

dr inż. Marzena Suchocka<sup>1\*)</sup>  
mgr inż. Wioletta Borkowska<sup>1)</sup>

# Ekonomiczna zasadność stosowania metody przecisków sterowanych i wykopów otwartych w ochronie drzew

*Economic justification of two construction works performance methods*

DOI: dx.doi.org/10.15199/33.2014.12.04

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki pracy, której celem było ustalenie ekonomicznej zasadności stosowania oraz wpływu na żywotność drzew dwóch metod wykonania instalacji podziemnych: wykopów otwartych i przecisków sterowanych. Porównano koszt zastosowania tych metod w przypadku budowy podziemnej kanalizacji sanitarnej w miejscowości Rybno. Wykazano, że realizacja inwestycji metodą tradycyjnych wykopów otwartych obniża wartość drzew. Nie zauważono takiego wpływu w przypadku metody horyzontalnych przewiertów sterowanych. Porównanie symulacji kosztów inwestycji i kosztów pośrednich (dodatkowo towarzyszących danej metodzie) wykazało, że rzeczywisty, rynkowy koszt realizacji metodą bezwykopową (horyzontalnych przewiertów sterowanych) jest o 62 – 68% mniejszy niż metodą wykopów otwartych.

**Słowa kluczowe:** drzewa, uszkodzenia mechaniczne, wartość drzew, wykopy, przewierty sterowane, prace budowlane.

**Abstract.** In this paper are presented the results of research in which was compared the economical justification of the traditional methods of excavation and horizontal directional drilling, concerning the value of trees. The evaluation was performed by comparing the costs of engineering infrastructure construction of the two methods in one construction site. It was demonstrated that, when compared to the cost of investment and indirect costs (also accompanying the method), the actual cost of the excavation method (horizontal directional drilling) is lower about 62 – 68% than the cost of the excavation method. It was also found that the implementation of the investment by traditional open excavation reduces the value of trees. The application of the method of horizontal directional drilling to minimize the negative impact of construction works on the value of trees.

**Keywords:** trees, mechanical injures, tree value, excavation, horizontal drilling, construction, the value of trees.

Uczestnicy procesu budowlanego wykazują brak świadomości wartości drzew i rzeczywistych kosztów ich zabezpieczenia [1]. Technologie bezwykopowe, będące ekologiczną alternatywą tradycyjnych technologii wykopowych, w bardzo wielu przypadkach są od nich tańsze oraz szybsze w realizacji [2, 3]. W literaturze pojawiają się zalecenia, aby otwarte wykopy zastępować tunelowaniem (np. metodą przewiertów sterowanych), biorąc pod uwagę koszty prac, straty drzew oraz koszty pielęgnacji drzew uszkodzonych mechanicznie podczas wykonania robót. Nie prowadzono jednak wielu badań, w których analizowano by wpływ układania instalacji liniowych różnymi metodami na drzewa. Jedynie dostępne badania Watsona [4] wykazały, że chociaż koszt przewiertów sterowanych może być duży, to rekompensowany jest przez wyeliminowanie

wanie konieczności usuwania drzew, które zamierają w wyniku uszkodzeń mechanicznych w obrębie strefy korzeniowej podczas kopania w glebie.

Metoda przewiertów sterowanych skutecznie niweluje negatywny wpływ prac budowlanych na drzewa. Rura wprowadzana jest pod korzeniami drzewa, na głębokości poniżej 60 cm, czyli pod warstwą ok. 90% systemu korzeniowego drzewa [5]. Tradycyjna metoda wykopów otwartych jest powszechnie uważana za tańszą, ale związanych jest z nią wiele problemów i dodatkowych kosztów.

Nieprawidłowości w procesie inwestycyjnym, brak jednoznacznych wytycznych w polskim prawodawstwie oraz aktów wykonawczych związanych z ochroną zieleni na placu budowy prowadzą do pogarszającej się kondycji zasobów przyrodniczych miast. Skutkiem tego może być konieczność ponoszenia kosztów wycinki i sadzenia nowych drzew.

W artykule porównano realne w polskich warunkach koszty wykonania instalacji metodą tradycyjnych wykopów

i horyzontalnych przewiertów sterowanych na terenie jednego placu budowy oraz symulacje wpływu inwestycji liniowych na szanse przeżycia i wartość drzew.

## Metoda badań

Badania przeprowadzono na terenie budowy kanalizacji w miejscowości Rybno i dotyczyły systemów korzeniowych kasztanowców zwyczajnych (*Aesculus hippocastanum*). Zinventaryzowano 122 drzewa, które zgodnie z rozporządzeniem nr 18 Wojewody Mazowieckiego z 31 lipca 2009 r. w sprawie ustanowienia pomników przyrody na terenie powiatu sochaczewskiego stanowią pomnik przyrody. Badany teren obejmował rejon Alei Kasztanowców, gdzie inwestycję wykonywano metodą **horyzontalnych przewiertów sterowanych** w systemach korzeniowych 67 kasztanowców oraz ulicy Parkowej, gdzie prace **wykonywano metodą tradycyjnych wykopów otwartych** w systemach korze-

<sup>1)</sup> SGGW, Wydział Architektury Krajobrazu

<sup>\*)</sup> Autor do korespondencji:

e-mail: marzena\_suchocka@sggw.pl

niowych 55 drzew. Instalowane były kanały ścieków grawitacyjnych (PE  $\varnothing$ 280 mm, PVC  $\varnothing$ 250 mm, PE  $\varnothing$ 200 mm, PVC  $\varnothing$ 200 mm), przykanaliki (PE  $\varnothing$ 160 mm) oraz kanały ścieków tłocznych (PE  $\varnothing$ 90 mm, PE  $\varnothing$ 63 mm). Zaprojektowane kolektory tłoczne zagłębiono na 1,5 m ppt.

Zgodnie z decyzją nr 10/2011 wydaną przez wójta gminy oraz decyzją 77/2011 wydaną przez starostwo powiatowe w Sochaczewie, po umieszczeniu projektowanych urządzeń w jezdni, konieczne było odtworzenie asfaltowej nawierzchni jezdni, a także wykonanie warstwy ścieralnej na całej jej szerokości. Decyzja określała również warunki przywrócenia do stanu poprzedniego nawierzchni pobocza drogi (zniwelowanie terenu, zagęszczenie i obsianie trawą pobocza, odbudowa rowu). W miejscach wykopów w chodniku należało odtworzyć pas przez wymianę gruntu (gdy grunt nie spełniał wymagań norm), a zniszczoną nawierzchnię wraz ze zniszczonymi krawężnikami i płytami doprowadzić do stanu pierwotnego.

Badania miały na celu określenie, jaka będzie różnica między realnymi kosztami zastosowanych dwóch metod: otwartego wykopu i przewiertów sterowanych oraz czy ich wybór ma wpływ na utratę żywotności i zmianę wartości drzew. Przeanalizowano projekt wykonawczy budowy sieci kanalizacji sanitarnej, specyfikację techniczną wykonania i odbioru robót budowlanych oraz kosztorys. Wizyta na budowie pozwoliła na obserwację faktycznego przebiegu prac oraz zebranie informacji od uczestników inwestycji (za pomocą kwestionariusza wywiadu badania ankietowego z inwestorem, projektantem, wykonawcą oraz inspektorem nadzoru dendrologicznego). Badania obejmowały inwentaryzację drzewostanu, analizę zastosowanych metod inżynierskich, dokumentację fotograficzną ukazującą przebieg procesu inwestycyjnego oraz wycenę kosztów prac i wartości drzew po wykonaniu prac. Porównano wszystkie realne koszty wykonania inwestycji, symulacje kosztów wykonania prac dwiema metodami na terenie jednej ulicy, symulacje utraty wartości drzew na skutek uszkodzenia, koszt oraz sposób ochrony drzew w dwóch wariantach dla każdej z ulic. Ważna dla wyników pra-

cy była także informacja dotycząca ogólnej opinii uczestników procesu budowlanego na sposób ochrony drzew na placu budowy różnymi metodami inżynierskimi.

### Wyniki badań i obserwacji budowy

W analizie kosztów realizacji inwestycji metodą wykopów otwartych na ul. Parkowej w Rybnie uwzględniono koszty wykonania prac obejmujących ułożenie instalacji oraz koszty pośrednie związane z organizacją placu budowy i ochrony drzew. Zaobserwowano, iż drzewa w trakcie prac nie zostały ogrodzone, a urobek ziemi składowano w systemach korzeniowych chronionych kasztanowców (fotografia). Uczestnicy budowy, ze względu na nie-



Prace ziemne mające na celu wykopanie rowu pod ułożenie instalacji. Na zdjęciu widoczne składowanie ziemi w rejonie systemów korzeniowych drzew

[Fot. W. Borkowska]

wiedzę, oszczędność czasu oraz paliwa, składowali urobek w miejscach zlokalizowanych jak najbliżej wykopów, przy których rosną chronione kasztanowce. Zbyt duża ilość składowanej ziemi, a także brak tworzenia dróg tymczasowych w obrębie systemów korzeniowych doprowadziły do zagęszczenia gleby, o czym świadczyły pojawiające się zastoiska wody po intensywnych opadach deszczu. Na dwóch drzewach widoczne były ubytki i obtarcia w strefie pni drzew na wysokości 2–4 m, spowodowane pracą maszyn.

Szalowanie wykopów wymagało zabezpieczenia wysokiej na 6 m przestrzeni umożliwiającej montaż ściany szczelnej. Podczas tych prac mogło

dojść do uszkodzeń i złamań gałęzi w obrębie korony drzew, dlatego też niezbędne były cięcia w koronach w celu usunięcia gałęzi kolidujących z wykonaniem prac pod nadzorem inspektora prowadzącego nadzór nad ochroną drzew. Część z nich została podwiązana, aby uniknąć niepotrzebnych redukcji konarów.

Wykop wykonano na głębokość 100 cm w odległości od drzew zgodnej z projektem oraz wytycznymi ochrony drzew. Istniało jednak ryzyko, że podczas robót ziemnych wykonywanych koparkami podsiębiernymi o pojemności łyżki 0,60 m<sup>3</sup> korzenie były narażone na zmiżdżenia, obłamania i nieprawidłowe przycięcie oraz przesuszenie.

W Alei Kasztanowców, gdzie inwestycję wykonano metodą przewiertów sterowanych, nie zaobserwowano bezpośrednich zagrożeń drzewostanów. Prace nie wymagały zajęcia pasa jezdni. Maszynę wykonującą przewiert odpowiednio posadowiono i zakotwiono w pasie drogowym, w bezpiecznej odległości od strefy korzeniowej kasztanowców. Przewierty wykonywano na głębokości 160–200 cm. Ze względu na brak ingerencji maszyn w obrębie pni drzew, nie było potrzeby tworzenia ogrodzeń wokół drzew oraz cięcia koron, ponieważ nie doszło do kolizji maszyn oraz prac budowlanych z gałęziami. Nie naruszono nawierzchni, a więc nie trzeba było jej odtwarzać poza niewielkimi otworami wykopów technicznych.

### Wartość drzew

Do analiz wykorzystano metodę wyceny wartości drzew zlokalizowanych na terenach zurbanizowanych opartą na kosztach odtworzenia [6] opracowaną przez Instytut Gospodarki Przemysłowej i Mieszkalnictwa (IGPiM).

Po przeprowadzeniu pomiaru zakresu szkód, odczytanie wskaźników zmniejszenia wartości dla danego elementu drzewa, korony (UK) lub/i pnia (UP), lub/i systemu korzeniowego (USK), obliczono zbiorczy wskaźnik zakresu szkody (ZS) dla każdego drzewa wg wzoru:

$$ZS = (UK + UP + USK).$$

Zgodnie z opracowaną metodą IGPiM, aby wynik szkód częściowych był obiektywny, przy ocenie uszkodzeń mechanicznych każdorazowo należy uwzględnić: wskaźnik fazy rozwojowej (WFR) drzew lub/i wskaźnik zdolności

regeneracyjnych (WR). W efekcie ogólny Wskaźnik Zakresu Szkody (ZS) zostaje zmniejszony. Zweryfikowany wzór na obliczanie zbiorczego wskaźnika zakresu szkody (ZSW) ma postać:  
 $ZSW = (UK + UP + USK) \times WFR \times WR$   
 gdzie:  
 WFR – Wskaźnik Fazy Rozwojowej;  
 WR – Wskaźnik Zdolności Regeneracyjnych.

Wskaźnik Fazy Rozwojowej dla kasztanowców przy ul. Parkowej wynosi 0,93, Wskaźnik Zdolności Regeneracyjnych 1,0, a utrata wartości drzew 216 326 zł.

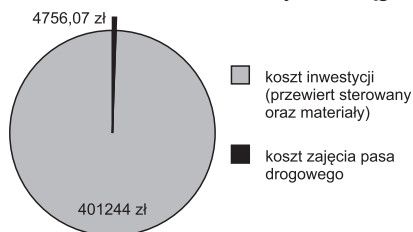
Watson [4] podaje, iż 44% drzew obumiera w ciągu dwunastu lat po wykonaniu otwartych wykopów do położenia instalacji w ich systemie korzeniowym. Wykazano też [1], że prawie co drugie drzewo uszkodzone w trakcie budowy obumiera w perspektywie dalszej niż osiem lat po zakończeniu inwestycji. Oznacza to, że prawdopodobnie w perspektywie ośmiu – dwunastu lat od realizacji inwestycji inwestor będzie musiał ponieść koszt usunięcia obumarłych kasztanowców i odtworzyć drzewostan przez nasadzenie nowych drzew.

Drzewa na badanym terenie łącznie podnoszą jego wartość o 1 062 810 zł (przy ul. Parkowej wartość drzew to 501 354 zł, przy Alei Kasztanowców – 561 454 zł). Po zakończeniu inwestycji i ponownej inwentaryzacji dendrologicznej oszacowano uszkodzenia 55 kasztanowców przy ulicy Parkowej, co dało łączną stratę 232 608,6 zł. Po upływie ośmiu do dwunastu lat zakłada się obumarciu ok. 44% uszkodzonych drzew z 55 sztuk, tj. ok. 25 kasztanowców, a działka zmniejszy wartość o 95 183,44 zł. Dodatkowo trzeba będzie ponieść koszt usunięcia 25 obumarłych drzew, co wyniesie 17 500 zł (25 szt. drzew x 700 zł, czyli koszt usunięcia drzewa obumarłego lub grożącego upadkiem). Koszt odtworzenia 25 kasztanowców wynosi 840 zł za jedno drzewo, co w sumie daje 21 000 zł. Aleja Kasztanowców nie straci na wartości. Drzewa nie zostały bowiem uszkodzone i w perspektywie czasu nie obumrą na skutek inwestycji.

### Rzeczywiste koszty inwestycji

Porównania kosztów metod realizacji inwestycji dokonano, stosując kryteria zaproponowane przez Kuliczkowski [2], Piechurskiego [3] i Zwierz-

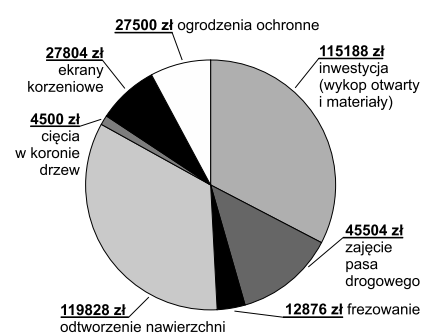
chowską [7, 8]. Koszty budowy sieci kanalizacji długości 691,8 m w Alei Kasztanowców metodą przewiertów sterowanych (rysunek 1) obliczono, wykorzystując cenę rynkową dla średnio zurbanizowanego terenu (580 zł/m). Obejmują one wykonanie wykopów początkowych oraz wykopów docelowych – wykopów punktowych, koszty materiałowe rur, wbudowanie rurociągu, wykonanie budowli i armatury rurociągu,



Rys. 1. Koszt wykonania kanalizacji długości 691 m w Alei Kasztanowców metodą przewiertu sterowanego

koszt zajęcia pasa drogowego i odtworzenia nawierzchni. Koszty pośrednie (dodatkowe) obejmowały koszt zajęcia 864 m<sup>2</sup> pasa drogowego (0,50 zł/m<sup>2</sup>/dzień). W ciągu jednego dnia ekipa budowlana układała 60 – 70 m rurociągu metodą przewiertów sterowanych. Realizacja 691,8 m przewiertu trwała 11 dni (pracowało 5 osób). Ułożenie instalacji wymagało zdjęcia ok. 1 m<sup>2</sup> nawierzchni asfaltowej, a instalowanie rur było zupełnie nieinwazyjne dla drzew. Całkowita cena przewiertu wyniosła w tym przypadku 586,9 zł/m.

Podobnie jak poprzednio, do analizy kosztów realizacji inwestycji metodą wykopów otwartych na ul. Parkowej zebrano materiały dotyczące kosztów inwestycji i kosztów pośrednich. Koszt budowy sieci kanalizacji długości 397,2 m metodą otwartych wykopów (rysunek 2)



Rys. 2. Koszt wykonania kanalizacji długości 397,2 m w ul. Parkowej metodą otwartych wykopów

obliczono, uwzględniając cenę dla średnio zurbanizowanego terenu, tj. 290 zł/m. Koszty pośrednie (dodatkowe) budowy sieci kanalizacji metodą otwartych wykopów obejmowały: koszt zajęcia 580 m<sup>2</sup> pasa drogowego wg stawek obowiązujących w PZD Sochaczew (4 zł/m<sup>2</sup>/dzień), zajęcie 524 m<sup>2</sup> pasa pobocza (1 zł/m<sup>2</sup>/dzień), koszt rozebrania 580 m<sup>2</sup> nawierzchni – frezowania (22,20 zł/m<sup>2</sup>) i odtworzenia 580 m<sup>2</sup> nawierzchni (206,60 zł/m<sup>2</sup>), koszt wykonania elementów służących ochronie 15 drzew i cięcia w koronie drzew (300,00 zł/szt.), 397,2 m zasłon/ekranów korzeniowych (70 zł/m) oraz wykonanie ogrodzenia ochronnego wokół pni 55 drzew (500 zł/szt.). W ciągu jednego dnia ekipa budowlana układała 20 – 30 m rurociągu, a czas realizacji 397,2 m wykopu wyniósł ok. 16 dni (pracowało 5 osób). Całkowity koszt budowy 1 m otwartego wykopu wyniósł 988,8 zł/m.

Symulację kosztów wykonania przewiertów na ul. Parkowej z rzeczywistymi poniesionymi podczas prac metodą wykopów otwartych przedstawiono w tabeli 1, a w tabeli 2 symulację koszt-

Tabela 1. Symulacja kosztów wykonania przewiertów z rzeczywistymi poniesionymi kosztami realizacji prac metodą wykopów otwartych w ul. Parkowej

Rodzaj poniesionych kosztów ul. Parkowa; długość kanału: 397,2 m	Koszt horyzontalnych przewiertów sterowanych [zł]	Koszt wykopów otwartych [zł]
Koszty inwestycyjne	230 376	115 188
Koszty pośrednie (dodatkowe)	3 144	238 012
Koszt usunięcia drzew	0	17 500
Koszt odtworzenia/wymiany drzew	0	21 000
Koszt pielęgnacji nowych nasadzeń w ciągu jednego roku po posadzeniu	0	1 055
<b>Rzeczywisty koszt inwestycji</b>	<b>233 520</b>	<b>392 755</b>
Utracona wartość drzew w dniu zakończenia inwestycji (szkody częściowe)	0	216 326
Utracona wartość drzew w perspektywie ośmiu lat	0	220 595,76

**Tabela 2. Zestawienie rzeczywiście poniesionych kosztów wykonania przewiertów z symulacją realizacji prac metodą wykopów otwartych w Alei Kasztanowców**

Rodzaj poniesionych kosztów w Alei Kasztanowców: długość kanału: 91,8 m	Koszt horyzontalnych przewiertów sterowanych [zł]	Koszt wykopów otwartych [zł]
Koszty inwestycyjne	401 244	200 622
Koszty pośrednie (dodatkowe)	4 756,07	633 232,36
Koszt usunięcia drzew	0	20 300
Koszt odtworzenia/wymiany drzew	0	24 360
Koszt pielęgnacji nowych nasadzeń w ciągu jednego roku po posadzeniu	0	1 223,8
<b>Rzeczywisty koszt inwestycji</b>	<b>406 000,07</b>	<b>879 738,16</b>
Utracona wartość drzew w dniu zakończenia inwestycji (szkody częściowe)	0	212 283
Utracona wartość drzew w perspektywie ośmiu lat	0	251 087,76

tów w przypadku realizacji inwestycji w Alei Kasztanowców metodą wykopów otwartych i porównanie ich z kosztem rzeczywistym.

**Wnioski**

Koszty dodatkowe w przypadku ul. Parkowej stanowiły 60,6% kosztów realizacji robót. Rzeczywisty koszt tej inwestycji metodą otwartych wykopów był o 62% większy od wykonania tego samego odcinka metodą horyzontalnych przewiertów sterowanych. Rzeczywisty koszt wykonania inwestycji metodą horyzontalnych przewiertów sterowanych w Alei Kasztanowców jest mniejszy o 68% od wykonania tego samego odcinka metodą wykopów otwartych, dlatego ta metoda jest wskazana w celu ochrony drzew. Ponadto metoda wykopowa wpłynie negatywnie na wartość kasztanowców. Utracona wartość drzew (szkody częściowe) w przypadku ul. Parkowej to 216 326 zł, co zwiększa rzeczywisty koszt inwestycji o 33%. Obumarcie 44% uszkodzonych drzew po ósmym roku to dodatkowa strata majątku gminy w wysokości 220 595,76 zł wartości drzew. W badaniach bezpośrednich i symulacji stwierdzono łączne koszty inwestycji metodą wykopową większe o 78,8% w przypadku ulicy Parkowej i 76,7% w przypadku Alei Kasztanowców. Metoda bezwykopowa nieznacznie lub w ogóle nie spowodowała uszkodzeń.

W badaniach wykazano, że realizacja inwestycji metodą tradycyjnych wykopów otwartych obniżyła wartość cennych kasztanowców. Natomiast zastosowanie metody horyzontalnych przewiertów sterowanych minimalizuje

je negatywny wpływ prac budowlanych. Stwierdzono, że jeśli porówna się koszt inwestycyjny i koszty pośrednie (dodatkowo towarzyszące danej metodzie), to rzeczywisty koszt realizacji metodą bezwykopową (horyzontalnych przewiertów sterowanych) jest o ponad połowę mniejszy niż koszt realizacji metodą wykopową.

**Literatura**

[1] Suchocka M., 2010. Wpływ warunków siedliskowych na żywotność drzew na terenach budowlanych. Praca doktorska. Warszawa: Katedra Architektury Krajobrazu Wydziału Ogrodniczego i Architektury Krajobrazu SGGW.

[2] Kuliczkowski A., 2007. Zalety bezwykopowych technik budowy i odnowy sieci podziemnych. Inżynieria Bezwykopowa 1, s. 58 – 61.

[3] Piechurski F. G., Zawila W., 2013. Porównanie technologii budowy sieci kanalizacyjnej w terenach wiejskich metodą wykopową i bezwykopową. Inżynieria Bezwykopowa, 3/2013.

[4] Watson G. W., 2005. Tree root damage from utility trenching [w:] Trees and the building sites. Savoy Illinois, s. 33-41.

[5] Szczepanowska H. B., 2001. Drzewa w mieście, Hortpress, Warszawa.

[6] Szczepanowska H. B., Sitariski M., Suchocka M., Kosmala M., Roślon-Szerzyńska E., Borowski J., Pstrągowska M., Dmuchowski W., Latos A., Białecka-Kornatowska B. 2009: Metoda wyceny wartości drzew na terenach zurbanizowanych dla warunków polskich. IGPIIM, Warszawa, str. 29-42, 53-55.

[7] Zwierzchowska A., 2006a. Przewierci sterowane i przeciski pneumatyczne. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, s. 28 – 33.

[8] Zwierzchowska A., 2006b. Aspekty ekonomiczne bezwykopowej budowy sieci podziemnych. nd. <http://www.bzg.pl/node/330> [24.04.2014].

Otrzymano 19.11.2014 r.



**AGOCEL - Power of Innovation**

• • • • •  
 - znaczna redukcja wydatków na system zagęszczający  
 - produkty z tej grupy silnie zagęszczają, stabilizują oraz obniżają koszty produkcji (farby, tynki, kleje)



**RETENMAIER POLSKA**  
 SP. z o.o.  
 ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r. 7b  
 02-366 Warszawa  
 Tel. +48 (22) 608 51 09  
 Fax +48 (22) 608 51 51