

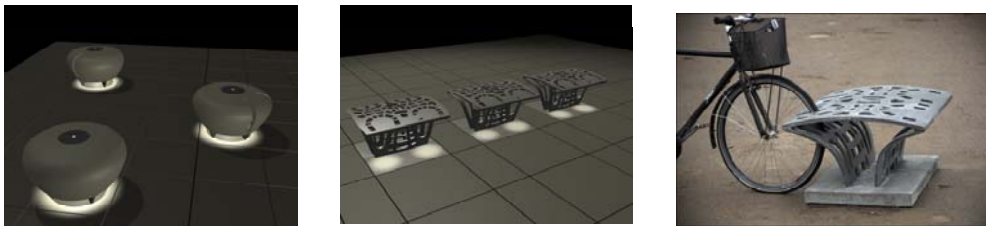
# TECHNOLOGY TRANSFER

URBAN LIGHT DET MULTIFUNKTIONELL LYSMØBEL I NY BETONTEKNOLOGI TIL BYRUM.

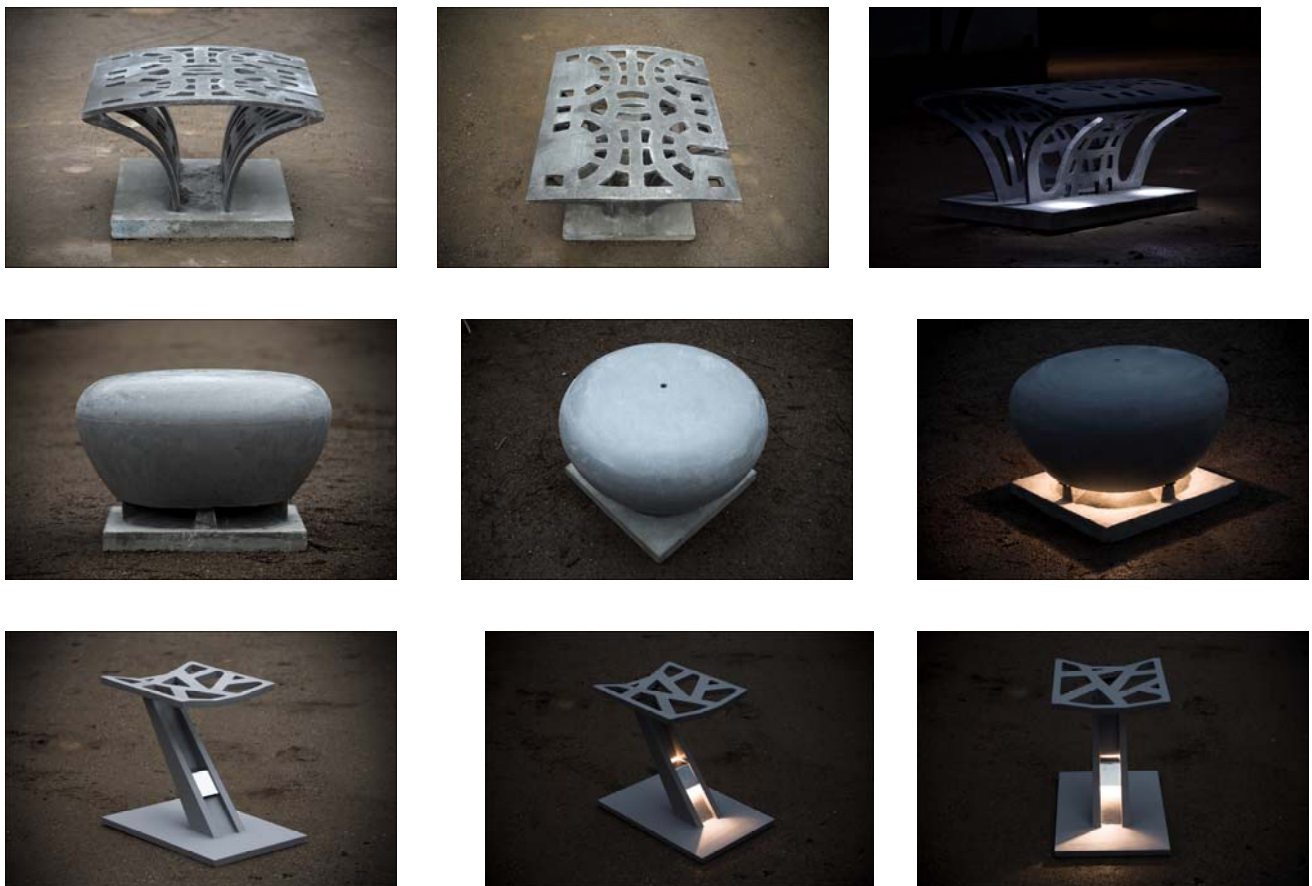
## Af Anja Margrethe Bache

Bygningsdesigner hos Gottlieb Paludan Arkitekter A/S

I 2006-2007 gennemførte møbeldesigner MDD Claus Hviid Knudsen og ph.d.-arkitektur, skulptør og civilingeniør Anja Margrethe Bache udviklingsprojektet "Urban light, det multifunktionelle lys-møbel i ny betontechnologi til byrum". Det var et projekt, der var finansieret af Bolig Fonden Kuben. Det blev realiseret på Statens Værksteder for Kunst og Håndværk og blev i januar 2008 afsluttet med en række design, samt prototyper i den ny betontechnologi som Dalton Betonelementer fremstillede. Contec Aps. og Densit A/S leverede materialer og Dansk Sintermetal A/S donerede jernpulver.



Figur 1. 3D-computerbilleder af 2 af Urban Light projektets multifunktionelle lys-møbler i ny betontechnologi, CRC. Computermodel Flemming Vestergård. Nedenunder prototyper i 1:1 af de multifunktionelle betonmøbler, i den ny beton CRC, lavet hos Dalton Betonelementer. Fotos Fotograf Torben Åndahl. Design Claus Hviid Knudsen og Anja Bache.



## Abstract

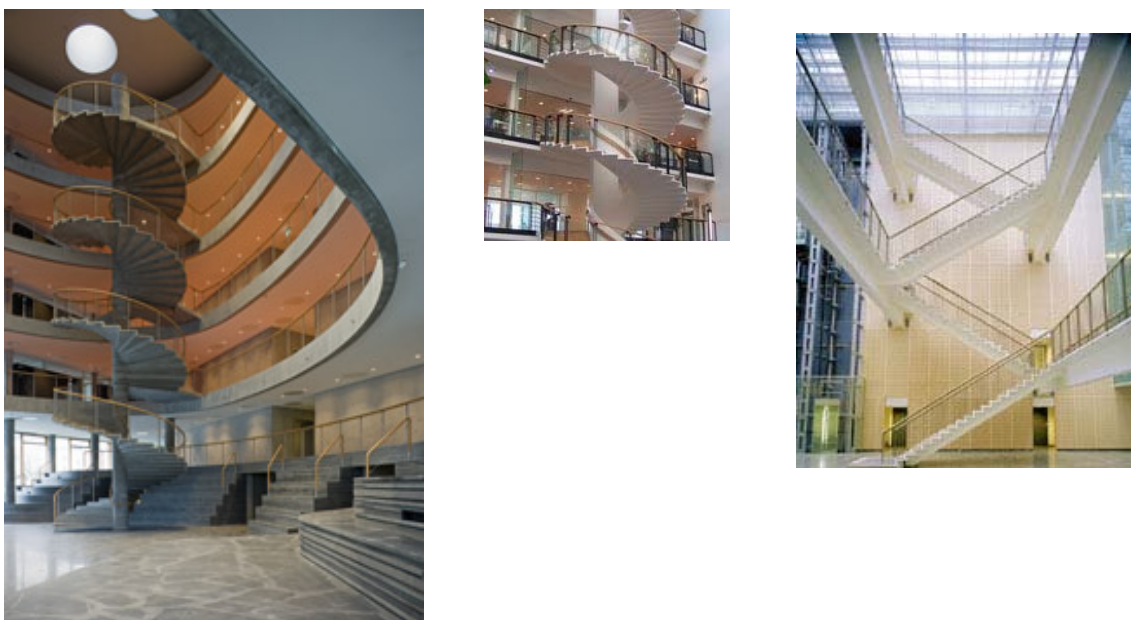
Med devisen design starter med design af materialer og design af processer eller redesign af eksisterende processer fra anden industri, har vi i udviklingsprojektet "Urban light" skabt multifunktionelle lysmøbler i en ny betontechnologi, Compact Reinforced Composite, herunder Densit. Vi har transformeret en materialeteknologi og processer fra anden industri til design af udendørsmøbler. Det er et projekt hvor vi har været heldige at få Dalton Betonelementer med som samarbejdspartnere, men som ellers er præget af mangel på samarbejder med anden industri. Det er derfor endt med prototyper, der peger på muligheder frem for prototyper, hvor helt ny teknologi er integreret i de faktiske møbler som bliver lavet. Denne artikel handler om den teknologi overførsel som er afprøvet i Urban Light projektet. Den omhandler de aspekter, der peger fremad og åbner op for nye potentialer, men også de problemer, der opstår og som venter på at blive videreudviklet før optimale resultater kan opnås.



Figur 2. Afformning af en af de støbte møbler ved Dalton Betonelementer. Billeder Anja Bache.

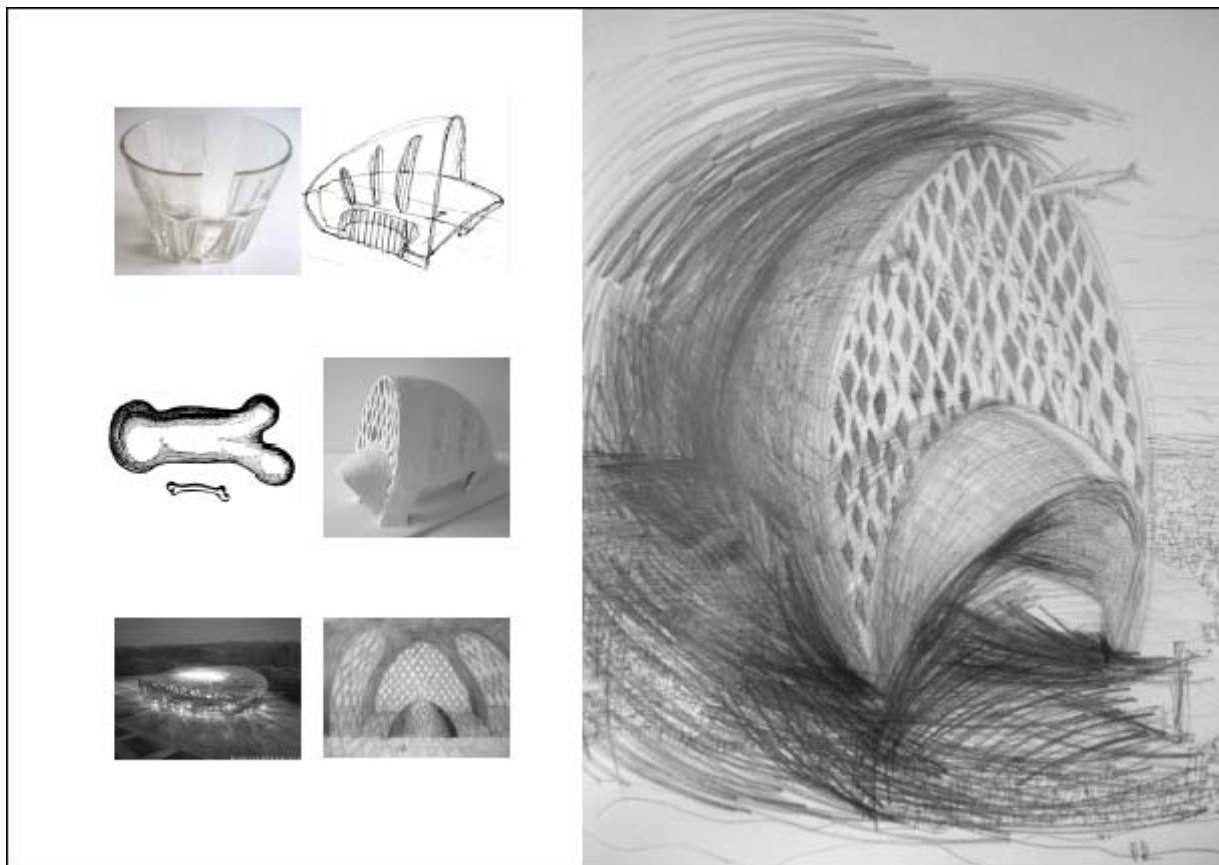
## Ny beton- et designermateriale

Vi har i projektet arbejdet med en betontechnologi, Compact Reinforced Composite, CRC, herunder Densit. Det er en beton som de sidste 5 år har vundet indpas i dansk byggeri som slanke altaner og trapper, men som ellers stort set kun anvendes i andre industrier.



Figur 3. CRC-spindeltrappe af Lundgaard og Tranberg ved "Kilen" Handelshøjskolen på Frederiksberg. Godstykkeelse 40 mm med en udkræning på ca. 2250 mm fra radius. CRC-Vindeltrappe af 3 x Nielsen i Tuborg Havn, malet beton og slutteligt CRC-musetrappe ligeledes af 3 x Nielsen fra Århus. Billeder Anja Bache og CRC-technology.

Den kan med fordel overføres til langt større områder af arkitektur og design og i helt nye fremtoninger. Den ny betonteknologi er en kompositteknologi der kan give keram-, metal-, plast- og betonkompositmaterialer. Men den er oftest anvendt industrielt som en ny beton og det er som sådan at vi har anvendt den. Det er en beton hvis sammensætning kan designes til kæmpe store skulpturelt udførte konstruktioner med slanke godstykkelser og spændvidder på 500 meter som vist i bogen "NY BETONS FORM FOR KÆMPEKONSTRUKTIONER", men også til den meget mindre skala, møbeldesign.

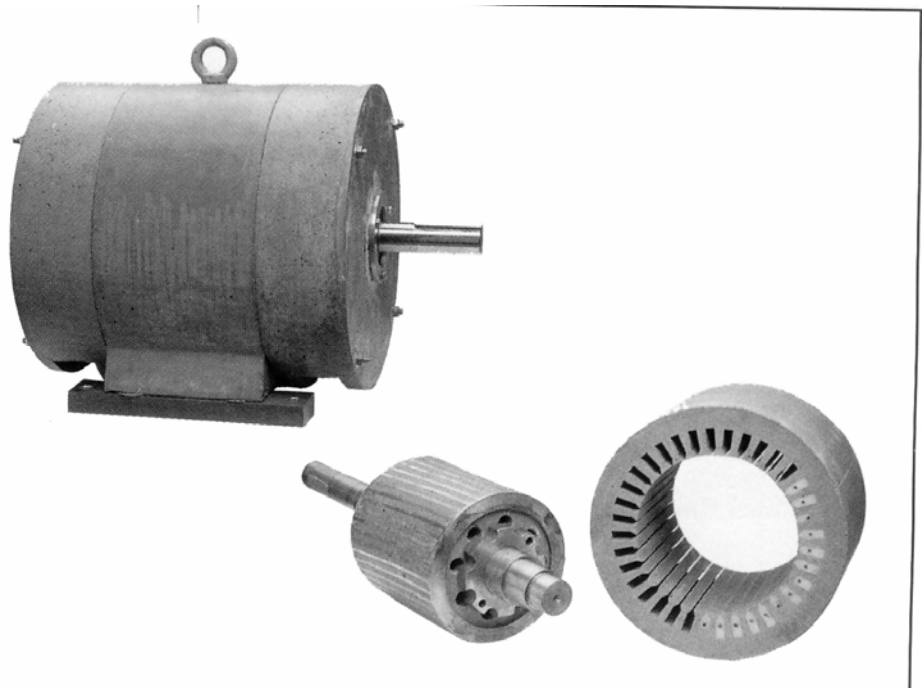


Figur 3. Eksempel på en kirke med spændvidde på 500 meter fra bogen NY BETONS FORM FOR KÆMPEKONSTRUKTIONER af Anja Bache.

Den fjerner betonen fra artikulering af massivitet og tyngde til artikulering af lethed og slankhed i tynde skalkonstruktioner og slanke profiler. Den byder på nye typer af overflader, herunder den lysreflekterende overflade og mulige udvidelser af placeringer af lyskilden i lysarmaturer af beton. Sidstnævnte er omtalt i artiklen "Urban Light" i Arkitekten august 2007. Den ny beton er frostsikker, rustfri og har stor modstand imod udeklima og stød. Den anvendes i dag industrielt til blandt andet forstærkning af stålbroer, presseværktøjer, offshore, til cementmøller og i arkitektonisk sammenhæng som slanke trapper og altaner, men ikke til møbeldesign. Det er primært betonens tekniske og mekaniske egenskaber som udnyttes, mens de skulpturelle, overfladeæstetiske og lystekniske aspekter slet ikke udfordres og anvendes. Det er det vi har forsøgt at gøre i projektet Urban light.



Figur 4. Eksempler på anvendelser af Compact Reinforced Composite: Forstærkning af stålbroer, til off-shore, altaner og som indløbsskivle til cementmøller. Billeder, Contec Aps. , CRC-Technology og Aalborg Portland A/S.



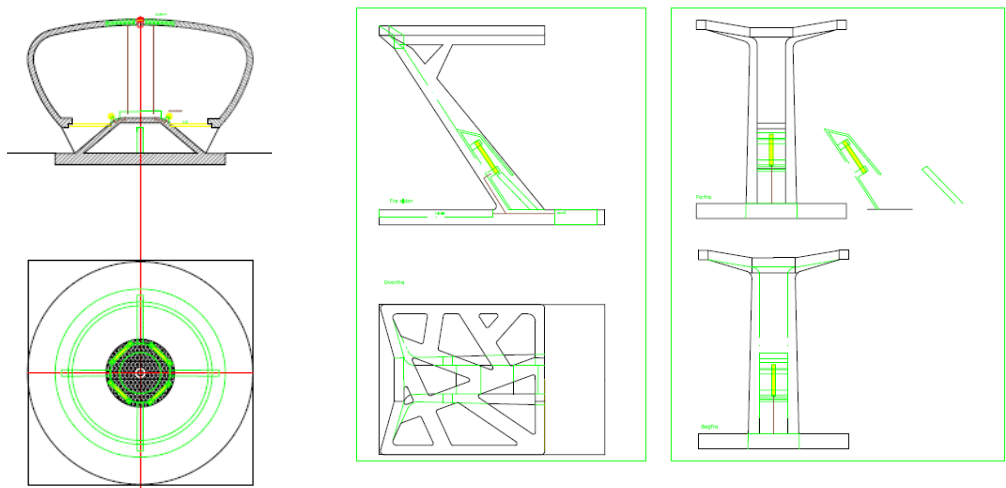
Figur 4 fortsat

Et andet eksempel på ny beton anvendt til en electromotor, hvor motorhus og dækslerer af ny beton, hvo rmagnetkomponenterne i stator og rotor er med 60 % magnetiserbare partikler. Hans Henrik Bache opfinderen af Densit og CRC. Ny Beton-Ny teknologi 1992.

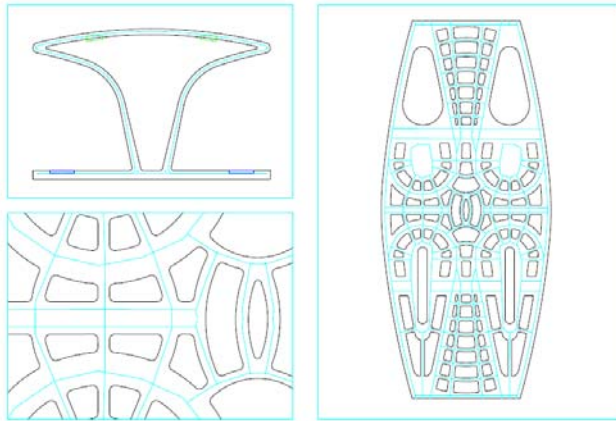
**Design som artikulering af den ny beton.**

De møbler vi har designet er alle lavet for at opfylde diverse funktioner, som at sidde, give belysning, eventuelt en skraldespandfunktion og cykelstativfunktionen. Men de er også formet for at artikulere at møblerne er formet i et materiale, som giver nye form- og overfladepotentialer for design med beton.

Vi har med vores design villet artikulere at den adskiller sig fra andre konstruktionsmaterialer som træ, stål og konventionel beton. Vi har indstøbt møblet i en belægningsflise således at belægningsflise og møbel udgør et hele og på den måde forholder sig til byrummets resterende gulv og vi har indstøbt solceller og rør til indvendig ledningsføring. Vi har lavet møbler med godstykkelser på kun 20 mm, hvilket er markant tyndere end for konventionel beton og vi har anvendt andre typer og størrelser af hovedarmering end konventionelt med beton derudover fordrer vores design foruden tryk også store træk og bøjningsstyrker, (lokal træk op til 150 MPa). Vi har også forsøgt at opnå helt nye typer af overflader for beton, de lysreflekterende metaloverflader og den glasurbehandlede betonoverflade med en usædvanlig stærk mekanisk vedhæftning. Det ser vi nærmere på i det følgende.







Figur 5. Autocadtegninger af lys-møblerne i Urban Light, som viser tynde godstykkelser, ledninger som er indstøbt i betonen og placering af solceller, samt i den nederste af armering. Tegninger Anja Bache.

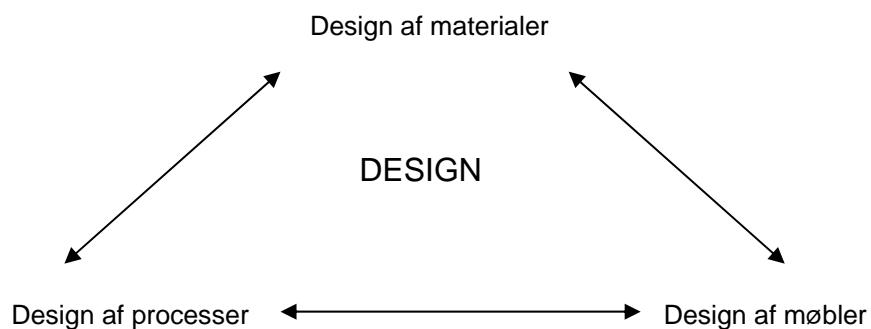
### Nye materialer men traditionelle fremstillingsprocesser

Vi har arbejdet på Statens Værksteder for Kunst og Håndværk på Gammel Dok, hvor vi etablerede et mindre betonværksted i huggegården. Det bestod af en 5 liters betonblender og en enkelt kuglevibrator. Enkelte gange har vi også fået lov til at anvende DTU's betonværksted, hvor de har en mere professionel vibrator med varierende frekvens og amplitude.



Figur 6. På Statens Værksteder for Kunst og Håndværk oprettede vi et betonværksted bestående af en 5 liters betonblender og en kuglevibrator. Billeder Claus Hviid Knudsen og Anja Bache.

Med dette kunne vi lave mindre betonprøver, mens det ikke har været muligt i en kontinuerlig trekants interaktion at udvikle møbeldesign, finde den korrekte betonblanding og designe en proces til det specifikke møbeldesign, sådan som det ville have været mest fordelagtigt for opnåelse af det optimale møbeldesign.



Figur 7. Design af møbler i "designermaterialer" inkluderer også design af nye processer eller af processer fra anden industri og design af materialer, disse bør udvikles samtidigt og i interaktion med hinanden.

Vi har i stedet designet et møbel, lavet 1:1 modeller i andre materialer og herefter overleveret disse samt autocadtegninger, med anvisning af form, mål og armeringsplacering, til Dalton Betonelementer. De har så herefter lavet negative forme i henholdsvis træ og plast og støbt 1-2 eksemplarer af vores prototyper.

Dalton betonelementer har et stort fabriksanlæg til produktion af trapper, altaner og facadeelementer, mens møbelproduktion ikke er en del af deres konventionelle sortiment. De har derfor ikke kunne anvende det produktionsapparat de normalt bruger. Prototyperne er dog udstøbt som konventionel beton under vibrerering, men med en relativ lav frekvens.



Figur 8. Dalton Betonelementfabrik producerer trapper, altaner og facadeelementer, de har derfor udviklet helt specielle foranstaltninger til støbning af vores møbler, der opererer i en helt anden skala og kræver en anden detaljeringsgrad. Billeder Anja Bache.

#### Konventionelle kontra nye frekvenser på vibrering for udstøbning

Den ny beton består af en matrice med flere forskellige partikelstørrelser, ofte en partikelstørrelsesgradering på tre- fem, hvor der konventionelt er 1-2, (heri er ikke iberegnet sand og korn), samt fibre. En ukorrekt vibreringsfrekvens vil bevirke at det kun er en specifik partikelstørrelse i betonmatricen som vibreres, mens de andre ingredienser ikke udsættes for nogen påvirkning. Herved opnås en træg udstøbning med fare for at det ikke fordeler sig i hele den negative form, en inhomogen blanding og en styrke som ikke bliver som ønsket. Den ny beton skal helst vibreres med meget højere frekvenser end konventionelt. Den optimale frekvens er omkring de 5000 hz, hvor der normalt udstøbes ved en frekvens på 50 Hz. Men da det kan være vanskeligt at opnå i praksis, er devisen jo højere frekvens jo bedre. Den ny beton udstøbes i dag oftes med en frekvens på omkring 150Hz. Det var ikke muligt for Dalton Betonelementer med de maskiner der blev brugt at opnå den frekvens, frekvensen var på 14 Hz.

Hvorfor, kan man så spørge, anvender i så ikke bare selvkompakterende beton. Det er en beton der indeholder et slags "smøremiddel, dispergeringsmiddel, som ophæver de bindinger, der er mellem betonmatricens partikler og derfor ikke kræver vibrering under udstøbning. Det er fordelagtigt for in-situ støbninger og udstøbningsprocessen generelt. Den selvkompakterende beton kan dog ikke anvendes når betonmatricen indeholder fibre og når betonen skal have meget høje trykstyrker, træk- og bøjningsstyrker, samt brudenergier. Den ny beton, CRC, indeholder også et smøremiddel, blot en anden type og i meget mindre mængder, netop for at sikre korrekt udstøbning med større volumenprocenter fibre og gode træk- og bøjningsegenskaber.

#### 20 mm´s godstykkelse

Vore møbler i den ny beton har godstykkelser på kun 20 mm.

Der er tidligere lavet eternit møbler i tyndere godstykkelser for eksempel firmaet Fiam´s fascinerende stol "Loop" af willy Guhl fra 1954.



Figur 9. Fiam´s fascinerende stol "Loop" af willy Guhl fra 1954, forhandler KOZMO living design, Amerikakaj. Billeder Anja M. Bache.

Men for et møbel der skal stå i det offentlige rum er det nødvendigt med stor brud og stødsikkerhed, hvorfor der kræves en gennemgående hovedarmering, der kan optage global brudenergi i hele møblet. Det har Fiams stol ikke. Denne hovedarmering skal have et vist dæklag der for CRC kan begrænses til 5 mm. (Carl Bor's artikel).

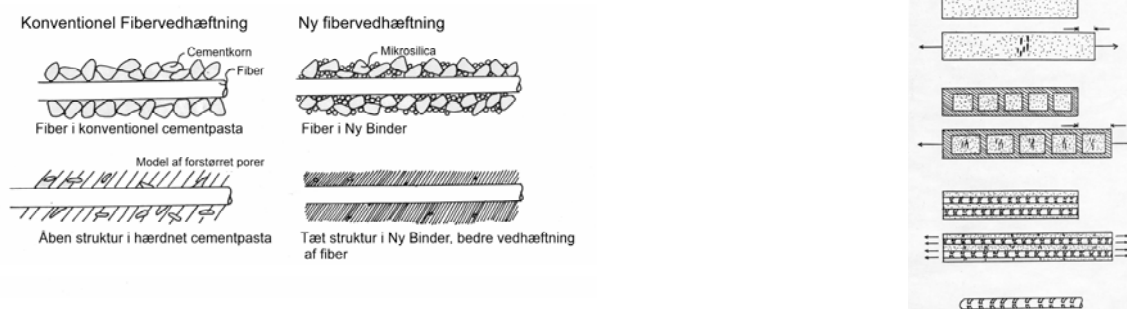
Med godstykkelser på 20 mm har det været nødvendigt at anvende stålarmring med en diameter på kun 4 mm, samt fibre med en diameter på kun 0,16 mm og en længde på 6mm.

Dalton Betonelementer har til lejligheden



Figur 9. Prøver lavet i CRC, mønster, en Ny betonplade med godstykkelse 0,5 cm med wires og stålstænger og en anden lige så tynde med huller i til lysgennemstrømning. Billeder Anja Bache.

udviklet en hel ny armeringsholder af plast med en diameter på 20mm til udstøbningen. Den ny beton har som følge af den meget tætte pakning af partikler en god vedhæftning til fibre og armering. Det er derfor og fordi der er sikret lokal sejhed med fibre, muligt at anvende meget slanke armeringsjern, men også wires som ikke er efter- eller forspændt men slappe. Det kan være fordelagtigt med wires for fremtidig produktion af betonmøbler ved andre processer end støbeprocessen, for eksempel ved pressestøbning og ekstrudering og hvor formgivningen er amorf, rund eller mere skulpturelt formet. I den ny beton har hovedarmeringen to funktioner, dels skal den optage træk globalt i møblet, men den skal også være så tæt at den indgår i en interaktion med betonmatrixen, så de arbejder sammen som et samlet materiale i træk og betonmatrixen derfor ikke revner som i konventionel beton. Herved opnås der både en lokal, men også en global sejhed som er ca. 1000-10.000 gange større end i konventionel beton.



Figur 10. Den ny beton, CRC, er meget tæt pakket så der er en god vedhæftning til fibre. Der skal være en tæt pakning af armering for at armering og matrix arbejder sammen under træk og bøjning, så der ikke opstår revner i betonen. Fra bogen Ny betons form for kæmpekonstruktioner.

Med relativt komplekse former og så tynde godstykkelser kan det være vanskeligt at få placeret armeringsjernene rigtigt. Der vil være en fare for at armeringsjernene ender i midten af godstykkelsen. Her er der for bøjningspåvirket møbler hverken træk eller trykbelastninger og armeringsjernenes funktion forbliver derfor ubenyttet. Det er et komplekst detaljeringsarbejde at placere armeringen

korrekt i så tynde løsninger, med så kompliceret et belastningsbillede. Der bør derfor anvendes specielt udviklede armeringsholdere i lighed med dem Dalton betonelementer har udviklet.

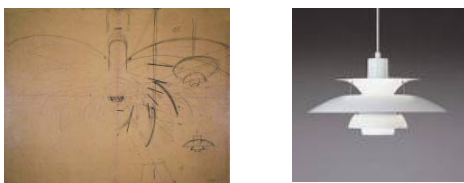
I møblerne har vi anvendt stålfibre, fordi de med den anvendte betonblanding og den relativt lave frekvens i vibrationen er lettere at udstøbe. Fibrenes størrelse er afstemt efter betonkoncept og møblernes godstykkelse. De sælges som rustfrie, men vil i et uderum altid ruste. Det vil derfor for fremtidig produktion være bedre at anvende plast eller polyethylenfibre også fordi de såfremt de findes i overfladen af møblet ikke risikerer at stikke brugeren i numsen, når denne sætter sig.

### Støbeproses kontra andre processer

Til processer med så tynde godstykkelser og profiler er den konventionelle støbeproses ikke optimal. I stedet burde man nok skæve mere til andre processer fra andre industrier, for eksempel processer i metalindustrien. Et af vores møbler kunne med fordel være fremstillet ved en kombination af en plan plade støbeproses efterfulgt af en presseproces til en mere skulpturel form. En anden proces er 3D laserskæring, der med fordel kunne være anvendt til at perforeringer som foekommer i et af vores møbler i den ny beton. Det vil ofte blot kræve et redesign af processen og en tilpasning til den nye kontekst.

### Lysreflekterende overflader

Poul Henningsen er en kendt arkitekt og berømt for sine lampedesign. Han forstod at forme lamper i forhold til hvor lyset skulle falde, hvilken intensitet og farve det skulle have som en funktion af form, materiale og overfladebeskaffenhed. På lignende måde ønskede vi at arbejde med lysreflekterende overflader, metalliske, men også keramiske, som udgangspunkt for formning af lysmøbler. Vi skævede til processer fra bilindustrien og fra produktion af harddiske til computere. Her skabes der med henholdsvis en galvanoteknik og med en sputteringsteknik my meter tynde metalbelægninger, der via en mekanisk binding til underlaget har en meget stærk vedhæftning. Desuden så vi til den keramiske verden, hvor glasurer skaber mange forskellige muligheder for dekorativ detaljering og lysreflektion.

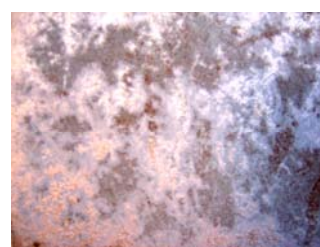
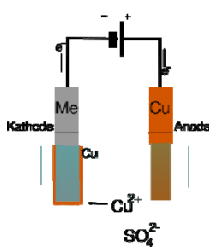


Figur 11. P.H. 's lampedesign. Billeder fra nettet.

### Beton med metalbelægning via galvanoteknik

I bilindustrien belægges biler ofte med et my meter tyndt rustfrit metallag for eksempel nikkel ved en såkaldt galvanoteknik.

Vedhæftningen er stærk og metallaget har en god holdbarhed, som skal sikre at bilen ikke ruste. Galvanoteknikken er anvendelig med materialer som er elektrisk ledende som metaller, men anvendes ikke konventionelt i sammenhæng med beton.



Figur 12. En galvanoproses består af elektrolytiske bade, hvormed elektrisk ledende emner kan få en metallisk my meter tynd belægning. På det sidste billede ses ny beton med en nikkelbelægning opnået med en galvanoproses. Billeder fra nettet og det sidste fra Anja Bache.

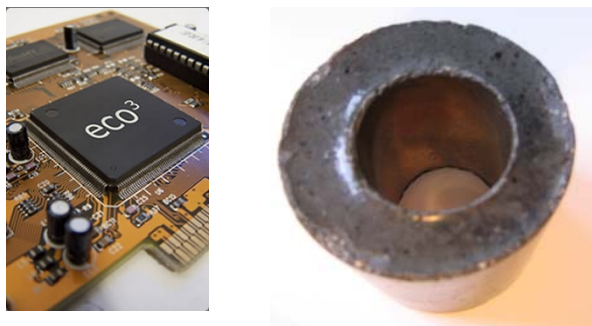
Men på Klokkeholm Karosserifabrik udviklede de for år tilbage en ny type presseværktøjer som bestod af den ny beton med et my meter tyndt nikkellag. Med disse presseværktøjer kunne de lave 10.000 bildele. Det er en opfindelse som siden hen er solgt til Mercedes i Tyskland. Men den kan med fordel anvendes i lysmøbler af beton. I Klokkeholm brugte de galvanoformgivning som består i



at en model som har den form bildelen skulle have, blev brugt til at udfælde nikkel i et passende lag i et galvanisk elektrolytisk bad. Derefter kunne det udfældede lag tages af og bagstøbes med den ny beton, hvorved den ny beton fik et my meter tyndt lysreflekterende nikkellag. Den ny betons tæthed sikrer den gode mekaniske binding. En anden måde som er den vi har prøvet er at designe den ny beton så den er elektrisk ledende. På den måde kan betonen, ved at blive nedsænket direkte i det elektrolytiske bad, opnå en metallisk belægning med en meget stærk vedhæftning. Det forsøg lykkedes kun halvt, vi opnåede my meter tyndt lysreflekterende nikkelbelægning på betonoverfladen, men den var ujævn og ikke fordelt kontinuerligt over hele fladen. Det tyder derfor på at betonens elektriske ledningsevne ikke var fordelt homogent i prøven. Galvanoprocessen blev foretaget hos IPU og var relativt dyr, hvorfor vi ikke i Urban Light havde råd til at fortsætte disse. Men de enkelte forsøg viste klare indikationer af at noget sådant er muligt, der skal blot langt flere forsøg til hvor betonblanding og proces afstemmes i forhold til hinanden. Vi håber på at finde en industri, der vil lege med i den videre udvikling.

### Beton med metallag via sputteringsteknik

Sputtering er en teknik som oftest bruges til områder, der kræver stor præcision, for eksempel til fremstilling af harddiske til computere. Metalbelægningen bliver påført et emne atom for atom og/eller molekyle for molekyle og skaber herved et meget tyndt lag, der har en stærk mekanisk binding til underlaget, som ikke nødvendigvis skal være elektrisk ledende.



Figur 131. Sputteringprocessen anvendes til fremstilling af harddiske, men kan også bruges til ny beton, der skal have en my meter tynd metalbelægning, her er vist en prøve i ny beton med et guldlag. Billeder nettet og Anja Bache.

*Sputtering is a vacuum evaporation process which physically removes portions of a coating material called the target, and deposits a thin, firmly bonded film onto an adjacent surface called the substrate. The process occurs by bombarding the surface of the sputtering target with gaseous ions under high voltage acceleration. As these ions collide with the target, atoms or occasionally entire molecules of the target material are ejected and propelled against the substrate, where they form a very tight bond. The resulting coating is held firmly to the surface by mechanical forces, although, in some cases, and alloy or chemical bond may result. [www.Wipidika.com](http://www.Wipidika.com)*

Hvis sputtering udføres på en konventionel betonoverflade vil denne "suge" for meget materiale og vedhæftningen ikke være specielt stærk, men med den ny beton, der er meget tæt pakket vil "sugningen" være markant mindre og der kan opnås en meget stærk vedhæftning. Den overflade der opnås ved en direkte sputteringpålægning af et metal vil derimod give en ujævn overflade, hvorved lysreflektionen ikke vil kunne styres sådan som ønsket. Så for at påføre metalbelægning på den ny beton er det nødvendigt at gøre det af to omgange. Først pålægges metallaget med sputteringsteknik opad en glat overflade, for eksempel plast. Derefter bagstøbes dette med beton og plastemnet fjernes ved en opløsning eller ætsning. Det er gjort på den cylindriske prøve som er vist på figuren ovenfor. Her er der via sputtering påført et guldlag på et rør af plast, hvorefter det er bagstøbt med ny beton og røret efterfølgende er opløst i klorofom og derved fjernet. Tilbage er der så et guldlag med en tykkelse på kun 500 Å, med en glat overflade som kan reflektere lyset

og give det et varm gulligt skær. Det er teknikker som er mulige, men som vi i vores møbler kun kan pege på, men ikke har brugt endnu fordi vi mangler samarbejdspartnere, som vil lege med.

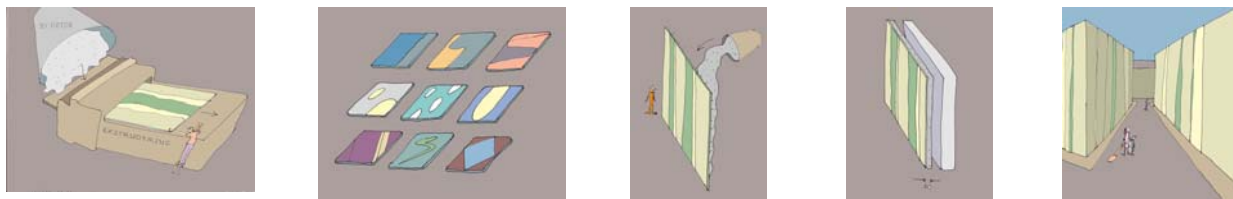
### Beton med glasurer

Tilbage i 1960'erne anvendte Arkitekten Alvaro Siza keramisk behandlet betonfliser til hans berømmede badeanlæg i Porto. Siden hen er denne teknik stort set ikke anvendt. Jeg har forsøgt at få fat i Alvaro Siza for at høre nærmere om producent og teknik, men endnu uden held.



Figur 14. Alvaro Sizas badeanlæg i Porto fra 1960'erne, hvor der er betonfliser med et hvidt glasurlag. Billeder Anja Bache.

Den ny beton kan designes til at kunne tåle brændinger op til 1400 graders celsius, mens nogle glasurer kun kræver fra 700-1200 graders celsius. Der er her derfor nogle spændende perspektiver i forhold til den glasurbehandlede beton. Det vil for eksempel være muligt at udstøbe meget store meget tynde facadeelementer, forside på et dobbelement, med mål på 4 meter x 4 meter x 0,5 cm og behandle disse keramisk med glasur. Det er ikke muligt med tegl, fordi nogle sådan ville revne ved udtørring. Disse meget store elementer kan derefter bagstøbes med ny beton og herved udgøre et meget tyndt og dekorativt element i et facadeelement.



Figur 15. Med ny beton kan der udvikles meget store glasurbehandlede facadeelementer. Tegninger Anja Bache.

Vi har i Urban light gennemført en række brændingsforsøg med den ny beton, som en aluminatbeton, med forskellige glasurer. I første ombæring har vi alene afprøvet hvide og opale glasurer og lavet brændinger op til 1020 graders celsius. Vi opnåede herved en meget stærk vedhæftning, men en glasur der lagde sig i diskontinuerte øer og altså ikke var sammenhængende som ønsket. Vi har endnu ikke fundet den korrekte glasurblanding, hvorfor der er en forsøgsrække som venter på at finde sin afklaring.



Figur 16. Eksempler på brændinger med glasur i ny beton. Billeder Anja Bache

### Afslutning

Urban Light projektet er endt med prototyper og venter nu på en producent som tør gå ind i den videre udviklingsdel før de sættes på det store verdensmarked.

I artiklen har jeg belyst nogle af de ideer vi har været omkring i udviklingsprojektet ovenfor. Der er kastet nogle bolde i luften som jeg håber at andre vil gribe og lege videre med. Der er ingen tvivl om at hvis vi i langt højere grad arbejder interdisciplinært og tværfagligt og overfører teknologier på tværs af fag og firmaregier vil nå meget længere og kunne åbne op for helt nye verdener af muligheder inden for design og arkitektur. Det er mit håb at det vil ske langt mere i fremtiden.

#### **Litteratur:**

Bache, A., (2004). *Ny form for kæmpekonstruktioner i ny betonteknologi*, med støtte fra Arkitektskolen Aarhus.

Bache, A., (august 2007), *Urban Light*, Arkitekten, Arkitektens Forlag, København

Bache, Hans Henrik, (1982), *Nye støbemasser*, Project, tidsskrift for produktudvikling og konstruktionsteknik.

Møller, Per, (1998), *Overfladeteknologi*, Teknisk Forlag A/S, København

Lesko, Jim, (1998), John Wiley & Sons, USA