

# Przyczyny zapadania się nawierzchni ulicznych wskutek awarii przewodów kanalizacyjnych

Causes of road surfaces failures as a result of sewage pipes failures

EMILIA KULICZKOWSKA

DOI 10.36119/15.2020.2.5

Zaproponowano kryteria wyznaczania kategorii awarii nawierzchni ulicznych spowodowanych uszkodzeniami przewodów kanalizacyjnych. Zestawiono uszkodzenia przewodów kanalizacyjnych mające wpływ na powstawanie zapadnięć nawierzchni ulicznych. Wskazano na różnice dotyczące zapadnięć nawierzchni ulicznych w gruntach spoiстых i niespoistych.

Szczegółowej analizie poddano wpływ zjawiska infiltracji wód gruntowych do wnętrza kanału i eksfiltracji ścieków z kanału do gruntu. Mają one istotny wpływ na przyspieszenie zapadania się nawierzchni ulicznych.

*Słowa kluczowe: przewody kanalizacyjne, uszkodzenia, zapadnięcia, kategorie awarii*

Criteria for determining the category of road pavement failures caused by damage of sewer pipelines were proposed. Damages of sewer pipelines that impact the occurrence of road pavement collapse are listed. Differences in the collapse of road surfaces in cohesive and non-cohesive soils were indicated.

The phenomenon of groundwater infiltration into the sewer and the exfiltration of sewage from the sewer to the soil were analysed in detail. They have a significant impact on accelerating the phenomenon of collapsing road surfaces.

*Keywords: sewers, defects, sinkholes, categories of failures*

## Uwagi wstępne

Zapadanie się nawierzchni ulicznych może być spowodowane awariami różnych sieci infrastruktury podziemnej. Awarie te mogą być wywołane np. rozszczelnieniem się przewodów wodociągowych. Wtedy konsekwencje tych awarii, polegające na utracie dużych ilości wody, czy spowodowaniu podtopień ulic i pobliskich posesji, mogą być bardzo poważne, a w niektórych przypadkach, gdy ma dodatkowo miejsce zapadnięcie się nawierzchni ulicznych, stwarzają one zagrożenie dla bezpieczeństwa ruchu drogowego [5].

Jednak zdecydowanie poważniejsze od awarii przewodów wodociągowych są awarie przewodów kanalizacyjnych z uwagi na fakt, iż znajdują się one znacznie głębiej niż przewody wodociągowe czy inne przewody podziemne i mają większe przekroje poprzeczne. Największe zagrożenie, jeżeli weźmie się pod uwagę wielkość zapadliisk nawierzchni, stwarzają wielkowymiarowe kolektory kanalizacyjne. Zapadnięcia nawierzchni ulicznych często są przyczyną zapadania się samochodów, a w niektórych przypadkach giną także ludzie lub odnoszą różnorodne obrażenia [8]. Dokonana przez au-

torę tej publikacji analiza 100 losowo wybranych przypadków zapadnięć nawierzchni drogowych, które wystąpiły w różnych krajach, a które powstały z powodu uszkodzonych lub nieszczelnych kanałów ściekowych, umożliwia ujęcie zapadnięć nawierzchni ulicznych w sześciu kategoriach, zróżnicowanych wielkością zapadniętej nawierzchni ulicznej.

Największe zagrożenie zapadania się nawierzchni ulicznych stwarzają długo eksploatowane przewody kanalizacyjne. Są nimi głównie przewody kamionkowe [13] i betonowe [12], z których dawniej budowano sieci kanalizacyjne. Zagrożenie zapadania się nawierzchni ulicznych mogą stwarzać także nowo budowane przewody kanalizacyjne, głównie z uwagi na złą jakość wykonawstwa. Potwierdzają to wyniki badań np. nowo budowanych przewodów z rur PVC [14]. Przewody kanalizacyjne wykonane z rur z tworzyw sztucznych PVC czy PE-HD [1,4] mogą także utracić stateczność, powodując osiadanie nawierzchni, a w konsekwencji jej uszkodzenie. Zagrożeniem są także ponadnormatywne ugięcia rur z tworzyw sztucznych [2]. Przykładowo badania przewodów odwadniających wykonanych z rur PE-HD stosowanych przy budowie autostrad w USA wykazały, że

około 20% badanych rur miało ugięcia przekraczające dopuszczalną wartość ugięć ustaloną w USA na 5%. Awarie nawierzchni ulicznych mogą być także spowodowane niepoprawnym zagęszczeniem gruntu wokół nowo budowanych przewodów kanalizacyjnych. Zdarzają się także przypadki zapadnięć nawierzchni ulicznych wywołane nieprawidłową realizacją bezwykopowej rehabilitacji przewodów kanalizacyjnych [11].

Aby przeciwdziałać powstawaniu zapadnięć nawierzchni ulicznych spowodowanych wystąpieniem różnych uszkodzeń w przewodach kanalizacyjnych, w tym głównie ich nieszczelnością, stanowiącą główną przyczynę powstawania zapadnięć nawierzchni ulicznych, ważne jest poznanie przyczyn wystąpienia tychże awarii. Omówienie tego problemu stanowi główną część tej publikacji.

## Kategorie awarii nawierzchni ulicznych spowodowane uszkodzeniami przewodów kanalizacyjnych

Zaproponowana kategoryzacja awarii nawierzchni ulicznych spowodowanych uszkodzonymi, w tym nieszczelnymi

dr hab. inż. Emilia Kuliczowska, prof. PŚk, <https://orcid.org/0000-0001-5807-860X> – Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki. Adres do korespondencji / Corresponding author: emkulicz@tu.kielce.pl,

przewodami kanalizacyjnymi, opiera się na analizie ponad 100 zarejestrowanych przypadków zapadnięć nawierzchni ulicznych, które wystąpiły w różnych krajach [10].

Zaproponowano dwa podstawowe kryteria:

- kryterium wielkości powierzchni uszkodzonej nawierzchni ulicznej,
- kryterium liczby wypadków śmiertelnych spowodowanych zapadnięciem się nawierzchni ulicznej.

Zapadnięcia nawierzchni ulicznych można również sklasyfikować dla kryterium głębokości powstałego zapadliska, lub np. kosztów niezbędnych prac towarzyszących przywróceniu stanu nawierzchni i otaczającego jej sąsiedztwa z okresu przed wystąpieniem awarii, ale także przy uwzględnieniu innych kosztów np. kosztów naprawy uszkodzonych pojazdów, kabli energetycznych, kabli teleko-

munikacyjnych i innych uszkodzonych przewodów.

W tabeli 1 przedstawiono zaproponowaną klasyfikację zapadnięć nawierzchni ulicznych dla kryterium wielkości powierzchni zapadniętej nawierzchni zamieszczonej w niej procentowy udział analizowanych awarii w zaproponowanej kategorii, a na rys. 1a,b,c,d pokazano cztery różne zapadnięcia nawierzchni ulicznych.

### Uszkodzenia przewodów kanalizacyjnych mające wpływ na powstawanie zapadnięć nawierzchni ulicznych

Przeanalizowano szeroki zakres układów i konstrukcji mechanicznych w celu ustalenia wskaźników awaryjności w miarę starzenia się jednostek w czasie. Ze względu na charakterystyczny kształt

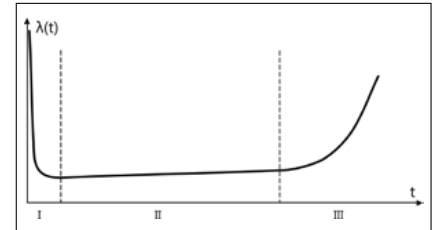
funkcja ta jest powszechnie znana jako krzywa „wannowa”. Ta krzywa jest pochodną czasową oczekiwanej skumulowanej liczby awarii i jest zapisana jako:

$$\lambda = \frac{dE[N(t)]}{dt} \quad (1)$$

gdzie:

$E[N(t)]$  oznacza średnią liczbę awarii w przedziale 0-t.

Krzywa pokazana na rys. 2 przedstawia układ, który może kilkakrotnie ulec awarii.



Rys. 2.

Prawdopodobieństwo awarii rur w funkcji czasu – krzywa „wannowa” [7]

Fig. 2. Function of the probability of pipe failure with time – “bathtub” curve [7]

Tabela 1. Kategorie zapadniętych nawierzchni ulicznych spowodowane awariami sieci kanalizacyjnych dla kryterium powierzchni zapadliska

Table 1. Categories of collapsed road pavements caused by sewage pipes failures for the criterion of collapsed pavement surface

	Kategoria awarii	Powierzchnia zapadliska	Procentowy udział poszczególnych awarii na przykładzie 100 losowo wybranych awarii	Przykłady
1	nieistotna	niewielkie osiadanie nawierzchni z niewielkim zagrożeniem dla ruchu drogowego	0	brak danych w publikacjach,
2	marginalna	$0,1 \text{ m}^2 \leq F < 1 \text{ m}^2$	4	Kraków (2012) $\phi \approx 0,60 \text{ m}$ Vancouver (2011) $\phi \approx 0,46 \text{ m}$
3	znaczna	$1 \text{ m}^2 \leq F < 10 \text{ m}^2$	32	Mielec (1995) $F \approx 3 \times 3 \text{ m}$ Sydney (2012) $F \approx 1,5 \times 4 \text{ m}$
4	poważna	$10 \text{ m}^2 \leq F < 50 \text{ m}^2$	34	Changsha (2012) $\phi \approx 7 \text{ m}$ Montreal (2013) $F \approx 7,8 \times 4,8 \text{ m}$
5	bardzo poważna	$50 \text{ m}^2 \leq F < 500 \text{ m}^2$	23	Lisbona (2003) $\phi \approx 10 \text{ m}$ Garwolin (1995) $F \approx 17 \times 5 \text{ m}$
6	katastroficzna	ponad $500 \text{ m}^2$	7	Seattle (1957) $F \approx 53 \times 61 \text{ m}$ Sterling Heights (2004) $F \approx 18 \times 49 \text{ m}$



Rys. 1a,b,c,d.

Cztery różne zapadnięcia się nawierzchni ulicznej [9]

Fig. 1a, b, c, d. Four different collapse of road pavement [9]

Krzywa zaczyna się w czasie zero. Pierwszy okres, znany jako okres wczesnej awarii, to czas pojawienia się pierwszych wad w nowo ułożonym przewodzie. Jak widać, charakteryzuje się wysokim, ale szybko malejącym wskaźnikiem awaryjności. Zwykle trwa od kilku godzin do kilku miesięcy. Awarie zaobserwowane w tym czasie mogą wynikać z błędów projektowych (np. założenie zbyt niskich obciążeń własnych lub zewnętrznych lub zbyt małej grubości rur), błędów produkcyjnych (np. użycie materiału niskiej jakości o niewystarczających parametrach wytrzymałościowych, niewłaściwego magazynowania rur na placu budowy lub kontroli jakości rur) i błędów montażowych (np. błędy ludzkie, uszkodzenia transportowe, niefachowe wykonawstwo, w tym nieprawidłowe wykonanie podłoża, niewłaściwe zasypanie wykopu i zagęszczanie gruntu). W następnym okresie wskaźnik awaryjności pozostanie względnie stały z tendencją niewielkiego wzrostu. Ten długi okres nazywa się okresem przypadkowych awarii. Zgodnie z większością wytycznych oczekiwany okres użytkowania przewodów z rur sztywnych np. z betonu lub kamionki wynosi 100 lat [6], a np. rur z PVC-U wynosi 50 lat, gdy temperatura pracy nie przekracza  $20^\circ\text{C}$ . Zakłada się, że szkody powstałe w tym okresie są przypadkowe. Są one spowodowane czynnikami mechanicznymi, chemicznymi, biologicznymi i termicznymi; mogą również wynikać z zewnętrznych zakłóceń oraz

niewłaściwej obsługi lub konserwacji. Trzeci okres na rys. 2 jest znany jako okres awarii zużycia. Ponieważ przewód był użytkowany w długim okresie, uszkodzenia wynikające ze starzenia się materiału rurowego pojawiają się coraz częściej, ostatecznie ulega on awarii.

W trakcie wykonywania badań CCTV przewodów kanalizacyjnych obserwowane są następujące uszkodzenia mające wpływ na zapadanie się nawierzchni ulicznych:

- i = 1 – infiltracja wody gruntowej do wnętrza przewodów kanalizacyjnych,
- i = 2 – narosty infiltracyjne,
- i = 3 – widoczna, często wystająca do wnętrza uszczelka,
- i = 4 – ubytek fragmentu ściany rury,
- i = 5 – deformacja pękniętej rury o konstrukcji sztywnej,
- i = 6 – korzenie drzew lub krzewów wrastające do wnętrza rur,
- i = 7 – pęknięcie podłużne,
- i = 8 – pęknięcie poprzeczne,
- i = 9 – pęknięcie złożone,
- i = 10 – niefachowe (nieszczelne) podłączenie przykanalika do kanału,
- i = 11 – nieuszczelnienie w budowie w poprzek, podłużnie lub ukośnie innych rur we wnętrzu kanału,
- i = 12 – poprzeczne przemieszczenie rur na łączach,
- i = 13 – podłużne przemieszczenie rur na łączach,
- i = 14 – starcie dna kanału,
- i = 15 – wewnętrzna korozja,
- i = 16 – ponadnormatywne ugięcie rur (dotyczy tylko rur z tworzyw sztucznych),
- i = 17 – wgniecenia w ścianach rur (dotyczy tylko rur z tworzyw sztucznych),
- i = 18 – utrata stateczności ścian rur (dotyczy tylko rur z tworzyw sztucznych).

Biorąc pod uwagę wpływ poszczególnych uszkodzeń na powstawanie zapadnięć nawierzchni ulicznych zaproponowano ich podział na cztery następujące grupy:

- uszkodzenia potwierdzające występowanie nieuszczelnienia (i = 1, rys.3),
- uszkodzenia wskazujące na wcześniejsze lub okresowo występujące nieuszczelnienia (i = 2, rys.4),
- uszkodzenia stwarzające możliwość występowania nieuszczelnienia (i = 3, ..., 13, rys.5),
- uszkodzenia mogące spowodować pojawienie się uszkodzeń wtórnych stwarzających możliwość wystąpienia nieuszczelnienia (i = 14, ..., 18, rys.6).

W [11] zaproponowano kategoryzację wszystkich wyżej wymienionych uszkodzeń na 5 grup w zależności od wielkości



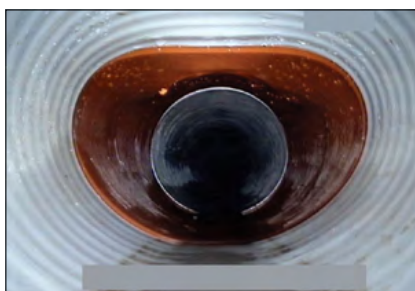
Rys. 3. Infiltracja wody gruntowej do wnętrza kanału z nieszczelnego złącza rur poprzez narost infiltracyjny [9]  
Fig. 3. Infiltration of groundwater into the sewer from leaking pipe joints through infiltration encrustation [9]



Rys. 4. Narost infiltracyjny na złączu rur [9]  
Fig. 4. Infiltration encrustation at the pipe joint [9]



Rys. 5. Deformacja spękanej rury o konstrukcji sztywnej [9]  
Fig. 5. Deformation of a cracked rigid pipe [9]



Rys. 6. Ponadnormatywna deformacja rury z tworzywa sztucznego [9]  
Fig. 6. Extra standard deformation of the plastic pipe [9]

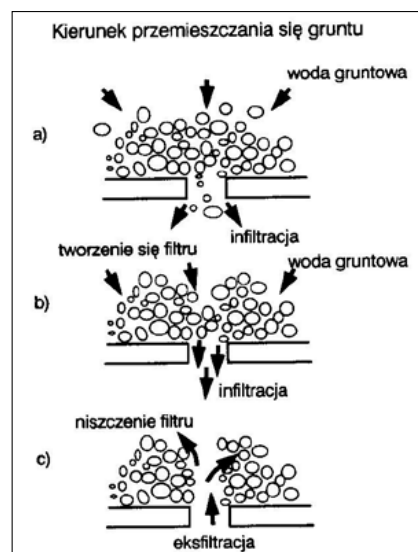
tych uszkodzeń, a tym samym wielkości stwarzanego przez nie zagrożenia. Uszkodzenia te można dodatkowo podzielić na:

- liniowe (i = 5, 7, 14-16, 18), określane w procentach w stosunku do całkowitej długości przewodów,
- punktowe (i = 1-4, 6, 8-13, 17), określane liczbą uszkodzeń na 100 m długości kanału.

## Zapadnięcia nawierzchni ulicznych w gruntach spoistych i niespoistych

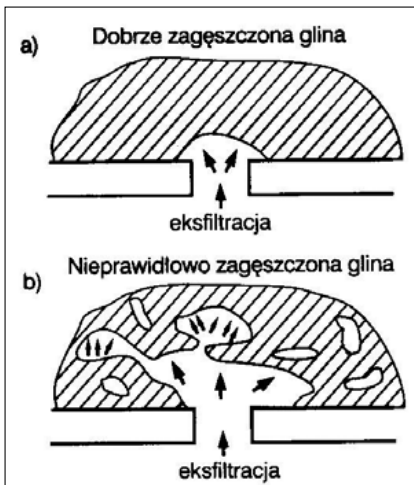
Na rys. 7 pokazano zjawisko erozji gruntu niespoistego (piasku, żwiru) do wnętrza kanału. W przypadku gruntów suchych szybkość przenikania gruntu do wnętrza kanału zależy od wymiarów obszaru ubytku, który ma bezpośredni kontakt z gruntem. W przypadku, gdy jest to niewielka szczelina, proces ten przebiega powoli, a gdy jest to istotny ubytek fragmentu konstrukcji kanałowej, tempo przemieszczania się gruntu jest znacznie większe. Gdy grunt jest nawodniony, woda filtrująca do wnętrza kanału przyspiesza proces wymywania gruntu (rys. 7a) z obszaru zewnątrz kanałowego do jego wnętrza tak długo, dopóki nad miejscem nieuszczelnienia nie utworzy się filtr z pozostałych cząstek gruntu (rys. 7b). Tak utworzony filtr uszkadzany jest w przypadku wystąpienia cofki powodującej pracę kanału pod ciśnieniem (rys. 7c) lub w przypadku okresowej pracy kanału pod ciśnieniem spowodowanej przepływem ponadnormatywnej ilości ścieków.

W przypadku gruntów spoistych (gliny, ility) erozja gruntu postępuje z reguły wolniej



Rys. 7. Zjawisko erozji gruntu niespoistego do wnętrza kanału  
Fig. 7. Phenomenon of non cohesive soil erosion into the sewer

(rys. 8 a) chyba, że ma miejsce zjawisko eksfiltracji ścieków z kanału do gruntu. W przypadku tym, wraz z upływem czasu, powstają duże przestrzenie powietrzne nad miejscem uszkodzenia kanału (rys. 8b). W gruntach spoistych często obserwowane są pustki powietrzne nad brakującymi fragmentami konstrukcji kanałowej w jej górnej części. Są one niekiedy dużych rozmiarów, a w przypadku zapadliska w Seattle opisanego m.in. w [3] sięgały wysokości ok. 40 m.



Rys. 8.  
Zjawisko erozji gruntu spoistego do wnętrza kanału  
Fig. 8. Phenomenon of cohesive soil erosion into the sewer

Zapadliska, które mają miejsce w przypadku gruntów spoistych, są najbardziej niebezpieczne dla otoczenia. W przypadku gruntów niespoistych zapadliska z reguły stwarzają mniejsze zagrożenie dla otoczenia. Cząsteczki gruntu stopniowo opadają z całej wysokości nadsypki nad kanałem w kierunku do kanału, powodując osiadanie powierzchni terenu nieutwardzonego bezpośrednio nad miejscem ułożenia uszkodzonego kanału lub osiadanie stopniowe i łagodne nawierzchni ulicznej w przypadku małej sztywności nawierzchni. Nagłe i bardziej niebezpieczne zapadnięcia pojawić się mogą w przypadku, gdy nawierzchnie uliczne posiadają dużą sztywność i załamują się dopiero wtedy, gdy pustki powietrzne osiągną stosunkowo duże rozmiary.

### Wpływ infiltracji wód gruntowych do wnętrza kanału i eksfiltracji ścieków z kanału do gruntu na przyspieszenie zjawiska zapadania się nawierzchni ulicznych

W Polsce brak jest danych dotyczących procentowego udziału ilości infiltrujących wód gruntowych do nieszczelnych

kanałów w stosunku do ogólnej ilości ścieków nimi odprowadzanych. Dane takie znane są w innych krajach. Np. w Niemczech procentowy udział wód infiltracyjnych w ściekach wynosi średnio 55 % [16]. Tylko w 33 % badanych kanałów udział ten był mniejszy niż 25 %, natomiast w 25 % przypadków przekraczał on 100 %. Odnotowano również przypadki ekstremalne, gdzie średnia ilość wód infiltrujących do wnętrza nieszczelnych kanałów wynosiła około 300-400 % ilości płynących kanałem ścieków. Większość przypadków infiltracji dotyczy rozszczelnionych złączy dawno temu ułożonych rur, najczęściej betonowych i kamionkowych. Stosowane tzw. opaski betonowe w rurach betonowych łączonych na styk lub zakład z czasem ulegają spękaniu, powodując rozszczelnienie połączeń rur, a stosowany do uszczelnienia kielichowych rur betonowych lub kamionkowych sznur konopny nasycony bitumem, wskutek starzenia się i kruszenia bitumu oraz przemieszczeń rur na złączach, również powoduje rozszczelnianie się złączy tych rur. Niekiedy obserwowane jest zjawisko infiltracji w miejscach zarysowań i pęknięć oraz ubytków fragmentów rur.

Wraz z infiltrującą wodą przedostaje się do wnętrza kanałów grunt, destabilizując zewnętrzne otoczenie kanału i przyspieszając proces wywołujący zaistnienie katastrofy kanalizacyjnej.

Niepokojące są przypadki występowania zjawiska infiltracji zarówno w nowo budowanych kanałach w trakcie ich odbioru, jeszcze przed ich przekazaniem do eksploatacji, jak również niestaranne wykonywanie połączeń rur z tworzyw sztucznych stosowanych do bezwykopowego uszczelnienia nieszczelnych kanałów.

Eksfiltracja ścieków z nieszczelnych kanałów do gruntu jest zjawiskiem powszechnym, ale trudno wykrywalnym. W przypadku kanałów posadowionych powyżej zwierciadła wody gruntowej, jedynie próba szczelności [17] umożliwia wykrycie nieszczelności kanałowych będących przyczyną eksfiltracji ścieków do gruntu. Badania kanałów techniką wideo w zdecydowanej większości przypadków nie są w stanie zarejestrować tego zjawiska. Autorzy opracowania [17] posiadają tylko jedno nagranie stanu technicznego kanału ukazujące eksfiltrację ścieków. Było to możliwe do zarejestrowania tylko dlatego, że badany kanał miał charakter tranzytowy i odprowadzał ścieki tylko z jednego zakładu przemysłowego, a na trasie ułożenia nie było dodatkowych przyłączy. Na początkowym odcinku tego kanału, bezpośrednio za zakładem, wysokość wypelnienia kanału przepływają-

cymi ściekami wynosiła ok. 10 % jego średnicy, po czym malała w trakcie przemieszczania się kamery przez ten kanał, aż w pewnym momencie kamera zaczęła rejestrować całkowicie suche dno kanału.

W Polsce brak jest szacunków dotyczących ilości ścieków eksfiltrujących z kanałów do gruntu, a następnie wód gruntowych. W niektórych krajach prowadzone są badania mające na celu określenie ilości eksfiltrujących ścieków. Przykładowo w RFN w połowie lat 80-tych ubiegłego wieku, rocznie eksfiltrowało do gruntu ponad 300 mln m<sup>3</sup> ścieków [16], tj. średnio ok. 15 dm<sup>3</sup>/M dobę.

Nieszczelności kanałów będące przyczyną eksfiltracji ścieków do gruntu można wykryć niekiedy przypadkowo w trakcie prowadzenia badań kanałów techniką wideo. Badania takie wykonano w kanale usytuowanym powyżej zwierciadła wody gruntowej. Infiltracja wody gruntowej była zatem niemożliwa. Na wyżej usytuowanym końcu badanego odcinka kanału umieszczono korek gumowy celem wstrzymania przepływu ścieków przez badany odcinek kanału. Po ok. 10 minutach, po zbadaniu tego odcinka w trakcie cofania się kamery zaobserwowano intensywną infiltrację ścieków sanitarnych do wnętrza badanego kanału. Z uwagi na duży przepływ ścieków badanym kanałem (o średnicy 200 mm) ścieki bardzo szybko podtopiły wyżej położone odcinki tego kanału. Poprzez nieszczelne złącza rur, ścieki zaczęły z podtopionego kanału, wypływać na zewnątrz do gruntu i płynąć w gruncie po zewnętrznej stronie kanału wpływając następnie do jego wnętrza na badanym odcinku przez nieszczelne złącza. Po kilku minutach od momentu wyciągnięcia korka gumowego ścieki przestały infiltrować do wnętrza kanału.

Przykład ten pokazuje, jak groźne dla bezpieczeństwa konstrukcji kanałowych może być zjawisko eksfiltracji ścieków do gruntu. Poza niekorzystnymi skutkami ekologicznymi związanymi ze skażeniem gruntu i wód gruntowych, bardzo niekorzystne dla bezpieczeństwa konstrukcji kanałowej jest rozmywanie gruntu na zewnątrz kanału, przyspieszające się do przyspieszenia wystąpienia katastrofy kanalizacyjnej.

### Inne czynniki mające wpływ na zapadanie się nawierzchni ulicznych

Poważnym zagrożeniem bezpieczeństwa konstrukcji kanałowych są korzenie drzew, a niekiedy także krzewów przedostające się do wnętrza konstrukcji kanałowych.

Korzenie po przedostaniu się do wnętrza kanałów rozrastają się bardzo szybko, szczególnie w kanałach sanitarnych, z uwagi na dużą ilość substancji organicznych sprzyjających ich rozrostowi, przez co przyczyniają się do dalszego rozkruszania się i powiększania rozmiarów miejsc, przez które wcześniej przedostały się one do wnętrza kanału. Po wycięciu tych drzew i wyschnięciu korzeni, przez miejsca te przedostaje się grunt do wnętrza kanałów inicjując proces prowadzący do katastrofy kanalizacyjnej.

Jednym z kolejnych czynników zagrażających bezpieczeństwu konstrukcji kanałowych jest korozja biologiczna, której efektem oddziaływania są ubytki konstrukcji kanałowej zagrażające, z upływem czasu, bezpieczeństwu konstrukcji kanałowych wykonanych z materiałów nieodpornych na korozję biologiczną.

Poważnym zagrożeniem dla bezpieczeństwa konstrukcji kanałowych są szczury kanałowe występujące w przewodach, szczególnie w obszarach śródmiejskich w pobliżu usytuowanych tam barów, restauracji i hoteli. Szczury często przemieszczają się z kanałów w kierunku piwnic budynków, przedostając się przez ubytki konstrukcyjne w kanałach, głównie przez nieszczelne złącza rur. Wykonane przez nie pustki powietrzne poza przewodami zajmują niekiedy dużą kubaturę. W przypadku wypełniania zaprawą cementową wolnej przestrzeni między nową rurą a starym kanałem w metodzie Reliningu w trakcie robót renowacyjnych prowadzonych w obszarach śródmiejskich zdarza się, iż ilość zużytej zaprawy wielokrotnie przekracza objętość przestrzeni międzyrurowej. Dodatkowe ilości zaprawy przedostają się wtedy przez nieszczelności kanałowe do pustek powietrznych wokół kanału, płosząc szczury do piwnic i klatek schodowych budynków sąsiadujących z kanałem.

### Uwagi końcowe

Zapadnięcia nawierzchni ulicznych są wysoce niepożądane. W przypadku ich wystąpienia w obszarze powstałych zapadłisk, często uszkodzana jest nie tylko sieć kanalizacyjna, ale również inne sieci: gazowe, wodociągowe, ciepłownicze, a także kable energetyczne, telekomunikacyjne i inne. Okoliczni mieszkańcy często pozbawieni są w okresie usuwania skut-

ków katastrofy dostępu do wielu mediów. W przypadku wystąpienia zapadłisk często dochodzi do zapadania się do nich pojazdów z ludźmi lub ludzi znajdujących się w rejonie zapadłiska.

Konsekwencje finansowe wystąpienia katastrof kanalizacyjnych są bardzo poważne. Ponośzone są wysokie koszty na przepompowywanie ścieków z obszaru zapadłiska, na odtworzenie konstrukcji uszkodzonego kanału oraz innych sieci, utworzenia tzw. by-passów sieciowych na okres realizacji tych prac, na zasypanie i zagęszczenie gruntu w obszarze zapadłiska, na odtwarzanie nawierzchni ulicznej oraz na szereg innych dodatkowych niezbędnych robót.

Aby zapobiegać występowaniu zapadłisk nawierzchni ulicznych ważne jest poznanie przyczyn ich powstawania. Jak to wyżej pokazano, w przewodach kanalizacyjnych może wystąpić bardzo duża liczba uszkodzeń inicjujących zjawisko zapadania się nawierzchni ulicznych. Proces ten inaczej przebiega w gruntach spójnych, a inaczej w gruntach niespójnych. Może on przebiegać w niektórych przypadkach bardzo szybko, jeżeli w przewodach kanalizacyjnych występuje zjawisko infiltracji wód gruntowych lub eksfiltracja ścieków z kanałów do gruntu.

Aby nie dopuścić do wystąpienia zapadnięć nawierzchni ulicznych lub istotnie ograniczyć ich liczbę, należy opracować w przedsiębiorstwach wodociągowo-kanalizacyjnych strategię odnowy sieci kanalizacyjnych oraz przystąpić do systematycznej planowej odnowy sieci. Ważne jest także opracowanie programu realizacji badań diagnostycznych sieci kanalizacyjnych, w tym głównie badań inspekcyjnych kanałów techniką CCTV [18-20], badań ich szczelności [16,17], a w koniecznych przypadkach, np. wielkowsymiarowych kolektorów kanalizacyjnych, realizacji ekspertyz konstrukcyjnych [15].

### LITERATURA

- [1] Gassman S., Schroeder A., Ray R.: Field performance of high density polyethylene culvert pipe. *Journal of Transportation Engineering*, 2005, 131(2), 160-167.
- [2] Hansen Ch.: Quantification on the elimination of infiltration from pre- and post-rehabilitation, in Proc of the 32th International Conference "No-Dig 2014", International Society for Trenchless Technology, October 13-15, 2014, Madrid, Spain, Paper 6A-2, 1-10.
- [3] Inspection stems Seattle's sewer slump, *Underground*, 1986, 4, 26-27.

- [4] Kuliczowska E., Gierczak M.: Buckling failure numerical analysis of HDPE pipes used for the trenchless rehabilitation of a reinforced concrete sewer, *Engineering Failure Analysis*, 2013, 32, 106-112.
- [5] Kuliczowska E., Kotwica K., 2017, Konsekwencje awarii przewodów wodociągowych na wybranych przykładach. *Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne*, 3, 86-88.
- [6] Kuliczowska E., Mazur J.: Prognozowany a rzeczywisty stan techniczny XIX wiecznych kamionkowych przewodów kanalizacyjnych. *Instal*, 2015, nr 9, s. 74-79.
- [7] Kuliczowska E., Zwierzchowska A., An analysis of early defects in PVC-U sewers and the limitations of their trenchless rehabilitation, *Tunneling and Underground Space Technology*, 56 (2016) 202-210.
- [8] Kuliczowska E.: An analysis of road pavement collapses and traffic safety hazards resulting from leaky sewers, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 2016, 11 (4), 251-258.
- [9] Kuliczowska E.: Katalog zdjęć własnych oraz tych na których publikację uzyskano zgodę, Kielce, 2019.
- [10] Kuliczowska E.: Kryteria planowania bezwykopowej odnowy nieprzelazowych przewodów kanalizacyjnych, monografia nr. 42, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, 2008.
- [11] Kuliczowska E.: The interaction between road traffic safety and the condition of sewers laid under roads, *Transportation Research Part D*, 48, 2016, 203-213.
- [12] Kuliczowska E.: Wyniki badań betonowych przewodów kanalizacyjnych. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2007, nr 10, s. 23-30.
- [13] Kuliczowska E.: Wyniki badań kamionkowych przewodów kanalizacyjnych. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2008, nr 12, s. 10-16.
- [14] Kuliczowska E.: Wyniki badań nowo wybudowanych przewodów kanalizacyjnych z rur PVC, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2005, 10, 16-20.
- [15] Kuliczowski A., Kuliczowska E.: Ekspertyzy konstrukcyjne kolektorów kanalizacyjnych. *Gaz Woda i Technika Sanitarna*, 2011, 1, 18-22.
- [16] Kuliczowski A., Lisowska J.: Propozycje klasyfikacji zjawiska infiltracji wody gruntowej do wnętrza nieszczelnych przewodów kanalizacyjnych, *Instal*, 2004, nr 12, s. 50-54.
- [17] Kuliczowski A., Lisowska J.: Szczelność przewodów kanalizacyjnych, *Wymagania normowe*, Rynek Instalacyjny, 2000, nr 11, s. 75-78.
- [18] Madryas, C., Przybyła, B.; Wysocki, L.: Badania i ocena stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2010.
- [19] Praca zbiorowa pod redakcją Andrzeja Kuliczowskiego: Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa, 2010.
- [20] Stein, D.: *Instandhaltung von Kanalisation*, 3th edition, Ernst & Sohn, A Wiley Company, Berlin, 1999.



Zapraszamy na naszą stronę [www.informacjainstal.com.pl](http://www.informacjainstal.com.pl)