

Janusz Olejnik

Lafarge Kruszywa Sp. z o.o.

Warszawa

Podbudowy z kruszywa o ciągłym uziarnieniu w budownictwie drogowym

We wszystkich krajach, w których następował szybki rozwój gospodarczy, początek nadawał rozwój infrastruktury drogowej. Była to i jest podstawa dalszego rozwoju naszego kraju. Polska jako łącznik między krajami zachodnimi a wschodnimi ma cały czas olbrzymią szansę, aby przejazd przez nasz kraj był bezpieczny i ekonomiczny. Budowa infrastruktury drogowej jak i kolejowej jest dla nas wszystkich wyzwaniem czasu.

W moim wystąpieniu chciałbym się zająć jednym z najważniejszych elementów konstrukcji drogi, jakim jest podbudowa. Jest to fundament, na którym układane są następne warstwy budowanej drogi. Aby był odpowiedni, musi spełnić kilka warunków:

- Musi być trwały, nieodkształcalny, ale podatny
- Powinien być odpowiednio tani do wartości całej drogi
- Łatwy w wykonaniu

Stosowane różne konstrukcje budowania dróg w latach poprzednich, a zarazem w latach 1990-2000 niekontrolowane zwiększenie tonażu przewożonych towarów (normatywny nacisku na oś został również podwyższony z 8 do 11,5 T) i nasilenie ruchu spowodowały znaczne szkody w naszych drogach. Dlatego w latach 90 przystąpiono do zaprojektowania nowego typu podbudowy, która przy odpowiednim doborze uziarnienia i materiału była sztywna, ale i elastyczna. Dalszy rozwój produkcji tej mieszanki ewoluował bardzo szybko, gdyż wszyscy zdali sobie sprawę jak duże możliwości obniżenia kosztów jak i poprawy jakości podbudowy daje zastosowanie tej technologii. Nic, niestety, nie jest takie proste jak by się to wydawało, zastosowanie odpowiednich materiałów w różnych miejscach wbudowania jest kluczem do sukcesu. Dlatego chciałbym Państwu przybliżyć ten problem.

1. Historia podbudów.

Jedynym z podstawowych elementów odbudowy infrastruktury po wojnie była odbudowa dróg.

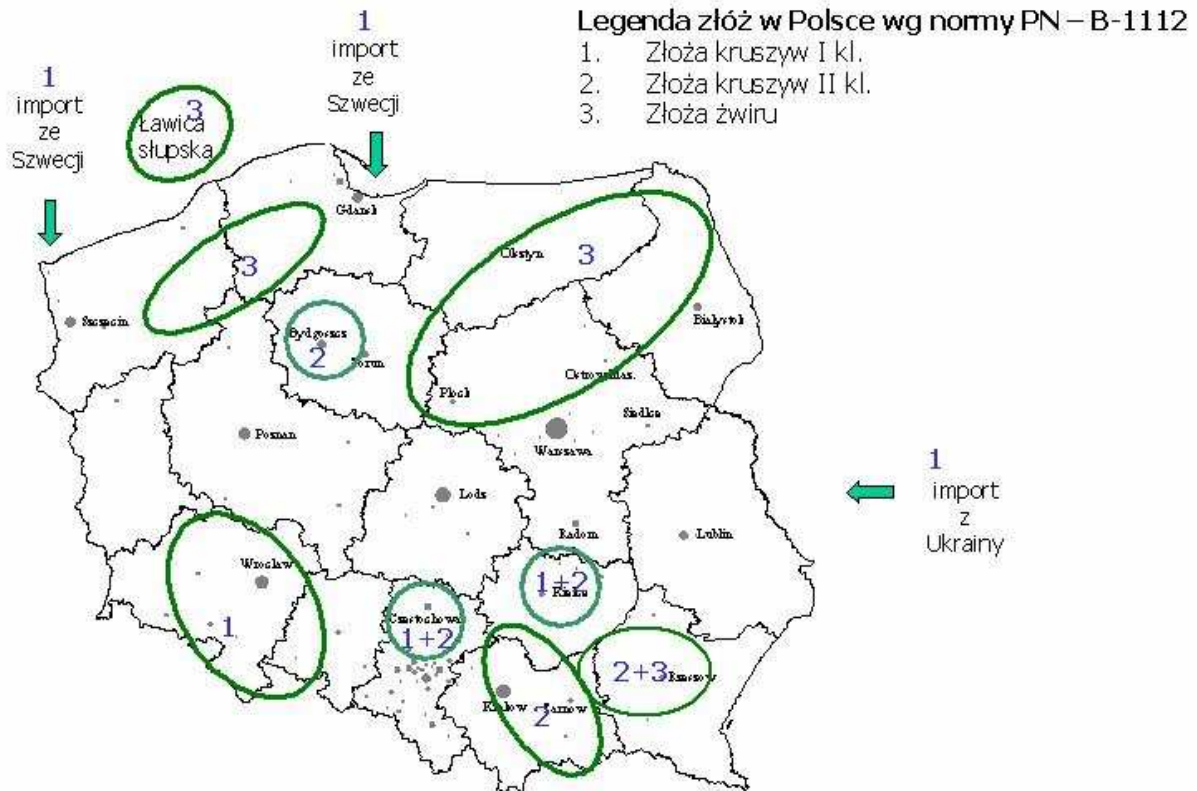
Pierwszą normą, która opisała wymagania dla podbudów tzw. „tłuczniówek” była norma PN – 60/S – 96023 „Nawierzchnie tłuczniowe”.

W normie tej opisano, jakie kruszywo i jak ma być wbudowywane. W tym czasie stosowane jako podkład stosowane były kruszywa do 200 mm o obniżonej wytrzymałości.

Na tą warstwę, stosowano tłuczeń kl. I frakcji 60-80 mm lub 40 – 60 mm dla uszczelnienia, co stanowiło razem pierwszą warstwę o grubości od 120 – 200 mm po zagęszczeniu. Na nią rozścielano drugą o grubości 110-120 mm (po zagęszczeniu), również z tłuczni klasy I o parametrach 60-80 mm lub 40-60 mm z użyciem wody. Trzecią warstwę stanowiło kruszywo tłuczniowe, które następnie uzupełniano kliniecem 4-20 mm oraz miałem 0-5 mm i razem zagęszczano przy pomocy walców o wadze 13 t z użyciem wody.

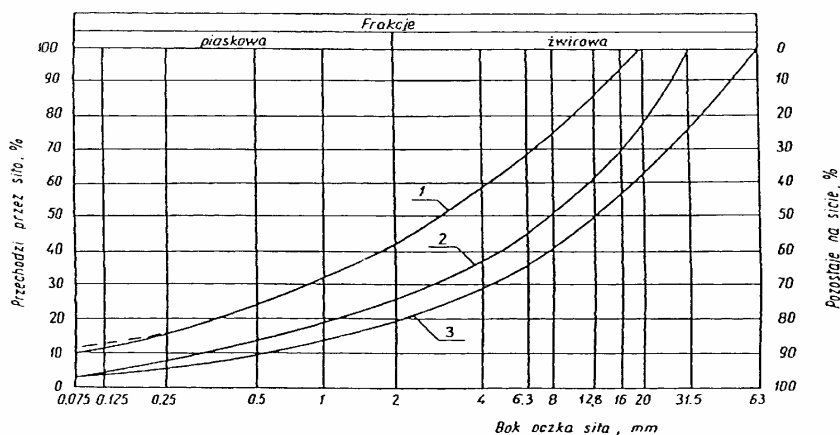
Ówczesna norma rozróżniała następujące badania: w trakcie budowy badano jakość materiału, grubość i zagęszczenie oraz zwięzłość poprzez oględziny. Badanie przy odbiorze nawierzchni poprzez rozebranie odcinka, który budził wątpliwości.

Mapa złóż kruszyw w Polsce



3. Technologia produkcji mieszanek o uziarnieniu ciągłym

Instytut Badawczy Dróg i Mostów wprowadziła nową normę na mieszankę stabilizacyjną PN – S – 06102:1997. Jest to mieszanka o uziarnieniu ciągłym.



Rysunek 1. Pole dobrego uziarnienia kruszyw przeznaczonych na podbudowy wykonywane metodą stabilizacji mechanicznej

1-2 kruszywo na podbudowę zasadniczą (górną warstwę) lub podbudowę jednowarstwową
 1-3 kruszywo na podbudowę pomocniczą (dolną warstwę))

Jak na rysunku widać, pole między krzywa 1 a 2 jest polem dobrego uziarnienia dla podbudowy zasadniczej 0-31,5 mm pole między krzywą 1 a 3 jest polem dobrego uziarnienia dla podbudowy pomocniczej

Dla podbudów taką szybką oceną zagęszczenia mieszanki jest tzw. wskaźnik jednorodności uziarnienia C_u

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

Gdzie d_{60} to średnica cząsteczek która stanowi 60% w masie podbudowy.

d_{10} to średnica cząstek, która stanowi 10% w masie podbudowy.

Dla podbudów stabilizowanych mechanicznie wskaźnik ten powinien wynosić pomiędzy 30 a 70.

Mieszcząc się w tych krzywych bardzo łatwo uzyskuje się nośność (CBR) = 80 – 120%.

Wymagania odnośnie własności fizyko- mechanicznych wg normy PNS – 06102 podane są poniżej:

Tablica 1. Właściwości kruszywa do produkcji mieszanek o uziarnieniu ciągłym wg PN-S-06102:1997 „Drogi samochodowe. Podbudowy z kruszyw stabilizowanych mechanicznie”

Lp.	Wyszczególnienie właściwości	Wymagania					
		Kruszywa naturalne		Kruszywa łamane		Żużel	
		Podbudowa					
		zasadnicza	pomocnicza	zasadnicza	pomocnicza	zasadnicza	pomocnicza
1	Zawartość ziarn mniejszych niż 0,075 mm, % (m/m)	od 2 do 10	od 2 do 12	od 2 do 10	od 2 do 12	od 2 do 10	od 2 do 12
2	Zawartość nadziarna, % (m/m), nie więcej niż	5	10	5	10	5	10
3	Zawartość ziaren nieforemnych % (m/m), nie więcej niż	35	45	35	40	-	-
4	Zawartość zanieczyszczeń organicznych, % (m/m), nie więcej niż	1	1	1	1	1	1
5	Wskaźnik piaskowy po pięciokrotnym zagęszczeniu metodą I lub II wg PN-B-04481, %	od 30 do 70	od 30 do 70	od 30 do 70	od 30 do 70	-	-
6	Ścieralność w bębnie Los Angeles						
	a) ścieralność całkowita po pełnej liczbie obrotów, nie więcej niż	35	45	35	50	40	50
	b) ścieralność częściowa po 1/5 pełnej liczby obrotów, nie więcej niż	30	40	30	35	30	35

7	Nasiąkliwość, %(m/m), nie więcej niż	2,5	4	3	5	6	8
8	Mrozoodporność, ubytek masy po 25 cyklach zamrażania, %(m/m), nie więcej niż	5	10	5	10	5	10
9	Rozpad krzemianowy i żelazawy łącznie, % (m/m), nie więcej niż	-	-	-	-	1	3
10	Zawartość związków siarki w przeliczeniu na SO ₃ , %(m/m), nie więcej niż	1	1	1	1	2	4
11	Wskaźnik nośności $w_{noś}$ mieszanki kruszywa, %, nie mniejszy niż:						
	a) przy zagęszczeniu $I_S \geq 1,00$	80	60	80	60	80	60
	b) przy zagęszczeniu $I_S \geq 1,03$	120	-	120	-	120	-

Od roku 2004 obowiązuje w Polsce norma europejska PN EN 13285 dla kruszyw stabilizowanych mechanicznie, ale z uwagi na brak dokumentu aplikacyjnego dostosowującego tę normę do warunków w Polsce norma ta prawdopodobnie wejdzie do stosowania obowiązywać od roku 2007 -2008.

Odnosząc się do normy obowiązującej PN – S – 06102 z 1997 roku oraz normy europejskiej, te wymagania będą bardziej liberalne i pozwolą na znaczne rozszerzenie rodzajów materiałów, które będą mogły być zastosowane dla podbudów.

I tutaj chciałbym Państwu przedstawić nasze doświadczenia, które wraz z grupą przedstawicieli firm drogowych staramy się rozwijać.

I tak do roku 1990 do mieszanek stosowane były tylko skały kl I, jedynie w rejonie Kielc stosowano kruszywa wapienne (wg klasyfikacji kl II).

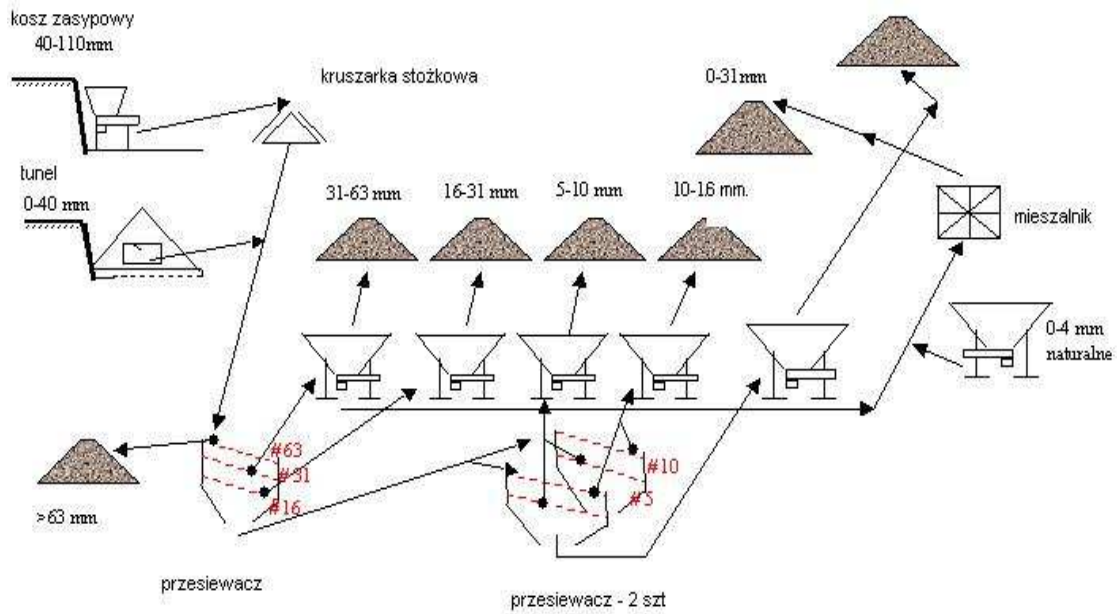
W latach 2000-2006 zostały wprowadzone do mieszkanek żuźle stalownicze, żuźle pomiedziowe, kruszywa wapienne, porfiry, kruszywa ze żwirów łamanych, itd.

Jakość mieszanek produkowanych w Polsce jest niestety bardzo zmienna. Część producentów kruszyw wytwarza tzw. niesort, który szczególnie przy produkcji frakcji 0 – 63 mm jest bardzo trudny do zrealizowania zgodnie z normą. Dlatego też, jako jedyna firma w Polsce zbudowaliśmy w zakładzie „Piechcin” wzorcową linię do produkcji mieszanek o uziarnieniu ciągłym.

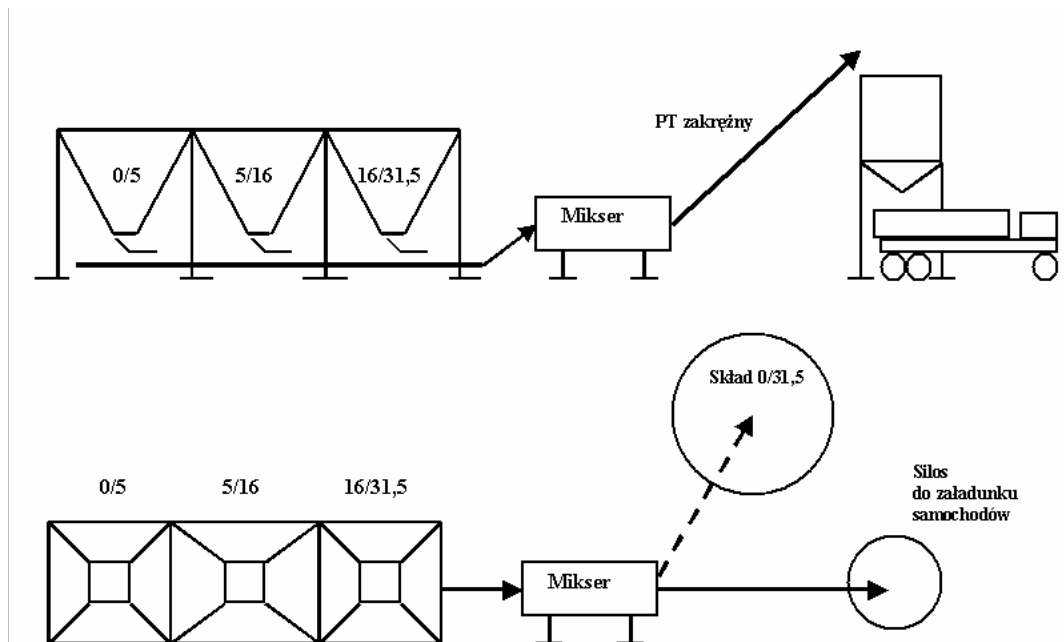
Linia ta najpierw kruszy i rozsiewa dostarczane półprodukty, a następnie składa krzywą z następujących frakcji: 0-5 mm, 5 – 10 mm, 10 – 16 mm, 16 – 31,5mm oraz 31,5 – 63 mm.

Poniżej przedstawiam schemat takiej linii oraz zdjęcia:

Schemat Mixing Plant w Kujawach



W celu uzyskania lepszej jakości mieszanek można również wykorzystywać poniższe urządzenie. Robią to drogowcy bezpośrednio na swoich placach budów. W zakładach produkujących kruszywo, nie stosuje się takich urządzeń



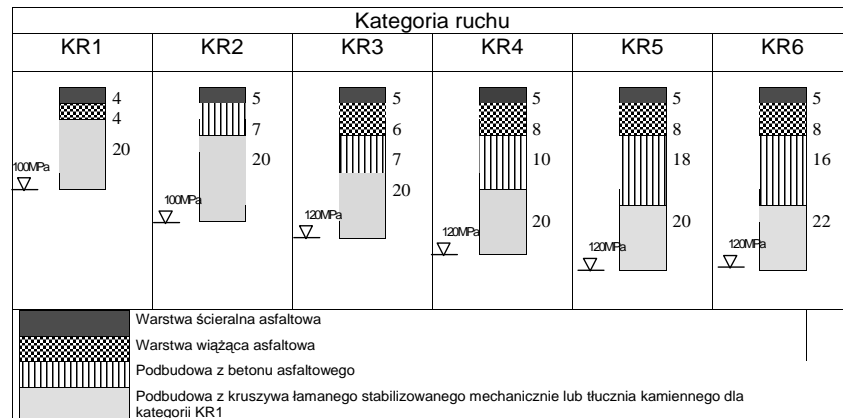
Wygląd Mixing Plant na Kujawach



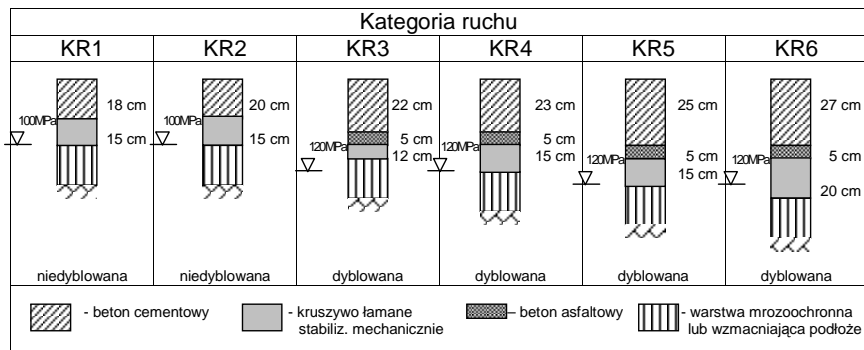
4. Przykłady typowych konstrukcji drogowych z zastosowaniem kruszywa o ciągłym uziarnieniu na podstawie polskich Katalogów Nawierzchni Drogowych

Podbudowy z kruszyw o uziarnieniu ciągłym mogą być stosowane w konstrukcjach podatnych (asfaltowych) jak również sztywnych (betonowych). Polskie katalogi nawierzchni drogowych przewidują stosowanie podbudów z kruszyw o uziarnieniu ciągłym (7,8). Istnieje zasada, że mieszanki z kruszyw naturalnych (nie łamanych) stosowane mogą być do warstw pomocniczych (warstwy mrozoochronne, wzmacniające) lub jako podbudowy dla konstrukcji na niewielkie obciążenia. Kruszywa łamane mogą być stosowane w warstwach pomocniczych i zasadniczych przeznaczonych na większe obciążenia. W Polsce występuje 6 kategorii obciążenia ruchem: KR1÷KR6. Kategoria KR1 oznacza do 12 osi obliczeniowych 100kN/oś/dobę, natomiast KR6 powyżej 2000 osi obliczeniowych 100kN/oś/dobę. W zależności od przewidywanego obciążenia ruchem Polskie katalogi przewidują stosowanie podbudów z kruszyw o ciągłym uziarnieniu na różnych poziomach konstrukcji, jak przedstawiono na rys. 2. Zauważyć można, że dla kategorii KR1 i KR2 Katalog (8) dopuszcza stosowanie podbudów tłuczniowych, natomiast dla kategorii wyższych muszą to być podbudowy z kruszyw łamanych o uziarnieniu ciągłym. Podbudowy z kruszyw o uziarnieniu ciągłym są także dobrym rozwiązaniem ograniczającym powstawanie spękań odbitych z warstw sztywnych (chudych betonów lub gruntów stabilizowanych cementem) do warstw asfaltowych. Pełnią one rolę przepony, która zatrzymuje propagację spękań do warstw leżących wyżej.

Rys. 2. Przykład konstrukcji podatnych z podbudową z kruszywa łamanego o uziarnieniu ciągłym (8)



Rys. 3. Przykład konstrukcji podatnych z podbudową z kruszywa łamanego o uziarnieniu ciągłym (7)



5. Nowa norma europejska na mieszanki związane i niezwiązane hydraulicznie

W roku 2005 została powołana grupa robocza opracowująca Dokument Aplikacyjny na Mieszanki Związane i Niezwiązane Hydraulicznie.

Jest to dokument, który dostosowuje wymagania norm europejskich do warunków polskich, przy czym jakakolwiek zmiana w stosunku do norm EN wymaga notyfikacji. W trakcie spotkania tej grupy dokonano analizy dokumentów aplikacyjnych francuskich, angielskich oraz niemieckich.

Jednocześnie dokonano pierwszych uzgodnień wykonywanych badań dla różnego rodzaju materiałów.

Z uwagi na dużą różnorodność stosowanych materiałów do podbudów grupa robocza stoi przed zadaniem doprowadzenia do tego, aby dokument obejmował wszystkie możliwe materiały.

Reasumując zatwierdzenie tego dokumentu pozwoli na zwiększenie bazy materiałowej dla podbudów a zarazem zwiększy możliwości pozyskania materiałów dla budowy dróg, oraz pozwoli na obniżkę kosztów.

6. Wnioski

Jakie wnioski nasuwają się na koniec tego referatu?

1. Polska jest na etapie olbrzymiego rozwoju budownictwa drogowego i tylko optymalne wykorzystanie naszych zasobów materiałowych pozwoli na zrealizowanie tych zadań.
2. Nie może być tak, że stosujemy materiały na podbudowy, niezależnie od kosztów, nie wykorzystując materiałów lokalnych, sprawdzonych na innych budowach tylko, dlatego, żeby mieć „200% pewności”, że materiał jest dobry (kiedy wystarczy, aby w „100%” był odpowiedni) (wapienie, granity, andezyty itp.).
3. Absolutnie niezbędne jest wdrożenie dokumentu aplikacyjnego dla produkcji podbudów, gdyż pomoże to właśnie w realizowaniu zadań dla budownictwa drogowego na najbliższe lata, po cenach, które lokalnie będą niższe niż dotychczas stosowane.

BIBLIOGRAFIA:

1. PN-60/S-96023 Nawierzchnie tłuczniowe.
2. PN-84/S-96023 Podbudowa i nawierzchnia z tłucznia kamiennego.
3. BN-64/88933-02 Drogi samochodowe. Podbudowa z kruszywa stabilizowanego mechanicznie
4. PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne.
5. PN EN 13285 Unbound mixtures – Specification.
6. Podbudowy z kruszyw o ciągłym uziarnieniu w budownictwie drogowym, Kraszewski Cezary, IBDiM, Krajewski Marek, Lafarge Kruszywa, Sybilski Dariusz, IBDiM, Olejnik Janusz, Lafarge Kruszywa
7. Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych, IBDiM 2001 r.
8. Katalog Typowych Konstrukcji Podatnych i Półsztywnych, IBDiM 1997 r.