



# **Naprawa nawierzchni betonowych oraz recycling betonu**

**dr inż. Marcin Tłustochowicz**

20 stycznia 2014r.

# Treść wykładu

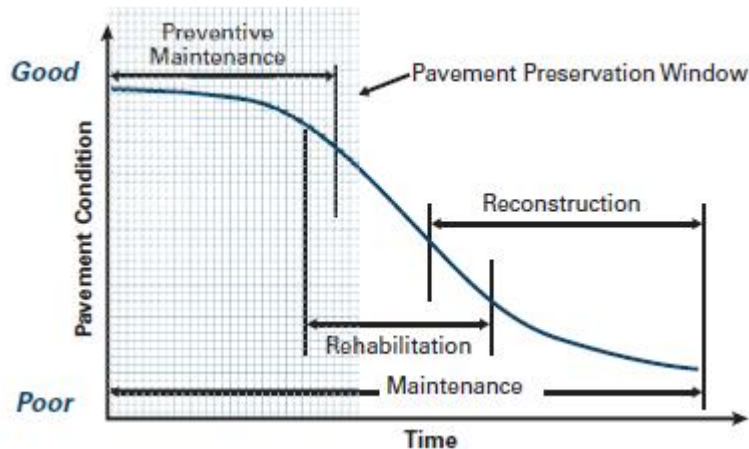
- ▶ Pojęcie wymiany i naprawy nawierzchni
- ▶ Przegląd ewaluacji nawierzchni
- ▶ Konserwacyjne zabiegi zapobiegawcze:
  - naprawy do częściowej głębokości nawierzchni,
  - naprawy do pełnej głębokości nawierzchni,
  - naprawy dylatacji,
  - szlifowanie/frezowanie diamentowe
- ▶ Recycling betonu

# Pojęcie wymiany i naprawy nawierzchni

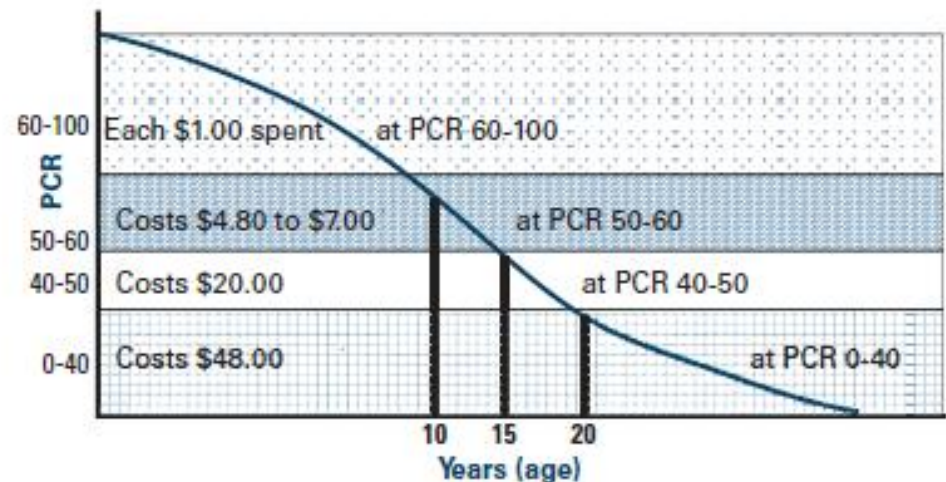
**Naprawa nawierzchni** to zaplanowany proces zatrudniający ekonomicznie efektywne zabiegi, np. łatanie, uszczelnianie dylatacji, szlifowanie/frezowanie diamentowe, itd., które przedłużają cykl życia nawierzchni bez zwiększania nośności czy przepustowości (Smith, Hoerner, Peshkin 2008).

**Wymiana nawierzchni** to proces, po którym nośność czy przepustowość jest zwiększona, zwykle poprzez dodanie dodatkowej warstwy nawierzchni, np. w formie nakładki (Harrington i in. 2008). Wymiana może być częściowa lub całkowita (całkowita wymiana nawierzchni jest stosowana coraz rzadziej, głównie ze względu na wysoki koszt składowania odpadów po oryginalnej nawierzchni).

# Rodzaje zabiegów w zależności od stanu nawierzchni



Typowa krzywa stanu nawierzchni betonowej wraz z okresami, w których kolejne zabiegi naprawy, częściowej wymiany i całkowitej wymiany są najbardziej pożądane.

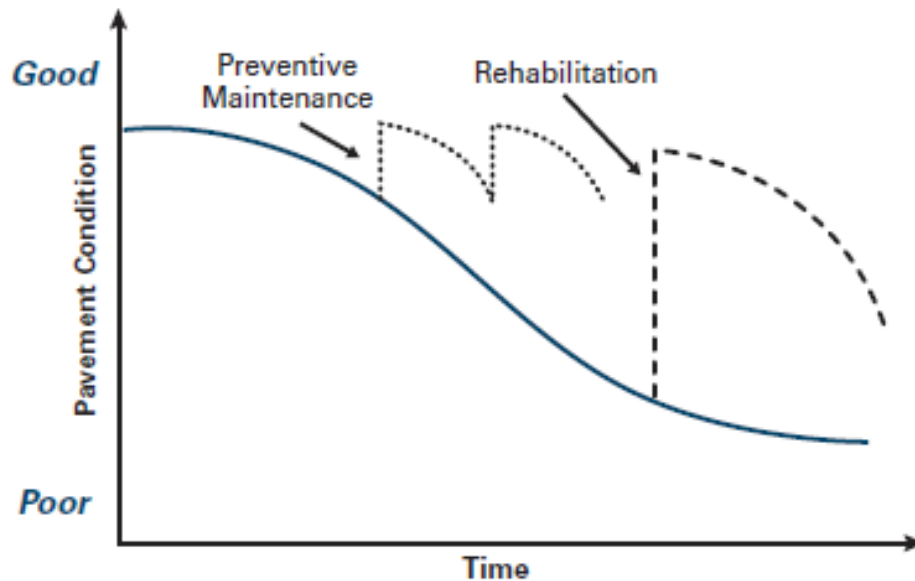


Porównanie kosztów zabiegów dla różnych stanów nawierzchni betonowej.

Naprawy pasów ruchu muszą unikać powstawania różnic wysokości pomiędzy pasami.

# Rodzaje zabiegów w zależności od stanu nawierzchni

Od pewnego momentu w cyklu życia nawierzchni, naprawy nawierzchni mogą być niewystarczające dla utrzymania nawierzchni w dobrej kondycji i wtedy powstaje konieczność wymiany nawierzchni.



Ponieważ stan oryginalnej nawierzchni ma wpływ na odrestaurowaną nawierzchnię, jej stan może psuć się szybciej niż w przypadku nowo wybudowanej nawierzchni.

# Podsumowanie napraw/wymiany nawierzchni

Utrzymanie jak najdłuższego cyklu życia dla nawierzchni betonowych wymaga, by różne zabiegi naprawy lub wymiany nawierzchni były stosowane w odpowiednim czasie.

Dla jak najlepszego rozrachunku ekonomicznego, a także by jak najbardziej zminimalizować wpływ na środowisko, naprawy nawierzchni betonowych powinny być stosowane często by utrzymać dobry stan nawierzchni i przedłużyć czas jego używalności.

Jednak po upływie pewnego czasu, zabiegi częściowej wymiany nawierzchni będą konieczne do utrzymania dobrego stanu nawierzchni betonowej.

# Przegląd ewaluacji nawierzchni betonowych

Aby odpowiednio określić właściwy czas i właściwą strategię dla utrzymywania nawierzchni betonowej, konieczna jest jej dokładna ewaluacja.

Typowa ewaluacja nawierzchni betonowej składa się z następujących kroków:

1. Przegląd danych historycznych i dokumentacji budowy (plany i dokumenty budowy, użyte materiały, rodzaj gleby, dotychczasowa wydajność, przebyte naprawy, dotychczasowy i przyszły ruch oraz czynniki klimatyczne).
2. Wstępna inspekcja i ocena stanu nawierzchni (ogólne obserwacje, ocena szorstkości i nierówności nawierzchni, obserwacje problemów związanych z wilgotnością nawierzchni).
3. Testy nawierzchni (sprawdzenie drenażu i uszkodzeń, nieniszczące sprawdzanie odchyłeń, testowanie szorstkości i tarcia nawierzchni, pobieranie próbek do testowania).
4. Laboratoryjna charakteryzacja materiałów (testowanie wytrzymałości i sztywności betonu, analiza mikroskopowa betonu – głównie gradacji i gęstości).

# Przegląd ewaluacji nawierzchni betonowych

Po zakończeniu ewaluacji nawierzchni, zostaje podjęta ocena stanu nawierzchni i decyzja dotycząca zdolności przepustowej nawierzchni.

Zostaje stworzony plan określający zakres napraw i wymiany nawierzchni.

Ważne jest spostrzeżenie, że jeżeli stan nawierzchni pogarsza się ze względu na mechanizm zależny od problemów z materiałami użytymi do budowy (tak, jak np. reaktywne kruszywo albo zniszczenie poprzez cykl zamarzania-rozmarzania), naprawy mogą nie być optymalnym rozwiązaniem, jeśli nie rozwiążą one podstawy pogarszającej stan nawierzchni.



# Naprawy nawierzchni betonowych

- Stabilizacja płyt betonowych
- Naprawy do częściowej głębokości nawierzchni
- Naprawy do pełnej głębokości nawierzchni
- Zastosowanie prefabrykatów w naprawach do pełnej głębokości nawierzchni
- Wymiana drenażu na krawędziach jezdni
- Naprawy dylatacji w celu odpowiedniego przenoszenia obciążenia
- Szlifowanie diamentowe i rowkowanie
- Uszczelnianie dylatacji i pęknięć

# Naprawy nawierzchni betonowych

Zazwyczaj w projekcie naprawy używane są tylko niektóre z wyżej wymienionych zabiegów.

W USA, najczęściej stosowanymi zabiegami są:

- ▶ naprawy do częściowej głębokości nawierzchni,
- ▶ naprawy do pełnej głębokości nawierzchni,
- ▶ naprawy dotyczące utrzymania odpowiedniego przenoszenia obciążenia na nawierzchni
- ▶ szlifowanie/frezowanie diamentowe.

# Naprawy do częściowej głębokości nawierzchni

Naprawy do częściowej głębokości nawierzchni są używane do zniwelowania usterek nawierzchni w górnej 1/3 grubości płyty betonowej. Poprawiany jest komfort jazdy (drgania, hałas) i uszczelniane są dylatacje i powierzchniowe pęknięcia.

Usterki są najczęściej obecne w okolicy dylatacji i często są spowodowane penetracją dylatacji przez materiał odporny na ściskanie, który przy ciepłej pogodzie i zamknięciu dylatacji powoduje odpryski.

# Naprawy do częściowej głębokości nawierzchni

Powierzchowne naprawy mogą być użyte do zniwelowania takich usterek jak zła konsolidacja betonu, zlokalizowane obszary betonu o niskiej wytrzymałości czy korozja zbrojenia.

Duże natężenie ruchu również może spowodować usterki poprzez przesunięcie płyt, zamknięcie dylatacji i powstanie odprysków.

# Naprawy do częściowej głębokości nawierzchni

Sekwencja naprawy do częściowej głębokości nawierzchni:

1. Wyznaczenie granic naprawy
2. Usunięcie betonu poprzez piłowanie do częściowej głębokości i zastosowanie lekkich młotów pneumatycznych
3. Usunięcie luźnego materiału przez piaskowanie i/lub użycie sprężonego powietrza
4. Przygotowanie dylatacji wraz z umieszczeniem w niej ściśliwego materiału by zapobiec jej penetracji przez luźny materiał
5. Umieszczenie zaczynu wiążącego (dla niektórych materiałów)
6. Umieszczenie mieszanki do naprawy nawierzchni
7. Zabezpieczenie mieszanki do utwardzenia

# Naprawy do częściowej głębokości nawierzchni



Uszkodzona nawierzchnia została wymielona za pomocą urządzenia z obrotowymi zębami z węgla krzemu zostawiając chropowatą powierzchnię ułatwiającą wiązanie się warstwy naprawczej.

# Naprawy do częściowej głębokości nawierzchni

- ▶ Naprawy o dużej trwałości mogą być uzyskane poprzez zastosowanie omawianej wyżej technologii.

Mieszanki z cementu portlandzkiego pozwalają na uzyskanie bardzo dużej trwałości jednak jeśli czas przeznaczony na naprawę jest krótszy niż 12 godzin, często używane są prawnie zastrzeżone materiały polimeryczne lub cementowe.

# Naprawy do pełnej głębokości nawierzchni

Naprawy do pełnej głębokości nawierzchni są używane do zniwelowania usterek, które naruszają strukturę nawierzchni – pęknięcia poprzeczne, odłamania na rogach płyt, pęknięcia podłużne, zniszczone dylatacje (powyżej  $1/3$  głębokości), głębokie odpryski i dziury.

Jeśli usterki są obecne na dużym procencie nawierzchni, naprawy do pełnej głębokości nawierzchni mogą być nieopłacalne.

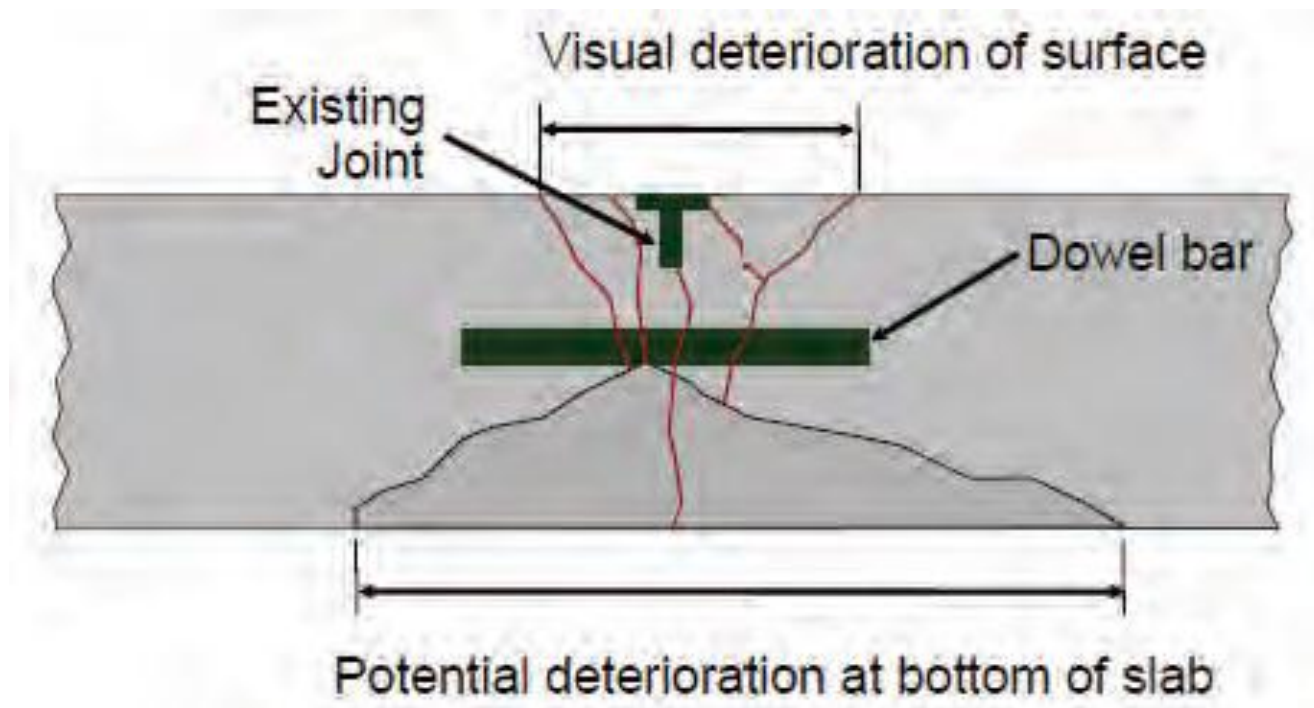


# Naprawy do pełnej głębokości nawierzchni

Sekwencja naprawy do pełnej głębokości nawierzchni:

1. Wyznaczenie granic naprawy, z uwzględnieniem potencjalnego zasięgu usterek.
2. Usunięcie betonu poprzez cięcie do pełnej głębokości i zapewnienie gładkich powierzchni.
3. Usunięcie betonu w sposób pozwalający na nienaruszenie betonu sąsiadującego i podbudowy. Najbardziej efektywną metodą jest obecnie podnoszenie wyciętej płyty poprzez wywiercone otwory.
4. Usunięcie luźnego materiału i umieszczenie zagęszczonego. Ponieważ ubijanie materiału w obrębie naprawy jest często trudne, użycie betonu jest często najlepszym rozwiązaniem.
5. Zapewnienie odpowiedniego przenoszenia obciążenia poprzez umieszczenie stalowych prętów w otworach wytworzonych przez specjalnie przystosowane piły diamentowe.
6. Wylanie betonu – najczęściej o wczesnej wysokiej wytrzymałości.
7. Zabezpieczenie mieszanki do utwardzenia (w niskich temperaturach poprzez użycie koców izolacyjnych).

# Naprawy do pełnej głębokości nawierzchni



Ważne jest ustalenie odpowiedniej szerokości naprawy do pełnej głębokości nawierzchni.

Dobrze wykonane naprawy do pełnej głębokości nawierzchni powinny być tak samo trwałe jak pozostała część nawierzchni i przyczynić się do przedłużenia jej cyklu życia.

# Zastosowanie prefabrykatów w naprawach do pełnej głębokości nawierzchni



**Utility Concrete in Morris, IL is supplying the precast slabs being used in the I-294 rehab project.**



**Precast pavement creates a full-depth repair of the roadway with minimal closures of the busy I-294 corridor. Photo Courtesy of Utility Concrete.**

Technologia stosowania prefabrykatów jest w użyciu od 10 lat. W 2012 r., na 32 km odcinku autostrady I-294 w Chicago zastosowano prefabrykaty w 2000 miejsc, co stanowiło prawie połowę napraw.

# Naprawy dylatacji

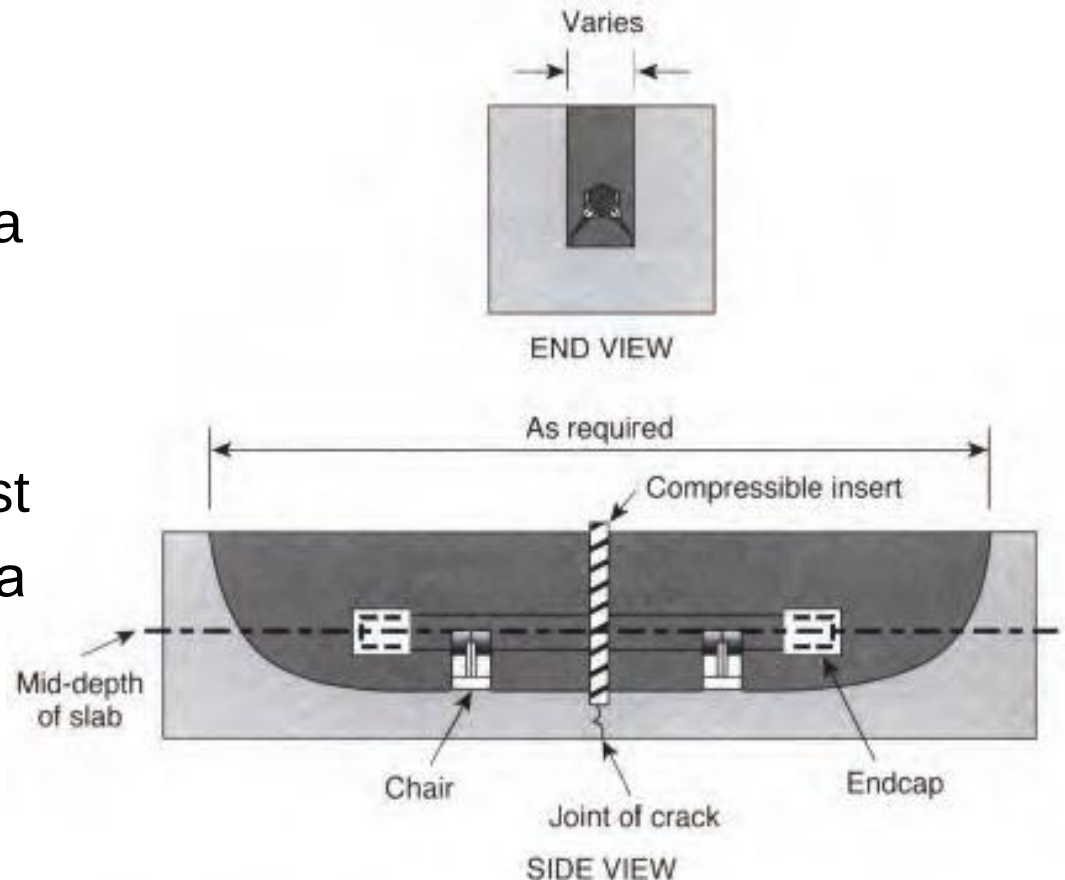
W Stanach Zjednoczonych większość nawierzchni betonowych została wykonana bez urządzeń do przenoszenia obciążenia (stalowych prętów) zakładając, że zazębające się kruszywo wykona tę pracę.

Niestety, przy dużym obciążeniu dróg, dylatacje zwykle uległy uszkodzeniu i przenoszenie obciążenia nie zachodzi mimo, że poszczególne płyty mogą być w dobrym stanie. W przypadku zastosowania prętów w dylatacjach, również często wymagają one wymiany ze względu na duże obciążenie dróg.

# Naprawy dylatacji

Dlatego bardzo częstym zabiegiem jest naprawa dylatacji w celu zapewnienia właściwego przenoszenia obciążenia.

Frezowanie diamentowe jest potem często stosowane dla uzyskania równej nawierzchni po naprawie.





# Naprawy dylatacji



# Naprawy dylatacji

Sekwencja naprawy dylatacji:

1. Wiercenie otworów do umiejscowienia stalowych prętów przy zastosowaniu specjalnie montowanych równoległych pił – dzięki temu jest możliwe wytworzenie 2500 otworów dziennie.
2. Każdy otwór jest przygotowany przez użycie lekkiego młota pneumatycznego dla usunięcia betonu z otworu i wyrównania dna
3. Wyczyszczenie dna otworu przez piaskowanie i/lub użycie sprężonego powietrza. Istniejąca dylatacja jest zalepiona.
4. Stalowy pręt jest umiejscowiony w każdym otworze, zazwyczaj siedząc na krzeselkach, zabezpieczony materiałem przeciwwiążącym i plastikowymi końcówkami niwelującymi rozszerzalność temperaturową.
5. Umieszczenie mieszanki do naprawy nawierzchni i konsolidacja małym szpadlowym wibratorem. Zabezpieczenie mieszanki do utwardzenia – zazwyczaj mieszanki do naprawy nawierzchni do częściowej głębokości są odpowiednie dla takiej naprawy.

# Naprawy dylatacji

Wraz z zastosowaniem maszyn wycinających otwory do naprawy dylatacji, które zapewniają szybkie wytwarzanie i dobrą jakość, naprawy takie zyskały dużą popularność.

W połączeniu z frezowaniem diamentowym, naprawy dylatacji mogą być używane do utrzymania nawierzchni w stanie gładkim przez cały okres używalności.



# Szlifowanie diamentowe

Szlifowanie/frezowanie diamentowe jest zwykle stosowane po naprawach nawierzchni do częściowej lub pełnej głębokości. Do tego zabiegu używane są tarcze diamentowe umieszczone blisko siebie na specjalnych urządzeniach.



# Szlifowanie diamentowe

W ten sposób usuwana jest cienka warstwa betonu, odnawiany jest komfort jazdy i poprawione tarcie/odporność na poślizgi poprzez rowkowanie.



Szlifowanie diamentowe było pierwszy raz zastosowane w Kalifornii już w 1965 roku i tam jest ono stosowane trzykrotnie co 16-17 lat zanim nawierzchnia jest kompletnie wymieniana.

# Szlifowanie/frezowanie diamentowe

Szlifowanie/frezowanie diamentowe jest zwykle stosowane dla ubytków w nawierzchni do 3 mm głębokości i do kolejno do 10 mm głębokości.

Szlifowanie/frezowanie przy ubytkach większych niż 5 mm może być nieekonomiczne i zastosowanie nakładki może być bardziej opłacalne.



# Kruszywo ze zużytego betonu (RCA)



Kruszywo ze zużytego betonu ma ważne znaczenie w zrównoważonym rozwoju poprzez zatrzymywanie w sobie (sekwestrację) CO<sub>2</sub>.

Ważne jest jednak zrozumienie właściwości kruszywa ze zużytego betonu, które powinno być, przy zachowaniu odpowiednich norm, używane jako pełnowartościowy materiał do budowy dróg.



# Kruszywo ze zużytego betonu

- ▶ Kruszywo ze zużytego betonu jest produkowane poprzez dokładne usunięcie stalowego zbrojenia oraz obcych materiałów (śmieci, materiały użyte w dylatacjach, części karoserii pojazdów, itd.), a następnie uzyskanie odpowiedniej gradacji poprzez tłuczenie i mielenie.
- ▶ Kruszywo ze zużytego betonu jest pełnowartościowym kruszywem jeśli spełnia te same normy, które stosuje się do kruszywa naturalnego.
- ▶ Szczególna uwaga powinna być kładziona na możliwość występowania ekspansywnych reakcji pomiędzy kruszywem i zaprawą cementową.

**Dziękuję za uwagę**