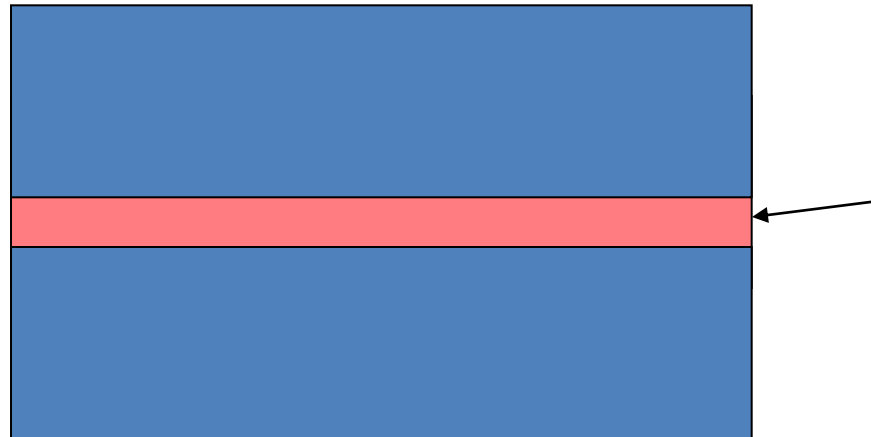


Adheze

➤ Adhezivum

➤ Adherend



Adheze

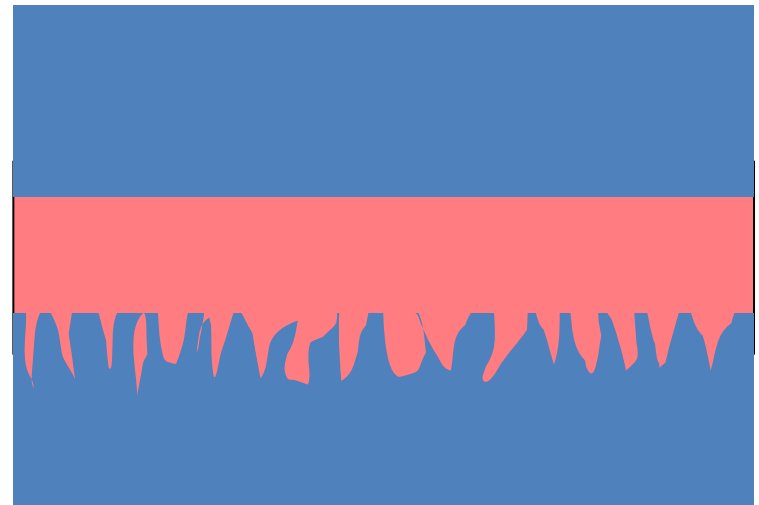
➤ **Mechanická**

➤ **Specifická**

Adheze

Mechanická

Využívá nerovností povrchu



Adheze

➤ **Specifická**

Fyzikální

Chemická

Adheze

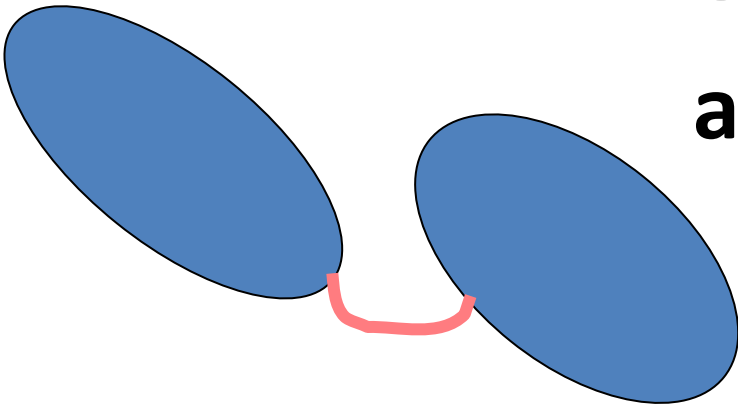
➤ Specifická

Fyzikální – mezimolekulární síly

Van der Waalsovy síly

Vodíkové můstky

aj.



Adheze

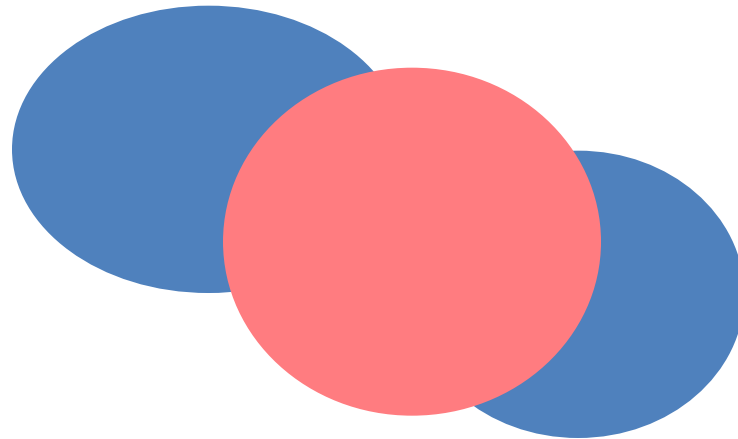
➤ **Specifická**

iontová

kovalentní

kovová

Chemická vazba



Adhezivní úprava povrchů v zubním lékařství

- **Otryskání**
- **Leptání**
- **Elektrolytická úprava**
- **Laser**
- **Plazmové nanášení**
- **Silanování**

Adhezivní úprava povrchů v zubním lékařství

- Vytvoří nerovnosti
- Zvýší povrchovou energii
- Zlepší smáčivost

Adheze dentálních materiálů

Kompozity - mechanicky

Adheziva – mechanicky, specificky

Sklopolyalkenoáty – specificky

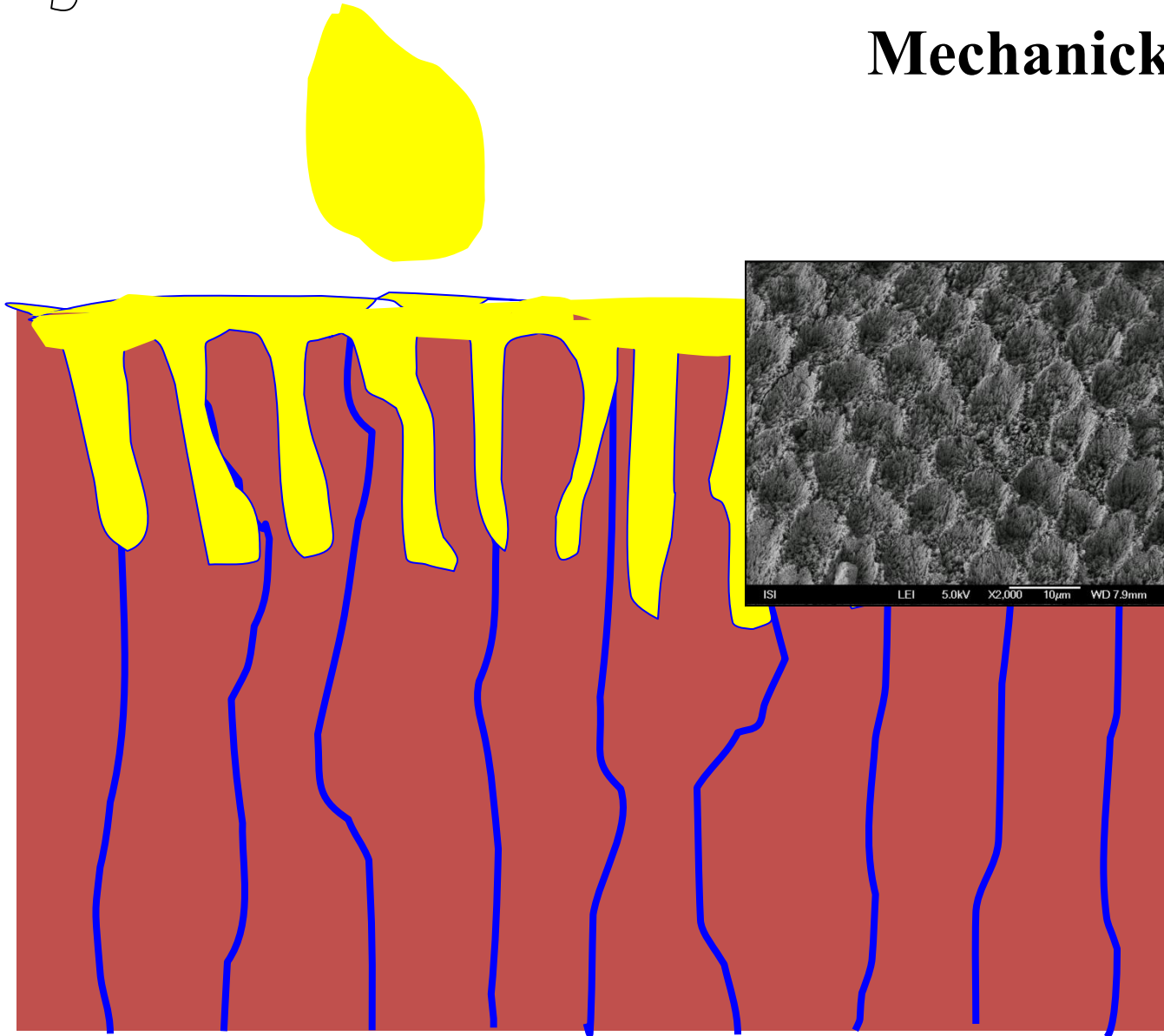
Adhezivní příprava tvrdých zubních tkání

Adhezivní systémy

- Dentální adhezivní systémy jsou směsí akrylátových nebo metakrylátových monomerů, organických rozpouštědel, fotoiniciátorů a dalších složek, napomáhajících jejich infiltraci do preparovaných zubních tkání, následnému mikromechanickému zakotvení v nich a kopolymeraci s monomery kompozitních materiálů.

Připojení ke sklovině

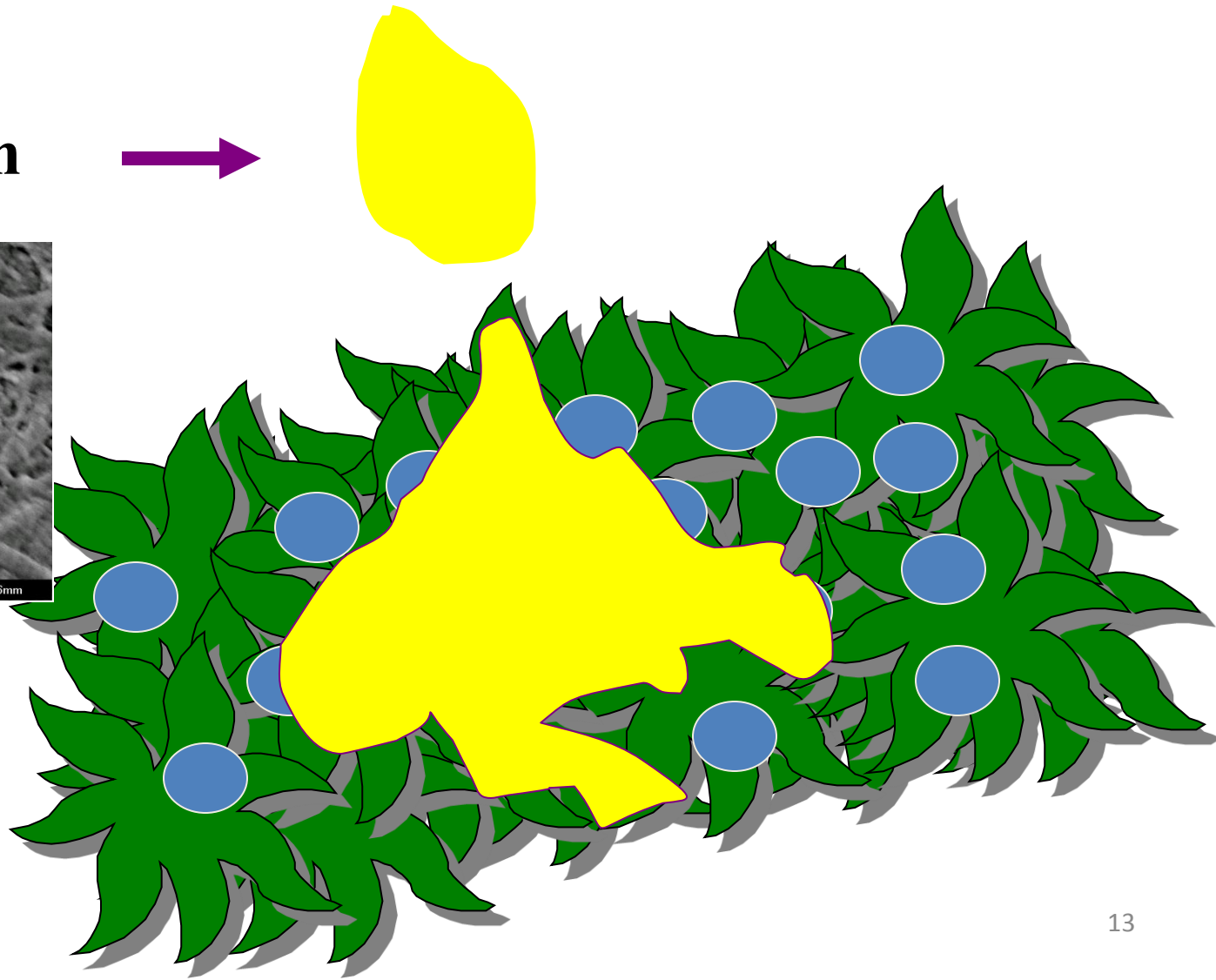
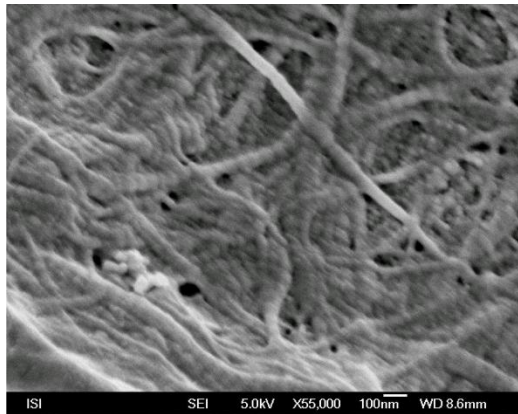
Mechanické



Připojení k zubovině

Převážně mechanické

Vazebný systém



Chronologické dělení adheziv

- Dnes 4. – 7 generace

4. Generace: leptání, oplachování, priming, bonding

5. generace: leptání, oplachování, priming+bonding

6. generace: priming, bonding

7. generace: priming+bonding

Klasifikace adheziv podle počtu kroků

3- ERA

Leptání (Conditioning)	Oplachování	Priming	Bonding
Leptání	Oplachování	Priming a bonding	
Samoleptací primer	(Selfetching priming)	Bonding	
Samoleptací primer a bond (Selfetching bonding)			

2- ERA

2- SEA

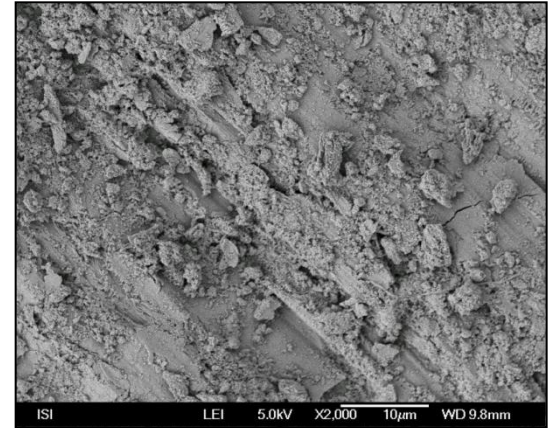
1- SEA

Adhezivní spoj – faktory ovlivňující jeho kvalitu

- Struktura a složení zubních tkání, adheziva a kompozitního materiálu
- Povrchové vlastnosti zubních tkání, hlavně charakter a přítomnost smear layer, kontaminace vlhkostí, slinou, krví
- Geometrický tvar kavity-velikost a rozložení napětí působících na adhezivní spoj
- Mechanické zatížení adhezivního spoje
- Chemické vlivy přirozeného prostředí dutiny ústní a působení externích látek

Smear layer

Vrstva obsahující
rozdrcená sklovinná prizmata,
rozlámané krystaly hydroxylapatitu,
Zbytky kolagenních vláken,
mikroorganismy, slinné proteiny, popř zbytky výplňových
materiálů



Pohybem nástrojů dochází k vtlačování drti
do povrchu zubních tkání a dentinových tubulů do hloubky cca 1
– 10µm

Tloušťka smear layer je 0,2 -5µm i více. Hrubost nástroje hraje
roli.

Smear layer

- Nelze odstranit vodní sprejí
 - Snižuje permeabilitu dentinu – výhodné u makromechanické retence
 - Znemožňuje vazbu kompozitů – neodolá kontrakčnímu napětí
- je nutno ji odstranit nebo modifikovat*

Smear layer

- Odstranění jejím rozpuštěním pomocí kyseliny (30-40% kys.ortofosforečná) a opláchnutí.
- Částečné rozpuštění pomocí kyselých primerů adhezivních systémů a inkorporace rozpuštěných komponent smear layer do adhezního spoje.

ERA (etch and rinse adhesives) Systémy vyžadující leptání a oplachování

Leptání

- Gel 10 – 30s, opláchnutí minimálně 10 s.
- Hloubka leptání je $10\mu\text{m}$

Kyselina

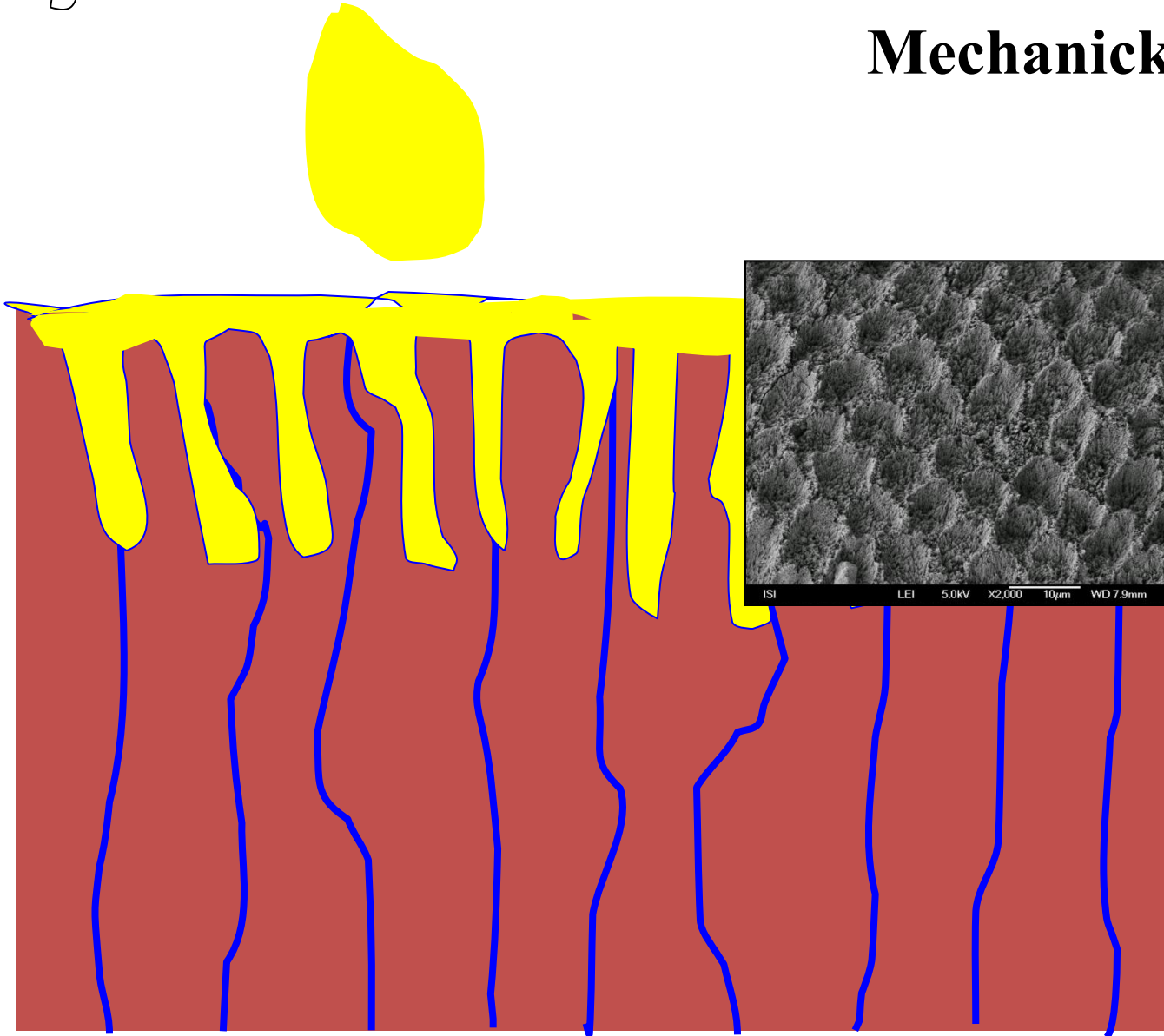
Demineralizuje

Zvyšuje povrchovou energii

**Leptací gel: kyselina, silika částice,
barvivo**

Připojení ke sklovině

Mechanické



Situace v dentinu

- Větší obsah organických látek a vody
- Nízká povrchová energie
- Spojení s dřemí
- Variabilita ve složení

Pro dentin musí být použit primer – zvýší povrchovou energii dentinu, zlepší smáčivost hydrofobním monomermem

Primer

- Těkavé rozpouštědlo (etanol nebo aceton), vodu a amfifilní monomery – molekuly mají hydrofilní a hydrofobní část.

Hydrofilní část je schopna kontaktu s kolagenními vlákny obklopenými vodou a hydrofobní část kopolymeruje s monomerem bondu.

Primer stabilizuje kolagenní síť dentinu a udržuje ji otevřenou

Význam vody v primeru

- Zvyšuje permeabilitu povrchu
- Způsobuje separaci fází adheziva- nehomogenita ve vrstvě adheziva
- Snižuje polymerační stupeň monomerů –zhoršuje mechanickou odolnost adheziva
- Plastifikuje zpolymerované adhezivum (sorpce vody)
- Způsobuje hydrolýzu molekul adheziva a kol.vláken
- Dochází k degradaci kolagenních vláken proteolytickými enzymy, které se nepodařilo infiltrovat adhezivem nebo byla odhalena.

Jak připravit dentin pomocí primeru při použití ERA

Dry bonding

Vysuší se kavita, aplikuje se primer s obsahem vody, ta expanduje kolabovaná kolagenní vlákna (aktivní vtírání!) Přítomný etanol vytěsňuje nakonec vodu

Wet bonding

Vlhký povrch, primer s obsahem acetonu vytěsňuje vodu (vysoký evaporační tlak).

Do jaké míry má být povrch vlhký?

Úskalí

- Málo vlhký povrch – nedostatečné prosycení primerem, odhalená vlákna podléhají hydrolýze a jsou napadána proteolytickými enzymy
- Příliš vlhký povrch – aceton nedokáže odstranit vodu – nedostatečné prosycení amfifilními monomery, separace fází.

Riziko odpaření acetonu z lahvičky

Bond

- **Zatéká do nerovností adhezivně připravených povrchů**

- **Kopolymeruje s kompozitem**

Bondování

- Neplněná nebo nízce plněná pryskyřice
 - Menší mechanická odolnost bondu v porovnání s kompozitem
 - Tenká vrstva nad hybridní vrstvou (cca 100 μm)

Samoleptací adheziva (self-etch,SEA)

- Dvoustupňová (2-SEA) a jednoustupňová (1-SEA)
- 1SEA – dvoubalená a jednobalená (all in one)

Dvoukroková SEA

- Kyselý hydrofilní primer – odpaření rozpouštědla, penetrace, rozpuštění smear layer
- Hydrofobní bond – zapečetí povrch

Jednokroková samoleptací adheziva

- Menší odolnost spoje, hydrofilní monomery – riziko hydrolýzy

Klasifikace SEA podle morfologie hybridní vrstvy

- Velmi kyselá samoleptací adheziva
pH menší než 1

Vysoká pevnost vazby na sklovinu, dentinová hybridní vrstva 3 - 5 μ m, horší dlouhodobá odolnost vazby.

(velká demineralizace, mnoho volných iontů, difuze vody z dentinu, menší stupeň konverze –zbytky kyselého primeru, další rozpouštění v hloubce)

Klasifikace SEA podle morfologie hybridní vrstvy

- Středně kyselá samoleptací adheziva
pH cca 1,5

Hybridní vrstva má 2 zóny. V horní části kompletní odvápnění vláken, v dolní ještě obsah krystalů hydroxylapatitu.

(Monomery se postupně neutralizují)

Klasifikace SEA podle stupně demineralizace

- Mírně kyselá samoleptací adheziva

pH cca 2

Problematická vazba ke sklovině, žádný efekt na aprismatickou sklovinu, po odstranění aprismatické skloviny fungovat mohou.

Dentin mírně demineralizován, dlouhodobá trvanlivost vazby.

Kolagenní vlákna chráněna před hydrolýzou a proteolytickými enzymy (zůstává v nich část hydroxyapatitu)

Vedle mikromechanické vazby se uplatňuje i chemická vazba mezi funkčními monomery adheziva a molekulami hydroxyapatitu.

(ch. vazba: 4-MET a 10-MDP)

Klasifikace SEA podle morfologie hybridní vrstvy

- Velmi mírně kyselá samoleptací adheziva
pHvětší než 2,5

Povrchová demineralizace, nemusí rozpustit
smear layer.

Pevnost vazby nižší, je možná i chemická vazba na hydroxyapatit.

Degradace adhezního spoje a její příčiny

☐ Mechanické vlivy

- Žvýkací síly
- Kontrakční pnutí kompozitního materiálu
- Rozdíly v koeficientu termální expanze

☐ Chemické vlivy

- proteolytické enzymy (metaloproteináza)
- exogení chemické látky

Degradační účinky vody na adhezivní spoj

- Přímá hydrolýza kolagenních vláken
- Fázová separace složek adheziva
- Snížení stupně konverze monomerů
- Přímá oxidace a hydrolýza hydrofilních monomerů
- Sorpce vody adhezivem a jeho plastifikace
- Vyplavování monomerů z adheziva
- Umožnění funkce proteolytických enzymů(MMA- matrix metaloproteunáza, ta se uvolní při odleptání krystalů hydroxyapatitu).

Inter a intrafibrilární krystaly hydroxyapatitu v dentinu mají protektivní význam.

Klinická doporučení pro práci s adhezivny

☐ Airabrazce

– pískování kavity Al₂O₃

- dočištění, zaoblení, ztenčení smear layer, mpdstranění podminovaných sklovinných prizmat na okraji kavity. Významné pro adheziva SEA s pH větším než 2



☐ Airpolishing

- ☐ – air flow nevhodné NaHCO₃ narušuje vazbu, Vhodný je prášek glycinový nebo krystalická celulóza



Klinická doporučení pro práci s adhezivy

- ❑ Příliš dlouhé leptání – nedostatečně odolný spoj – pod hybridní vrstvou zůstává málo odolný, demineralizovaný dentin. Obnažená kolagenní vlákna jsou méně hydrolyticky odolná. Tlustší hybridní vrstva není výhodou – mech.odolnost. Leptání pod 15 s.
- ❑ SEA – menší retenční povrch ve sklovině, lze leptat selektivně.

Klinická doporučení pro práci s adheziví

Význam chlorhexidinu

Protektivní vliv na kolagenní vlákna – inhibuje metaloproteinázu dentinu.

2% vodný roztok CHX 60 s po použití a opláchnutí kyseliny ortofosforečné, kavitu nevyplachujeme již odsajeme přebytek a pokračujeme v adhezivní proceduře.

Klinická doporučení pro práci s adhezivou

- ❑ Důkladný způsob aplikace adheziva (hl. primeru)

Aktivní – vtírání (dentin, ERA SEA)

Pasivní – visící kapka (sklovina ERA)

Opakované nanášení vhodné.

Klinická doporučení pro práci s adhezivou

- ❑ Důkladná evaporace rozpouštědel a vody

Shluky molekul rozpouštědel a vody uvnitř vrstvy adheziva =
iniciální místo šíření fraktur při mechanickém namáhání spoje.

Vzduch musí být čistý bez příměsi vody (fouknout na zrcátko)

Sušit 10 s, pozvolna zvyšovat intenzitu proudu vzduchu

(odpaří se rozpouštědlo a zůstanou aktivní monomery)

Lesklý povrch bez pohybu tekutiny

Klinická doporučení pro práci s adhezivny

❑ Dostatečná polymerace – kvalitní zakotvení adheziva.

Nedostatečná polymerace = nedostatečná mechanická odolnost hybridní vrstvy

- Vždy polymerujeme adhezivum před aplikací první vrstvy kompozitu
- *Co nejkratší vzdálenost*
- *Čistý světlovod*
- *Kontrola lampy*
- *Ne soft start*
- *Prodloužit čas polymerace (hluboké kavity, fixace kořenového čepu).*

Klinická doporučení pro práci s adhezivny

☐ Význam kyslíkové inhibiční vrstvy

Příliš tenká vrstva adheziva - nelze zpolymerovat.

Možnosti:

Nanesení další vrstvy adheziva

Nanesení flow materiálu na adhezivum

Silnější vrstva bondu a nerozfoukat ji (Nelze u 2ERA a 1 SEA)

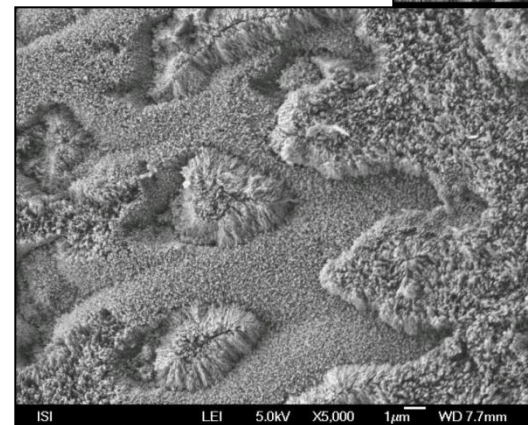
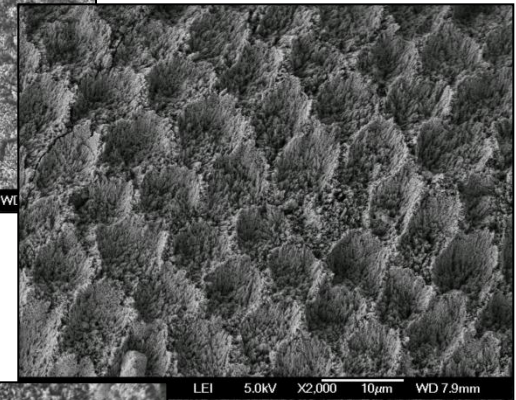
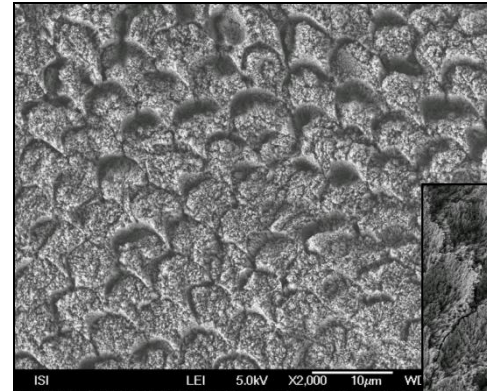
Klinická doporučení pro práci s adhezivou

- ❑ Docílit rovnoměrnou vrstvu adheziva nad hybridní vrstvou
 - Mírné foukání nepomůže.
 - Rozfouknout a zpolymerovat a opakovat
 - Nebo aplikovat vrstvu flow materiálu.

- ❑ Zapečetění adhezivního spoje hydrofobní vrstvou bondu nebo flow

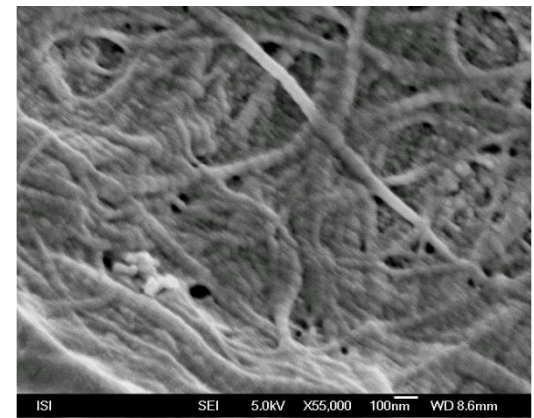
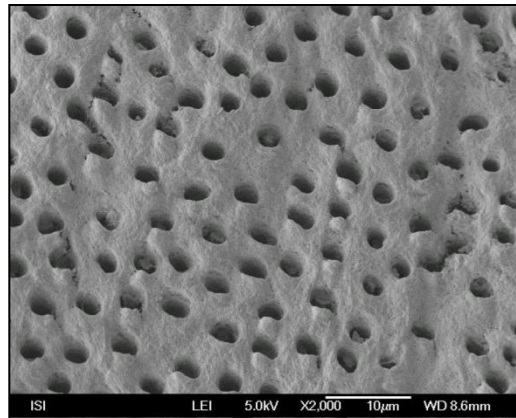
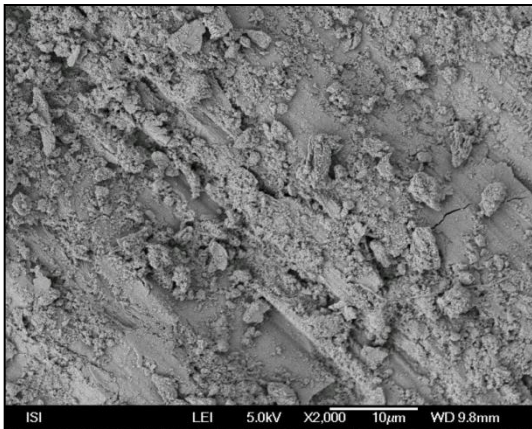
Retenční povrch skloviny (typ naleptání)

- Periprizmatický
(Interprizmatický)
- Intraprizmatický
- Aprizmatický

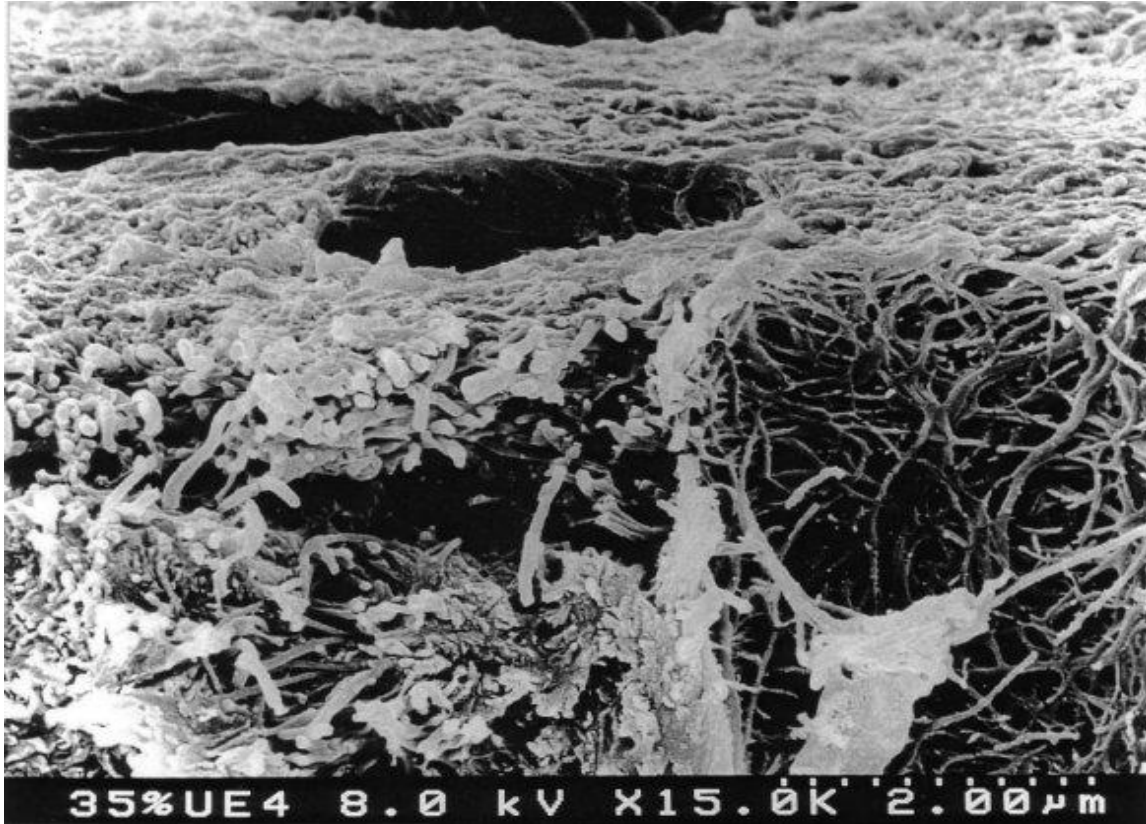


Retenční povrch dentinu

- Odstraněná nebo modifikovaná smear layer
- Otevřené dentinové tubuly
- Demineralizovaná kolagenní síť

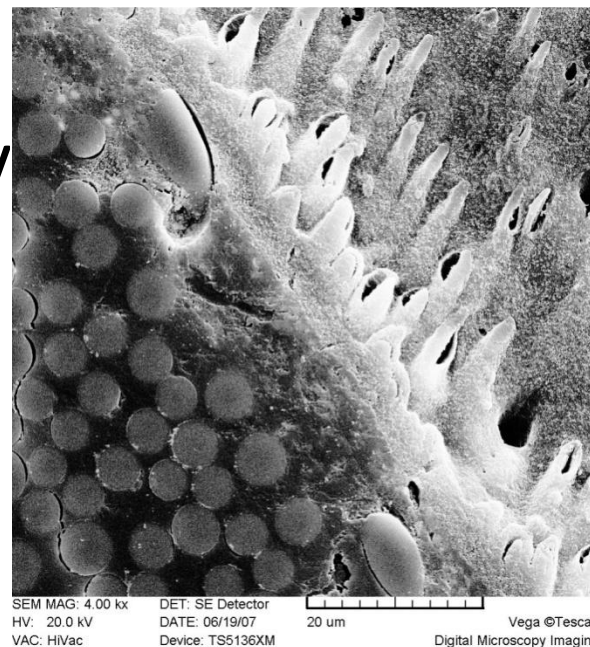


DEGRADACE KOLAGENU DENTINU



Význam chlorhexidinu

- Široký antibakteriální účinek
- Dlouhodobá vazba na povrchy
- **Inhibitor proteinázy**

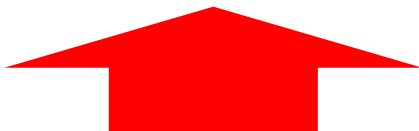
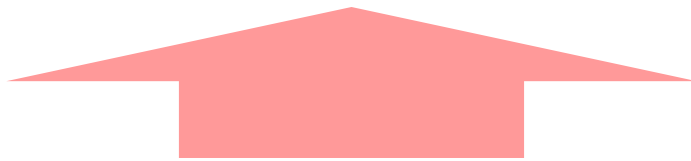


Roubalíková L., Matoušek A. Fiber reinforced posts. Kongres AAE. Vancouver 2007.

Adhezivní materiály

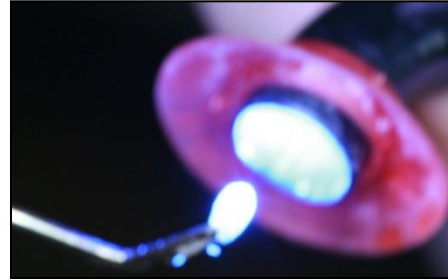


- Bezespárové spojení
- Šetřící preparace
- Menší riziko sekundárního kazu
- Vyšší rezistence
- Není problém se rtutí



Amalgám

Fotopolymerace

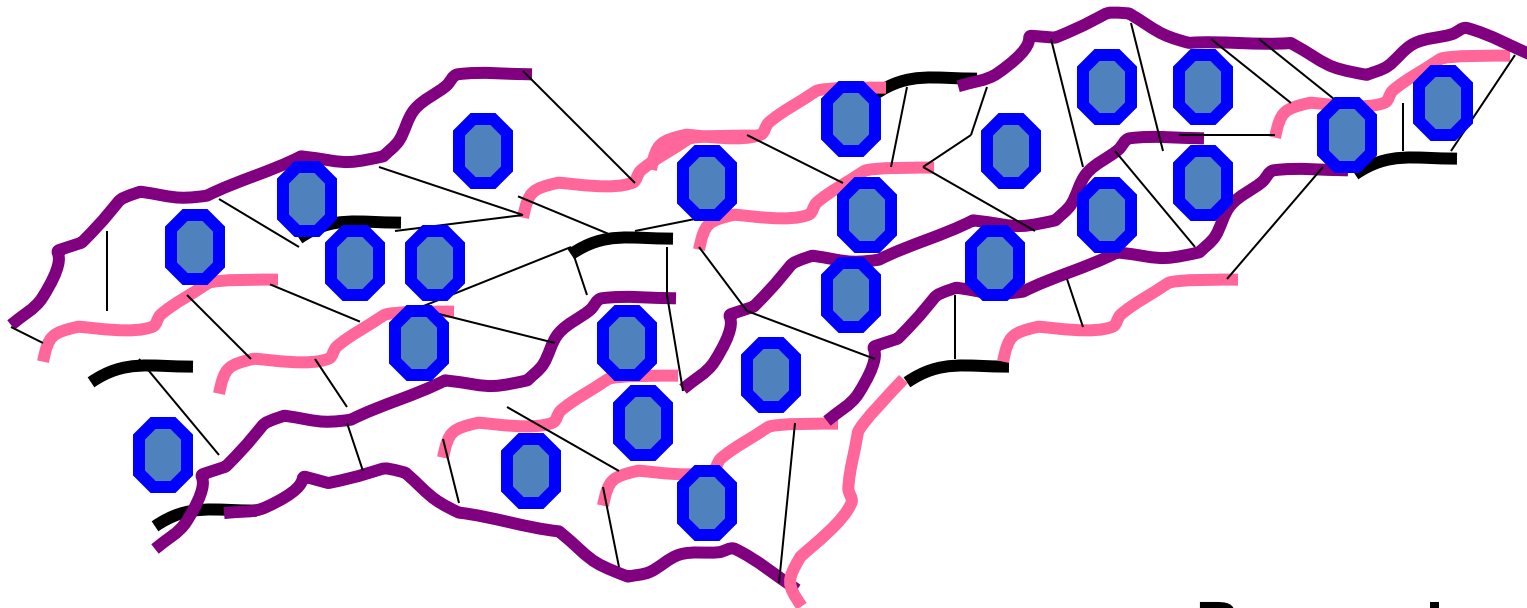


Příliš krátké nebo nedostatečné osvětlení způsobuje nedokonalou polymeraci materiálu a jeho nižší soudržnost.

.

Polymerace

- pregelová fáze (kompozit je ještě plastický, molekuly se spojují vzniká pnutí
- gel point
- postgelová fáze (uplatňuje se polymerační stres – je ohrožen okrajový uzávěr)



Pre -gel
Gel
Post -gel

- U chemicky iniciovaných kompozitů je delší gelová fáze. Gel point nastává později.
- U fotokompozitů nastává gel point dříve.

Velikost pnutí a stresu ovlivňují:

Vlastnosti materiálu

Geometrie kavity

Způsob aplikace

Způsob polymerace

Velikost polymeračního stresu ovlivňují

Vlastnosti materiálu

$$\sigma = \varepsilon \cdot E$$

H – čím tužší je materiál, tím větší je pnutí
a stres.

Velikost pnutí ovlivňují:

Vlastnosti materiálu

Geometrie kavity

Způsob aplikace

Způsob polymerace

Geometrii kavity vyjadřuje C-faktor
= **konfigurační faktor**

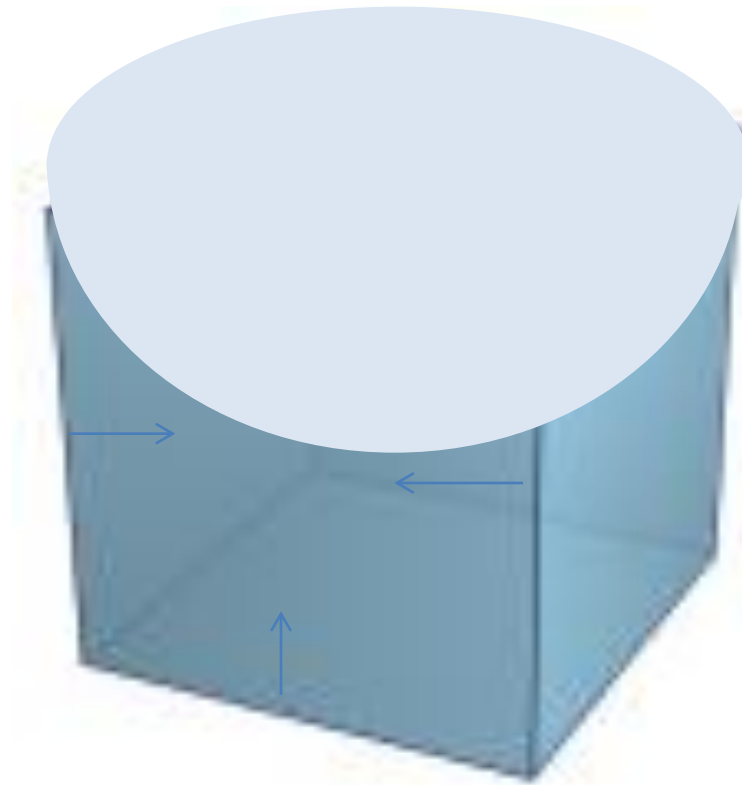
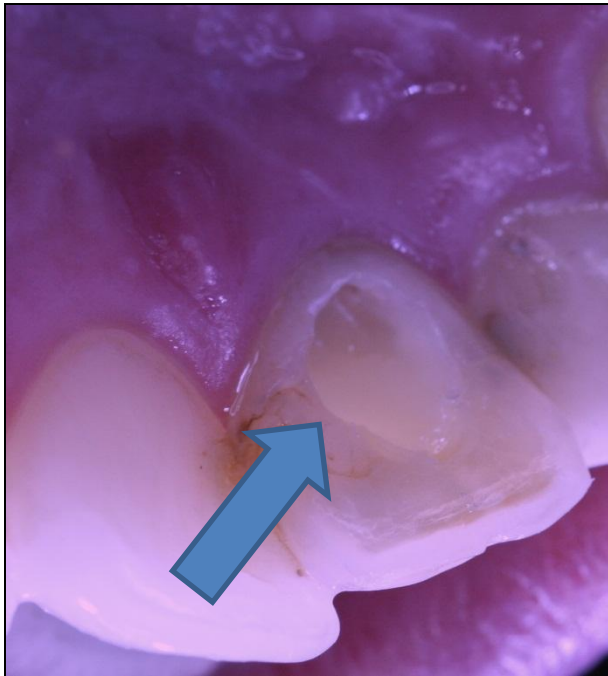
Plocha adheze / volný povrch výplně

1:1 a méně je optimální

Geometrie kavity: C- faktor

Suma vázané plochy

Suma volné plochy



Velikost pnutí ovlivňují:

Vlastnosti materiálu

Geometrie kavity

Způsob aplikace

Způsob polymerace

Vytvořit první vrstvu tenkou ihned po aplikaci adheziva

Smrštění tenké vrstvy – minimální pnutí

**Tvoří elastické rozhraní – tlumí působení pnutí
dalších vrstev.**



Význam flow kompozitů

- Dobrá zatékavost – lepší adaptace materiálu ke stěnám kavity
- Malé polymerační pnutí – význam v inkrementální technice (tlumení pnutí ????)
- Vyblokování podsekřivin (před oisky na inlaye)
- Výplně mikrokavit, opravy, preventivní výplně, výplně V. třídy, pečetění fisur
- Některé se užívají k dostavbám a jako bulk fill materiály

Volba materiálu jeho aplikace a polymerace

- Fotokompozit
- tenké vrstvy s co největším volným povrchem
- kombinace materiálů o různé konzistenci
- kombinace chemicky a světlem iniciovaného kompozitu
- vložení zpolymerovaného inkrementu

**Doporučuje se vytvořit první vrstvu
tenkou**

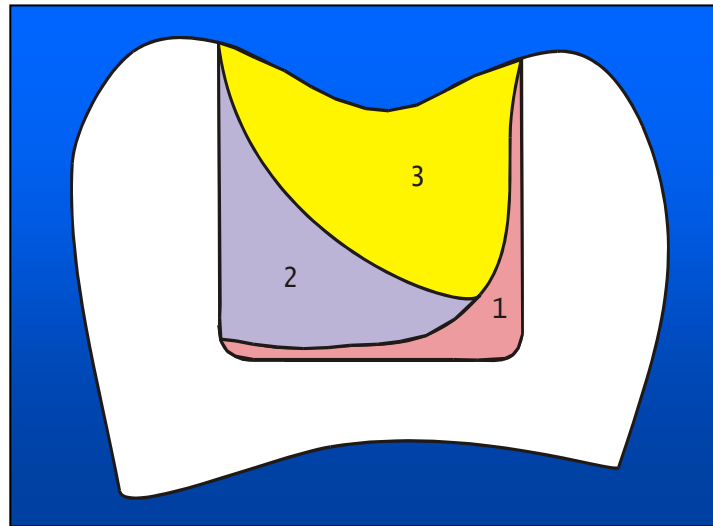
ihned po aplikaci adheziva

Smrštění tenké vrstvy – minimální pnutí

**Tvoří elastické rozhraní – tlumí působení pnutí
dalších vrstev**

Význam flow kompozitu

PRVNÍ VRSTVA FLOW – Adaptace výplně ke stěnám



Velikost pnutí ovlivňují:

Vlastnosti materiálu

Geometrie kavity

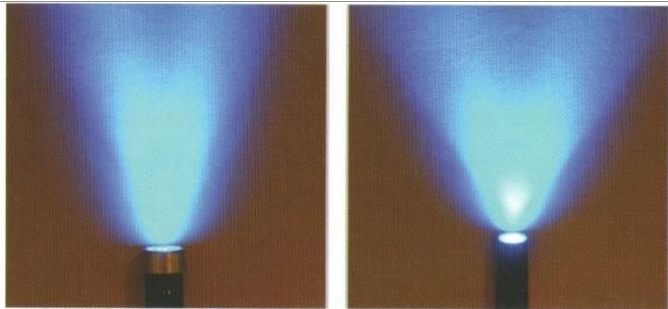
Způsob aplikace

Způsob polymerace

Délka pregelové fáze



Většina zubních lékařů polymeruje ze vzdálenosti 4 mm – 10 mm.



Rozptyl světla – pokles intenzity, soft start není nezbytný

Polymerační lampy

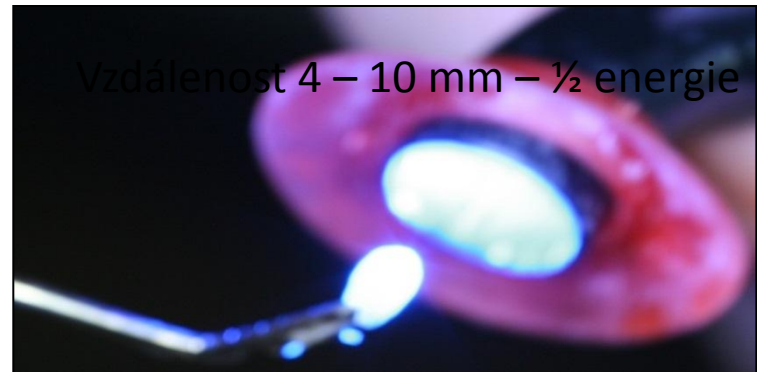
- Halogenové
- LED
- Plasma
- Energie a spektrum světla

Polymerační lampy

- Halogenové $600 - 800 \text{ mW/cm}^2$
- LED
(3.generace)
 - 1000 -1800 mW/cm^2
modré
 - 50 – 100 mW/cm^2
fialové
- Plasma $1500 - 2000 \text{mW/cm}^2$

Energie a doba polymerace

- Doporučená dávka energie je 12000 – 16000 mJ/cm²

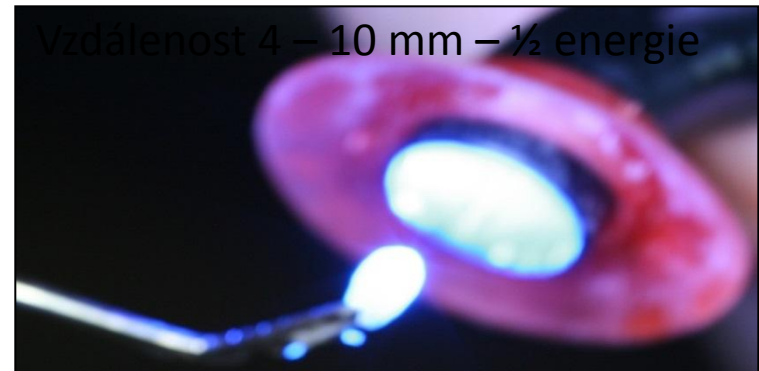


$$\frac{12\,000 \text{ mWs/cm}^2}{\text{Intenzita mW/cm}^2} =$$

Čas polymerace v sekundách

Energie a doba polymerace

- Doporučená dávka je
12000 – 16000 mJ/cm²



$$\frac{12\,000 \text{ mWs/cm}^2}{\text{Intenzita mW/cm}^2} =$$

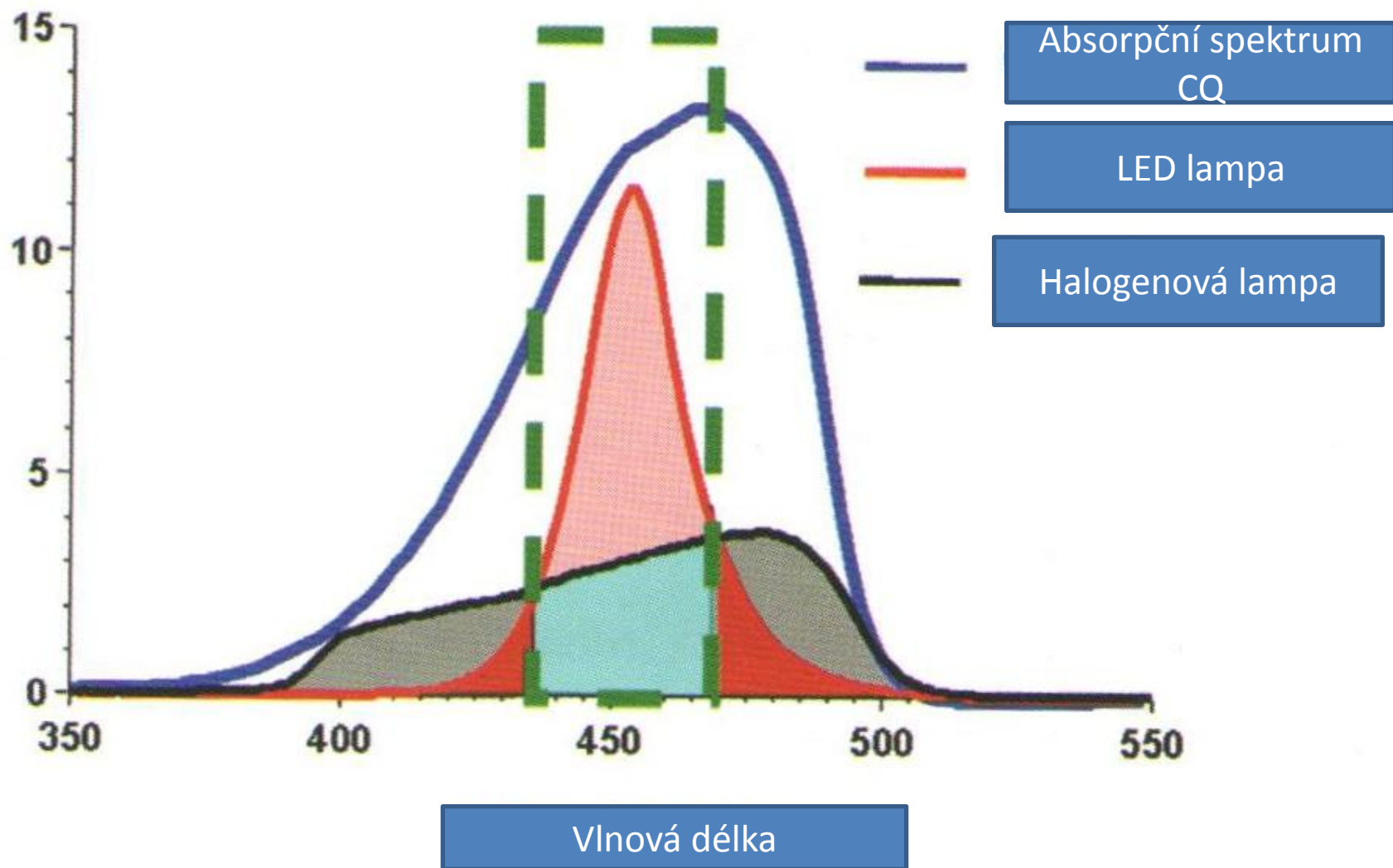
Čas polymerace v sekundách

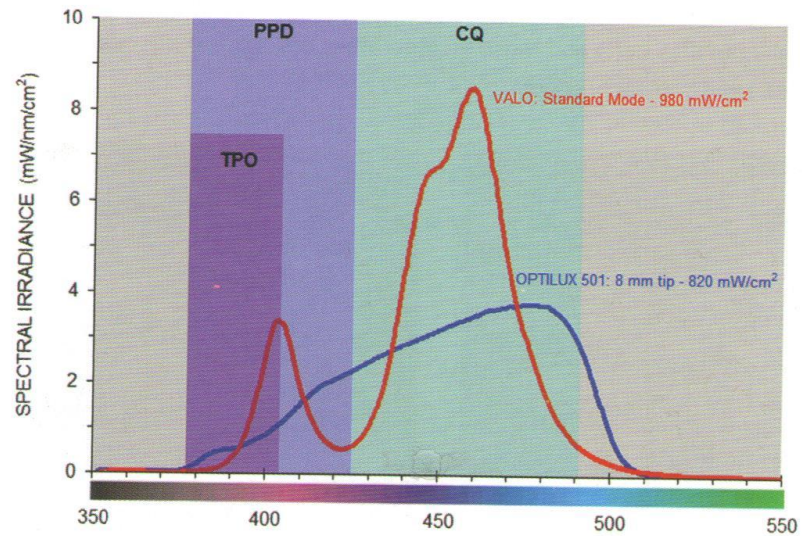
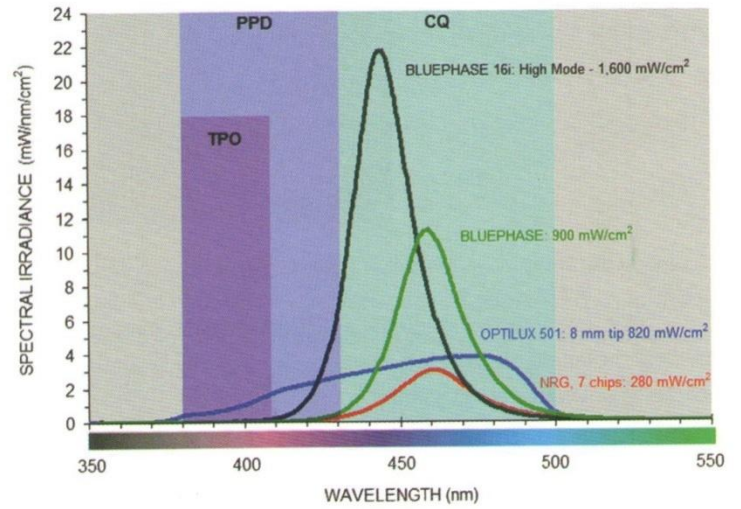
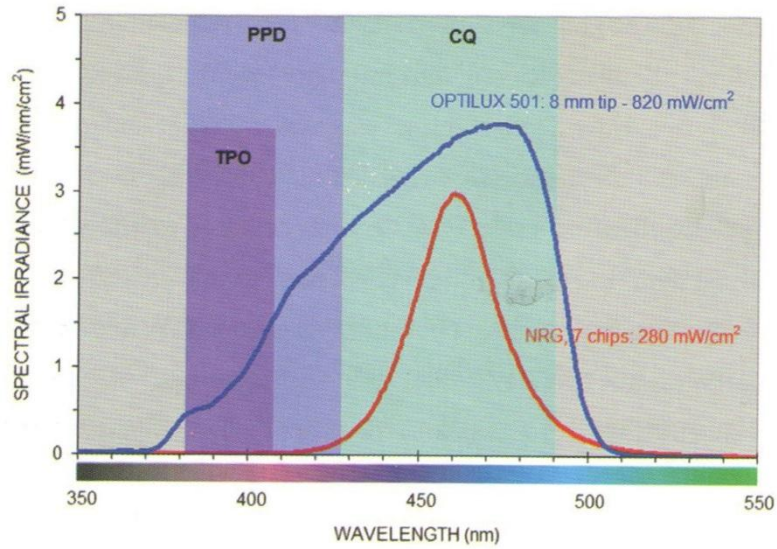
Absorpční spektrum fotoiniciátorů

Fotoiniciátor	Absorpční spektrum (nm)	Maximum (nm)
CQ	440 - 500	470
PPD	380 – 430	400
TPO	350 - 410	380

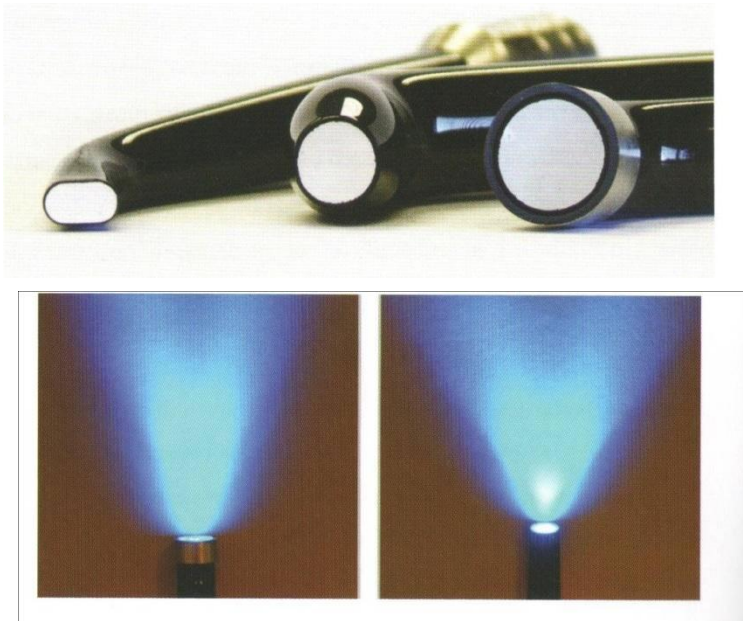
Absorpční spektrum kafrcinonu a efekt lamp

Spektrální iradiance $\text{mW}/\text{cm}^2/\text{nm}$





Volba světlovodu



Standardní a kónický světlovod

Menší plocha konce světlovodu koncentruje **více energie**, avšak **rozptyl světla je větší**.

Většina zubních lékařů polymeruje ze vzdálenosti 4 mm – 10 mm

Za běžných podmínek je **jistější použití standardního světlovodu**.

Kontinuální polymerace

Min. 500 mW/cm² 40 s



Polymerace dvoustupňová

10 s cca 140 mW/cm² pak zvýšit na cca 750 mW/cm² po 30 s



Soft start

Plynulé zvýšení na cca 750 mW/cm² během cca 10 s a pak polymerace 30 s



Polymerace dvoustupňová

*100 – 300 mW/cm² 3-5 s, přerušit na 3 min,
pak polymerovat 750 mW/cm² po 30 s*



APLIKACE KOMPOZITU

**Adaptace ke stěnám,
homogenita, okrajový uzávěr (C-faktor).**

