
Glassionomer – et velegnet fyllingsmateriale for primære tenner?

IVAR ESPELID & JON E. DAHL

Glass ionomer – a suitable restorative material in deciduous teeth?

Summary

Traditionally, amalgam has been used for Class II restorations in primary teeth, but the use of amalgam has decreased in Scandinavia during the latest few decades, and now, amalgam has been banned in Norway and Sweden. Glass ionomer (GIC) adheres to tooth substance and has been a popular alternative to amalgam, but the traditional GIC products do not give as high longevity as amalgam in Class II restorations. As the traditional GIC has been improved (high viscous GIC), and GIC has been combined with resins (resin-modified GIC and polyacrylic acid modified composite resin), the longevity of restorations has improved. GIC containing materials are technique sensitive. The placing of materials containing resin should be done in steps when the thickness of the restoration exceeds 2 mm. Composite can be used as the top layer (“sandwich”). Uncured resin which may penetrate into the pulp and into the oral environment represents a potential risk for adverse effects although no scientific evidence exists so far. GIC contains fluoride which is released from the restoration. The clinical importance of this release has been disputed, but it is likely that this fluoride

may have some caries preventive effect (secondary caries). Stainless steel crowns are recommended for restoring extensive carious lesions in primary molars.

Keywords: Glass ionomer, restorative material, uncured resin

Mange tok imot glassionomer sement (GIS) med stor interesse og glede da det ble introdusert tidlig på 1970-tallet. Materialet var et resultat av en bevisst strategi for å utvikle bioaktive erstatningsmaterialer for emalje og dentin, og Mickenautsch og medarbeidere har gitt en interessant beskrivelse av utviklingsarbeidet som startet i England (1). Utviklingen av GIS var også begynnelsen på en periode hvor en søkte mer biologiske og estetiske fyllingsmaterialer enn det amalgam representerte. Helsemyndighetene i de nordiske land kom med ulike initiativ på 1990-tallet for å redusere bruken av amalgam (2). Særlig gjaldt dette blant barn og unge hvor GIS raskt ble en populær erstatning for amalgam i Skandinavia. Det var stor optimisme, men i en prospektiv studie av 515 konvensjonelle GIS-fyllinger viste Qvist og medarbeidere (3) med stor tydelighet at holdbarheten ikke kunne måle seg med de tilsvarende amalgamfyllingene (n=543). Observasjonstiden var opptil 8 år. Fyllingene som ble studert ble lagt tidlig på 1990-tallet, og det har vært en utvikling på materialsiden etter den tid. Amalgam er nå et uaktuelt fyllingsmateriale i Skandinavia, og spørsmålet er om vi har alternativer som er like holdbare.

I denne artikkelen vil vi omtale ulike aspekter knyttet til bruk av GIS i de utfordrende klasse II "hverdagsfyllingene" i primære molarer. Selv om tannhelsen er god for mange barn, er fyllingsterapi fremdeles i høyeste grad aktuelt for deler av barnegruppen. For femåringer med karies kan 40 % av disse ha behov for approssimale fyllinger (4). Fyllinger i det primære tannsett har begrenset funksjonstid, men de bør ha god kvalitet slik at de er funksjonelle helt til tannen felles, og omgjøringer eller andre uheldige konsekvenser unngås.

Hvilke faktorer har betydning for fyllingens varighet? Det er i

prinsippet vanlig å knytte dette til tre ulike forhold: Fyllingsmaterialets egenskaper, tannlegens håndtering av materialet, deriblant kavitetutforming, og til slutt forhold knyttet til pasienten (5). Pasientfaktorene gjelder både kariesaktivitet (risiko for sekundærkaries), bittforhold (attrisjon) og kooperasjon (barnets alder). Mulige bivirkninger av fyllingsmaterialer har de siste tiårene vært diskutert. Først og fremst har amalgamets mulige skadevirkninger vært i fokus. I Danmark ble det innført et forbud mot bruk av amalgam i primære tenner etter at det var vist at det fantes gode nok alternativer i 2003. I “Vejledning om anvendelse af tandfyllingsmaterialer” fra Sundhedsstyrelsen i 2008 heter det at GIS kan brukes til alle typer fyllinger i det primære tannsett. I Norge ble bruk av amalgam forbudt i 2008, og i Sverige kom totalforbud mot bruk hos barn og ungdom i 2009.

Historikk og kjemi

Det var store forventninger til glassionomersementer (GIS) som fyllingsmateriale i primære tenner etter introduksjonen i 1972. Det var spesielt fluoravgivelsen, gode biologiske sider og adhesjon til tannvev som ble fremholdt som gunstige sider (6). Materialet ble særlig anbefalt for bruk i det primære tannsett. Det ble påpekt at det var behov for noe mekanisk retensjon ved utformingen av klasse II kaviteter.

Glassionomersement ble utviklet med utgangspunkt i de velprøvde materialene silikatsement og polykarboksylatsement. Fra polykarboksylatsementen ble adhesjon til tannvev brakt videre, og fra silikatsementen fluoravgivelse og tannfarge (translucens). Det nye materialet var basert på stivningsreaksjonen når silikatglass og en vannløselig polymer syre blandes. Opprinnelig var syren polyakrylsyre, men dagens GIS har ulike modifikasjoner med tilsetning av også andre organiske syrer (vinsyre). Når pulveret og væsken blandes, blir det en syre-basereaksjon med vann til stede hvor det dannes et materiale bestående av glasspartikler delvis løst i silisium

hydrogel rik på metallioner fra glasset. I syre-basereaksjonen dannes aluminiumsalt og kalsiumsalt som danner et amorft nettverk rundt glasspartikler og silisiumgel. Syre-basereaksjon har tradisjonelt vært grunnlaget for at et materiale kan kalles en sement. Fluor inngår ikke i dette nettverket, og frigjøring av fluor skader ikke fyllingsmaterialet. I de første minuttene er materialet svært følsomt både for uttørking og væske (saliva). I Tabell 1 er listet opp de viktigste egenskaper som har betydning for den kliniske anvendelsen av GIS.

Konvensjonell GIS

GIS fikk betydelig popularitet som fyllingsmateriale i primære tenner, men etter hvert opplevde klinikere at materialet ikke var godt egnet i større kaviteter over flere tannflater. Det var spesielt egenskaper som materialets sprøhet (manglende bøyefasthet) som var problematisk. Forsøk på å forsterke materialet ble gjort ved tilsetning av sølvpartikler, men dette viste seg ikke å resultere i et bedre fyllingsmateriale (7). Materialet har adhesjon til tannvev, men bindingsstyrken til emalje og dentin er begrenset. GIS bør beskyttes med ferniss/lakk etter innlegging for å hindre uttørking og for tidlig vannkontakt.

GIS blir også brukt i atraumatisk restorativ teknikk (ART) som i begrenset grad gjør bruk av mekanisk fjerning av karies (håndekskavering), og hvor materialet legges inn under feltmessige forhold. Her var det behov for et robust materiale som hadde god styrke, og høyviskøs GIS ble utviklet. Produsentene av tradisjonelle GIS-materialer tilpasset det tradisjonelle materialet med mindre partikkelstørrelse og modifikasjoner av syren. Pulver/væske-forholdet er høyere enn for konvensjonell GIS. Dette materialet fikk en mer seigflytende konsistens som gjorde at det kunne “kondenseres” nesten på linje med amalgam. Materialet er også kommet i en “fast” utgave med raskere herding og som derfor egner seg for bruk på barn (8, 9).

Resinmodifisert glassionomer (RMGIS)

Resinmodifisert GIS ble introdusert i 1992 for å bøte på svakheter som konvensjonelle GIS har, så som relativt lang stivningstid, teknikk sensitivitet, sprøhet og lav slitestyrke (10). RMGIS har to stivningsreaksjoner, den tradisjonelle syre-basereaksjonen til GIS og en polymerisasjon av resindelen initiert av blått lys. Tilsetting av resinkomponenten bidrar til at materialet blir raskere klinisk hardt pga. lysharding, har lengre arbeidstid, er mindre følsomt for uttørring og fuktighet, og samtidig er de mekaniske egenskapene bedre (11). Imidlertid innebærer også resinkomponenten visse ulemper slik som begrenset polymeriseringsdybde (2 mm) og vannabsorpsjon som reduserer mekaniske egenskaper over tid. Uherdete resinkomponenter kan lekke ut av materialet (12). Også RMGIS er ømfintlige for tidlig vannkontakt. Bruk av ferniss eller sen fuktighetskontakt, dvs. først når GIS-stivningsreaksjonen er kommet langt, anbefales (13).

Polysyremodifisert kompositt (kompomer)

Kort etter introduksjonen av RMGIS-materialene ble kompomerene introdusert. Utgangspunktet var et materiale som var lett å håndtere for tannlegen og hvor en til og med kunne unngå å forbehandle kaviteten (med ets og bonding). Nå er imidlertid anbefalingen at kaviteten forbehandles og at fyllingsmaterialet bondes.

Kompomer er sterkt beslektet med komposittmateriale og herdes i form av en polymerisasjon, mens syre-basereaksjon ikke er grunnlaget for herding av materialet. Fyllpartiklene er tilsvarende glasspartiklene i GIS. Disse reagerer med vann som diffunderer inn i fyllingen etter at fyllingen er herdet og kommet i kontakt med vann (saliva).

Kliniske studier

Gode kliniske studier av fyllinger i primære tenner er mangelvare. Dette ble dokumentert da en gruppe i 2009 ønsket å lage en Cochrane oversikt om valg av fyllingsmaterialer i primære tenner (14). Kun tre studier tilfredsstilte inklusjonskriterier, og de var alle beheftet med usikkerhet pga. stort bortfall og kort oppfølgingstid. Forfatterne konkluderte at “There was insufficient evidence from the three included trials to make any recommendations about which filling material to use.” En av artiklene som ble tatt med er sitert i Tabell 1 (15). De inkluderte artiklene fokuserte også på amalgam og kroner, noe som ikke behandles i denne oversikten.

Tabell 1. Fordeler og ulemper ved konvensjonell GIS

Fordeler	Ulemper
Kjemisk binding til tannsubstans	Lav motstand mot fraktur (sprøtt materiale)
God kanttilslutning	Utsatt for slitasje
Fluoravgivelse til og fluoropptak fra omgivelsene	Teknikkfølsomt
Biokompatibelt	Estetikk ikke så god som kompositt
Termisk utvidelseskoeffisient som dentin	Dårlig polerbarhet
Krever lite fjerning av frisk tannsubstans	

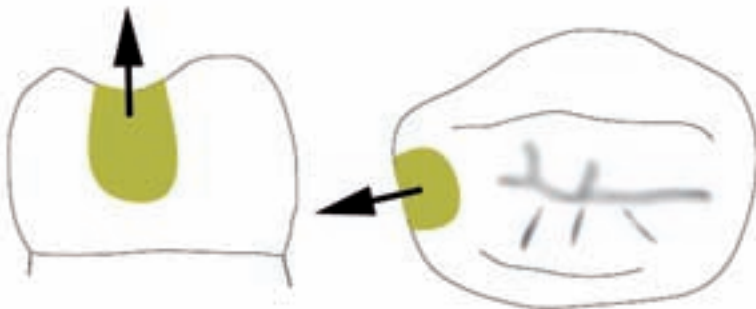
I det følgende gjennomgår noen sentrale kliniske studier som er publisert, men som ikke nødvendigvis tilfredsstiller de strengeste krav til forskningsdesign. Den tidligere nevnte studien av Qvist og medarbeidere hvor de sammenliknet fyllinger av henholdsvis GIS og amalgam, fant at 50 % av GIS-fyllingene (Klasse II) sviktet innen knappe 3 år, mens det tok omtrent dobbelt så lang tid før det

tilsvarende hadde inntruffet for amalgamfyllingene. I en senere undersøkelse av de samme forfatterne (16) sammenliknet de tre ulike RMGIS-materialer og en kompomer. Etter 3 år fungerte 83-85 % av alle klasse II-fyllingene, og dette ble ansett som et godt resultat sammenliknet med studien av konvensjonelle GIS-fyllinger. Et viktig funn var at bruk av conditioner i kaviteten før fyllingen ble lagt, hadde positiv effekt på fyllingens holdbarhet. Men variasjonen mellom tannleger gav større forskjeller i holdbarhet enn bruk eller ikke bruk av conditioner gjorde. Optimal behandling av materialet er en viktig faktor for å oppnå lengst mulig holdbarhet for fyllingene.

I en undersøkelse som sammenlikner fyllinger i primære molarer hos 6-9-åringer, finner forfatterne i løpet av en 2 års oppfølgingsperiode at amalgam (Permite C), RMGIS (Fuji II LC), kompomer (Dyract) og GIS (Fuji IX) ikke skiller seg vesentlig fra hverandre når det gjelder holdbarhet (17). Studien bekrefter det som mange har funnet tidligere, nemlig at klasse II er en vesentlig mer utfordrende fyllingstype enn klasse I. Når ulike aspekter som anatomisk form, marginal tilslutning og overflatens karakter tas med i bedømmelsen etter to år, så er det forfatternes oppfatning at RMGIS kommer best ut. Forfatterne finner at forekomsten av kantfeil øker betydelig allerede etter ett års observasjonstid og bemerker spesielt resultatet for kompomer-materialet etter to år. Conditioner og bonding ble brukt. Det må tas et stort forbehold knyttet til at undersøkelsen omfatter relativt få fyllinger og har et bortfall av pasienter på nær 40 % etter to år.

I en undersøkelse som sammenliknet ART-teknikken og konvensjonell klasse II-preparering, fant man, i tråd med mange andre studier, at ART-fyllingene hadde dårlig prognose for flerflate fyllinger uansett om det ble brukt høyviskøs GIS eller RMGIS (18). ART-teknikken forutsetter at preparering kun skjer med håndinstrumenter og uten bruk av bor. Det er noen undersøkelser som tyder på at det kan være bra med noe mekanisk låsing når det gjelder adhesive materialer som GIS og kompositt. Figur 1 illustrerer hvordan litt mekanisk låsing kan innarbeides i en vevsbesparende klasse II-preparering for glassionomer eller andre adhesive materialer.

Bindingen mellom emalje/dentin er betydelig dårligere for de konvensjonelle GIS enn for resinholdige materialer hvor tannvettes og bonding anvendes (11).



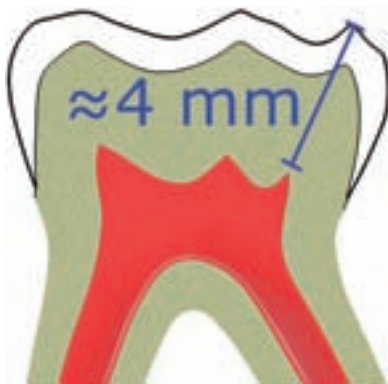
Figur 1. Figuren viser hvordan kavitetens utformingen for klasse II i primære molarer kan utformes med tanke på mekanisk låsing mot det okklusale og approximale.

I en svensk undersøkelse (19) ble et RMGIS-materiale sammenliknet med et “flowable” resin i klasse II-fyllinger i primære molarer. Etter to år var det ingen signifikant forskjell i antall mislykkede mellom RMGIS (10 %) og “flowable” resin (14 %). Totalt var det 190 fyllinger som ble fulgt hos barn i alderen 5-12 år.

Glassionomer og biokompatibilitet

Vanligvis legges hele RMGIS-fyllingen som en applikasjon, og en klasse II-fylling vil kunne ha en dimensjon i dybden opp mot 4-5 mm. Figur 2 illustrerer avstanden fra pulpa til emaljeoverflaten på en “gjennomsnittlig” andre molar i det primære tannsett. Produsenter av RMGIS oppgir en herdedybde på 1,7 – 2,0 mm. Målinger utført på NIOM viste at herdedybden lå på 2,3 – 3,0 mm. Ved måling av herdedybde er lysleder i kontakt med materialet bare isolert med en tynn plastmatrise, mens i klinikken vil det ofte være en avstand mellom materialet og lysleder pga. tyggeknuter og matriser som hindrer direkte kontakt. Avstand mellom lysleder og materiale

svekker lysenergien, og dermed reduseres herdedybden. Derfor er nok produsentens anslag på herdedybde mer klinisk relevante. Dette tilsier at resindelen i dype RMGIS-fyllinger vil være dårlig herdet mot det gingivale, med risiko for utlekking av monomer. Monomer kan lekke mot pulpa og ut i saliva. Det er gjort målinger av monomer i saliva etter innlegging av RMGIS hos barn, og her ble det bare unntaksvis funnet monomerrester i saliva (20). Imidlertid var disse fyllingene forseglet med en ferniss etter innlegging som kunne hindre utlekking. Det er vist at dentinbindingsmaterialer kan påvirke pulpa (21, 22), og det er derfor trolig at restmonomer i RMGIS kan lekke inn til pulpa. 2-HEMA, som er en mye benyttet monomer i RMGIS, er vist å ha negativ effekt på celler i laboratorieforsøk. 2-HEMA påvirker cellenes DNA som fører til redusert cellevekst og økt programmert celledød (apoptose) (23). En mulig løsning på problemet med liten herdedybde kunne være å legge RMGIS lagvis. Resindelen av materialet vil sikkert binde seg lagvis slik vi ser det for kompositter, men det er mer usikkert om GIS-delen vil gjøre det. Det er heller ikke studier som tilsier at RMGIS kan legges lagvis. Løsningen på dype fyllinger kan være å legge noen mm med RMGIS og så benytte kompositt til resten av fyllingen. Det har også blitt stilt spørsmål om mulig eksponering for bisfenol A (BPA) kan være uheldig. BPA er en hormonhermer som kan finnes i resinbaserte materialer. I Sverige har det vært diskutert et totalforbud mot bruk av BPA i plast. En svensk utredning har beregnet at eksponeringen



Figur 2. Ved store, dype restaureringer på melkemolarene kan dybden på fyllingen lett bli større enn angitt herdedybde fra produsentene ved bruk av resinmodifisert glassionomer-materialer eller kompomer. Dersom resinholdig materiale brukes, bør materialet herdes i flere sjikt. Figuren er delvis basert på en "gjennomsnittsmolar" gjengitt av Carlsen (37).

Tabell 2. Glassiomersement i klasse II-prepareringer i primære tenner. Ulike studier av fyllingers varighet. Tabellen er delvis basert på Scott & Mahoney, 2003 (10).

Undersøkelse	Observasjonstid	Produkt	Type glassionomer	Resultater
Welbury et al, 1991 (27)	5 år	Ketac Fil	Konvensjonell	MST = 33 mnd SR = 67 %
Östlund et al, 1992 (28)	3 år	ChemFil	Konvensjonell	SR = 40 %
Papathanasiou et al, 1994 (29)	4 år	Chemfill II	Konvensjonell	MST = 12 mnd
Kilpatrick et al, 1995 (30)	2 år	Ketac Fil	Konvensjonell	SR = 78 %
Welbury et al, 2000 (31)	3 ½ år	Chemfil Superior	Konvensjonell	MST = 37 mnd
Espelid et al, 1999 (7)	3 år	Vitremer	Resinmodifisert	MST > 42 mnd
Donly et al, 1999 (15)	3 år	Vitremer	Resinmodifisert	MST = 26 mnd
Croll et al, 2001 (32)	3 år	Vitremer	Resinmodifisert	SR = 93 %
Hübel et al, 2003 (33)	3 år	Vitremer	Resinmodifisert	SR = 94 %
Andersson-Wenckert et al, 2006 (19)	2 år	Vitremer	Resinmodifisert	SR = 89 %
Marks et al, 2000 (34)	1 år	Ketac Molar	Høyviskøs	SR = 94 %
Rutar et al, 2002 (35)	3 år	Fuji IXGP	Høyviskøs	SR = 93 %
Frankenberger et al, 2009 (36)	3 år	Ketac Molar	Høyviskøs	SR = 60 %

MST = Mean Survival Time, SR = Survival Rate

som pasienter utsettes for ved fyllingsterapi er betydelig lavere enn grenseverdier fastsatt av EU (24).

Fluoravgivelse

Konvensjonell GIS og høyviskøs GIS avgir fluor, men mengden avtar eksponentielt over tid (11). Det samme gjelder RMGIS. Når det gjelder kompomerer, så er det reist tvil om den beskjedne fluoravgivelsen har klinisk effekt. Det er velkjent at GIS kan ta opp fluor dersom dette finnes tilgjengelig (1, 25, 26). Litteraturen er ikke entydig om de fluorholdige fyllingsmaterialene forebygger eller reduserer utviklingen av sekundærkaries. En relativt ny australsk oversiktsartikkel konkluderer imidlertid at “After a long history of GIC development, there is today an emerging evidence-base in support of the therapeutic effect of GIC, particularly against caries” (1). Men det er liten tvil om at gode, randomiserte studier med longitudinelt design er noe vi kunne ønske oss.

Konklusjon og anbefalinger

1. Forfatterne anbefaler at klasse II-prepareringer i primære tenner utformes med tanke på at det finnes noe mekanisk retensjon.
2. Høyviskøs GIS er velegnet for mindre kl. II-fyllinger, men om materialet gir en fluoreffekt på nabotann og derved mindre sekundærkaries, er ikke entydig i henhold til foreliggende litteratur.
3. Både GIS og RMGIS er følsomme for vannkontakt under stivning og krever god tørrelegging for å oppnå optimal kvalitet.
4. RMGIS og kompomerer er materialer som også brukes på klasse II-fyllinger i det primære tannsett.
5. Ved større restaureringer med dybde over 2 mm må resinholdige materialer legges lagvis hvis materialet ikke inneholder en

komponent som herder resinene uten lys. Det gjelder de fleste RMGIS-materialene og alle komponerer på markedet.

6. GIS egner seg ikke spesielt godt ved store, omfattende restaureringer i primære molarer. Stålkroner er da ofte et bedre alternativ.

REFERANSER

1. Mickenautsch S, Mount G, Yengopal V. Therapeutic effect of glass-ionomers: an overview of evidence. *Austr Dental J* 2011;56:10-5; quiz 103.
2. Statens helsetilsyn. Bruk av tannrestaureringsmaterialer i Norge IK-2652. Oslo: Statens helsetilsyn; 1998.
3. Qvist V, Laurberg L, Poulsen A, Teglers PT. Eight-year study on conventional glass ionomer and amalgam restorations in primary teeth. *Acta Odontol Scand.* 2004;62:37-45.
4. Skeie MS, Espelid I, Skaare AB, Gimmestad A. Caries patterns in an urban preschool population in Norway. *Eur J Paediatr Dent* 2005;6:16-22.
5. Goldstein GR. The longevity of direct and indirect posterior restorations is uncertain and may be affected by a number of dentist-, patient-, and material-related factors. *J Evid Based Dent Pract* 2010;10:30-1.
6. McLean JW, Wilson AD. The clinical development of the glass-ionomer cement. II. Some clinical applications. *Austr Dent J* 1977;22:120-7.
7. Espelid I, Tveit AB, Tornes KH, Alvheim H. Clinical behaviour of glass ionomer restorations in primary teeth. *J Dent.* 1999;27:437-42.
8. Frankenberger R, Sindel J, Kramer N. Viscous glass-ionomer cements: a new alternative to amalgam in the primary dentition? *Quintessence Int* 1997;28:667-76.
9. Kramer N, Lohbauer U, Frankenberger R. Restorative materials in the primary dentition of poli-caries patients. *Eur Arch Paediatr Dent* 2007;8:29-35.
10. Scott J, Mahoney E. Restoring proximal lesions in the primary dentition: is glass ionomer cement the material of choice? *NZ Dent J* 2003;99:65-71.

11. Munksgaard EC, Nordbø H. Plast- og glasionomerbaserte fyldnings- og cementseringsmaterialer. *Tandlægebladet* 1999;103:116-27.
12. Nordbø H, Strand G. Glasjonomercement och kompomerer. Stockholm, Sverige: Socialstyrelsen; 2010.
13. Andersson OH, Dahl JE. Aluminium release from glass ionomer cements during early water exposure in vitro. *Biomaterials* 1994;15: 882-8.
14. Yengopal V, Harnekar SY, Patel N, Siegfried N. Dental fillings for the treatment of caries in the primary dentition. *Cochrane Database Syst Rev Cochrane Database of Systematic Reviews* 2009.
15. Donly KJ, Segura A, Kanellis M, Erickson RL. Clinical performance and caries inhibition of resin-modified glass ionomer cement and amalgam restorations. *J Am Dent Assoc* 1999;130:1459-66.
16. Qvist V, Laurberg L, Poulsen A, Teglers PT. Class II restorations in primary teeth: 7-year study on three resin-modified glass ionomer cements and a compomer. *Eur J Oral Sci* 2004;112:188-96.
17. Daou MH, Tavernier B, Meyer JM. Two-year clinical evaluation of three restorative materials in primary molars. *J Clin Pediatr Dent* 2009;34:53-8.
18. Yu C, Gao XJ, Deng DM, Yip HK, Smales RJ. Survival of glass ionomer restorations placed in primary molars using atraumatic restorative treatment (ART) and conventional cavity preparations: 2-year results. *Int Dent J* 2004;54:42-6.
19. Andersson-Wenckert I, Sunnegardh-Gronberg K. Flowable resin composite as a class II restorative in primary molars: A two-year clinical evaluation. *Acta Odontol Scand* 2006;64:334-40.
20. Gräfin Von Kageneck J, Kopperud HM, Kleven IS, Dahl JE. Helse- og tannlegerisiko ved bruk av resinforsterket glasionomermateriale til barn. *Den norske tannlegeforenings tidende* 2011;121:360-3.
21. Kispelyi B, Fejerdy L, Ivanyi I, Rosivall L, Nyarasdy I. Dentin sealers' effect on the diameter of pulpal microvessels: a comparative vitalmicroscopic study. *Oper Dent* 2002;27:587-92.
22. Kispelyi B, Fejerdy L, Ivanyi I, Rosivall L, Nyarasdy I. Effect of an "all-in-one" adhesive on pulp blood vessels: a vitalmicroscopic study of rat's teeth. *Oper Dent*. 2004;29:75-9.

23. Ansteinsson V, Solhaug A, Samuelsen JT, Holme JA, Dahl JE. DNA-damage, cell-cycle arrest and apoptosis induced in BEAS-2B cells by 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA). *Mutat Res* 2011;723:158-64.
24. Berglund A, Domeij H, Alm H. Bisfenol A i dentala material Socialstyrelsen; 2012
25. Hatibovic-Kofman S, Koch G, Ekstrand J. Glass ionomer materials as a rechargeable fluoride-release system. *Int J Paed Dent* 1997;7:65-73.
26. Wiegand A, Buchalla W, Attin T. Review on fluoride-releasing restorative materials--fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dent Mater* 2007;23:343-62.
27. Welbury RR, Walls AW, Murray JJ, McCabe JF. The 5-year results of a clinical trial comparing a glass polyalkenoate (ionomer) cement restoration with an amalgam restoration. *Brit Dent J* 1991;170:177-81.
28. Ostlund J, Moller K, Koch G. Amalgam, composite resin and glass ionomer cement in Class II restorations in primary molars--a three year clinical evaluation. *Swed Dent J* 1992;16:81-6.
29. Papathanasiou AG, Curzon ME, Fairpo CG. The influence of restorative material on the survival rate of restorations in primary molars. *Pediatr Dent* 1994;16:282-8.
30. Kilpatrick NM, Murray JJ, McCabe JF. The use of a reinforced glass-ionomer cermet for the restoration of primary molars: a clinical trial. *Brit Dent J* 1995;179:175-9.
31. Welbury RR, Shaw AJ, Murray JJ, Gordon PH, McCabe JF. Clinical evaluation of paired compomer and glass ionomer restorations in primary molars: final results after 42 months. *Brit Dent J* 2000;189:93-7.
32. Croll TP, Bar-Zion Y, Segura A, Donly KJ. Clinical performance of resin-modified glass ionomer cement restorations in primary teeth. A retrospective evaluation. *J Am Dent Assoc* 2001;132:1110-6.
33. Hubel S, Mejare I. Conventional versus resin-modified glass-ionomer cement for Class II restorations in primary molars. A 3-year clinical study. *Int J Paed Dent* 2003;13:2-8.
34. Marks LA, van Amerongen WE, Borgmeijer PJ, Groen HJ, Martens LC. Ketac Molar Versus Dyract Class II restorations in primary molars: twelve month clinical results. *ASDC J Dent Child* 2000;67:37-41, 8-9.

35. Rutar J, McAllan L, tyas MJ. Three-year clinical performance of glass ionomer cement in primary molars. *Int J Paed Dent.* 2002;12:146-7.
36. Frankenberger R, Garcia-Godoy F, Kramer N. Clinical Performance of Viscous Glass Ionomer Cement in Posterior Cavities over Two Years. *Int J Dent.* 2009;2009:781462.
37. Carlsen O. Tandmorfologiske skitser. København: Munksgaard; 1970.