



ANIPB

Associação Nacional dos Industriais de Prefabricação em Betão

CIRCULAR N.º 011/2010

Assunto: PEDIDO: SUBMISSÃO DE ARTIGOS para revista europeia - BFT

Caros Associados,

O BIBM (a congénere europeia da ANIPB) publica um artigo de cada um dos seus membros na *European magazine for precast concrete*, BFT.

Este ano convidaram Portugal a apresentar um trabalho. A ANIPB dará a oportunidade aos seus **Associados que tenham um produto inovador ou um método de produção inovador** de submeterem um artigo para publicação numa revista europeia.

Para tal deverão enviar o artigo à ANIPB até **15 de Maio**, bem como o CV e foto do autor. O mesmo poderá ser redigido em Português ou Inglês.

Junto enviamos dois exemplos de artigos já publicados na revista BFT.

Com os melhores cumprimentos,

O Secretariado Técnico

(Ana Luísa Soares Pereira)

Lisboa, 22 de Janeiro de 2010

Hacia la Industrialización El proyecto « Casa Kioto »

Rumo à industrialização O projeto « Casa Kyoto »

● A menudo se habla de la « industria de la construcción », pero un análisis más detallado pone en evidencia cuanto camino falta por recorrer. Existe ciertamente una potente industria fabricante de materiales y componentes para la construcción, cada vez mas eficientes y de mayor calidad (cerámica, cemento, acero, ...). Sin embargo, la puesta en obra sigue siendo básicamente manual y cada vez más deficiente, en la medida que ya no existe el entramado artesanal de los oficios tradicionales. Es preciso generar sistemas integrados que garanticen la calidad del conjunto. Éste es el fin básico de la Industrialización.

Hemos de fijarnos en la capacidad productiva de la estructura industrial existente en España y encaminarla hacia la edificación residencial, como una ampliación de su oferta, que pueda utilizar su fuerza productiva y su lógica industrial, no para ofrecer un catálogo de piezas predeterminado, sino para producir componentes diferentes que se adecuen a la demanda de la edificación.

Este contexto pide de una colaboración y un entendimiento profundo entre todos los agentes que intervienen en el sector (técnicos profesionales, industriales, constructores y promotores). Es necesario que se establezca una relación plenamente coral entre todos, entendiendo que ninguno debe subordinarse al otro sino que es un trabajo hacia una vivienda y una construcción propia a las actuales demandas de la sociedad. Son del todo evidentes las ventajas de esta interacción. Por un lado forman equipos de innovación difíciles de generar desde dentro de las estructuras fragmentadas empresariales y por otro lado los proyectos de arquitectura se nutren con nuevas posibilidades y prestaciones.

Este trabajo coral hacia la industrialización de los sistemas constructivos debería evolucionar no solo como camino obligado de eficiencia, racionalización innovación y calidad, sino también como compromiso obligado hacia

- » Una reducción de la materia prima.
- » Una reducción de las emisiones de CO₂ tanto en la fabricación como en la logística de su transporte, puesta en obra y vida útil.
- » Una reducción del coste no sólo en términos económicos sino también sociales.
- » Una versatilidad del propio sistema para hacer posible aplicar creativamente situaciones no tipificadas.

El camino hacia la industrialización en la edificación debería llevarnos hacia un mosaico de sistemas abiertos, en constante evolución que interactúen y compitan entre ellos, huyendo de situaciones de cautividad. Es un escena-

● O termo « setor de construção » é usado normalmente; no entanto, uma análise mais detalhada revela que ainda há progresso a ser feito. Sem dúvida há um próspero setor de fabricação de materiais e componentes de construção, que estão se tornando cada vez mais eficientes e apresentando qualidade superior (cerâmica, concreto, aço, etc.). No entanto, o trabalho de construção basicamente continua a ser feito manualmente e é cada vez menos eficiente, no sentido de que o número de artesãos tradicionais está diminuindo. É preciso criar sistemas para garantir a qualidade do trabalho como um todo. Esta é a meta básica da industrialização.

Precisamos nos concentrar na capacidade de produção da atual estrutura industrial na Espanha e aplicá-la à construção residencial, para expandir seu suprimento e usar seus pontos fortes de produção e sua lógica industrial, não apenas para oferecer um catálogo de itens predeterminados, como também para produzir componentes diferentes que atendem às demandas da construção.

Essas circunstâncias exigem colaboração e um entendimento aprofundado entre os agentes (técnicos profissionais, fabricantes, empresas de construção e promotores). Nesta situação, ninguém deve estar subordinado a ninguém, e a equipe de trabalho é importante para que se obtenha alojamentos e construções que atendam às atuais demandas da sociedade. As vantagens desta interação são muito claras. Por um lado, equipes inovadoras são criadas, difíceis de gerar partindo-se de estruturas comerciais fragmentadas e, por outro, os projetos arquitetônicos podem trazer estas novas possibilidades e recursos.

Esse trabalho de industrialização de sistemas de construção distribuído homoganeamente deve evoluir por um caminho obrigatório para atingir eficiência, racionalização, inovação e qualidade, mas também como um compromisso firme para:

- » Reduzir as matérias primas
- » Reduzir as emissões de CO₂ durante a fabricação, o transporte, o uso na construção e o tempo de vida útil dos materiais
- » Reduzir custos, não apenas em termos financeiros, como também em termos sociais

Um sistema versátil que possa ser adaptado a uma série de situações

O caminho para industrializar a construção deve oferecer uma variedade de sistemas abertos em constante evolução, que interajam e concorram entre si, escapando de situações restritivas. A pesquisa aplicada é indispensável nesta área, na qual o arquiteto e todos os demais profis-

rio en el que se hace imprescindible un esfuerzo de investigación aplicada, en que el arquitecto en complicidad con todos los involucrados en la edificación trabaja por la innovación.

Descripción del proyecto

« Casa Kyoto » es la primera vivienda unifamiliar industrial de hormigón, basada en criterios de edificación sostenible y desarrollada por un promotor ligado estructuralmente a una industria de prefabricados de hormigón. El proyecto se presentó por primera vez al público en el Salón Internacional de la construcción, Construmat 2005, y se acabó desarrollando la primera vivienda unifamiliar en el año 2008.

Casa Kyoto es un prototipo de casa bioclimática construida con elementos prefabricados de hormigón.

La primera vivienda unifamiliar « Casa Kyoto » tiene una superficie de 250 m², distribuidos en tres plantas (sótano más dos), con un coste garantizado desde la firma del proyecto y un plazo de entrega determinado en un máximo de 4 meses. Su estructura versátil, a base de elementos básicos de prefabricado de hormigón, permite una readaptación de sus componentes.

Vivienda unifamiliar « Casa Kyoto », Torresserona, Lleida

Promotor PMP, Promoción Privada. En colaboración con el Instituto Tecnológico de Lleida (ITL); Equip Arquitectura Pich-Aguilera, Industrial: Prefabricados Pujol

sionais envolvidos na construção trabalhem juntos, em harmonia, para chegar à inovação.

Descrição do projeto

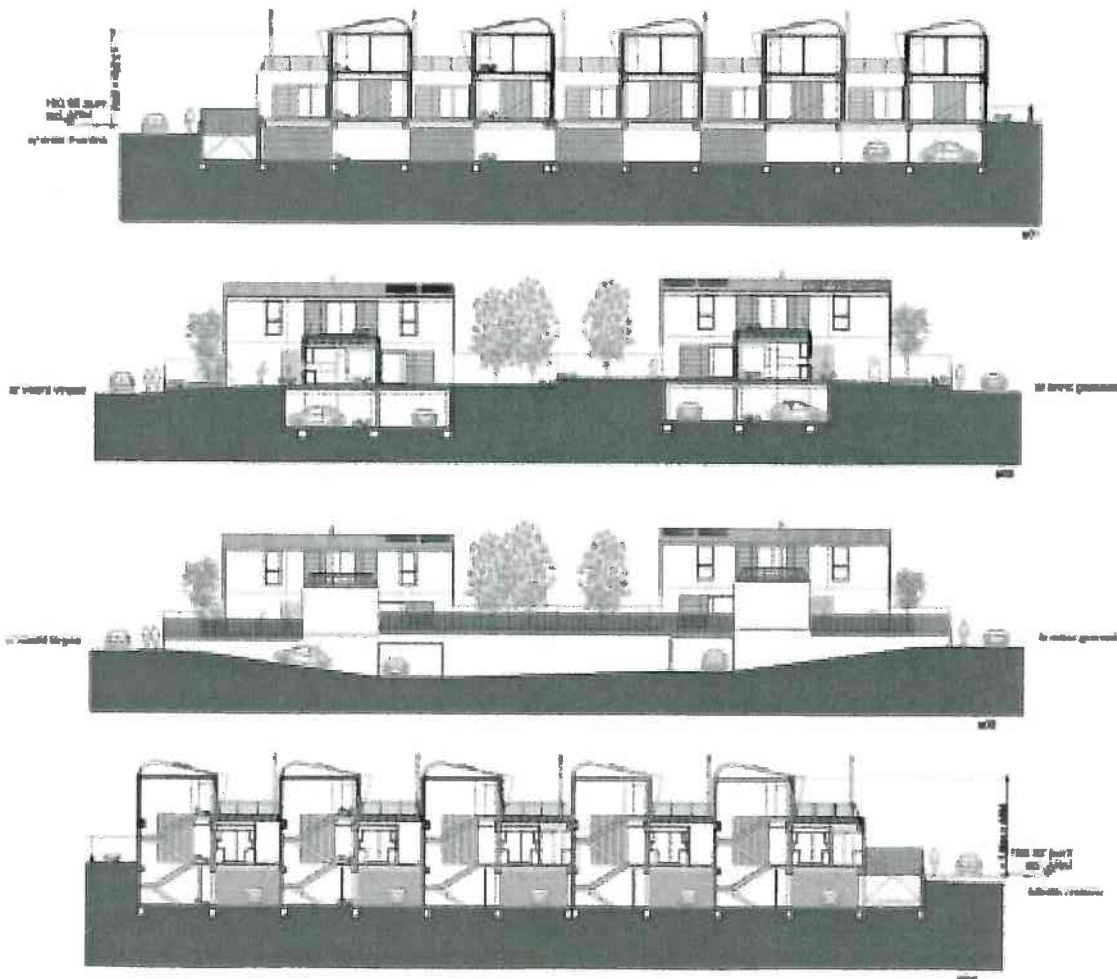
O « Casa Kyoto » é o primeiro projeto industrial para uma família feito de elementos de concreto pré-moldado, que se baseia em critérios de construção sustentáveis e é executado por um desenvolvedor estruturalmente conectado ao setor de concreto pré-fabricado. O projeto foi apresentado ao público pela primeira vez na Exposição Internacional de Construção Construmat, em 2005. A primeira casa para uma família foi concluída em 2008.

O projeto « Casa Kyoto » foi construído usando-se elementos de concreto pré-fabricado e é um protótipo de casa bioclimática.

A primeira casa para uma família do projeto « Casa Kyoto » tem uma área superficial de 250 m², distribuídos em três pavimentos (porão e mais dois). Os custos foram garantidos quando o projeto foi contratado e a data de conclusão da obra foi definida nos quatro primeiros meses. Graças à sua estrutura versátil, feita de elementos de concreto pré-fabricado básicos, os componentes podem ser readaptados.

O projeto residencial « Casa Kyoto » para uma família, Torresserona, Lleida

Promotor PMP, Desenvolvimento Privado; em colaboração com a equipe de arquitetos do Technological Building Institute em Lleida (ITL); Pich-Aguilera;





« Casa Kyoto » está compuesta de pórticos de pilares y jácenas de hormigón idénticos, sobre los que se apoyan losas de forjado con los pasos de instalaciones; a esta estructura base se apoya la envolvente de paneles de hormigón de doble cara con aislante y cámara de aire ventilada. Las losas de escalera de hormigón son también producidas en taller. Todos los elementos estructurales de hormigón quedan vistos tanto interior como exteriormente precisando sólo de una capa de pintura. La construcción es isostática, de elementos simplemente apoyados con bandas de neopreno o bien atornillados con fijación coliso. Los muros de contención del sótano son también elementos prefabricados doblemente apoyados en la estructura. Únicamente la cimentación, mediante zapatas, se construye in situ, desde ella parten, mediante cálices, los pilares de la estructura.

La clave en la fabricación de elementos industrializados está en el proyecto, todas las piezas deben haber sido diseñadas en proyecto, con sus sistemas de apoyo, de armado y pasos de uso. Tanto el arquitecto como el industrial desarrollan los elementos conjuntamente, el industrial tiene sus solicitudes de fabricación eficiente, el arquitecto conoce todas las prestaciones de la vivienda. El industrial transmite sus cadenas de montaje y los elementos existentes y el arquitecto, con ciertos parámetros de partida, ajusta el proyecto e incluso dialoga para ajustar los sistemas de fabricación, a todas las solicitudes.

A « Casa Kyoto » consiste de um pórtico sobre pilstras e vigas principais idênticas em concreto, que suportam lajes contendo os conduites de instalação; um envelope de painéis de concreto de dois lados com isolamento e uma câmara de ar ventilada está fixada nesta estrutura básica. Lances de escada em concreto também são produzidos na oficina. Todos os elementos de concreto estrutural são visíveis dentro e fora e apenas exigem uma camada de tinta. A construção é isostática, consistindo de elementos simplesmente suportados por tiras de neoprene ou aparafusadas usando-se furos de montagem. As paredes de sustentação do porão também são feitas de elementos pré-fabricados e ficam em pares sobre a estrutura. Os únicos elementos construídos in situ são as fundações, que usam footings nos quais os pilares estruturais são inseridos. A chave para projetar elementos pré-moldados está no planejamento. Todos os itens devem ser desenhados conforme o andamento do projeto, junto com o suporte e os sistemas de concreto reforçado e os conduites. O arquiteto e o fabricante trabalham em conjunto para desenvolver os elementos. O fabricante tem que atender às necessidades de eficiência e o arquiteto tem que estar a par de todas as características da habitação. O fabricante oferece os requisitos da linha de montagem e os elementos existentes. O arquiteto, usando determinados parâmetros iniciais, adapta o projeto e até mesmo negocia o ajuste dos sistemas de fabricação para cumprir todos os requisitos. Os promotores da « Casa Kyoto » têm forte penetração no se-



En « Casa Kyoto » la empresa promotora, íntimamente ligada a la industria de elementos de hormigón, tiene la posibilidad de gestionar los procesos de fabricación y colocación permitiendo insertar la producción puntual de sus elementos a los cambios de ritmo de fabricación y preparación de grandes producciones, así como permite a la industria una interlocución directa con la idiosincrasia del mercado de la vivienda, haciendo viable transportar al grueso de su producción, los avances y las evidencias que se constatan en el ensayo.

En la ejecución de « Casa Kyoto » un solo equipo de montaje con su autonomía empieza y termina todo el sistema de obra totalmente en seco, sin apuntalamientos, con un control riguroso de tiempos y recursos y una planificación y un cumplimiento en los plazos de ejecución desde el inicio.

Así pues en « Casa Kyoto », el continente es totalmente industrializado y el contenido personalizado. El sistema admite una personalización en distribuciones, materiales y la incorporación de sistemas más o menos sofisticados de producción y eficiencia en el consumo interior de la vivienda; el sistema de solución constructiva modular industrializado permite la flexibilidad de los espacios y una posible evolución de la vivienda hacia nuevos usos.

El proyecto parte pues de unos sistemas industriales de hormigón en los que debían integrarse otros industriales que garantizasen el ajuste a éstos y por tanto pudiesen suministrar sistemas integrales que se ensamblaran a la estructura base. Además de los elementos prefabricados de hormigón, el proyecto contempla como sistemas industriales complementarios los siguientes: un sistema de cubierta aljibe ajardinada, una cubierta ligera de plancha sobre la que se integran paneles solares fotovoltaicos de producción de electricidad y paneles solares de producción de agua caliente, y dos paredes técnicas ligeras en las cuales se sitúan las instalaciones de agua y electricidad, y que a su vez, actúan como chimenea de succión del aire fresco del sótano y lo distribuye hacia toda la vivienda.

El objetivo del proyecto opera por conseguir un mínimo impacto medioambiental. Sus fachadas (aperturas y formas) y distribución interior fueron estudiadas para gestionar de modo óptimo la irradiación de calor y luz natural.

La prioridad del arquitecto, industrial y promotor, no sólo está en un ajuste de los sistemas industriales a utilizar en la nueva vivienda, sino en conseguir un buen comportamiento bioclimático.



tor de concreto, e podem gerenciar a fabricação e organizar os processos, portanto sendo capazes de coordenar a produção de elementos específicos em torno de mudanças no ritmo de fabricação e na preparação de grandes produções. Isto também dá ao setor a oportunidade de ter contato direto com as idiosincrasias do mercado de construção de casas, tornando viável a transferência dos avanços e os fatos estabelecidos durante o ensaio da maioria dos seus produtos.

O projeto « Casa Kyoto » é montado por uma equipe apenas, que começa e conclui todo o sistema de construção a seco, fora a fundação. O prazo rigoroso, os recursos e a gestão do planejamento são empregados, e o cronograma é cumprido desde o princípio.

Assim sendo, as instalações da « Casa Kyoto » são completamente industrializadas e seu conteúdo é personalizado. O sistema permite a personalização da distribuição e dos materiais, a incorporação de sistemas de produção relativamente sofisticados e o consumo eficiente dentro da habitação. O sistema de construção modular industrializado proporciona flexibilidade no que tange ao espaço e ao escopo para que a habitação possa ser usada com novas finalidades.

Outras manufaturas devem integrar e garantir a adaptação aos sistemas industriais de concreto nos quais o projeto se baseia, e suprir os sistemas integrais a serem montados na estrutura básica. Assim como os elementos de concreto pré-fabricado, o projeto faz a provisão dos sistemas industriais complementares a seguir: um jardim superior com uma cisterna d'água, teto plano leve para instalação de painéis solares fotovoltaicos para produção de eletricidade e painéis solares para geração de água quente, e duas paredes técnicas leves para alojar as instalações de água e eletricidade, que também são usadas como uma passagem de sucção de ar fresco do porão até as partes superiores, distribuindo-o em toda a casa. O objetivo do projeto é ter um impacto mínimo sobre o meio-ambiente. As fachadas (aberturas e forma) e a distribuição interior foram projetadas para dar radiação natural ótima, tanto de calor quanto de luz.

A prioridade do arquiteto, do fabricante e do promotor é não apenas adaptar os sistemas industriais a serem usados na nova residência, como também alcançar um bom desempenho bioclimático.

A principal característica bioclimática é o sistema de ventilação cruzada circulado através da própria arquitetura. O ar fresco que penetra no subsolo da casa é direcionado pelas paredes pré-moldadas até a parte superior da casa, criando uma corrente crescente de ar que proporciona um sistema de ar-condicionado natural. Este sistema permite que a temperatura se mantenha controlada entre 5 a 10 graus da temperatura externa.

Neste aspecto, foi prevista também a instalação de um poço canadense, para garantir uma ventilação constante e controlada, com a filtração de ar assistido garantida, recuperação de calor no inverno e a difusão suave de ar, bem como o resfriamento durante o verão e proteção anti-congelamento no inverno. As paredes interiores em concreto oferecem a inércia característica dos painéis que podem ser usados para conservar as temperaturas

El principal aspecto en su comportamiento se debe a su sistema de ventilación cruzada natural canalizada desde la propia arquitectura. El aire fresco que entra en los subterráneos de la casa se canaliza a través de las paredes técnicas industrializadas hacia la parte superior de la vivienda, provocando una corriente de aire ascendente que permite la climatización natural. Con este sistema se permite controlar un diferencial entre 5 a 10 grados con respecto a la temperatura exterior. En este sentido se contempla también la instalación de un pozo canadiense, con el fin de garantizar una ventilación permanente de forma controlada, con las garantías de filtración del aire impulsado, recuperación del calor en invierno, y la difusión suave del aire, además de un enfriamiento durante el verano y una protección anti-hielo durante el invierno. La importancia de las paredes de hormigón hacia el interior permite aprovechar las características propias de inercia de los paneles y conservar el calor y frío de la vivienda. El proyecto contempla también la construcción de un patio interior ventilado, un atrio en el cual se crea un microclima específico que actúa de regulador entre el interior y el exterior de la vivienda.

La industrialización de « Casa Kyoto », como vivienda unifamiliar aislada, su aceptación en el mercado y sus posibilidades, nos ha llevado a desarrollar un prototipo de vivienda residencial en hilera. Pero el objetivo último está en la construcción de viviendas plurifamiliares industrializadas en altura.

*Felipe Pich-Aguilera y Teresa Batlle arquitectos.
Colaboradores Pau Casaldaliga arquitecto y Oriol Prats Interiorista.*

quente e fria na habitação. O projeto também prevê a construção de um pátio interno ventilado, um átrio para que seja criado um micro-clima específico que atuará como elemento de regulação entre o interior e o exterior da casa. A industrialização da « Casa Kyoto » na forma de casa para uma família, sua aceitação no mercado e as oportunidades que apresenta resultaram no desenvolvimento de uma linha de casas residenciais em forma de protótipo. No entanto, o objetivo final é construir residências altas industrializadas.

Felipe Pich-Aguilera e Teresa Batlle

Concrete pipeline systems and the sustainability challenge

Rohrleitungen aus Beton und die Herausforderung der Nachhaltigkeit

Autor



Hafiz Elhag works as a Product Association Manager at the British Precast Concrete Federation (BPCF), he is Secretary of the Concrete Pipeline Systems in the UK. He previously worked as architect at an engineering consultancy (COWI & Partners) at the Sultanate of Oman. He completed his PhD in December 2006 (Loughborough University). His doctorate research explored the possibilities of business improvement through a structured approach to sustainability and environmental efficiency in the precast concrete flooring sector. Hafiz Elhag holds a BSc in Architecture from the University of Khartoum (1999) and an MSc in Construction Management (with Distinctions) at the University of Reading (2002).
hafiz.elhag@britishprecast.org

● Sustainable construction has become a top priority issue for the UK drainage and sewerage construction sector. This is due to a new obligation imposed by the UK water industry regulator OFWAT on all water/wastewater companies to evaluate the environmental and social impacts of their businesses. Since then, an increasing demand has emerged in both the water and wastewater sectors to understand how sustainability can be implemented throughout the industry. Concrete pipeline manufacturers realized the scale of these requirements at a very early stage and have been successful in identifying a number of means to tackle different sustainability challenges. Concrete pipeline solutions can now offer a competitive and sustainable option to the water supply and drainage/sewerage sectors. This article is based on an upcoming publication by the Concrete Pipeline Systems Association (CPSA), and illustrates the "sustainability case" for concrete pipeline systems.

There is a number of sustainability-related competitive advantages that concrete pipeline systems manufacturers can benefit from. These cover a wide range of sustainability measures as demonstrated below.

Emissions and embodied energy

Most of the impacts linked to concrete are generally associated with upstream activities. A few years ago, the TESCOP LCA study estimated that cement use contributed to over 70% of the total cradle-to-gate nitrogen oxide emissions and around 50% of the embodied energy of a concrete sewer pipe [1]. The concrete pipeline systems sector has benefited considerably from activities by its upstream supply chain partners to drive down various emissions and environmental impacts of main concrete composites. The strictly regulated cement industry has managed to considerably reduce its environmental impacts. Since 1990, nitrogen oxide and sulfur oxide emissions (i.e. emissions contributing to aerial and water toxicity and eutrophication) were reduced by cement manufacturers in the UK by 27.8% and 58%, respectively [2]. Energy consumption levels were also reduced and the amount of renewable resource energy and bio-fuels used has increased substantially.

Greenhouse gas impact (measured in kg CO₂e) is another area of concern for the water/wastewater industry with OFWAT setting requirements on reporting of carbon footprints of different industry operations. 70% of concrete pipe products' greenhouse gas emissions are associated with cement. The UK cement industry has managed to reduce direct CO₂ emissions from cement production by over 29% since 1990, with well over 10% of these reductions achieved in the last ten years. The concrete pipeline industry benefits from the fact that emissions associated

● Das nachhaltige Bauen ist für den Abwasser- und Kanalbau in Großbritannien zu einem Thema höchster Priorität geworden. Grund ist die neue Verpflichtung der Wasser-/Abwasserunternehmen zur Beurteilung der umweltrelevanten und sozialen Auswirkungen ihrer Tätigkeit, diese wurde allen betreffenden Firmen von der zuständigen britischen Regulierungsbehörde OFWAT auferlegt. Seitdem zeigte sich in der Wasser- und Abwasserbranche ein wachsendes Interesse an der Frage, wie man das Konzept der Nachhaltigkeit im gesamten Sektor umsetzen könne. Die Hersteller von Betonrohren erkannten die Tragweite dieser Auflagen sehr früh und konnten bereits durch eine Reihe geeigneter Maßnahmen verschiedene Herausforderungen der Nachhaltigkeit erfolgreich bewältigen. Daher stellen Rohrleitungen aus Beton nunmehr eine wettbewerbsfähige und zugleich nachhaltige Alternative für den Frisch- und Abwasserbereich dar. Der vorliegende Artikel stützt sich auf eine bevorstehende Veröffentlichung der Concrete Pipeline Systems Association (CPSA; britischer Verband für Betonrohrleitungen) und liefert Argumente, welche die Nachhaltigkeit von Betonrohrleitungen stützen.

Im Hinblick auf die Nachhaltigkeit weisen Betonrohrleitungen eine Reihe von Wettbewerbsvorteilen auf, von denen die Hersteller profitieren können. Diese erstrecken sich auf eine breite Palette von Nachhaltigkeitsmaßnahmen, die nachfolgend dargestellt sind.

Emissionen und materialgebundene Energie

Die Mehrzahl der mit Beton in Verbindung gebrachten Auswirkungen steht im Zusammenhang mit nachgelagerten Aktivitäten. Vor einigen Jahren kam man in der TESCOP-Studie zur Beurteilung des Lebenszyklus zu der Einschätzung, dass der Einsatz von Zement einen Anteil von mehr als 70% der Stickoxidemissionen im gesamten Lebenszyklus eines Beton-Abwasserrohres betrage und ca. 50% seiner materialgebundenen Energie ausmache [1]. Die Betonrohrproduzenten haben erheblich von den Aktivitäten ihrer in der Lieferkette vorgeschalteten Partner profitiert, die auf die Minderung verschiedener Emissionen und Umwelteinflüsse der Hauptbestandteile des Betons gerichtet waren. Die streng regulierte Zementindustrie hat es geschafft, die Umweltauswirkungen ihrer Tätigkeit wesentlich zu reduzieren. Seit 1990 wurden die Stick- und Schwefeloxidemissionen (Emissionen, die zur Luft- und Wasserverschmutzung und zur Eutrophierung beitragen) von den Zementherstellern in Großbritannien um 27,8 bzw. 58% gesenkt [2]. Darüber hinaus wurden der Energieverbrauch reduziert und der Anteil von erneuerbaren Energiequellen und Biokraftstoffen erheblich gesteigert.

Der Treibhauseffekt (gemessen in kg CO₂-Äquivalent) ist eine weitere aktuelle Thematik für die Wasser-/Abwas-

with aggregates (which form over 70% of a concrete pipe/manhole content) are already low, with around 5 kg of CO₂e emitted per one ton of aggregates [3].

Efforts to reduce the carbon footprint of concrete pipeline systems are not restricted to the upstream area. Members of the Concrete Pipeline Systems Association (CPSA) have been very active in reducing their carbon dioxide emissions with the wide use of fly ash as an alternative cementitious material to replace cement. This has led to reductions exceeding 15% in the overall greenhouse gas emissions of concrete pipeline products depending on the combination of fly ash and cement (CEM I, CEM II A-V, or CEM II B-V) implemented.

Energy consumption levels at a concrete pipe factory level are known to be low anyway as the process of manufacturing a pipe or a manhole is basic and would require a combination of manual and machinery activities. The average greenhouse gas impact at a pipe/manhole factory should never exceed the 10 to 25 kg of CO₂e per ton (net production) range.

Abiotic depletion and material scarcity concerns

The importance of different materials availability and abiotic depletion was highlighted in the last few years by the rise in prices of various raw materials and products. With considerable reserves of aggregates and limestone in the UK, and throughout the world, it is implausible that earth will run out of aggregates. The same applies to cement as limestone is its main constituent. The recyclability of steel simply means that the industry has another viable and renewable route to source reinforcement steel. Moreover, steel is normally used for pipes over DN 600 in size. The current BS 5911 standards also allows for steel fiber reinforcement to be used.

Material availability should be considered a competitive advantage for the concrete pipeline industry as some other competitive materials rely heavily on sources that may become scarce in the next few years: With increasing oil consumption levels throughout the world, demand has slowly been outstripping supply in the past few years. Continuous increases in oil price similar to the ones occurring in 2007 and 2008 can lead to considerable concerns in regard to materials dependent on the petrochemical industry (e.g. thermoplastics).

The scarcity debate can also open the door to another debate regarding local supply. Local sourcing is another sustainability advantage for the concrete pipeline industry. Well over 90% of constituents used in the production of concrete pipes are sourced locally from nearby quarries and cement depots operating all over the UK, leading to considerable advantages in embodied energy and greenhouse gas emissions as travel distances from a supplier will not exceed a few tens of kilometers (usually much less). For every kilometer traveled by an articulated truck, no more than 0.17 kWh/t of energy is consumed and 35 to 45 g of CO₂e are emitted per ton of goods transported.

Use of secondary materials and reduced waste

Concrete pipeline products can successfully incorporate different secondary and recycled content materials. One example is fly ash, a by-product from coal-based power stations with a carbon footprint below 10 kg CO₂e per ton, which has good cementitious qualities. Fly ash can be used to partially replace cement by nearly 50%. In addition to the environmental advantage of using a by-product

serbranche, wobei seitens OFWAT die Erfassung der CO₂-Emissionen für verschiedene Tätigkeiten der Branche gefordert wird. 70 % der Treibhausgasemissionen von Betonrohrerzeugnissen stehen im Zusammenhang mit dem eingesetzten Zement. Die britische Zementindustrie hat die direkt aus der Zementherstellung resultierenden CO₂-Emissionen seit 1990 um über 29 % gesenkt, wobei deutlich mehr als 10 % dieser Minderungen innerhalb der letzten zehn Jahre erzielt wurden. Die Betonrohrbranche profitiert von der Tatsache, dass die mit Zuschlagstoffen verbundenen Emissionen (die mehr als 70 % des Emissionsgehaltes eines Betonrohrs/Schachtes ausmachen) mit ca. 5 kg CO₂-Äquivalent pro Tonne Zuschlagstoffe bereits ein niedriges Niveau erreicht haben [3].

Die Anstrengungen zur Verbesserung der CO₂-Bilanz von Betonrohrleitungen beschränken sich jedoch nicht nur auf den vorgelagerten Bereich. Die Mitglieder der Concrete Pipeline Systems Association (CPSA) waren bei der Senkung ihrer Kohlendioxidemissionen sehr aktiv, unter anderem durch den umfangreichen Einsatz von Flugasche als alternatives Bindemittel, das den Zement (teilweise) ersetzt. Dies führte je nach gewählter Kombination von Flugasche und Zement (CEM I, CEM II A-V oder CEM II B-V) zu Reduzierungen der Gesamt-Treibhausgasemissionen von Betonrohrerzeugnissen um mehr als 15 %.

Der Energieverbrauch ist in einem Betonrohrwerk ohnehin niedrig, da der einfache Prozess der Herstellung eines Betonrohres oder -schachtes eine Kombination von manueller Tätigkeit und Maschineneinsatz erfordert. Der durchschnittliche Treibhausgaseffekt eines Werkes zur Herstellung von Rohren/Schächten sollte in keinem Fall den Bereich von 10 bis 25 kg CO₂-Äquivalent pro Tonne (Nettoproduktion) überschreiten.

Abiotischer Abbau und die Frage der Rohstoffknappheit

Die Bedeutung der Verfügbarkeit von Ausgangsstoffen und des abiotischen Abbaus kam in den letzten Jahren durch den Anstieg der Preise für einige Rohstoffe und Erzeugnisse zum Ausdruck. Da sowohl in Großbritannien als auch weltweit umfangreiche Reserven an Zuschlagstoffen und Kalkstein vorhanden sind, ist die Annahme, dass die Zuschlagstoffreserven auf unserem Planeten Erde zur Neige gehen, nicht plausibel. Gleiches gilt für den Zement, dessen Hauptbestandteil der Kalkstein ist. Darüber hinaus bedeutet die Recyclingfähigkeit von Stahl ganz einfach, dass die Industrie eine weitere brauchbare, erneuerbare Möglichkeit der Beschaffung von Betonstahl nutzen kann. Stahl wird im Übrigen in der Regel für Rohre über DN 600 eingesetzt. Die gegenwärtig geltende Norm BS 5911 lässt auch den Einsatz von Stahlfaserbewehrung zu.

Die Verfügbarkeit von Ausgangsstoffen sollte als Wettbewerbsvorteil der Betonrohrbranche verstanden werden, da für einige andere damit in Konkurrenz stehende Materialien Rohstoffe erforderlich sind, die in den nächsten Jahren knapp werden könnten: Angesichts des weltweit steigenden Ölverbrauchs wurde die Nachfrage in den letzten Jahren allmählich größer als das Angebot. Kontinuierliche Ölpreissteigerungen wie in den Jahren 2007 und 2008 können bei von der petrochemischen Industrie abhängigen Werkstoffen (wie Thermoplasten) zu beträchtlichen Problemen führen.

Die Debatte über die Verknappung ebnet darüber hinaus den Weg zu einer weiteren Diskussion zum The-

or waste from another industry, fly ash can increase concrete pipe and manhole sulfate resistance.

Another important competitive advantage is found in bedding. Concrete pipes can be laid successfully with lower grade beddings (Bedding Class B), employing 180° backfill to the pipe. Other secondary materials (such as glass or recycled aggregates) can also be used successfully as bedding aggregates without any impact on the serviceability of the concrete products [4].

Concrete waste generated at factories can be crushed and used in different applications: Concrete residues can be graded/screened and washed for use as granular filling material in infrastructure and road construction projects. They can also be used as coarse aggregate in concrete up to strength class C40/50 and for durability classes X0, XC1-4, DC1, and XF1 (BS 8500). This is an area a number of concrete pipeline systems manufacturers have begun to pursue actively. It should be noted that the same applies to the thermoplastics industry where recycled content is used to a sufficient extent (i.e. in PVC pipes).

Social responsibility and ethical sourcing

Social responsibility issues are one of the main pillars of sustainable development. The principle is generally broad and can cover a number of aspects such as health & safety and neighboring community relations. The industry has been successful in addressing many of these areas: The UK concrete pipeline sector is part of a successful health & safety scheme known as Concrete Targets 2012 with a reported 65% reduction in accidents throughout the precast industry. Concrete pipe manufacturers have also been successful in addressing community awareness and running civil society training programs within their plant neighboring communities.

One of the areas gaining ever more importance in the industry is responsible sourcing. Responsible sourcing is associated with the sourcing and handling of a specific product from its raw material extraction to its end-of-life and final disposal and whether ethical and environmental responsibilities were considered throughout its chain of custody. The precast industry was the first construction sector to cooperate with the Building Research Establishment (BRE) on a sector-wide responsible sourcing scheme, in accordance with BSS 6001, recognizing its products' chain of custody and ensuring that different social, ethical, environmental and quality measures are implemented throughout the supply chain.

Durability and long service life

Durability and serviceability is one of the most important requirements for a sustainable product. Concrete pipes are known to have a service life exceeding 100 years. Sewer pipeline systems installed in the UK in the 19th and early 20th century are still in service. More recent estimations also offer a long service life; the BRE Special Digest – 1 (SD-1) provides an estimate of a maximum exceeding 100 years if necessary. The same applies to the Highway Design Manual for Roads and Bridges – part 10, BD 82/200, which offers a longer service life of 100 years under normal conditions subject to extension if the pipe is not damaged. Other studies and estimations offer a much longer service life for concrete pipes, for example studies at Manchester and Surrey Universities in the late 1990s where a 400 to 500-year service life was established for concrete pipes [5].

ma der lokalen Belieferung. Die lokale Beschaffung ist ein weiterer Nachhaltigkeitsvorteil der Betonrohrindustrie. Weit über 90 % der für die Fertigung von Betonrohren eingesetzten Ausgangsstoffe werden lokal von nahe gelegenen Steinbrüchen bzw. Sand- und Kieswerken sowie Zementlagern beschafft, die in Großbritannien flächendeckend betrieben werden. Dies führt zu bedeutenden Vorteilen hinsichtlich der materialgebundenen Energie und Treibhausgasemissionen, da die Transportentfernungen von den Lieferanten einige Dutzend Kilometer nicht überschreiten (und meist deutlich kürzer sind). Pro gefahrenem Kilometer verbraucht ein Sattelschlepper lediglich 0,17 kWh/t Energie, und je Tonne beförderter Güter werden 35 bis 45 g CO₂-Äquivalent emittiert.

Einsatz von Sekundärrohstoffen und Abfallreduzierung

Betonrohrerzeugnisse ermöglichen den erfolgreichen Einsatz verschiedener Sekundärrohstoffe und Materialien mit Recyclinganteil. Ein Beispiel hierfür ist die Flugasche, ein Nebenprodukt aus dem Betrieb von Kohlekraftwerken mit einer Bilanz von weniger als 10 kg CO₂-Äquivalent pro Tonne, das gute Bindemiteleeigenschaften aufweist. Flugasche kann Zement teilweise (bis nahezu 50 %) ersetzen. Abgesehen vom Nutzen für die Umwelt, der sich aus dem Einsatz eines Neben- oder Abfallprodukts aus einer anderen Industrie ergibt, kann Flugasche die Sulfatbeständigkeit von Betonrohren und -schächten erhöhen.

Ein weiterer wichtiger Wettbewerbsvorteil ergibt sich bei der Bettung. Die Verlegung von Betonrohren ist auf Bettungen einer niedrigeren Klasse problemlos möglich (Klasse B), wobei in einem Bereich von 180° um das Rohr der Aushub zur Verfüllung wiederverwendet werden kann. Auch andere Sekundärrohstoffe wie Glas oder Recyclingzuschläge können als Bettungsschicht eingesetzt werden, ohne dass hierdurch die Gebrauchsfähigkeit der Betonherzeugnisse beeinträchtigt wird [4].

Im Werk anfallende Betonabfälle können gebrochen und für verschiedene Anwendungen eingesetzt werden: Betonreste können in verschiedene Fraktionen gesiebt und gewaschen und in diesem Zustand als körniges Füllmaterial im Straßen- und Verkehrswegebau verwendet werden. Darüber hinaus können sie als Grobzuschlag für Betone bis zur Festigkeitsklasse C40/50 und den Dauerhaftigkeitsklassen X0, XC1-4, DC1 und XF1 (BS 8500) eingesetzt werden. Einige Betonrohrhersteller haben begonnen, in diesem Bereich entsprechende Aktivitäten zu entwickeln. Zu beachten ist, dass Gleiches auch für die Thermoplastindustrie gilt, in der ein ausreichender Anteil an Recyclingmaterialien zum Einsatz kommt (in PVC-Rohren).

Soziale Verantwortung und Beschaffung nach ethischen Kriterien

Fragen der sozialen Verantwortung stellen eine der Hauptsäulen der nachhaltigen Entwicklung dar. Das Konzept ist in der Regel weit gefasst und kann eine ganze Reihe von Aspekten abdecken, beispielsweise Sicherheit und Gesundheitsschutz oder auch die Beziehungen des Unternehmens zur Gemeinde am Betriebsstandort. Die Branche hat bei der Bearbeitung vieler dieser Bereiche Erfolge zu verzeichnen: Die Betonrohrindustrie in Großbritannien beteiligt sich an dem erfolgreichen Programm „Concrete Targets 2012“ zur Verbesserung der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes mit einer berich-

Other sustainability benefits

The sustainability advantages of various products may expand to cover unexpected applications, and this actually applies to concrete pipes. Two main benefits can be identified:

Reusability: With a long service life and an ever-increasing strength, concrete pipes can actually be salvaged from the ground and reused. In one case study in Australia, 1,000 80-year old concrete pipes, then manufactured by Humes, were salvaged and sold to local district councils in 2000 where they were reused again as culverts in rural roads in Southern Australia.

Earth ducting: Concrete pipes are being increasingly used in the UK as earth ducting natural ventilation systems. Earth ducts work by drawing the air into long subterranean pipes that cool the air as it passes through them. Not only can the system be used in summer but it can also preheat incoming air during colder months using earth's natural heat.

Drainage/sewer pipeline comparative studies

With a number of environmental, social and economic sustainability aspects increasingly becoming an integral part of different drainage/sewerage pipeline systems selection criteria, a number of questions will now be posed as regards the comparability of various pipeline materials in relation to different sustainability measures.

Most of the comparative studies carried out on different drainage/sewerage alternatives focused on environmental protection and resource efficiency issues. CPSA funded a Life Cycle Assessment (LCA) study, conducted by Dutch consultants Intron in 2001. The study looked at 13 different environmental impact categories for five types of sewerage drainage (DN300 and DN450) including concrete, PVC, high-density polyethylene, polypropylene, and clay. The environmental impacts throughout the life cycles of the sewer systems were compared, and the following conclusions were made:

- » Concrete and clay sewer systems can be regarded as comparable.
- » Concrete pipeline systems can be regarded as more environmentally sound than PVC, twin wall HDPE, and PP systems.
- » Concrete sewer systems can be regarded as moderately better than spirally wound HDPE [6].

This was not the only study to come up with such conclusions. Jeschar et al. [7] published results of an LCA study for one linear meter of DN 100 to DN 500 sewerage pipes made of concrete, clay, ductile iron, and polyvinyl chloride (PVC). The service life of all pipes was assumed to be identical. The study offered a preferable result for concrete (see **Table 1**) even with the results correlated to a 1-meter length. However, these results are a number of years old and may not account for advances in pipe production technology and mix design (i.e. use of fly ash independently or as part of CEM II in concrete mix design).

Unfortunately, no comparative studies have ever tried to cover areas such as ethical sourcing, recyclability, or abiotic depletion. Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH carried out a study a few years ago looking at environmental simulations in German, Swedish and Dutch networks. The study focused on simulated life cycle applications mainly from a pipe-leakage point of view. Unfortunately, the study did not incorporate ageing characteristics which might have provided more useful data for the simulation

teten 65%-igen Senkung der Unfallzahlen in der gesamten Fertigteilindustrie. Die Betonrohrhersteller haben darüber hinaus mit großem Erfolg an der Weiterentwicklung ihrer Beziehungen zu den Gemeinden gearbeitet und führen Schulungs- und Informationsprogramme für die Einwohner der benachbarten Gemeinden durch.

Ein Bereich, der in der Branche immer mehr an Bedeutung gewinnt, ist die verantwortungsvolle Beschaffung. Diese ist verbunden mit der Beschaffung und dem Umschlag eines bestimmten Erzeugnisses unter Berücksichtigung seines gesamten Zyklus von der Rohstoffgewinnung bis zum Ende der Nutzungsdauer und zu seiner endgültigen Entsorgung, wobei die Einhaltung ethischer und umweltrelevanter Anforderungen in der gesamten Produktkette zu beachten ist. Die Fertigteilindustrie hat als erster Sektor der Baubranche eine Zusammenarbeit mit dem Building Research Establishment (BRE, etwa: Institut für Bauforschung) begonnen, um im gesamten Sektor ein Programm zur verantwortungsvollen Beschaffung gemäß BSS 6001 einzuführen, das die Produktkette erfasst und gewährleistet, dass verschiedene soziale, ethische, umweltrelevante und qualitätsbezogene Maßnahmen entlang der gesamten Lieferkette umgesetzt werden.

Dauerhaftigkeit und lange Nutzungsdauer

Eine der wichtigsten Anforderungen an ein nachhaltiges Erzeugnis besteht in seiner Dauerhaftigkeit und Gebrauchsfähigkeit. Betonrohre haben bekanntlich eine Nutzungsdauer von über 100 Jahren. In Großbritannien im 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts verlegte Abwassersysteme sind noch heute in Betrieb. Auch nach aktuelleren Schätzungen bieten diese Produkte eine lange Nutzungsdauer. Im BRE Special Digest – 1 (SD-1) wird die geschätzte maximale Nutzungsdauer mit je nach Bedarf mehr als 100 Jahren angegeben. Identische Daten finden sich im Highway Design Manual for Roads and Bridges – Part 10, BD 82/200 (Handbuch zur Planung von Straßen und Brücken, Teil 10), das für Rohrleitungen unter normalen Bedingungen eine Nutzungsdauer von über 100 Jahren angibt, die sich noch verlängern kann, wenn das Rohr nicht beschädigt wird. Nach weiteren Studien und Schätzungen ist für Betonrohre eine noch wesentlich längere Nutzungsdauer möglich. An den Universitäten von Manchester und Surrey Ende der 1990er-Jahre durchgeführte Untersuchungen kommen beispielsweise zu einer Nutzungsdauer von 400 bis 500 Jahren für Betonrohre [5].

Weitere Nachhaltigkeitsvorteile

Die Nachhaltigkeitsvorteile verschiedener Erzeugnisse können auch auf bisher nicht beachtete oder unkonventionelle Anwendungen erweitert werden. Dies trifft auch auf Betonrohre zu. Hier sind zwei Hauptvorteile zu nennen:

Wiederverwendbarkeit: Aufgrund ihrer langen Nutzungsdauer und kontinuierlich steigenden Festigkeit können Betonrohre aus dem Boden geborgen und erneut eingesetzt werden. In einer in Australien durchgeführten Fallstudie wurden 1.000 Betonrohre, die jeweils 80 Jahre alt waren und seinerzeit vom Hersteller Humes gefertigt worden waren, im Jahr 2000 geborgen und an die Gemeindeverwaltung verkauft. Nachfolgend wurden sie erneut als Abwasserkanäle in Landstraßen in Südaustralien eingesetzt.

Pipe material Rohrwerkstoff	Energy consumption Energieverbrauch (MJ/kg)	CO ₂ emissions CO ₂ -Emissionen (kg CO ₂ /kg)
Concrete Beton	1.24	0.148
Vitrified clay Steinzeug	7.03	0.409
Ductile iron Graphitgrauguss	19.55	1.43
PVC	68.3	4.86

Table 1 Energy consumption and CO₂ emissions for different piping materials.

Table 1 Energieverbrauch und CO₂-Emissionen verschiedener Werkstoffe für Rohre.

model used (e.g. deterioration rates). The final report clearly cautioned against the quality of secondary data collected and stressed the need to avoid the generalization of results. More comprehensive studies are still required to arrive at viable comparative results for the assessment of the sustainability of various competitive pipeline systems available in the market.

Conclusion

From the analysis above, it is evident that concrete pipeline manufacturers have a strong case to promote themselves as providers of sustainable pipeline solutions. More measures can still be introduced to improve the sustainability performance of concrete pipeline manufacturers, and this is what CPSA members are considering: a number of them are now part of the British Precast Sector's Sustainability Strategy scheme.

References/Literatur

[1] Damtoft, J. S. (2002): Cleaner Technology Solutions in the Life Cycle of Concrete Structures. Presentation at the Int. Seminar on Sustainability and Concrete Technology, 7./8. November 2002, Lyon, Frankreich

[2] BCA (2007) Performance: A Corporate Responsibility Report from the UK Cement Industry. British Cement Association. Juli 2007

[3] Hammond, G; Jones, C. (2008): Inventory of Carbon and Energy (ICE). Version 1.6a. © University of Bath 2008. Peer reviewed source: Hammond G. P.; C. I. Jones (2008): Embodied Energy and Carbon in Construction Materials. Proc Instn Civil Engrs: Energy – in Druck

[4] WRAP (2003): The use of recycled materials for pipe bedding, pipe surround, backfill, sub-base and roadbase for the Utility industry. Stand 18. November 2008: http://www.aggregain.org.uk/case_studies/2688_the_use_of_.html Pipe bedding and haunching using recycled and primary aggregates in a 50/50 mix. Stand 18. November 2008: http://www.aggregain.org.uk/case_studies/2725_pipe_beddin.html

[5] Select Committee on Environment, Transport and Regional Affairs (1998): Select Committee on Environment, Transport and Regional Affairs Second Report. Stand 18. November 2008: <http://www.parliament.the-stationery-office.com/pa/cm199798/cmselect/cmenvtra/266ii/et0202.htm>

[6] Rouwette, R. R. J. H.; Meijer J. P. R. (2001): Comparative LCA of Sewer Pipes in the UK: Inventory and Interpretation. Report to K. J. Daniels, CPA

[7] Jeschar, R.; Specht, E. and Steinbrück, A. (1995): Energieverbrauch und CO₂-Emission bei der Herstellung und Entsorgung von Abwasserrohren aus verschiedenen Werkstoffen. Korrespondenz Abwasser 42 (4) 537-549. Zitiert von Friedrich, E.; Pillay, S.; Buckley CA (2007): The use of LCA in the water industry and the case for an environmental performance indicator. Water SA Vol. 33 No. 4 Juli 2007

Lüftungskanäle im Boden: In Großbritannien werden Betonrohre zunehmend als im Boden verlegte, natürliche Lüftungskanäle verwendet. Die Funktionsweise dieser Kanäle beruht auf der Ansaugung von Luft in lange unterirdische Rohrleitungen, die die Luft während des Durchströmens kühlen. Dieses System kann nicht nur im Sommer genutzt werden, sondern darüber hinaus in den kälteren Monaten die einströmende Luft mithilfe der natürlichen Erdwärme vorheizen.

Vergleichsstudien zu Entwässerungs-/Abwasserleitungen

Da umweltrelevante, soziale und wirtschaftliche Nachhaltigkeitsaspekte zunehmend von einem eminenten Bestandteil der Auswahlkriterien von Entwässerungs- bzw. Abwasserleitungssystemen werden, stellen sich nunmehr eine Reihe von Fragen bezüglich der Vergleichbarkeit unterschiedlicher Rohrwerkstoffe in Bezug auf verschiedene Messgrößen der Nachhaltigkeit:

In ihrer Mehrzahl konzentrierten sich die für verschiedene Entwässerungs-/Abwassersysteme durchgeführten Vergleichsstudien auf Fragen des Umweltschutzes und der Ressourceneffizienz. Die CPSA finanzierte eine Studie zur Beurteilung des Lebenszyklus, die im Jahr 2001 von dem niederländischen Beratungsunternehmen Intron durchgeführt wurde. In der Studie wurden 13 verschiedene Umwelteinflusskriterien für fünf Arten von Abwasserleitungen untersucht (DN 300 und DN 450), darunter Leitungen aus Beton, PVC, HD-Polyethylen, Polypropylen und Steinzeug. Die Umweltauswirkungen während des gesamten Lebenszyklus der Abwasserleitungen wurden verglichen, was zu folgenden Schlussfolgerungen führte:

- » Leitungen aus Beton und Steinzeug können als vergleichbar betrachtet werden.
- » Betonrohrleitungen können als umweltfreundlicher als Leitungen aus PVC, doppelwandigem HDPE und PP eingeschätzt werden.
- » Abwasserleitungen aus Beton können als geringfügig besser als Leitungen aus spiralig gewickeltem HDPE betrachtet werden [6].

Diese Schlussfolgerungen wurden auch bei anderen Studien gezogen. Jeschar et al. [7] veröffentlichten die Ergebnisse einer Studie zur vergleichenden Beurteilung des Lebenszyklus eines laufenden Meters Abwasserrohr von DN 100 bis DN 500 aus Beton, Steinzeug, Grafitgrauguss und Polyvinylchlorid (PVC). Hierbei wurde von einer für alle Rohre identischen Nutzungsdauer ausgegangen. Die Studie kam zu einem für Beton vorteilhaften Ergebnis (siehe **Table 1**), und das selbst bei Verbindung der Ergebnisse mit einer Rohrlänge von 1 m. Jedoch sind diese Ergebnisse einige Jahre alt und berücksichtigen deshalb möglicherweise nicht die in der Rohrfertigungstechnologie und der Abstimmung der Betonrezeptur (d. h. Einsatz von Flugasche entweder eigenständig oder als Bestandteil eines in der Rezeptur verwendeten CEM II) erzielten Fortschritte.

Leider wurde bisher in keiner Vergleichsstudie der Versuch unternommen, Themen wie die Beschaffung nach ethischen Kriterien, die Recyclingfähigkeit oder den abiotischen Abbau zu untersuchen. Die Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH führte vor einigen Jahren eine Studie mit einer Umweltsimulation in den Abwassernetzen in Deutschland, Schweden und den Niederlanden durch. In der Studie wurden vorwiegend Anwendungen

zur Simulation des Lebenszyklus untersucht, die sich auf die Thematik von Rohrdichtigkeiten konzentrierten. Leider berücksichtigte die Studie keine Alterungsmerkmale, die sinnvollere Daten für das eingesetzte Simulationsmodell hätten liefern können (z. B. Alterungsraten). Im Abschlussbericht wurde deutlich auf die möglicherweise unzureichende Qualität der Sekundärdaten und die nicht mögliche Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse verwiesen. Weiterhin sind umfangreiche Studien zur Erhebung aussagekräftiger Vergleichsdaten für die Bewertung der Nachhaltigkeit verschiedener im Markt angebotener Rohrleitungssysteme notwendig.

Fazit

Die im vorliegenden Artikel dargestellte Auswertung verdeutlicht, dass die Betonrohrhersteller über sehr gute Argumente als Anbieter nachhaltiger Rohrleitungssysteme verfügen. Zur Verbesserung der Nachhaltigkeitsleistung der Betonrohrhersteller können weitere Maßnahmen umgesetzt werden, was auch die CPSA-Mitglieder befürworten, die sich zum Teil dem British Precast Sector's Sustainability Strategy Scheme (Programm des Verbandes British Precast zur sektorbezogenen Nachhaltigkeitsstrategie) angeschlossen haben.

Hafiz Elhag, London