POLSKIE STOWARZYSZENIE MENEDŻERÓW BUDOWNICTWA
POLISH ASSOCIATION OF BUILDING MANAGERS

Wydział Inżynierii Lądowej
POLITECHNIKA WARSZAWSKA

XXI KONFERENCJA
z cyklu Edukacja Menedżerska Budowlanych
nt. Nowe oblicze prefabrykacji w zrównoważonym zielonym budownictwie – wymagania, potrzeby

Prefabrykacja XXI wieku – elementy materiałowe determinujące różne strategie realizacji

Autorzy:
Piotr Woyciechowski
Grzegorz Adamczewski

Strategia

→ sposób reakcji przedsiębiorstwa na otoczenie, określa działania opracowywane w obliczu planów konkurencji (M.Koontz, C.O'Donnell 1969)

→ sposób kształtowania relacji między organizacją i jej otoczeniem, ciąg spójnych wzorców w strumieniach decyzji organizacyjnych dotyczących otoczenia (H.Mintzberg 1979)

Strategia

jako sposób zachowania się w obliczu problemów:

- ciąg decyzji określających zachowanie organizacji w pewnym przedziale czasu (H.A.Simon 1976)
- zespół idei i konstrukcji, poprzez które firma rozpoznaje, interpretuje i rozwiązuje określone problemy oraz zgodnie z którymi wybiera i podejmuje określone działania (B.Hedberg, S.Jonsson 1977)

DEFINICJA: strategia to określona koncepcja złożonego działania (plan działań), polegająca na formułowaniu wiązki długookresowych celów przedsiębiorstwa i ich modyfikacji w zależności od zmian zachodzących w jego otoczeniu, wyborze zasobów i środków niezbędnych do realizacji tych celów oraz sposobów postępowania zapewniających optymalne ich rozmieszczenie i wykorzystanie w celu elastycznego reagowania na wyzwania rynku i zapewnienia przedsiębiorstwu korzystnych warunków egzystencji i rozwoju oraz wzrostu ekonomicznego (W.M. Grudzewski, I.K. Hejduk, 2001 s. 86).

POTRZEBY NOWEJ STRATEGII
→ w prefabrykacji

MEGA TRENDY

-Troska o środowisko i klimat

→ Wykorzystanie materiałów odpadowych, kształtowanie trwałości, koszty emisji

- Cyfryzacja

→ Narzędzia BIM, narzędzia analizy emisji

- Demografia

→ Zaspokajanie potrzeb (np. mieszkaniowych), elastyczność rozwiązań

- Globalizacja (a może już *deglobalizacja*?)

→ automatyzacja, ekologia, łańcuchy dostaw

Zrównoważony Rozwój

- model rozwoju, w którym zaspokajanie bieżących potrzeb społecznych i potrzeb przyszłych pokoleń traktowane będzie równoprawnie

- Zaspakajanie tych potrzeb następuje w sposób harmonijny, z troską o zachowanie dziedzictwa przyrodniczego i kulturowego jak też z postępem cywilizacyjnym i ekonomicznym

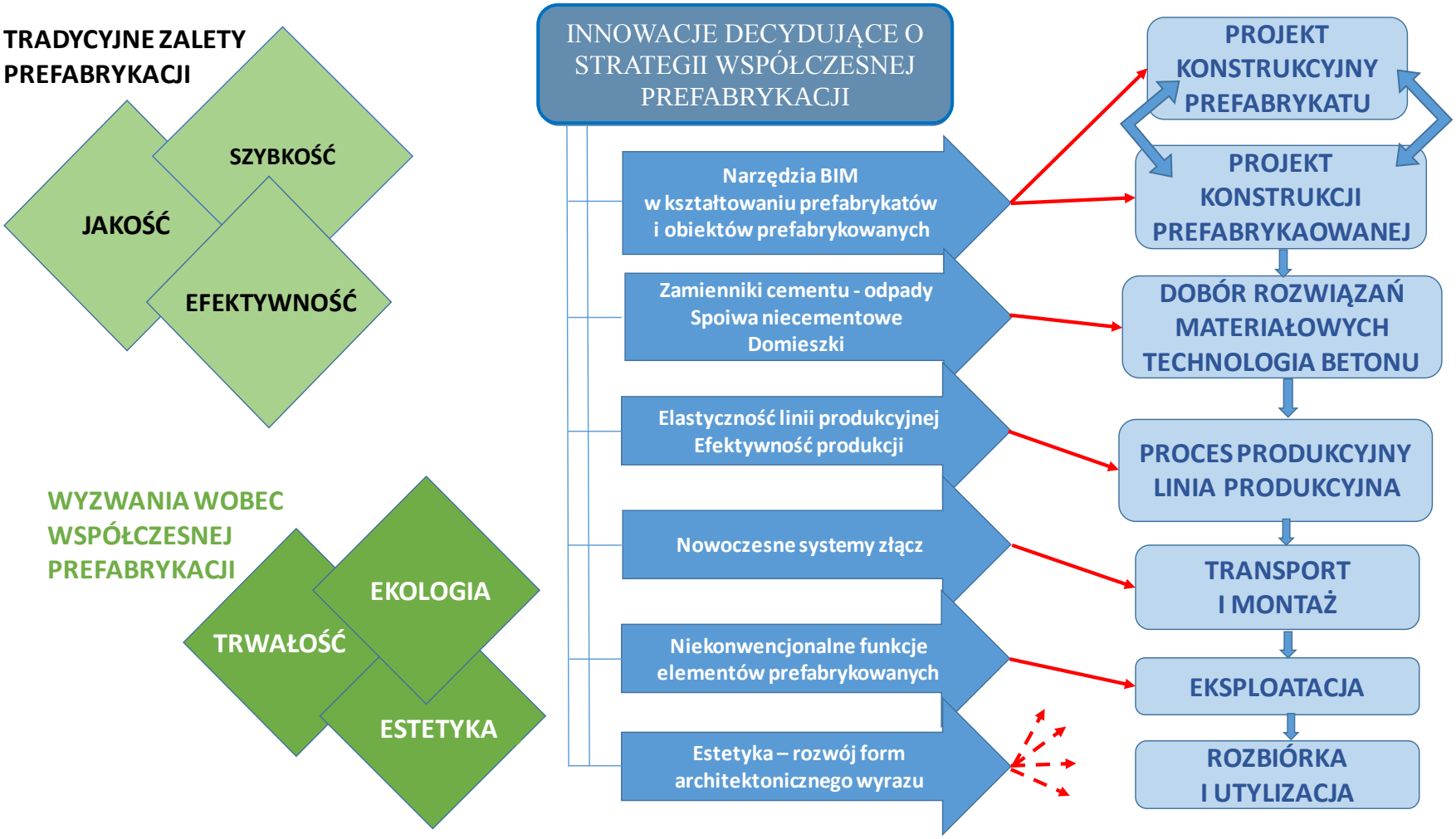
Prefabrykacja w budownictwie

- ***Budownictwo publiczne***
  - **Stadiony** (*słupy, belki podtrybunowe, płyty audytoryjne, pale, schody, podesty)*
  - **Parkingi** *(wielootworowe sprężone płyty kanałowe, płyty TT, słupy, belki, płatwie, ściany żelbetowe, ściany warstwowe typu „sandwich”, ściany podwalinowe, stopy fundamentowe, kompletne systemy garażowe, schody, podesty)*
  - **Kościoły** *(dźwigary i inne elementy konstrukcyjne według indywidualnych zamówień)*

- ***Budownictwo przemysłowe***
  - **Hale fabryczne i magazynowe** *(Wielootworowe sprężone płyty kanałowe, płyty TT, belki stropowe, dźwigary dachowe, słupy, ściany warstwowe, ściany żelbetowe, rury, podwaliny, stopy kielichowe)*
  - **Zbiorniki** (*kręgi, elementy przestrzenne, płyty)*
  - **Kontenery wielofunkcyjne** *(elementy przestrzenne, płyty, ściany oporowe „L” i „T”)*

- ***Budownictwo infrastrukturalne***
  - **Drogi i mosty** (*przyczółki mostowe, belki typu „Kujan”, belki „T” i „KNG”, przepusty, wyspy i bariery drogowe, ekrany antyhałasowe, ściany oporowe)*
  - **Tunele** (*żelbetowe płyty teowe, bloki łupinowe, tubingi płytowe i kasetonowe*)
  - **Energetyka** (*żelbetowe i sprężone żerdzie oraz słupy)*
  - **Sanitarne i kanalizacyjne** (*rury żelbetowe lub sprężone, studzienki kanalizacyjne, obudowy przepompowni ścieków)*

- ***Budownictwo mieszkaniowe***
  - **Budynki jednorodzinne** (*Wielootworowe sprężone płyty kanałowe, stropy typu filigran, garaże*)
  - **Budynki wielorodzinne** (*wielootworowe sprężone płyty kanałowe, stropy typu filigran, ściany jednowarstwowe i wielowarstwowe typu „sandwich”, cokoły, biegi i stopnie schodowe, balkony i galerie, szyby dźwigowe, garaże)*


TRADYCYJNE ZALETY PREFABRYKACJI
SZYBKOŚĆ
JAKOŚĆ
EFEKTYWNOŚĆ
WYZWANIA WOBEC WSPÓŁCZESNEJ PREFABRYKACJI
EKOLOGIA
TRWAŁOŚĆ
ESTETYKA
INNOWACJE DECYDUJĄCE O STRATEGII WSPÓŁCZESNEJ PREFABRYKACJI
Narzędzia BIM w kształtowaniu prefabrykatów i obiektów prefabrykowanych
Zamienniki cementu - odpady Spoiwa niecementowe Domieszki
Elastyczność linii produkcyjnej Efektywność produkcji
Nowoczesne systemy złącz
Niekonwencjonalne funkcje elementów prefabrykowanych
Estetyka – rozwój form architektonicznego wyrazu
PROJEKT KONSTRUKCYJNY PREFABRYKATU
PROJEKT KONSTRUKCJI PREFABRYKAOWANEJ
DOBÓR ROZWIĄZAŃ MATERIAŁOWYCH TECHNOLOGIA BETONU
PROCES PRODUKCYJNY LINIA PRODUKCYJNA
TRANSPORT I MONTAŻ
EKSPLOATACJA
ROZBIÓRKA I UTYLIZACJA

Elementy strategii realizacji obiektów unikalne w technologii prefabrykowanej

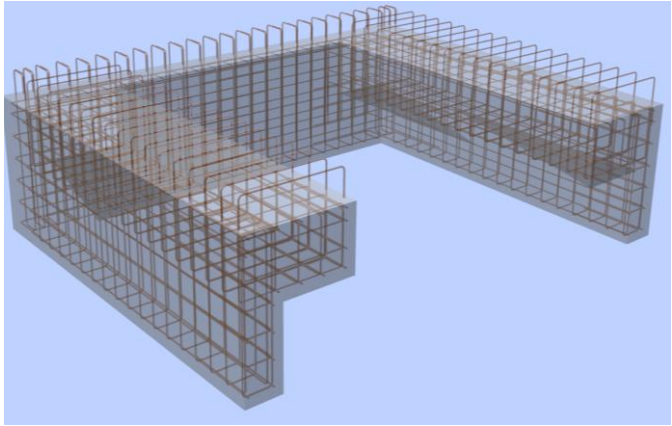
Etap życia obiektu	Element strategii	Decydujące czynniki				Przykład realizacji strategii
		Cyfryzacja	Ekologia	Demografia	Globalizacja	
Koncepcja architektoniczna	Łatwość adaptacji obiektu do nowej funkcji, Estetyka – rozwój form architektonicznego wyrazu		+	+		Budownictwo modułowe, elewacyjne elementy architektoniczne
Projekt konstrukcji prefabrykowanej i projekt konstrukcyjny prefabrykatu	Zintegrowane projekty branżowe, nadzór nad budowlą „on-line”	+	+			Narzędzia BIM w kształtowaniu prefabrykatów i obiektów prefabrykowanych
Dobór rozwiązań materiałowych w technologii betonu	Obniżenie śladu węglowego, optymalizacja trwałości		+		+	Zamienniki cementu – odpady, spoiwa nie cementowe, nowoczesne domieszki, zbrojenie niemetaliczne (w tym rozproszone), niestandardowa ochrona przed korozją
Proces produkcyjny linia produkcyjna	Elastyczność linii produkcyjnej, efektywność produkcji	+	+		+	Cyfryzacja i robotyzacja, optymalizacja łańcuchów dostaw
Transport i montaż	Ograniczenie nakładów pracy i energii	+	+		+	Nowoczesne systemy złącz, optymalizacja łańcuchów dostaw, ograniczenie powierzchni placów składowych
Eksploatacja	Niekonwencjonalne funkcje elementów prefabrykowanych, kształtowanie niezawodności, minimalizacja zabiegów utrzymaniowych	+	+			Inteligentne budynki, innowacyjne funkcje elementów i budynków jako całości
Rozbiórka i utylizacja	Troska o środowisko naturalne i optymalne gospodarowanie zasobami		+			Recycling, reusing

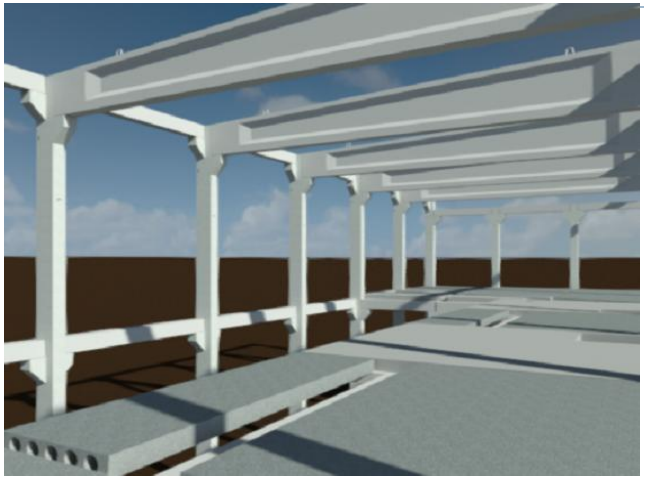
Nowoczesne narzędzia kształtowania obiektów z prefabrykatów - BIM

- Modelowanie na etapie produkcji prefabrykatów
- Szansa zwiększenia atrakcyjności oferty producentów i ich konkurencyjności wobec technologii monolitycznych
- Pełna kontrola procesu budowy
- Ograniczenie kolizji branżowych i opóźnień

Wyzwanie: wirtualne biblioteki modeli elementów, elastyczność przeprojektowywania, dostępność cyfrowych modeli elementów dla wszystkich uczestników procesu budowlanego, integracja

Wykorzystanie BIM



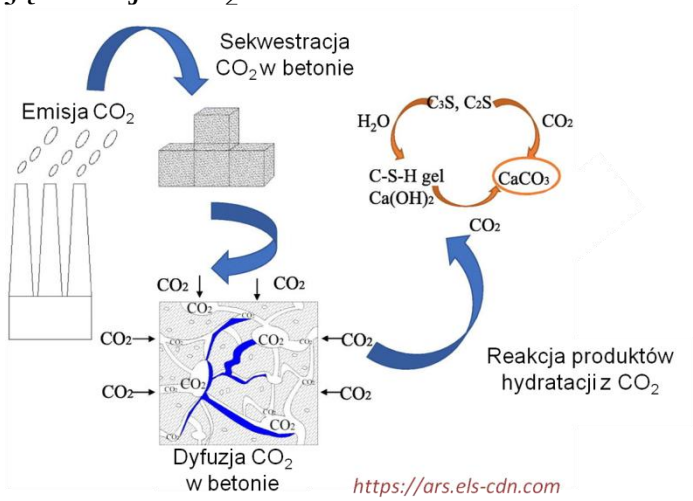


Na linii inwestor – konstruktor:
projekty koncepcyjne obrazujące docelowy
efekt procesu inwestycyjnego,
przygotowanie przedmiarów, szacowanie kosztów,
przygotowywanie ofert

Na linii architekt – konstruktor:
koordynacja projektu w zakresie branż i wprowadzanie
bieżących zmian.

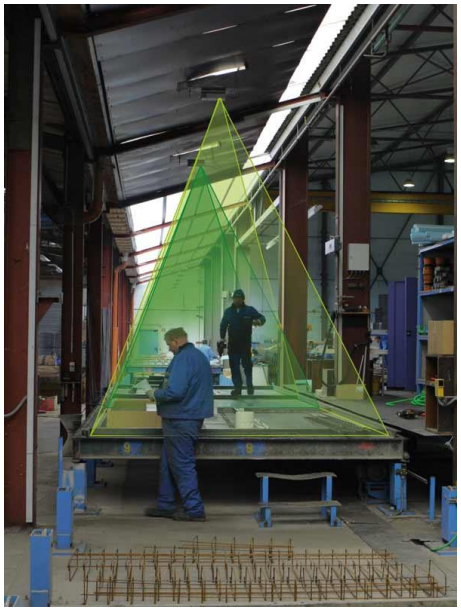
Technologia betonów

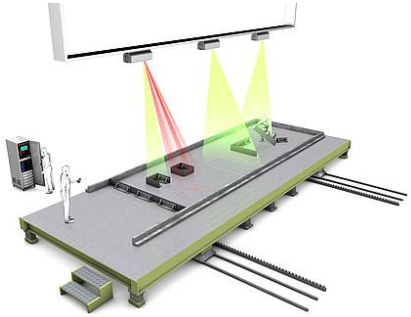
- **Specyfika produkcji** elementów odmienna niż w przypadku betonów wbudowywanych in situ
- **Dowolne techniki transportu i zagęszczania** → mieszanki betonowe o szerokim zakresie konsystencji
- Wykorzystywane są **nowoczesne reduktory wody zarobowej**, w tym dla mieszanek suchych
- Brak szczególnych wymagań co do długiego czasu zachowania urabialności
- **Skład betonu** → charakterystyka linii produkcyjnej oraz szczegółowe wymagania np. jakości powierzchni lub sposobu jej wykończenia
- **Specyficzne wymagania** związane np. z: wczesną wytrzymałością lub przydatnością do OC
- **Technologia produkcji** umożliwiająca redukcję emisji CO_2



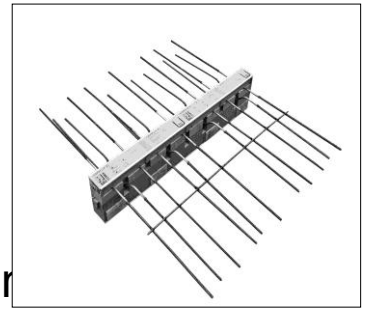
Nowoczesny proces produkcji

- Posiada przyzakładowe biuro projektowe przystosowane do pracy z wykorzystaniem narzędzi BIM;
- Samowystarczalny w zakresie prowadzenia procesów pomocniczych
- Zoptymalizowany w zakresie wykorzystania przestrzeni i zarządzania energią;
- Ogranicza nakłady pracy fizycznej oraz ogranicza liczbę pracowników,
- W przypadku elementów masowo produkowanych stosuje automatyzację produkcji;
- Jest elastyczny w zakresie produkcji rożnych wariantów elementów podobnych technologicznie;
- Stosuje innowacyjne metody przygotowania produkcji i sterowania;
- Stosuje inteligentne zarządzanie elementami.

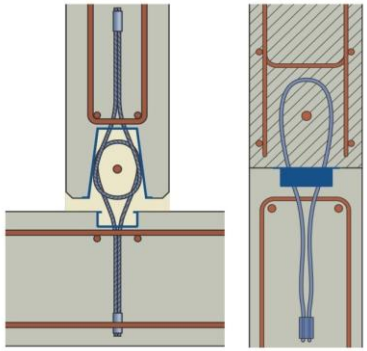


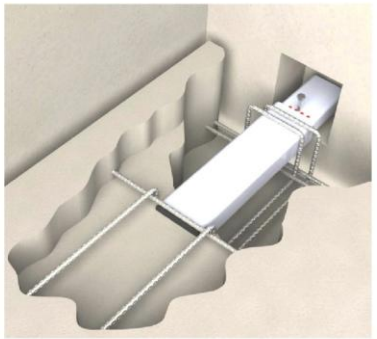


Rozwiązania nowoczesnych połączeń w budownictwie prefabrykowanym



- **Niezawodność pracy i trwałość**
  dokładne odwzorowanie zadanego charakteru pracy konstrukcji
  zachowanie niezawodności w okresie „życia” obiektu
- **Prostota realizacji węzła**
  zasadniczy wpływ na prawidłowość i nakład pracy na jego wykon
- **Koszt wykonania**
  koszt materiałowy, koszt aplikacji w konstrukcję, koszt utrzymania w przyszłości.
- **Estetyka**
  funkcja architektoniczna, węzły połączeń widoczne dla użytkownika





Materiałowe innowacje w prefabrykacji Spoiwa „nie cementowe”

Betony geopolimerowe

- Alkalicznie aktywowane spoiwa glinowo – krzemowe
- Znane są od lat pięćdziesiątych XX wieku
- Pojęcie geopolimeru: Josepha Davidovits, 1978
- Technologia niskowapniowych spoiw mineralnych opartych na związkach glinowo krzemowych - polisialanach (ang. polysialates)
- Podobieństwo składu chemicznego do naturalnych minerałów – zeolitów oraz na ich zdolność do polikondensacji przypominającej proces polimeryzacji związków organicznych

Spoiwa „nie cementowe”

Geopolimery - korzyści dla prefabrykacji:

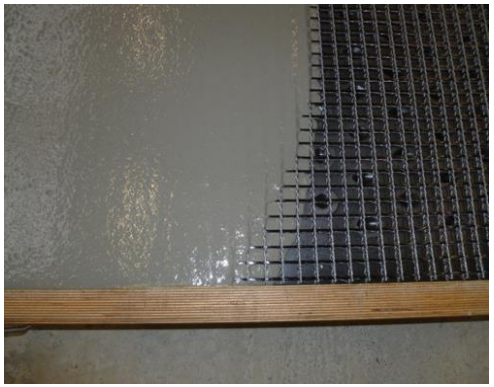
- zdolność do **szybkiego wiązania i twardnienia** - do 70% ostatecznej wytrzymałości ma ściskanie już po 4 godzinach
- nieporównywalnie **lepsza odporność ogniowa** oraz odporność na działanie wysokiej temperatury - znaczące obniżenie parametrów dopiero od 600ºC do 700ºC; część początkowej wytrzymałości pozostaje nawet w powyżej 1000ºC
- W wysokiej temperaturze **nie ulega kruchemu zniszczeniu**, lecz wykazuje najpierw wyraźne odkształcenie plastyczne, a następnie stopniowe pojawienie się rys
- Ze względu na swoją **szczelną strukturę** lepsze właściwości w porównaniu z tradycyjnymi spoiwami zarówno w przypadku narażenia na **korozję chemiczną, cykliczne zamarzanie i rozmarzanie**, jak i narażenie na skutki **karbonatyzacji**

Materiałowe innowacje w prefabrykacji

Zbrojenie niemetaliczne – ciągłe i rozproszone

- GFRC - Glass Fiber Rainforced Concrete
- BFRC - włókna bazaltowe
- CFRC - włókna węglowe
- Hybrydowo: włókno konstrukcyjne + włókno PP jako poprawa trwałości ogniowej

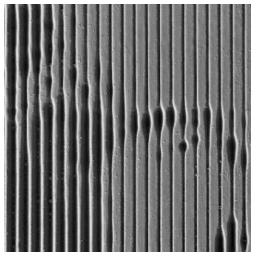
  → wyroby „szyte na miarę” (Tailor Made Products)

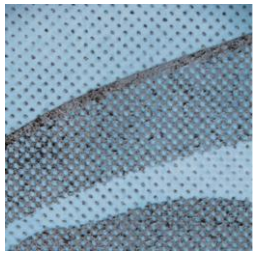


Materiałowe innowacje w prefabrykacji

Betony architektoniczne

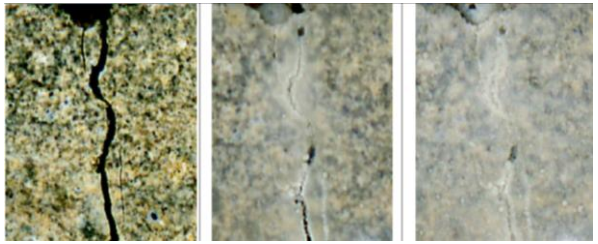
- Tradycyjne sposobów kształtowania urozmaiconej powierzchni betonu
- Idywidualnie projektowane formy i matryce
- Ekspozycja kruszywa i zastosowanie domieszek barwiących
- Zdobienie powierzchni betonu na inne sposoby na inne wymyślne sposoby np. odmiany fotobetonu
- Beton transparentny



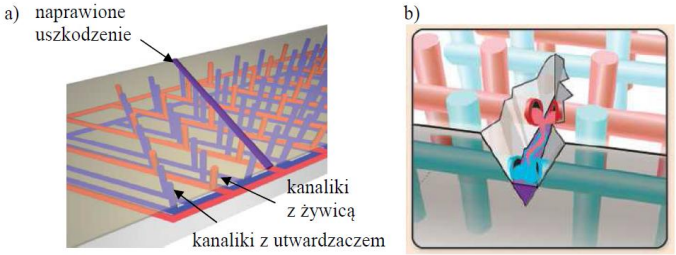


Materiałowe innowacje w prefabrykacji

Betony samoobsługowe

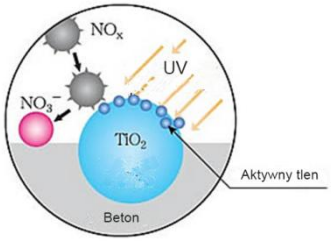


„Damage Management” - koncepcja samonaprawy



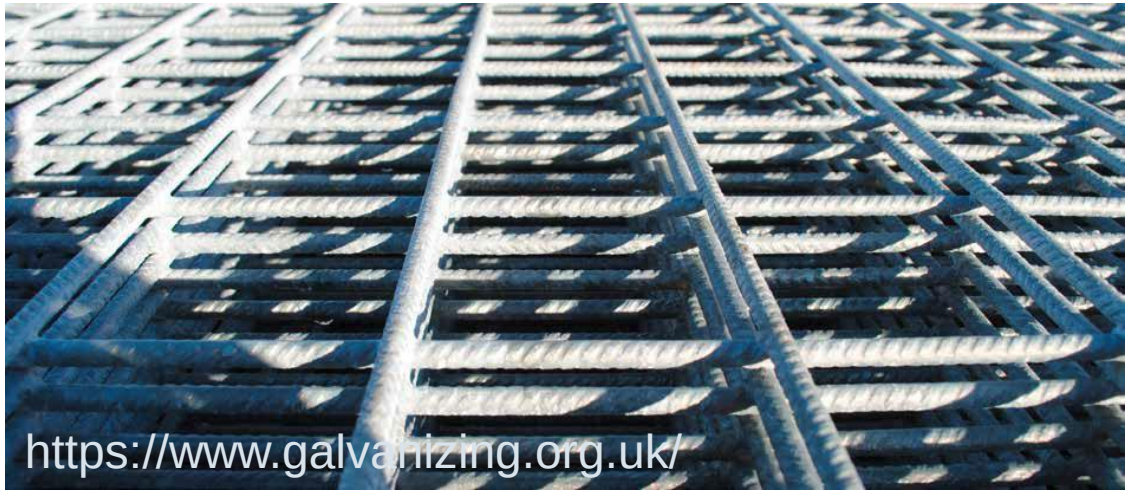
Koncepcja samooczyszczenia i oczyszczania powietrza (fotokataliza)

Betony samozagęszczalne – obecnie powszechne



Materiałowe innowacje w prefabrykacji

Bierna ochrona katodowa zbrojenia - protektory cynkowe

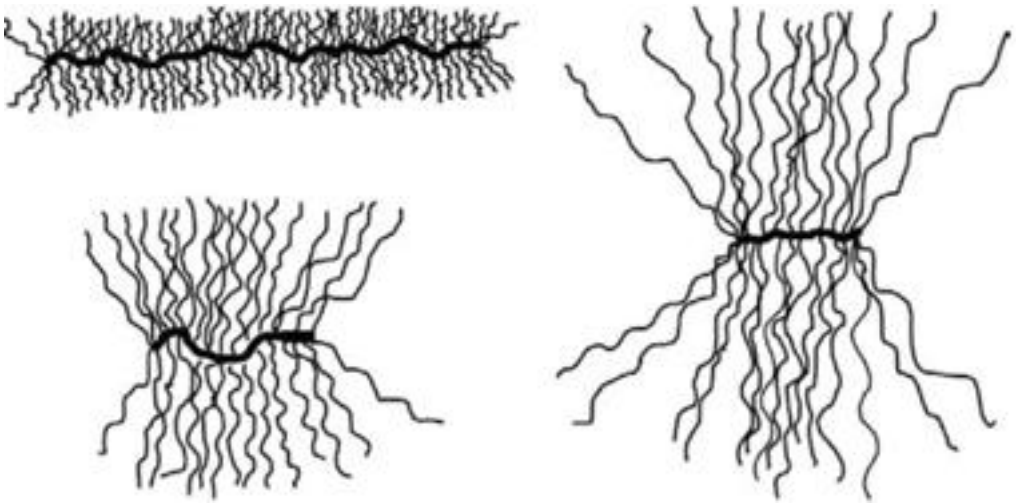


Ochrona zbrojenia – powłoka cynkowa zbrojenia

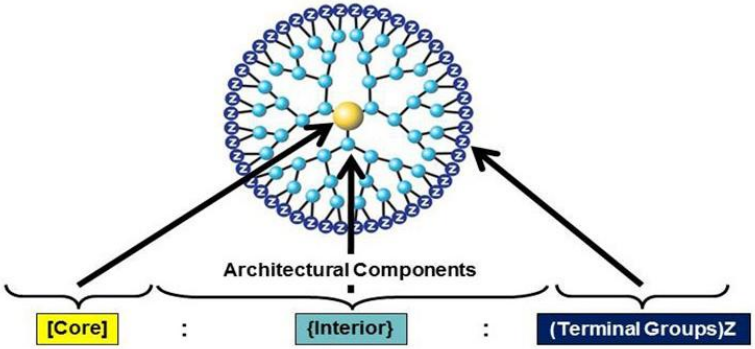
Materiałowe innowacje w prefabrykacji
Domieszki do betonu

UPŁYNNIENIE – REDUKCJA WODY

Różne ukształtowanie wewnętrznej struktury makrocząsteczek w domieszkach upłynniających nowej generacji wg J. Planka



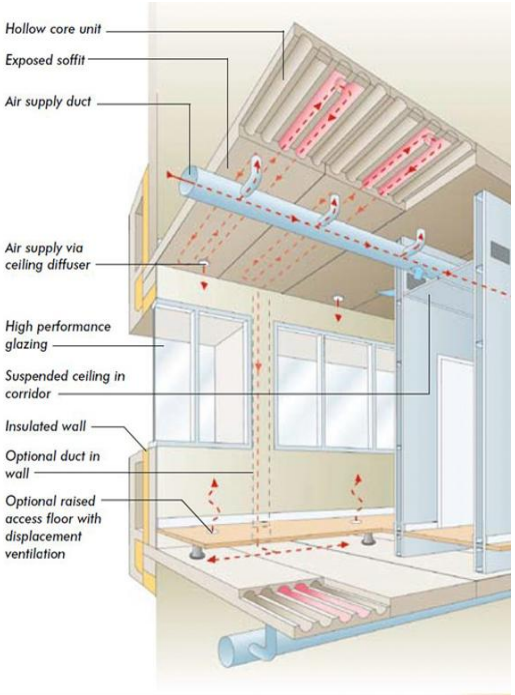
Budowa dendrymeru



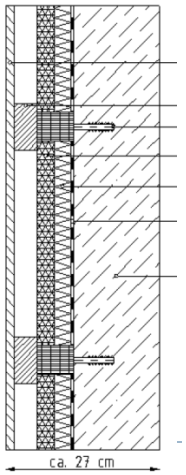
Wg. Urvashi Singh

Niekonwencjonalne funkcje prefabrykatów

Prefabrykaty w służbie efektywnego gospodarowania energią eksploatacyjną budynku



- Optymalizacja efektywności energetycznej obiektu
- Modyfikacja tradycyjnych wyrobów np. typu kanałowe płyty stropowe lub drążone elementy ścienne
- Wykorzystywane zjawisko akumulacja ciepła (BITES: Building-Integrated Thermal Energy Storage)
- Innowacyjne termoizolatory: aerożele, próżnia



Produkcja z wykorzystaniem druku 3D

- Koncepcja drukowania 3D – lata 80-te
- Komercyjnie dopiero 20 lat później
- Prefabrykacja - możliwe wytwarzanie elementów o skomplikowanym kształcie
- Ograniczenia technologii:

  - potrzebne specjalistyczne urządzenia,

  - optymalizacja mieszanek betonowych w zakresie reologii,

  - ograniczone możliwości „zadrukowania” mieszanką betonową przestrzennego szkieletu zbrojenia.
- Przygotowanie form z tworzyw sztucznych

Podsumowanie
Przyszłość prefabrykacji

POLSKIE STOWARZYSZENIE MENEDŻERÓW BUDOWNICTWA
POLISH ASSOCIATION OF BUILDING MANAGERS

Wydział Inżynierii Lądowej
POLITECHNIKA WARSZAWSKA

XXI KONFERENCJA
z cyklu Edukacja Menedżerska Budowlanych
nt. Nowe oblicze prefabrykacji w zrównoważonym zielonym budownictwie – wymagania, potrzeby

Dziękujemy za uwagę!

Autorzy:
Piotr Woyciechowski
Grzegorz Adamczewski