

# I materiali delle LAC



Dr. Fabrizio Zeri  
zeri@fis.uniroma3.it

## I materiali delle LAC

- Classificazione
- Natura dei polimeri
- Proprietà dei materiali

Lac I 2008/2009

F.Zeri

## Classificazione dei materiali

(Lupelli, 1998; Phillips, 2007; Jones e Dumbleton, 2007)

- Composto chimico
- USAN
- FDA
- Nome Commerciale
- Classificazione ISO
- ACLM

Lac I 2008/2009

F.Zeri

## Classificazione dei materiali

(Lupelli, 1998; Phillips, 2007; Jones e Dumbleton, 2007)

Composto chimico

**Componente o i componenti principali del polimero (Es. pMMA, pHEMA, .....)**

Lac I 2008/2009

F.Zeri



Classificazione dei materiali																											
<small>(Lupelli, 1998; Phillips, 2007; Jones e Dumbleton, 2007)</small>																											
<b>Classificazione ISO</b>																											
EN ISO 11539:1999																											
Suffisso focon per i materiali duri Suffisso filcon per i materiali morbidi																											
	<b>Classificazione RGP (es Paflucocon B III 3)</b>																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Suffisso Gruppo</th> <th>Contenuto chimico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>Nè silicone nè fluorina</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>Silicone, no fluorina</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>Silicone e Fluorina</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>Fluorina, no silicone</td> </tr> </tbody> </table>	Suffisso Gruppo	Contenuto chimico	I	Nè silicone nè fluorina	II	Silicone, no fluorina	III	Silicone e Fluorina	IV	Fluorina, no silicone	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Codice Gruppo</th> <th>Dk</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>16-30</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>31-60</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>61-100</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>101-150</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>151-200</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>200+</td> </tr> </tbody> </table>	Codice Gruppo	Dk	1	1-15	2	16-30	3	31-60	4	61-100	5	101-150	6	151-200	7	200+
Suffisso Gruppo	Contenuto chimico																										
I	Nè silicone nè fluorina																										
II	Silicone, no fluorina																										
III	Silicone e Fluorina																										
IV	Fluorina, no silicone																										
Codice Gruppo	Dk																										
1	1-15																										
2	16-30																										
3	31-60																										
4	61-100																										
5	101-150																										
6	151-200																										
7	200+																										

Tipi di materiali:	
•Rigidi	(Gas- Impermeabili, Gas-Permeabili)
•Morbidi	(Idrogel, Elastomeri sintetici, Silicone-Idrogel, Biopolimeri)

Lac I 2008/2009 F.Zeri

RIGIDI:	
<b>1)MATERIALI GAS-IMPERMEABILI</b>	
(termoplastiche)	
-PMMA 1940 (plexiglas)	

Lac I 2008/2009 F.Zeri

RIGIDI:	
<b>1)MATERIALI GAS-IMPERMEABILI</b>	
(termoplastiche)	
-PMMA 1940 (plexiglas)	
<b>Vantaggi</b>	<b>Svantaggi</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ottima qualità ottica</li> <li>-Durezza</li> <li>-Facilità di disinfezione</li> <li>-Ottima biocompatibilità</li> <li>-Stabilità dimensionale</li> <li>-Scarsa tendenza accumulo depositi</li> <li>-Facilità di lavorazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rigidità</li> <li><b>-Gas-impermeabilità</b></li> <li>-Bagnabilità non buona</li> </ul>

**RIGIDI:**

2) MATERIALI GAS-PERMEABILI

- CAB acetato butirato di cellulosa 1973
- anelli ciclici
- gruppi -OH

Vantaggi	Svantaggi
-Gas-permeabilità	-Scarsa durezza superficiale
-Buona bagnabilità	-Scarsa stabilità dimensionale
-Ottima qualità ottica	-Bassa Gas-permeabilità
-Facilità di disinfezione	
-Ottima biocompatibilità	

Lac I 2008/2009

F.Zeri

**RIGIDI:**

2) MATERIALI GAS-PERMEABILI

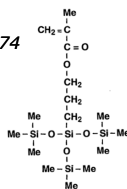
- STIRENE
- Peso specifico basso;
- Alto n
- Gas-permeabilità
- Accoppiamento con hema
- Fragilità
- Gas-permeabilità non elevata
- SILOSSANO-METACRILATO
- 4 componenti principali:
- mon.di silossano metacrilato(leg.silossanici Si-O-Si Gas-per.)
- MMA (durezza, stabilità, lavorabilità)
- Crosslinkante (stabilità)
- Componente umettante (bagnabilità)
- FLUOROPOLIMERI
- Fluoro alta gas-permeabilità in aggiunta a silossano-metacrilato o a MMA+VPCAB

**RIGIDI:**

2) MATERIALI GAS-PERMEABILI

**Silicone acrilato:** (silossano-metacrilato) ad una base principale di PMMA vengono legati gruppi (-Si-O-Si-). Monomero TRIS (trimetilsilossano).

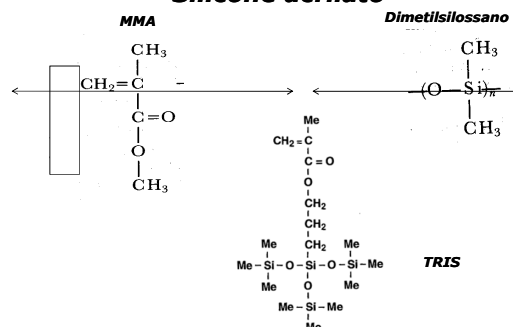
- 1971 Leonard e Jon Seidner (Polymer Optics Laboratories) comissionano ad un chimico, Norman Gaylord la produzione di un nuovo materiale RGP. 1974 Polycon (brevetto Gaylord) prima lac RGP in Silicone acrilato.
- 1982 Il Boston II (silicone/acrylate) della Polymer technology riceve l'approvazione della FDA



**RIGIDI:**

2) MATERIALI GAS-PERMEABILI

**Silicone acrilato**





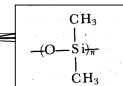
**Morbidi: Classificazione FDA degli idrogel**

**GROUP 1 Low Water (<50% H2O) Nonionic Polymers**

- tefilcon** (38%) (Dk = 8.9) (Cibasoft, Illusions, Softint, STD, Torisoft)
- tetrafilcon A** (43%) (Dk = 9) (Aquaflex Standard, Aquaflex Super Thin, CooperClear, Cooper Toric, Preference Toric, Vantage Thin, Accents , Vantage, Vantage Accents, Vantage Thin)
- crofilcon** (38%) (Dk = 13) (CSI, CSI Toric)
- hefilcon A&B** (45%) (Dk = 12) (Flexlens, Flexlens Toric, Flexlens, Aphakic , Gold Medalist Toric, Optima Toric, Simulvue, Unilens)
- mafilcon** (33%) (Dk = 4) (Menicon)
- polymacon** (38%) (Dk = 9) (Alden Classic, Allvue, Biomedics 38, Cellusoft, Clearview, Cooper Thin, CustomEyes 38, Edge III Proactive, Edge III Proactive XT, Edge III Standard, Edge III Thin, Epcosoft, Esstech PS, Esstech PSD, Esstech SV, Horizon 38, Hydron Echelon, Hydron Mini, Hydron Zero 4 SofBlue, Hydron Zero 6 SofBlue, Hydron, Versa Scribe, Ideal Soft, LifeStyle MV2, LifeStyle Xtra, LifeStyle 4Vue, LifeStyle Toric Bifocal, LL38, Metrosoft II Multifocal, Natural Touch, Occasions, Optima 38, Optima FW, PS-45 Multifocal, Seequence, Softform II, Soflens , Softics, SoftView, Westcon Toric)
- hioxifilcon B** (49%) (Dk = 15) (Essential Soft Toric Multifocal, Ocu-flex Plus, Quattro)
- lotrafilcon A** (24%) (Dk = 140) (Focus Night & Day)

www.clspectrum.com/class/index.asp

**MORBIDI:**

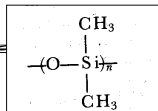


2) ELASTOMERI SINTETICI

**Silicone** (gomma siliconica, o polidimetilsilossano): (Keeping, 1907) composti flessibili basati su una catena silicio-ossigeno e gruppi funzionali organici (R) legati agli atomi di silicio

- 1972: Dow Corning compra un materiale elastomero sintetico da Breger Muller-Welt di Chicago producendo la prima lente flessibile in gomma siliconica la SILCON.
- 1984 vendita della licenza alla B&L, nasce la Silsoft

**MORBIDI:**



2) ELASTOMERI SINTETICI

-proprietà intermedie tra termoplastiche e idrogel

Vantaggi	Svantaggi
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Durezza</li> <li>-Altissimo DK</li> <li>-Flessibilità</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elevata elasticità</li> <li>-Alta permeabilità ai vapori</li> <li>-Completa idrofobia</li> </ul>

Lac I 2008/2009

F.Zeri

**MORBIDI:**

3) SILICONE-IDROGEL (SH, SI)

- USCITA FINE ANNI 90
- MATERIALI (lotrafilcon A; balafilcon A; galyfilcon A; lotrafilcon B, senofilcon A, colfilcon A; Comfilcon A; Asmoofilcon A, Enfilcon A, narafilcon A, Filcon II 3, Filcon V 3, Delefilcon A)

Vantaggi	Svantaggi
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Alto DK</li> <li>-Flessibilità</li> <li>-Idratazione (in genere più bassa degli idrogel)</li> <li>-Minore depositi proteici</li> <li>-Facilità di manipolazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-modulo più alto degli idrogel</li> <li>-maggiori depositi lipidici</li> </ul>



## Silicone Idrogel: le generazioni

OPTOMETRIC Management

Revitalens

HOME THIS MONTH ARCHIVE SUPPLEMENTS MANAGEMENT TIPS

Issue: May 2008  
HIGHLIGHTS FROM THE OPTOMETRIC MANAGEMENT SYMPOSIUM ON CONTEMPORARY EYE CARE

### Looking at Silicone Hydrogels Across Generations

Demystify the various polymers and lens treatments that characterize silicone hydrogel lenses.

By Loretta Szeczkita-Flynn, O.D., A.S.C.

**Three Generations of Materials**

**1st Generation**

- Lotrafilcon A, Balafilcon A
- TRIS structures, plasma treated, high modulus

**2nd Generation**

- Senofilcon A, Galafilcon A
- Modified Tanaka monomer, lack of coatings, higher Dk for water content

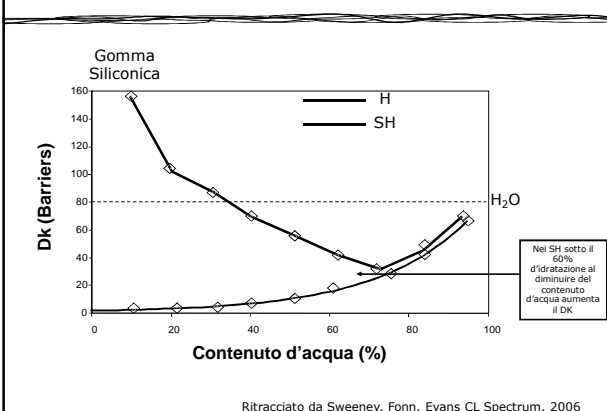
**3rd Generation**

- Conifilcon A, Enfilcon A
- No TRIS structure, no surface treatments or wetting agents, breaks traditional water Dk-modulus relationship

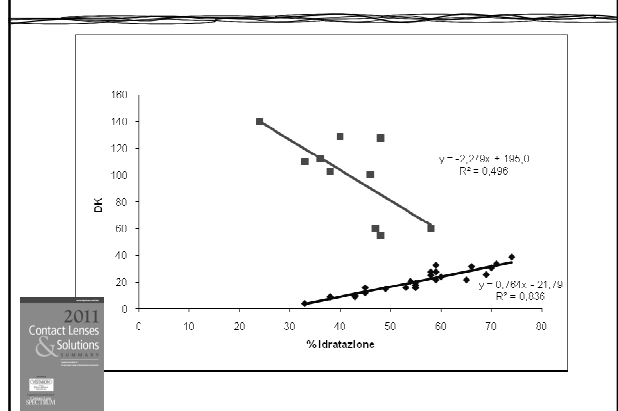
## Silicone Idrogel: le generazioni

- **SI di prima generazione:**
  - lotrafilcon A e balafilcon A; i primi ad uscire (1998)
  - Alto Dk, alto modulo, bassa idratazione
  - Trattamenti superficiali per aumentare la bagnabilità
- **SI di seconda generazione,**
  - galafilcon A (2004) e il senofilcon A (2006)
  - riduzione modulo e Dk; aumento dell'idratazione,
  - molecole umettanti, eliminazione dei trattamenti superficiali
  - lotrafilcon B (2004) permane il trattamento superficiale.
- **SI di terza generazione,**
  - conifilcon A (2007) e enfilcon A (2006)
  - assenza molecole umettanti,
  - eliminazione dei trattamenti superficiali

## Materiali Morbidi: Dk e idratazione



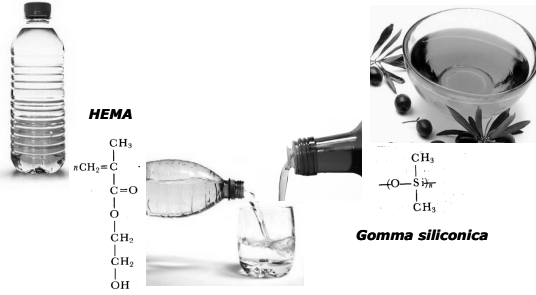
## Materiali Morbidi: Dk e idratazione





### Lo sviluppo dei materiali silicone idrogel

La scommessa: come unire l'olio con l'acqua ottenendo un liquido otticamente limpido!

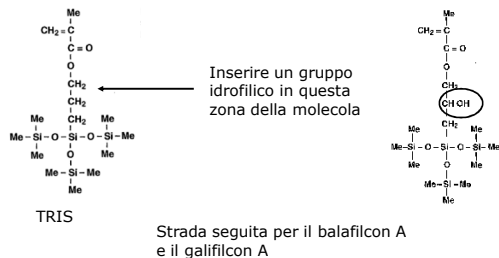


### Lo sviluppo dei materiali silicone idrogel

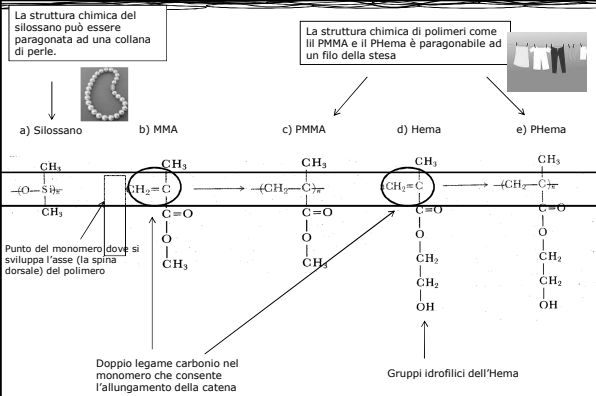
Due strade (Brian Tighe, 2007):  
 1) Inserire gruppi polari nel monomero TRIS  
 2) Sviluppare una tecnologia macromerica: che significa realizzare monomeri molto grandi (macromer) formati dall'assemblamento di unità strutturali con certe caratteristiche (materiali bifasici)

### Lo sviluppo dei materiali silicone idrogel

Toyo Contact Lens Company, Kyoichi Tanaka (1979)  
 Unire il Tris (monomero usato con successo per la preparazione dei materiali RGP a base di silicone) con gruppi idrofilici

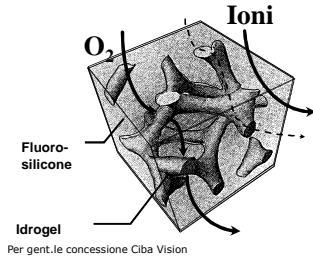


### Lo sviluppo dei materiali silicone idrogel



## Lo sviluppo dei materiali silicone idrogel

### Materiali Bifasici



Strada seguita per il lotrafilcon A e B

## Silicone Idrogel: materiali lac disponibile presenti in Italia

Nome del prodotto	AIR Optix N&D	AIR Optix Aqua	Dailies Total 1	PureVision	Acuve Advance	Acuvue Oasys	Trueye
Materiale	Lotrafilcon A	Lotrafilcon B	Delefilcon A	Balaafilcon A	Galayfilcon A	Senofilcon A	Naraafilcon A
Produttore	Alcon	Alcon	Alcon	Bausch & Lomb	J&J	J&J	J&J
Spessore centrale (mm) (@-3.00D)	0,08	0,08	0,09	0,09	0,07	0,07	0,085
Contenuto d'acqua	24%	33%	33% water gradient surface 80%?	36%	47%	38%	46%
DK x10 <sup>-11</sup>	140	110	143	99	60	103	100
DK/t x10 <sup>-9</sup>	175	138	156	110	86	147	118
Trattamento di superficie /Agente Umettante	Trattamento al plasma 25nm a alto indice di rifrazione /No	Trattamento al plasma 25nm a alto indice di rifrazione /Si	No/Si	Ossidazione al plasma, produzione di isole silicate /No	No trattamento di superficie/ Si (PVP)	No/ Si (PVP)	No/Si
Modulo (MPa)	1,52	1,52	1,00	1,1	0,43	0,72	0,66
Gruppo FDA	I	I	I	I	I	I	I
Uso approvato FDA	CW	CW	EW	DW	DW	EW/T	DW

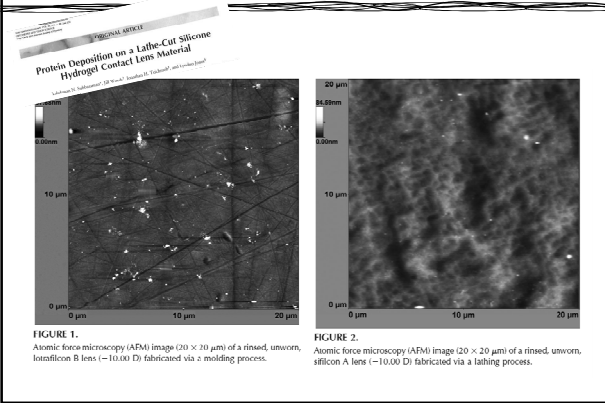
## Silicone Idrogel: materiali lac disponibile presenti in Italia

Nome del prodotto	Biofinity	Avalra	MyDay	Clariti	Premio
Materiale	Comfilcon A	Enfilcon A	stenfilcon A	Filcon II 3	Asmofilcon A
Produttore	Cooper Vision	Cooper Vision	Cooper Vision	Sauflon	Menicon
Spessore centrale (@-3.00D)	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08
Contenuto d'acqua	48%	46%	54%	58%	40%
DK x10 <sup>-11</sup>	128	100	80	60,2	129
DK/t x10 <sup>-9</sup>	160	125	100	86	161
Trattamento di superficie /Agente Umettante	No/No	No/No	No/No	No/No	Si/No
Modulo (MPa)	0,75	0,5	0,4	0,5	0,91
Gruppo FDA	I	I	II?	nd	I
Uso approvato FDA	EW	EW	DW?	DW?	EW

## Silicone Idrogel: materiali tornibili

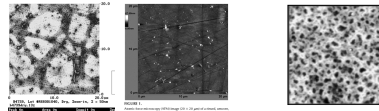
Nome del prodotto	Air Optix Individual	Saphir	Ultra wave
Materiale	Sifilcon A	Filcon V 3	Filcon II 3
Produttore	CiBA Vision	Mark Ennovy	Mark Ennovy
Spessore centrale (@-3.00D)	0,07	n.d.	0,07
Contenuto d'acqua	32%	75%	58%
Permeabilità all'ossigeno x.10 <sup>-11</sup>	82	60	60
Trasmissibilità all'ossigeno x.10 <sup>-9</sup>	117	n.d.	86
Trattamento di superficie /Agente Umettante	Trattamento al plasma 25nm	n.d.	n.d.
Modulo (MPa)	1,1	0,27	n.d.
Gruppo FDA	I	n.d.	n.d.
Uso approvato FDA	DW	n.d.	n.d.

## Costruzione delle lac in Silicone Idrogel



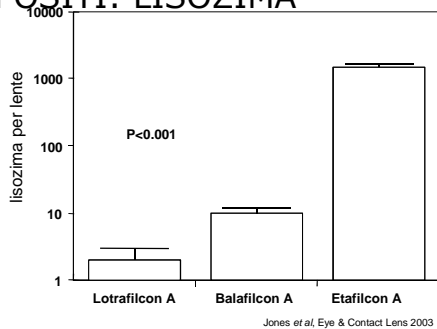
## Silicone Idrogel: Trattamenti di Superficie/Lubrificanti

Nome del prodotto	PureVision	AIR Optix N&D	AIR Optix Aqua	Biofinity	Acuve Advance	Acuvue Oasys	Trueye	Clarity
Materiale	Balafilcon A	Lotrafilcon A	Lotrafilcon B	Comfilcon A	Galyfilcon A	Senofilcon A	Narafilcon A	Filcon II 3
Trattamenti di superficie /Agente Umettante	Ossidazione al plasma, produzione e di isole silicate /No	Trattamento al plasma 25nm a alto indice di rifrazione /No	Trattamento al plasma 25nm a alto indice di rifrazione /Si	No/No	No trattamento di superficie/ Si (PVP) (Hydraclear)	No/ Si (PVP) (Hydraclear plus)	No/Si (Hydraclear 1)	No/No



## Silicone Idrogel: depositi

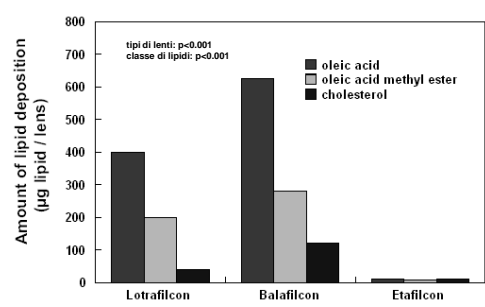
### DEPOSITI: LISOZIMA



Lac I 2008/2009

F.Zeri

## Silicone Idrogel: depositi



Lac I 2008/2009

F.Zeri

## Silicone Idrogel: depositi

ORIGINAL ARTICLE  
**Care Regimen and Lens Material Influence on Silicone Hydrogel Contact Lens Deposition**  
 Zhenbin Zhao<sup>1</sup>, Nicole A. Cass<sup>2</sup>, Yuhua Abirame<sup>3</sup>, James W. Fox<sup>4</sup>, Thomas Maderkubel<sup>5</sup>, Qing Guo<sup>6</sup>, John Korb<sup>7</sup>, and Mark D. P. Willson<sup>8</sup>

- **Lotrafilon B, Balafilcon A, Galyfilcon A, Senofilcon A**
- **Clear Care, Opti-Free, Opti-Free Express, Opri-Free RepleniSH, Aquify.**

• Balafilcon A esibisce il maggior accumulo di depositi (colesterolo: tra 4,1 e 8,2; proteine totali tra 5,4 e 23,2)

Lens	Solution	Wear days	Deposits µg/lens	N	Overall solution effect
Balafilcon A	Express	30	8.2 ± 1.1	24	F = 117.1, p < 0.00001
	AQuify	30	4.1 ± 0.7	20	
	ClearCare	30	8.0 ± 1.9	25	
	RepleniSH	30	4.1 ± 0.4	20	
Balafilcon A	Express	30	23.1 ± 5.8	24	F = 35.0, p < 0.00001
	AQuify	30	5.4 ± 6.7	20	
	ClearCare	30	23.2 ± 10.7	25	
	RepleniSH	30	17.6 ± 6.1	10	

## Silicone Idrogel: depositi

ORIGINAL ARTICLE  
**Care Regimen and Lens Material Influence on Silicone Hydrogel Contact Lens Deposition**  
 Zhenbin Zhao<sup>1</sup>, Nicole A. Cass<sup>2</sup>, Yuhua Abirame<sup>3</sup>, James W. Fox<sup>4</sup>, Thomas Maderkubel<sup>5</sup>, Qing Guo<sup>6</sup>, John Korb<sup>7</sup>, and Mark D. P. Willson<sup>8</sup>

• Soluzioni diverse modificano l'accumulo di depositi

Lens	Solution	Wear days	Deposits µg/lens	N	Overall solution effect	p <sup>2</sup>			
						Express	AQuify	ClearCare	RepleniSH
Balafilcon A	Express	30	8.2 ± 1.1	24	F = 117.1, p < 0.00001	<0.00001	1.00000	<0.00001	<0.00001
	AQuify	30	4.1 ± 0.7	20		<0.00001	<0.00001	<0.00001	1.00000
	ClearCare	30	8.0 ± 1.9	25		1.00000	<0.00001	<0.00001	<0.00001
	RepleniSH	30	4.1 ± 0.4	20		<0.00001	1.00000	<0.00001	<0.00001
Balafilcon A	Express	30	23.1 ± 5.8	24	F = 35.0, p < 0.00001	<0.00001	1.00000	0.92942	0.00002
	AQuify	30	5.4 ± 6.7	20		<0.00001	<0.00001	0.00002	0.00002
	ClearCare	30	23.2 ± 10.7	25		1.00000	<0.00001	<0.00001	1.00000
	RepleniSH	30	17.6 ± 6.1	10		0.92942	0.00002	1.00000	<0.00001

Lac I 2010/2011 F.Zeri

## MORBIDI:

### 4) BIOPOLIMERI

- Collagene
- si degrada (tempo variabile da 12 a 72 ore)
- Lac Terapeutiche "gusci"

Lac I 2008/2009

F.Zeri

## Proprietà dei materiali:

### • OTTICHE

INDICE DI REFRAZIONE  
 TRASMISSIONE LUCE E UV

### • FISICO-MECCANICHE

PESO SPECIFICO  
 DUREZZA

FLESSIBILITA'  
 ELASTICITA'

RESISTENZA ALLA TRAZIONE

STABILITA' DIMENSIONALE (tempo, temperatura, ph, tonicità)

CONDUCIBILITA' TERMICA

TRASMISSIONE OSSIGENO E ANTRIDE CARBONICA

Lac I 2008/2009

F.Zeri

## Proprietà dei materiali:

### **CHIMICHE**

**PROPRIETÀ DI SUPERFICIE** (bagnabilità, frizione)  
**CONTENUTO D'ACQUA**  
**CARICA IONICA**

### **BIOLOGICHE**

**BIOCOMPATIBILITÀ**  
**BIOMIMESI**

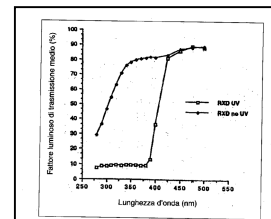
Lac I 2008/2009

F.Zeri

## Proprietà Ottiche:

### Trasmissione luce e UV

Additivi UV Block



Lac I 2008/2009

F.Zeri

## Proprietà Fisiche:

### Peso Specifico

- massa del corpo diviso per la massa di un uguale volume d'acqua
- influisce sulla dinamica delle lac

Lac I 2008/2009

F.Zeri

## Proprietà Fisiche:

### Flessibilità

- possibilità di flessione se il materiale è sottoposto a forze
- genera astigmatismo residuo
- dipende da:
  - materiale (Elasticità: modulo di Young)
  - dimensioni lac (diametro e spessore)
  - modalità applicazione BOZR, BOZD
  - tensione palpebrale

## Elasticità

•Se si considera il rapporto tra la forza applicata ad un materiale e la variazione di lunghezza che su esso viene prodotta cioè il rapporto tra stress (peso o forza per unità di area) e tensione (estensione) si può definire il modulo come la costante che regola questo rapporto (proporzionale e caratteristico per ogni materiale).

• $Y = \text{stress}/\text{tensione}$

•Il modulo di Young è uno dei moduli di elasticità di un materiale

Più il materiale è rigido più il modulo di Young è elevato (MPa; psi; kP), poiché c'è una maggiore resistenza alla deformazione.

## Materiali Silicone Idrogel presenti in Italia

Nome del prodotto	Acuvue II	PureVision	AIR Optix N&D	AIR Optix Aqua	Acuve Advance	Acuvue Oasys	Trueeye
Materiale	Etafilcon A	Balafilcon A	Lotrafilcon A	Lotrafilcon B	Galyfilcon A	Senofilcon A	Narafilcon A
Produttore	J&J	Bausch & Lomb	Ciba Vision	Ciba Vision	J&J	J&J	J&J
Spessore centrale (@-3.00D)	0.084	0.09	0.08	0.08	0.07	0,07	0,085
Contenuto d'acqua	58%	36%	24%	33%	47%	38%	46%
DK x10 <sup>-11</sup>	21,4	99	140	110	60	103	100
DK/t x10 <sup>-9</sup>	25,5	110	175	138	86	147	118
<b>Modulo (MPa)</b>	0,24 <sup>¶</sup> /0,34 <sup>§</sup>	1,08 <sup>¶</sup> /1,1 <sup>§</sup>	1,18 <sup>¶</sup> /1,5 <sup>§</sup>	1,00 <sup>¶</sup> /1,2 <sup>§</sup>	0,4 <sup>¶</sup> /0,43 <sup>§</sup> *	0,6 <sup>¶</sup> /0,72 <sup>§</sup> *	0,66 <sup>¶</sup> *

<sup>¶</sup>dati forniti dall'azienda

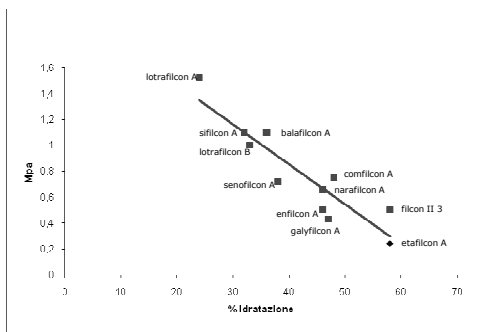
<sup>§</sup>Franch K. Why is modulus important? www.siliconehydrogels.org 2007

<sup>\*</sup>Taylor B, Brennan N, Collins C. Silicone hydrogel: What are they and how should they be used in everyday practice. Optician 1999;218(5726):31-5.

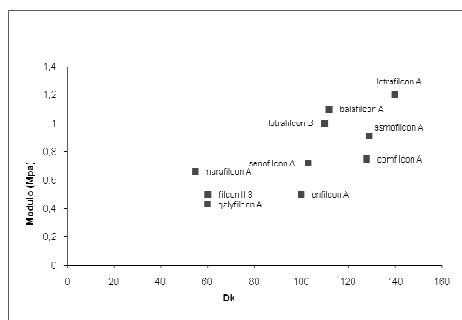
<sup>¶</sup>Goldsberg EP, Shaha S, Enns JB. Hydrogel contact lens - corneal interactions: a new mechanism for deposit formation and corneal injury. CLAO J 1997;23:243-8

<sup>§</sup>Price S. Contact Lens Materials. In: Price A, Spidehead L, Contact Lenses 5th Ed. Butterworth-Heinemann 2007

## Modulo e idratazione



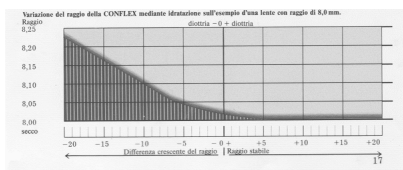
## Modulo e Dk



**Proprietà Fisiche:**

Stabilità dimensionale

-variazioni parametri (BOZR, TC, P..) indotta da condizioni d'uso e ambientali  
 -BOZR e idratazione



Lac I 2008/2009

F.Zeri

**Proprietà Fisiche: Trasmissione O<sub>2</sub>**

**-PERMEABILITA' O<sub>2</sub> DK**

-D=coefficiente di diffusione (velocità attraversamento materiale dell' O<sub>2</sub>)  
 -K=coefficiente di solubilità (facilità di dissolvimento nel materiale dell' O<sub>2</sub>)  
 t=35°  
 DK=..... 10<sup>-11</sup> cm<sup>2</sup> sec<sup>-1</sup> ml O<sub>2</sub><sup>-1</sup> mmHg<sup>-1</sup>  
 Unità sistema metrico (Dk imperiale x0,75)  
 DK=..... 10<sup>-11</sup> cm<sup>2</sup> sec<sup>-1</sup> ml O<sub>2</sub><sup>-1</sup> hPa<sup>-1</sup>

Unità "Barrer" (Fatt Unit)

**-TRASMETTIBILITA' O<sub>2</sub> DK/t**

-si riferisce alla lac  
 -t=spessore al centro  
 DK/t =... 10<sup>-9</sup> cm sec<sup>-1</sup> ml O<sub>2</sub><sup>-1</sup> mmHg<sup>-1</sup>  
 DK/t =... 10<sup>-9</sup> cm sec<sup>-1</sup> ml O<sub>2</sub><sup>-1</sup> hPa<sup>-1</sup>

Lac I 2008/2009

F.Zeri

**Proprietà Fisiche:**

Trasmissione O<sub>2</sub>

$$DK/t = \frac{DK}{t \text{ in decimi di mm}}$$

	DK	5	10	15	20
t					
0,05		10	20	30	40
0,1		5	10	15	20
0,2		2,5	5	7,5	10

Lac I 2008/2009

F.Zeri

**Dk/t a confronto**

Livello di sicurezza per uso diurno  
 Dk/t = 24.1 x 10<sup>-9</sup>  
 Holden & Mertz (1984)

RGP	Dk/t	Idrogel	Dk/t	Silicone Idrogel
Silicone Acrilato	27	Bassa Idratazione	15	Da 86 a 175
Fluoro silicone	60	Media Idratazione	27	
Fluoro polimeri	130	Alta Idratazione	35	

Ritracotta da Jones e Dumbleton, 2007

Ricambio lacrimale 10-20%

Ricambio lacrimale 1-2%

Lac I 2008/2009

F.Zeri

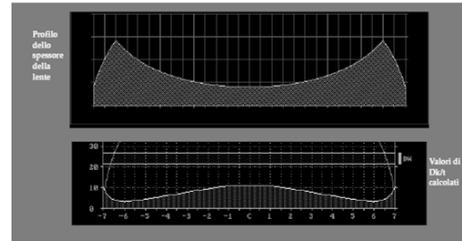
## Dk/t a confronto: quale normossia?

Dibattito sullo sviluppo dei SI ma più in generale valido per tutti i materiali

•Si deve puntare al massimo livello di Dk (Holden et al, 2007) che consenta di superare quanto più possibile i livelli di ossigeno "critici" espressi in termini di Dk o Dk/t per la salute oculare (Holden e Mertz, 1984; La Hodd et al, 1988; Harvitt e Bonanno, 1999)

•Rincorrere il massimo Dk è inutile perché esiste una relazione non lineare tra aumento del Dk da una parte e aumento del flusso attraverso la lente (Brennan, 2005).

## Proprietà Fisiche: Trasmissione O<sub>2</sub>



## Proprietà Fisiche:

DK, DK/t e EOP

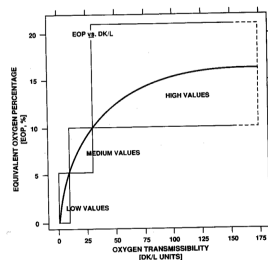


Figure 3.16 The relationship between Dk/L and EOP, derived by Fatt (1986) from data published by Hill *et al.* (1985).

Lac I 2008/2009

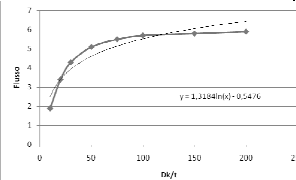
F.Zeri

## Il flusso di ossigeno

Stima teorica

$$\text{Flusso di Ossigeno} = Dk/t \Delta P$$

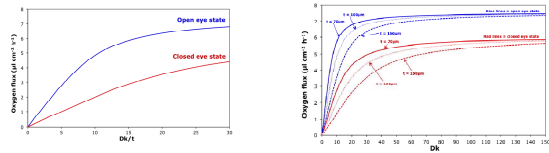
$\Delta P$  = differenza tra pressione parziale sopra (esterna) e sotto la lente



Dk/t (barrer/cm)	Anterior Corneal pO <sub>2</sub> (mm/hg)	Corneal Oxygen Flux Brennan (2001)
10	6	1,9
20	12	3,4
30	17	4,3
50	26	5,1
75	34	5,5
100	39	5,7
150	44	5,8
200	51	5,9



## Il flusso di ossigeno



Lens	Dk <sup>1</sup>	Open eye flux <sup>2</sup>	% of maximum	Closed eye flux <sup>2</sup>	% of maximum
100µm thick HEMA lens	9	4.59	61%	1.83	30%
Acuvue 2	26	6.65	88%	4.09	68%
Acuvue Advance	86	7.31	97%	5.55	92%
PureVision	110	7.37	98%	5.68	94%
Focus Night & Day	175	7.44	99%	5.84	97%
No lens	Infinite	7.54	100%	6.04	100%

Table 2: Oxygen transmissibility and flux for a range of representative contact lenses. 1. Manufacturers' values for 3.00DS lenses - values are for the lens centre. 2. Units are  $\mu\text{l cm}^{-2} \text{h}^{-1}$

## Il consumo di ossigeno

### Stima teorica

Consumo di Ossigeno (ossigeno usato dalla cornea per il suo metabolismo) = volume dell'ossigeno disponibile a livello della superficie corneale (– il volume di ossigeno che abbandona la cornea a livello endoteliale)

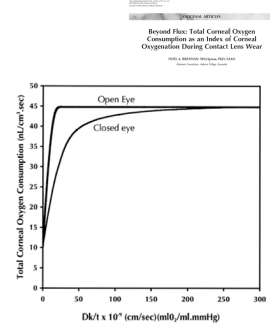


FIGURE 1. Calculated total corneal oxygen consumption versus Dk/t for open- and closed-eye conditions.

## Proprietà Fisiche:

### Trasmissione $O_2$ e $CO_2$

-PERMEABILITA'  $CO_2$   $DKCO_2$

Bonanno Polse (1987) ipercapnia genera acidosi stromale  
Holden et al. (1985) ipercapnia genera Blebs

Per i gp  $DKCO_2$  da 3 a 6 volte >  $DK O_2$

## Proprietà Chimiche: proprietà di superficie

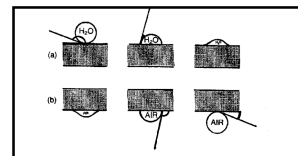
### -BAGNABILITA'

La bagnabilità è una proprietà di superficie di un materiale caratteristica dell'energia superficiale. Incide su Comfort e visione

#### MISURA

##### IN VITRO

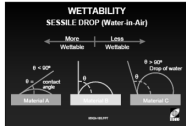
Metodo della goccia  
Metodo della bolla d'aria  
Metodo della lamina



##### IN VIVO

Spessore lacrimale (interferenza)  
Tempo di asciugamento  
Uniformità film lacrimale  
Formazione di depositi

## Bagnabilità



•L'angolo di contatto è un indice della bagnabilità di un materiale.

•Un materiale bagnabile dovrebbe avere una bassa isteresi dell'angolo di contatto (cambio dell'angolo di contatto).

$$\theta_C = \theta_A - \theta_R$$



## Bagnabilità

Nome del prodotto	PureVision	AIR Optix N&D	AIR Optix Aqua	Acuve Advance	Acuvue Oasys
Materiale	Balafilcon A	Lotrafilcon A	Lotrafilcon B	Galyfilcon A	Senoafilcon A
Produttore	Bausch & Lomb	Ciba Vision	Ciba Vision	3iJ	3iJ
<b>Angolo di contatto avanzante</b>	95°	80°	78°	65°	68°
<b>Contenuto d'acqua</b>	36%	24%	33%	47%	38%
<b>Tasso di disidratazione iniziale relativa</b>	1,9	1	1,5	2,4	1,8

Tighe, 2007

•Etafilcon A: angolo di contatto avanzante 65°; tasso di disidratazione relativa 3

## Frizione

•La frizione (proprietà di superficie di un materiale) è la resistenza allo scivolamento di un corpo solido sopra o lungo un altro.

•La biotribologia è la tecnica "in vitro" che meglio riflette ad oggi l'interazione palpebra lente e che misura il coefficiente di frizione (CoF)

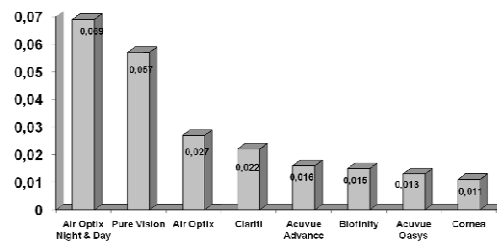
•Il livello di frizione può essere espresso attraverso il coefficiente di frizione  $\mu = F/W$  ( $F$ =forza richiesta per consentire lo scivolamento di due corpi l'uno sull'altro a cui è stato applicato un peso  $W$ )

•CoF Cornea/palpebre <0,01

•Se uno strato lubrificante è intatto su un materiale esso governa più del materiale stesso le proprietà di scivolamento su quel materiale (principio dell'aquaplaning).

•I liquidi di conservazione delle lac modificano il coefficiente di frizione delle stesse (Ross e Tighe, 2009)

## Il coefficiente di frizione



•Dati Aston Biomaterials Research Unit - Fonte Sauffon Italia

## Il coefficiente di frizione




HOME | THIS MONTH | ARCHIVE | DIGITAL SUPPLEMENTS

Issue: May 2007

### Exploring the Relationship Between Materials and Ocular Health and Comfort

As the debate continues, thinking on the most important factors...



By Graeme Young, M Phil.

Table 1						
Silicone Hydrogel Material Properties						
MATERIAL	LENS (MANUFACTURER)	WATER CONTENT (%)	Dk/T (X10 <sup>-9</sup> )	MODULUS (MPa)	LUBRICITY (FRICTION COEFF. X1000)	UV-BLOCKING
balafilcon A	PureVision (Bausch & Lomb)	36	110	1.50	22	No
comfilcon A	Bifinity (CooperVision)	48	160	0.75	-	No
galyfilcon A	Acuvue Advance (Vistakon)	47	86	0.43	17	FDA Class I
lotrafilcon A	High & Dry (CIBA Vision)	24	175	1.52	47	No
lotrafilcon B	O <sub>2</sub> Optix (CIBA Vision)	33	138	1.00	6	No
senofilcon A	Acuvue Oasys (Vistakon)	38	147	0.72	3	FDA Class I

N.B. Most measurements undertaken by Biomaterials Research Unit, Aston University, Birmingham, UK.

•Dati Aston Biomaterials Research Unit - Fonte Saufion Italia

## I liquidi di conservazione influenzano il modulo e il coefficiente di frizione

Contact Lens & Anterior Eye  
 BCLA

The effect of soft contact lens care products on lens modulus

C. Young\*, R. Corbett\*, G. Munier\*, S. Paves\*

\*Aston University, Birmingham, UK

	Post-treatment			
	Saline	ReNu Multi-Purpose	OPTI-FREE Replenish	Clear Care Peroxide
Baseline				
Balafilcon A	0.98 ± 0.009	0.97 ± 0.002 (P=0.53)	0.91 ± 0.009 (P=0.0009)	0.99 ± 0.005 (P=0.81)
Comfilcon A	0.78 ± 0.005	0.74 ± 0.002 (P=0.0011)	0.78 ± 0.000 (P=0.94)	0.85 ± 0.005 (P=0.00001)
Galafilcon A	0.36 ± 0.009	0.30 ± 0.002 (P=0.0001)	0.30 ± 0.005 (P=0.0007)	0.31 ± 0.002 (P=0.0051)
Lotrafilcon A	0.36 ± 0.011	0.32 ± 0.002 (P=0.0001)	0.24 ± 0.007 (P=0.0003)	0.35 ± 0.012 (P=0.007)
Lotrafilcon B	1.74 ± 0.15	1.68 ± 0.20 (P=0.26)	1.64 ± 0.15 (P=0.0099)	1.73 ± 0.20 (P=0.68)
Senofilcon A	1.21 ± 0.089	1.20 ± 0.070 (P=0.0002)	1.16 ± 0.085 (P=0.00001)	0.93 ± 0.008 (P=0.00001)
Ocufilcon D	0.62 ± 0.041	0.66 ± 0.021 (P=0.54)	0.63 ± 0.031 (P=0.051)	0.69 ± 0.058 (P=0.0021)
Omnifilcon A	0.54 ± 0.038	0.53 ± 0.041 (P=0.41)	0.52 ± 0.048 (P=0.32)	0.51 ± 0.035 (P=0.0023)
Senofilcon A	0.50 ± 0.039	0.50 ± 0.034 (P=0.62)	0.51 ± 0.042 (P=0.21)	0.52 ± 0.036 (P=0.16)

Results in bold show changes >0.1 MPa.

## Proprietà Chimiche:

### Contenuto d'acqua

-Componente SOLIDA/LIQUIDA

$$\text{Contenuto d'acqua (\%)} = \frac{\text{peso H}_2\text{O (peso materiale idratato - peso secco)}}{\text{peso gel idratato}} \times 100$$

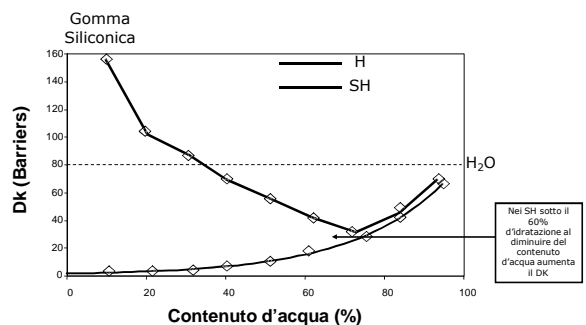
Ogni fenomeno che causa un cambiamento nel contenuto d'acqua causerà una variazione dimensionale della lente.

- MISURAZIONE Gravimetria o refrattometria
- FATTORI INFLUENTI temperatura Ph
- RGP (circa 3%) pHEMA (38%)

-Diminuire il contenuto d'acqua significa avere meno richieste di idratazione della lac ma al contempo meno disponibilità d'acqua  
-Un materiale morbido a maggiore % di H<sub>2</sub>O è più spesso

## Proprietà Chimiche: contenuto d'acqua

RAPPORTO con il DK: il valore di gas-permeabilità dipende dal coefficiente di solubilità K; quindi dalla percentuale d'acqua. 38% 9 unità; 55% 18 unità; 75% 36 unità



## Proprietà Chimiche:

### Carica Ionica

- Materiali ionici  
carica di superficie negativa  
legame con l'H<sub>2</sub>O più forte  
formazione di depositi (lisozima)
- Materiali non-ionici  
carica di superficie neutra

Lac I 2008/2009

F.Zeri

## Proprietà Chimiche:

### Biomimesi

- Superfici che mimano i tessuti biologici
- Ostacola la formazione di depositi (Fosforicolina elemento biocompatibilità, non ionico).

Lac I 2008/2009

F.Zeri

## Agenti Umettanti

**PVA (alcool polivinilico)**

**PVP (polivinilpirrolidone)**

Derivati polivinilici usati nelle lac giornaliere e in parte nei SI

Lac I 2008/2009

F.Zeri

## Ottica della Contattologia I

### TESTI PRINCIPALI DI RIFERIMENTO:

- Lupelli L, Fletcher R, Rossi A. "Contattologia. Una guida clinica. Medical Books 1998.
- Tighe B. Contact Lens Materials. In Phillips A. Speedwell L. Contact Lenses" 5th Ed. Butterworths-Heinemann 2007
- Phillips A. Rigid gas-permeable corneal lens fitting. In Phillips A. Speedwell L. Contact Lenses" 5th Ed. Butterworths-Heinemann 2007
- Jones L, Dumbleton K. Soft contact lens fitting. In In Phillips A. Speedwell L. Contact Lenses" 5th Ed. Butterworths-Heinemann 2007

Lac I 2008/2009

F.Zeri