

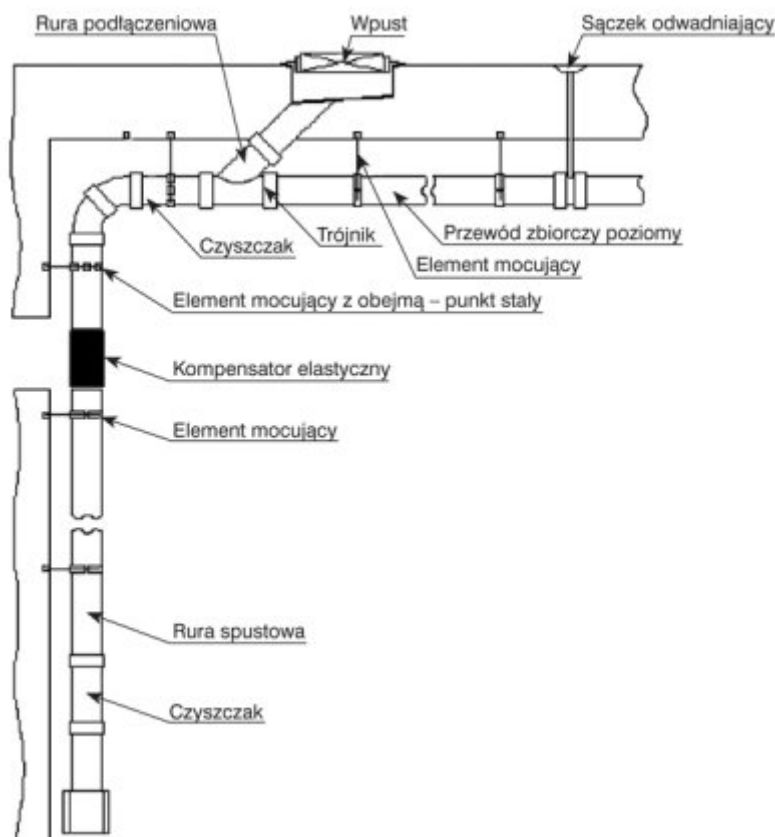
Zasady projektowania odwodnienia obiektów inżynierskich

O skuteczności odwodnienia prześel mostów decyduje prawidłowe oszacowanie ilości wody, którą należy odprowadzić z pomostu, a następnie określenie minimalnych wymiarów urządzeń składających się na ten system (wpusty, sączki, kanalizacja deszczowa). Bardzo istotne jest również zastosowanie prawidłowego rozwiązania konstrukcyjnego odwodnienia, a także jego wykonanie.

Ogólne zasady projektowania odwodnienia

Odwodnienie ustroju nośnego obiektu mostowego jest realizowane przez odpowiednie zaprojektowanie i wykonanie:

- ukształtowania płyty pomostowej
- nawierzchni warstw jezdni i chodników
- hydroizolacji
- drenaży i uszczelnień styków pomiędzy elementami wyposażenia
- rozmieszczenia wpustów mostowych
- rozmieszczenia sączków
- konstrukcji kanalizacji deszczowej (średnica kolektorów zbiorczych i rur spustowych, pochylenie kolektorów zbiorczych i przewodów przyłączeniowych, liczba i rozmieszczenie czyszczaków, konstrukcja kompensatorów - rys. 1).



Rys. 1. Standardowe elementy instalacji odprowadzającej wodę z obiektów mostowych

Poprawnie zaprojektowane odwodnienie wymaga określenia ilości wody jaką należy odprowadzić

z pomostu, która ustalana jest na podstawie tzw. deszczu miarodajnego. Pod tym pojęciem rozumie się na ogół opad o natężeniu, którego trwanie odpowiada czasowi spływu t cząsteczek wody z najbardziej odległego punktu zlewnido rozważanego przekroju cieku. Nosi on niekiedy również nazwę deszczu obliczeniowego.

Czas trwania opadu określamy zwykle w minutach i związany jest on z prawdopodobieństwem jego wystąpienia. Ilość spływu Q można obliczyć ze wzoru:

$$Q = \ddot{o} \cdot \check{r} \cdot q \cdot F \text{ [dm}^3\text{]}$$

gdzie:

\ddot{o} - współczynnik opóźnienia odpływu ($\ddot{o} < 1$)

\check{r} - współczynnik spływu ($\check{r} < 1$)

q - natężenie deszczu [$\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha})$]

F - powierzchnia zlewni [ha].

Iloczyn $q \cdot F$ oznacza ilość opadu, natomiast $\check{r} \cdot q \cdot F$ wyraża spływ z rozpatrywanej powierzchni F .

Ilość ścieków deszczowych, odprowadzanych przez instalację odwodnienia obiektu mostowego, oblicza się w zależności od klasy drogi, dla której określono prawdopodobieństwo p wystąpienia deszczu miarodajnego.

Natężenie tego deszczu q obliczamy ze wzoru:

$$q = A/t^{0,667} \text{ [dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha})\text{]}$$

gdzie:

A - stała zależna od rocznej sumy opadów H i prawdopodobieństwa deszczu miarodajnego p (tab. 1)

t - czas trwania deszczu.

Tablica 1. Natężenie deszczu [$\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha})$] dla rocznej sumy opadów H i prawdopodobieństwa deszczu miarodajnego p

Klasa drogi	Prawdopodobieństwo wystąpienia deszczu p [%]	Współczynnik A (natężenie deszczu [$\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha})$] dla $t = 10$ min)		
		Opad H ≤ 800 mm	Opad H ≤ 1000 mm	Opad H ≤ 1200 mm
A - autostrady S - ekspresowe	10	1013 (216)	1083 (233)	1134 (244)
GP - główne ruchu przyspieszonego	20	804 (172)	920 (198)	980 (211)
G - główne Z - zbiorcze	50	592 (126)	720 (155)	750 (162)
L - lokalne D - dojazdowe	100	470 (100)	572 (123)	593 (128)

Projektowanie wpustów

Powierzchnie wpustów należy dostosować do ilości spływającej do nich wody z obiektu mostowego.

Miarodajna ilość wody Q_i odprowadzanej do jednego (i -tego) wpustu obliczamy ze wzoru:

$$Q_i = h \cdot x_i \cdot \check{r} \cdot q \cdot 10^{-4} \text{ [dm}^3\text{]}$$

gdzie:

\check{r} - współczynnik spływu ($\check{r} = 0,85$ przykładowa wartość uśrednionego współczynnika spływu z jezdni, chodników itp.)

h - szerokość zlewni, z której i -ty wpust będzie odbierać wodę [m]

x_i - długość zlewni, z której i -ty wpust będzie odbierać wodę (odległość pomiędzy wpustami w_{i-1} oraz w_i liczona w kierunku zgodnym ze spadkiem płyty mostu) [m]

q - natężenie deszczu miarodajnego [$\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha})$].

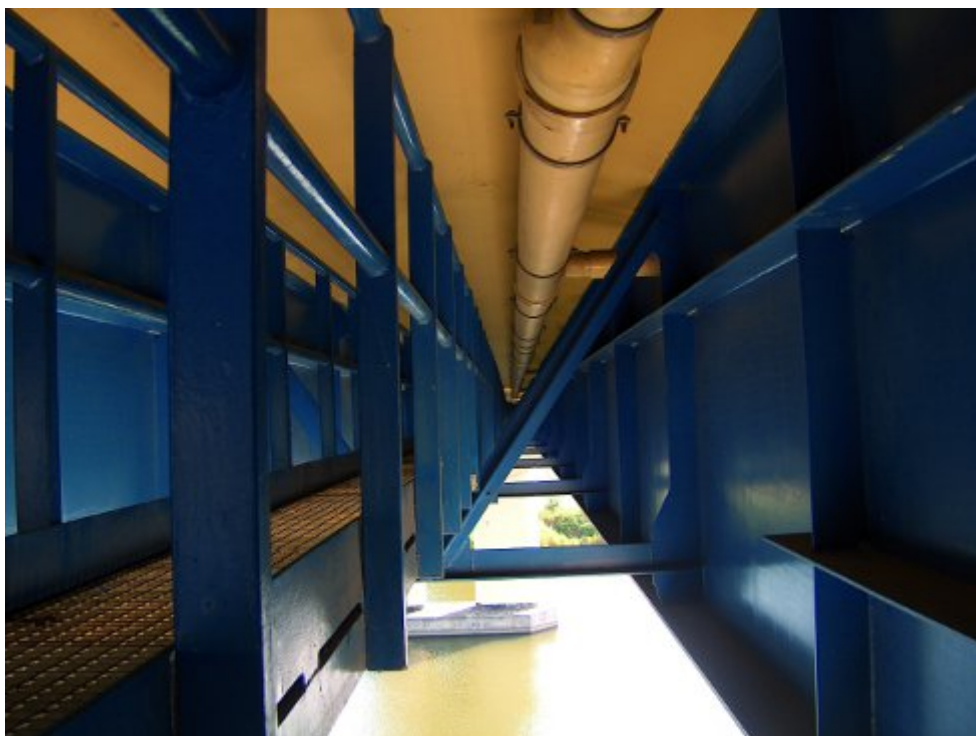
Przy projektowaniu odwodnienia obiektów mostowych przyjmuje się do obliczeń, że na jeden wpust nie powinno przypadać więcej niż 400 m^2 odwadnianej powierzchni z uwzględnieniem wartości pochyłeń poprzecznych i podłużnych nawierzchni mostu. Powierzchnia czynna wpustu, tj. suma powierzchni otworów rusztu przejmujących spływającą wodę nie powinna być mniejsza niż 500 cm^2 . Dla ruchu pieszego prześwit prętów rusztu wpustu nie powinien być większy niż 20 mm, dla ruchu kołowego – maks. 36 mm.

Wpusty mostowe należy projektować poza jezdnią (przy krawężnikach w odległości nie mniejszej niż 0,2 m od jego lica). Dopuszcza się ich umiejscowienie w obrębie pasów awaryjnych, utwardzonych poboczy lub opasek. Już na etapie projektowania należy uwzględnić wpusty mostowe, które powinny być wykonane łącznie z całą konstrukcją płyty pomostowej. Możliwa jest ich realizacja w późniejszym terminie, ale jedynie w trakcie modernizacji lub remontu obiektu inżynierskiego. Odstępy między wpustami w zależności od spadku podłużnego niwelety drogi zaleca się, aby były zgodne z tab. 2.

Tablica 2. Odstępy między wpustami w zależności od spadku podłużnego niwelety drogi w obrębie obiektu mostowego

Pochylenie podłużne niwelety mostu [%]	Odstępy między wpustami [m]
< 0,6	< 10
0,6÷1,0	10÷15
1,0÷2,0	15÷20
> 2,0	≤ 25

Na obiekcie mostowym o dużym pochyleniu podłużnym (ponad 2%), jako maksymalny odstęp między wpustami przyjmuje się 25 m. Przy zaokrągleniach niwelety zarówno wklęsłych jak i wypukłych należy, dla prawidłowego odprowadzenia wód opadowych, przyjąć maksymalny odstęp między wpustami 10 m. Droga spływu wody opadowej do wpustu nie powinna być większa niż 30 m.



Projektowania kanalizacji deszczowej

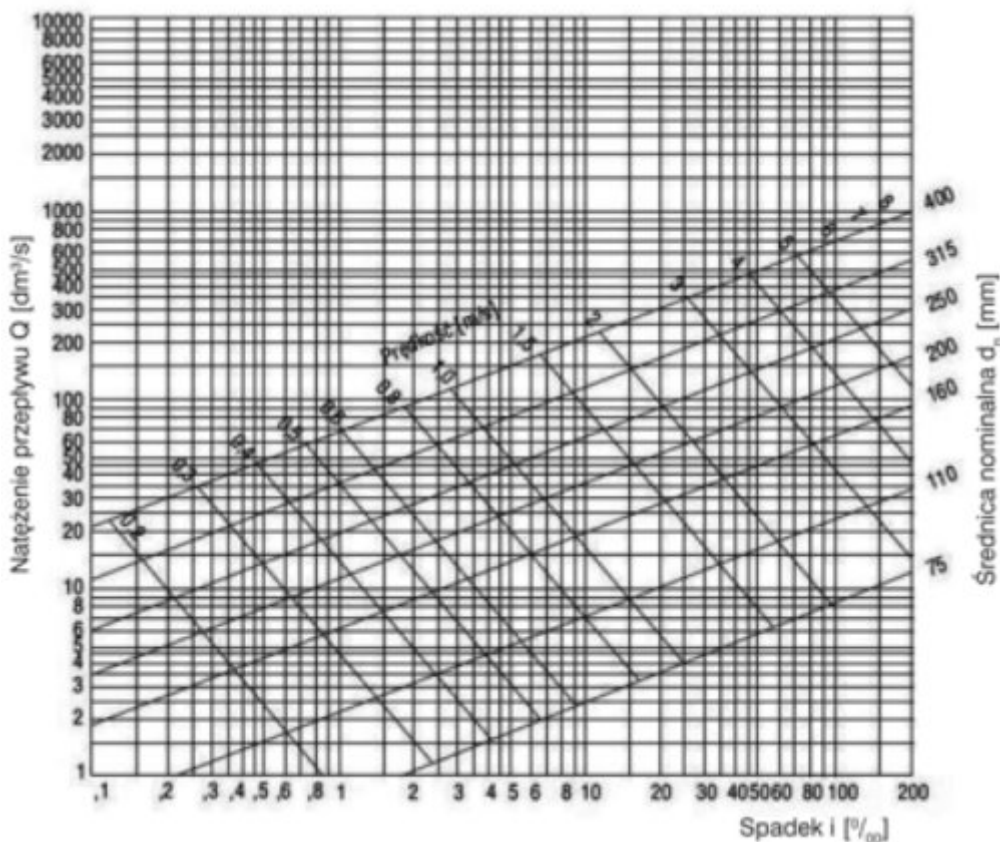
Jeżeli znane jest natężenie deszczu uzyskane na podstawie obserwacji meteorologicznych lub innych aktualnych opracowań, to do obliczeń należy przyjąć wielkości pomierzone. Jeśli brak jest takich danych, to przy projektowaniu przewodu zbiorczego jako parametry deszczu miarodajnego należy przyjmować co najmniej:

$$n \text{ natężenie } q_{15} = 115 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha})$$

$$n \text{ czas trwania } t_d = 15 \text{ min}$$

Prędkość przepływu w kanale zbiorczym powinna być tak dobrana, aby dla deszczu o natężeniu q_{15} mieściła się w przedziale od 1 m/s do 3 m/s. Jednocześnie dla opadu o natężeniu $q_{\min} = 15 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha})$ oraz czasie trwania $t_d = 15 \text{ min}$, prędkość przepływu nie powinna być mniejsza niż 0,5 m/s. Dopuszczalne jest, aby przepływ miarodajny odbywał się przy całkowicie wypełnionym przewodzie.

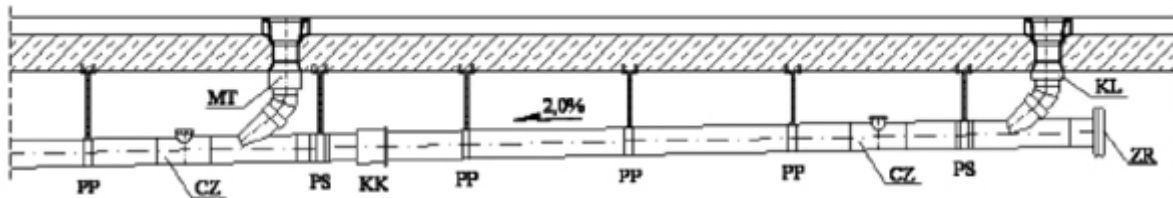
Średnica i spadek rurociągów należy dobrać na podstawie obliczeń hydraulicznych tak, żeby zapewnić warunki samooczyszczania się (wg wzoru Colebrooka-White'a lub Darcy-Weisbacha). Pochylenie podłużne przewodu zbiorczego powinno wynosić co najmniej 2%. W sytuacjach wyjątkowych dopuszcza się spadek nie mniejszy niż 1% pod warunkiem odpowiedniego zwiększenia średnicy rury, ustalonej na podstawie obliczeń hydraulicznych. W celu określenia wymaganej średnicy rur kanalizacji deszczowej, mając wyznaczoną nominalną ilość odprowadzanej wody, można posługiwać się odpowiednio opracowanymi nomogramami (rys. 2).



Rys. 2. Przykładowy nomogram do doboru przewodów grawitacyjnych PP klasy SN-8 przy całkowitym napełnieniu (wg wzorów Darcy-Weisbacha lub Colebrooka-White'a)

Minimalna średnica wewnętrzna przewodów zbiorczych powinna wynosić 200 mm. W przypadku, gdy do tego przewodu przyłączone są nie więcej niż trzy wpusty oraz jego długość nie przekracza 40 m, można ją zredukować do DN 150 mm. Średnica rury spustowej nie powinna być mniejsza od DN kolektora głównego.

Przewody te należy wprowadzić do studzienek rewizyjnych lub zakończyć łukiem wyhamowującym wpływającą wodę. Nie wolno ich wbetonować w podpory. Wpusty mostowe należy podłączać zgodnie ze schematem pokazanym na rys. 3.



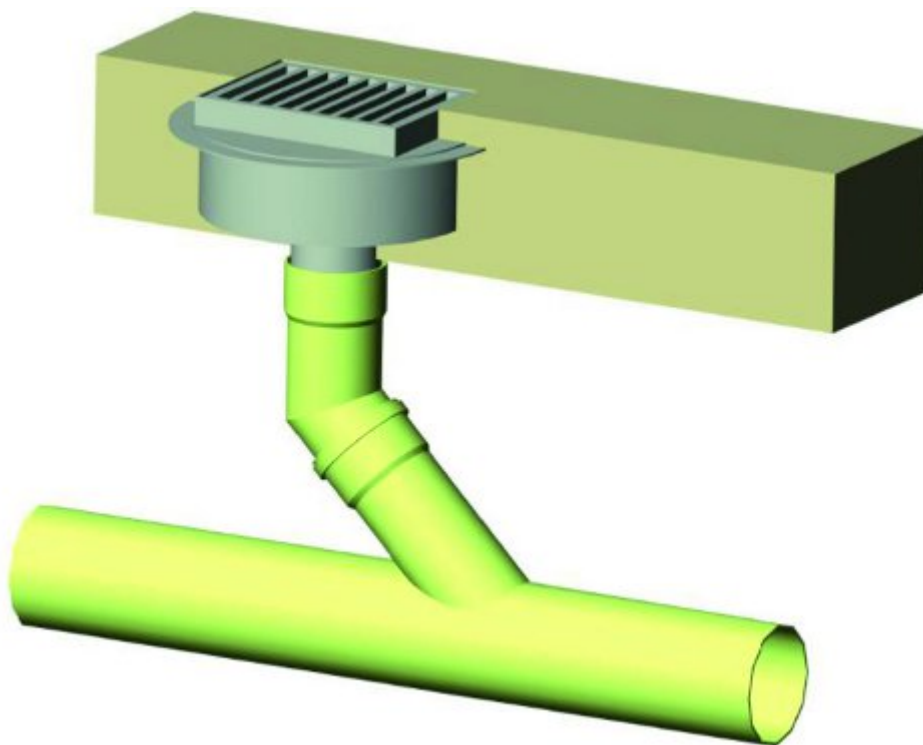
KL – kielich
 MT – mufa termokurczliwa
 KK – kompensator kielichowy
 ZR – zaślepka (rewizja)
 CZ – czyszczak
 PS – punkt stały
 PP – podpora przesuwna

Rys. 3. Schemat podłączenia wpustów mostowych do przewodu zbiorczego wykonanego z tworzyw termoplastycznych

W celu szczelnego i trwałego połączenia instalacji odwodnieniowej z wpustem mostowym stosuje się mufy termokurczliwe, kielichy lub łączniki montażowe, które następnie można zabetonować w płycie obiektu inżynierskiego. W pobliżu połączenia wpustu z przewodem zbiorczym należy umieścić punkt stały.

Przy projektowaniu prowadzenia przewodów odpływowych ze wpustów należy przestrzegać następujących zasad:

- wprowadzać je do przewodów zbiorczych od góry, za pomocą trójników, pod kątem $\leq 60^\circ$ mierzonym od osi podłużnej przewodu zbiorczego (rys. 4)



Rys. 4. Podłączenie wpustu do kolektora odwodnienia

- w przypadku przenikania przez dźwigary betonowane na budowie, należy prowadzić je w rurach osłonowych o większych średnicach
- w przypadku wbudowania w płytę obiektu należy zabetonować; grubość otuliny nie powinna być mniejsza niż 8 cm, a na odcinkach kielichów min. 5 cm.

Przewody łączące wpusty (przykanaliki) z przewodami zbiorczymi powinny mieć pochylenie nie mniejsze niż

5% i być wykonane z rur o średnicach dostosowanych do odpływów wpustów. W takim przypadku można zastosować kolano 87,5°. DN rury przyłączeniowej nie może być mniejsza od 150 mm.

Sączki odwadniające zbierające wodę z poziomu izolacji mostu, ze względu na wymagania ochrony środowiska, w niektórych sytuacjach wymagają podłączenia do kolektora zbiorczego (rys. 5). W miejscach, gdzie jest to możliwe sączki odwadniające należy włączać do rur odwadniających płytę obiektu przy pomocy rury elastycznej. Sączki skrajne oraz znajdujące się pomiędzy jezdniami mogą być włączane do kolektora zbiorczego za pomocą rur sztywnych.

Przyłączenie sączka bezpośrednio do przewodu następuje przez:

- zastosowanie kształtki z bezpośrednim odejściem do sączka
- zastosowaniem siodła montażowego z bezpośrednim odejściem do sączka
- zastosowaniem rury giętkiej wraz z kształtką wykonaną w miejscu wbudowania w celu zapewnienia szczelności połączenia.



Rys. 5. Podłączenie sączka do kolektora zbiorczego z zastosowaniem rury giętkiej

Przy doborze materiałów i wyrobów elementów systemu odwodnień obiektów mostowych zaleca się przyjmowanie następujących kryteriów doboru:

- trwałość materiałów i wyrobów
- dostępność materiałów i wyrobów
 - łatwość montażu
 - sposób połączenia
- systemowe rozwiązania
- dostępność na rynku
- estetyka wyrobu
- podatność na kradzież.

Przewody zbiorcze poziome, rury spustowe pionowe i kształtki mogą być z żeliwa, stali nierdzewnej, tworzyw sztucznych (tworzywa termoplastyczne i duroplasty). Nie zaleca się wykonywania ww. elementów z nieplastifikowanego polichlorku winylu (PVC-U).

Elementy instalacji odprowadzającej wodę z tworzyw termoplastycznych łączy się za pomocą:

- połączeń kielichowych z zamontowaną uszczelką elastomerową
- zgrzewania, spawania odcinków rur
- muf termoplastycznych.

Elementy instalacji odprowadzającej z żeliwa, stali i duroplastów łączy się za pomocą:

- specjalnych stalowych obejm wyposażonych w gumowe uszczelnienia jedno- lub dwuwargowe
- łączników zaciskowych.

Kompensację wydłużeń instalacji odprowadzającej uzyskuje się przez:

- kompensatory elastomerowo-spiralne i harmonijkowe
- kielichy kompensacyjne
- zawieszania sprężynowe.

W przypadku instalacji ciśnieniowej projektuje się kompensatory tzw. mieszkowe.

Kompensatory stosuje się, wówczas gdy obliczenia wskazują brak możliwości samoistnej kompensacji wydłużeń rurociągu w łącznikach oraz gdy wynika to z warunków współpracy konstrukcji przęseł z podporami. Kompensację zmian wydłużeń można uzyskać przez zastosowanie tzw. ramienia kompensacyjnego (odpowiednio dobranego odcinka przewodu, prostopadłego do zasadniczego kierunku wydłużenia).

Kompensatory powinny zagwarantować swobodny przesuw i dlatego głębokość tej strefy dobierana jest w zależności od rozszerzalności liniowej materiałów, z których są wykonane.

Zmiana długości przewodu zbiorczego ΔL określana jest według poniższego wzoru:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta t \text{ [mm]}$$

gdzie:

L- długość przewodu zbiorczego [m]

t - różnica temperatur występująca przy pracy przewodu zbiorczego (należy założyć 100°C - od -25°C do +75°C)

α - współczynnik rozszerzalności liniowej materiału przewodu [mm/mK].

Kompensatory harmonijkowe umożliwiają wychylenie boczne rurociągu - maks. równoległe wychylenie wynosi $\pm 20\%$ jego długości, a zginanie średnio $\pm (30 \div 40)\%$.

Kanalizacja deszczowa musi być zaopatrzona w tzw. rewizje (czyszczaki) umożliwiające oczyszczanie instalacji. Umieszcza się je na przewodach zbiorczych w następujących miejscach:

- po każdym podłączeniu przewodu odprowadzającego wodę z wpustów
- na każdej zmianie kierunku przewodu
- w najniższym punkcie przewodu.

W przypadku dużych obiektów można zredukować liczbę czyszczaków, stosując je co drugie lub trzecie włączenie. Dopuszcza się pominięcie rewizji w każdym przykanaliku w przypadku poprowadzenia instalacji wewnątrz przęsła o przekroju skrzynkowym, przy założeniu umiejscowienia ich poniżej miejsca włączenia do kolektora. Czyszczaki należy umieszczać również na rurach spustowych, w ich dolnej części, przy odprowadzeniu do kanalizacji deszczowej.

Względy estetyczne projektowania odwodnienia

Kształtując przęsła w przekroju poprzecznym należy zadbać, aby przewody zbiorcze nie były widoczne

w elewacji. Można to uzyskać projektując:

- gzymsy maskujące
- wnęki w przęsłach płytowych i podporach (przyczółkach)
- przewody zbiorcze wewnątrz przekrojów skrzynkowych lub pomiędzy dźwigarami skrajnymi.

Nie należy zabetonowywać przewodów w elementach konstrukcji obiektu, np. w przęsłach lub podporach.

Jeśli umieszcza się kanalizację deszczową wewnątrz skrzynek, to trzeba ze szczególną starannością sprawdzić ich szczelność.

Przekrój skrzynkowy powinien być wówczas wyposażony w otwory do odprowadzenia wody, która mogłaby wyciekać w przypadku wystąpienia nieszczelności w przewodach.

Jeśli nie jest możliwe zamaskowanie kanalizacji deszczowej zaleca się dopasowanie barwy systemu odwodnienia do kolorystyki obiektu. W tym celu należy wyprodukować elementy instalacji z tworzywa o wymaganej barwie lub można je pomalować na żądany kolor. Ten drugi sposób wymaga zastosowania farb o odpowiedniej trwałości.

Kształtując przęsło w przekroju poprzecznym należy zadbać także o to, aby nie prowadzić przewodów zbiorczych poniżej dolnej krawędzi elementów konstrukcyjnych. Jest to ważne nie tylko ze względów estetycznych, ale również dlatego by nie zwiększać jego wysokości konstrukcyjnej oraz nie stwarzać zagrożenia uszkodzenia odwodnienia.

dr hab. inż. Arkadiusz Madaj, prof. PP
Politechnika Poznańska