERMICI	CONDUCIBILITA'



La "gradevolezza" di un oggetto è funzione: - delle caratteristiche del soggetto.

fisiche dell'oggetto - delle caratteristiche percettive

punto di vista dimensionale;

b) fisiologica: rappresenta i processi che sottendono alla produzione e consumo di energia da parte del corpo umano per l'esecuzione delle attività e alla valutazione di fenomeni quali la fatica, fisica e mentale e i recuperi;

c) percettiva: spiega i processi di acquisizione delle informazioni attraverso gli organi di senso;

d) cognitiva: evidenzia il concetto secondo il quale ogni attività comporta dei processi cognitivi

>> Ergonomia ed emozioni

Mentre inizialmente l'ergonomia era incentrata solo sui vantaggi materiali che l'individuo traeva dall'uso degli ambienti e degli oggetti, oggi si assiste ad un superamento dell'ergonomia classica con l'attenzione al piacere estetico e d'uso che ambienti ed oggetti producono sull'utente.

La gradevolezza di oggetti e ambienti è in funzione delle loro caratteristiche fisiche ma anche delle caratteristiche percettive del soggetto, legate agli aspetti sensoriali (suono vista, udito, olfatto, gusto).

L'ambiente è lo scenario in cui l'uomo agisce ed è costituito non solo da

- strutture statiche, ma anche da
- suoni, colori, suoni, forme, rapporto tra gli oggetti

Per rendere l'ambiente a misura d'uomo, è necessario che tra questo, il suo ambiente e i suoi oggetti si instauri tanto un rapporto di fiducia e di sicurezza basato sulla coerenza nelle funzioni e sull'assenza di fonti di disturbo e di disagio, quanto che sia percepibile il valore altrettanto significativamente umano ed umanizzante della qualità estetica.



Figura 48 i cinque sensi

Una positiva stimolazione dei nostri cinque sensi è infatti una delle caratteristiche irrinunciabili dell'ergonomia. L'intensità e il calore della luce, i toni dei colori, il livello dei suoni, il tenore di umidità, la gradazione della temperatura, concorrono a definire e a qualificare un ambiente, così come il peso, la consistenza e la tessitura dei materiali e delle superfici. Tutti gli elementi del nostro mondo materiale comunicano un flusso continuo di sollecitazioni che impegnano totalmente ciascuno di noi, influenzando la nostra adattabilità fisica e psicologica, la risposta dei nostri sensi e, non ultima, la nostra interpretazione semantica delle sollecitazioni e degli stimoli provenienti da fuori di noi.

A questa convinzione è giunta la scienza dell'ergonomia cognitiva, il cui scopo è lo studio delle relazioni tra l'uomo e i gli strumenti per l'elaborazione delle informazioni, analizzando tutti i processi della conoscenza interessati: la percezione, l'attenzione, la memoria, il pensiero, il linguaggio, le emozioni, e quindi individuando prospettive di innovazione per quegli stessi oggetti.

I Parte - Analisi e ricerca

Capitolo 6 - Bionica/ metodologia

“Look deep, deep into nature,

and then

you will understand

everything better”

Albert Einstein

Introduzione

Nella storia dell'uomo la natura ha sempre costituito un importante riferimento per concepire artefatti innovativi. Oggi lo scenario generato dall'intersezione tra l'evoluzione delle conoscenze biologiche e i progressi maturati nell'ambito delle nuove tecnologie propone nuove prospettive di relazioni tra progetto e biologia, che offrono alla cultura del progetto nuovi possibili percorsi di interpretazione della natura, in grado di configurare nuovi scenari di azione progettuale. Trasferire tali conoscenze al design, consente di generare nuovi artefatti, nei quali si rispecchino, concettualmente e concretamente, alcune delle qualità rivelate dal mondo naturale.

Se nel passato la "bio-ispirazione" si proponeva di estrarre forme, strutture e funzioni dalla natura per crearne delle "copie" il più possibile somiglianti, oggi si possono creare soluzioni progettuali formalmente anche molto differenti, rispetto ai sistemi biologici ai quali si ispira, ma simili nei principi generativi.

Nuovi materiali e nuove tecnologie costituiscono gli strumenti attraverso i quali questo approccio progettuale concretizza concetti bio-ispirati in prodotti. Il successo evolutivo di ogni specie vivente si fonda su una

complessità che la scienza conosce sempre più profondamente. Verso questa stessa complessità, si muove lo scenario evolutivo dei prodotti industriali che, grazie all'uso delle nuove tecnologie e dei nuovi materiali smart, diventano più dinamici, adattabili, sensibili e multifunzionali per rispondere alle esigenze sempre più composite e mutevoli che nascono dai nuovi stili di vita dell'uomo contemporaneo. Prodotti e servizi caratterizzati da proprietà sempre più simili ai sistemi biologici. In molti casi le tecnologie e i materiali con cui realizzare tali prodotti esistono già, ma ciò che occorre definire è il collegamento, la correlazione tra i problemi progettuali dell'uomo e le risposte provenienti dal mondo biologico.



Figura 49 fiore di loto, ispirazione biologica delle superfici autopulenti

>> Definizioni della disciplina

La bionica rappresenta una modalità di approccio alla progettazione che ha come punto di partenza lo studio delle scienze biologiche per trarne informazioni sulle strutture, sulle logiche e sui principi che sono alla base dell'organizzazione e dell'evoluzione del mondo naturale al fine di ricavarne nuovi strumenti per il progetto e per lo sviluppo del prodotto industriale. L'essenza di tale filosofia di progetto può essere sintetizzata nell'espressione di R. Buckminster Fuller: "we do not seek to imitate nature, but rather to find the principles it uses". L'approccio alla progettazione basato sugli organismi viventi è supportato dalla consapevolezza che la natura è un'entità strutturata e complessa che conta quasi quattro miliardi di anni di evoluzione e di progresso compiuti attraverso tentativi, fallimenti e successi. Il termine bionica ha origini differenti, la più comune è intesa come lo studio delle forme viventi e può essere definito come l'integrazione dei termini biologia e tecnologia o meccanica e biologia. L'ingegnere russo Igor Mironovic Mironov mette in evidenza la radice greca della parola Bion, che significa elemento vitale, per sottolineare che la bionica è una nuova scienza che unisce gli sforzi di matematici, fisici e biologi per sondare i segreti degli organismi viventi al fine di utilizzarli.

Infine il termine Biomimetica etimologicamente deriva da Bion, vita e Mimesis, imitazione, tale termine, coniato negli anni '50, è stato utilizzato per definire il nuovo approccio progettuale interdisciplinare ispirato alla natura, che si è sviluppato e diffuso durante gli anni '80, inizialmente negli ambienti legati all'ingegneria meccanica e alla robotica. Come è già stato accennato in precedenza la disciplina bionica ha

un'origine recente, anche se l'uomo da sempre ha osservato la natura ispirandosi ad essa per la realizzazione di progetti e manufatti.

Leonardo da Vinci, oltre 450 anni fa, ha studiato questa branca della scienza nel suo testo Codice sul volo degli uccelli pubblicato nel 1505. Leonardo, attento e geniale osservatore delle meraviglie del creato, sfrutta le conoscenze tecniche dell'epoca per studiare e comprendere a fondo la natura per poi trasporre questi saperi nello sviluppo di sistemi nuovi e innovativi. Tra le altre invenzioni egli creò tutta una serie di velivoli traendo spunto dal volo degli uccelli e dal movimento rotatorio della caduta delle samare della pianta dell'acero. Nonostante le sue soluzioni siano state limitate ad un'imitazione dei principi della natura, poiché le fondamentali leggi fisiche non erano ancora state scoperte, Leonardo può senz'altro essere considerato il padre della bionica.

La bionica - citando alcuni dei numerosi sinonimi: biomimesis, biomimetic, biomimicry, biognosis, design ispirato dalla biologia, parole e frasi simili che implicano una copia, un adattamento o derivazione dalla biologia - è un settore di studi con un campo di applicazione interdisciplinare ed è basata sullo studio delle caratteristiche e delle proprietà della natura e degli organismi viventi, ciò significa che studia in modo pratico l'impiego di meccanismi e funzioni delle scienze biologiche e naturali, della chimica, dell'elettronica per progettare e pianificare nuove proposte, dalla macro scala, che comprende edifici e palazzi, alla micro scala, che include le molecole di nuovi materiali. Lo scopo della bionica è verificare i metodi di pianificazione, progettazione e di sviluppo prodotto di un design innovativo attraverso l'analisi delle qualità, dei principi e delle trasformazioni della natura e degli organismi viventi per sviluppare prodotti nuovi che usano questi principi e

processi. L'obiettivo dell'attività di ricerca in questo settore è la definizione di un modello generato attraverso un processo di astrazione dei principi, delle analogie di forme e colori, di strutture e funzionalità, dei componenti, dei prodotti, dei sistemi e dei materiali usati dalla natura ed applicati dall'uomo. Tale modello geometrico-matematico offre una maggiore comprensione delle relazioni fra forma - funzione - struttura nel progetto di disegno di prodotto, poiché la bionica non è una semplice imitazione formale; infatti, una delle sue prerogative è di mostrare i problemi prima delle soluzioni ponendo il progettista e il designer in sintonia con gli attuali trend del progetto mentre gli oggetti progettati devono garantire le massime prestazioni di servizio con il minimo uso di energia. La natura è un'inesauribile sorgente di idee e fonte di ispirazione dalla quale numerosi settori disciplinari possono ottenere enormi benefici. Come spesso accade i confini tra le diverse discipline non sono definiti in modo univoco e accade così che i campi di studio siano attraversati in modo trasversale dando così origine a nuove materie di studio e nuovi campi di ricerca in grado di operare insieme: design, bionica, ergonomia e topologia, stabiliscono delle dirette connessioni tra loro con l'obiettivo di cambiare e migliorare la relazione tra uomo, ambiente ed oggetto.

Janine Benyus nella sua opera *Biomimicry* (2002) sintetizza alcuni principi che si possono dedurre dallo studio della natura:

- Utilizza unicamente l'energia ritenuta necessaria per lo svolgimento delle sue funzioni;
- È in grado di adattare la propria forma alla funzione richiesta;
- Si basa sulla diversità;
- Limita gli accessi all'interno della propria struttura .

Sorpresi dalla notevole capacità della natura di mantenere un equilibrio tra le innumerevoli specie, ognuna con i suoi esemplari, attraverso dei meccanismi ormai assimilati e consolidati da ciascun essere vivente, diviene possibile estrarre leggi e principi che sorreggono questo mondo per migliorare la esistenza dell'uomo.

Citando ancora una volta Janine Benyus, (2002), è possibile valutare la natura secondo il suo triplice ruolo:

- Natura come modello. La bionica come disciplina che studia la natura ed i suoi modelli al fine di trarne ispirazione per la soluzione di progetti e processi;
- Natura come misura. La natura rappresenta uno standard ecologico rispetto al quale il progettista si deve rapportare;
- Natura come mentore. La bionica rappresenta un nuovo modello di osservazione e valutazione della natura rispetto alla quale il progettista può astrarre principi e regole.



Figura 50 ragnatela utilizzata come ispirazione in diversi ambiti

>> Metodologia progettuale

Il design bio-ispirato si propone come approccio progettuale complesso che richiede la partecipazione di attori provenienti da diverse discipline, nel quale il designer, grazie alle sue competenze trasversali, può svolgere un ruolo di mediatore, orientato a verificare l'integrazione tra le diverse competenze e la coerenza con l'idea progettuale e a gestire i continui salti di scala che un processo progettuale di questo tipo richiede. Nel progetto bio-ispirato il design ricerca nella natura soluzioni ai problemi preogettuali. In molti casi le tecnologie e i materiali con cui realizzare prodotti bio-ispirati esistono già, ma quello che manca è il collegamento, la correlazione tra i problemi progettuali dell'uomo e le risposte provenienti dal mondo biologico.

Per ogni tematica progettuale affrontata occorre individuare la chiave di lettura più appropriata per interpretare i problemi in modo da metterli in relazione, mediante analogie, con le risposte fornite dalla natura.

Nel design bio-ispirato si può fare riferimento a diversi livelli di relazione come analogica, corrispondenti a diversi gradi di complessità e strazi-
one.

- *livello architettonico*, nel quale l'analogia si riferisce a esempi di strutture costruite dagli organismi viventi come gli alveari o le tane degli animali;

- *livello morfologico-strutturale*, nel quale viene imitata la morfologia delle biostrutture (cellule, ossa, tessuti biologici, gusci dei mitili) per ottenere strutture con specifiche prestazioni;

- *livello biochimico*, nel quale vengono trasferiti i meccanismi biochimici osservati nei sistemi biologici come i processi che sono alla base dell'effetto di luminescenza delle lucciole o della fotosintesi clorofilliana;

- *livello funzionale*, rispetto al quale vengono imitate le logiche poste alla base dei sistemi biologici come le funzioni anti-atrito della pelle degli squali e i meccanismi di termoregolazione degli animali in condizioni ambientali estreme;

- *livello dell'organizzazione*, che costituisce lo stadio più elevato di astrazione e consiste nel trasferire strategie organizzative proprie dei sistemi biologici come ridondanza, auto-adattamento, autonomia, auto-organizzazione.

> Fase metaprogettuale

- Ambito di riferimento
- Settore di applicazione
- Scenario di esigenze non risolte di riferimento
- Risposte attualmente disponibili (risposte della tecnologia, del design e della natura)

> Fase progettuale

- brief
- Concept "ibrido" (secondo metodologia hybrid design)
- Progetto (integrazione di soluzioni di origine tecnologica e soluzioni di origine biologica)

> Step

1. Individuazione del problema progettuale da risolvere;
2. Definizione del brief di progetto. In questa fase vengono esplicitati i requisiti richiesti. La definizione dei requisiti da ottenere e delle funzioni richieste è un punto critico del processo poiché da questa dipende la ricerca delle analogie con il mondo naturale. È necessario dunque che il brief progettuale sia molto preciso e dettagliato per non incorrere in contraddizioni;
3. Elaborazione di una lista dei sistemi biologici attraverso la cui osservazione è possibile risolvere quel tipo specifico di problema e delle possibili analogie. In questa fase è necessario l'apporto delle conoscenze biologiche. Dunque si può fare riferimento alle banche dati, ma è sempre preferibile ricorrere anche alla consulenza di esperti;
4. Individuazione del concept e dell'idea, o delle idee progettuali, più adatti ad essere utilizzati come riferimenti per la soluzione del problema;
5. Traduzione dei principi, delle logiche, dei codici e delle strategie tratte dalla biologia in ipotesi progettuali. Sebbene si tratti di ipotesi preliminari è necessario, già nelle prime fasi, indagare sui materiali e sulle tecnologie di produzione potenzialmente applicabili nel trasferimento dei principi biologici individuati, allo scopo di poter valutare e selezionare i riferimenti biologici in funzione degli obiettivi progettuali e della fattibilità produttiva. È importante ricordare che anche in questa fase, come in tutto il resto del processo, i designer non devono mai prescindere dalle dinamiche culturali, storiche, sociali ed economiche che intervengono nello specifico ambito di progetto. A discipline tecniche come chimica,

fisica, ingegneria e marketing, che concorrono con il design e la biologia nello sviluppo del progetto, devono essere affiancate competenze umanistiche come filosofia, sociologia, scienze della comunicazione, antropologia e soprattutto quelle legate alla cultura specifica del design. Nel design bio-ispirato devono poter partecipare tutte le componenti della cultura del progetto, nell'ottica di far confluire in un unico processo progettuale i migliori strumenti messi a disposizione dalle esperienze della natura e dell'uomo, per pervenire a prodotti bio-ispirati al massimo del livello evolutivo. L'intervento delle competenze esterne è legato prevalentemente al settore di applicazione a cui è rivolto il progetto;

6. Elaborazione della soluzione progettuale finale attraverso lo sviluppo delle soluzioni progettuali individuate nella fase precedente e verifica della fattibilità;
7. Prototipazione, ingegnerizzazione, brevetto e messa in produzione. (Metodologia messa a punto dai ricercatori del *Centre for Biomimetic and Natural Technologies* dell'Università di Bath)

scheda 34



scheda 34

>> Casistica

Esempio di prodotto bio-ispirato

Livello morfologico-strutturale > prestazioni meccaniche



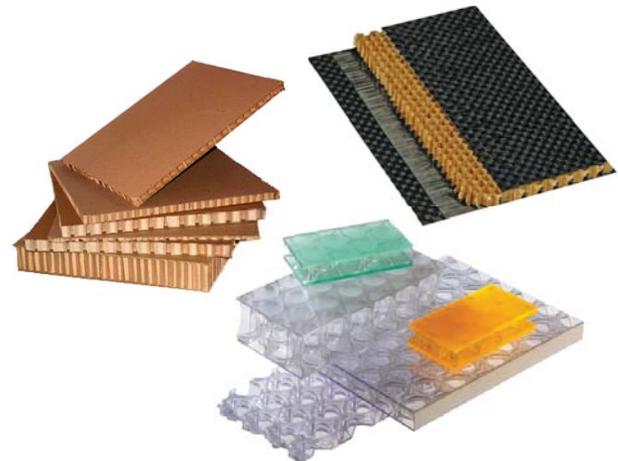
Esempio bionica : **alveare**

La rigidità degli alveari (i nidi di vespa sono in cartone con favi semplici e orizzontali, mentre le api costruiscono con la cera favi doppi sospesi verticalmente) dipende fortemente dalla disposizione delle pareti, in quanto gli angoli di 120° che le pareti formano garantiscono un'eccellente

stabilità, ulteriormente perfezionata dalle due lamine della struttura a sandwich, vale a dire il fondo delle celle e la loro chiusura.

L'intuizione dell'efficienza della struttura a nido d'ape ha ben presto ispirato la realizzazione di numerosi prodotti prima considerati di improbabile costruzione o meno efficienti. La lista degli oggetti a nido d'ape annovera una grandissima quantità di prodotti realizzati fino ad oggi, soprattutto semilavorati compositi, o sandwich con strato intermedio proprio a nido d'ape.

Trasposizione progettuale: **strutture a nido d'ape**



scheda 35



scheda 35

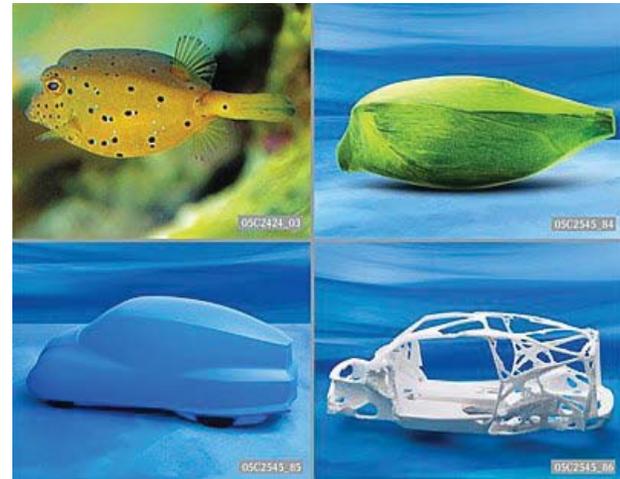
Esempio di prodotto bio-ispirato

Livello funzionale > aerodinamica, rigidità

Esempio bionica : **pesce “scatola”**

Trasposizione progettuale: **autovettura**

Per realizzare questa vettura gli ingegneri del Mercedes-Benz Technology Centre e del DaimlerChrysler Research Department si sono ispirati ad un particolare esempio fornito dalla natura. Questo modello non solo si avvicina all'idea di un'auto aerodinamica, sicura, confortevole e compatibile con l'ambiente dal punto di vista dei dettagli, ma anche da quello della forma e della struttura. L'esempio al quale si è pervenuti è stato il pesce della famiglia delle Ostraciidae, più comunemente chiamato pesce scatola o cofano.. Il “pesce-scatola” è un esempio perfetto di rigidità e di basso peso. La sua pelle è formata da numerose squame esagonali rigide, che provvedono alla massima resistenza con il minimo peso e proteggono efficacemente l'animale dalle ferite. Lo studio delle caratteristiche e dei principi della struttura ossea di questo animale ha reso possibile la realizzazione di un pannello della portiera in grado di aumentare la rigidità del 40% rispetto a quanto sarebbe stato possibile fare con un design tradizionale. Se l'intero corpo vettura viene calcolato secondo questo principio bionico, il peso totale viene ridotto di circa un terzo con resistenza immutata e sicurezza in caso d'urto. A dispetto del suo corpo a forma di scatola o di cubo, questo pesce tropicale è di fatto estremamente affusolato, e perciò rappresenta un'aerodinamica ideale.



scheda 36



scheda 36

Esempio di prodotto bio-ispirato

Livello morfologico funzionale > adesione

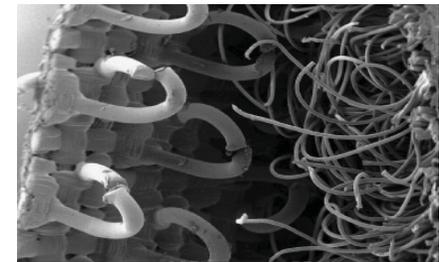
Esempio bionica : **bardana**

Trasposizione progettuale: **“velcro”**



I tessuti relazionati all'individuo svolgono la funzione di proteggere il corpo e la cute. La protezione da agenti esterni richiede anche una buona aderenza del tessuto al corpo o all'oggetto, affinché non rimangano parti labili o ad evitare sprechi di materia. Per raggiungere tale scopo, nel tempo l'uomo ha sviluppato sistemi di aggancio e adesione che consentano di unire diverse parti modellate singolarmente, come le cuciture, o per consentire una più agevole collocazione del tessuto sull'oggetto o sull'uomo. Tipicamente si tratta di bottoni, clip o cerniere, ovvero elementi ad incastro geometrico e meccanico, che richiedono prima di essere inseriti ed applicati nella materia tessile e poi devono essere

manipolati dall'uomo secondo gesti precisi per entrare in funzione. Vi sono categorie di persone segnate da difficoltà di manipolazione, come bambini e anziani, in questi casi la natura offre un corredo mirabile di espedienti per adesione efficace, spesso reversibile, come il VELcro, considerato anche il primo e più diffuso esempio di progetto e brevetto biomimetico. Tale sistema di rapido aggancio reversibile è frutto dello spirito di osservazione, di un ingegnere svizzero, George de Maestral, il quale andando a caccia nei boschi s'accorse che gli rimanevano attaccate ai pantaloni delle brattee secche e uncinata di una pianta chiamata bardana o lappola. Inoltre l'ingegnere notò come fosse immediata l'estrazione dei semi tanto dai suoi vestiti quanto dal manto del proprio segugio. La bardana è una pianta col fusto lto circa 1 m, foglie pelose e radici carnose. Ma ciò che più lo incuriosiva era la capacità di adesione di quei piccoli frutti uncinati. Analizzati al microscopio, rilevò come all'estremità dei peduncoli che avvolgono le lappole fossero presenti dei minuscoli ganci dalle considerevoli proprietà meccaniche oltre a quelle di incastro geometrico tali per cui gli uncini non venivano spezzati quando estratti. Pertanto l'ingegnere si operò a riprodurlo sinteticamente in laboratorio per poi proporre applicazioni anche sui tessuti.





Biomimicry is a design and leadership discipline that seeks sustainable solutions by emulating nature's time-tested ideas. The vision is to create products, processes, organizations, and policies—new ways of living—that are well-adapted to life on earth over the long haul.





Bionica / metodologia

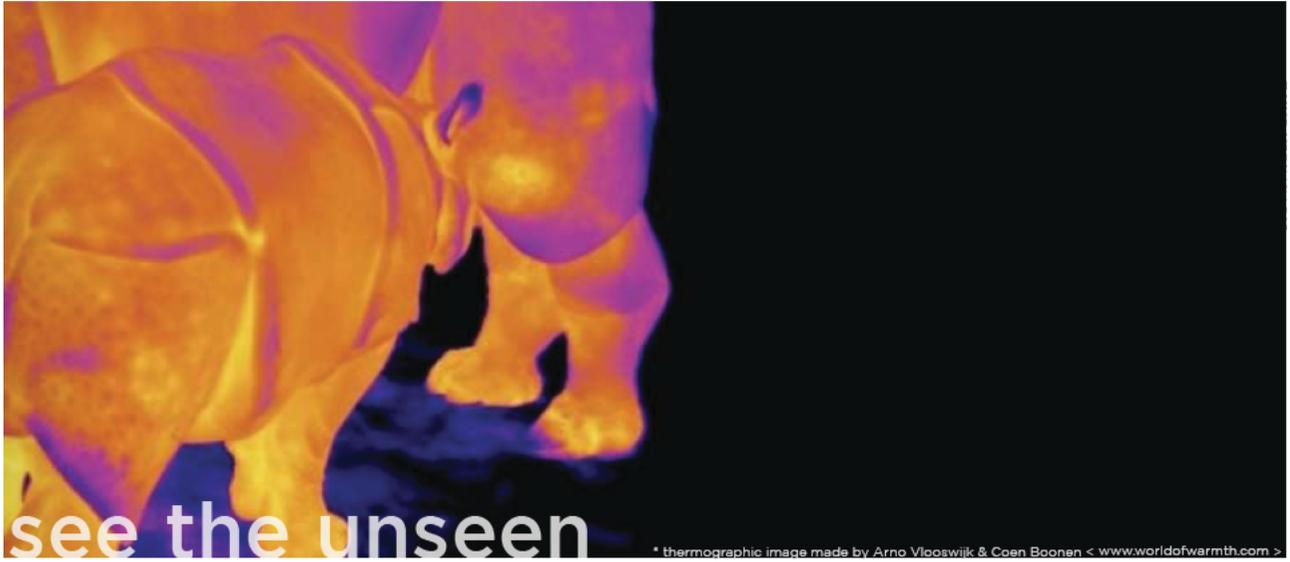


analisi



look beyond the surface





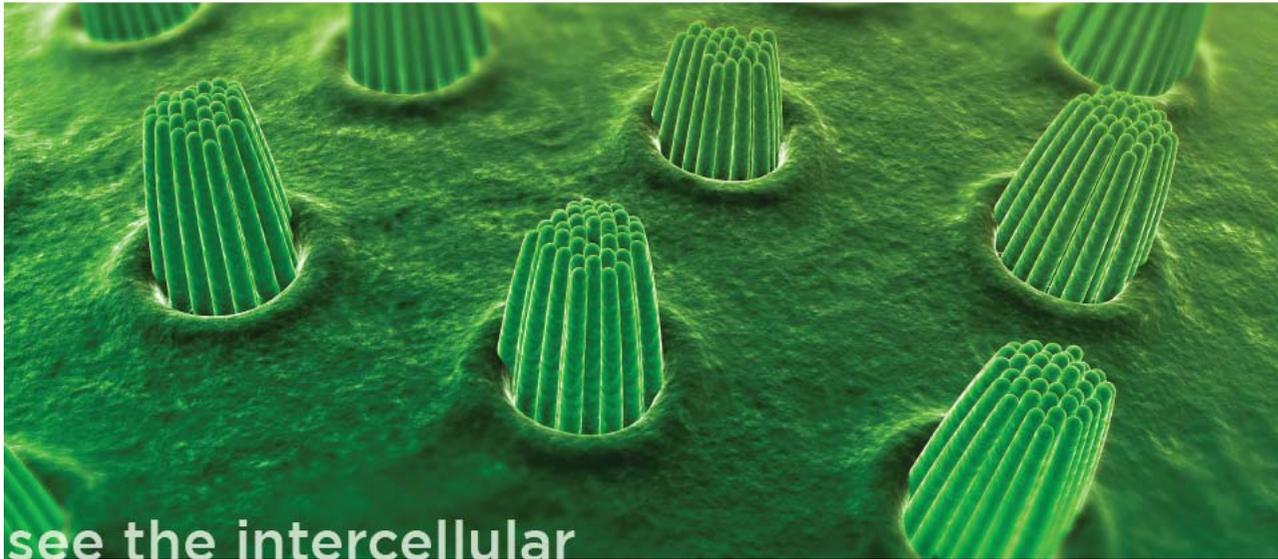


Bionica / metodologia



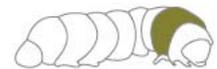
analisi





Bionica / metodologia

_____  **analisi**



Bionica / metodologia

_____  **analisi**



Il Parte - Definizione concept

Capitolo 7 - Scenario/ l'ufficio liquido

“Lo spazio fluido

è uno spazio che
non ha mai una forma fissa,
ma che prende forma
modellandosi
su esigenze e situazioni”

Z.Bauman



Introduzione, tappe di lavoro

Una volta identificato l'ambito di riferimento (lo scenario dell'ufficio e le problematiche di acustica ad esso legate per ottenere il comfort del lavoratore), sono emerse delle considerazioni che hanno portato alla decisione di intervenire con soluzioni acustiche, non nella tipologia di ufficio tradizionale ma proponendo nuovi scenari, definiti spazi liquidi, in linea con i nuovi modi di lavorare e quindi di intendere l'ufficio.

>> Scenario ufficio

Dalla ricerca è infatti emerso che il modo di utilizzare lo spazio ufficio quindi anche la sua progettazione, sta cambiando, perchè è cambiato il modo di lavorare. L'ufficio ha subito una metamorfosi nel tempo.

Le parole chiave nel contesto odierno diventano:

- > Mobilità: L'ufficio in mobilità con l'utilizzo di computer portatili, telefoni e smartphone è sempre più in crescita. Oggi, non si dice più vado in ufficio, ma vado a lavorare. L'ufficio non è l'unico luogo di lavoro. Si lavora ovunque, perchè lo si fa soprattutto tramite connessioni;
- > Conoscenza: L'ufficio come "luogo" dove si fabbricano idee. Questo lavoratore (knowledge worker), di cui si è parlato, che maneggia conoscenza è un lavoratore di solito libero professionista, che viaggia molto e che non ha uno spazio fisso. Può lavorare in diversi contesti, in quanto ha bisogno solo della sue capacità per produrre idee;
- > Flessibilità: Il classico schema planimetrico rigido con spazi definiti e chiusi scompare, per forme di articolazione dello spazio più flessibili volte all'integrazione e alla compresenza;

> Tecnologia: Lo sviluppo di tecnologie avanzate permette la comunicazione a distanza e porta ad una despazializzazione dell'ufficio.

> Comfort: Maggiore attenzione al comfort e quindi al contesto. Infatti da studi recenti si è potuto accertare che la produttività del lavoratore è influenzata dal suo benessere fisico e psicofisico, migliorati agendo sul contesto. Le parti che compongono l'ufficio devono essere in grado di reagire alle variazioni date dagli agenti (suono, luce, temperatura) e alla mutevolezza dell'agire umano;

> Temporaneità: Necessità di lavorare in ambienti in grado di evolversi ed adattarsi ai cambiamenti di vita degli utenti o all'uso che ne fanno nel tempo.

> Condivisione: L'ufficio non è più una struttura gerarchica ma un luogo di condivisione e confronto tra colleghi [Vedi capitolo 4], (fig. 51).

>> Lo spazio liquido

Quindi mobilità e comfort del lavoratore e flessibilità degli spazi, che diventano temporanei e di passaggio sono gli elementi affrontati.

In analogia alla condizione del lavoratore e dello spazio è stato estratto il concetto di liquidità/fluidità, preso in prestito dalle teorie sulle condizioni della società contemporanea del sociologo Zygmund Bauman.

> La fluidità

Il sociologo polacco Bauman nel suo libro "Modernità liquida", paragona il movimento e le caratteristiche dei fluidi, sempre capaci di adattarsi ad ogni contenitore uscendone immutati, al modo di vivere di oggi.

Scenario/ l'ufficio liquido

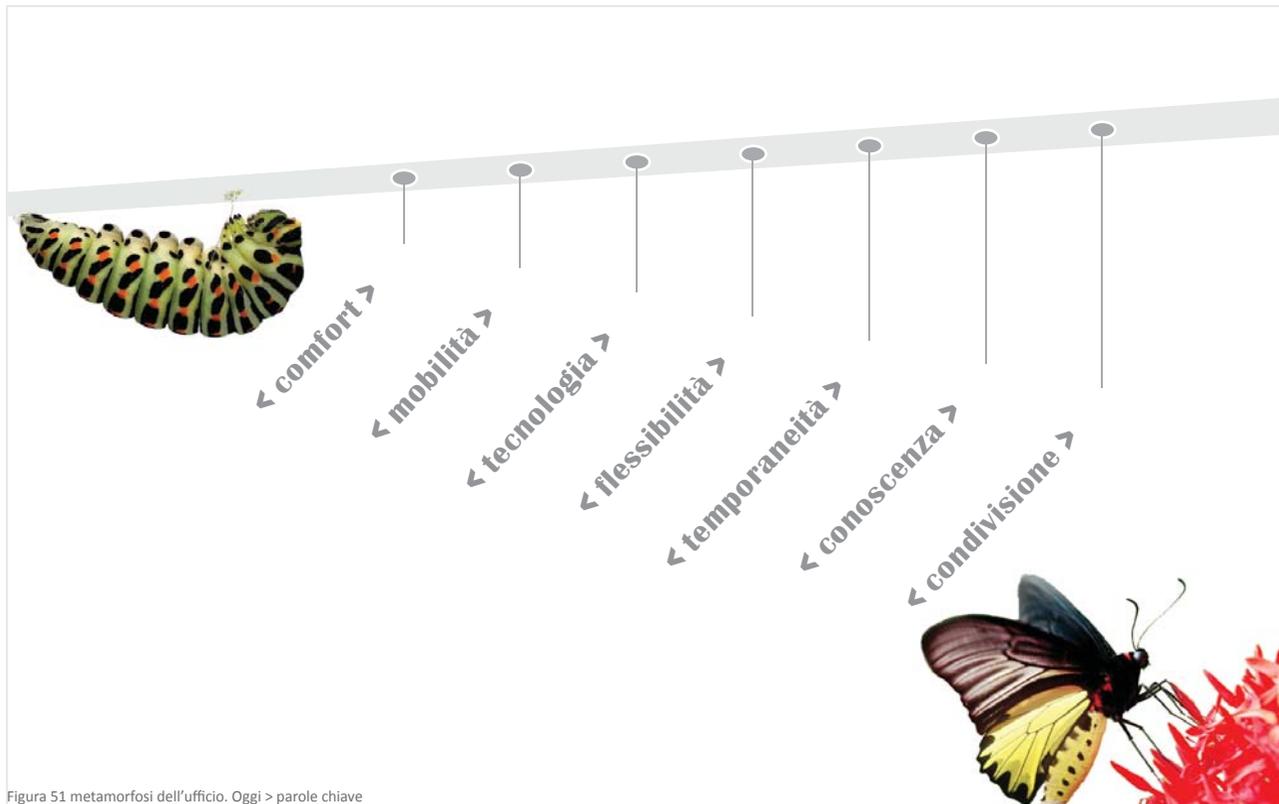


Figura 51 metamorfosi dell'ufficio. Oggi > parole chiave

La fluidità si configura come metafora portante dell'attuale fase dell'epoca moderna. I fluidi non fissano lo spazio, non legano il tempo. I fluidi non conservano mai a lungo la propria forma, e sono sempre pronti a cambiarla. I fluidi viaggiano con estrema facilità, scorrono, traboccano, si spargono, tracimano, colano, gocciolano. La straordinaria mobilità dei fluidi è ciò che li associa all'idea di leggerezza.



Figura 52 acqua allo stato liquido

> Concept, l'ufficio liquido

Fluidità e movimento sono secondo Bauman le caratteristiche principali della nuova epoca liquida, gli aspetti fondamentali della società in cui viviamo.

L'idea è stata quella di mettere a confronto due termini tra loro apparentemente distanti: L'ufficio e la fluidità, dove è interessante trovare un legame, delle analogie.

Si è interpretato il concetto di fluidità attraverso l'ufficio "liquido", in linea con le tendenze di una società liquida, dove quindi anche le condizioni dei lavoratori non sono più statiche, legate ad un luogo, ma dinamiche e dove anche lo spazio deve avere tali caratteristiche per permettere di produrre creatività.

Al concetto di "modernità liquida" ad esempio Bauman contrappone il concetto di "modernità solida". Le differenze tra lo stato solido e lo stato liquido di un corpo, vengono utilizzate come metafore per descrivere le condizioni nelle quali è destinato a vivere l'uomo moderno. L'analogia con lo scenario dell'ufficio identificato può essere vista con il passaggio dallo spazio ufficio tradizionale a quello di oggi.

Questa tendenza di lavorare sempre più in luoghi diversi e senza orari e producendo per lo più valore immateriale porta il lavoro ad avere le caratteristiche dei fluidi. Diviene flessibile, non più rigido, ma liquido nel modo di lavorare e nel modo di intendere gli spazi. La fluidità che caratterizza l'esperienza del lavoratore del nostro tempo è dunque, comportamentale, e spaziale. Come Bauman contrappone la società moderna, che rappresenta il lato solido, a quella contemporanea, liquida, anche lo spazio dell'ufficio tradizionale può essere visto in tal modo rispetto

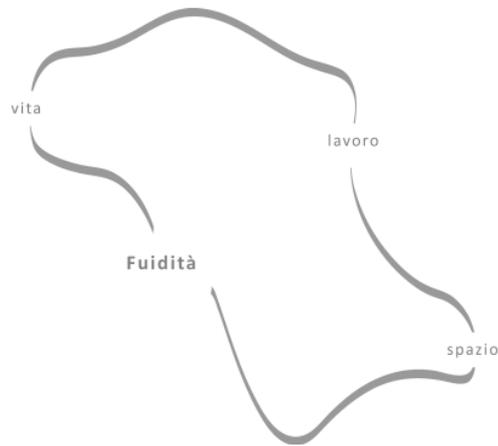


Figura 53 concetto di fluidità. Nella vita secondo Bauman e nell'ufficio liquido inteso come ridefinizione del modo di lavorare e dello spazio

a quello di oggi.

Diventando liquido il lavoro quindi, a sua volta anche lo spazio subisce tale influenza, diventa liquido, cioè cambia, ma non scompare. La tecnologia porta ad un annullamento della materia, e l'ufficio diventa virtuale, necessitando però comunque di un luogo di confronto e collaborazione con gli altri. Si rispazializza e si riorganizza secondo forme spaziali diverse.

Per muoverci fluidamente abbiamo bisogno di spazi fluidi. Lo spazio fluido è come sostiene anche Bauman uno spazio che non ha mai una forma fissa, ma che prende forma modellandosi su esigenze e situ-

azioni, come quello del lavoro.

Nel lavoro stiamo assistendo alla vendetta del nomadismo sul principio della territorialità e dell'insediamento. Miglioramento e progresso sono intimamente legati alle nozioni di piccolo, leggero, trasferibile. Viaggiare a mani libere. Ancorarsi ad un posto non è così importante se questo posto può essere raggiunto e abbandonato quando si vuole, in poco tempo.

Da questa ridefinizione del modo di lavorare e di intendere gli spazi è stato pensato di creare dei microscenari dell'ufficio, facendo scomparire le tradizionali forme di classificazione dello spazio, verso una rispazializzazione. Alla scomparsa di vecchie forme di luoghi in cui lavorare se ne affermano altre, come prevedendo ciò che succederà e proponendo delle soluzioni acustiche da inserire in questi spazi, piuttosto che nel solito ufficio tradizionale (fig. 54).

Sono stati formulati una serie di concept office basati sul concetto di "non luogo", anche questo utilizzato da Bauman per differenziare i luoghi di oggi da quelli di ieri, che riguardavano uno spazio relazionale identitario storico in cui i soggetti si riconoscevano al suo interno. Al concetto di "luogo" si è sostituito il concetto di "non luogo" che ha caratteristiche opposte, riguarda gli spazi di transito, di attraversamento, che sono pensati a prescindere dalla relazione, infatti, non sono identitari cioè non sono spazi in cui ci si riconosce come appartenenti (classici non luoghi sono l'aeroporto, la stazione).

Nella contemporaneità proliferano questi spazi che sono pensati attorno a dei fini, essi sono come degli incroci di mobilità, dove il rapporto principale si svolge tra il luogo e l'individuo.

I luoghi della moderna società liquida che, proprio come quest'ultima,

Scenario/ l'ufficio liquido



ieri

L'ufficio solido

luogo- SPAZIO SOLIDO



Figura 54 caratteristiche dell'ufficio liquido

non hanno confini definiti, sono dinamici fluidi ed aperti, tecnologicamente integrati e sempre più eterogenei, come dovrebbero essere gli uffici, che possono trasformarsi in base alle necessità, per seguire un modo di lavorare più dinamico.

L'ufficio liquido è quindi un "non luogo" di passaggio dove tutto è temporaneo e in cambiamento proprio come lo stato dei liquidi (fig. 56).

I microscenari individuati, l'ufficio minimo, in affitto, a casa, mobile, in viaggio, virtuale e pubblico hanno quindi tutte le caratteristiche che li ac-

comuna : sono non luoghi in cui questo lavoratore può operare in condizioni di comfort per arrivare alla produttività.

Spazi liquidi, temporanei, dove si sviluppa creatività, sono uffici nomadi per un lavoratore in movimento, le cui necessità sono solo di avere uno spazio confortevole e pochi elementi tecnologici e non quali una connessione, un computer, un piano di appoggio e una seduta (fig. 55).

È proprio in uno di questi spazi, che si può pensare di intervenire in senso acustico, pensando cioè ad una correzione adatta alla direzione presa dal nuovo modo di lavorare.

I problemi acustici che possono sorgere in questi scenari sono di privacy, essendo luoghi di transito e di passaggio dove si lavora insieme ad altre persone, ma anche di interazione, perché per produrre conoscenza, come già affrontato, è necessario il confronto con altre figure. Problematiche di privacy e di interazione allo stesso tempo.

Una volta definiti gli scenari e generati una serie di input (scheda 37), il passo successivo è stato quello di individuarne uno su cui agire e proporre delle soluzioni.

utente > knowledge worker

spazio > necessità:



Figura 55 elementi necessari al knowledge worker per sviluppare valore immateriale

Scenario/ l'ufficio liquido



Figura 56 caratteristiche dell'ufficio liquido

parole chiave:

- mobilità (lavoratore)
- flessibilità (dello spazio)

> Microscenari dell'ufficio liquido

Quali sono allora i nuovi paradigmi dell'ufficio liquido?(fig. 57).

- l'ufficio minimo: Inteso senza pensare ad uno spazio fisico, creato solo dal lavoratore che può trovarsi ovunque e decidere di isolarsi o meno attraverso la tecnologia. Le sue caratteristiche sono di leggerezza ed essenzialità (fig. 58) ;
- l'ufficio in casa: Pensato per il lavoratore che ha necessità o volontà di lavorare tra le mura domestiche. Le sue caratteristiche sono di occupare poco spazio, deve quindi essere richiudibile e multifunzione (fig. 59);
- l'ufficio in affitto: Ufficio come luogo da prendere in affitto a tempo o ad ore, tendenza che si sta sviluppando molto negli ultimi tempi [vedi uffici coworking, capitolo 4](fig. 60);
- l'ufficio in viaggio: Pensato come una postazione temporanea all'interno di spazi pubblici, di transito, quali ad esempio l'aeroporto (fig. 61);
- l'ufficio mobile: Inteso come un ufficio portatile quindi leggero, compatto, o su due ruote(fig. 62);
- l'ufficio pubblico: Un ufficio come una sorta di microambiente da posizionare nei luoghi pubblici della città, all'aperto (fig. 63);
- l'ufficio virtuale: Le sue caratteristiche sono l'utilizzo della tecnologia per comunicare, quindi anche questo ufficio può essere ovunque in quanto è il modo di lavorare che cambia, può essere ad esempio una postazione che utilizzi un tavolo touch screen (fig. 64).

Scenario/ l'ufficio liquido



concept

nuovi scenari liquidi >



Figura 57 microscenari dell'ufficio liquido

Scenario/ l'ufficio liquido



l'ufficio minimo: ispirazioni



come agire in questo scenario?

kit acustico (mezzo di protezione individuale)

- controllo del rumore attivo (cuffie con mascheramento sonoro)
- controllo del rumore passivo (cuffie che isolano dall'ambiente esterno)

Figura 58 immagini rappresentative dell'ufficio minimo

Scenario/ l'ufficio liquido

concept

l'ufficio in casa: ispirazioni



come agire in questo scenario?

postazione (azione sul contesto)

requisiti:

- poco spazio
- richiudibile
- multifunzione



Figura 59 immagini rappresentative dell'ufficio in casa

Scenario/ l'ufficio liquido



l'ufficio in affitto: ispirazioni



come agire in questo scenario?

elemento di arredo: gestione del rumore attivo/passivo (azione sul contesto)

-azione sulle superfici del locale (geometria della stanza ed arredi)-

Figura 60 immagini rappresentative dell'ufficio in affitto

Scenario/ l'ufficio liquido



l'ufficio in viaggio: ispirazioni



Figura 61 immagini rappresentative dell'ufficio in viaggio

Scenario/ l'ufficio liquido



l'ufficio mobile: ispirazioni



come agire in questo scenario?

ufficio portatile trasportabile, compatto, leggero
ufficio su due ruote



Figura 62 immagini rappresentative dell'ufficio mobile

Scenario/ l'ufficio liquido



l'ufficio pubblico: ispirazioni



come agire in questo scenario?

microambiente in spazio aperto

- rifugio
- cellula portatile
- container



Figura 63 immagini rappresentative dell'ufficio pubblico

Scenario/ l'ufficio liquido



l'ufficio virtuale: ispirazioni



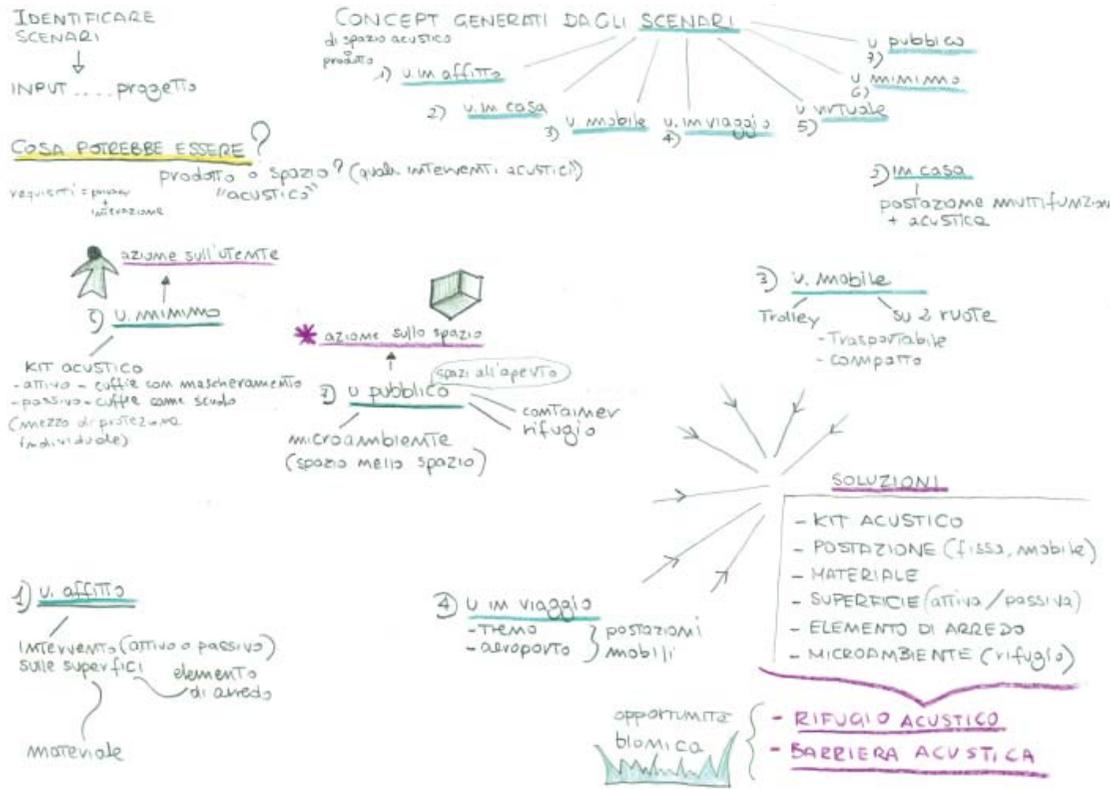
come agire in questo scenario?

- microambiente
- superficie
- elemento di arredo

Figura 64 immagini rappresentative dell'ufficio virtuale



scheda 37



Il Parte - Definizione concept

Capitolo 8 - L'ufficio liquido/ sviluppo

Per muoversi fluidamente,

abbiamo bisogno
di spazi fluidi.

L'eliminazione di pareti fisse

e l'ausilio di pareti mobili

rende lo spazio

fluidi e mutevole.

>> Microscenari liquidi: l'ufficio in affitto



Tra gli scenari liquidi identificati si è deciso di intervenire sulle problematiche di rumore riscontrate nell'ufficio in affitto (tipologia analogabile con gli spazi di coworking, di cui si è parlato nella prima parte, che si stanno diffondendo un po' ovunque).

Questo non luogo è uno spazio aperto e condiviso dove i lavoratori, i knowledge workers lavorano e si scambiano idee e per farlo necessitano di un buon contesto. Essendo spazi aperti che favoriscono l'interazione, a livello di acustica risultano i più problematici. I requisiti definiti sono la possibilità del lavoratore di interagire con gli altri ma avendo allo stesso tempo momenti di privacy (scheda 38).

Figura 65 lo scenario identificato

> Step

scenario >
 ufficio in affitto
 utente >
 knowledge worker
 problematica acustica >
 rumore aereo: parola
 requisiti acustici >
 INTERAZIONE + PRIVACY
 obiettivo >
 comfort acustico
 requisiti dello spazio >
 flessibilità delle postazioni, possibilità di cambiare lo spazio.
 intervento > acustica passiva, sulle superfici.
 Scelto lo scenario dell'ufficio in affitto e stabilito l'obiettivo, il passo successivo è stato quello di analizzare le problematiche all'interno dello spazio identificando dei requisiti e capire come ottenere tale obiettivo (fig. 66).



Figura 66 macroaree del percorso progettuale

scheda 38

scenario individuato > l'ufficio in affitto - caratteristiche

lavoro nomade - ufficio nomade



utente: knowledge worker

COMFORT + MOBILITÀ + CONDIVISIONE + COLLABORAZIONE

- possibilità di lavorare insieme ad altri professionisti in uno spazio condiviso affittato per periodi più o meno brevi
- concezione del lavoro orizzontale ovvero lontano dai concetti gerarchicamente piramidali
- collaborazione tra menti creative

EFFETTI POSITIVI

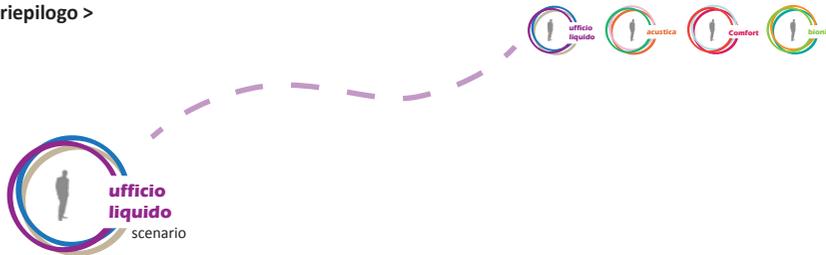
flessibilità di utilizzo degli spazi e del lavoro, possibilità di ricevere feedback da punti di vista professionali diversi, scambio di idee

EFFETTI NEGATIVI

troppo rumore, mancanza di riservatezza, distrazioni. necessità di interazione ma anche di privacy.

scheda 39

riepilogo >



che tipo di ufficio?

l'ufficio della conoscenza

interesse per un luogo dove si realizza la produzione intellettuale, perchè per produrla è necessario che vi sia un buon contesto. Infatti il contesto ha un forte impatto sulla capacità innovativa degli individui. Alla progettazione degli uffici si da quasi sempre una valenza estetica e il compito di mettere il numero massimo possibile di postazioni. I cambiamenti significativi nel modo di progettare gli spazi di lavoro sono invece legati più alle nuove tecnologie informatiche che ad un'analisi degli individui. Questo tipo di relazione(spazio-individuo) è poco studiata.

che tipo di spazio?

in affitto

è uno spazio condiviso e quindi presenta più criticità essendo un punto di incontro tra diverse utenze.
Spazio che favorisce la rotazione, non c'è un'assegnazione precisa, ogni giorno chi affitta un posto si siede dove capita.
Spazio flessibile che deve poter cambiare in base alle attività svolte.

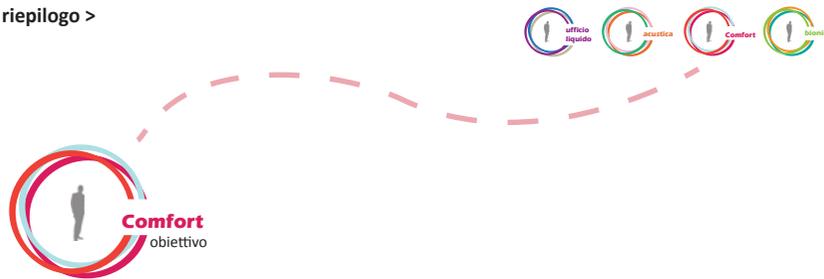
che tipo di lavoratore?

knowledge worker

lavoratori nomadi, persone che lavorano in equipe o singolarmente, che si confrontano e si muovono in più parti dello spazio personalizzandolo a seconda delle necessità, svolgendo attività diverse nella stessa giornata con la necessità di essere stimolate da un ambiente di lavoro gradevole, che non deve essere un ostacolo (il contesto è fondamentale per il benessere).
Maneggiano informazione e conoscenza e i contesti dove questi innovatori operano sono diversi.

scheda 40

riepilogo >



che cos'è?

il comfort ambientale è il **benessere psicofisico** delle persone che vivono in un ambiente. Il **comfort acustico** incide notevolmente sulla qualità del lavoro



benessere acustico : condizione di benessere determinata, in funzione delle percezioni sensoriali di un individuo inserito in un ambiente, da temperatura, umidità dell'aria e livello di rumorosità condizione in cui un soggetto non sia disturbato nella sua attività dalla presenza di altri suoni e non subisca danni all'apparato uditivo provocati da una esposizione a fonti di rumore.



acustica/privacy soddisfacente >

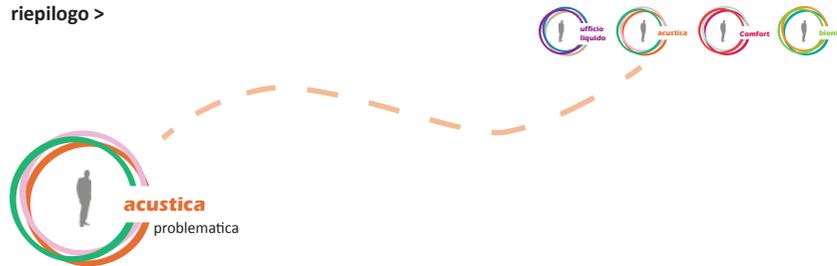
miglioramenti nelle performance sono attribuiti alla migliore insonorizzazione degli uffici. Circa il 30% sono i miglioramenti osservati in un ambiente con una migliore insonorizzazione

come ottenerlo?

attraverso il contesto. Per produrre conoscenza è necessario un buon contesto. Quindi focalizzazione sullo spazio. Un buon contesto si ottiene attraverso l'adeguato uso di luce, suono e temperatura, in quanto stimolano i sensi e quindi la creatività. Al contrario un ambiente poco confortevole crea situazioni di stress. Focus sull'adeguato uso del suono, in quanto tra i fattori che influiscono sulla produzione di conoscenza all'interno degli spazi.

scheda 41

riepilogo >



quali problematiche?

privacy + interazione

Per produrre conoscenza c'è bisogno di interazione, quindi gli uffici condivisi risultano i più indicati ma hanno la problematica della mancanza di privacy acustica.

INTERAZIONE + PRIVACY = CONOSCENZA



PRIVACY



INTERAZIONE



BENESSERE

come intervenire?

interventi acustici sulle superfici

Quali sono le soluzioni attuali, utilizzate per risolvere il problema della mancanza di comfort acustico?

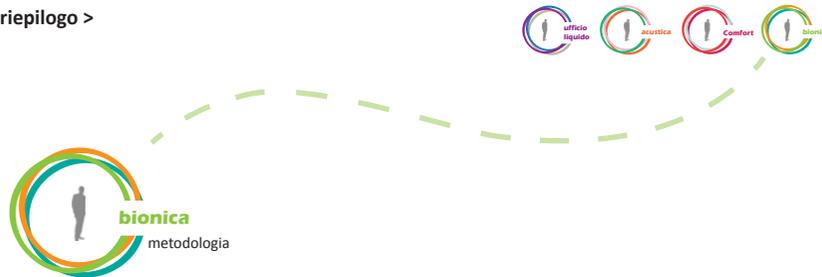
Sono interventi sulle macrosuperfici della stanza (pareti, pavimento, soffitto) quindi potrebbe essere interessante intervenire sulle microsuperfici (arredi), considerando che negli spazi aperti hanno un ruolo fondamentale.

L'ufficio liquido/ sviluppo



scheda 42

riepilogo >



dove cercare la soluzione?

nella bionica

Una volta identificati i requisiti del progetto si passa alla ricerca nel mondo biologico. Ci si chiede: come risolverebbe la natura tali problematiche?

>> La problematica acustica

A livello di acustica all'interno di un locale come già visto, sono la geometria della stanza e le superfici interne ad incidere maggiormente sulla qualità del suono e negli open space come in questo caso, incidono molto anche gli arredi. Quindi da qui la decisione di agire sulle microsuperfici del locale. L'obiettivo acustico è stato quello di arrivare ad un giusto rapporto segnale-rumore, agendo sul riverbero per arrivare ad una buona intelligibilità della parola, i fattori acustici che incidono maggiormente. I rumori più fastidiosi in questa tipologia di uffici aperti sono quelli aerei e in particolare la parola (vedi capitolo 3).

La correzione acustica può avvenire agendo sulla sorgente di rumore ma quando non è possibile si deve cercare di agire limitando la propagazione attraverso dei sistemi di acustica attiva (mascheramento sonoro) o passiva (pareti, soffitti, pavimenti con alto coefficiente di assorbimento). Come fare in modo di ottenere il comfort acustico senza creare divisioni all'interno dello spazio la cui caratteristica è di fluidità e flessibilità?, la scelta è ricaduta su un intervento passivo, quindi sulle superfici della stanza, ma dovendo lo spazio permettere di cambiare configurazione per attività di volta in volta diverse si è pensato di agire sugli arredi in particolar modo su degli elementi mobili, spostabili.

>> Concept di prodotto

Questi spazi devono rispondere alle esigenze di richieste diverse, a volte vengono utilizzati come ufficio e altre come luoghi in cui si svolgono riunioni e workshop e quindi non possono essere spazi fatti di elementi

rigidi e duraturi ma flessibili e temporanei.

L'idea è stata quella di pensare a quale elemento del contesto potesse essere "liquido" adatto cioè ad essere inserito in uno spazio "liquido". Questa idea di intervenire sulle superfici è stata inizialmente concretizzata in una serie di concept ideas, di come potesse essere un elemento mobile che aiutasse il lavoratore ad avere momenti di privacy e di interazione (scheda 43) cercando analogie anche nella natura.

- "parete liquida" (fig. 67);

- "rifugio liquido" (fig. 68);

- "supporto liquido" (fig. 69).

Tra i vari concept individuati la scelta è caduta sulla "parete liquida". L'eliminazione di pareti fisse e l'ausilio di pareti mobili rendono lo spazio fluido e mutevole permettendone una riconfigurazione (da parte degli utenti) quando necessario. Per quanto riguarda le soluzioni di separazione dello spazio negli uffici tradizionali, esistono ma sono solitamente semplici divisori mobili che arredano ma dove non c'è una vera attenzione all'acustica (forma e materiali); oppure quelle che pongono un'attenzione all'acustica, sono sempre legate alle postazioni di ufficio che non danno molta flessibilità (fig. 70).

In questo spazio metamorfico, non in grado di conservare a lungo la propria forma ma che sfoggia una fisionomia effimera e mutevole, si evidenzia la necessità di superfici con nuove qualità, supporti flessibili, leggeri, modificabili e fluidi capaci di subire delle metamorfosi. Poiché la sua caratteristica, sempre seguendo Bauman, è la liquidità e assume di volta in volta quella del contenitore in cui si trova, tutto è reversibile al suo interno, e ogni oggetto non è mai solo se stesso, ma sempre qualcos'altro.

scheda 43

● spazio liquido

caratteristiche:

- personalizzabile (creo le configurazioni di spazio che voglio),
- informale

● prodotto liquido

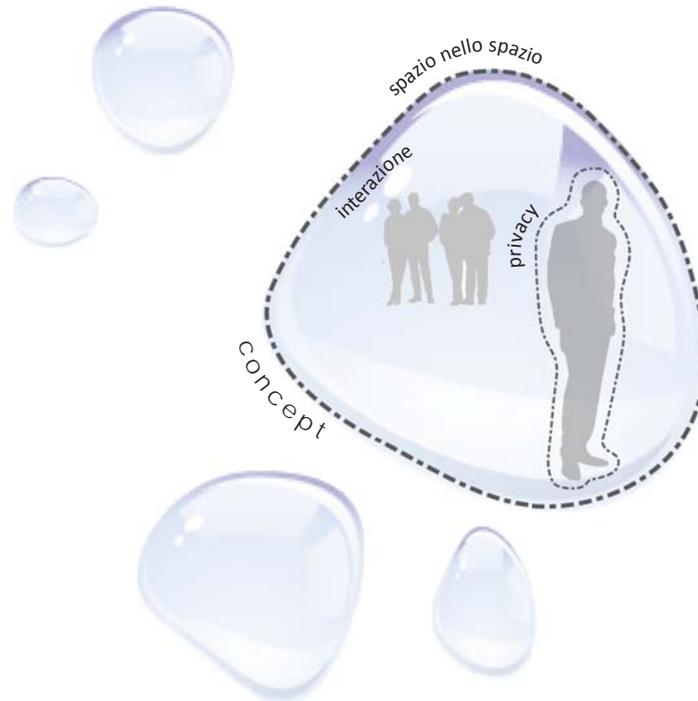
caratteristiche:

- privacy acustica + interazione,
- usato da una o più persone



concept liquidi

rifugio acustico
supporto acustico
parete acustica



L'ufficio liquido/ sviluppo

concept

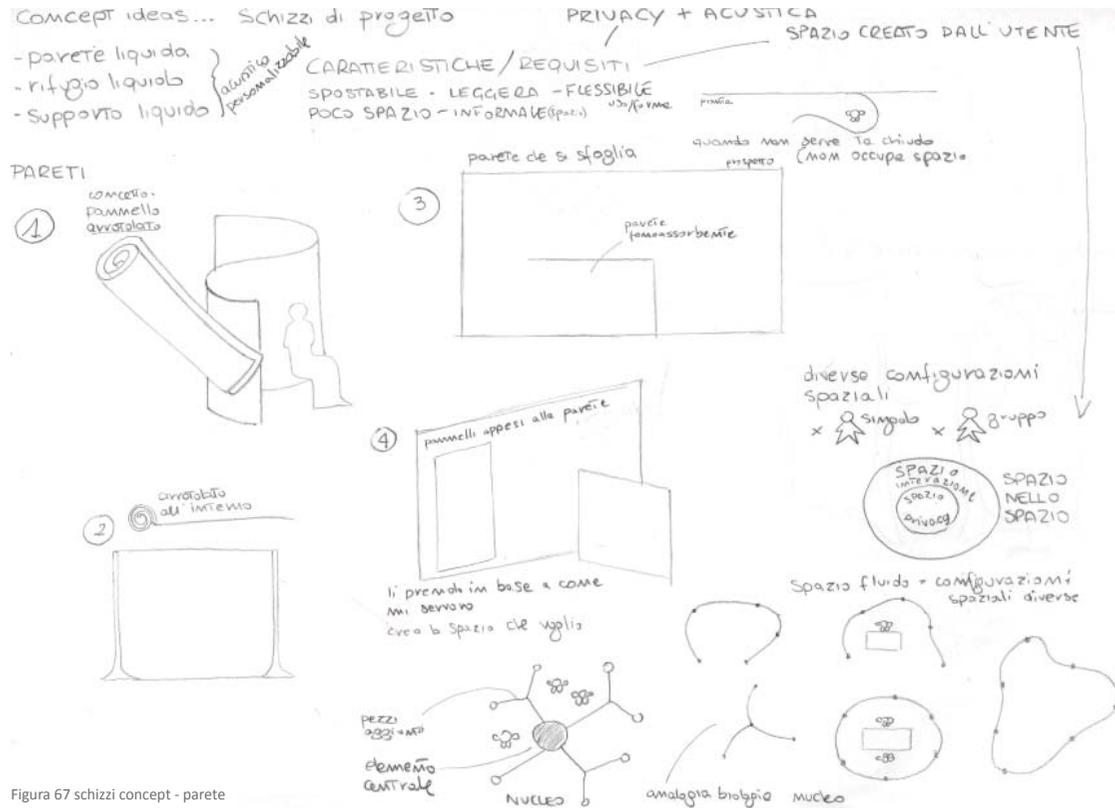


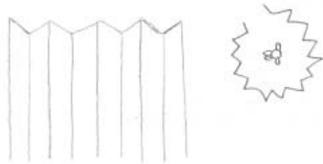
Figura 67 schizzi concept - parete

L'ufficio liquido/ sviluppo

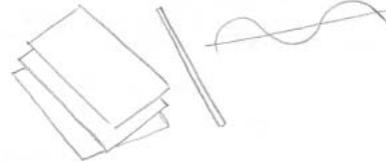


concept

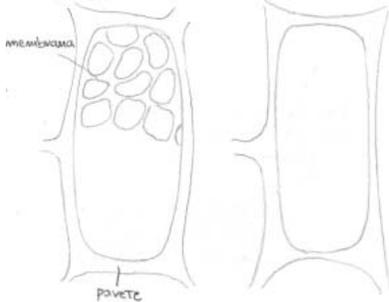
5) Flessibilità attraverso → Piegatura



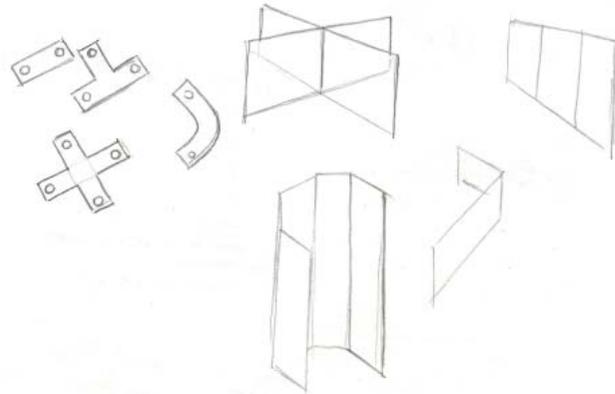
6) Pareti smontabili



Amalgama matura / parete /



7) base + pannelli da sistemare come voglio



8) Pareti concave che convogliano il suono e convesse che dissipano

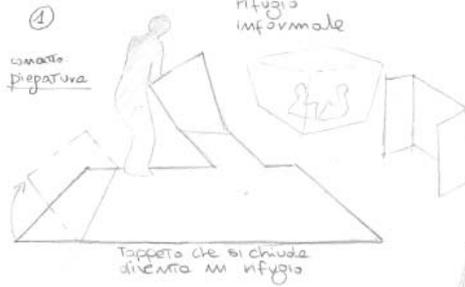


Figura 67 schizzi concept - parete

L'ufficio liquido/ sviluppo

concept

RIFUGI analogia biomica → rifugi animali



CARATTERISTICHE

- spazio intimo
- ma chiuso
- raccolto
- rifugio - microambiente



② conchiglia

cresce in base alla forma x 2 dell'organismo

↓

Trasposizione pensate a rifugio che segue la forma del corpo

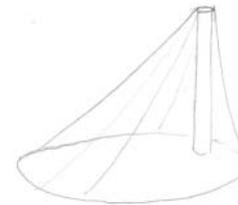
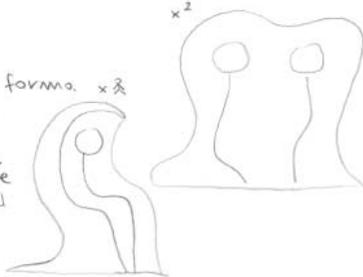


Figura 68 schizzi concept - rifugio

L'ufficio liquido/ sviluppo



SUPPORTO

1) oppeso



2) cappello



3) seduta con cappello



Figura 69 schizzi concept - supporto I

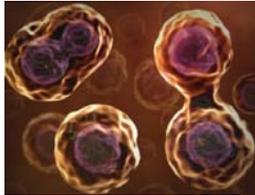
scheda 44

ispirazioni concept > prime analogie con la natura (formali e concettuali)

PARETE

SPAZIO

sistema nervoso



configurazioni spaziali



spazio fluido

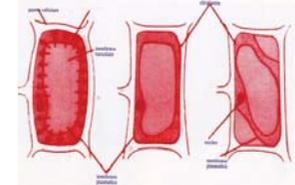


molecole



RIFUGIO

membrana cellulare



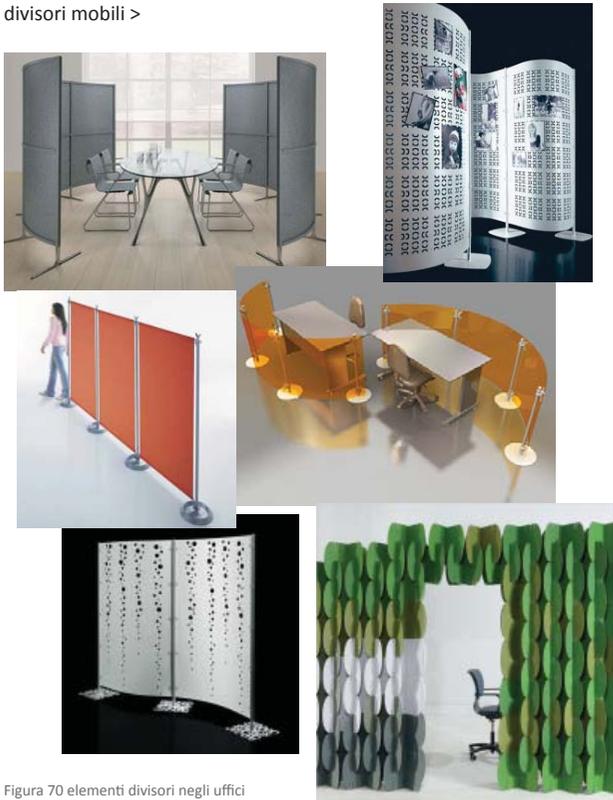
ARROTOLARSI



L'ufficio liquido/ sviluppo

concept

divisori mobili >



divisori legati alle postazioni >

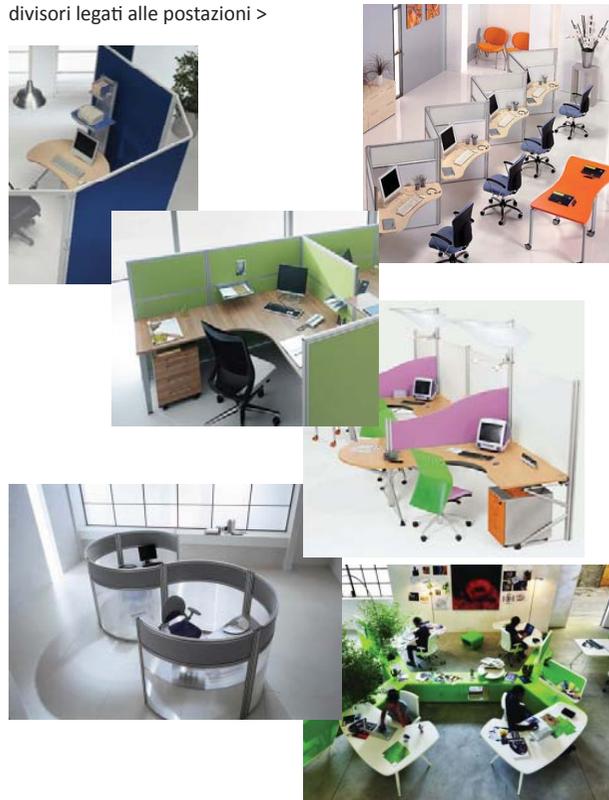


Figura 70 elementi divisori negli uffici

>> La parete liquida

Una volta stabilito che il prodotto per il controllo e la gestione dei rumori all'interno di questa tipologia di ufficio dovesse essere una parete mobile, spostabile, autoportante, flessibile, leggera, poco spaziosa ed utilizzata dal singolo o da più persone nella ricerca di momenti di privacy, si è cercato di capire, attraverso lo studio delle regole acustiche quali dovessero essere le caratteristiche di forma e materiali per arrivare ad un abbassamento della pressione sonora, aumentando l'intelligibilità della parola. Quindi il concetto è stato quello di creare una parete mobile acustica (un nuovo modo che unisse l'acustica alla fluidità nel modo di lavorare e nell'uso dello spazio) ma non in sostituzione agli interventi classici nelle superfici della stanza, quali controsoffitti, pareti e pavimenti, perchè per avere una buona correzione acustica è necessario un intervento completo nel locale. Le soluzioni acustiche innovative sono state cercate nella natura, il lavoro è stato una ricerca trasversale tra natura e regole acustiche per arrivare al concept finale. Per prima cosa però si è pensato quale funzione correttiva dovesse avere la parete, così sono stati generati e sviluppati diversi nuovi concept di progetto.

- 
- Parete liquida*
- spostabile,
 - autoportante,
 - leggera,
 - flessibile,
 - poco spaziosa

Figura 71 caratteristiche della parete

> Requisiti acustici

L'obiettivo era quello di ottenere privacy acustica, che si ottiene abbassando il rumore di fondo entro dei limiti accettabili attraverso interventi di correzione attiva (mascheramento sonoro) o passiva (barriere fonoassorbenti). Secondo la normativa all'interno degli uffici a spazio aperto si accettano livelli di pressione sonora entro i 45 dB per compiti che richiedono concentrazione, come in questo caso (vedi capitolo 3). La scelta è ricaduta su una parete fonoassorbente, in modo da abbattere il riverbero, cioè le riflessioni all'interno della stanza ed eventualmente è stato pensato di utilizzare il mascheramento elettronico tramite altri suoni (sistema abbandonato per il rischio di appesantire ancora di più l'ambiente con suoni ulteriori, se non studiato alla perfezione).



privacy acustica:
giusto rapporto tra segnale/
rumore, tramite >
fonoassorbenza

Figura 72 requisiti acustici

Che tipo di rumori si vogliono eliminare? dalle ricerche si è potuto vedere che sono i rumori delle attività antropiche (fig. 73) ad infastidire maggiormente i lavoratori e sapendo che questi rumori fanno parte delle medie ed alte frequenze l'intervento è stato pensato per assorbire le frequenze medio-alte.

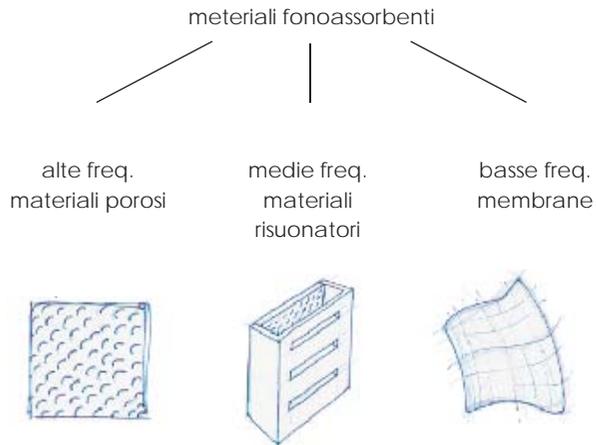


Figura 74 sistemi di fonoassorbimento

Le frequenze vanno prese in considerazione perché i sistemi di correzione acustica di fonoassorbimento gestiscono il problema diversamente in base alle frequenze che si vogliono assorbire.

Assorbimento per porosità > per le alte frequenze,

Assorbimento per risonanza di cavità > per le medie frequenze,

Assorbimento per vibrazione di membrana > per le basse frequenze (fig. 74).

In questo caso si è pensato di utilizzare un sistema misto perché capace di allargare lo spettro di frequenze (porosità + risuonatori).

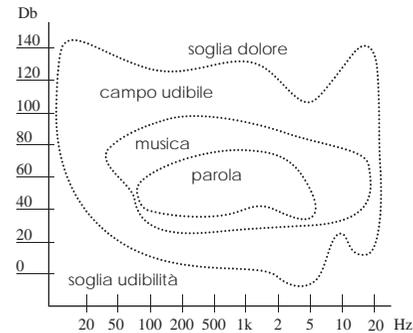


Figura 73 frequenze della voce umana

> Concept di progetto

Dalla definizione delle caratteristiche della parete e dei requisiti acustici sono nati una serie di nuovi concetti su cui lavorare, per poi arrivare alla definizione del concept finale, cercando di capire anche come la natura agisce in tal senso. (scheda 45).

>> Utilizzo della bionica

La metodologia bionica è stata utilizzata per estrarre diversi concetti (di forma, funzione, materiali e struttura). La fluidità, coincide con il modo che usa la natura di autoregolarsi alle condizioni in mutamento.

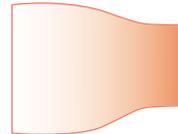
scheda 45

Parete mobile >

acustica  che funzione deve avere?

concept

ACUSTICA PERSONALIZZATA E REGOLABILE



 catturare il suono e dissiparlo

 parete che da un lato assorbe dall'altro riflette

 amplificare il suono che mi interessa

 filtrare il suono con strati di materiale

 indirizzare la parete verso i raggi sonori

 assorbimento variabile
-solo per certe frequenze (tramite materiali diversi)

 sentire la direzione delle onde sonore

 parete che gestisce: suono, temperatura, luce

 guidare il suono (spostare il suono dove non serve)

 coprire il rumore con un altro

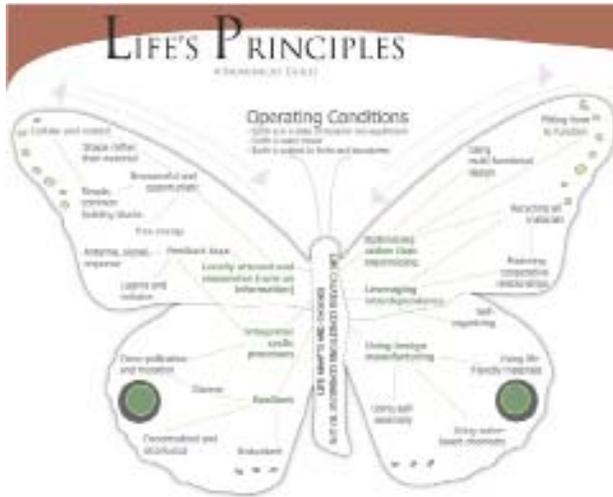


Figura 74 Life's principles

Si è cominciato a fare una prima indagine tra gli organismi viventi per identificare soggetti naturali che possiedono funzioni e caratteristiche adatti al campo di ricerca.

L'utilizzo della bionica è fondamentale in quanto si sa che la natura ha condotto esperimenti per milioni di anni per vincere la lotta per la so-

pravvivenza, creando sistemi che si autoadattano alla modificazione delle condizioni esterne, e quindi chiedendo alle specie animali e vegetali intuizioni su alcune strategie che già utilizzano per affrontare le loro sfide per la sopravvivenza, si possono trovare soluzioni innovative. Ogni organismo sulla terra, non importa in quale ecosistema della terra viva, deve affrontare le stesse regole del gioco come: la terra è basata sull'acqua, ha limiti e frontiere ed è in uno stato di dinamico non equilibrio. Ogni ecosistema possiede delle condizioni locali uniche che creano una "pressione" per certe caratteristiche di progettazione di una specie. Visto che altre specie hanno le stesse condizioni ambientali e pressioni che noi esseri umani abbiamo, è molto probabile che questi organismi abbiano già affrontato le stesse sfide che affrontiamo noi. La vita fa ricerca e sviluppo da 3.85 miliardi di anni, durante questo tempo ha imparato cosa funziona e che cosa non funziona, i fallimenti sono i fossili.

I riferimenti sono stati a diversi livelli di relazione analogica, corrispondenti a diversi gradi di complessità e astrazione:

- *livello morfologico-strutturale*: nel quale viene imitata la morfologia delle biostrutture (cellule, ossa, tessuti biologici, gusci dei mitili) per ottenere strutture con specifiche prestazioni;
- *livello funzionale*: rispetto al quale vengono imitate le logiche poste alla base dei sistemi biologici come le funzioni anti-atrito della pelle degli squali e i meccanismi di termoregolazione degli animali in condizioni ambientali esterne,
- *livello comportamentale*: che si riferisce al trasferimento di modalità comportamentali come quella reattiva o protettiva;
- *livello dell'organizzazione*: che costituisce lo stadio più elevato di

astrazione e consiste nel trasferire strategie organizzative proprie dei sistemi biologici come ridondanza, auto-adattamento, autonomia, auto-organizzazione.

Con la ricerca effettuata, si vuole mostrare l'utilizzo della metodologia bionica in un campo di applicazione specifico, in questo caso l'acustica. Il prodotto nato dalla ricerca (lasciato per lo più a livello di concept) rappresenta quindi un possibile esempio di prodotto bioispirato.

Bionica e design >

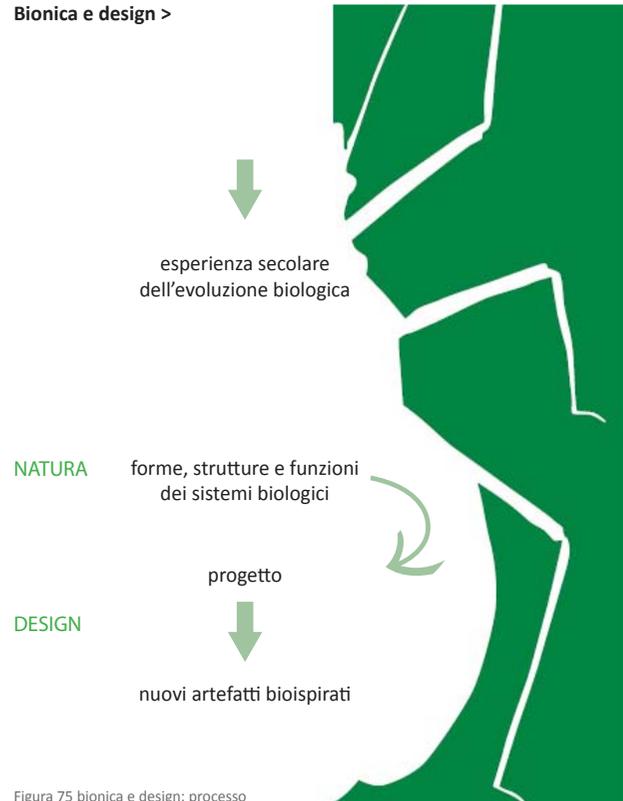


Figura 75 bionica e design: processo

III Parte - Sviluppo prodotto

Capitolo 9 - Liquidwall/ prodotto

Liquidwall

flessibilità

stratificazione

porosità

fonoassorbenza

acustica personalizzabile

simbiosi

sistema sensoriale

Scelte progettuali

Una volta definite le caratteristiche e i requisiti del prodotto, si è iniziato a ricercare nella natura analogie e concetti chiave su cui lavorare per arrivare ad una soluzione completa. La parete deve essere mobile, e permettere di scegliere momenti di privacy, creando diverse configurazioni spaziali, quindi personalizzabile, flessibile e al livello di acustica deve poter assorbire la maggior parte delle frequenze e creare all'interno dello spazio un ambiente confortevole ed informale (fig. 76).



Figura 76 ambiente informale

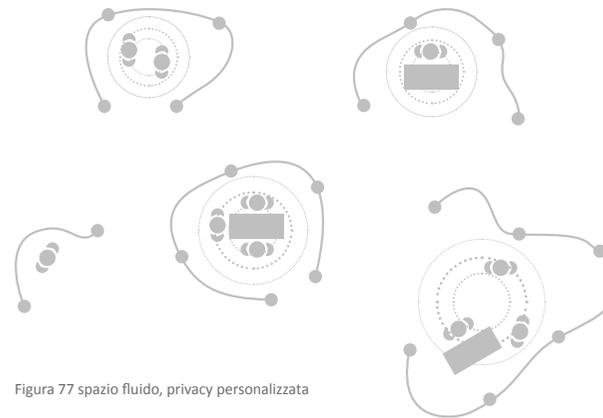


Figura 77 spazio fluido, privacy personalizzata

>> Privacy per scelta

L'utente deve avere la possibilità di usare la parete in modo autonomo, o con altre persone, può arrivare nell'ufficio e decidere di crearsi il suo spazio privato o meno, nello stesso modo in cui può affittare la postazione e le attrezzature offerte come servizio dall'ufficio. (fig. 77).

L'utente all'interno di questo spazio si sposta in modo flessibile, può stare seduto, in piedi, può avere momenti ricreativi, di privacy, isolarsi stando seduto ad una scrivania o parlando con un collega, motivo per cui si è pensata una parete avvolgente e flessibile, usata singolarmente o aggiunta ad altre (fig. 78).

Liquidwall/ prodotto

prodotto

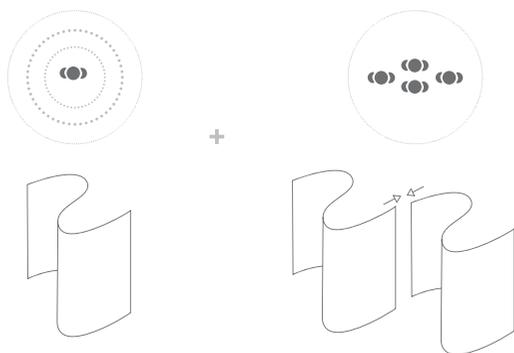


Figura 78 privacy per singolo e per gruppo

> Caratteristiche del prodotto

Il concept finale estratto è una parete mobile composta da diversi strati di materiale, dove ad ogni strato corrisponde una funzione (analogia natura). Il fatto di essere arrotolabile permette alla parete di essere spostata decidendo come disporla al momento dell'utilizzo (fig. 79). Quando la parete è arrotolata la sua funzione assorbente continua ad essere attiva (fig. 80). A livello di acustica la parete è un sistema misto nel senso che svolge una funzione fonoassorbente e risonante, grazie alla forma e al tipo di materiali utilizzati (fig. 81). Gli strati esterni sono dei listelli di mdf di media densità, all'interno è stata inserita una schiuma di poliuretano espanso composto da due strati in quanto uno dei due strati è forato e funziona quindi da risonatore acustico.

Si avrà quindi una struttura rigida esterna autoportante, ma flessibile grazie alla forma utilizzata (analogia natura) e all'utilizzo della schiuma all'interno. Le dimensioni sono state considerate in base ai percentili di un uomo medio seduto. L'utilizzo dei risonatori e del materiale poroso, a porosità non uniforme, permette di assorbire uno spettro maggiore di frequenze.

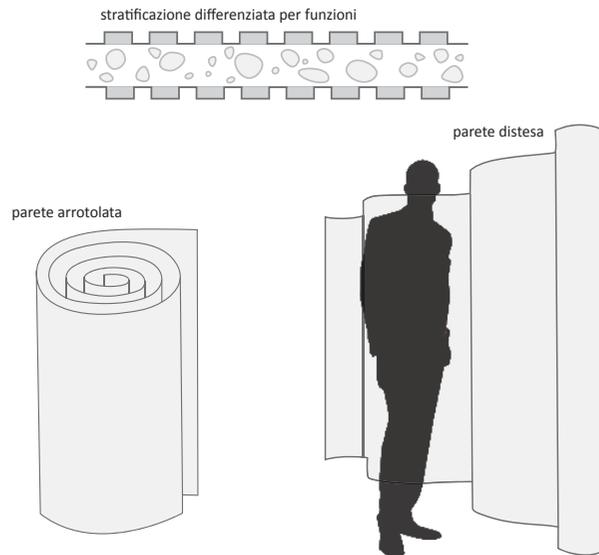


Figura 79 caratteristiche del prodotto

Liquidwall/ prodotto



prodotto

Elementi che assorbono il suono all'interno di un locale

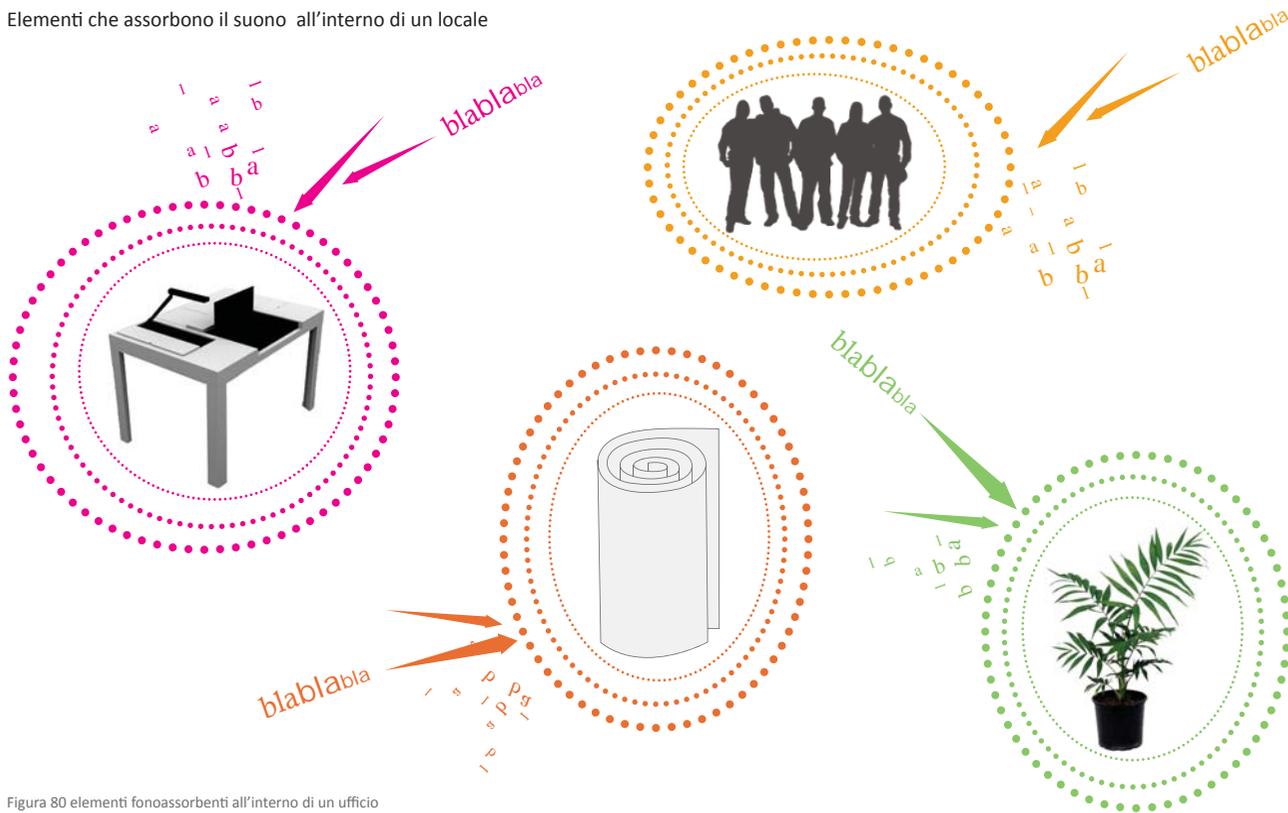


Figura 80 elementi fonoassorbenti all'interno di un ufficio



DATI RELATIVI AD UN CAMPIONE EUROPEO-POSIZIONE RILASSATA E SEDUTA

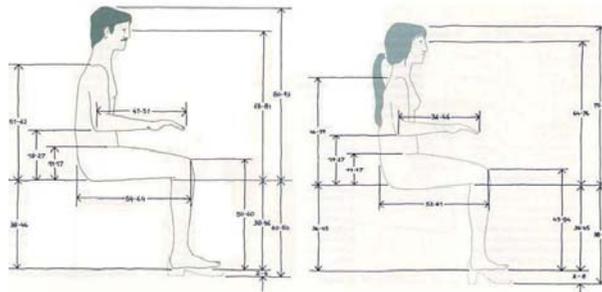
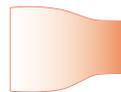


Figura 81 dati biometrici dei lavoratori europei seduti al posto di lavoro

> Acustica

concept
privacy per scelta

ACUSTICA PERSONALIZZATA E REGOLABILE



-  catturare il suono e dissiparlo
-  filtrare il suono con strati di materiale
-  assorbimento variabile
-solo per certe frequenze (tramite materiali diversi)

Dal punto di vista acustico è emersa la volontà di assorbire il suono (frequenze medie-alte - grafico 6), e per farlo si è scelto un sistema misto.

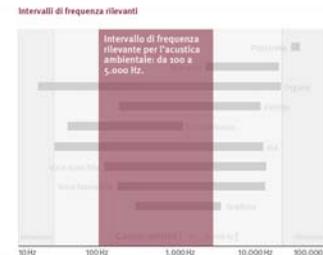


Grafico 6 frequenze da assorbire

Come si è visto l'assorbimento acustico da parte di materiali porosi è maggiore alle alte frequenze pertanto, quando si vuole allargare lo spettro di assorbimento, questi materiali vengono utilizzati in combinazione con risonatori il cui effetto è maggiore alle medie frequenze. Si ottengono così dei sistemi più efficienti.

L'abbinamento più semplice tra i due meccanismi può avvenire collocando del materiale poroso nell'intercapedine tra un pannello risonante e la parete rigida retrostante, in tal caso il pannello deve essere forato (secondo il meccanismo del risonatore di Helmholtz) per consentire all'energia sonora di raggiungere il materiale poroso. Di solito i pannelli di questo tipo sono costituiti da lastre rigide (metallo, legno, gesso ...), dalla superficie forata in vario modo. L'intercapedine viene così a costituire la cavità di una serie di risonatori tra loro comunicanti, essa può essere o meno riempita in toto od in parte di materiale poroso.

Liquidwall/ prodotto



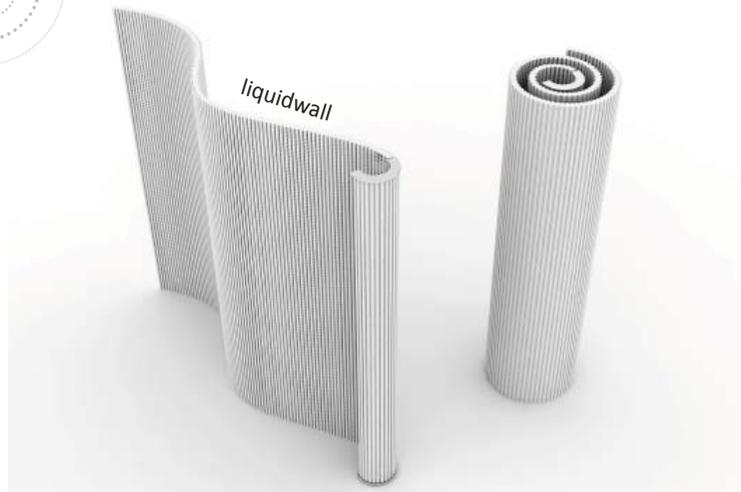
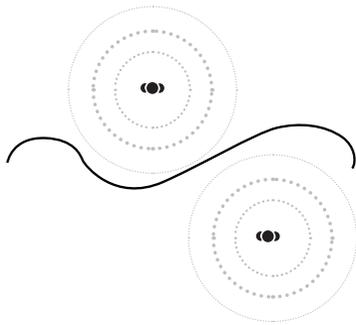
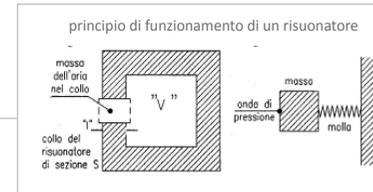
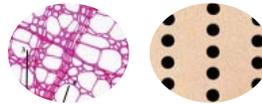
prodotto

scheda 46

Prodotto >

sistema misto

porosità + risuonatori

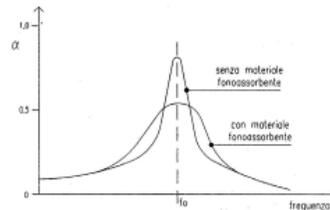




scheda 47

prodotto >

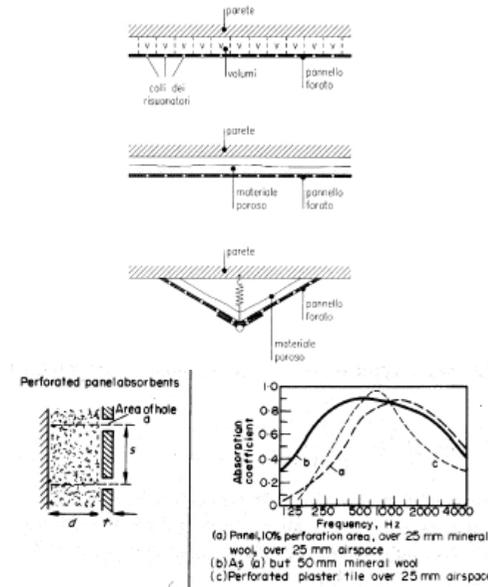
sistemi misti esistenti



Assorbimento di un risonatore in funzione della frequenza

L'inserimento di materiale poroso nell'intercapedine allarga lo spettro di assorbimento.

Questi sistemi sono costituiti da pannelli di materiali diversi, sulla cui superficie vengono praticati dei fori. Giocando con parametri quali la dimensione dei fori, la massa del materiale, il montaggio, l'utilizzo di materiale smorzante posto nella cavità d'aria è possibile ottenere trattamenti perfetti per specifiche esigenze



Liquidwall/ prodotto



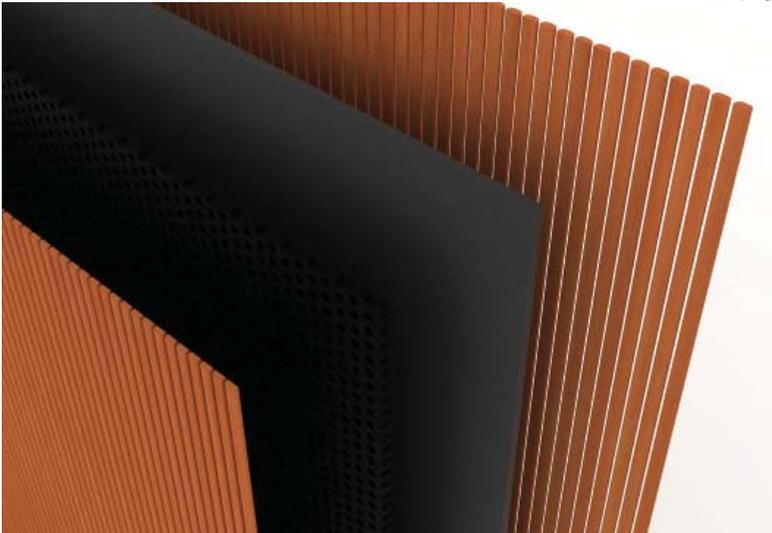
prodotto

scheda 48

prodotto >

funzionamento del sistema: l'onda sonora entra all'interno delle fessure di mdf e penetra nei fori del primo strato di schiuma poliuretana che fungono da risuonatori per poi essere assorbita dall'altro strato a porosità non uniforme ed essere quindi trasformato in calore.

- materiale poroso : schiuma di poliuretano
microcavità non uniformi per assorbire diverse frequenze
- diversa percentuale di foratura per diverse frequenze
- assorbimento per dispersione di calore





scheda 49

prodotto >

diverse grandezze di fori per assorbire diverse frequenze

3 varianti di fori

9/2

perforazione 6%



14/2

perforazione 7%



13/3

perforazione 12%



posizionamento dei fori tra i listelli

Ruolo giocato dal grado di foratura della superficie del pannello in poliuretano espanso, con retrostante materiale poroso (altro strato di poliuretano):

In linea di massima aumentando la superficie forata aumenta l'assorbimento, alle frequenze medie e alte; ma oltre una certa percentuale di foratura viene meno l'effetto del risonatore di Helmholtz, pertanto decade l'assorbimento alle basse frequenze (sotto i 125 Hz.).

In assenza di pannello in poliuretano forato resta solo lo strato non forato che assorbe alle medie ed alte frequenze.

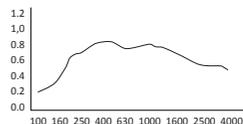


scheda 49

VALORI DI FONOASSORBENZA

a ciascuna dimensione corrispondono precise caratteristiche di fonoassorbenza

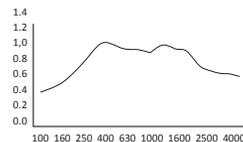
Freq. (Hz)	Risultato/Result
100	0.27
125	0.33
160	0.46
200	0.75
250	0.77
315	0.90
400	0.93
500	0.90
630	0.85
800	0.85
1000	0.88
1250	0.86
1600	0.82
2000	0.74
2500	0.64
3150	0.60
4000	0.59
5000	0.57



Medie frequenze/ Medium frequency (400-1250 Hz): 0.88

9/2

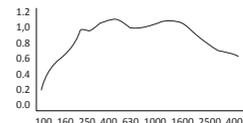
Freq. (Hz)	Risultato/Result
100	0.29
125	0.34
160	0.45
200	0.63
250	0.83
315	1.01
400	0.98
500	0.90
630	0.90
800	0.88
1000	0.99
1250	0.90
1600	0.87
2000	0.72
2500	0.63
3150	0.60
4000	0.59
5000	0.52



Medie frequenze/ Medium frequency (400-1250 Hz): 0.93

13/3

Freq. (Hz)	Risultato/Result
100	0.23
125	0.27
160	0.46
200	0.74
250	0.77
315	0.93
400	0.94
500	0.95
630	0.89
800	0.90
1000	0.94
1250	0.91
1600	0.88
2000	0.85
2500	0.75
3150	0.66
4000	0.60
5000	0.53



Medie frequenze/ Medium frequency (400-1250 Hz): 0.92

14/2



Aggiungendo materiali porosi si aumenta il coefficiente di assorbimento acustico. I materiali fonoassorbenti sono porosi, fibrosi, soffici, di basso peso specifico (lana di vetro, stoffe, feltri, ecc.) caratterizzati dalla proprietà di assorbire un'alta percentuale dell'energia sonora che li colpisce e di rifletterne quindi una percentuale minima. L'assorbimento dei vari materiali è estremamente variabile in funzione della frequenza. Per questo motivo si sono create tre versioni del prodotto ognuna con dimensioni di listelli e dei fori diverse (scheda 49).

>> Bioispirazione

Generalmente le ricerche progettuali su base bionica possono avvenire secondo due iter principali:

- bottom-up: partire da una ricerca biologica basilare e in seguito rendere disponibili le intuizioni e scoperte ai campi tecnologici per ulteriori approfondimenti e sviluppi;
- top-down: ricerca di modelli biologici adeguati alla risoluzione di problemi progettuali prefissati.

In questo caso la ricerca è partita dall'individuazione dei problemi progettuali per arrivare ad una soluzione di prodotto bioispirato sotto diversi punti di vista.

> Concetti

- struttura parete :
ricerca tra gli esoscheletri per ottenere flessibilità e rigidità allo stesso tempo

- materiali :
ricerca tra gli elementi porosi naturali per assorbire le diverse frequenze del suono
- concetto di salvaspazio:
comportamento difensivo di alcuni animali
- stratificazione :
sistemi stratificati in natura
- gestione attiva del suono:
sistemi sensoriali.

Liquidwall/ prodotto



prodotto

scheda 50

esistente >



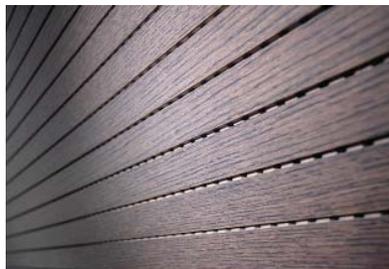
pannello in tessuto (feltro)

porosità
meno assorbimento



pannello in legno forato

sistema misto
più assorbimento



+ assorbimento
+ flessibilità

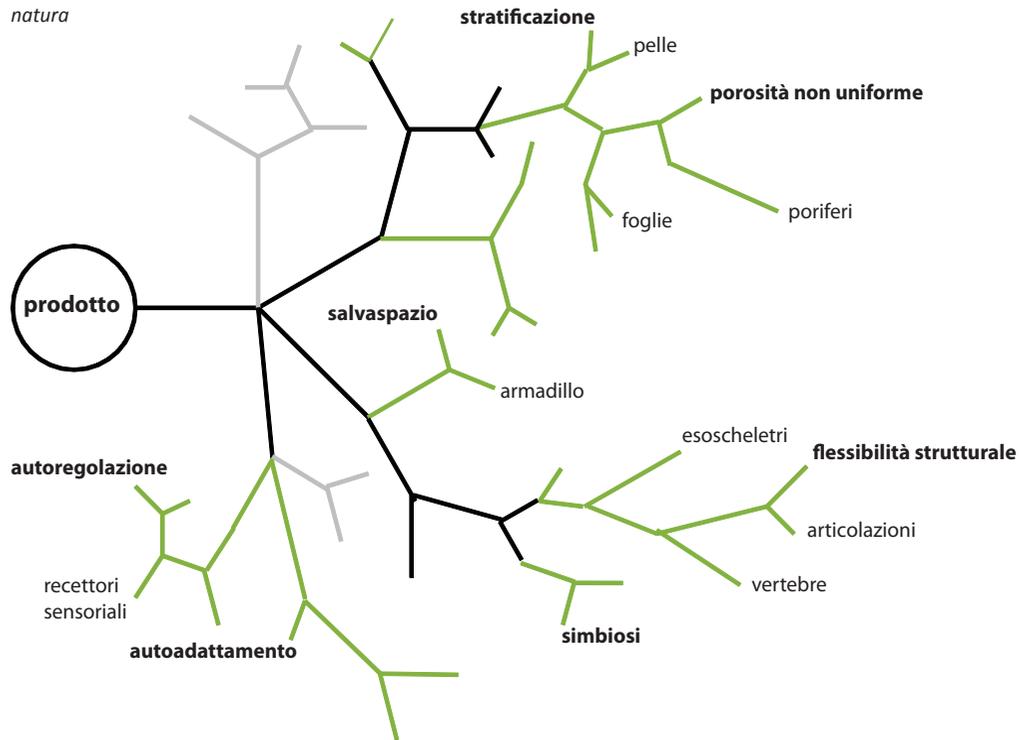


Liquidwall/ prodotto _____



bionica > concetti estratti per la forma la funzione i materiali e la struttura

natura



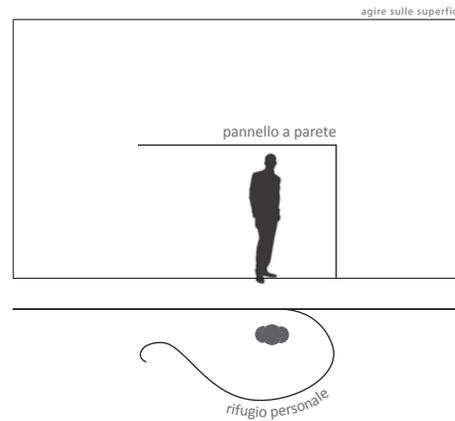
Liquidwall/ prodotto

prodotto

scheda 51

concetto iniziale >
acustica personalizzata

SUPERFICIE CHE SI SFOGLIA



La superficie, unita alla parete del locale ha una funzione di pannello fonoassorbente, (la chiudo quando non serve) mentre avvolta intorno all'utente ha una funzione di rifugio personale dai rumori.

natura > concetto di simbiosi, commensalismo
(analogia comportamentale)

vive in funzione di...

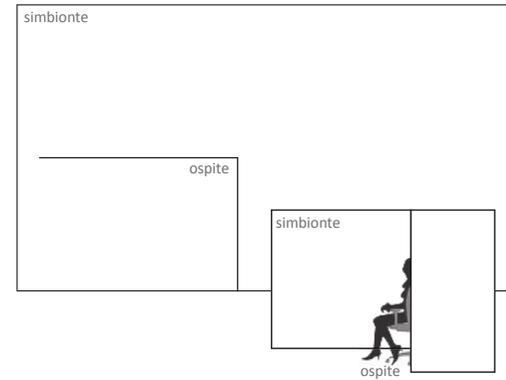
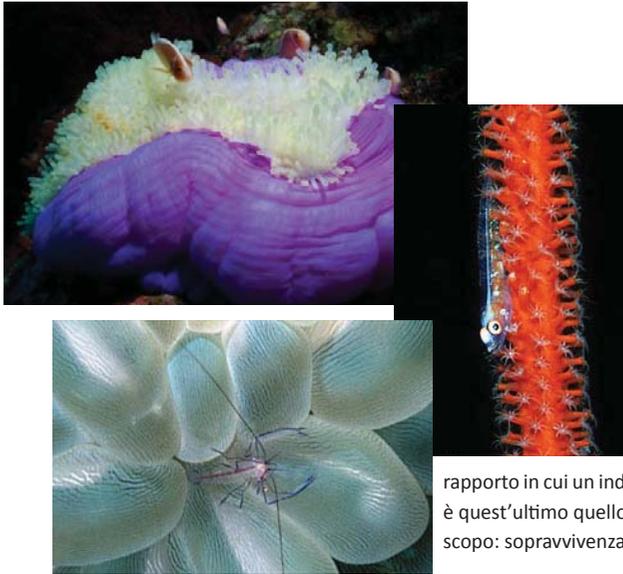


Liquidwall/ prodotto _____

_____ prodotto

scheda 52

Commensalismo >



rapporto in cui un individuo non trae nè vantaggi nè svantaggi nel rapporto con l'altro individuo, ma è quest'ultimo quello che ci guadagna nell'interrelazione.
scopo: sopravvivenza (difensivo, mimetico...)

ospite: partner più grande

simbionte: partner più piccolo

Liquidwall/ prodotto _____



scheda 53

porosità >

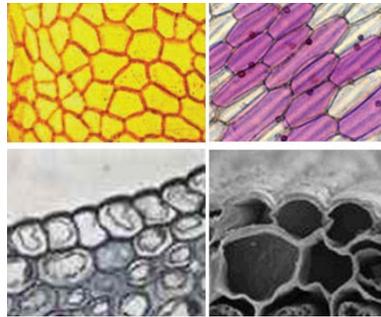
concetto : porosità non uniforme per assorbire un numero maggiore di frequenze

superfici discontinue, cavità, vuoti interconnessi da piccoli canali, e materiali cellula aperta, permettono un maggiore assorbimento acustico



+ +
porosità flessibilità

=
+
assorbimento



foglia al microscopio

Analogia in natura:

esempio di strutture a cellula aperta >

poriferi

trasposizione progettuale >

utilizzo del poliuretano espanso a cellule aperte



Liquidwall/ prodotto _____

_____ prodotto

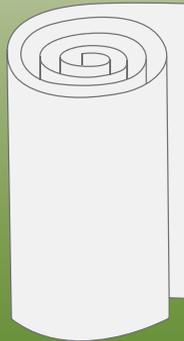
scheda 54

Sistemi di difesa > arrotolarsi



Privacy per scelta

la parete che si arrotola
sistema salvaspazio



analogia bionica =
comportamento dell'armadillo

concetto: arrotolarsi come rifugio

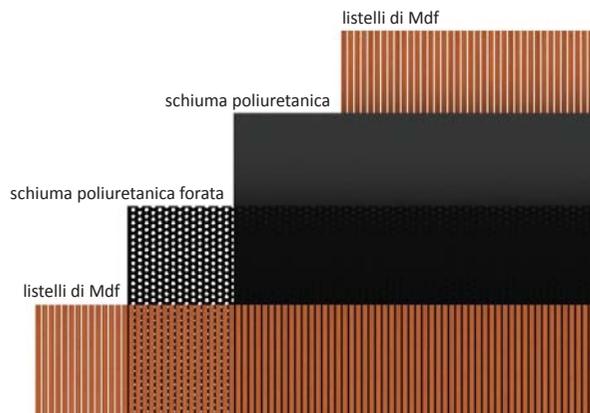
l'armadillo si appallottola prontamente su se stesso,
sfruttando la corazza formata da placche ossee che la
natura gli ha donato.

Liquidwall/ prodotto

prodotto

scheda 55

Stratificazione >



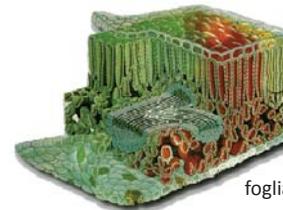
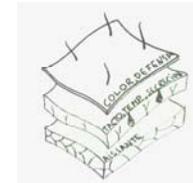
La parete è costituita da 4 strati di materiale che costituiscono il sistema misto (risuonatori + materiale poroso). Infatti il suono si incanala nelle fessure dei listelli di legno, entra poi nei fori di schiuma poliuretana per poi essere assorbito dall'altro strato di poliuretano non forato.

Analogia in natura :

Esistono in natura elementi di rivestimento stratificati: ad ogni strato è demandato lo svolgimento di funzioni specifiche, quali la protezione esterna, la traspirazione, l'isolamento termico ecc.



pelle umana



foglia

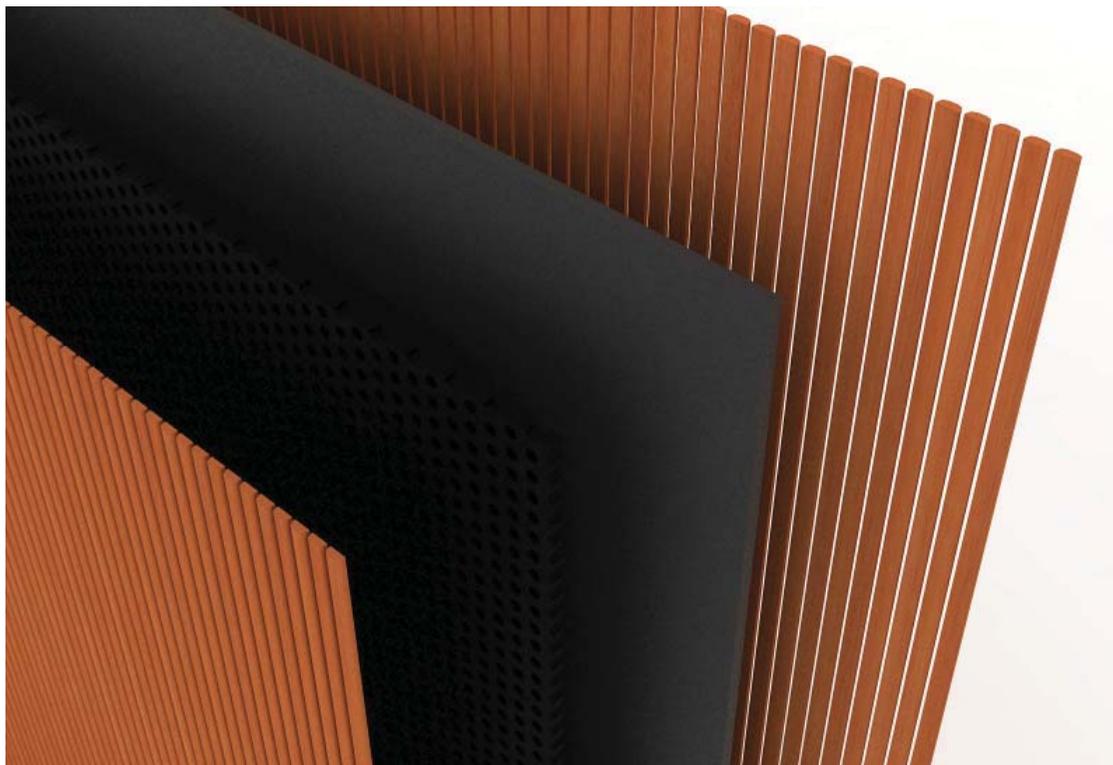
Liquidwall/ prodotto _____



prodotto

scheda 56

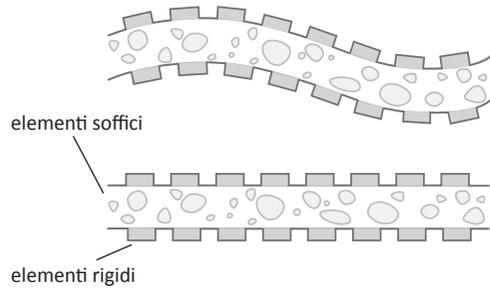
Stratificazione >





scheda 57

Rigidità + flessibilità >



analogie con la natura:

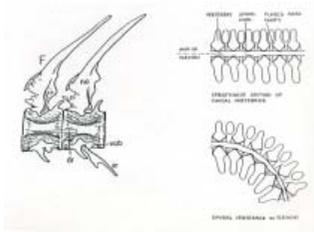
articolazioni dita umane, colonna vertebrale, esoscheletro, vertebre caudali, pelle dei rettili.

Tutti gli artropodi possiedono una sorta di corazza esterna (esoscheletro), rigida e flessibile allo stesso tempo. Le parti dure e rigide della cuticola sono unite fra loro da membrane articolate elastiche che permettono il movimento.

La pelle dei rettili è caratterizzata da una serie di rilievi cutanei rigidi connessi ad un materiale elastico di supporto (epidermide e derma). Questi elementi conferiscono alla struttura una certa rigidità senza rinunciare alla capacità di adattamento e di resistenza alle deformazioni esterne.

Le vertebre caudali di molti pesci presentano una cavità assiale svasata verso le due estremità di connessione. Tale cavità favorisce la flessione delle vertebre senza comprimere o deformare la corda assiale su cui esse si incernierano.

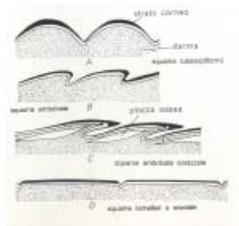
vertebre caudali



articolazione mano



pelle dei rettili



artropodo



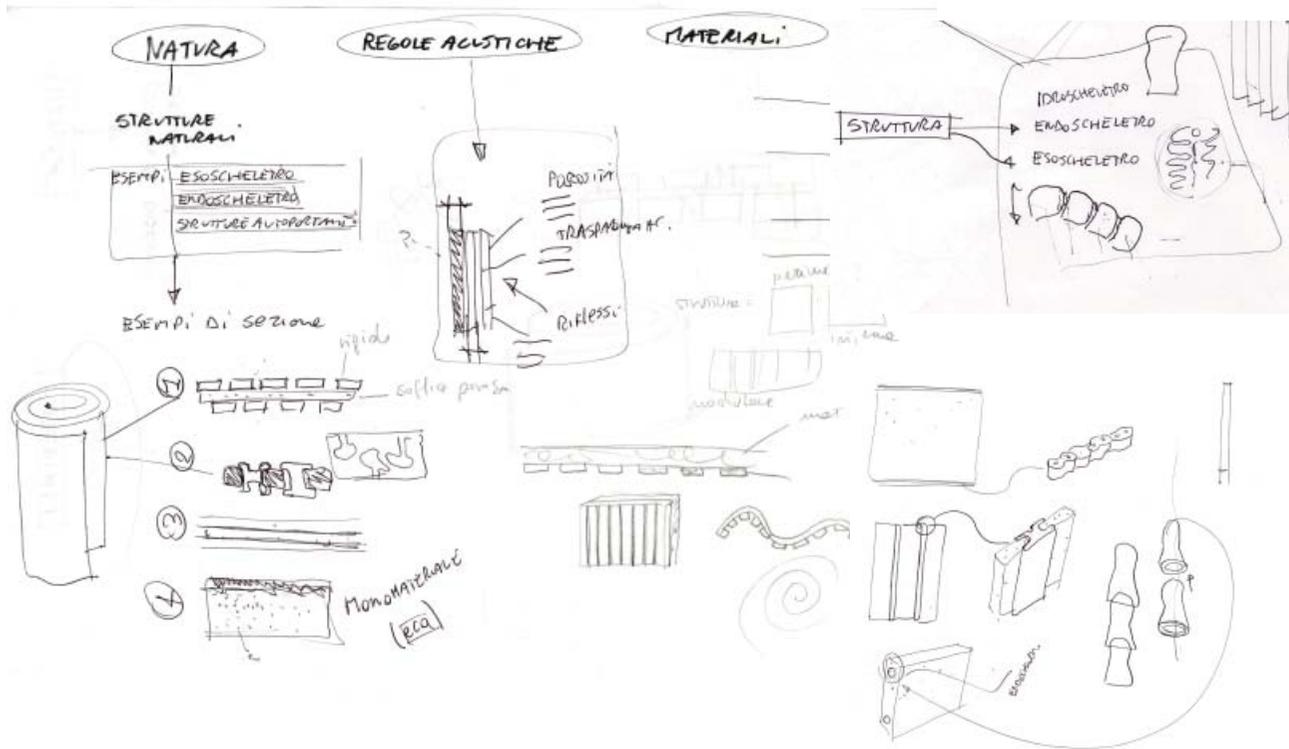
colonna vertebrale



Liquidwall/ prodotto

prodotto

studio della sezione >



Liquidwall/ prodotto _____ prodotto



Struttura:

rigidità + flessibilità

=

autoportanza e possibilità di essere arrotolata ed usata in modi diversi

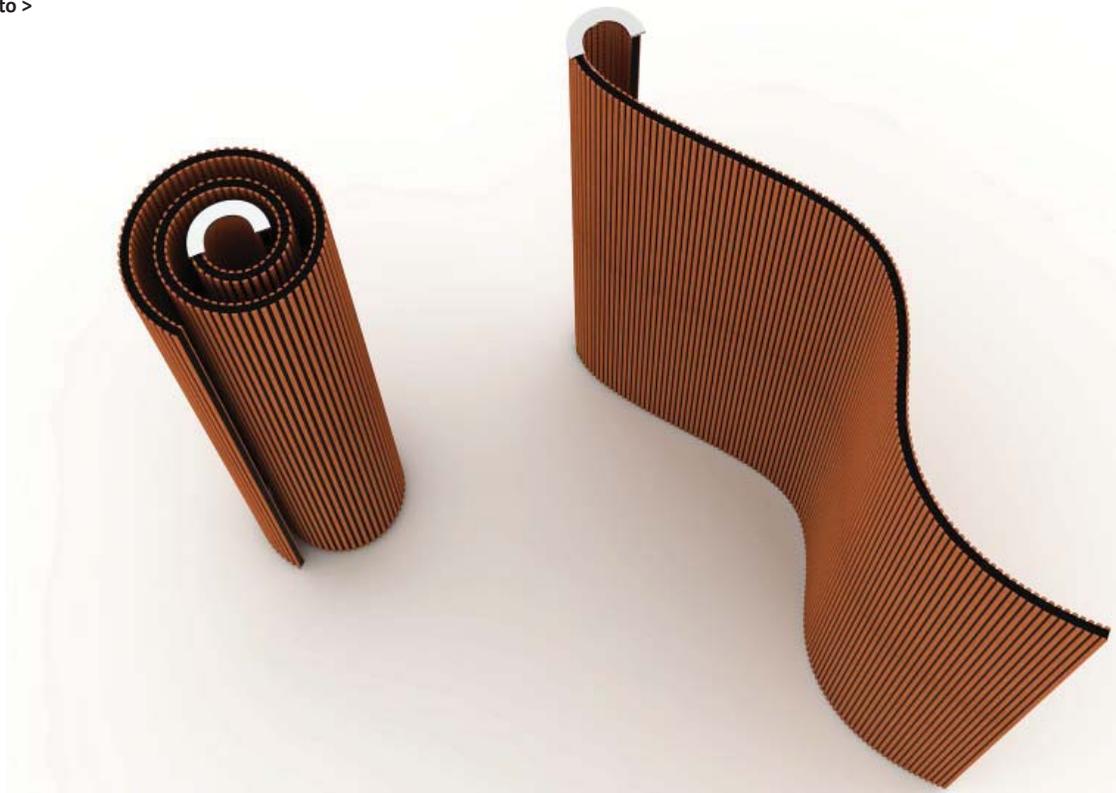


Liquidwall/ prodotto _____



prodotto

Immagini prodotto >



Liquidwall/ prodotto



prodotto

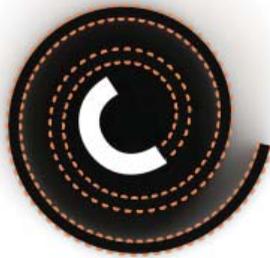
Immagini prodotto >



Liquidwall/ prodotto

prodotto

Il profilo rigido all'inizio della parete permette di dargli il verso di arrotolamento, inoltre aumenta la stabilità strutturale

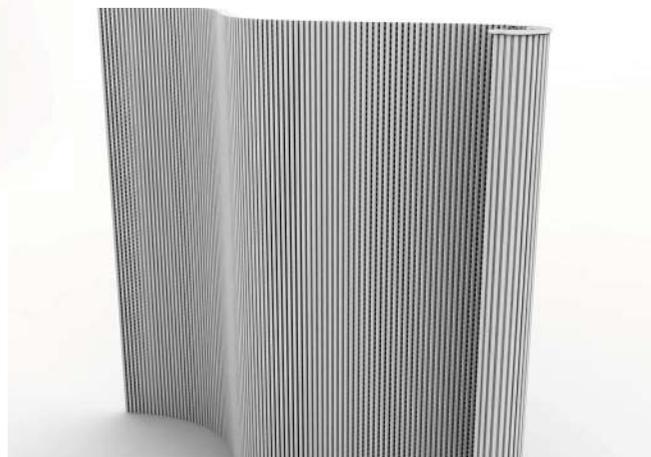
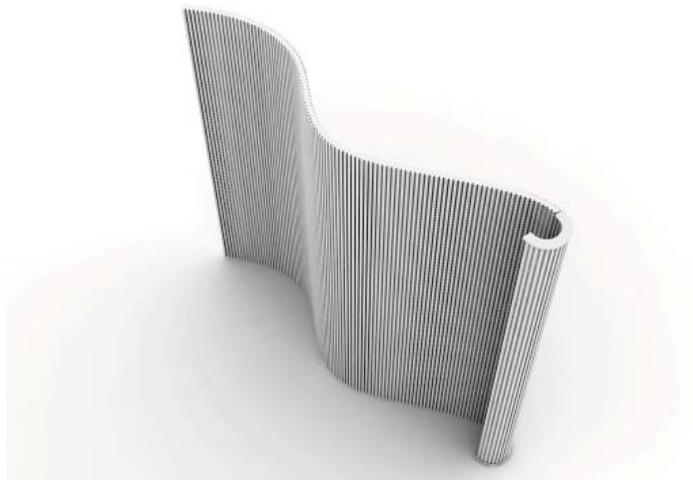


Liquidwall/ prodotto



prodotto

Immagini prodotto >





>> La parete diventa intelligente

Partendo dal concept



parete che gestisce: suono, temperatura, luce

e attraverso uno sguardo nella natura si è pensato che un possibile sviluppo della parete potrebbe essere quello di pensarla come un organismo vivente che autoregolandosi dinamicamente all'ambiente circostante è capace di gestire i mutamenti delle condizioni ambientali (luce, temperatura, suono) per creare condizioni di comfort psico-fisico, riportando equilibrio all'ambiente. Proprio come accade in natura tra quegli organismi reattivi che comunicano e scambiano informazioni con l'ambiente per sopravvivere meglio. in grado auto-adattarsi dinamicamente, al variare delle condizioni esterne, per creare condizioni di comfort.

Si è pensato quindi ad uno sviluppo della parete che da elemento "passivo" nello spazio diventa una sorta di "parete viva" che modifica le proprie prestazioni, in funzione di sollecitazioni provenienti dall'utenza o dall'ambiente.

Oltre ad avere la caratteristica di assorbire il suono tramite il sistema misto (risonatori e materiali porosi) è capace di captare situazioni errate di comfort.

La struttura tramite dei sensori potrebbe reagire al variare della luce, dell'umidità e del suono che la attraversa.

Per quanto riguarda il suono, i fori della parete che ora fungono da

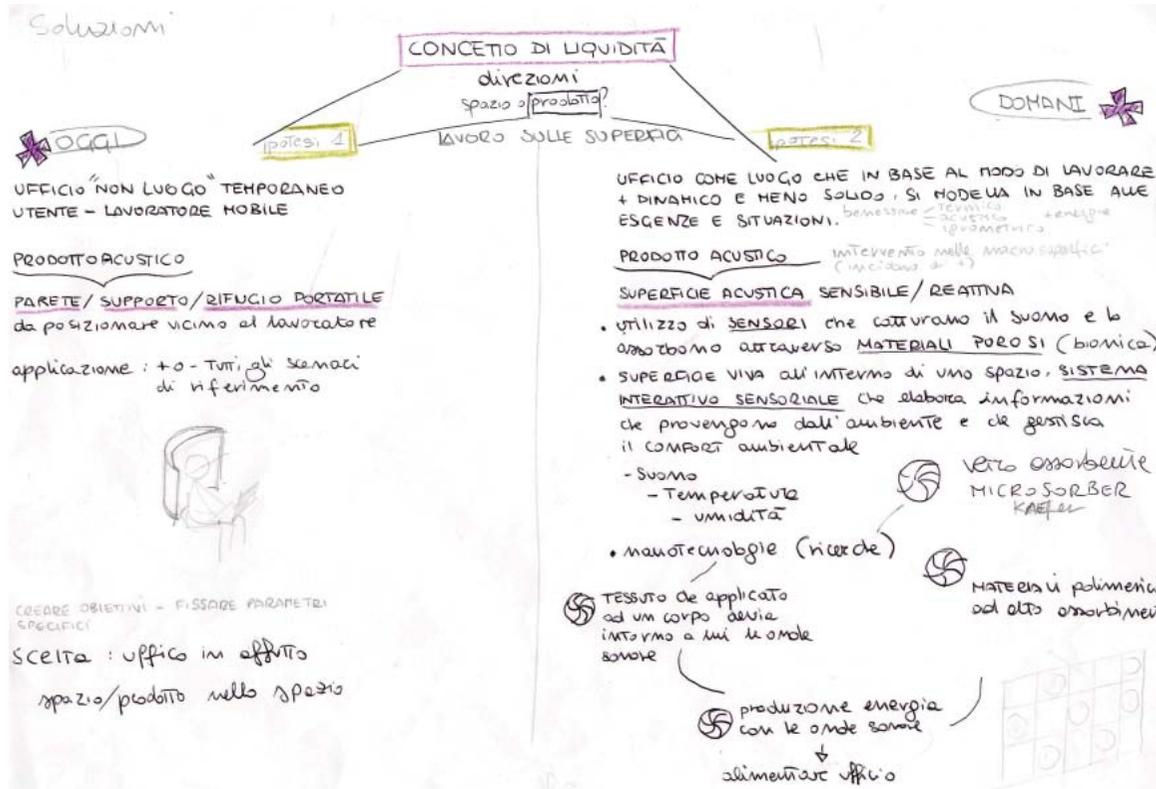
risonatori acustici potrebbero diventare attivi tramite dei sensori di suono e quindi aprirsi e chiudersi in base alle frequenze che colpiscono la parete, in analogia agli stomi delle piante in natura.

Una sorta di elemento capace di riconoscere i rumori dell'ambiente che superano un determinato livello sonoro e di rispondere riducendo l'effetto acustico.

La stessa cosa può avvenire con la temperatura, quando la temperatura dell'ambiente esterno scende al di sotto di un determinato livello aumenta il calore oppure che produce luce quando il grado di illuminamento si abbassa al di sotto di una determinata soglia. L'ispirazione biologica è esplicita. Mira a mutuare concettualmente anche i principi e comportamenti dai sistemi viventi, e a riprodurre qualità biologiche come auto-organizzazione e adattamento.

Inoltre grazie ad uno studio sulle nuove tecnologie e materiali nel campo dell'acustica è emersa la possibilità di far diventare in un futuro prossimo, la parete un "mantello del silenzio" dove le onde che colpiscono la sua superficie possono essere aggirate. Oppure potrebbe esserci la possibilità di utilizzare il suono che la colpisce come una nuova fonte di energia rinnovabile estratta dal suono (schede).

scheda 58



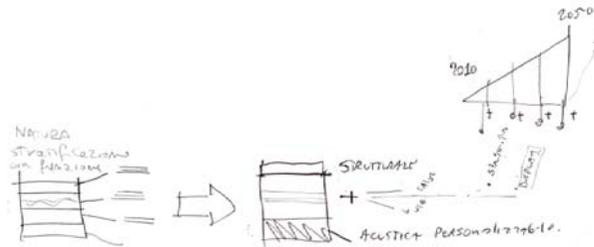
Figura

Liquidwall/ prodotto _____ prodotto



scheda 59

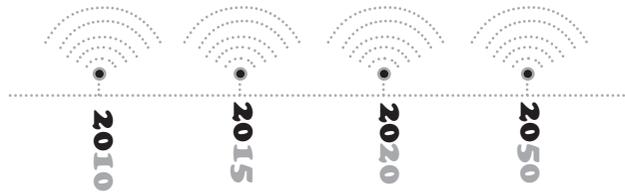
varianti di prodotto >



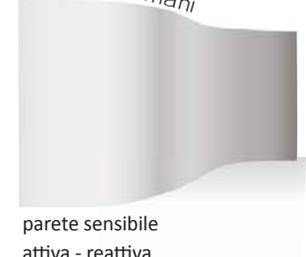
concept oggi



parete passiva



concept domani



parete sensibile attiva - reattiva

gestione del comfort ambientale

- luce
- temperatura
- suono
- odori
- display informativo

- produzione energia (alimentazione tecnologia)



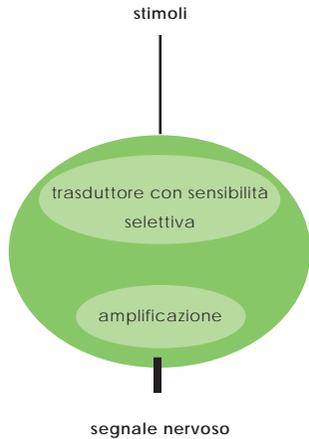
scheda 60

superficie reattiva >

cellula recettrice

Principali funzioni svolte dalle cellule recettrici sensoriali nell'elaborazione degli stimoli.

Tra le diverse forme di energia che possono arrivare su un recettore, solo una viene captata, trasdotta e amplificata in un segnale nervoso



liquidwall come organismo vivente

comunica e scambia informazioni con l'ambiente

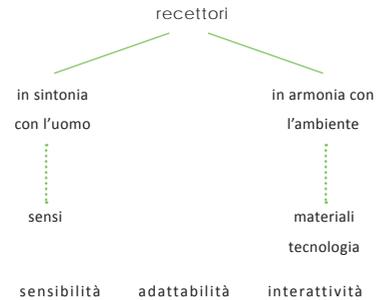


stimolo - risposta

- **stimolo** > qualsiasi fattore capace di provocare una reazione nell'organismo, attraverso l'eccitazione di un organo di senso.
es:
- variazioni di temperatura
- di intensità luminosa
- di umidità

allo stimolo, l'essere vivente reagisce con una **risposta** che rappresenta un adattamento alle mutate condizioni.

sistema interattivo sensoriale



- **sensibilità** > proprietà della cellula vivente che le permette di ricevere impressioni dall'ambiente esterno attraverso gli organi di sensoriali e sensitivi

> rispondere a determinati impulsi, segnali

- **sensi** > gli organi di senso costituiscono i canali di comunicazione fra il mondo esterno e il sistema nervoso. Così, le entrate sensoriali forniscono all'essere vivente tutto il suo patrimonio di conoscenze

sensi recettori stimoli
udito > meccanorecettori > meccanici

Liquidwall/ prodotto _____



scheda 61

superficie reattiva >

gestione attiva del rumore

 sentire la direzione delle onde sonore

I fori della parete si aprono e si chiudono in base alle frequenze del suono.

 catturare il suono e dissiparlo

Utilizzo di sensori acustici che captano le diverse frequenze

Possibilità di trasformare il rumore in energia tramite le nanotecnologie.

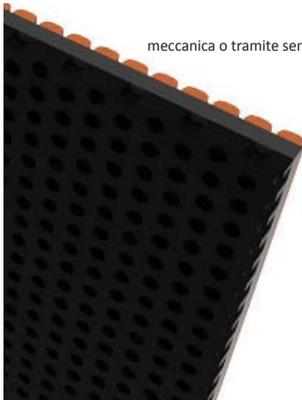
apertura e chiusura dei fori



meccanica o tramite sensori



analogia natura > stomi delle piante



>> Nanotecnologie

> Il mantello del silenzio

La soluzione definitiva contro i rumori è il mantello insonorizzato: metamateriali e nanotecnologie raggiungono l'obiettivo del perfetto isolamento acustico.

Una ricerca dell'Università Politecnica di Valencia (Spagna) ha dimostrato che, con l'aiuto delle nanotecnologie, è possibile costruire schermi acustici in grado di far defluire le onde sonore intorno al punto da proteggere senza interessarlo.

José Sanchez-Dehesa, il luminare che ha guidato il team di ingegneri impegnati in questa ricerca, è riuscito a mettere insieme un parasuoni fatto di strati di materiale costituiti da particolari cristalli, una sorta di cannule di alluminio e altri composti, che permettono ad alcune onde sonore di passare e ad altre di essere arrestate.

Il sistema proposto è basato su precedenti studi in campo luminoso - su cui per anni scienziati e aziende hanno lavorato. Perché un materiale possa agire come schermo acustico, la velocità del suono che lo attraversa deve essere messa in relazione con la sua direzione. In altri termini, le onde sonore che lo attraversano da una determinata direzione debbono muoversi a velocità diverse rispetto a quelle che vorrebbero attraversarlo in senso ortogonale. Come risultato, le onde sonore vengono fatte defluire intorno al punto da proteggere, "ricomponendosi" dopo lo schermo esattamente come prima di attraversarlo. Per spiegare il concetto, il New Journal of Physics ha creato l'immagine riprodotta qui di lato (fig. 82), in cui il punto da proteggere è il disco verde e le

onde sonore sono le righe rosse che, attraversando il particolare metamateriale creato, si limitano ad aggirarlo.

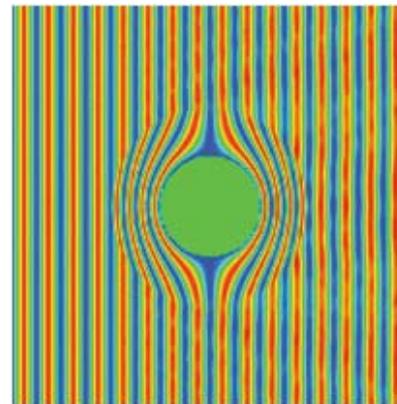


Figura 82 schermo acustico

L'interesse di questo studio è per ora prevalentemente militare: il metodo impedirebbe ad esempio ad un sonar di individuare una imbarcazione o un sottomarino. Ma troverebbe certamente molto spazio anche in ambiti civili: si pensi, per esempio, a utensili particolarmente rumorosi come grandi martelli pneumatici, trivelle a percussione e altri attrezzi simili, che non potrebbero essere avvertiti se non per le vibrazioni che producono. Altrettanto rilevante sarebbe l'impiego in edilizia, dove una palazzina, costruita a pochi metri di distanza da un'arteria urbana ri-



colma di traffico caotico, potrebbe godere del più assoluto silenzio.

> Energia dal rumore

Sta di fatto che laddove c'è una vibrazione c'è anche energia. Anzi, per certi versi il rumore è il nipote di tutte le energie, nel senso che qualunque sia la fonte energetica primaria e qualunque sia il processo che questa alimenta, una quota significativa dell'energia iniziale verrà infine dispersa sotto una forma che potremmo facilmente definire rumore (termico, acustico, elettronico ecc. a seconda del processo fisico). Rumore, dunque, se ne trova un po' ovunque. Per questo gli scienziati studiano da alcuni anni un modo per estrarre dal rumore l'energia che contiene. Non solo perché è una sfida stimolante, ma perché anche questa fonte potrebbe contribuire al futuro mix energetico.

Due ricercatori coreani hanno scoperto come produrre elettricità partendo dal suono: la prossima energia rinnovabile potrebbe essere la conversazione al cellulare o magari la musica.

La scoperta, legata alle nanotecnologie, potrebbe portare come primo vantaggio a cellulari che si ricaricano mentre si parla. Il dispositivo si basa su un nanomateriale ottenuto dall'ossido di zinco, quando uno strato di questo materiale disposto tra due elettrodi viene colpito da un suono di 100 decibel, produce 50 millivolt di energia.

Il materiale studiato però non è ancora in grado di generare grandi quantità di energia ma sta di fatto e la ricerca ora è volta a trovare un modo per aumentarla. Lo studio, quindi, è ancora lungo e non ci resta altro da fare che attendere di avere qualche novità nei prossimi mesi o anni.

Tale novità potrebbe inoltre essere sfruttata anche in realtà differenti, ad esempio in concerti, discoteche, ma anche ai lati della strada per generare energia pulita. Sono tutte soluzioni fantasiose ma che ormai stanno diventando a poco a poco reali (fig. 83)



Figura 83 onda sonora

III Parte - Sviluppo prodotto

Capitolo 10 - bionica/ ricerca

Look deep,

deep into nature,
and then you will

understand
everything

better

Albert Einstein

Osservazione della natura

La ricerca nella natura è avvenuta attraverso libri ma soprattutto grazie all'aiuto dello studio Degin Innovation. Con le conoscenze dei progettisti e tramite una fornita banca dati, derivata da studi e ricerche precedenti, si sono potute individuare analogie anche senza conoscenze biologiche specifiche. Infatti per svolgere l'attività bionica si ha bisogno di una conoscenza della biologia o almeno di quella parte dove si possa trovare una risposta.

>> Porosità

Per porosità si intende una proprietà tipica dei corpi solidi che presentano spazi vuoti (pori) tra le particelle che li costituiscono. Il grado di porosità è determinato dal rapporto tra lo spazio vuoto e il volume totale del materiale. In natura esistono moltissimi esempi in cui la porosità è una costituente strutturale del sistema polifunzionale, tra cui emergono le proprietà di assorbimento e di scambio tra l'ambiente interno e quello esterno. Analizzando alcuni materiali naturali è possibile rilevare che il livello di porosità non è mai costante, soprattutto nelle strutture caratterizzate dalla necessità di creare un flusso di materiale o di trattene sostanze liquide, gassose o solide.

> I poriferi

I Poriferi o spugne sono fra i più semplici organismi pluricellulari viventi. Occupano infatti una posizione intermedia tra i protozoi e i veri metazoi



Figura 84 porifero

(parazoi) poiché possiedono solo pochi tipi di cellule che non sono organizzate in veri tessuti.

Sono organismi bentonici sessili, filtratori, che utilizzano delle cellule flagellate per pompare acqua nei loro sistemi di canali, possono essere incrostanti o eretti, assumendo morfologie diverse secondo le caratteristiche ambientali (substrato, correnti, moto ondoso).

Lo scheletro delle spugne è interno e può essere organico o mineralizzato (costituito da elementi a forma d'ago, le spicole, sia silicei che calcarei, dispersi nel tessuto oppure saldati l'uno all'altro a formare un'impalcatura rigida).

Una spugna tipica (fig. 84) ha un corpo a forma di sacco la cui cavità centrale (spongocoele) è aperta verso l'alto con un'apertura (osculo). La superficie esterna della spugna è perforata da pori sottili e numerosi

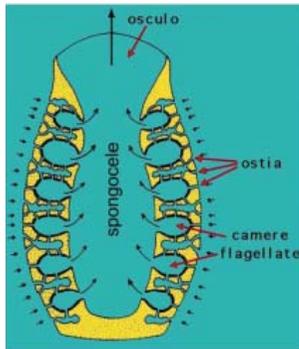


Figura 85 Rappresentazione schematica di una spugna tipo

(ostia) che attraverso canali inalanti portano alle camere flagellate situate all'interno del corpo della spugna. Dalle camere flagellate, tappezzate da particolari cellule ciliate (coanociti), si passa attraverso canali esalanti, nella cavità centrale.

La maggior parte dei poriferi attuali possiede (fig.85):

- un rivestimento esterno (pinacoderma) formato da un singolo strato di cellule (pinacociti);
- uno strato gelatinoso intermedio (mesenchima) che contiene diversi tipi di cellule tra cui quelle che secernono lo scheletro (sclerociti se producono parti mineralizzate e spongociti se producono parti organiche);
- uno strato interno (coanoderma) formato da un singolo strato di particolari cellule provviste di flagello (coanociti).

Nelle spugne vi sono tre gradi d'organizzazione strutturale basati sulla

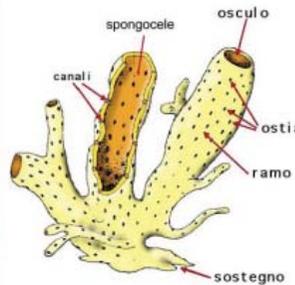


Figura 86 Schema della parete di una spugna

complessità del sistema di canali che portano l'acqua all'interno del corpo (fig. 86):

- tipo ASCON - L'acqua entra attraverso gli ostia della sottile parete esterna, passa sullo strato di coanociti che tappezza lo spongocelo ed esce dall'ostio. Presente attualmente solo nelle spugne calcaree, ma si ritiene fosse abbastanza comune anche nelle spugne fossili.
- tipo SYCON - Si tratta di un insieme di strutture ascon riunite attorno allo spongocelo che però non è tappezzato dai coanociti. Queste cellule rivestono invece le camere flagellate che sono in comunicazione con l'esterno mediante i canali inalanti e con l'esterno mediante i canali esalanti. Presente attualmente nelle spugne calcaree ed in certe spugne silicee fossili.
- tipo LEUCON - Si tratta della struttura più complessa essendo costituita da numerose camere flagellate tappezzate da coanociti e disposte lungo

un sistema di canali ad andamento dendritico che conduce all'osculo. Si può in pratica parlare di più strutture sycon riunite insieme attorno ad una sorta di cavità centrale. Questa struttura è la più comune.

spicolare);

- calcareo, a struttura sferulitica o laminare con rare spicole (scheletro basale).

La maggior parte delle spugne attuali conosciute, incluse tutte le forme d'acqua dolce, appartiene alla classe Demospongea nella quale si possono riconoscere due tipi principali di spugne: 1) demospugne spicolari (o demospugne classiche), e 2) demospugne "coralline".

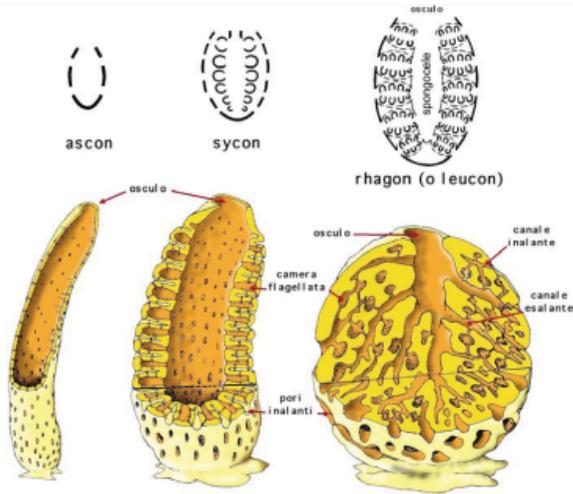


Figura 87 I tre gradi di organizzazione delle spugne.

I poriferi possiedono uno scheletro interno che può essere:

- organico, costituito da spongina (es. spugne da bagno);
- mineralizzato, formato da spicole calcaree o silicee disposte in vario modo a formare strutture scheletriche estremamente varie (scheletro

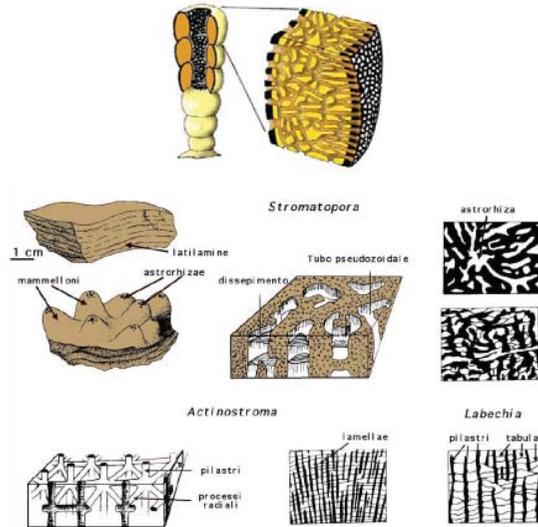


Figura 88 Demospugne coralline

> Sezione di foglia

Tra gli elementi in natura con porosità non costante troviamo anche l'organizzazione delle cellule vegetali. Lo strato lacunoso, nella parte inferiore della foglia è quello preposto agli scambi gassosi interno/esterno e presenta una porosità molto maggiore rispetto allo strato superiore, costituito dal tessuto a palizzata avente una funzione protettiva e di sostegno. Anche dalla sezione di un fusto emerge chiaramente una certa differenziazione nell'assetto e nelle dimensioni delle cellule e dei vasi.

Organizzazione del tessuto fogliare:

La foglia è delimitata da due epidermidi (superiore e inferiore) diverse tra loro. Tra queste due epidermidi c'è un tessuto di cellule nel quale si distingue:

- uno strato superiore di cellule oblunghe a "palizzata", connesse tra di loro nel senso longitudinale, la cui funzione è essenzialmente di tipo strutturale e protettiva
- uno strato inferiore (lacunoso) dove l'organizzazione cellulare è più disomogenea e presenta vacuoli aventi la funzione di agevolare gli scambi idrici e gassosi con l'esterno.

L' epidermine è ricoperta di cuticola cerosa idrorepellente che impermeabilizza completamente la superficie fogliare, ad eccezione dei punti delimitati dalle cellule stomatiche presenti nell'epidermide inferiori e connessi con vacuoli aeriferi.

> Il sughero

É un tessuto di protezione dei fusti, formato da cellule morte, piccole, parallelepipedo, tra le quali non esiste spazio intercellulare. Le pareti cellulari del sughero industriale, ricavato dalla Quercia del sughero, hanno pareti dotate di pori finissimi. Il sughero ottiene il duplice effetto dello smorzamento del suono durante l'attraversamento dello strato, e la riduzione dei moti propri dell'aria. Va ricordato inoltre che per le basse frequenze è più indicato utilizzare un isolante con densità elevata (sughero = 130/300 Kg/m³) che non feltri o polistiroli (15/35 kg/m³). In generale materiali espansi come il polistirolo, poliuretano, il cloruro di polivinile ecc., anche se di superficie ruvida, possono essere considerati prodotto fonoassorbenti solo se a cellule aperte (figura 89).

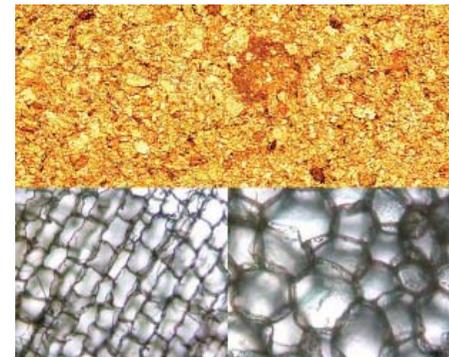
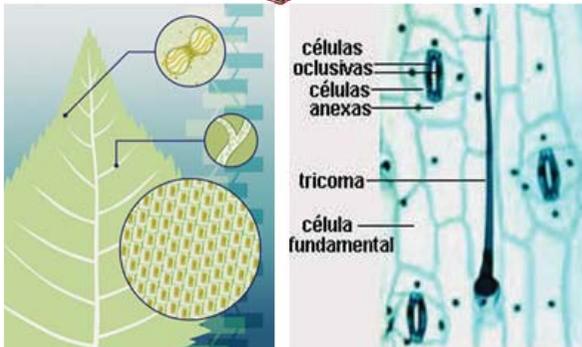
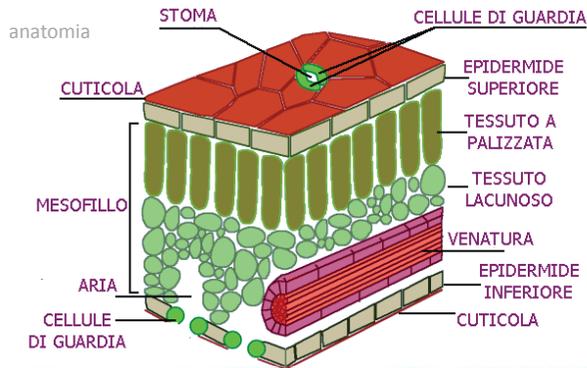


Figura 89 Sughero al microscopio

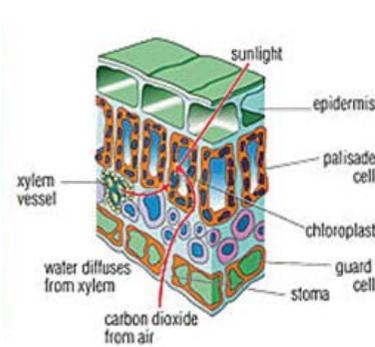
scheda 62

Porosità non uniforme - stratificazione >



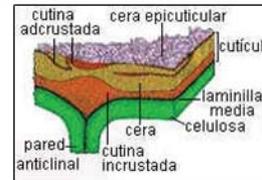
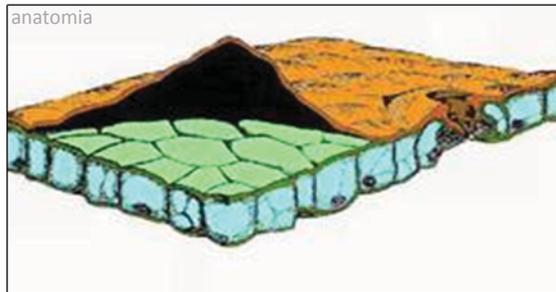
la foglia

- Cellule fondamentali o epidermiche
- Cellule oclusive e cellule annesse o sussidiarie, formano le apparecchiature dell'apparato stomatico
- Tricomi
- Emergenze
- Epidermiche o idioplasti



scheda 63

Porosità non uniforme - stratificazione >

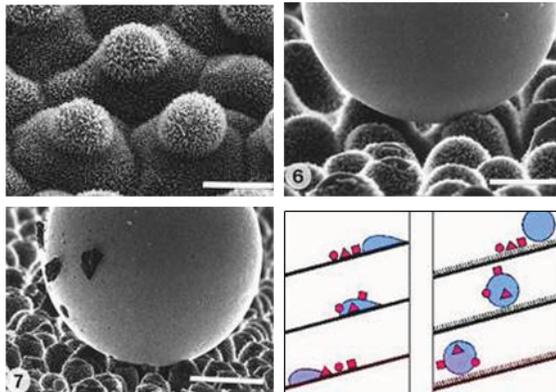


parete cellulare

È primaria, cellulosica, con spessore variabile negli organi della stessa pianta. La parete tangenziale esterna è generalmente più pesante.

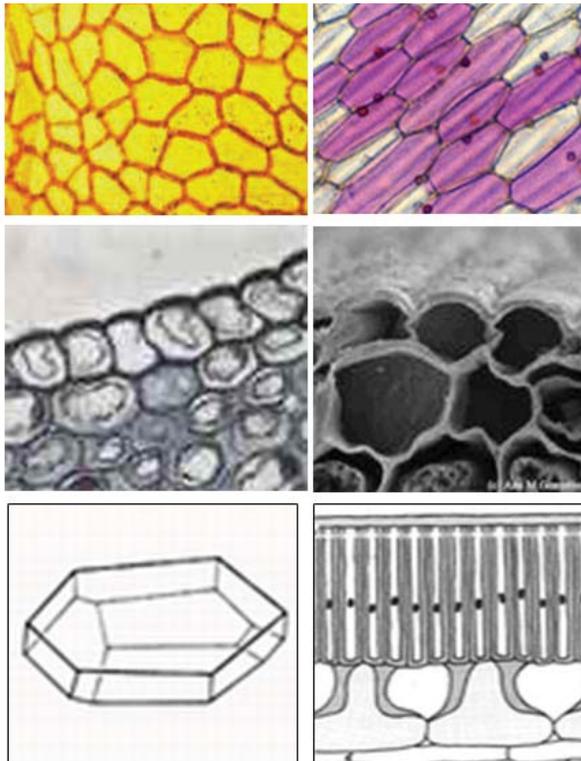
La parete esterna è intarsiata di cutina. (polimero fatto di acidi grassi non saturi e acidi grassi ossidati saturi) La cutina si deposita formando uno strato continuo sulla superficie esterna: la cuticula.

La cera riflette la luce, evita il surriscaldamento, impermeabilizza l'epidermide, respinge l'acqua ed evita l'adesione delle spore di agenti patogeni.

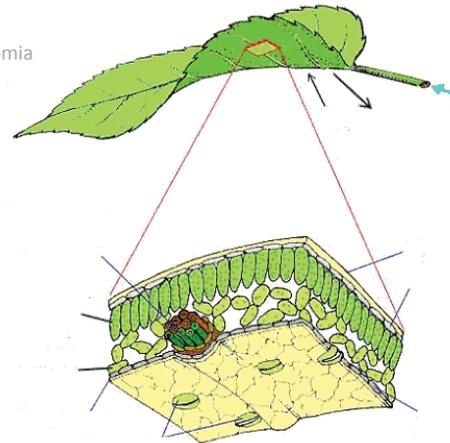


scheda 64

Porosità e stratificazione >



anatomia



cellule fondamentali

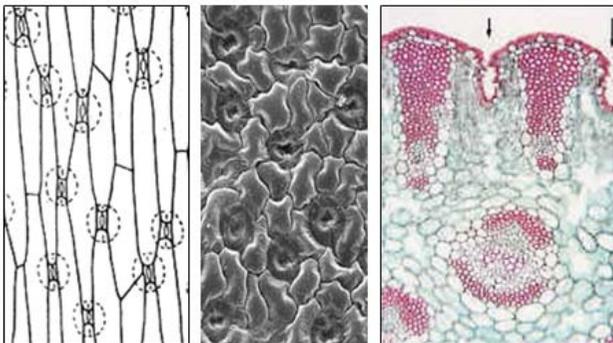
Sono cellule con forma appiattita (superficie ampia e poco spessore).

Profilo poligonale o esteso, è collegato con la forma della foglia

Nella sezione trasversale sono rettangolari ellittiche e le cellule sono unite fortemente tra loro

scheda 65

Autoadattamento - autoregolazione >



stomi

Gruppi di due o più cellule che regolano lo scambio gassoso e la respirazione

Sono in una o in entrambe le epidermidi, più frequentemente in quella inferiore. Il relativo numero oscilla fra 22 e 2230 per mm^2 .

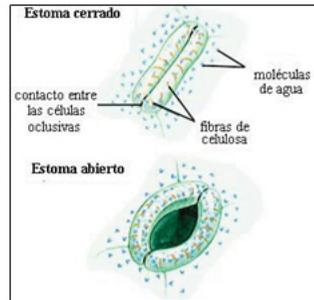
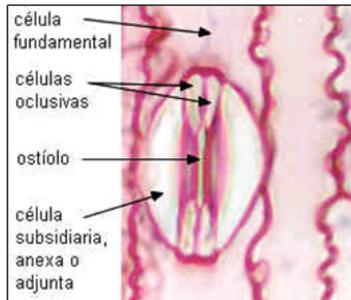
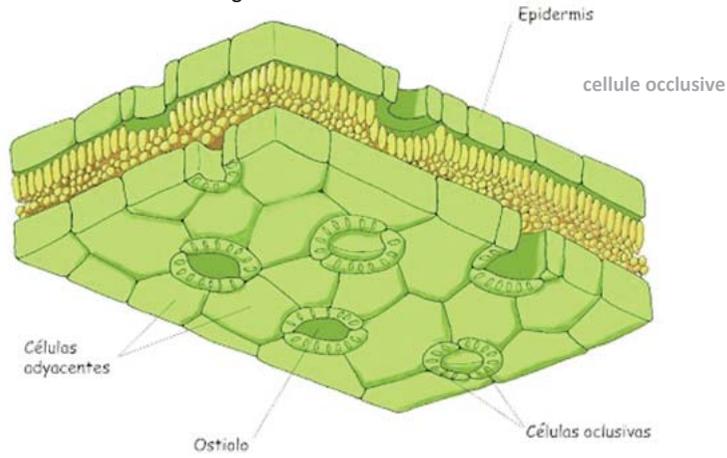
Nella mesófito (temperatura e umidità media) Gli stomi sono disposti allo stesso livello delle cellule fondamentali.

Nelle gimnosperme e nelle foglie delle piante xerofite (ambiente asciutto), Gli stomi sono nascosti

Nelle piante in ambiente umido gli stomi sono visibili

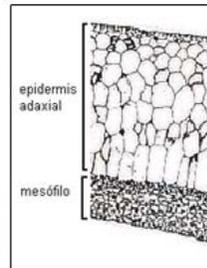
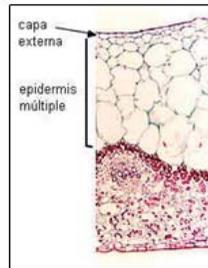
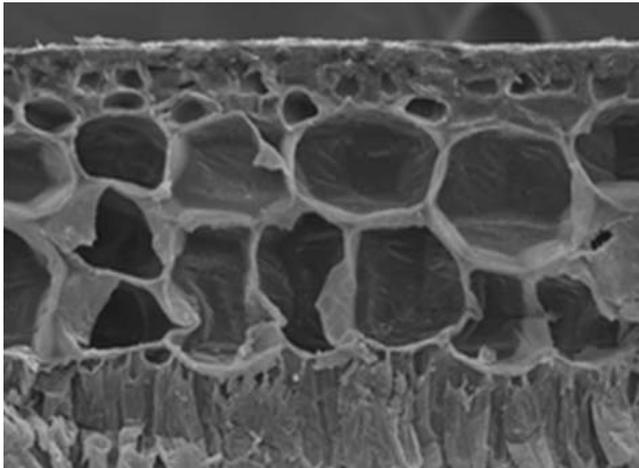
scheda 66

Autoadattamento - autoregolazione >



scheda 67

Porosità non uniforme - stratificazione >



Anatomia

Idioblasti epidermici

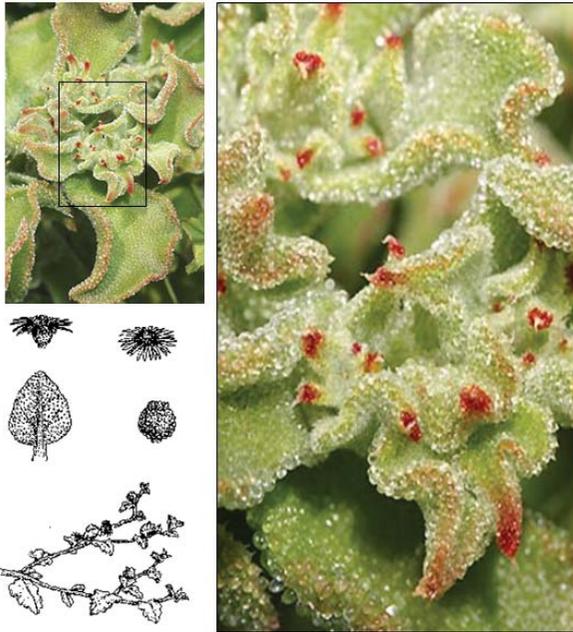
Quando l'epidermide ha più di uno strato si dice pluristratificata e può variare fra 2-16 strati

Lo strato esterno ha funzioni dell'epidermide tipiche, e quelli sottostanti principalmente servono ad immagazzinare acqua

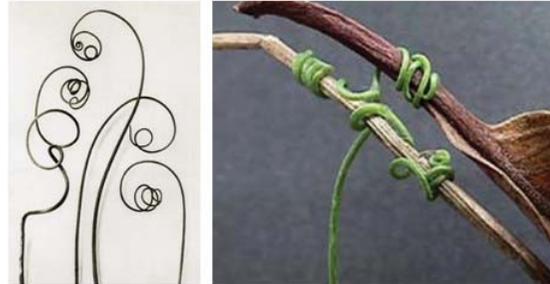
scheda 68

Autoadattamento - autoregolazione >

Modificazione delle foglie



ha foglie coperte di "sacchetti" che le danno un aspetto lucente.
Ha una capacità unica di accumulare il sale, che le permette di stabilirsi nelle aree saline



Earrings: Aiutano la pianta a arrampicarsi, come nella famiglia delle Cucurritacee

Grudges: Proteggono i gambi sotterranei. Sono come foglie dell'aglio

> **Guscio delle uova**



Le uova degli uccelli e di altri organismi (insetti, ragni, anfibi e rettili) “respirano” per diffusione attraverso migliaia di pori microscopici presenti nel guscio. La diffusione avviene grazie all’energia cinetica posseduta dalle molecole dei gas e alla diversa concentrazione di queste all’interno dell’uovo e nell’ambiente esterno. Tale processo è regolato dall’effettiva superficie occupata dai pori presenti nel guscio e dalla loro lunghezza. Il guscio è costituito

da una secrezione di carbonato di calcio che forma dei cristalli colonnari di calcite incorporati da una modesta quantità di sostanza organica. L’imperetto impacchettamento tra un cristallo e l’altro, crea degli spazi vuoti che attraversano lo spessore del guscio dando origine ai pori microscopici. Questi sono cilindrici e le loro aperture sono ricoperte talvolta, a seconda delle esigenze, dal materiale organico e non. Dato che l’embrione di uccello non può controllare direttamente questo scambio gassoso, la permeabilità del guscio deve essere messa a punto per poter soddisfare le esigenze metaboliche dell’embrione in via di sviluppo. La permeabilità ai gas del guscio dipende dal rapporto tra superficie e lunghezza del poro. Raddoppiando la superficie disponibile per la diffusione di un gas, raddoppierà la velocità del suo passaggio, mentre raddoppiando la lunghezza del poro verrà dimezzata la velocità del passaggio. Analizzando le uova di diverse specie di uccelli di varie dimensioni, si osserva che la superficie complessiva dei pori aumenta di quasi 18 volte per un aumento di 10 volte della massa dell’uovo; per

esempio la percentuale della superficie totale del guscio occupata dai pori passa dallo 0,02% nell’uovo di pollo allo 0,2% nell’uovo di struzzo. La permeabilità per l’ossigeno aumenta di 6,5 volte nell’uovo di struzzo, dove la lunghezza dei pori è solo 2,7 volte maggiore rispetto all’uovo di pollo. Probabilmente quest’ultima caratteristica è soggetta ad un aumento minore perché il guscio deve essere sufficientemente sottile da permettere la schiusa.

insetto



serpente



uccello

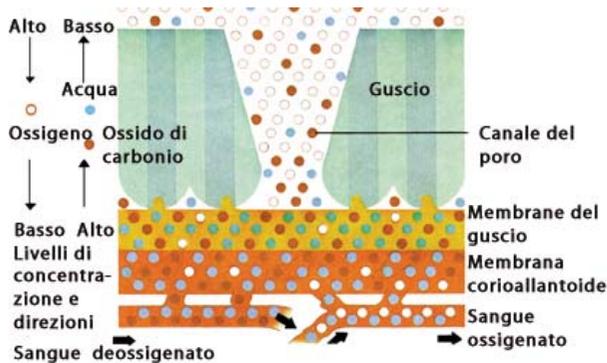


Figura 90 uova di diversi organismi

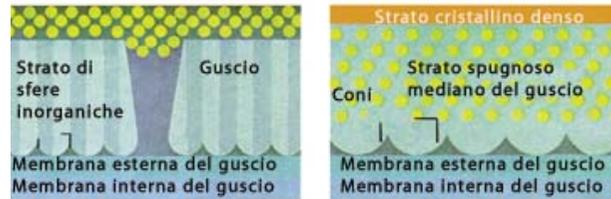
scheda 69

Porosità non uniforme - stratificazione >

Il guscio dell'uovo è creato in modo da fornire ossigeno al feto attraverso i pori. passaggio dell'anidride carbonica, dell'acqua e dell'ossigeno attraverso i pori



Passaggio dell'anidride carbonica, dell'acqua e dell'ossigeno attraverso i pori.



(a sinistra) La figura sopra mostra il guscio di un uovo di strolaga de-
posto su terreno umido e fangoso. Il guscio è ricoperto di uno strato
di sostanza inorganica che impedisce ai pori di chiudersi e al pulcino
di soffocare.

(a destra) Le uova di uccelli che vivono in condizioni diverse variano
anche esse. La figura sopra mostra la sezione del guscio dell'uovo di
picchio verde. Lo strato esterno molto cristallizzato protegge l'uovo, de-
posto su uno strato di ghiaia, da impatti e scalfitture.

>> Simbiosi

La simbiosi mutualistica (dal greco: $\sigma\upsilon\nu$ = insieme; $\beta\iota\omicron\varsigma$ = vita) nei termini più generici è la stretta relazione fra oggetti, azioni o persone diverse, per trarne un beneficio reciproco. Il mutualismo è una condizione estremamente diffusa tra gli organismi viventi e coinvolge organismi appartenenti a tutti i regni del vivente. Si va da quelle molto famose tra i pesci pagliaccio e gli anemoni di mare a quelle forse più sconosciute tra gli afidi e alcuni batteri o ancora tra piante e funghi o piante e bat-



Figura 91 esempi di simbiosi vegetale

teri. L'uomo stesso partecipa ad alcune associazioni simbiotiche con batteri. È provato che molte di queste simbiosi sono necessarie per la sopravvivenza stessa dei due partner. Nella maggior parte degli ambienti naturali la simbiosi costituisce la normalità. In ambienti terrestri, circa l'85-90% delle specie vegetali forma simbiosi con funghi del suolo (simbiosi definite micorrize).

Nel rapporto di simbiosi si parla in genere di un partner ospite e di un simbionte. Molto semplicisticamente, l'ospite è il partner più grande,

mentre il simbionte è quello più piccolo.

In base alla durata dell'associazione si possono distinguere simbiosi cicliche e simbiosi permanenti.

- nella simbiosi ciclica il simbionte viene acquisito ad ogni generazione dall'ospite e quindi i partner hanno vita autonoma.

Esempi di questo tipo di associazione sono:

- o simbiosi tra piante e azotofissatori (rizobi, Frankia, cianobatteri)

o simbiosi micorrizica

o simbiosi lichenica

o simbiosi tra funghi e cianobatteri (*Geosyphon pyriforme*)

- nella simbiosi permanente il simbionte vive esclusivamente in asso-



Figura 92 pesce pagliaccio all'interno di un anemone di mare



Figura 93 gambero trasportato da una murena
 ciazione con l'ospite.

Si possono ulteriormente distinguere:

o simbiosi intracellulari come ad esempio molte simbiosi nel regno animale, le simbiosi tra funghi micorrizici AM e batteri e gli organelli (cloroplasti e mitocondri)

o simbiosi intercellulari come quella tra Anabaena e Azolla

In natura le simbiosi possono interessare una grande varietà di organismi; si possono osservare, ad esempio, rapporti simbiotici fra:

- piante e microrganismi, per esempio fra ontani e attinomiceti degli ontani;
- piante e animali, per esempio formiche o termiti che "coltivano" parti-

colari tipi di funghi, o batteri della flora fermentativa, chiamati fermenti lattici, che producono vitamine nel lume intestinale dell'uomo;

- animali di specie diverse, per esempio fra l'attinia e il pesce pagliaccio o fra lo squalo e il pesce pilota.

I tipi di mutualismo:

La simbiosi in natura può essere divisa in due distinte categorie: ectosimbiosi e endosimbiosi.

- Nell'ectosimbiosi il simbiote vive sulla superficie corporea dell'ospite, compresa la superficie interna del dotto gastrico o di dotti delle ghiandole esocrine.
- Nell'endosimbiosi il simbiote vive nello spazio intracellulare o intercellulare dell'ospite.

La simbiosi, specialmente l'endosimbiosi, permette in genere di acquisire nuove funzioni sia metaboliche (fotosintesi, azotofissazione, chemiosintesi, degradazione della cellulosa) che non metaboliche (Luminiscenza, protezione da agenti chimici, fisici, biologici).

In biologia si possono distinguere vari tipi di simbiosi sulla base dei rapporti trofici:

- *mutualismo*, in cui entrambe le specie ricevono un vantaggio (+ +);
- *commensalismo od inquilinismo*, nei casi in cui la simbiosi è indifferente per l'ospite e vantaggiosa per il commensale (nel caso questo riceva cibo) o l'inquilino (nel caso riceva "alloggio") (+ 0);
- *amensalismo*, quando l'associazione è svantaggiosa per un membro ed indifferente per l'altro (- 0)
- *parassitismo*, quando il parassita ottiene un vantaggio danneggiando l'ospite (+ -).



Figura 94 esempio di inquilinismo e di parassitismo (da sinistra)

Il confine tra i tipi di simbiosi non è sempre netto. Un commensale o inquilino, ad esempio, può divenire un parassita in specie diverse dall'ospite usuale, oppure in caso di debilitazione dell'ospite (opportunismo).

In effetti, mutualismo, parassitismo e commensalismo non sono categorie distinte di interazione e dovrebbero essere piuttosto percepite come un continuo di interazioni che variano dal mutualismo al parassitismo. L'orientamento di una interazione simbiotica può cambiare durante il corso della vita dei simbionti a causa di variazioni nello sviluppo o anche per cambiamenti dell'ambiente nel quale l'interazione avviene. In alcuni casi, il termine simbiosi viene usato solo se l'associazione è obbligatoria e beneficia entrambi gli organismi. La simbiosi come viene definita in questo articolo non restringe il termine alle sole interazioni mutuamente benefiche.

>> Stratificazione differenziata

Ci sono molti elementi naturali che utilizzano più strati di uno stesso materiale a densità diverse oppure strati di diversi materiali. Ognuno finalizzato ad una specifica funzione.

La pelle degli animali ad esempio è composta da tre strati principali l'epidermide, il derma e l'ipoderma. L'epidermide è costituita da cellule superficiali pavimentose di tipo corneo che creano uno strato rigido protettivo e da uno strato di cellule granulose che si spingono in profondità compenetrando lo strato sottostante con delle anse per garantire una maggiore aderenza tra due strati. Il derma è costituito da fibre elastiche mentre l'ipoderma è uno strato adiposo molle in cui sono collocati organi a ghiandole da proteggere. La combinazione dei diversi materiali e a loro interazione ha funzione protettiva nella misura in cui si protegge gli organi di superficie e la pelle stessa dallo schiacciamento. Nel mondo vegetale molti frutti e bacelli proteggono il loro contenuto con una stratificazione di materiali che sono rigidi verso l'esterno e più comprimibili ed elastici nella parte interna a contatto con il seme in una configurazione geometrica di completo avvolgimento (fig. 95)

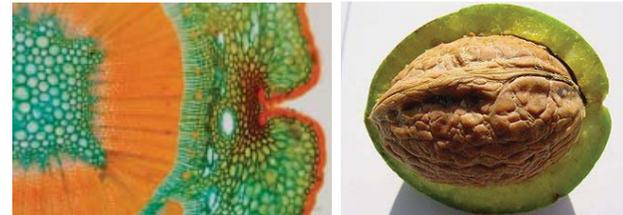


Figura 95 stratificazione nel mondo vegetale

> Apparato tegumentario

L'apparato tegumentario nell'uomo è un insieme di organi e di strutture: la cute e la tela sottocutanea (fig. 96). La cute riveste il corpo esternamente; ad essa sono annesse le cosiddette "produzioni cutanee", che sono: i peli, le unghie, le ghiandole sebacee, ghiandole sudoripare e le ghiandole mammarie.

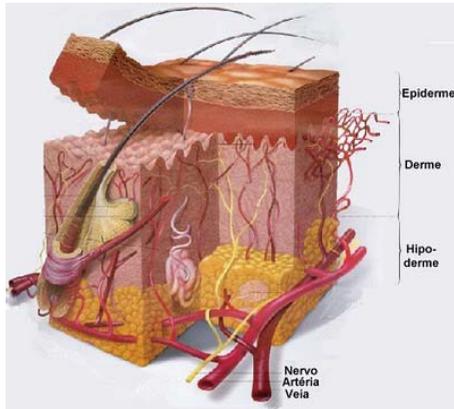


Figura 96 esempio di tegumento umano

La tela sottocutanea (derma), si estende al di sotto della cute. La pelle è una membrana continua, elastica e distendibile; essa svolge funzioni importanti: di protezione, secrezione ed escrezione e inoltre di termoregolazione, attraverso la presenza di ghiandole sudoripare, grazie alle

quali la temperatura corporea riesce a mantenersi costante. La cute presenta colorito diverso in base alle razze, ma in realtà ciò è dovuto a diversi fattori, ossia: la melanina, che determina il colore nero; il sangue, che dona la tonalità rossa, il carotene, che dà la sfumatura giallastra. La superficie esterna della cute, presenta piccoli ma innumerevoli solchi, che sono le fossette dei peli e gli orifizi di sbocco delle ghiandole sudoripare. Microscopicamente si distinguono 3 diversi strati: il più superficiale "l'epidermide", lo strato più abbondante "il derma" e lo strato più interno "l'ipoderma". L'epidermide è un epitelio di rivestimento composto, nel quale dalla profondità alla superficie si distinguono: lo strato germinativo, lo strato granuloso, lo strato lucido e lo strato corneo. Di tali strati solo il primo e l'ultimo sono spessi, mentre gli intermedi sono molto sottili. Lo strato germinativo, è composto da molti piani cellulari, lo strato profondo è costituito da cellule prismatiche che vanno a costituire lo strato basale del germinativo, mentre gli strati sovrastanti sono costituiti da cellule poliedriche che formano lo strato spinoso del germinativo. Le cellule del germinativo, contengono all'interno del loro citoplasma le tonofibrille, ciascuna delle quali appare formata da un fascetto di tonofilamenti. Lo strato granuloso, è composto da granuli di cheratina, un materiale fosfolipidico, che passa negli spazi intercellulari dando caratteristiche di permeabilità. Nello strato lucido, detto così per il suo aspetto splendente, il citoplasma è composto da filamenti addensati e da gocce di eleidina, ricche di liquidi e zolfo che avrebbero il compito di ostacolare il processo di evaporazione a livello dell'epidermide. Lo strato corneo, è composto da cellule corneificate, quindi costituite da cheratina. Tali cellule sono notevolmente appiattite, esse si staccano verso la superficie formando lo strato disgiunto, poi sfaldano e cadono.

Il derma è una robusta lamina di connettivo, resistente e compatta. La sua superficie esterna è irregolare per la presenza di minuti rilievi: le papille dermiche, e di rilievi longitudinale: creste dermiche. Il derma è inoltre costituito da connettivo denso, composto da una grande quantità di fibre collagene e fibre elastiche.

Rettili:

La pelle dei rettili è formata da squame che cambiano periodicamente tramite la muta. Queste squame hanno la funzione sia di proteggere gli organi interni sia, grazie alla colorazione, di rendere mimetico il rettile e alcune specie possono addirittura cambiare colore.



Figura 97 squame di un serpente

La pelle è formata da epidermide e derma; la prima è composta da uno strato germinativo, uno intermedio e uno corneo; nel derma sono situati i cromatofori che danno la colorazione. Il corpo dei rettili è completamente ricoperto da squame che possono dividersi in vari tipi: imbricate, lamellari e sottili con il bordo che ricopre la squama successiva, tubercoli formati da rilievi senza bordi liberi.

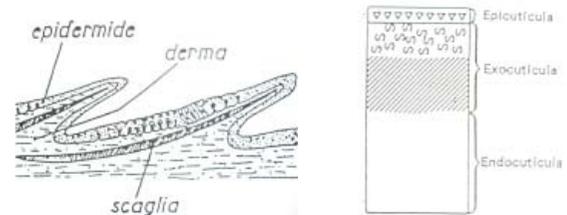


Figura 98 squame, sezione della pelle di un serpente (da sinistra)

Di solito sono disposte in modo ordinato o trasversalmente o longitudinalmente; in alcune specie, come nel caso della tartaruga, alcune parti del corpo possono esserne prive.

Tartarughe e coccodrilli hanno sia uno strato corneo superiore che in-



Figura 99 pelle di coccodrillo e guscio di tartaruga (da sinistra)

Insetti:

Negli insetti la pelle è sostituita da uno “scheletro esterno” composto da chitina. Essa li protegge da attacchi e intemperie. La superficie esterna del corpo dei nematodi (vermi piatti) ad esempio, è ricoperta da una cuticola semirigida organizzata ad anelli trasversali. È generalmente possibile distinguere nella cuticola tre strati:

- una corteccia esterna
- una matrice mediana
- uno strato interno di base che secerne, sostanzialmente, la cuticola (fig. 100).

L'anularità della superficie è dovuta in certi casi alla struttura trasversale della matrice, ma più spesso è la corteccia ad avere questa struttura.

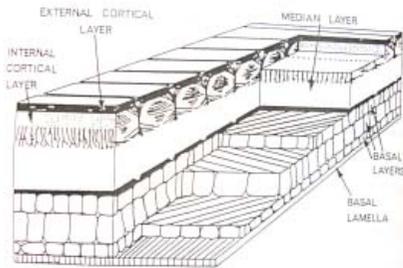
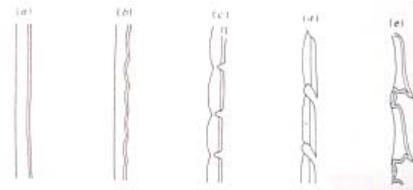


Figura 100 diagramma degli strati della cuticola dei nematodi



diagrammi delle sezioni longitudinali di alcuni tipi di cuticola dei nematodi

>> **Flessibilità strutturale**

L'abbinamento di materiali rigidi connessi tra loro da membrane, consente di mobilità delle parti (flessione, allungamento, accorciamento) garantendone in parallelo la resistenza e la protezione. Negli artropodi ad esempio il corpo è segmentato in una serie di anelli telescopici in cui il movimento di allontanamento e avvicinamento è reso possibile dalla membrana di interconnessione, una situazione analoga si ha nelle articolazioni della mano o nella colonna vertebrale (fig. 101).

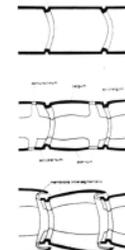


Figura 101 Scolopendra (artropodo), alcuni tipi di artico-

> Esoscheletro degli artropodi

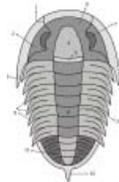
Gli Artropodi sono animali invertebrati protostomi celomati riuniti nel phylum Arthropoda, che comprende circa i 5/6 delle specie finora classificate.

Alcune caratteristiche distinguono gli artropodi:

- Una cuticola sclerificata che costituisce un esoscheletro poco denso ed elastico, e sufficientemente rigido da proteggere e sorreggere il corpo. Il fatto che siano state descritte oltre un milione di specie di artropodi dimostra come la loro struttura di base sia versatile e adattabile a diversi modi di vita. Tutti gli artropodi possiedono una sorta di corazza esterna, rigida e flessibile allo stesso tempo, che agisce come protezione efficace (fig. 102).



Figura 102 Trilobita (artropodo)



L'esoscheletro non contiene cellule: non è quindi in grado di crescere con l'animale e pertanto l'accrescimento avviene per mute. L'esoscheletro non è continuo bensì costituito da placche (scleriti) unite da tratti di cuticola non sclerificata (pleure) che costituiscono le articolazioni (per consentire i movimenti che sarebbero impediti da un esoscheletro rigido continuo).



Figura 103 corpo di un crostaceo

La cuticola è un prodotto della secrezione delle cellule dell'epiderma sottostante ed è costituita da chitina e/o resilina organizzata a formare un fitto feltro elastico e flessibile di microfibrille disposto su più strati. È questo il materiale elastico che ritroviamo nelle articolazioni. Ciò che conferisce rigidità alla struttura è dato dall'infiltrazione di carbonato di calcio che si fissa su questa trama e costituisce la cuticola vera e propria.

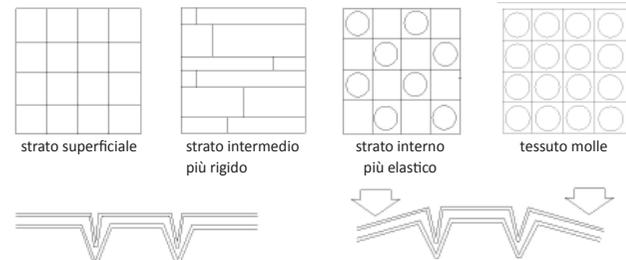


Figura 104 strati dell'esoscheletro di un artropode

La cuticola è costituita da tre strati:

- strato superficiale sottilissimo e impermeabile
- strato medio più ricco di carbonato di calcio
- strato interno più elastico e flessibile (fig. 104)

Ancora più internamente ritroviamo le cellule dell'epiderma. Nel caso degli insetti le caratteristiche di rigidità sono date da un unico materiale organizzato in spessori differenziati.

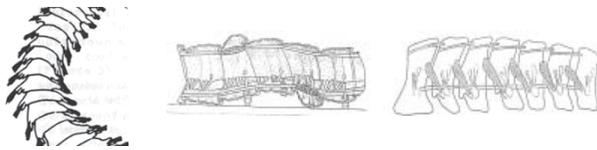


Figura 105 componenti flessibili di un artropodo di terra

> Articolazioni mano

Altri elementi con le stesse caratteristiche di flessibilità e allo stesso tempo rigidità sono le articolazioni delle dita umane.

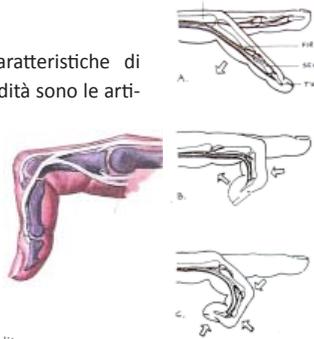


Figura 106 flessibilità delle articolazioni di un dito

> Vertebre

La vertebra rappresenta l'unità funzionale della colonna vertebrale e risulta costituita da un foro vertebrale, un corpo vertebrale, un'apofisi spinosa e un'apofisi trasversa. Le vertebre si differenziano tra loro a seconda della posizione che occupano all'interno della colonna vertebrale, si avranno quindi: vertebre cervicali, toraciche, lombari, sacrali,



Figura 107 colonna vertebrale dell'uomo

coccigee. La colonna vertebrale ha una motilità diversa nelle sue parti: le cervicali sono quelle più morbide e permettono il movimento della testa, le dorsali sono più fisse, proteggono i principali organi del torace da compressioni; le lombali sono invece piuttosto mobili permettendo così movimenti di flessione e torsione. Le sacrali risultano saldate tra loro con le ossa del bacino, in questo modo il tronco, sostenuto dalle gambe, non è soggetto ad oscillazioni. Infine le vertebre coccigee, corrispondenti alla coda del animale, servono all'uomo a chiudere e a sostenere la cavità addominale.

Un esempio della validità della proporzionalità scheletrica riguarda le dimensioni della vertebra in alcuni bovidi africani (dal Bufalo del capo del peso di 75 kg al piccolo Dik-dik di 3 kg) esiste infatti per la terza vertebra lombale una relazione tra l'altezza del corpo vertebrale(h) e la lunghezza(l) ne consegue che la forma del corpo risulta più spessa e più larghe negli animali più grandi. E' interessante notare anche il modo in cui le vertebre si incastrano tra loro: la colonna vertebrale del Dik-dik risulta curva mentre quella del bufalo del Capo relativamente dritta. In generale infatti gli animali di piccole dimensioni, da fermi o in movimento, tendono ad assumere una postura accovata con una flessione maggiore della schiena ed delle zampe.

Le vertebre caudali degli olostei (pesci con scheletro osseo) sono elementi modulari uniti sull'asse longitudinale di flessione dalla corda caudale che costituisce il giunto continuo tra gli elementi. Il nervo spinale e l'aorta dorsale, organi di trasmissione delle funzioni vitali, sono disposte longitudinalmente e a distanza ravvicinata all'asse neutro della

spina dorsale, luogo di minima trazione e compressione in fase di flessione. Il logomonto longitudinale è invece dislocato in posizione lontana dall'asse neutro per aumentare il braccio di leva e rendere più agevole il movimento di flessione delle vertebre caudali.

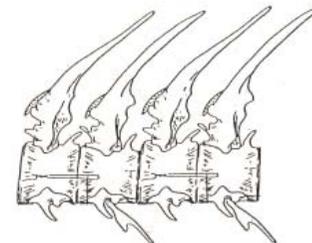
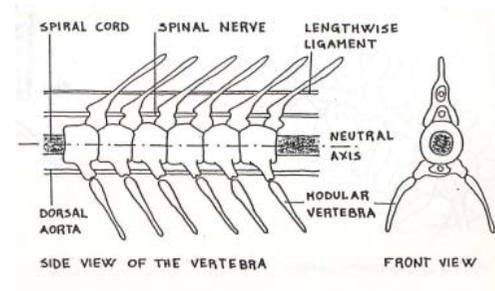


Figura 108 sequenza di vertebre caudali

>> Sistemi di difesa

L'osservazione di alcuni comportamenti, delle varie forme di mimetismo e di alcune strutture anatomiche, quali spine, pungiglioni, aculei, gusci e ghiandole velenifere, permettono di scoprire le diverse strategie di difesa adottate dagli animali nella lotta per la sopravvivenza, sia dai predatori che dalle avverse condizioni ambientali (fig. 109).

mimetismo



il camaleonte cambia colore

la mantide si traveste da fiore

corazza



aculei



Figura 109 alcuni sistemi di difesa nel mondo animale

> Arrotolamento

Nel regno animale esistono delle specie che quando si sentono minacciate si arrotolano, come ad esempio l'armadillo, l'istrice e la lucertola armadillo.

L'armadillo (fig. 110) è un mammifero della famiglia dei Dasipodidi (*Dasyus novemcinctus*) proprio dell'America centrale e meridionale, dal corpo rivestito di una solida corazza ossea a piastre, che serve a proteggerlo quando si arrotola su se stesso in caso di pericolo (fig. 110). Un metodo infallibile per proteggersi da puma e giaguari affamati, ma anche un modo per rimanere al caldo. Chiudendosi, infatti, la corazza intrappola un sottile strato d'aria, che viene riscaldato dal calore corporeo.



Figura 110 armadillo

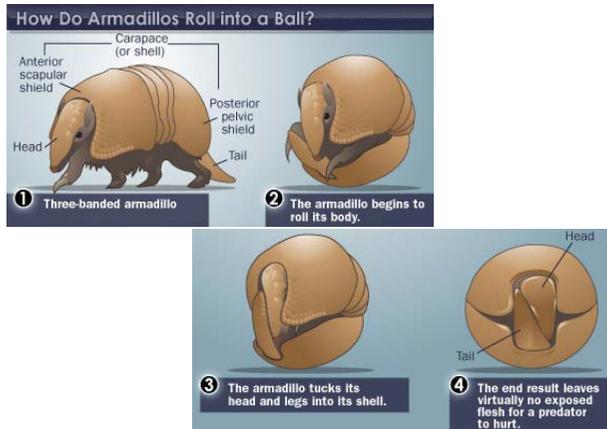


Figura 111 armadillo che si arrotola su se stesso

La lucertola armadillo è un piccolo rettile che vive in aree desertiche. Quando è in pericolo si chiude in sé stesso come un armadillo e si fa rotolare giù dalle dune (fig. 112)

Un altro animale che quando si sente in pericolo si arrotola sfruttando la corazza è l'istrice. Il corpo dell'istrice, lungo tra i 20 e i 30 centimetri, è ricoperto di aculei, a esclusione di testa, zampe e pancia: ne ha almeno 5000, lunghi ciascuno circa 2-3 centimetri. In caso di pericolo mette in atto un efficace meccanismo di difesa col quale si arrotola su se stesso, trasformandosi in un'inavvicinabile palla di spine (fig. 112).



Figura 112 istrice arrotolato e lucertola armadillo (da sinistra)

>> Autonomia, auto-organizzazione, adattamento

Dai sistemi biologici possono essere tratti principi mirati all'autonomia degli artefatti.

Molti sistemi biologici sono in grado di modificare le proprie caratteristiche in funzione del mutare dei fattori esterni, in modo da sopravvivere a tali cambiamenti. È quello che avviene ad esempio nei fenomeni di autoriparazione che possiedono diverse piante ed animali. Negli organismi viventi, ad esempio, il nascere di una lesione genera un meccanismo di auto-riparazione. Nel corpo umano, quando viene causata una ferita, immediatamente avviene un afflusso di liquidi in corrispondenza della parte del corpo interessata, che attivano un insieme di reazioni fisiologiche capaci di causare la chiusura della lesione. Utilizzando una strategia analoga si sono creati materiali polimerici in grado di autoripararsi, stessa cosa vale per il settore della pulizia dove sono stati creati materiali che si autopuliscono prendendo spunto da alcune piante. Ma-

teriali termoregolanti presi dal meccanismo di termo regolazione degli animali che vivono in condizioni ambientali estreme. Il manto di piume dei pinguini, ad esempio, svolge un'azione isolante "attiva": incamera aria quando l'animale è asciutto, aumentando l'effetto isolante, e la libera creando una barriera all'acqua quando si immerge.

Il concetto di auto-organizzazione ha attraversato molte discipline dalle quali sono emerse diverse definizioni. Secondo i teorici della complessità, l'auto-organizzazione sembra essere uno dei principi più importanti nella capacità di evoluzione, poiché si traduce in capacità di generare strutture potenzialmente vincenti nella selezione naturale. I sistemi capaci di auto-organizzarsi spontaneamente aumentano le loro possibilità di evolvere ulteriormente. Le caratteristiche auto-organizzate sono anche quelle più facilmente ri-modellabili, dunque più flessibili. Gli organismi per sopravvivere al mutare delle condizioni, interne ed esterne, tendono a modificare se stessi e ad evolversi nel tempo, in modo da utilizzare le proprie risorse nella maniera più efficiente possibile. Il concetto di auto-organizzazione è stato trasferito in diversi ambiti disciplinari.

Nel design trasferire i concetti di auto-organizzazione e adattabilità agli artefatti significa intervenire, complessificandolo, sul rapporto tra essenza della materia e prestazioni. L'adattabilità di un prodotto può essere intesa, infatti, come capacità di modificare le proprie caratteristiche al variare delle condizioni esterne, dunque potrebbe tradursi in flessibilità prestazionale o in multi-funzionalità.

Il concetto di auto-organizzazione è importante dal punto di vista della sostenibilità ambientale in termini di risparmio delle risorse materiali e

energetiche. Un sistema è reso adattabile prevedendo i possibili cambiamenti ai quali si dovrà adeguare, anche se riguardano soltanto una parte di esso. In questo modo è possibile estendere di molto la vita utile di un prodotto. I prodotti del design devono essere, quindi, adattabili e aggiornabili al variare dello scenario tecnologico, dell'ambiente economico e delle condizioni esigenziali dell'utenza. Gli oggetti progettati e realizzati per essere flessibili, modulari e riconfigurabili sia dal punto di vista prestazionale che dimensionale ed estetico, sono destinati sicuramente a durare di più e, dunque, a poter essere usati per tempi più lunghi, ottenendo un considerevole vantaggio ambientale legato al risparmio protratto per un tempo più lungo delle risorse materiali ed energetiche, necessarie alla sua manutenzione o sostituzione.

Il concetto di adattamento è molto importante. Prendendo a prestito dalla natura questo tipo di approccio è possibile estendere di molto la vita utile di un prodotto. Un oggetto può essere reso modificabile e funzionalmente flessibile di modo che nel corso del suo ciclo di vita sia adattabile ai possibili cambiamenti ai quali si dovrà adeguare, anche se riguardano soltanto una parte di esso. I prodotti devono essere, quindi, resi adattabili al variare dello scenario dell'utenza. Gli oggetti progettati per essere flessibili, modulari e riconfigurabili, sia dal punto di vista prestazionale che dimensionale ed estetico, sono destinati sicuramente a durare di più e, dunque, a poter essere usati per tempi più lunghi.

>> **L'intelligenza delle cose**

Nel settore dei nuovi materiali trasformismo e interattività sono qual-

ità ormai del tutto assimilate. La scienza dei materiali crea di continuo strutture attive e mutevoli, capaci di reagire agli stimoli e di incorporare processi informativi e comportamenti complessi. Il termine smartness, associato ad artefatti tecnologicamente avanzati, individua una intelligenza che può manifestarsi secondo diversi livelli di complessità. Dal grado più elementare di strutture, capaci di reagire con una risposta semplice in maniera immediata e diretta a uno stimolo, a quello più elevato di sistemi capaci di compiere processi decisionali attraverso l'elaborazione delle informazioni, fino a giungere alla capacità di apprendere dall'ambiente. Gli organismi che riescono ad avere successo nel corso della loro evoluzione sono quelli in grado di prevedere ciò che accadrà intorno a loro. Tale capacità di prevedere è particolarmente importante, anche perché quando una reazione è premeditata richiede sicuramente meno sforzo ed energia.

La tendenza del design a concepire prodotti mutevoli e trasformisti, che si adattano al variare delle condizioni e delle esigenze fruibili, ha generato un grande interesse verso quei materiali che, per affinità con il mondo biologico, vengono definiti smart o intelligenti. Gli smart materials sono materiali possono essere progettati in modo da far corrispondere a un determinato stimolo elettrico, meccanico, acustico, termico, luminoso o chimico proveniente dall'utenza o dall'ambiente, il tipo e l'entità della reazione. In questo modo la materia, comunemente inerte, viene animata e arricchita di proprietà analoghe a quelle osservate nel mondo vivente. I materiali smart vengono dotati di qualità assimilabili a quelle dei sistemi viventi inglobandovi sensori, attuatori e conduttori che ormai possono raggiungere dimensioni nanometriche integrandosi nella materia stessa, attribuendole la capacità di "sentire" e "rispon-

dere" ai sistemi biologici. La ricerca in questo settore fa riferimento a diversi aspetti del mondo biologico. Nel design queste innovazioni si traducono in ambienti mutevoli, arredi e indumenti camaleontici, oggetti che cambiano fisionomia e funzionalità costituiscono le entità di un nuovo panorama di artefatti trasformisti sempre più affini agli organismi biologici, che interagiscono tra loro o con chi li utilizza, giungendo ad assumere "comportamenti" più che prestazioni. Anche il settore degli arredi è stato coinvolto negli ultimi anni dalla tendenza ad acquisire caratteri biologici, dinamici e attivi come trasformismo e all'interattività.

>> Recettori sensoriali

I recettori sensoriali sono organelli di dimensioni microscopiche costituiti da terminazioni di cellule nervose, di struttura anatomica differente, a seconda del ruolo ciascun tipo di recettore deve svolgere.

I recettori sensoriali svolgono tre importanti funzioni:

1. assorbono piccole quantità di energia (stimolo)
2. convertono l'energia dello stimolo in un impulso elettrico (trasduzione)
3. producono un potenziale recettoriale che depolarizza la membrana cellulare, stimolando il neurone a trasmettere l'impulso (potenziale d'azione), oppure il potenziale recettoriale iperpolarizza la membrana cellulare, diminuendo la capacità del neurone di generare un potenziale d'azione. I potenziali d'azione trasmettono le informazioni ricevute al Sistema Nervoso Centrale (SNC). I potenziali recettoriali non determinano pertanto direttamente un potenziale d'azione, ma variano il po-

tenziale di membrana fra l'interno e l'esterno della cellula per mezzo dell'apertura o della chiusura dei canali ionici

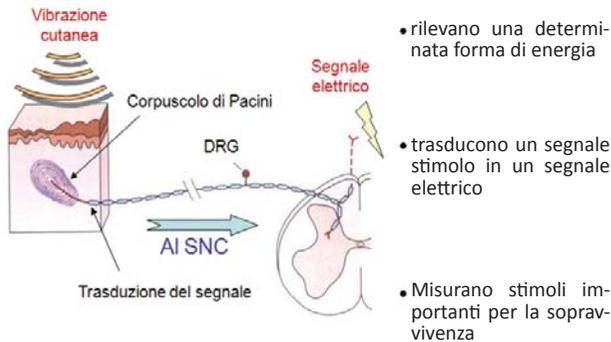


Figura 113 recettori sensoriali

A seconda della natura dello stimolo, i recettori sensoriali sono classificati in:

Fotorecettori: Rispondono alla luce

Meccanorecettori: Rispondono a deformazioni meccaniche

Termocettori: Rispondono a variazioni di temperatura

Chemorecettori: Rispondono alla presenza di determinate molecole

I recettori sensoriali rappresentano i canali di comunicazione tra il mondo esterno e il sistema nervoso.

La capacità di un animale di relazionarsi con il mondo esterno dipende

sensi		recettori		stimoli
vista	_____	fotorecettori	_____	luminosi
udito				
tatto	_____	meccanorecettori	_____	meccanici
gusto				
olfatto	_____	chemiorecettori	_____	chimici

dalla sua capacità di captare ed interpretare in modo corretto le informazioni provenienti dall'ambiente esterno e dal suo ambiente interno. Le risposte che l'organismo sviluppa a stimoli provenienti dall'ambiente esterno saranno appropriate solo se i dati riguardanti gli stimoli stessi sono fedelmente codificati in segnali che i neuroni del sistema nervoso centrale possono ricevere ed elaborare.

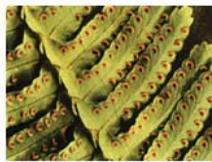
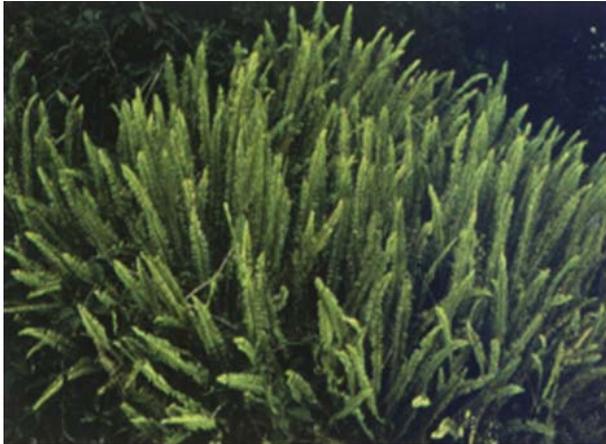
Esempi:

I serpenti a sonagli sono capaci di rilevare il calore (sotto forma di radiazioni nell'infrarosso) emesso da altri animali e possono utilizzare questa informazione per localizzare le prede.

Alcuni pesci utilizzano segnali elettrici a frequenza molto bassa per comunicare nell'acqua torbida. Ciò permette loro di localizzare i propri simili.

Alcuni animali sembra che possano percepire il campo magnetico terrestre ed utilizzarlo per l'orientamento.

scheda 70

**Sistemi interattivi sensoriali > superficie intelligente****OLEANDRACEE**

La *Nephrolepis cordifolia* ha fronde erette o pendenti e cresce nei climi caldi. Gli sporangi rotondi si raccolgono nei sori coperti da membrane reniformi, disposti lungo i margini delle foglioline, sulla pagina inferiore.

POLIPODIACEE

Fra le specie di questo genere vi sono il *Polypodium virginianum* e il *Platycterium*, una felce tropicale. I loro sporangi, privi di copertura protettiva, si trovano sulla pagina inferiore della fronda.

Invece dei fiori, dei frutti e dei semi che consentono la propagazione di quasi tutte le altre piante, le felci si riproducono mediante le spore.

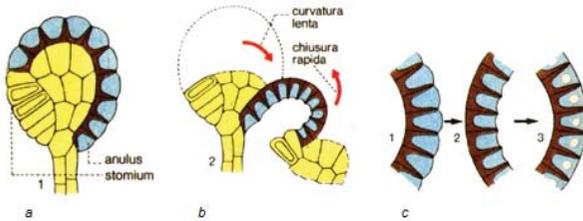
Queste sono minuscole particelle riproduttive che si sviluppano in piante diverse dalla pianta madre ma contenenti organi sessuali in grado di riprodurre nuove felci. Le spore, celate sulla pagina inferiore delle foglie in ricettacoli detti sporangi, sembrano polvere all'aspetto e ogni sporangio ne contiene moltissime, perfino, centinaia, e ogni felce possiede fino a migliaia di sporangi raggruppati in piccoli ammassi, i sori.

scheda 71



- a) SPORANGIO DI FELCE: chiuso(1) e aperto(2)
- b) sporangi di una felce tropicale.
- c) Cellule dell' anulus: turgore completo(1), dopo la perdita d'acqua(2), dopo la penetrazione di aria in seguito ad una disidratazione più spinta(3).

sistemi interattivi sensoriali >



Le Felci si riproducono grazie a spore che si sviluppano dentro asporangi . Quando sono mature l' anello (un cerchio di cellule) scoppia liberandole. La spora, se cade dove trova luce e umidità sufficienti, germina formando una piccola pianta. Il movimento meccanico che determina la fuoriuscita delle spore è di tipo pneumatico. E' pensabile una parete "attiva" intelligente che in base alle condizioni ambientali sia in grado di riportare il comfort adeguato.

scheda 72



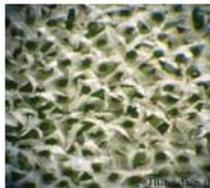
Sistemi interattivi sensoriali > assorbimento acqua

Il fiore del garofano assorbe minerali e acqua attraverso le foglie, la struttura della superficie delle foglie si chiama tricoma. Le foglie sostituiscono le radici nella funzione di assorbimento.

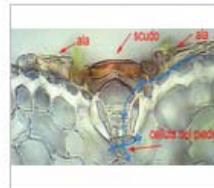
a) Tricomi di specie atmosferiche

b) Tricoma in sezione con ala abbassata. É evidenziato in blu il percorso dell'acqua che cade sulla foglia.

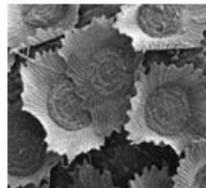
c) Tricomi con ali alzate, visti al microscopi elettronico a scansione d'immagini



a)

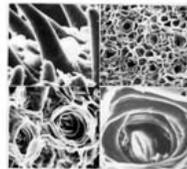
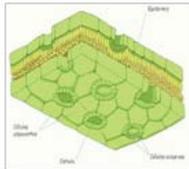


b)



c)

scheda 73



Sistemi interattivi sensoriali > assorbimento acqua

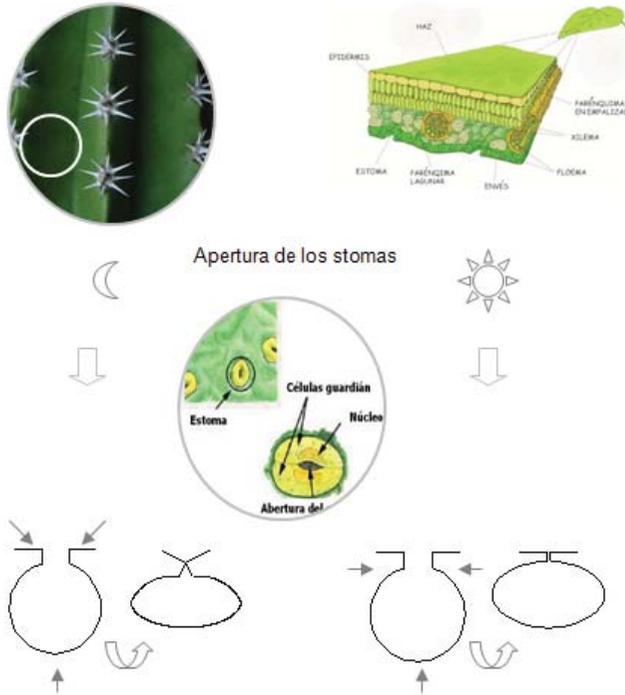
Le piante xerofite, hanno modificato una o più parti della loro fisiologia per far fronte a periodo più o meno lunghi di siccità. Sempre cercando di raccogliere acqua e minerali per sopravvivere.

Ciò ha condizionato la sua evoluzione.

Gli stomi nelle piante normali sono l'inverso delle foglie, nei xerofitas rimangono in tutta la superficie del gambo, che deve essere coperto dalla cera per una maggiore riflessione della luce.

scheda 74

Xerofita



Sintesi geometrica dei diversi sistemi di apertura.

Gli stomi si aprono di notte e si chiudono di giorno per le xerofite, viceversa per gli altri tipi di pianta

Sistemi interattivi sensoriali > assorbimento acqua

Le xerofite si differenziano dalle altre piante in quanto si sono adattate per aprire i propri stomi di notte anziché di giorno. Il processo si chiama CAM: metabolismo dell'acido crassulaceo, consiste nell'assorbimento di CO₂ dall'aria, formando un acido organico di 4 atomi, l'acido malico, gran parte dell'ossigeno si perde nell'atmosfera. Durante il giorno l'acido malico si scompone formando zuccheri che sono il principale alimento per la pianta questo processo utilizza l'energia del sole.

scheda 75



Non avendo possibilità di movimento ed essendo esposte a temperature estremamente elevate le xerofite hanno adattato il loro metabolismo per sopravvivere on temperature tra i 50° e i 55°. Producono sostanze cerose, generalmente liquidi che ricoprono le foglie e i gambi per riflettere la luce del sole. Alcune piante , quando si avvicina il periodo più caldo perdono le foglie per ridurre la perdita di acqua, nel caso delle xerofite, le spine aiutano a ridurre di 10°/15° la temperatura dei tessuti adiacenti rispetto alla temperatura ambiente.

- a) Diversità delle superfici, dove c'è una maggiore quantità e varietà di spine
- b) Superficie , vista della cuticola cerosa.

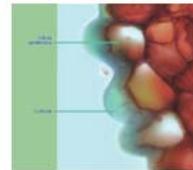
Il processo di assorbimento dell'acqua nelle xerofite avviene grazie a tre tipi di modificazione della struttura:

Le spine in sostituzione delle foglie.

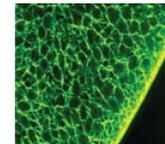
Il gambo e le radici



a)



b)



scheda 76



Sistemi interattivi sensoriali > Superficie sensibile

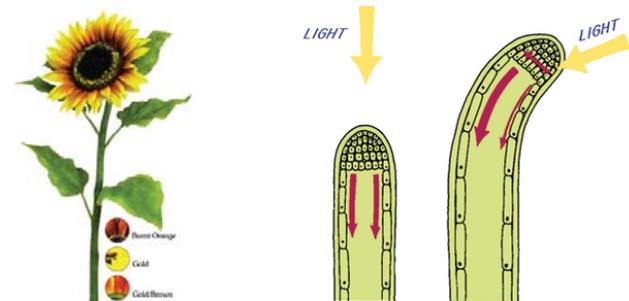
L'eliotropismo è il movimento diurno di certe piante (fiori o foglie) in risposta alla direzione del sole o della luce (Fototropismo).

I fiori eliotropici come il girasole o il bucaneve, seguono il moto del sole nel cielo da Est verso Ovest.

Durante la notte questi fiori assumono poi una posizione casuale mentre all'alba si volgono nuovamente verso Est aspettando che il sole risalga.

Il movimento è gestito da cellule "motori" in una zona flessibile nello stelo, sotto il fiore vero e proprio, chiamata pulvinus.

Queste cellule motrici sono specializzate nel pompare ioni di potassio nei tessuti vicini gonfiandoli. Lo stelo si muove proprio perchè le cellule motrici nella parte non esposta al sole si gonfiano al contrario di quelle esposte al sole che si restringono. L'eliotropismo avviene solo in risposta alla luce blu.



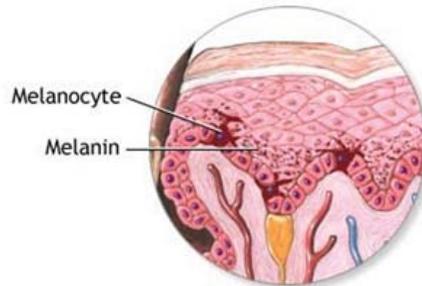
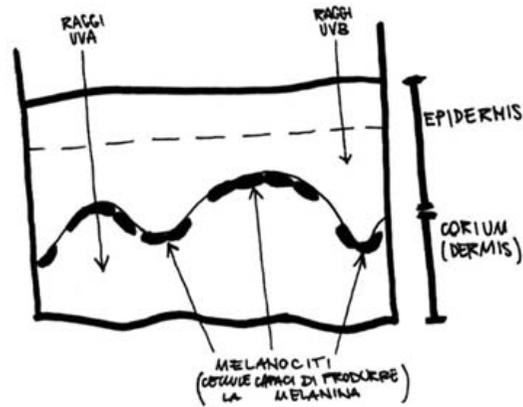
scheda 77

E' possibile osservare Eliotrofismo anche in alcuni tipi di corallo chiamati appunto Corallo Girasole. Questa famiglia di coralli possiede infatti lunghi tentacoli che si aprono durante il giorno e si richiudono durante la notte. Questi tentacoli non vengono utilizzati per ottimizzare la superficie esposta alla luce solare ma per catturare il plankton nelle ore diurne.



Family: Dendrophyliidae genus: Tubastrea

scheda 78



Sistemi interattivi sensoriali >

Superficie sensibile > abbronzatura

Il cambiamento della colorazione della pelle nell'uomo quando esposta al sole ha principalmente una funzione fotoprotettiva oltre che derivanti implicazioni sociali e culturali.

A gestire questo processo è la melanina, che oltre a svolgere un ruolo "passivo" nella definizione del fototipo dell'uomo, svolge ora un ruolo "attivo" reagendo ai raggi UVA e inscurendo la pelle per farne penetrare una minore quantità.

L'inscurimento della pelle umana è causato dal rilascio del pigmento melaninico nei tessuti sottocutanei in seguito all'esposizione delle radiazioni ultravioletta.

La melanina è prodotta da cellule chiamate melanociti e protegge il nostro corpo da un'eccessivo assorbimento delle radiazioni solari che potrebbe essere dannoso. Due frequenze della luce solare causano l'abbronzatura: i raggi UVA e UVB.

I melanociti sono localizzati nello strato inferiore dell'epidermide. Attraverso un processo chiamato melanogenesi, queste cellule producono la melanina: pigmento presente nella pelle ma anche negli occhi e nei capelli.



scheda 79



Superficie sensibile > abbronzatura delle piante

Il pigmento melaninico non è solo presente nel corpo umano ma anche in diversi tipi di piante, dalle alche ai muschi fino alle edere rampicanti. Come reazione ai raggi ultravioletti, la superficie di queste piante assume una colorazione rossastra per regolare l'assorbimento delle radiazioni solari se in eccesso



scheda 80

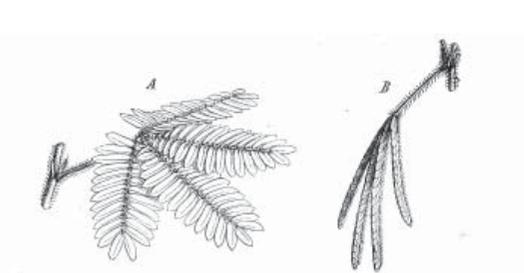


Sistemi interattivi sensoriali >Superficie sensibile

Le foglie della Mimosa Pudica hanno il particolare attributo di reagire a stimoli tattili.

Toccando una foglia, questa si chiude velocemente su se stessa come mezzo di difesa.

Oltre agli stimo tattili, questo tipo di mimosa, anche chiamata Mimosa Sensitiva, reagisce anche se viene a contatto con una fiamma o con un oggetto caldo.



III Parte - Sviluppo prodotto

Capitolo 11 - Liquidwall/ rendering

Liquidwall/ rendering

prodotto



Liquidwall/ rendering

prodotto



Liquidwall/ rendering

prodotto



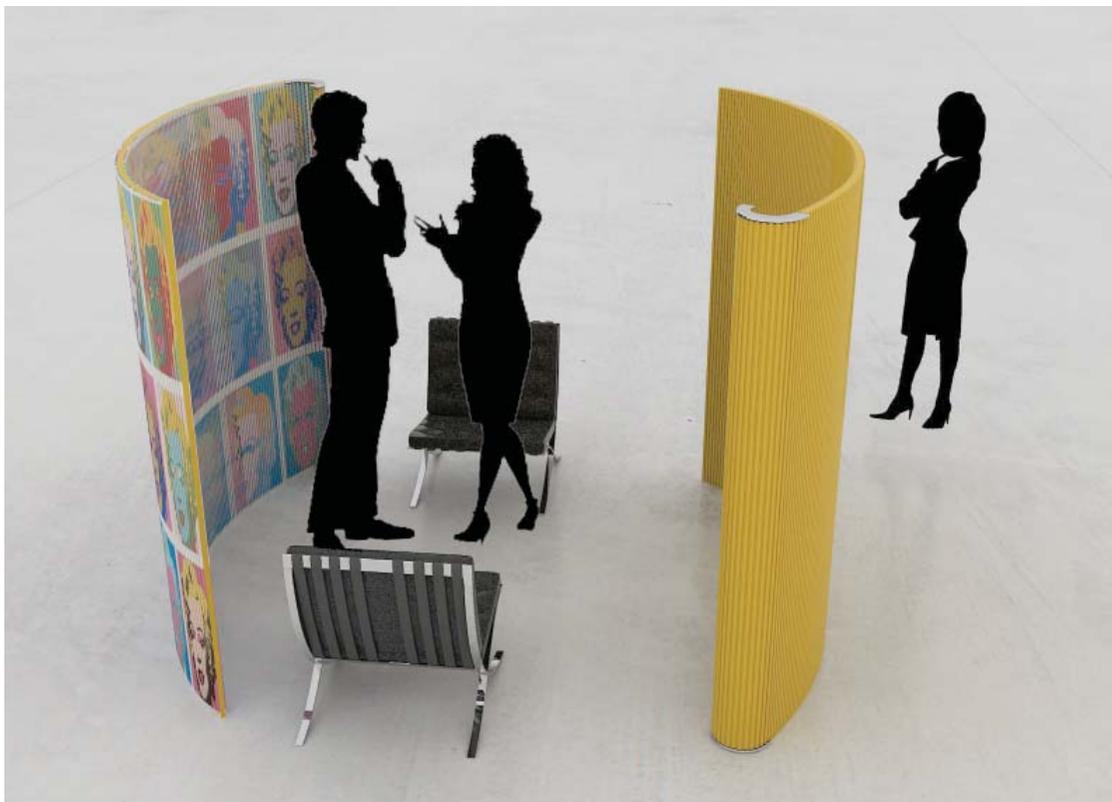
Liquidwall/ rendering

_____ prodotto



Liquidwall/ rendering

_____ prodotto



Liquidwall/ rendering

_____ prodotto



Liquidwall/ rendering

prodotto



Liquidwall/ rendering

prodotto



Liquidwall/ rendering

prodotto



Liquidwall/ rendering



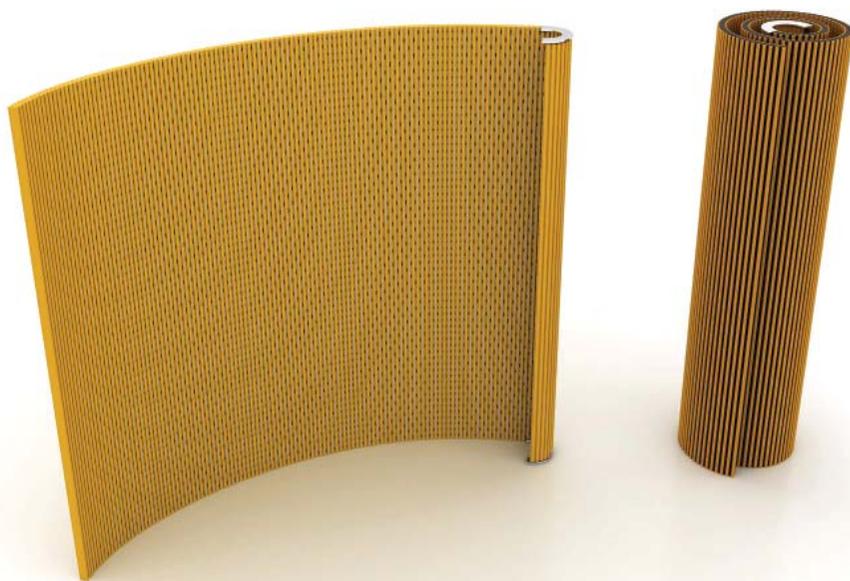
prodotto



Liquidwall/ rendering



prodotto



Liquidwall/ rendering



prodotto



Liquidwall/ rendering

_____ prodotto



Bibliografia

Acustica

Acustica / G.Moncada,Lo Giudice,S. Santoboni. Milano, Ambrosiana 2000.

Acustica ambientale e insonorizzazioni / Achille Alziati. Milano, 1979

Acustica applicata all'architettura / C. Marchesi Cappai. Milano, Hoepli, 1935.

Acustica edilizia : difesa dai rumori / Aymone Berlincioni. Torino, 1958.

L'acustica in architettura / Francesco Bianchi, Roberto Carratù. Novara: CittàStudi, 2007.

L'acustica nell'edificio : progettazione e tecniche di realizzazione / Loic Hamayon; ed. italiana a cura di Luca Gattoni e Dario Painsi. Napoli.

L'acustica nella progettazione architettonica : analisi del rumore e aspetti tecnologici-applicativi / Cristiana Bernasconi. Milano: Il sole 24 ore (2001).

Fondamenti di acustica ambientale / Luciano Rocco. Firenze : Alinea, 1984.

La scienza del suono / John R. Pierce. - Bologna : Zanichelli, 1988.

Progettazione acustica di edifici civili e industriali / Giuseppe Elia, Guido Geppetti. Roma.

Manuale di acustica applicata / a cura di Renato Spagnolo. Torino: UTET libreria, 2001.

Acustica e architettura: spazio, suono, armonia in Le Corbusier / Amedeo Petrelli. Venezia: Marsilio, 2001.

I materiali dell'architettura nella progettazione del comfort ambien-

tale / Lanutti Carlo. Gangemi 2001.

Progettare il silenzio : tecniche di intervento per il benessere acustico / Anna Magrini. Roma: EPC Libri, 2005.

Assorbimento e isolamento acustico negli edifici : rumori interni ed esterni, materiali e indicazioni di posa, collaudi in opera, schema di regolamento edilizio tipo / Claudio Martorana, Simona Becherini. Santarcangelo di Romagna: Maggioli, 2004.

Sound Design. Progettare il suono / Alberto Morelli e Stefano Scarani.

Il paesaggio Sonoro / Murray R. Schefer. Lucca: LIM.

Ambiente ufficio

Open office space / John Pile; consulting editor Edith Siroto. New York 1984.

Workspace/Workspace : i nuovi scenari dell'ufficio / a cura di Orietta Fiorenza, Massimo Roj ; autori Stefano Casciani, Orietta Fiorenza, Massimo Roj ; con il contributo di Corrado Caruso - Milano: Skira, 2000.

The other office : creative workplace design / written by Matthew Stewart. Amsterdam: Birkhäuser, 2004.

L'ufficio del futuro / Jeremy Myerson e Philip Ross. Modena: Logos, 2003.

Gli uffici / di Ettore Guglielmi. Roma: NIS, 1994.

Ergonomia degli uffici : l'uomo, il prodotto, l'ambiente / Luigi Bandini Buti. Milano: Il sole-24 ore, 2001.

Ergonomia e ambienti di lavoro / Oddo Pierfederici. Bologna: Pitagora, 1982.

Ergonomia e lavoro / a cura di Ivetta Ivaldi. Napoli: Liguori, 1999.

Bionica

Archivio design innovation

Il progetto della natura. Gli strumenti della biomimesi per il design / Giuseppe Salvia,Valentina Rognoli e Marinella Levi.

Hybrid design.Progettare tra tecnologia e natura / Carla Langell. Franco Angeli.

Modernità liquida / Z. Bauman. Laterza, Roma-Bari 2002,

Sitologia

www.wikipedia.com

www.armstrong.com

www.pattspa.it

www.fantoni.it

www.pilkington.com

www.rockwool.it

www.saint-gobain.it

www.steelcase.com

www.waldmann.com

www.sedus.it/

www.acustica.it

www.aesitalia.org

www.altracustica.org

www.tuttoambiente.it

www.ssoacustici.it

www.anit.it

www.Uni.com

www.biomimicry.net

www.biomimicryinstitute.org

www.asknature.org

www.federlegno.it/assufficio

www.ufficiofabbrica creativa.com

milan.the-hub.net