

---

# Polymerisationslamper – nye tendenser

ERIK ASMUSSEN OG ANNE PEUTZFELDT

De første kompositte plast på markedet var såkaldt kemisk polymeriserende plast, der hærdede efter en sammenblanding af to komponenter; siden midt i 1970'erne har det imidlertid også været muligt at hærde plast ved hjælp af lys. Lyspolymeriserende plast blev i begyndelsen hærdet ved hjælp af ultraviolet lys efter bestråling med dertil indrettede lamper. De lyspolymeriserende plast havde (og har) fordele frem for kemisk polymeriserende plast med hensyn til lagerstabilitet, farvestabilitet og arbejdstid, men kendetegnes til gengæld af en polymerisationsdybde, der er begrænset. Sidst i 1970'erne blev plastmaterialerne forsynet med et initiatorsystem, der bevirkede, at man kunne benytte synligt (blåt) lys til hærdeningen. Fordelene ved synligt lys fremfor ultraviolet lys er især knyttet til en større polymerisationsdybde; men det synlige lys har også overflødiggjort spekulationer vedrørende en eventuel skadevirkning af det ultraviolette lys.

De tidlige polymerisationslamper til hærdening med synligt lys var baseret på det princip, som også deres moderne efterfølgere betjener sig af: en glødetråd af wolfram i en kvartspære med halogenatmosfære. Sådanne lamper betegnes halogenlamper. Som årene er gået, er halogenlamperne blevet stadig forbedrede, men ulemperne er som før en begrænset polymerisationsdybde af plastet, en kraftig varmeafgivelse fra pæren med heraf følgende risiko for overopvarmning af restaurering, tand og pulpa, og endelig en tendens til at pæren med tiden taber i intensitet, uden at det bliver bemærket af tandlægen.

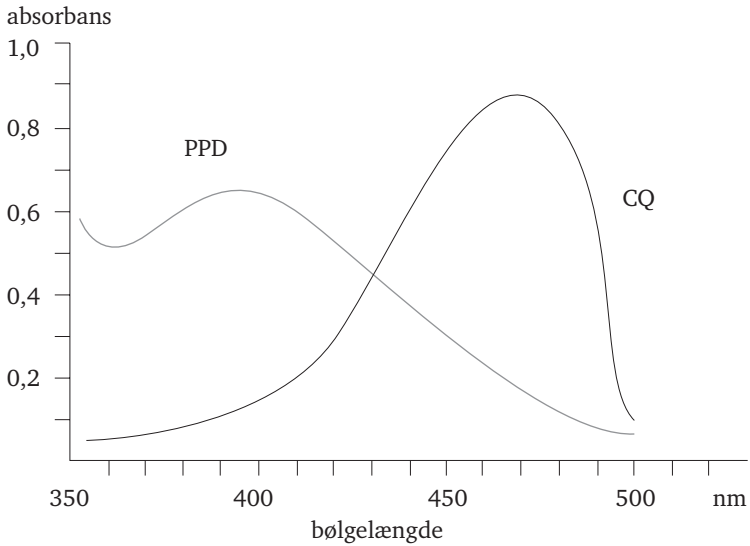
De nævnte ulemper har medført, at flere nye typer af polymerisationslamper er blevet udviklet i de senere år. De nye lampetyper er 1) laserlamper, 2) PAC (Plasma Arc Curing) lamper samt 3) LED (Light Emitting Diode) lamper. Det er hensigten med denne artikel at redegøre for denne nyudvikling og at søge at vurdere, på hvilke områder de nye lamper repræsenterer et fremskridt i forhold til halogenlamperne.

## Polymerisationslamper

Det er formålet med en polymerisationslampe, at den skal udsende et kraftigt lys i det bølgelængdeområde, hvor initiatoren i plastmaterialet har absorption. Den almindeligst anvendte initiator er camphorquinon (CQ), hvis absorptionspektrum er vist i Figur 1. Absorptionsmaksimummet ligger i det blå område omkring 470 nm, hvilket indebærer, at lamperne for at være effektive skal udsende lys ved denne bølgelængde. Der forekommer imidlertid også andre initiators, fx phenylpropan-dion (PPD), hvor absorptionspektret ligger anderledes (Fig. 1). Det er klart at et effektivt lys til denne initiator må have et andet emissionspektrum. I det følgende gives en nærmere beskrivelse af de fire ovenfor nævnte lampetyper.

## Halogenlamper

Halogenlamper virker i princippet på den måde, at der sendes en elektrisk strøm gennem en tråd, der på denne måde bringes til at gløde. Herved udsendes lys i hele det synlige spektrum samt i det infrarøde område; men da det kun er det blå lys, der skal benyttes, filtreres det mere langbølgede lys fra (se Fig. 2)<sup>1</sup>. Denne filtrering indebærer, at filtrene bliver varme, og at det er nødvendigt at forsyne lamperne med en ventilator. Da en del af det langbølgede lys alligevel slipper igennem, kan også fyldning, tand og pulpa blive opvarmet. Det har vist sig, at filtre og linser kan „kul-

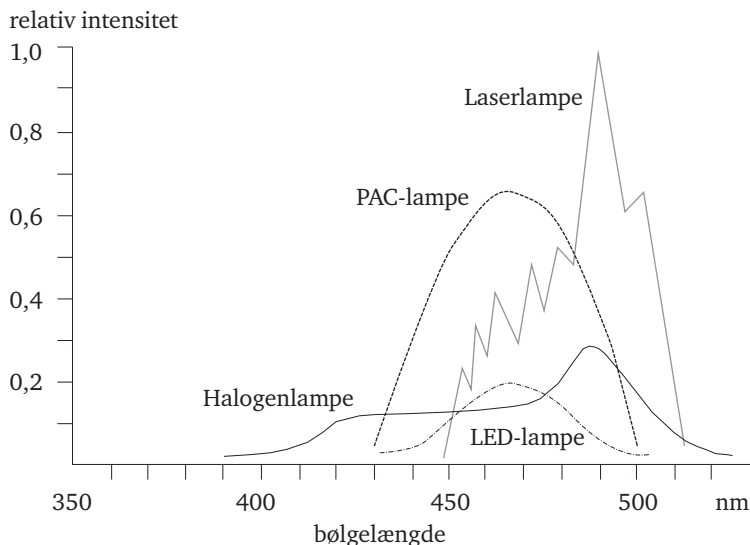


**Figur 1.** Absorptionsspektre for camphorquinon (CQ) og phenylpropan-dion (PPD), der benyttes som initiatorer i lyspolymeriserende plast.

le til“, hvorved intensiteten med tiden bliver mindre end oprindeligt, især hvis lampen slukkes umiddelbart efter brugen, således at også ventilationen stoppes<sup>2</sup>. Den seneste udvikling af halogenlamperne har ført til lampefabrikater med en intensitet, der nærmer sig PAC-lampernes (se nedenfor), og som har indbygget forskellige såkaldt soft-start programmer for belysning.

## Laserlamper

Lamper til polymerisering af plast med laserlys har været kendt i efterhånden mange år og er baseret på argon-lasere. Laserne afgiver en særlig form for lys, hvor energien er koncentreret om få, enkeltliggende frekvenser i det blå-grønne område og dermed meget lidt i det varmeafgivende, infrarøde område (Fig. 2)<sup>1</sup>. Lyset er meget intenst og koncentreret i et parallelt strålebunt. Der er dermed kun et ringe intensitetstab forbundet med, at lysleder-



**Figur 2.** Karakteristiske emissionsspektre for de fire typer af polymerisationslamper, der omtales i denne artikel. (Efter Christensen et al.<sup>1</sup>).

åbningen befinder sig i en vis afstand fra plastoverfladen. På trods af den høje intensitet er varmeudviklingen ikke mere udtalt end hos halogenlamperne<sup>3</sup>. Udbredelsen af laserlys lamper er imidlertid meget beskednen, sikkert på grund af prisen og fordi der stilles særlige krav til indretningen af lokalet, når der skal anvendes laserlys.

### PAC-lamper

PAC-lamperne lyser som følge af, at en gas af fx xenon bringes til at gløde. Der lægges en højspænding over gassen, der herved opvarmes til en så høj temperatur, at gassen spaltes til elektroner og ioner, en såkaldt plasma. Den glødende plasma udsender lys over et stort område af bølgelængder, således at det er nødvendigt ved hjælp af filtre at frasortere det mere langbølgede lys. Filtringen af lyset indebærer, at der må installeres blæsere også i denne lampe type. PAC-lamperne er karakteriseret ved, at intensiteten af det

**Tabel 1. Fortegnelse over polymerisationslamper der er omtalt i artiklen.**

Lampe	Type	Intensitet <sup>a</sup> (mW/cm <sup>2</sup> )	Fabrikant
XL3000	Halogen	400	3M ESPE
Elipar Highlight	Halogen	750	3M ESPE
Apollo 95E	PAC	1800	DMD
PAC 1000	PAC	980	Am Dental Tech
Elipar FreeLight	LED	300	3M ESPE
e-Light	LED	290 <sup>b</sup>	GC
CoolBlu	LED	260	DentalSystems.com.
Aqua Blue	LED	330	Toesco
Lux-O-Max	LED	125	Akeda

<sup>a</sup> Intensiteten blev målt på en almindelig dental lysmåler.

<sup>b</sup> Her målt i „Turbo Mode“. I „Fast Cure Mode“ registreres 340 mW/cm<sup>2</sup>.

udsendte lys er meget høj (se Fig. 2 og Tabel 1). Dette har foranlediget, at fabrikanterne anfører, at belysningstiden kan reduceres væsentligt i forhold til den, der anvendes med halogenlamperne. Der er eksempler på, at en belysningstid på helt ned til 3 sek. har været anbefalet. Det gælder endvidere, at omend filtrene er ganske effektive, slipper der alligevel en del langbølget lys igennem, således at en del af den varmbærende stråling rammer plast, tand og pulpa. Men i kraft af den kortere belysningstid ser det ikke ud, som om PAC-lamperne medfører en væsentligt højere grad af opvarmning end halogenlamperne<sup>4</sup>.

### LED-lamper

Det sidste skud på stammen af polymerisationslamper foreligger med de såkaldte LED-lamper, der kom på markedet her først i det nye årti. Lysafgivelsen fra denne lampetype beror på diverse kvantemekaniske overgange af elektronerne i halvlederkrystaller bestående af galliumnitrit. Det udsendte lys er blå og har den bemærkelsesværdige egenskab, at spektret næsten er sammenfaldende med camphorquinons absorptionsspektrum (se Fig. 1)<sup>5</sup>.

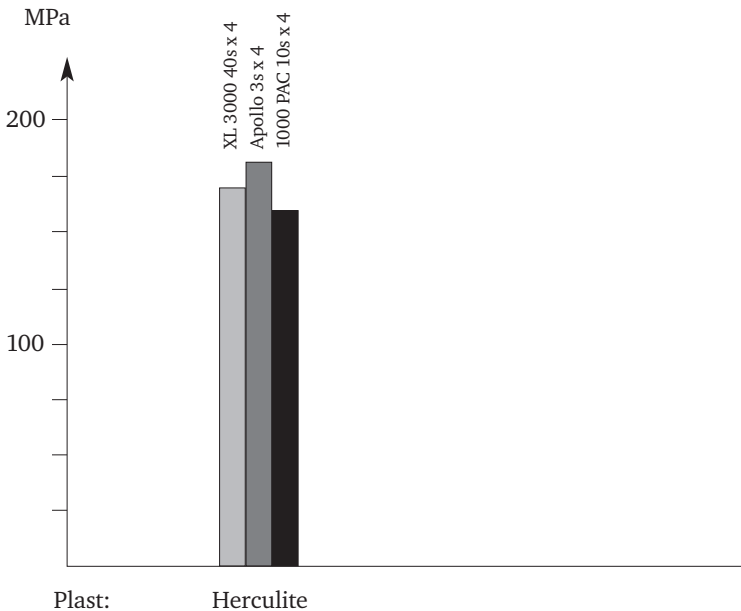
Sammenfaldet mellem udsendt og absorberet lys har flere fordelagtige konsekvenser. Det udsendte lys skal ikke filtreres, hvilket indebærer at lamperne kan konstrueres uden en blæser, hvis støj kan virke generende. Der frembringes et minimum af varmestråling, således at opvarmningen af plast, tand og pulpa er ringe. LED'erne i en lampe forbruger meget lidt energi, og lampen kan derfor forsynes med strøm fra et (genopladeligt) batteri. Dette betyder, at lamperne er ledningsfri, og med deraf følgende bevægelsesfrihed for tandlægen. Den udsendte intensitet er relativt beskedent i forhold til halogenlampernes, når den måles med en konventionel lysmåler. Men fordi lyset passer godt sammen med camphorquinons absorptionsspektrum, kan der alligevel opnås en tilfredsstillende polymerisering (se nedenfor). I øvrigt betyder det snævre emissionsspektrum, at LED-lamper ikke fungerer optimalt med plastmaterialer og adhæsivsystemer, der indeholder en anden initiator end camphorquinon.

## Effektivitet

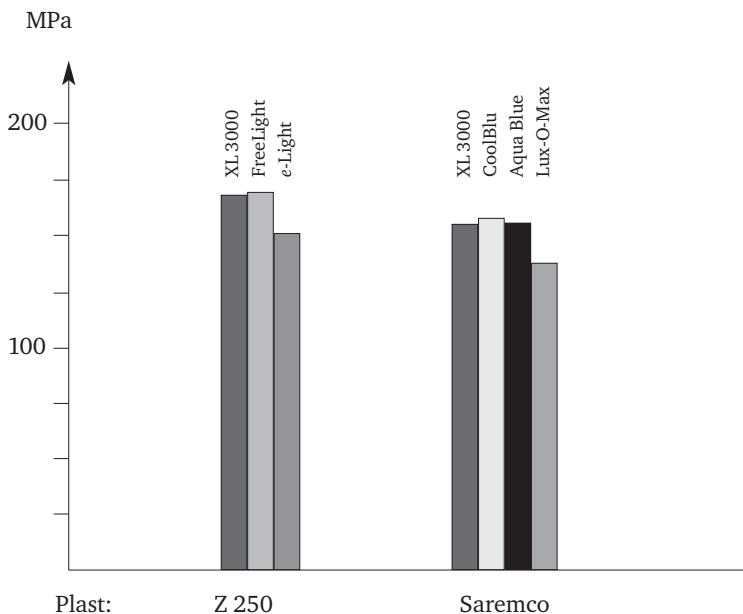
Det fremgår af det ovenstående, at de nye lampetyper kan have fordele af brugervenlig art, såsom at give en kort hærdeperiode, være støjsvage og uden ledning. Det er klart, at de nye lamper udover at besidde diverse praktiske fordele også må være effektive, således at plast, der er polymeriseret med disse lamper, opnår egenskaber der er på højde med de egenskaber, som kan opnås med en konventionel halogenlampe. Et par af de fundamentale egenskaber ved et plast indgår i ISOs standard for plastbaserede fyldningsmaterialer<sup>6</sup>. Det drejer sig om bøjestykke og polymerisationsdybde. Andre egenskaber skal naturligvis også være i orden, men er mindre velbeskrevet i litteraturen. Det skal nævnes, at især LED-lamperne er så nye, at det især er prototyper, der er beskrevet i litteraturen, og at tilgængelige oplysninger om markedsførte lamper er ganske få. I det følgende omtales en række undersøgelser udført med de polymerisationslamper, der er vist i Tabel 1.

## Bøjestykke

Kliniske undersøgelser viser, at plastmaterialer af og til frakturerer under deres funktion i munden. Det kan dreje sig om fyldningskanter eller større dele af en okklusal fyldning. Dette indebærer, at bøjestykken af et plast er en vigtig faktor. Resultaterne af forsøg med bestemmelse af plastmaterialers bøjestykke fremgår af Figur 3 og 4. De benyttede prøvelegemer til bøjestykkeforsøgene var små bjælker med et tværsnit på 2 mm x 2 mm og en længde på 10 mm i Figur 3 og 25 mm i Figur 4<sup>78</sup>. Prøvelegemernes længde betyder, at det ikke er muligt at belyse prøverne på én gang, men at det er nødvendigt at give dem flere overlappende doser. I Figur 3 benyttedes fire overlappende doser, to fra hver



**Figur 3.** Bøjestykke for plastmateriale polymeriseret som angivet med en af de tre polymerisationslamper. Dimensionen af prøverne var 2 mm x 2 mm x 10 mm. (Efter Peutzfeldt et al.<sup>7</sup>).



**Figur 4.** Bøjestykke for plastmaterialer polymeriseret i 20 s x 10 med en af de seks polymerisationslamper. Dimensionerne af prøvelegemerne var 2 mm x 2 mm x 25 mm. (Efter Asmussen & Peutzfeldt<sup>8</sup>).

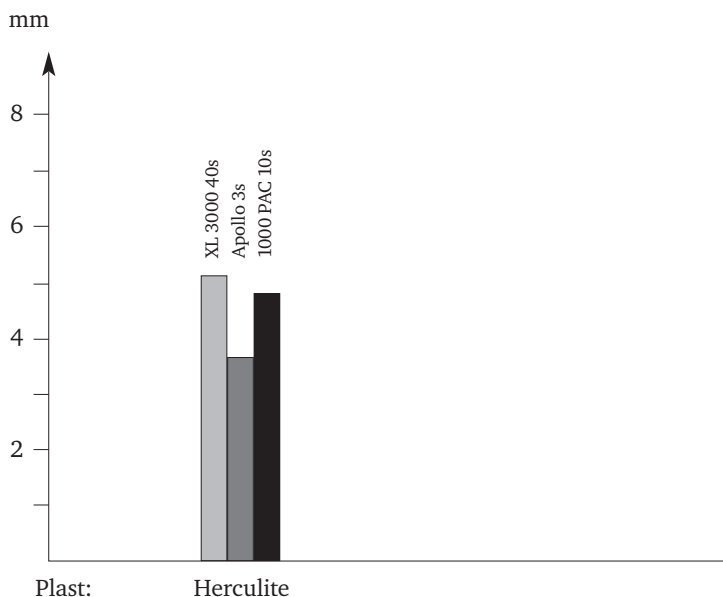
side, med en belysningstid som vist på figuren. I Figur 4 benyttes ti overlappende doser à 20 sek., fem fra hver side. Polymerisationslampen e-Light har mange indstillingsmuligheder, og i de her viste forsøg blev lampen anvendt i indstillingen „Turbo“ og ikke i den mest intense indstilling „Fast cure“, idet sidstnævnte ikke tillader den indstilling på 20 sek., som blev anvendt med de øvrige lamper. Selv om forskellen i prøvelegemernes størrelse i Figur 3 og 4 bevirker, at man ikke uden videre kan foretage sammenligninger mellem de to figurer, fremgår det, at både PAC-lamperne og LED-lamperne gav bøjestykker, der var relativt gode og under alle omstændigheder oversteg den grænseværdi på 80 MPa, der er opstillet i ISOs standard for testen i Figur 4. På den anden side bevirker den overlappende belysning, at den lys-



mængde, det enkelte prøvelegeme modtager, bliver relativt stor, således at en eventuelt mindre effektivitet af en polymerisationslampe ikke nødvendigvis vil komme til udtryk. Målinger af de mekaniske egenskaber hos plast hærdet med laserlys viser, at optimale værdier kan opnås med belysningstider, der er det halve eller mindre end for halogenlamper<sup>9</sup>.

## Polymerisationsdybde

Lyshærdende plastmaterialer polymeriserer som bekendt kun til en vis dybde. Det er klart, at en stor polymerisationsdybde er en fordel: Risikoen for et upolymeriseret bundlag med reduceret styrke og biokompatibilitet mindskes, og den lagvise opbygning, der er nødvendig ved fremstillingen af større restaureringer, kan udføres med lidt større portioner ad gangen. Polymerisationsdybden kan måles på forskellig måde. Efter én metode<sup>7</sup> bores et cylindrisk hul tværs gennem en ekstraheret tand, og hullet fyldes med plast. Efter belysning af plastet skæres tanden over, og blødt, upolymeriseret plast fjernes med en plastspatel, hvorefter dybden af polymeriseret plast måles (Fig. 5). Ifølge ISOs standard foregår bestemmelsen af polymerisationsdybde imidlertid på den måde, at en cylindrisk metalform ( $d = 4 \text{ mm}$ ,  $h = 8 \text{ mm}$ ) fyldes med plastmaterialet, som belyses på den af fabrikanten foreskrevne måde. Materialet presses ud af formen, ikke-polymeriseret plast fjernes, og længden af den polymeriserede cylinder måles (Fig. 6)<sup>8</sup>. Metoden med den ekstraherede tand giver lidt større polymerisationsdybde, fordi tanden selv tillader passage af en vis mængde lys. Med ISOs metode er mindstekravet 3 mm, og det ses, at alle de undersøgte kombinationer af plast og lampe opfylder dette krav. Figur 5 viser, at 3 sek. belysningstid med PAC-lampen giver mindre polymerisationsdybde end de to andre lamper. Da man kun kan regne med, at ca. halvdelen af det materiale, der er blevet hårdt, er optimalt polymeriseret, skal de værdier, der fremgår af figurerne, divideres med to for at give den egentlige lagtykkelse, som delportionerne ikke bør overskride. For LED-

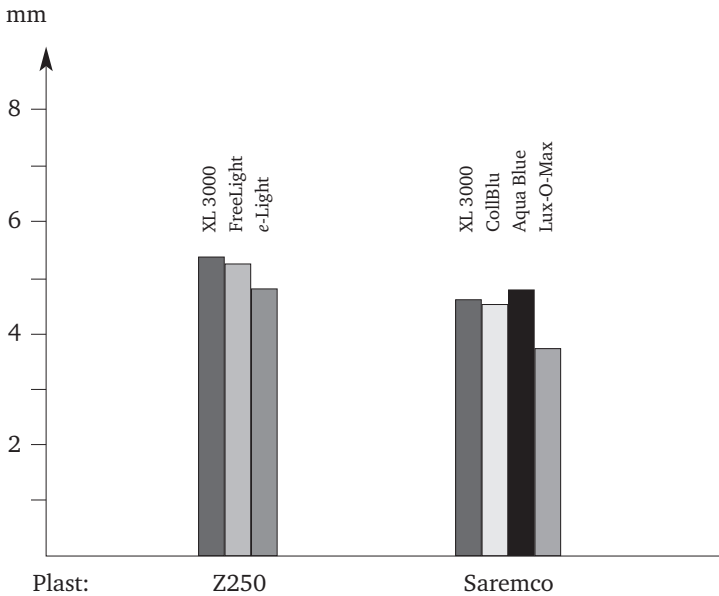


**Figur 5.** Polymerisationsdybde af plast polymeriseret som angivet med en af de tre polymerisationslamper. Polymerisationen fandt sted i et cylindrisk hul præpareret i en ekstraheret tand. (Efter Peutzfeldt et al.<sup>7</sup>).

lampernes vedkommende er det blevet fundet, at polymerisationsdybden aftager lidt hurtigere med øget lysledeafstand til plastoverfladen, end det er tilfældet med halogenlamper. Forsøg med laserlamper har vist samme polymerisationsdybde ved kortere belysningstid, end der blev anvendt med den halogenlampe, der indgik i undersøgelsen<sup>10</sup>. Der skal erindres om, at tanden kan skygge for lyset, og at gule og opakke farver har mindre polymerisationsdybde end den farve, A3, der er benyttet i figurerne.

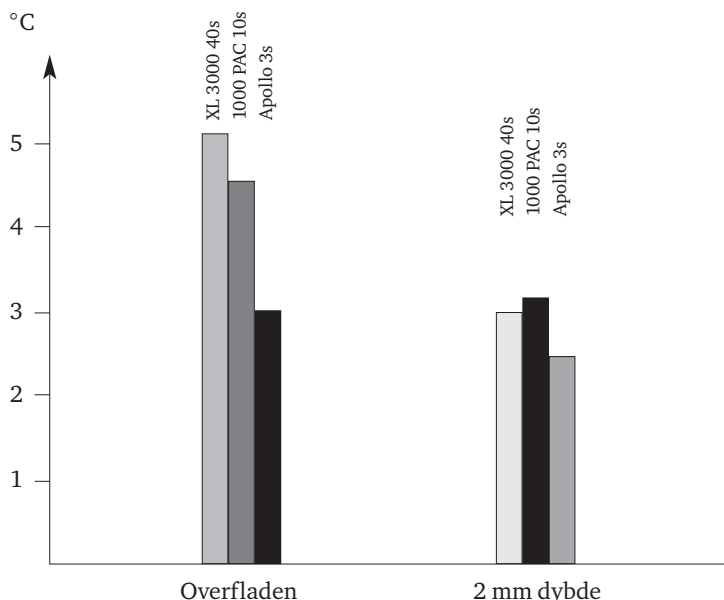
### Temperaturforøgelse

Laserlamper og PAC-lamper er som tidligere nævnt meget intense og belysning med disse lamper indebærer derfor en risiko for overopvarmning af plast og tand. Til gengæld er belysningstiden



**Figur 6.** Polymerisationsdybde af plast polymeriseret i 20 s med en af de seks polymerisationslamper. Polymerisationen fandt sted i et cylindrisk hul i en messingform. (Efter Asmussen & Peutzfeldt<sup>8</sup>).

relativt kort, således at den samlede energimængde ikke behøver at være større. Både laserlamper og LED-lamper udmærker sig ved at afgive meget mindre varme, fordi lyset herfra i modsætning til lyset fra halogenlamper ikke indeholder infrarødt lys. Resultaterne fra målinger af temperaturforøgelsen i polymeriserende plastmaterialer er vist i Figur 7 og 8. Figur 7 viser at temperaturforøgelsen ved anvendelse af PAC-lamperne (med de viste belysningstider) ikke er højere end ved anvendelse af en halogenlampe<sup>11</sup>. I Figur 8 er LED-lampen en eksperimentel udgave, men resultatet viser, at der er hold i påstanden om mindre varmeafgivelse<sup>12</sup>. På grund af forskellig metodik bør data i Figur 7 ikke sammenlignes med data i Figur 8. Vedrørende laserlamper har målinger som tidligere nævnt vist, at også med disse lamper er



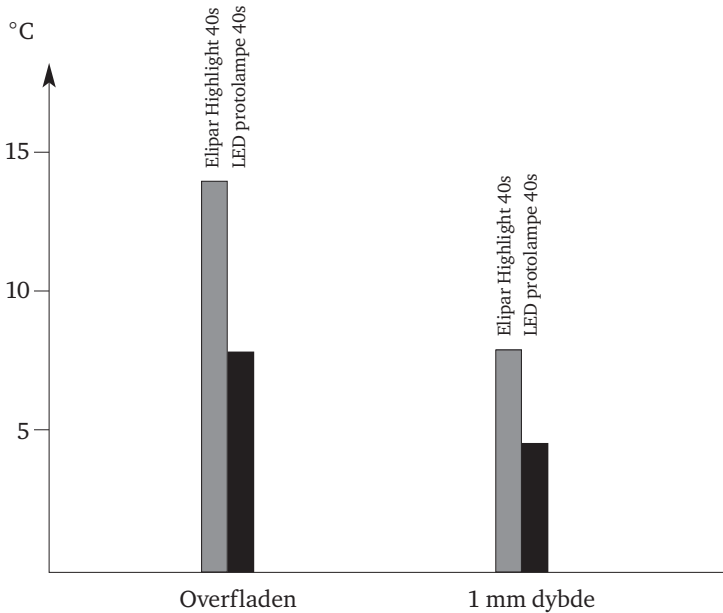
**Figur 7.** Temperaturstigning af plast polymeriseret som angivet med en af de tre polymerisationslamper. (Efter Peutzfeldt et al.<sup>11</sup>).

temperaturforøgelsen sammenlignelig med den, der følger af belysning med en halogenlampe<sup>3</sup>.

Det kan i øvrigt være en god idé selv at skønne over varmeafgivelsen fra en polymerisationslampe. Dette kan gøres ved, at man bringer lyslederens udgangsvindue i kontakt med en tommelfingernegl under en belysningsperiode. En sådan mere subjektiv test vil fx vise, at varmeafgivelsen fra en LED-lampe er signifikant mindre end afgivelsen fra andre lamper.

### Polymerisationshastighed

Den hastighed, hvormed et plastmateriale polymeriserer i en kavitet, betyder noget for bredden af de spalter, der dannes som følge af polymerisationskontraktionen. En relativt langsom kontraktion indebærer mindre risiko for spaltedannelse. På den an-

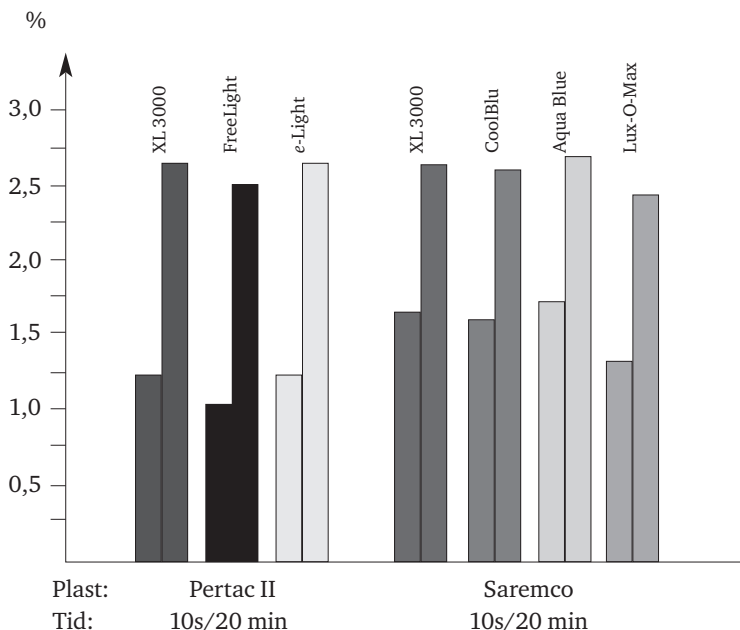


**Figur 8.** Temperaturstigning af plast polymeriseret i 40 sek. med en af de to polymerisationslamper. (Efter Knezevic et al.<sup>12</sup>).

**Tabel 2. Polymerisationsgrad (%). Middel ± SD.**

Plast	Polymerisationslampe	
Pertac II	XL3000 20s	52,6 ± 1,4
	Elipar FreeLight 20s	51,5 ± 0,5
	e-Light 20s*	50,4 ± 0,3
Definite	XL3000 20s	44,9 ± 1,5
	Elipar FreeLight 20s	42,6 ± 0,2
	<sup>a</sup> e-Light 20s	41,6 ± 0,4
Saremco	XL3000 40s	61,2 ± 0,9
	Apollo 95E 3s	59,3 ± 0,3
	1000 PAC 10s	62,4 ± 0,1

\* e-Lighten blev anvendt ved indstillingen ”Turbo Mode“, og ikke ved den mest intense „Fast Cure Mode“.



**Figur 9.** Polymerisationskontraktion af plast polymeriseret i 20 sek. med en af de seks polymerisationslamper. Kontraktionen er angivet efter henholdsvis 10 sek. og 20 min. Kontraktionen efter 10 sek. er et mål for kontraktionshastigheden, kontraktionen efter 20 min. er et mål for slutkontraktionen. (Efter Asmussen & Peutzfeldt<sup>8</sup>).

den side er der ofte en sammenhæng mellem polymerisationshastighed og polymerisationsgrad, således at langsom hærdning kan give reduceret polymerisationsgrad. Figur 9 illustrerer dette forhold for fem undersøgte LED-lamper<sup>8</sup>. Betydningen for spaltedannelsen er ikke undersøgt. Med de to PAC-lamper i Tabel 2 anvendt i henholdsvis 3 og 10 sek. blev der ikke fundet nogen forøgelse i spaltedannelsen i sammenligning med halogenlampen XL 3000 anvendt i 40 sek. Angående laserlamper tyder enkelte undersøgelser på, at der kan være problemer med øget marginal lækage<sup>13</sup>.

Den langsomme polymeriserings potentielt gunstige indflydelse på spaltedannelsen er et forhold, som mange lampefabri-

kanter har indbygget i deres lampe og udnyttet i såkaldt soft-start belysning. Polymerisationen initieres ved en lavere intensitet, og den nævnte tilbøjelighed til reduceret polymerisationsgrad modvirkes ved at efterfølge forpolymeriseringen med en slutpolymerisering ved høj intensitet. Forpolymeriseringen kan enten foregå ved en konstant lav intensitet (to-trins polymerisering) eller ved en initialt lav intensitet, der vokser jævnt til slutintensiteten („ramp cure”). ESPEs Highlight var den første lampe af denne type, men i vore dage er det reglen snarere end undtagelsen, at lamperne har et indbygget soft-start program. Den spaltefor mindskende effekt af disse soft-start belysningsteknikker har været genstand for adskillige undersøgelser. Mens der i visse af undersøgelserne er fundet en gunstig effekt, er der i andre stillet spørgsmålstejn ved metodens evne til at reducere spaltedannelsen omkring plastfyldninger<sup>14</sup>. Der er imidlertid blevet fundet en mere entydigt spaltereducerende effekt med puls-pause metoden<sup>15</sup>. Denne metode indebærer, at fyldningens sidste lag belyses et eller flere sekunder ved reduceret eller normal intensitet, og at der derefter hengår et eller flere minutter, inden fyldningen sluthærdes.

En enkelt af LED-lamperne indeholder en indstilling med programmerede pulsbelysninger. I denne indstilling udsendes lys i 1 sek., derefter er der en pause på  $\frac{1}{4}$  sek. og så fremdeles fx i alt ti gange. Tanken er formentligt, at plastet skal relaxsere lidt i de belysningsfrie perioder og dermed – måske – opnå bedre mekaniske egenskaber, men dokumentation for den gavnlige effekt af denne hærde metode mangler.

### **Polymerisationsgrad**

I et givet plast er det polymerisationsgraden, der bestemmer egenskaberne. Polymerisationsgraden registreres ved infrarød spektroskopi på den måde, at antallet af dobbeltbindinger i plastet fastlægges før og efter polymeriseringen. En høj polymerisationsgrad giver plastet de bedst mulige egenskaber. Tabel 2 viser

polymerisationsgraden opnået med to LED og to PAC-lamper i en sammenligning med en konventionel halogenlampe<sup>8</sup>. Det ses at de to LED-lamper medfører lidt lavere polymerisationsgrad, og også at plastet Definite, der ifølge fabrikanten indeholder en anden initiator end CQ, ikke i væsentlig grad reagerer ringere på LED-belysning end plastet Pertac II. Den alternative initiator er åbenbart så bredspektret, at det snævre LED-lys alligevel – i dette tilfælde – giver en fornuftig polymerisationsgrad. Betydningen af den mindre polymerisationsgrad på bøjestykke, polymerisationsdybde og polymerisationshastighed er vist i Figur 4, 6 og 9. Angående PAC-lamperne ser man at 3 sek. med Apollo 95E ikke giver optimal polymerisationsgrad. Andre undersøgelser har vist, at man med denne lampe må anbefale en belysningstid på mindst 6 sek.<sup>16</sup>

## Sammenfattende betragtninger

Blandt de fire lampetyper, der er beskrevet i denne artikel, må laserlampen anses for den mindst sandsynlige kandidat til at blive fremtidens lampe. På trods af en utvivlsom effektivitet taler vedligeholdelse og kompliceret indretning af klinikken imod en større udbredelse. PAC-lampen ser derimod ud til at kunne gøre halogenlampen rangen stridig på grund af den tidsbesparelse, der er knyttet til den kortere belysningstid. LED-lampen har vist sig at være en ganske effektiv lyskilde. Dette betyder, at der kan lægges vægt på de tidligere nævnte praktiske fordele ved LED-lampen. Med andre ord, de nye lampetyper ser lovende ud og vil endda formentligt blive yderligere forbedret i de kommende år.



**LITTERATUR**

- 1 Christensen RP, Palmer TM, Ploeger BJ, Yost MP. Resin polymerization problems – are they caused by resin curing lights, resin formulations, or both. *Compendium* 1999;20:S42-S54.
- 2 Rueggeberg F. Contemporary issues in photocuring. *Compendium* 1999;20:S4-S15.
- 3 Anic I, Pavelic B, Peric B, Matsumoto K. In vitro pulp chamber temperature rise associated with the argon laser polymerization of composite resin. *Lasers Surg Med* 1996;19:438-44.
- 4 Hannig M, Bott B. In-vitro pulp chamber temperature rise during composite resin polymerization with various light-curing sources. *Dent Mater* 1999;15:275-81.
- 5 Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). *Dent Mater* 2000;16:41-7.
- 6 International Standard 4049. Polymer-based filling, restorative and luting materials. 2000.
- 7 Peutzfeldt A, Sahafi A, Asmussen E. Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. *Dent Mater* 2000;16:330-6.
- 8 Asmussen E, Peutzfeldt A. Light-emitting diode curing: Influence on selected properties of resin composites. *Quintessence Int.* 2002;34: i trykken.
- 9 Cobb DS, Vargas MA, Rundle T. Physical properties of composites cured with conventional light or argon laser. *Am J Dent* 1996;9:199-202.
- 10 Vargas MA, Cobb DS, Schmit JL. Polymerization of composite resins: Argon laser vs conventional light. *Oper Dent* 1998;23:87-93.
- 11 Peutzfeldt A, Sahafi A, Asmussen E. Upublicerede resultater. 2000.
- 12 Knezevic A, Tarle Z, Meniga A, Sutalo J, Pichler G. Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes. *J Oral Rehabil* 2001;28:586-91.
- 13 Fleming MG, Maillet WA. Photopolymerization of composite resin using the argon laser. *J Canad Dent Assoc* 1999;65:447-50.

- 14 Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E. Soft-start polymerization and marginal gap formation in vitro. *Am J Dent* 2001;14:145-7.
- 15 Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E. Effect of pulse-delay curing on in vitro wall-to-wall contraction in dentin cavity preparations. *Am J Dent* 2001;14:295-6.
- 16 Munksgaard EC, Peutzfeldt A, Asmussen E. Elution of TEGDMA and BisGMA from a resin and a resin composite cured with halogen or plasma light. *Eur J Oral Sci* 2000;108:341-5.