

# Duurzame energieconcepten

Het ontwerpen van gebouwen is complex en vereist multidisciplinaire teams. Om dit te ondersteunen is in het kader van een promotieonderzoek een integraal ontwerpmethodiek ontwikkeld. De ‘concept kennistheorie’ (C-K-theorie) van Hatchuel en Weil is gecombineerd met integraal ontwerpen. Morfologische overzichten vormen een hulpmiddel om het ontwerpproces te ordenen. Bovendien vergemakkelijken ze de communicatie tussen ontwerpteamdeelnemers. C-K-theorie biedt een theoretisch kader voor reflectie binnen het integraal ontwerpproces.

Prof.ir. W (Wim) Zeiler, TU/e Faculteit Bouwkunde en dr.ir. P (Perica) Savanovic, SBR

Er is behoefte aan verbetering van de samenwerking tussen de ontwerpende disciplines die gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor de totstandkoming van gebouwontwerpen. Door een betere samenwerking ontstaan kwalitatief beter doordachte en innovatieve ontwerpen die efficiënter in duurzame gebouwen kunnen worden omgezet. Hierbij ligt de focus meer op het creëren van kwalitatief hoogwaardige oplossingen/oplossingsrichtingen dan op het oplossen van problemen. Zo wordt het uiteindelijk ook mogelijk om de hoge faalkosten in de bouw te verminderen. Die bedragen volgens verschillende onderzoeken 5 tot 10% van de totale omzet. De belangrijkste beslissingen tijdens het ontwerpproces worden genomen in de conceptuele fase. Dit terwijl er nog onvoldoende informatie en kennis beschikbaar is. Daardoor wordt vaak niet gedacht aan het toepassen van duurzame energie en komen die mogelijkheden pas later in het ontwerpproces aan bod.

## ■ NIEUWE OPZET

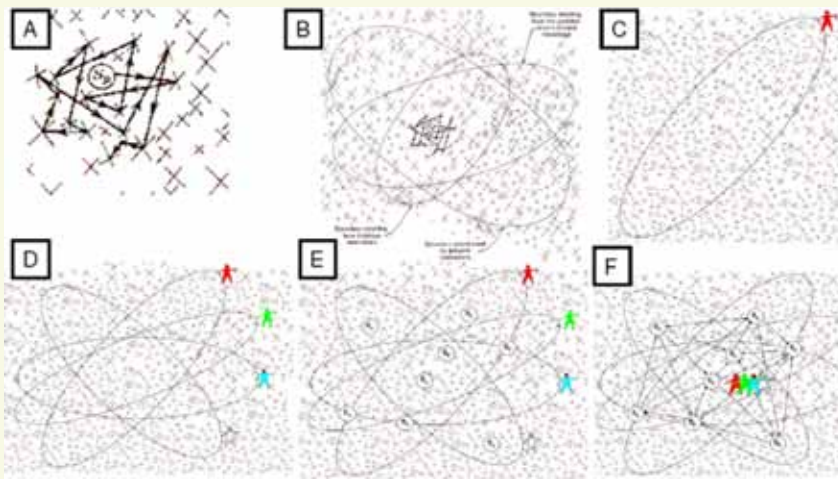
Binnen deze context is in het jaar 2000 het project ‘Integraal Ontwerpen’ door TVVL

geïnitieerd. Als vervolg op dit tweejarige onderzoekstraject, waarin ook enkele workshops in de verschillende regio’s gehouden werden, zijn in 2004 twee eendaagse (proef) workshops georganiseerd in het kader van het programma DEN [1]. De workshops ‘Inpassen duurzame energie in het ontwerpproces van de gebouwde omgeving’ werden georganiseerd in samenwerking met het Kenniscentrum Building and Systems TNO-TU/e (KCBS), de Bond van Nederlandse Architecten (BNA) en de Nederlandse organisatie van raadgevende ingenieurs (NL Ingenieurs) [2]. De analyses en conclusies van deze onderzoeken hebben geleid tot een nieuwe onderzoeksopzet in het kader van een promotietraject aan de TU/e [3]. Op basis van een beschrijvend model van het ontwerpproces, het Methodisch Ontwerpen van Van den Kroonenberg [4], is een methode ontwikkeld om de rol van de ontwerper als beschrijver en/of als observator van het ontwerpproces binnen een voorschrijvende methode [5] te laten plaats vinden. Door deze twee rollen expliciet te combineren is een hoge mate van reflectie binnen het ontwerpproces mogelijk. Methodisch Ontwerpen is gekozen

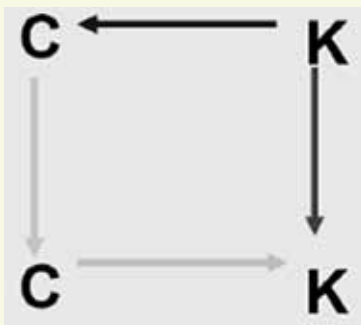
als startpunt omdat het een aantal bijzondere eigenschappen bezit: het is een oplossingsgerichte methode waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen strategieën, fasen en activiteiten.

## ■ MORFOLOGISCHE KAARTEN

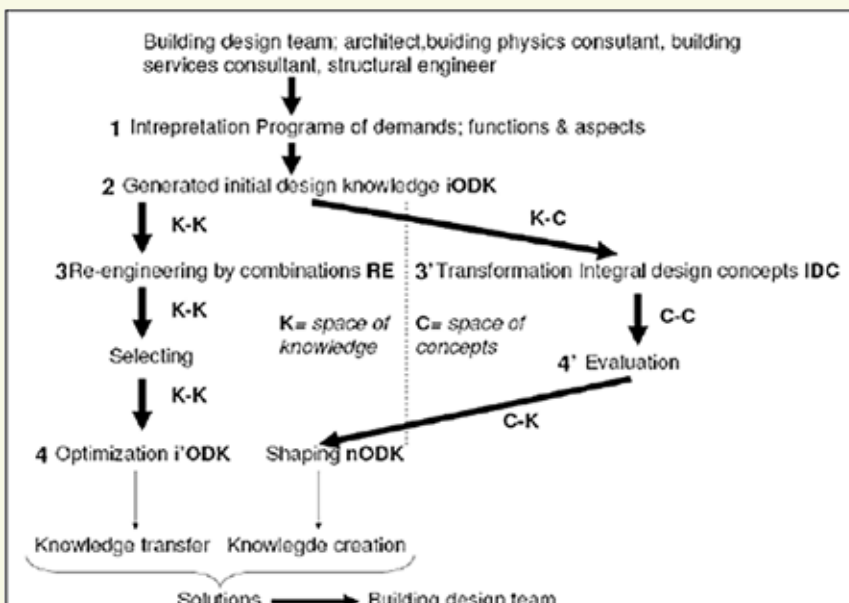
Een belangrijk element bij het Methodisch Ontwerpen is het gebruik van morfologische kaarten als ontwerpgeredeenschap. Door hiervan gebruik te maken kan per individuele discipline interpretatie van de ontwerpogave en bijbehorende deeloplossingen verduidelijkt worden. Deze kaarten kunnen vervolgens, in een teamproces, bijgevoegd worden tot een totaal morfologisch overzicht van mogelijke deeloplossingen. Essentieel is dat deze discipline gebonden deeloplossingen gestructureerd zijn op basis van gezamenlijke interpretatie van de opgave. Het team moet het dus eens zijn over de functies en aspecten uit individuele morfologische kaarten die van belang zijn om in het morfologisch overzicht op te nemen. Vanzelfsprekend wordt dit gaandeweg het proces iteratief aangepast. Maar deze eerste stap is cruciaal voor de vorming van gedeeld begrip. In de tweede stap kunnen



-Figuur 1- De individuele oplossingsruimte versus de oplossingsruimte van het ontwerpteam en het resulterende gestegen aantal van mogelijke oplossingen en hun interacties



-Figuur 2- Het C-K-ontwerpkwadrant [6, 7, 8]



-Figuur 3- C-K-gebouwentwerpproceschema

vervolgens de bijbehorende deeloplossingen worden geselecteerd. Het morfologisch overzicht is een manier om de interpretatie van de ontwerpogave te visualiseren en de aanwezige domeinkennis in beeld te brengen; de feitelijke co-evolutie van het probleem (benodigde functies en de te vervullen aspecten) en oplossingsruimte (de deeloplossingen die aangedragen worden door de verschillende disciplines). Door de continue interactie tussen de probleemruimte en de oplossingsruimte ontstaat binnen ontwerpteams een reflectieve conversatie tussen de ontwerpers over het ontwerp. Daarbij wordt constant gewisseld tussen de beschrijvende en observerende rol van de ontwerper. De voorgestelde methode combineert dus elementen van een voorschrijvende ontwerp methode met die van een beschrijvende ontwerp methode.

### ■ SPINNENWEB VAN MOGELIJKHEDEN

Meestal denkt een ontwerper direct bij het lezen van het programma van eisen aan een beperkt aantal oplossingen, vaak maar één, dat verder de basis vormt voor het variëren van de oplossingen (figuur 1a). Hierdoor wordt slechts een deel van de mogelijke oplossingsruimte gebruikt (figuur 1b). Dat komt doordat iedere ontwerper nu eenmaal slechts kennis heeft van een beperkte oplossingsruimte (figuur 1c). Deze overlapt slechts gedeeltelijk met de oplossingsruimte van ontwerpers uit andere disciplines (figuur 1d). Door deze oplossingsruimten in beeld te brengen ontstaan er verschillende oplossingsmogelijkheden (figuur 1e). Door de interactie tussen de verschillende ontwerpers ontstaat er als het ware een spinnenweb van mogelijkheden in de totale oplossingsruimte (figuur 1f). Hierdoor wordt de kans om kansrijke oplossingen over het hoofd te zien verkleind. Door de koppeling te maken met de C-K-theorie [6] wordt het mogelijk om een onderscheid te maken tussen de wereld van kennis, de bekende oplossingsruimten en de wereld van concepten, onbekende mogelijkheden. Hierbij zijn concepten die propoities waarvan niet bepaald kan worden of ze al dan niet een logische status hebben. Dit is van belang om verschillende transformaties te kunnen definiëren, bijvoorbeeld van kennis naar kennis, K-K, of van kennis naar concepten, K-C; Hatchuel en Weil spreken hierbij over het C-K-kwadrant (figuur 2).

### ■ ONTWERPSTAPPEN

Als we deze abstracte benadering toepassen op het ontwerpproces van een gebouw dan leidt dit tot het schema (figuur 3) waarin alle ontwerp stappen benoemd zijn. Hierbij is verschil gemaakt in oplossingen die tot

stand gekomen zijn door het combineren van bestaande deeloplossingen uit het morfologische overzicht (3) en oplossingen die tot stand komen door toevoegingen aan het morfologische overzicht (3'). Dit kunnen zowel extra functies of aspecten zijn als nieuwe deeloplossingen. Deze nieuwe toevoegingen ontstaan door de interactie van de ontwerpers naar aanleiding van de discussie en uitleg van de elementen van het morfologische overzicht. Hierdoor ontstaan dus oplossingen met bekende elementen die verder geoptimaliseerd kunnen worden (4) of oplossingen met onbekende elementen die eerst geëvalueerd en nader onderzocht dienen te worden (4'). We zien dus dat de transformaties van K-K en K-C kunnen optreden. Deze kunnen vervolgens via een volgende transformatie K-K respectievelijk C-K leiden tot ontwerp oplossingen. Bij de oplossingen bestaande uit bekende deeloplossingen spreken we over re-design en kennistransfer, terwijl bij de oplossingen met nieuwe deeloplossingen sprake is van nieuwe concepten en kenniscreatie. Alle transformaties van het C-K-kwadrant kunnen optreden. Door de procesweergave te koppelen aan het proces van het tot stand komen van het morfologische overzicht, ontstaat een integrale koppeling tussen de morfologische overzichten en C-K-theorie (figuur 4).

### WORKSHOPS

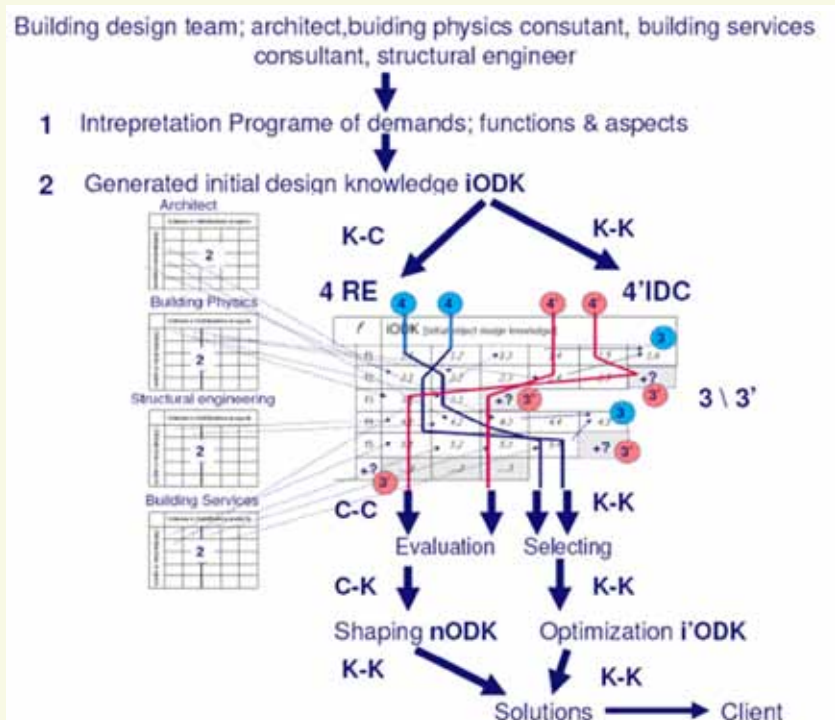
Dit concept is getest tijdens workshops waaraan professionals, leden van BNA (architecten) en ONRI (constructeurs, bouwfysisch adviseurs en klimaatadviseurs) deelnamen. De deelnemers werden verdeeld over verschillende ontwerpteams, waarbij het de bedoeling was dat iedere discipline binnen het ontwerp-team was vertegenwoordigd. Na verschillende settings te hebben getoetst, is er uiteindelijk gekozen voor een setting van twee dagen, waarin in totaal vier ontwerpessies plaatsvonden (figuur 5). Deze setting werd tweemaal uitgevoerd, eenmaal in 2007 en eenmaal in 2008. De ontwerpessies werden ingeleid en er werd de benodigde kennis overgebracht door lezingen aan het begin van de sessies. De ontwerpessies werden afgesloten met presentaties van de ontwerpteams aan elkaar en een reflectie op de resultaten door de organisatoren. De twee series workshops zijn op video opgenomen en geanalyseerd met de morfologische analysemethode. Daarbij werd specifiek gekeken naar de interacties tussen de verschillende morfologische kaarten en het morfologische overzicht. In de eerste twee sessies maakten de deelnemers geen gebruik maken van morfologische kaarten. Er werd door analyse een morfologische representatie gemaakt van hun gezamenlijk proces.

Uit de analyse van de resultaten bleek dat de oplossingsruimte bij de laatste ontwerpessie van de workshopseries, waarin de deelnemers de morfologische overzichten gebruikten, inderdaad sterk vergroot was. Als voorbeeld wordt in figuur 6 het resultaat van sessie 1 (zonder morfologische kaarten en overzichten) vergeleken met die van sessie 4 (met gebruik van de morfologische kaarten en overzichten). De toename van het aantal beschouwde functies en aspecten maar ook een hoger aantal deeloplossingen, is duidelijk. Dit impliceert de vergrote oplossingsruimte.

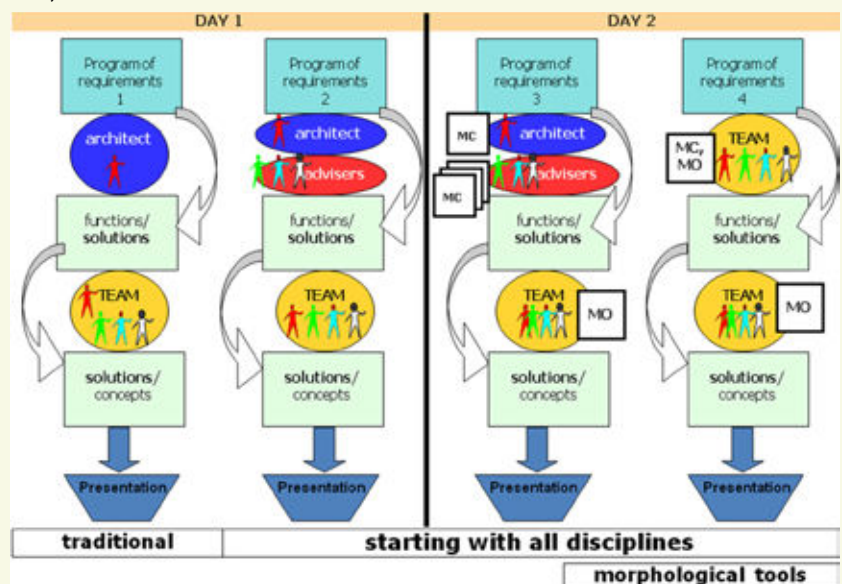
### VERDER ONDERZOEK

Wat echter opviel bij de analyse van de in

totaal elf ontwerpteams, is het ontstaan van weinig nieuwe concepten. De meeste oplossingen kwamen voort uit bekende deeloplossingen. Hierdoor wordt de oplossingsruimte van het ontwerp-team als geheel dus niet erg vergroot. Conclusie van het promotieonderzoek naar het integraal ontwerpen van duurzame energietoepassingen voor gebouwen was dat tijdens de experimenten in workshops met professionals uit de praktijk, deze voornamelijk bleven steken in bekende concepten. Verder onderzoek moet uitwijzen of de effectiviteit van integrale ontwerpworkshops verder vergroot kan worden door gebruik te maken van zogenaamde C-constructen, ook wel C-projectors genoemd. Deze gebruiken



-Figuur 4- Morfologische kaarten en resulterend morfologisch overzicht gekoppeld aan de C-K-transformaties



-Figuur 5- Opzet van de verschillende ontwerpessies tijdens de workshops Integraal Ontwerpen [3]

Hatchuel en Weil in hun KCP (Knowledge-Concepts-Proposition) workshops [8] om het creëren van concepten te stimuleren. In het bijzonder beoogt dit onderzoek de geoptimaliseerde oplossingsruimte (figuur 7, links) van het integraal ontwerpteam te vergroten door met de C-constructen, de transformaties van K-C en C-K te stimuleren (figuur 7, rechts). De techniek achter het idee is het gebruik maken van morfologische overzichten om het kennisdomein inzichtelijk te maken. Een volgende stap is om met de opzet van C-constructs verbindingen te maken tussen C en K, waardoor nieuwe concepten ontstaan die leiden tot nieuwe oplossingen voor het toepassen van duurzame energie in de gebouwde omgeving. Deze C-constructs zijn domein vreemde concepten. Ze worden gebruikt als bron van inspiratie om door onderzoek een relatie te leggen met bestaande domeinkennis. Zo kunnen de haalbaarheid van concepten die daaruit voortvloeien worden aangetoond en daarmee getransformeerd naar nieuwe kennis. Het beoogde effect van de 'C-projectors' is een expansie van de oplossingsruimte in C, waarna via evaluatie en onderzoek de transformatie C-K tot stand kan komen (figuur 8). De KCP-workshops zijn bij verschillende bedrijven in Frankrijk toegepast en meer recentelijk bij Volvo in Zweden [9]. Het is dus een veel belovende richting voor vervolgonderzoek. De voorgestelde aanpak is gebaseerd op de Integraal Ontwerp workshops die in Nederland worden gehouden. Hieraan worden nu elementen toegevoegd van de in Frankrijk toegepaste KCP (Knowledge Concept Proposition) workshops voor innovatie. Deze workshops zijn gebaseerd op de C-K-theorie en zijn uitgetest bij een aantal grote Franse ondernemingen. Door gebruik te maken van de structuur van de KCP-workshops kunnen, in plaats van slechts te werken vanuit alleen het bekende (K), ook alternatieven worden gegenereerd door gebruik te maken van geconstrueerde concepten (C). Elementen van het KCP-workshopconcept kunnen mogelijk toegepast worden in combinatie met de ontwikkelde Integraal Ontwerp workshop met zijn morfologische overzichten. Hierdoor wordt de oplossingsruimte van het ontwerpteam vergroot.

## ■ VERANTWOORDING

Dit onderzoek is mogelijk gemaakt door financiële ondersteuning vanuit PIT, stichting Promotie Installatietechnologie.

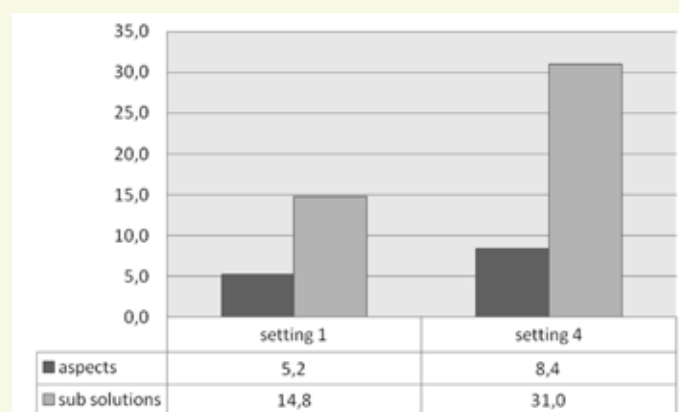
## ■ LITERAATUUR

1. Savanović P., Zeiler W., Loomans M.G.L.C., Borsboom W.A., 2005, BNA, ONRI en Kenniscentrum KCBS TNO-TU/e

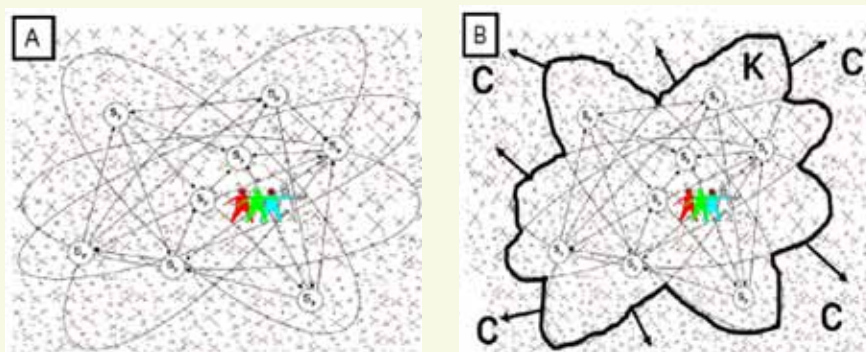
Workshopreken Integraal Ontwerpen 2005 'Learning by doing', projectnummer 006.40153, projectnaam B987C KC duurzame energie, 20 december 2005.

2. Savanović P., Zeiler W., Qanjel E.M.C.J., Loomans M.G.L.C., Renier B., Boon J.A., 2006, Workshops integraal ontwerpen. TVVL Magazine, 35(6), 46-49.
3. Savanović P., 2009, Integral design method in the context of sustainable building design, PhD thesis, Technische Universiteit Eindhoven
4. Kroonenberg H.H. van den, Siers, F.J. 1992, Methodisch ontwerpen, Educabook BV, Culemborg, (Dutch).
5. Savanović P., Zeiler W., 2009, Integral Design Method for conceptual building design, International Conference on Engineering Design, ICED'09, 24 - 27 august 2009, Stanford university, Stanford, CA, USA

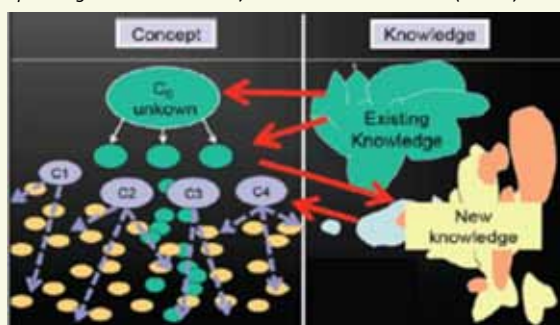
6. Hatchuel A. and Weil B., 2003, A new approach of innovative design: an introduction to C-K theory, 14<sup>th</sup> International Conference on Engineering Design, Stockholm
7. Hatchuel A., Weil B., LeMasson P., 2009, Design theory and collective creativity: a theoretical framework to evaluate KCP process, Proceedings International Conference on Engineering design, ICED'09, 24-27 augustus, Stanford
8. Hatchuel, A. and Weil, B. 2009, C-K design theory: an advanced formulation, Research in Engineering Design, Vol.19, No.4, pp 181-192
9. Elmquist M., Segrestin B., 2009, Sustainable development through innovative design: lessons from the KCP method experimented with an automotive firm, International Journal of Automotive technology Management, 9 (2) pp.229-244



-Figuur 6- Vergelijking van het gemiddelde aantal aspecten en deeloplossingen dat gegenereerd werd door de ontwerpteam in ontwerpessie 1 (zonder) en ontwerpessie 4 (met morfologische tools)[3]



-Figuur 7- Geoptimaliseerde oplossingsruimte integraal ontwerpteam (links) en vergroting van de oplossingsruimte door transformaties van K-C en C-K (rechts)



-Figuur 8- De transformaties tussen ruimte C en ruimte K door het gebruik van C-constructen [8]